

KONSEP POLA SPASIAL PENGEMBANGAN KONEKTIVITAS DAN INFRASTRUKTUR PANTAI SERTA KAJIAN ASPEK DINAMIKA PANTAI UNTUK PENANGANAN PERMASALAHAN DI TELUK SEMARANG

CONCEPT OF SPATIAL PATTERN OF CONNECTIVITY AND INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT AND STUDY OF ASPECTS OF COASTAL DYNAMICS OF THE BEACH FOR HANDLING PROBLEMS IN BAY OF SEMARANG

Cahyarsi Murtiaji, Mardi Wibowo, M. Irfani, Buddin Al Hakim, Gugum Gumbira

Balai Pengkajian Dinamika Pantai (BPDP),
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)
Jl.Grafika no.2, Yogyakarta 55281.
e-mail : bpdp@bppt.go.id

Abstrak

Pesisir Teluk Semarang saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat karena merupakan pusat pertumbuhan ekonomi utama di Jawa Tengah. Di sisi lain, saat ini pula pesisir Teluk Semarang mengalami berbagai permasalahan yang sangat kompleks, seperti banjir rob, penurunan muka tanah (land subsidence), serta kerusakan pantai akibat abrasi dan sedimentasi. Sesuai dengan tugas pokok, fungsi dan kompetensi BPDP serta salah satu peran BPPT, yaitu pengkajian dan solusi di bidang teknologi, maka Balai Pengkajian Dinamika Pantai – BPPT melakukan kajian untuk menghasilkan konsep pola spasial konektivitas dan infrastruktur penanganan permasalahan Teluk Semarang serta pemodelan numerik untuk mengetahui perubahan pola hidrodinamika pantai dan lingkungan di Teluk Semarang, yang meliputi pemodelan hidrodinamika, pemodelan kualitas perairan dan pemodelan transport sedimen.

Kata kunci : Teluk Semarang, infrastruktur, konektivitas, konsep pola spasial, pemodelan numerik, hidrodinamika, kualitas perairan, transport sedimen

Abstract

Semarang Gulf coast is currently experiencing rapid growth as a major economic growth in Central Java. On the other hand, the current Gulf coast Semarang also experiencing very complex issues, such as tidal flooding, land subsidence, as well as damage due to coastal erosion and sedimentation. In accordance with the duties, functions and competence as well as one of the BPDP BPPT roles, namely assessment and solutions in the field of technology, the Research Center for Coastal Dynamics (BPDP)- BPPT conduct a study to produce a concept of spatial patterns of connectivity and infrastructure management issues Semarang Gulf and numerical modeling to determine changes pattern of coastal hydrodynamics and the environment in the Gulf of Semarang, which includes hydrodynamic modeling, modeling of water quality and sediment transport modeling.

Keywords : Semarang Gulf, infrastructure, connectivity, the concept of spatial pattern, numerical modeling, hydrodynamics, water quality, sediment transport

- kependudukan, geolorfologi, geologi, dan topografi);
- Tersedianya konsep pola spasial pengembangan dan penataan infrastruktur kawasan pesisir Teluk Semarang;
 - Penyusunan skenario dan uji pemodelan numerik dinamika pantai dengan data terkini pada kawasan pesisir Teluk Semarang;
 - Tercapainya rencana pembangunan infrastruktur sebagai bagian dari penanganan permasalahan dan pengembangan kawasan pantai Teluk Semarang yang terintegrasi dan berkelanjutan.



Gambar 3.
Pelaksanaan Survei Lapangan



Gambar 4.
Pelaksanaan Panel Ahli dan Praktisi di Yogyakarta

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berawal dari sumber-sumber dan kajian yang pernah dilakukan^{3,-11)} dan digunakan sebagai sumber acuan. Survei di lapangan dilakukan dalam rangka pengumpulan data primer dan verifikasi data sekunder yang sudah didapat. Pelaksanaan survei lapangan ditunjukkan pada Gambar 3. Selanjutnya data tersebut digunakan untuk melakukan pemodelan numerik dan analisis lebih lanjut. Konsep hasil analisis dan pemodelan diseminarkan dalam format diskusi kelompok yang terfokus (*Focus Group Discussion = FGD*). Suasana *FGD* dapat dilihat pada Gambar 4. Lingkup kajian dalam penelitian ini meliputi :

