

## Struktur Berpori Sebagai Upaya Penanggulangan Erosi di Pantai Utara Jawa (Studi Kasus Pantai Demak, Jawa Tengah)

Widyaningtias<sup>(\*)</sup>

Departement of Water Resources Engineering and Management, Faculty of Civil and Environmental Engineering  
Institut Teknologi Bandung, 45363, Indonesia, E-mail: widya@ftsl.itb.ac.id

Ingerawi Sekaring Bumi

Department of Civil Engineering, Faculty of Civil and Environmental Engineering  
Institut Teknologi Bandung, 40132, Indonesia, E-mail: ingerawi@gmail.com

Joko Nugroho

Water Resources Engineering Research Group, Faculty of Civil and Environmental Engineering  
Institut Teknologi Bandung, 40132, Indonesia, E-mail: joko@si.itb.ac.id

M. Bagus Adityawan

Center of Coastal and Marine Development, Institut Teknologi Bandung, 40132, Indonesia  
E-mail: bagus.adityawan@ftsl.itb.ac.id

Arno Adi Kuntoro

Center for Water Resources Development, Institut Teknologi Bandung, 40132, Indonesia  
E-mail: arnoak@ftsl.itb.ac.id

### Abstrak

Perubahan garis pantai merupakan salah satu masalah yang dihadapi masyarakat di kawasan pesisir utara Jawa, Indonesia. Hilangnya sabuk mangrove di kawasan pantai secara bertahap menyebabkan terjadinya erosi pantai. Untuk mengatasi masalah tersebut, konsep adaptif menggunakan Building with Nature (BwN) mulai dikembangkan di beberapa lokasi di pantai utara Jawa. Konsep ini diharapkan dapat menjadi solusi permasalahan erosi dengan memanfaatkan proses alam dan tetap memperhatikan kelangsungan ekosistem setempat, yaitu dengan pembangunan struktur berpori (permeable structure). Di kawasan pesisir Demak, pembangunan struktur berpori dimulai sejak 2013 di Desa Bogorame dan mampu menahan sedimen setinggi 45 cm dalam 1.5 tahun. Pemodelan akan menggunakan perangkat lunak Delft3D dengan menggabungkan antara model Delft3D-Flow dan Delft3D-Wave. Pemodelan dilakukan dengan menempatkan thin dam sebagai struktur berpori sesuai kondisi eksisting di lapangan. Simulasi akan dilakukan pada musim hujan dan kemarau, dengan memasukkan input gelombang signifikan pada kedua musim tersebut. Berdasarkan simulasi, dapat disimpulkan bahwa pada musim penghujan, struktur berpori menangkap lebih banyak sedimen dibandingkan pada musim kemarau. Pada beberapa lokasi, erosi terjadi saat musim penghujan, namun akan terisi kembali pada saat musim kemarau. Lebih lanjut lagi, konsep adaptif dari struktur berpori ini diharapkan dapat mempercepat restorasi pantai di kawasan pesisir Demak.

**Kata-kata Kunci:** DELFT3D, erosi pantai, struktur berpori.

### Abstract

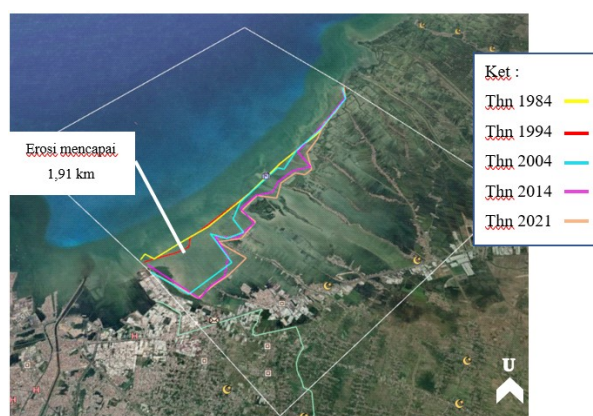
Shoreline degradation in North Java, Indonesia, becomes one of severe problem that have to be overcome by habitat along its coastal. The gradually vanishing of mangrove greenbelt indicates starting of coastal erosion. To solve that problem, the adaptive concept using Building with Nature (BwN) has been started to develop in some region in North Java Coastal area. This concept is expected as one of solution to restore coastal erosion by enhancing natural process. The application of permeable structures is proposed. The construction of permeable structures was started since 2013 in Bogorame area and has been trapped sediment up to 45 cm in 1.5 years. The simulation will be conducted using Delft3D by coupling between Delft3D-Flow and Delft3D-Wave. The model is simulated by using thin dams as permeable structures as in existing field condition, and will be modeled in wet and dry seasons. Based on simulations, it can be concluded that in wet season, permeable structures can trap more sediment compared with in dry season. In some location erosion occurs. However, it can be recharged by sediment transport during dry season. Furthermore, sustainability of this adaptive concept is expected to enhance the coastal restoration in Demak coastal area.

**Keywords:** DELFT3D, coastal erosion, permeable structure.

*\*Penulis Korespondensi*

## 1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara dengan garis pantai terpanjang kedua di dunia. Panjang garis pantai di Indonesia mencapai 95,181 km (Kementerian KKP, 2019). Salah satu masalah utama yang dihadapi di daerah pantai yaitu erosi dan sedimentasi yang terjadi di sepanjang garis pantai Indonesia (Umar dkk, 2015). Kawasan pantai Sayung merupakan salah satu daerah yang mengalami erosi secara masif. Sayung adalah salah satu kecamatan yang berada di Pantai Utara Jawa, tepatnya di Kabupaten Demak, Jawa Tengah. Kawasan ini mengalami kemunduran garis pantai yang besar akibat erosi dan banjir rob (Muskananfola dkk, 2020). Awalnya, kawasan ini merupakan daerah pertanian, namun setelah tahun 1980 kawasan ini berubah menjadi kawasan akuakultur. Perubahan fungsi lahan ini diikuti dengan penebangan mangrove untuk membuka lahan akuakultur baru. Penebangan mangrove ini menyebabkan daerah Sayung menjadi lebih rentan terhadap erosi, rob dan salinisasi (Wilms dkk, 2017). Faktor lain yang diperkirakan mempercepat terjadinya erosi di Demak seperti kenaikan muka air laut, pengambilan air tanah yang berlebihan serta penambahan beban bangunan di atas tanah yang menyebabkan *land subsidence* (Dewi dan Bijker, 2020).