- Pengumpulan data primer dan sekunder: batimetri, pasang surut, arus, pengambilan contoh sedimen dasar dan melayang;
- Analisis kondisi infrastruktur eksisting dan rencana pengembangan infrastruktur konektivitas di sekitar Teluk Semarang;
- Penyusunan konsep pola spasial dan infrastruktur di Teluk Semarang;
- Pemodelan numerik (hidrodinamika, sedimentasi dan kualitas air) baik pada kondisi eksisting yang ada saat ini maupun kondisi *ultimate* (kondisi setelah adanya pembangunan infrastruktur Konsep BPPT).
- Focused Group Discussion* (FGD)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsep Dam Lepas Pantai

Konsep ini dikemukakan oleh Dipl. Ing John Wirawan¹²⁾ (seorang ahli Perencana Struktur Sipil). Prinsip konsep ini adalah mencegah timbulnya rob, dengan memisahkan air laut dari daratan. Ini dilakukan dengan membangun dam lepas pantai (DLP) sehingga air laut tidak dapat menggenangi daratan dan sekaligus menghasilkan danau air tawar skala raksasa terletak diantara DLP dan daratan. Dengan memanipulasi ketinggian air di danau selalu lebih rendah dari daratan, maka air sungai dapat mengalir tanpa hambatan ke dalam danau tersebut. Kalau ketinggian air naik mendekati ketinggian yang sudah ditentukan, maka air danau dapat dipompa keluar dari DLP ke laut terbuka. Konsep dam lepas pantai ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5.
Konsep Dam Lepas Pantai di
Teluk Semarang¹²⁾

Kawasan darat di dalam DLP ini dimanfaatkan untuk pelabuhan samudera, bandara, fasilitas-fasilitas produksi dan komunitas-komunitas baru, yang dibarengi dengan pembuatan jalur pengangkutan darat tanpa hambatan sehingga kegiatan ekonomi Jawa Tengah akan meningkat secara signifikan.

Sabuk Pantai

Konsep ini dikemukakan oleh Ikatan Alumni Teknis Sipil, Universitas Diponegoro (IKATEKSI-UNDIP)¹⁾. Konsep ini menekankan pada keterpaduan perlindungan pantai dengan sistem drainase perkotaan, serta mempertimbangkan hal-hal berikut ini¹³⁾:

- Tetap berfungsinya sistem *coastal cell* terpadu dengan *watershed cell* secara hidro-oseanografis dalam satu kesatuan ekosistem;
- Tetap terjaganya kelestarian fungsi ekosistem/ habitat vital sebagai alur ruaya (migrasi), daerah pemijahan dan asuhan biota (*mangrove, estuaria, hamparan dasar laut litoral dan sub litoral*);
- Tidak menurunnya daya dukung lingkungan akibat peningkatan pencemaran (*eutrofikasi dan saprobikasi*) dan kerusakan pantai serta suksesi ekosistem; dan
- Tidak terganggunya kegiatan perikanan, serta kegiatan pendukungnya (Pelabuhan, Pangkalan Pendaratan dan Pelelangan Ikan/TPI/PPI dan Permukiman Nelayan).

Konsep sabuk pantai ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6.
Konsep Terpadu Perlindungan Pantai dan
Sistem Drainase Perkotaan Sebagai Dasar
Konsep Sabuk Pantai¹⁾

Giant Sea Wall (GSW)

Gambaran lebih detail dari konsep ini masih sangat terbatas. Konsep ini pada prinsipnya adalah membangun tanggul di laut lepas yang sekaligus berfungsi sebagai jalan. Konsep ini diusulkan oleh perusahaan dari Tiongkok¹⁴⁾ yaitu *China Communication Construction Company Ltd*. Perusahaan ini bergerak di bidang pelabuhan, dermaga, jembatan, saluran air, terowongan, rel kereta, pengerukan, dan *crane container*. Konsep tanggul laut raksasa ini dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7.
Layout Awal Konsep GSW di
Teluk Semarang¹⁴⁾

Untuk mengendalikan volume air yang ada di dalam dam, tetap mengandalkan pompa. Permasalahan lain yang jadi perhatian adalah sedimentasi dari sungai-sungai yang masuk dalam dam. Untuk mengatasi sedimentasi yang selalu ada diperlukan pompa untuk melakukan pembersihan air dari hulu dan pemompaan lumpur yang terendap.

Kriteria Penyusunan Konsep Pola Spasial Pengembangan Konektivitas dan Infrastruktur

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan analisis data yang ada, untuk penanganan permasalahan di Teluk Semarang dibutuhkan suatu solusi rekayasa teknik yang menyeluruh, terpadu dan bertahap. Berikut beberapa pedoman yang perlu diperhatikan :

- a. Perlunya terobosan cara pandang permasalahan serta solusinya secara menyeluruh tanpa tersekat-sekat dengan batas wilayah administrasi dan batas kewenangan birokrasi pemerintahan. Selain itu harus terpadu dan terintegrasi dengan seluruh aspek terkait dari hulu ke hilir baik aspek teknik, ekonomi dan sosial-budaya. Cara pandang secara berkelanjutan, bahwa pentahapan harus dilakukan dan diteruskan oleh siapapun yang berwenang sampai tercapainya tujuan awal merupakan merupakan hal utama yang harus diikuti.
- b. Perlunya terobosan dalam penyusunan payung hukum berupa peraturan-peraturan terkait yang menunjang antara lain di bidang kepemilikan lahan baru dan bangunan baru berlantai banyak. Selain itu peraturan terkait di bidang Rencana Tata Ruang Wilayah serta bidang Lingkungan Hidup dan di bidang kewenangan birokrasi pemerintahan baik di pusat maupun di daerah.
- c. Perlunya terobosan dalam penggunaan rekayasa teknologi terbaru yang ramah lingkungan, tidak mahal dan mudah dalam perawatannya serta desain yang sesuai dengan karakter dan budaya Indonesia serta efektif dan efisien serta aman dan ekonomis.
- d. Perlunya terobosan penguatan konsep tematik yang memiliki otoritas kewenangan khusus untuk mempermudah di dalam pelaksanaan dan pengawasannya. Bisa dengan menguatkan konsep yang sudah ada atau menyusun konsep yang baru.

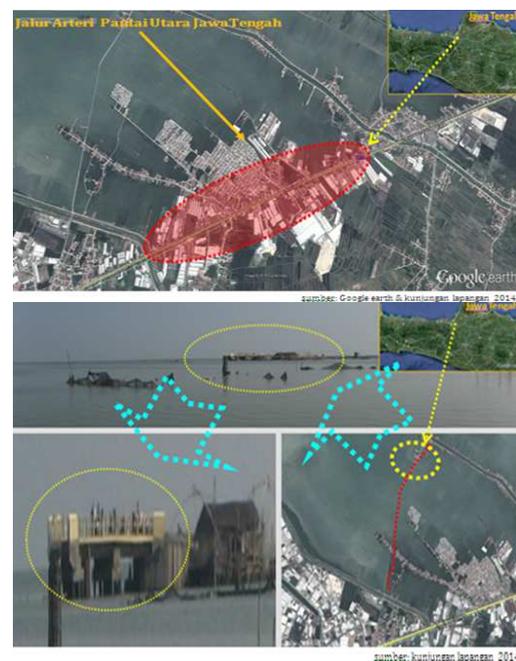
Selanjutnya disusun Kriteria Konsep Perencanaan dan Perancangan yang harus dipenuhi dalam menyusun solusi rekayasa teknik meliputi:

- a. Mengamankan fasilitas terkait infrastruktur Konektivitas dan Sistem Logistik Nasional berupa :
 - 1) Jalan Arteri Pantai Utara Jawa Tengah, terutama segmen Sayung, Kabupaten Demak yang terancam abrasi seperti pada Gambar 8;
 - 2) Fasilitas landas pacu Bandar Udara Internasional Ahmad Yani Semarang yang sudah terancam abrasi seperti pada Gambar 9; dan

- 3) Kelancaran terkait Konektivitas dan Sistem Logistik Nasional di Teluk Semarang serta menghindari ketersendatan di jalan seperti pada Gambar 10.
- b. Menahan laju abrasi di wilayah pantai Kab. Kendal, Kota Semarang dan Kab. Demak untuk melindungi lahan yang bernilai tinggi.
 - c. Mengurangi dampak rob dan banjir
 - d. Mengurangi dampak amblesan
 - e. Penyediaan kebutuhan lahan baru untuk pengembangan pada masa mendatang
 - f. Penyediaan akan kebutuhan air baku pada masa mendatang
 - g. Terciptanya kondisi lingkungan hidup yang harmoni.