Gambar 1. Perubahan garis pantai di Demak tahun 1984 hingga 2020



Gambar 2. Susunan struktur berpori pada kondisi eksisting di lapangan

Pada tahun 2002 tercatat 145.50 ha pantai di Demak tererosi dan pada 2005 melonjak mencapai 758.30 ha (Pranoto dkk, 2016). Sedangkan berdasarkan pengukuran dari *Google Earth* pada **Gambar 1**, pada tahun 1994 terjadi kemunduran garis pantai sejauh 0.33 km. Kemunduran garis pantai ini terus meningkat hingga pada tahun 2004 terjadi kemunduran sejauh 1.65 km dan pada tahun 2014 mencapai 1.9 km.

Solusi yang digunakan saat ini untuk mengurangi erosi dan mengembalikan area yang tererosi di daerah Demak adalah dengan membangun perlindungan pantai menggunakan konsep *Building with Nature* (BwN). Konsep BwN berusaha memenuhi kebutuhan masyarakat dengan memanfaatkan sifat alam dan dengan menggunakan bahan-bahan yang ada di sekitar area (de Vriend dkk., 2015). Konsep BwN ini diwujudkan dalam bentuk struktur berpori (*permeable structure*) dan penanaman mangrove. Gagasan mengenai konsep BwN pada daerah Sayung sudah dimulai sejak tahun 2013 dan mulai dilaksanakan pada tahun 2015. Evaluasi dari penerapan BwN di Demak adalah munculnya sedimentasi di sekitar struktur BwN sebesar 45 cm dalam 1.5 tahun (*Wetlands International*, 2017) dan menumbuhkan habitat baru bagi akuakultur sehingga dapat meningkatkan pendapatan masyarakat (Wilms dkk, 2017). Penempatan struktur berpori di lapangan disusun sejajar dengan garis pantai dan berada di sekitar daerah yang masih memiliki daratan seperti ditunjukkan dengan garis berwarna merah pada **Gambar 2**.

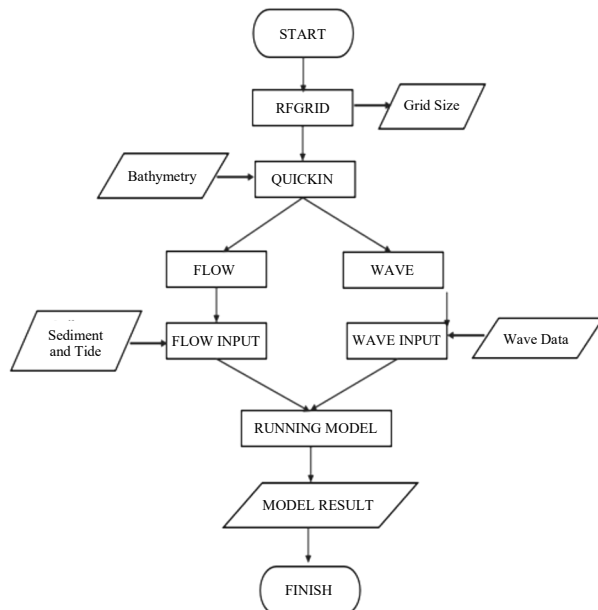
Pemodelan akan dilakukan dengan menggunakan aplikasi DELFT3D dengan menggabungkan model *Delft3D-Flow* dan *Delft3D-Wave*. Struktur berpori akan dimodelkan sebagai thin dam, dan akan disimulasikan pada musim penghujan dan kemarau, dengan masukan gelombang signifikan yang terjadi pada kedua musim tersebut.

## 2. Metode

Tahapan dalam penyusunan kajian ini diawali dengan pengumpulan data untuk kemudian dilakukan pemodelan dengan DLEFT3D. Alur pemodelan yang dilakukan terdapat pada **Gambar 3**. Data yang digunakan yaitu data bathimetri, data angin, *fetch*, data pasang surut, data sedimen, dan data debit sungai.

Data bathimetri diperoleh dari BIG (Badan Informasi Geospasial). Analisis data angin dilakukan dengan menggunakan data dari ECMWF (*European Center for Medium-Range Weather Forecast*) tahun 2009-2018. Data ini kemudian dianalisis arah dan kecepatannya setiap bulan untuk mengetahui arah angin dominan pada masing-masing bulan. Gambaran kecepatan angin dan arah angin pada masing-masing bulan dapat dilihat pada **Gambar 4**. Dari gambar tersebut terlihat pada bulan Januari, Februari, Maret dan Desember memiliki arah angin dominan dari barat laut. Pada bulan April, arah angin dominan berubah menjadi berasal dari timur dan tenggara serta sedikit dari arah timur laut. Bulan Mei hingga November arah angin dominan berasal dari timur, tenggara, dan selatan serta sebagian kecil dari arah timur laut.

Berdasarkan kecenderungan tersebut, maka diketahui bahwa musim penghujan terjadi selama 4 bulan yaitu pada bulan Desember hingga Maret dengan kecepatan angin mencapai 5.7-8.8 m/dt dan arah dominan dari barat laut. Sedangkan musim kemarau terjadi selama 8 bulan