Pola Spasial Pengembangan Konektivitas dan Infrastruktur Pantai di Kawasan Teluk Semarang

Konsep pola spasial ini merupakan konsep yang diusulkan oleh BPDP-BPPT. Beberapa pendekatan seperti pada Gambar 11 dan pertimbangan berdasarkan kondisi eksisting dalam proses penyusunan konsep awal pola spasial pengembangan konektivitas dan infrastruktur pantai di kawasan Teluk Semarang, yakni:



Gambar 8.
Abrasi di Sriwulan, Sayung, Kabupaten Demak



Gambar 9.
Landasan Bandara Terancam Abrasi



Gambar 10.
Kondisi PP Tambaklorok – Semarang

- a. Zonasi dibagi berdasarkan batimetri dengan pembagian menjadi 3 macam yaitu optimis (pada kedalaman laut -20 m), moderat (pada kedalaman laut -10 m) dan konservatif (pada kedalaman laut 0 m) atau pada garis pantai. Pada konsep ini, pendekatan optimis pada kedalaman hampir -20m dipilih dengan pertimbangan kebutuhan draf kapal sampai dengan -14 m.
- b. Pertimbangan terhadap sirkulasi utama pelabuhan eksisting di kawasan Teluk Semarang yaitu supaya tidak mengganggu sirkulasi dari kapal-kapal yang akan berlabuh dari dan ke pelabuhan Tanjung Emas Semarang dan Pelabuhan Kendal.
- c. Pertimbangan sirkulasi perahu nelayan yang ada terlebih dahulu di kawasan Teluk Semarang yaitu sirkulasi perahu nelayan dari dan ke simpul nelayan di Bandengan-Kendal, di Tambak Lorok-Semarang dan simpul nelayan di Moro Demak-Demak.

- d. Pertimbangan terhadap Kawasan Keselamatan Operasional Penerbangan (KKOP) dari pesawat-pesawat yang lepas landas di Bandar Udara Internasional Ahmad Yani Semarang terkait dengan rencana ketinggian bangunan di tempat yang baru
- e. Selain itu pertimbangan permasalahan eksisting di kawasan Teluk Semarang, seperti rob, banjir di Kota Semarang dan abrasi yang masif di Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak.
- f. Pertimbangan keterpaduan hulu-hilir dan dengan kajian terkait yang telah disusun seperti RTRW, RZWP3K, dokumen Master Plan Drainase Kota Semarang 2007 dan dokumen rencana Semarang *Outer Ring Road*.
- g. Pertimbangan debit sungai-sungai besar berpengaruh yang bermuara di Teluk Semarang. Terdapat ± 29 sungai yang bermuara di Teluk Semarang. Pertimbangan yang dilakukan adalah dengan mengurangi jumlah sungai yang dibendung dengan tujuan memperkecil bidang yang berkaitan/ bersambungan antara lahan baru dengan lahan eksisting.

Secara umum gagasan dasar konsep BPPT ini adalah sebagai berikut:

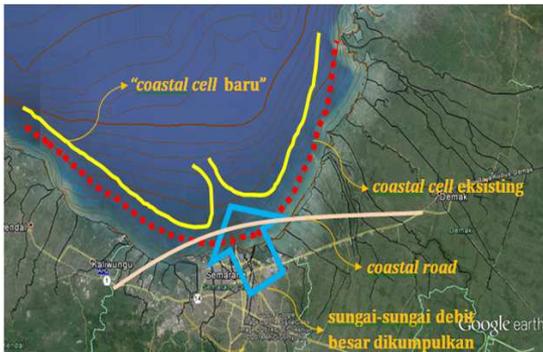
- a. Kawasan Teluk Semarang merupakan *coastal cell* besar yang terbentang dari muara Sungai Bodri di sebelah barat dan muara Sungai Wulan di sebelah timur. Gagasan dasar konsep *coastal cell* dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 11.
Beberapa Pendekatan dan
Pertimbangan Penyusunan Konsep Pola
Spasial

- b. Muncul gagasan dasar untuk seolah-olah membuat 2 (dua) "*coastal cell* baru" yaitu dengan mengumpulkan sungai eksisting yang memiliki debit cukup besar di kawasan Kota Semarang menjadi seperti sungai besar buatan yang baru.