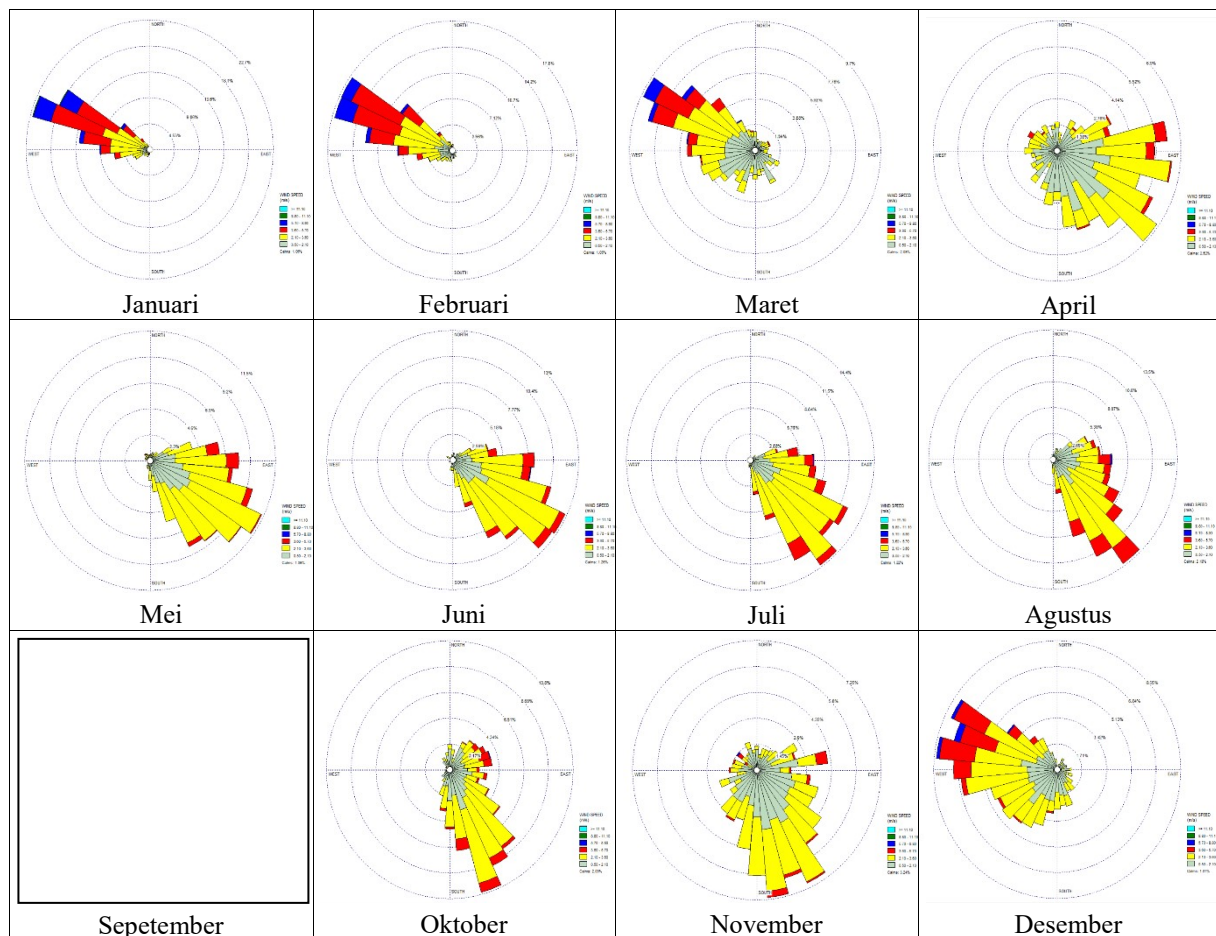


Gambar 3. Alur pemodelan DELFT3D

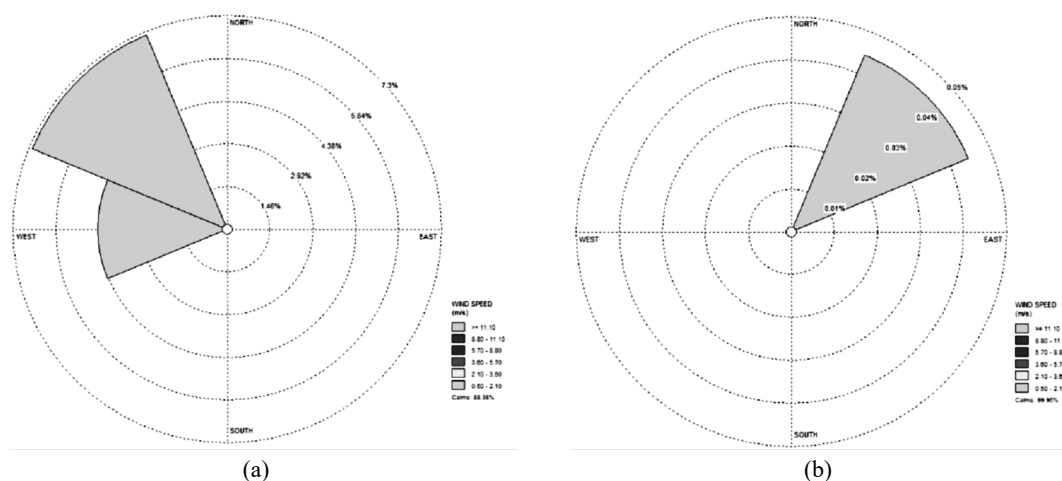
pada bulan April hingga November dengan kecepatan angin 3.8-5.7 m/dt dengan arah dominan timur, tenggara dan sebagian dari arah selatan dan timur laut. Arah angin timur, tenggara, dan selatan berasal dari darat.

Analisis *fetch* dilakukan dengan menentukan titik *fetch* kemudian ditarik garis skalatis hingga 200 km dengan interval 5° pada *Google Earth*. Berdasarkan analisis yang dilakukan, maka *fetch* yang berpengaruh adalah dari arah utara, timur laut, barat daya, barat dan barat laut. Hasil analisis *fetch* dan data angin digunakan untuk melakukan peramalan gelombang. Metode yang digunakan yaitu metode *Shore Protection Manual* (CERC, 1984). Berdasarkan analisa diperoleh tinggi gelombang signifikan (Hs) dan periode gelombang signifikan (Ts) pada musim penghujan adalah sebesar 0.43 m dan 3.3 detik dengan arah dominan dari barat laut, sedangkan pada musim kemarau diperoleh Hs 0.13 m dan Ts 1.8 detik dengan arah dominan timur laut. Mawar angin untuk setiap musim dapat dilihat pada **Gambar 5**.

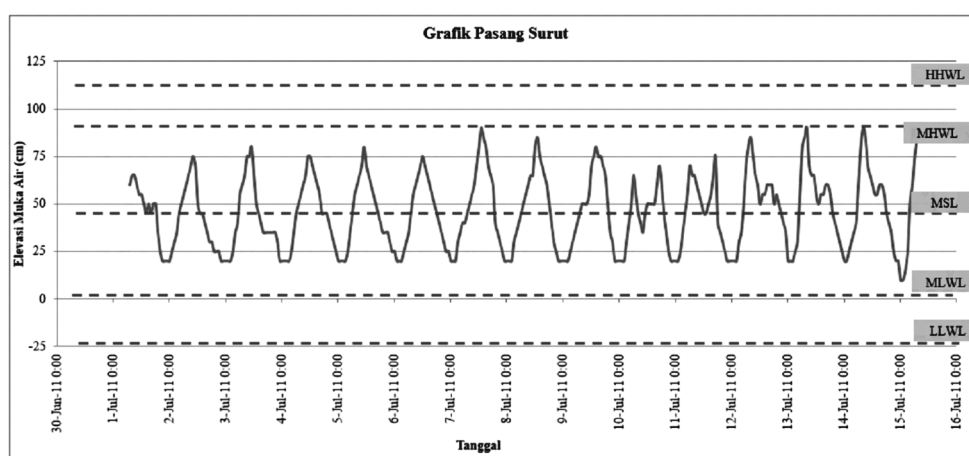
Data pasang surut diperoleh dari TPXO 7.1 dengan stasiun klimatologi terdekat yaitu stasiun klimatologi Tanjung Mas Semarang. Berdasarkan data analisis, diperoleh Bilangan Formzal 1.39 sehingga termasuk jenis pasang surut pasang surut campuran condong ke harian ganda (mixed tide prevailing semi diurnal) seperti terlihat pada **Gambar 6**. Elevasi muka air penting berdasarkan analisis adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Mawar angin pada setiap bulan