- c. Sehingga diharapkan keseimbangan “*coastal cell* buatan” yang baru terbentuk, dapat terjaga dengan baik dengan rekayasa keberadaan sungai buatan yang juga baru terbentuk.
- d. Konsep *coastal road* dibuat untuk menghubungkan antara jalan arteri Kabupaten Kendal langsung menuju jalan arteri Kabupaten Demak, tanpa masuk ke dalam Kota Semarang. Hal ini bisa menjurus dalam pola pengembangan spasial dengan zonasi makro kawasan seperti ditunjukkan pada Gambar 13.

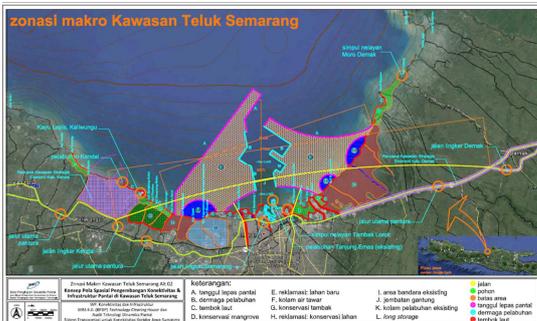


Gambar 12.

Gagasan Dasar Konsep BPPT – Membentuk Coastal Cell Baru

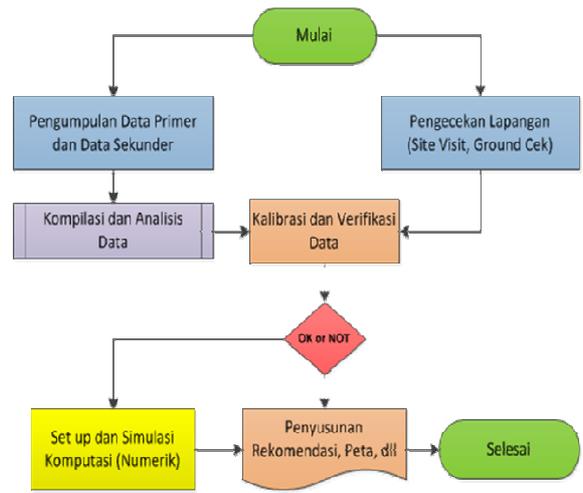
Pemodelan Dinamika Pantai Konsep BPPT

Secara umum tahapan pelaksanaan kegiatan ini adalah pengumpulan data primer dan sekunder serta analisis dan interpretasi data sehingga akan didapat informasi yang memadai tentang kondisi sebenarnya di lapangan. Tahapan pelaksanaan kegiatan pemodelan dinamika pantai dapat dilihat pada Gambar 14. Dari data yang diperoleh tersebut, kemudian dilakukan pemodelan numerik hidrodinamika, transpor sedimen dan kualitas air.



Gambar 13.

Zonasi Makro Konsep BPPT 2 Pola Spasial Pengembangan Konektivitas dan Infrastruktur Pantai



Gambar 14.

Tahapan Pelaksanaan Kegiatan Pemodelan Dinamika Pantai

Selanjutnya data yang diperoleh seperti data debit sungai, parameter lingkungan serta kondisi sedimen di Perairan Teluk Semarang dijadikan input model. Data tersebut ditabulasikan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Pemodelan Hidrodinamika yang dilakukan di Teluk Semarang sangat di pengaruhi oleh kondisi pasang surut dan debit sungai sebagai gaya pembangkit arus. Untuk itu, kondisi pasang surut yang digunakan sebagai data input perlu dilakukan perhitungan kebenarannya dengan melakukan validasi data. Kebenaran data perhitungan dengan data di lapangan dapat diketahui dengan menghitung nilai dari *RMSe*. Dari perhitungan didapatkan bahwa nilai *RMSe* data *TMD (Tide Model Driver)* terhadap data yang diukur di lapangan relatif kecil yakni 11,37%, sehingga data dianggap mampu mewakili kondisi pasang surut yang berpengaruh di Teluk Semarang.