Gambar 5. Mawar angin setiap musim; (a) Musim penghujan, (b) Musim kemarau



Gambar 6. Elevasi muka air penting

HHWL = 15.28 cm  
MHWL = 90.62 cm  
MSL = 45.54 cm  
MLWL = 0.47 cm  
LLWL = -24.19 cm  
Tunggang pasang = 139.48 cm

Data sedimen diperoleh dengan mengambil data di lapangan. Sampel sedimen yang diambil meliputi sedimen dasar pada 10 lokasi dan sedimen tangkap pada 6 (enam) lokasi. Analisis ukuran butiran sedimen di 16 lokasi menunjukkan bahwa sedimen terdiri dari sedimen lanau (*silt*) dan sedimen lempung (*clay*), namun lebih dominan sedimen lanau. Analisis debit dilakukan dengan menggunakan data sekunder dari penelitian yang pernah dilakukan di muara Sungai Timbulsloko. Penelitian tersebut melakukan pengambilan data pada 23 Maret 2016 saat kondisi surut. Berdasarkan penelitian tersebut diperoleh arus di muara Sungai Timbulsloko sebesar 0.41 m/dt dan TSS sebesar 0.11 mg/L (Wisha dan Ondara, 2017) seperti pada **Tabel 1**. Data arus tersebut kemudian dikalikan dengan luas penampang yang diperoleh dari pengukuran lapangan. Berikut adalah rekapitulasi data debit dan TSS pada masing-masing sungai.

Tabel 1. Rekapitulasi data sungai

No.	Sungai	Arus (m/s)	Lebar (m)	Kedalaman (m)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	TSS (mg/L)
1	S. Bedono	0.41	20	0.85	6.97	0.11
2	S. Bogorame	0.41	5	0.5	1.03	0.11
3	S. Timbulsloko	0.41	12.1	0.6	2.98	0.11

Seluruh data yang sudah diperoleh tersebut kemudian digunakan untuk membuat model dengan menggunakan perangkat lunak DELFT3D. Pemodelan DELFT3D dilakukan diawali dengan pembuatan grid dan bathimetri, sebagai masukan untuk pembuatan *flow model* dan *wave model*. Simulasi akan dilakukan selama 15 hari pada tanggal 1-15 Januari 2021 dengan *morphological scale* sesuai dengan panjang durasi musim kemarau dan musim penghujan. Berikut adalah tahapan analisis yang dilakukan:

## 2.1 Model maker

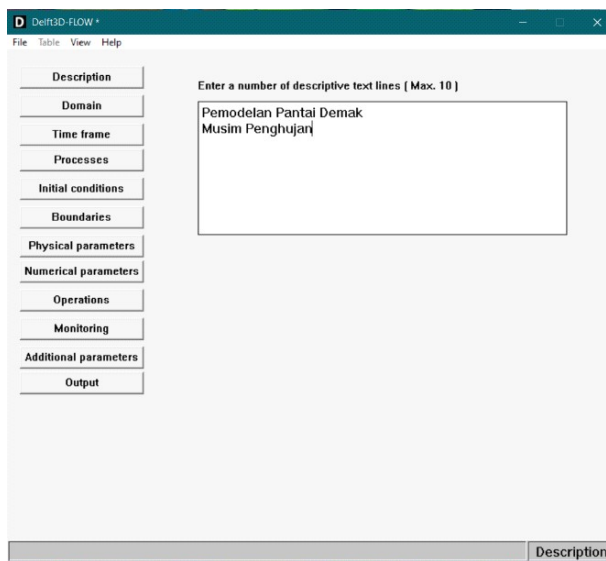
*Model Maker* terdapat pada menu *Grid*. *Grid* model sudah dibuat pada DELFT Dashboard dengan ukuran 150x150 m dengan luas area model 41.6 km<sup>2</sup>. Pembuatan bathimetri dilakukan pada tab menu



QUICKIN dengan *input* data yang digunakan yaitu data grid dan data bathimetri. Data tersebut kemudian diinterpolasi sehingga setiap sel mengandung informasi bathimetri.

## 2.2 Flow Model

*Flow model* digunakan untuk mensimulasikan hidrodinamika pantai dan transpor sedimen. Menu ini ada dalam *flow model* dan pembuatannya terdiri dari beberapa bagian seperti ditunjukkan pada **Gambar 7**. Persamaan yang digunakan pada pemodelan ini adalah persamaan momentum yang diturunkan dengan Boussinesq method dan Leibniz Equation. Berikut adalah penjelasan mengenai masing-masing bagian *flow model*.



**Gambar 7. Gambar antarmuka masukan *flow model* DELFT3D**

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}} * \sqrt{G_{\eta\eta}}} + \frac{\partial \{(d + \xi)U\sqrt{G_{\eta\eta}}\}}{\partial \xi} + \frac{\partial \{(d + \xi)V\sqrt{G_{\eta\eta}}\}}{\partial \xi} = ((d + \xi)Q) \quad (1)$$

$$\frac{1}{\rho} + \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{1}{\rho_0} + \frac{\partial p_{atm}}{\partial x} + g \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{g}{P_0} \int_z \frac{\partial \rho}{\partial x} dz \quad (2)$$

$$\frac{1}{\rho_0 \sqrt{G_{\xi\xi}}} P_{\xi} = \frac{g}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial u}{\partial \xi} + g \frac{d + u}{\rho_0 \sqrt{G_{\xi\xi}}} \int_{\sigma} \left( \frac{\partial \rho}{\partial \xi} + \frac{\partial \rho}{\partial \sigma} + \frac{\partial \sigma}{\partial \xi} \right) d\sigma' \quad (3)$$

$$\frac{1}{\rho_0 \sqrt{G_{\eta\eta}}} P_{\eta} = \frac{g}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial u}{\partial \eta} + g \frac{d + u}{\rho_0 \sqrt{G_{\eta\eta}}} \int_{\sigma} \left( \frac{\partial \rho}{\partial \eta} + \frac{\partial \rho}{\partial \sigma} + \frac{\partial \sigma}{\partial \eta} \right) d\sigma' \quad (4)$$

dengan :

- u = kecepatan aliran di arah x atau  $\xi$
- v = kecepatan fluida di arah y atau  $\eta$
- V = kecepatan rata-rata di arah y atau  $\eta$
- d = kedalaman di bawah beberapa bidang referensi horizontal (datum) (m)
- $\xi$  = tingkat air di atas beberapa bidang referensi horizontal (datum) (m)

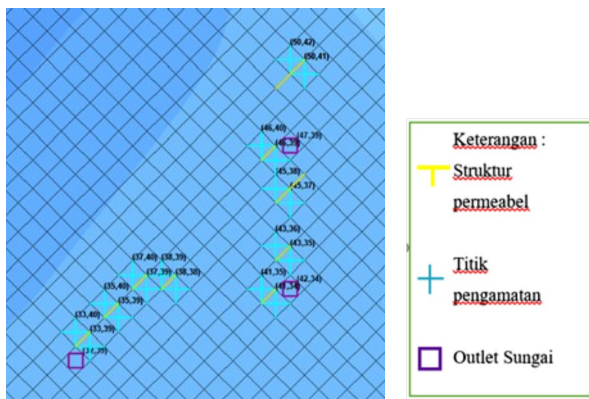
- $\sigma$  = konstanta Stefan-Boltzmann
- $\omega$  = kecepatan di arah s di sistem koordinat  $\sigma$  (m/s)
- $\xi, \eta$  = horisontal, koordinat lengkung
- $\sqrt{G_{\eta\eta}}$  = koefisien yang digunakan untuk mentransformasi koordinat lengkung ke empat persegi panjang (m)
- $\sqrt{G_{\xi\xi}}$  = koefisien yang digunakan untuk mentransformasi koordinat lengkung ke empat persegi panjang (m)
- $\rho_0$  = referensi kerapatan air
- $P_{\xi}$  = gradien tekanan hidrostatik di arah  $\xi$  (kg/(m<sup>2</sup>s<sup>2</sup>))
- $F_{\xi}$  = momentum turbulen flux di arah  $\xi$  (m/s<sup>2</sup>)
- $M_{\xi}$  = momentum masuk atau keluar di arah  $\xi$  (m/s<sup>2</sup>)
- $P_{\eta}$  = gradien tekanan hidrostatik di arah  $\eta$  (kg/(m<sup>2</sup>s<sup>2</sup>))
- $F_{\eta}$  = momentum turbulen flux di arah  $\eta$  (m/s<sup>2</sup>)
- $M_{\eta}$  = momentum masuk atau keluar di arah  $\eta$  (m/s<sup>2</sup>)
- $\nu V$  = koefisien eddy viscosity

Data yang digunakan pada pemodelan ini yaitu data grid, bathimetri, pasang surut, sedimen, faktor skala morfologi dan sungai. Berikut adalah penjelasan mengenai masing-masing bagian *flow model*.

1. *Description*; pengisian *description* adalah opsional. Menu ini dapat diisi untuk memberi keterangan mengenai model yang sedang dibuat atau dikosongkan.
2. *Description, Domain*; pada menu domain dilakukan *input* data grid, *enclosure*, dan bathimetri serta *thin dams*. *Thin dams* digunakan untuk memodelkan *permeable structure* dikarenakan memiliki beberapa persamaan karakteristik yaitu digambarkan sebagai hambatan aliran berupa struktur yang tipis dan dapat dilalui air. Berdasarkan *Google Earth* terdapat 9 (sembilan) *thin dams* yang sudah ada di lapangan. *Thin dams* ini dipasang memanjang sejajar dengan garis pantai. Gambar *thin dams* ditunjukkan dengan garis merah pada **Gambar 8**.
3. *Initial condition*; digunakan untuk mendefinisikan kondisi awal ketinggian muka air dan konsentrasi sedimen pada daerah model. Ketinggian muka air mula-mula pada model diamsusikan setinggi MSL sehingga diisi 45.56 cm. Untuk konsentrasi sedimen tidak diketahui sehingga diberikan nilai 0 kg/m<sup>3</sup>.
4. *Bondaries*; pada bagian ini ditambahkan data-data pasang surut pada masing-masing *boundaries*. Data *boundaries* pasang surut menggunakan data yang sudah di buat di *DELFT Dashboard*.
5. *Physical Parameter*; berisi nilai parameter hidrodinamik, kekasaran, viskositas, karakteristik sedimen dan morfologi. Data yang digunakan yaitu data sedimen dan *morphological scale factor*. Sedimen yang dimodelkan merupakan sedimen kohesif dan untuk skala morfologinya disesuaikan dengan durasi musim, sehingga musim penghujan dimodelkan selama 4 bulan dan musim kemarau dimodelkan selama 8 bulan.
6. *Numerical Parameter*; digunakan apabila ada parameter numerik yang digunakan.
7. *Operations*; pada bagian ini ditambahkan data debit sungai dan TSS pada area model yang sudah

dianalisis sebelumnya. Lokasi outlet sungai ditandai dengan warna kotak pada **Gambar 8**.

8. *Monitoring*; digunakan apabila diperlukan titik titik monitoring untuk melihat perubahan yang terjadi pada titik tersebut. Pada pemodelan ini, titik monitoring akan diletakkan di depan dan belakang *thin dam*. Detail lokasi pengamatan pada model dapat dilihat pada **Gambar 8**.
9. *Additional parameter*; digunakan untuk memanggil fungsi yang disediakan di DELFT3D dengan kode-kode yang sudah ditentukan.
10. *Output*; pada bagian ini ditentukan output yang akan dimunculkan pada hasil pemodelan.



Gambar 8. Tata letak *thin dams*

## 2.3 Wave model

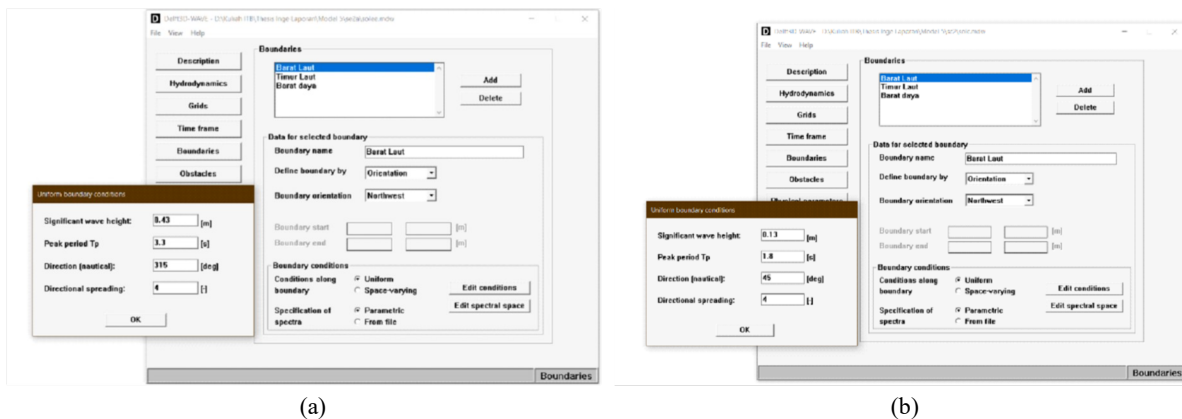
*Wave model* digunakan untuk memodelkan pengaruh gelombang terhadap hidrodinamika pantai. Tahapan dari pemodelan ini hampir sama dengan pembuatan *flow model*, namun ditambahkan data tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang signifikan untuk masing masing musim yang sudah dihitung seperti pada **Gambar 9**. Bagian ini yang akan membedakan hasil pemodelan musim kamarau dan musim penghujan. Data lain yang ditambahkan pada bagian ini yaitu data *grid* dan bathimetri.

## 3. Hasil dan Pembahasan

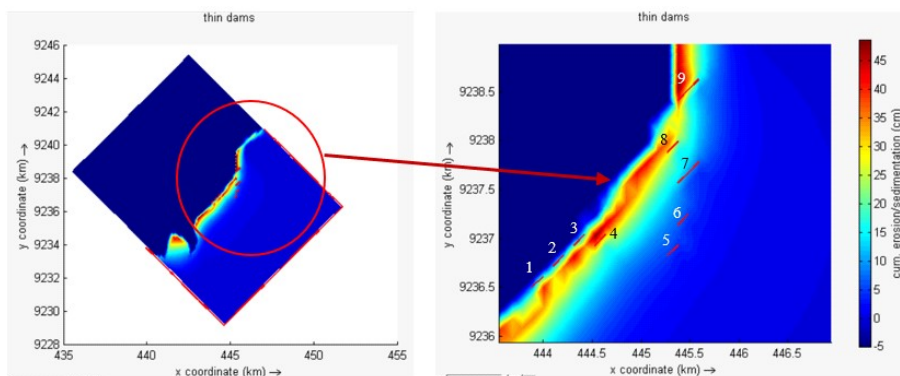
### 3.1 Pemodelan struktur eksisting pada musim penghujan

Berdasarkan hasil pemodelan, terjadi erosi pada bagian depan struktur berpori nomor 1, 2, dan 3 sedalam 5 cm, sedangkan pada bagian belakang struktur mengalami pengendapan sedimen. Meski menyebabkan erosi, pemodelan musim ini menangkap lebih banyak sedimen pada bagian struktur berpori yang lain, seperti pada **Gambar 10**. Struktur berpori pada nomor 4, 8 dan 9 menangkap sedimen lebih banyak dibanding struktur 5, 6 dan 7. Hal ini dikarenakan energi gelombang sudah berkurang sehingga struktur 5, 6, dan 7 yang berada lebih jauh dari darat hanya mampu menangkap sedikit sedimen.

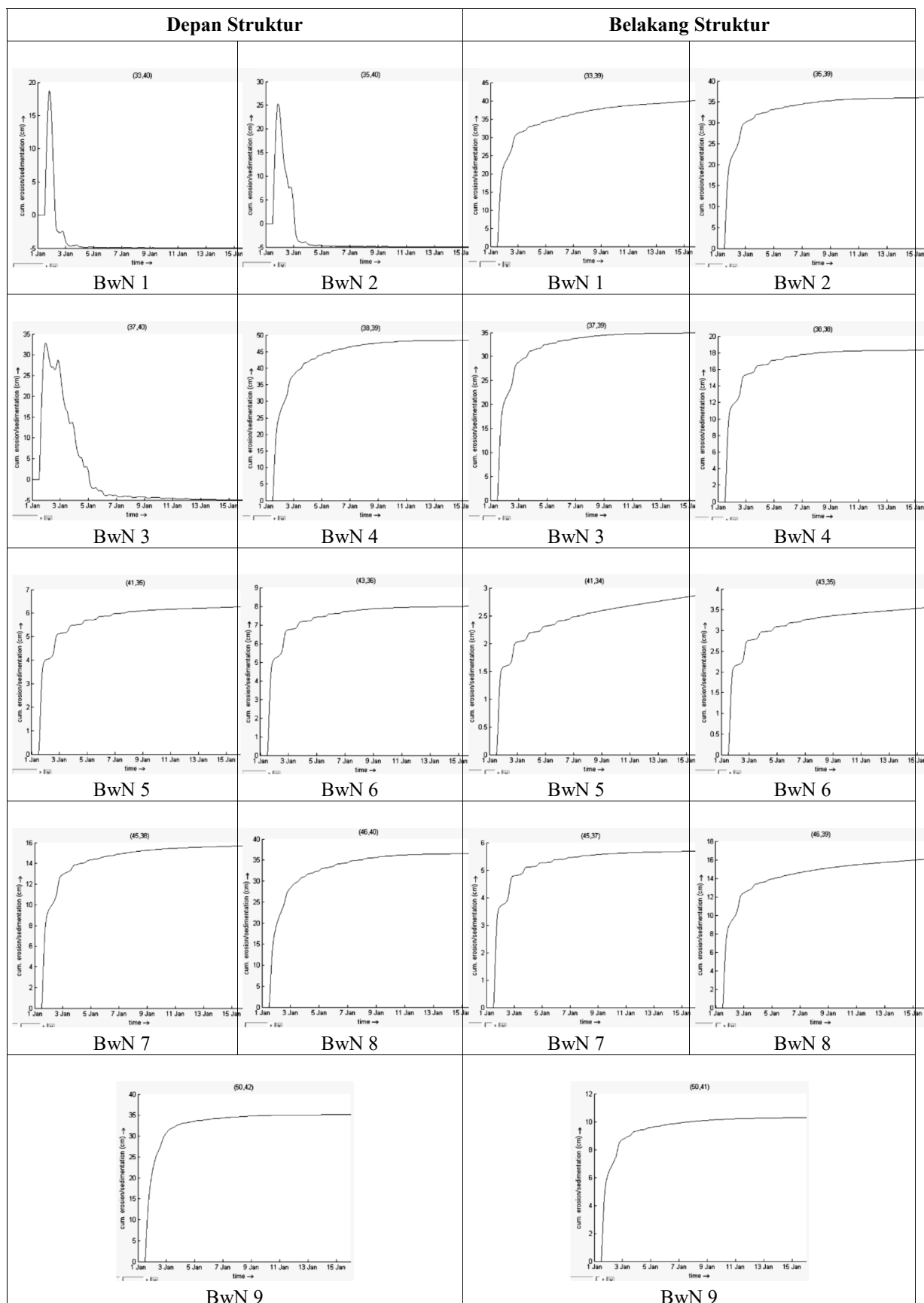
Titik observasi model dapat menampilkan jumlah tangkapan sedimen dengan lebih detail. Grafik



Gambar 9. Antar muka masukan data gelombang pada; (a) Musim penghujan, dan (b) Musim kamarau



Gambar 10. Hasil pemodelan kondisi eksisting pada musim penghujan



Gambar 11. Grafik akumulasi sedimen pada titik observasi di musim penghujan

akumulasi sedimen pada masing-masing titik pengamatan terdapat pada **Gambar 11**. Dari gambar tersebut diketahui struktur berpori yang menangkap sedimen terbanyak yaitu bagian depan struktur nomor 4 dengan sedimen tangkapan mencapai 49 cm. Struktur yang menangkap sedikit sedimen yaitu bagian belakang struktur nomor 5 yang menangkap 2.8 cm sedimen.

### 3.2 Pemodelan struktur eksisting pada musim kemarau

Tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang pada musim ini lebih kecil dibandingkan musim penghujan. Dikarenakan energi gelombang yang sampai ke struktur lebih kecil, akibatnya sedimen yang mengendap lebih sedikit jika dibandingkan dengan musim penghujan. Arah gelombang yang sejajar pantai membuat struktur berpori tidak dapat menangkap banyak sedimen.

Berdasarkan pengamatan pada titik pengamatan, di seluruh titik pengamatan terjadi sedimentasi dengan ketinggian sedimen yang bervariasi. Tangkapan sedimen tertinggi saat musim kemarau terjadi di sekitar struktur no. 1, setinggi 14 cm, dan terendah adalah di sekitar struktur no. 5 setinggi 2 cm. Hasil tangkapan sedimen pada masing-masing titik pengamatan dapat dilihat pada **Gambar 12** dan **Gambar 13**.

### 3.3 Analisis hasil simulasi

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa pembuatan struktur berpori efektif untuk dalam menangkap

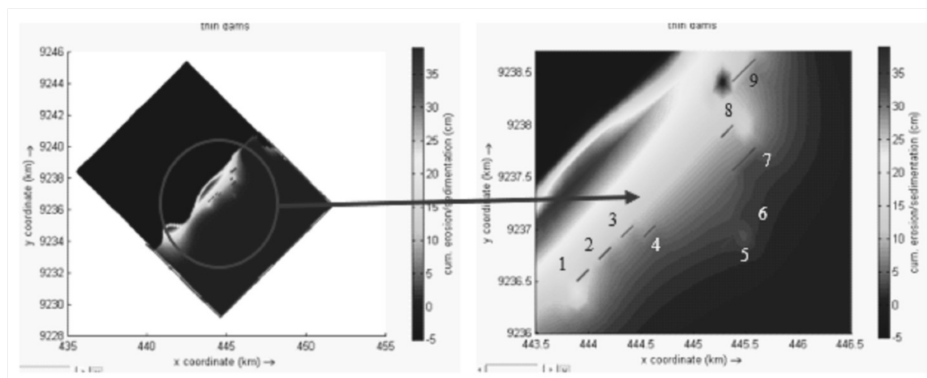
sedimen. Hal ini ditunjukkan pada **Tabel 2**, dimana rata-rata tangkapan sedimen selalu memberikan nilai yang positif meskipun ada beberapa titik yang mengalami erosi pada musim penghujan. Berdasarkan hasil pemodelan, rata-rata tinggi sedimen yang ditangkap oleh struktur berpori pada musim penghujan sebesar 15.13 cm pada bagian depan struktur dan 18.57 cm pada bagian belakang struktur. Sedangkan hasil pemodelan sedimen pada musim kemarau memiliki nilai rata-rata 9.50 cm pada bagian depan struktur dan 5.73 cm pada bagian belakang struktur.

Erosi pada musim penghujan terjadi karena gelombang yang tinggi menyebabkan terjadinya erosi. Erosi yang terjadi terhenti karena ada struktur berpori yang melindungi area belakangnya, sehingga erosi hanya terjadi pada bagian depan struktur dan bagian belakang struktur berpori mengalami sedimentasi. Erosi yang terjadi pada lokasi struktur berpori 1, 2, dan 3 lebih kecil dibandingkan dengan sedimentasi yang terjadi pada musim kemarau. Erosi yang terjadi sebesar -5 cm pada musim penghujan akan terisi oleh sedimen yang dibawa pada musim kemarau.

Tangkapan sedimen pada musim kemarau lebih rendah dibanding sedimen yang tertangkap pada musim penghujan. Hal ini dikarenakan tinggi gelombang dan arah gelombang yang datang berbeda, sehingga mempengaruhi pola sebaran sedimen. Pada musim penghujan, gelombang datang tegak lurus struktur berpori dengan tinggi gelombang yang lebih besar. Hal

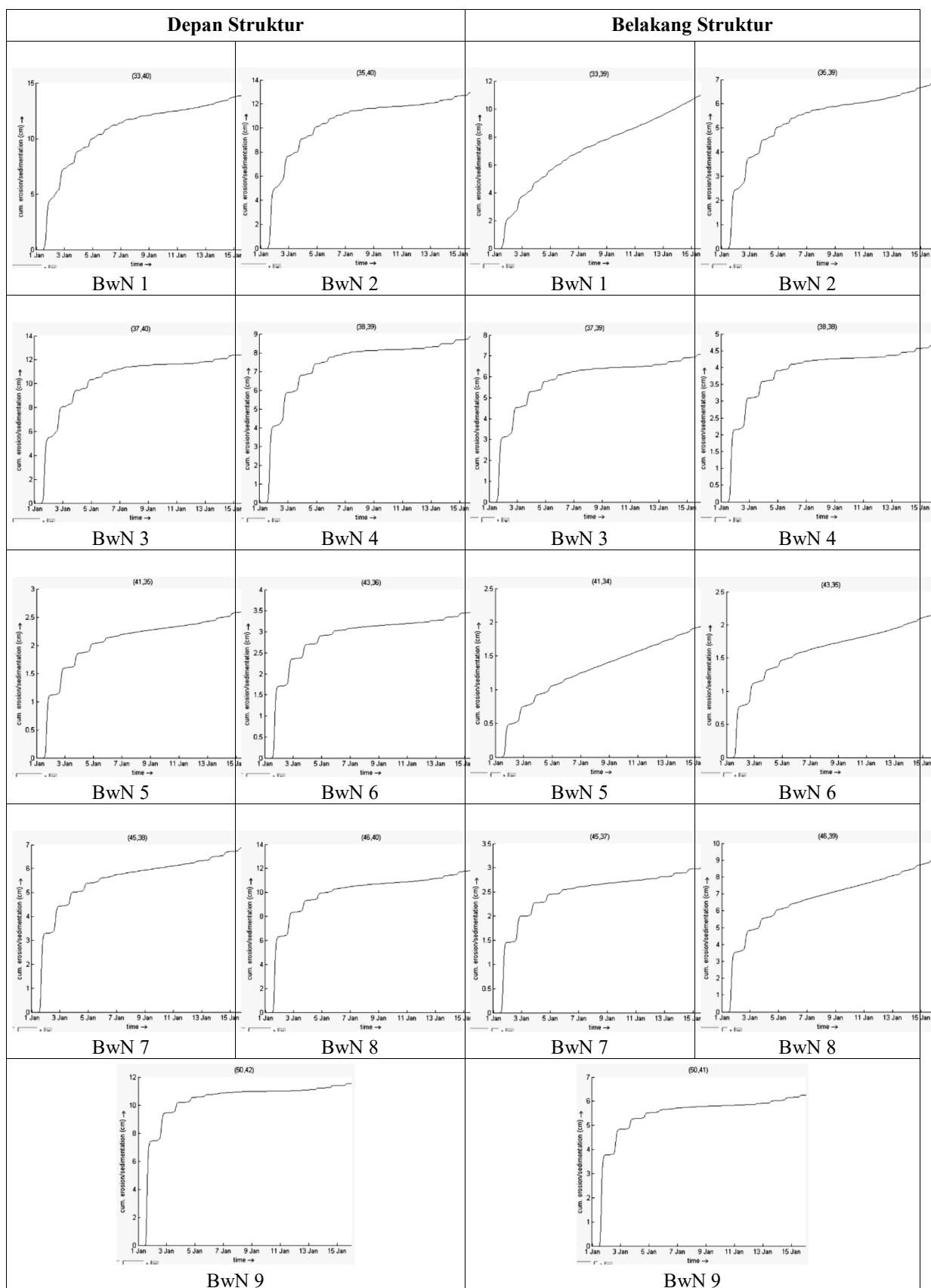
**Tabel 2.** Rekapitulasi tangkapan sedimen

Kode Struktur Berpori	Titik Pengamatan		Musim Penghujan (cm)		Musim Kemarau (cm)	
	Depan Struktur Berpori	Belakang Struktur Berpori	Depan Struktur Berpori	Belakang Struktur Berpori	Depan Struktur Berpori	Belakang Struktur Berpori
1	33.40	33.39	-5	40	14	11
2	35.40	35.39	-5	36	13	7
3	37.40	37.39	-5	35	12.5	7
4	38.39	38.38	49	18	9	4.5
5	41.35	41.34	6.2	2.8	2.7	2
6	43.36	43.35	8	3.5	3.5	2.1
7	45.38	45.37	16	5.8	7	3
8	46.40	46.39	37	16	12	9
9	50.42	50.41	35	10	11.8	6
Rata-Rata			15.13	18.57	9.50	5.73



**Gambar 12.** Hasil pemodelan kondisi eksisting pada musim kemarau





Gambar 13. Grafik akumulasi sedimen pada titik obeservasi di musim kemarau

ini menyebabkan terjadi erosi pada beberapa lokasi, namun juga menyebabkan sedimentasi yang lebih besar pada lokasi lain.

#### **4. Kesimpulan**

Berdasarkan pemodelan yang sudah dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Pada sekitar struktur berpori terjadi pengendapan sedimen di depan struktur maupun di belakang struktur dengan ketinggian yang bervariasi pada setiap lokasi. Pada pemodelan musim penghujan terjadi erosi pada beberapa lokasi, namun erosi yang terjadi lebih sedikit dibandingkan sedimentasi yang terjadi pada musim kemarau.
2. Rata-rata akumulasi tangkapan sedimen pada musim penghujan sekitar 15.13 cm pada bagian depan struktur dan 18.57 cm pada bagian belakang struktur. Sedangkan rata-rata tangkapan sedimen pada musim kemarau sekitar 9.50 cm pada bagian depan struktur dan 5.73 cm pada bagian belakang struktur.

#### **Ucapan Terimakasih**

Ucapan terimakasih diberikan kepada Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro karena telah berbagi data lapangan yang sangat bermanfaat dalam penelitian dan penulisan jurnal ini.

#### **Daftar Pustaka**

- CERC., 1984. Shore Protection Manual. US Army Corps of Engineering, Vol 1, No. 5, 337.
- de Vriend, H. J., van Koningsveld, M., Aarninkhof, S. G. J., de Vries, M. B., dan Baptist, M. J., 2015, Sustainable Hydraulic Engineering Through Building with Nature, Journal of Hydro-Environment Research, Vol. 9, No. 2, 159–171. <https://doi.org/10.1016/j.jher.2014.06.004>.
- Dewi, R. S., dan Bijker, W., 2020, Dynamics of Shoreline Changes in The Coastal Region Of Sayung, Indonesia, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, Vol. 23, No. 2, 181–193. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2019.09.001>.
- Hasdinar, U., Rahman, S., Baeda, A. Y., dan Klara, S., 2015, Identification of Coastal Problem and Prediction of Coastal Erosion Sedimentation in South Sulawesi, Elsevier Procedia Engineering Vol. 116, No. 1, 125-133. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.273>
- Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, 2019, <https://kkp.go.id/artikel/12993-laut-masa-depan-bangsa-mari-jaga-bersama>.
- Muskananfolo, Rudolf, M., Supriharyono, dan Febrianto, S., 2020, Spatio-Temporal Analysis

of Shoreline Change Along the Coast of Sayung Demak, Indonesia using Digital Shoreline Analysis System, Elsevier Regional Studies in Marine Science, Vol. 34. 101060.

- Pranoto, H. R., Atmojo, W., dan Nugroho, D., 2016, Studi Sedimentasi Pada Groin di Perairan Timbulsko Demak, Jurnal Oseanografi, Vol. 5, No. 1, 86-89.
- Wetlands International. 10-2017. Building with Nature Indonesia, Wetlands International.
- Wilms, T., Van der Goot, F., Debrot, A. O., 2017, Building with Nature – an Integrated Approach for Coastal Zone Solutions Using Natural Socio Economic and Institutional Processes, Coast & Ports 2017 Conference, Cairns, Australia, 21 - 23 June 2017.
- Wisha, U. J., dan Ondara, K., 2017, Total Suspended Solid (TSS) Distributed by Tidal Currents during Low to High Tide Phase in the Waters of Sayung, Demak: Its Relations to Water Quality Parameters, Journal of Marine and Aquatic Sciences, Vol. 3, No. 2, 154. <https://doi.org/10.24843/jmas.2017.v3.i02.154-162>.