Tabel 1.
Debit Sungai di Teluk Semarang

No	Sungai	Debit (Penghujan) - Januari (m3/dt)	Debit (Kemarau) - September (m3/dt)	Sumber
1	Kali Plumbon	48.25	0.07	Profil BBWS Pemali Juana 2010 Buku Data Status Lingkungan Hidup Daerah Kota Semarang Tahun 2013
2	Kali Mangkang Kulon	33	0.04	
3	Kali Mangkang Wetan	26.78	0.04	
4	Kali Beringin	71.78	0.18	
5	Kali Randu Garut	48.83	N/A	
6	Kali Boom Karang Anyar	55.39	N/A	
7	Kali Tapak	31	N/A	
8	Kali Tugurejo	36.21	N/A	
9	Kali Jumbleng	30.12	N/A	
10	Kali Silandak/Tambakharjo	19.3	0.05	
11	Kali Siangker	11.13	0.03	
12	Kali Tawang/Karangayu	46.36	N/A	
13	Kali Banjir Kanal Barat	675.07	1.56	
14	Kali Semarang/Asin/Bulu	79.56	N/A	
15	Kali Baru	24.29	N/A	
16	Kali Banger	46.65	N/A	
17	Kali Banjir Kanal Timur	333	1	
18	Kali Tenggang	34.79	0.09	
19	Kali Sringin	20.61	0.05	
20	Kali Babon/Dombo Sayung	110.1	0.55	
21	Kali Wakak	15	N/A	SLHD Kab. Kendal, 2013
22	Kali Aji	10	N/A	
23	Kali Waridin	10	2	
24	Kali Blorong	19	2.41	
25	Kali Kendal/Buntu	15	1	
26	Kali Bodri	53	3	
27	Kali Wulan	300	2.2	Profil Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana, Dirjen SDA - PU
28	Kanal Kumpulan	112.29	0.28	
29	Kanal Jajar	135	0.51	
30	Kali Tuntang (Cabean)	240.41	0.48	
31	Kali Jragung (Setu)	240.77	0.62	
32	Kali Dolog	75.51	0.19	
33	Kali Branjangan	73.00	N/A	

Tabel 2.
Parameter Lingkungan di Perairan Teluk Semarang

No	Sungai	Parameter Lingkungan Bulan Januari				Sumber
		Temp (°C)	BOD	DO	TSS (kg/m3)	
1	Kali Plumbon	29	9	5.87	0.018	Hasil Analisis Lab BLH Kota Semarang Maret-April Tahun 2013
2	Kali Mangkang Kulon	32	6	5.89	0.016	
3	Kali Mangkang Wetan	31	21	5.5	0.04	
4	Kali Beringin	30	3	6.01	0.042	
5	Kali Randu Garut	N/A	N/A	N/A	N/A	
6	Kali Boom Karang Anyar	33	23	4.86	0.055	
7	Kali Tapak	35	21	6.89	0.028	
8	Kali Tugurejo	29	8	6.03	0.011	
9	Kali Jumbleng	29	22	5.49	0.021	
10	Kali Silandak/Tambakharjo	28	26	6.27	0.033	
11	Kali Siangker	28	22	6.15	0.022	
12	Kali Tawang/Karangayu	30	23	6.49	0.025	
13	Kali Banjir Kanal Barat	30	2	6.71	0.042	
14	Kali Semarang/Asin/Bulu	32	51	5.7	0.012	
15	Kali Baru	N/A	N/A	N/A	N/A	
16	Kali Banger	32	64	4.22	0.124	
17	Kali Banjir Kanal Timur	32.5	20	6.04	0.036	
18	Kali Tenggang	33	13	5.5	0.12	
19	Kali Sringin	32	21	5.72	0.041	
20	Kali Babon/Dombo Sayung	33	15	5.97	0.044	
21	Kali Wakak	30	12.36	3	0.03	Hasil Analisis Lab BLH Kab Kendal Januari Tahun 2013
22	Kali Aji	30	50	2	0.03	
23	Kali Waridin	30	40	2.5	0.024	
24	Kali Blorong	32	67	2.5	0.033	
25	Kali Kendal/Buntu	30	19	3.5	0.011	
26	Kali Bodri	29.5	8	3.5	0.02	
27	Kali Wulan	25	1	8.71	0.137	SLHD Kab Demak 2013
28	Kanal Kumpulan	N/A	28.96	N/A	N/A	
29	Kanal Jajar	25	2	7.43	0.021	
30	Kali Tuntang (Cabean)	25	2	6.02	0.165	
31	Kali Jragung (Setu)	25	2	6	0.026	
32	Kali Dolog	29	3	8	97	
33	Kali Branjangan	30	8	4	N/A	

Keterangan:

Untuk nilai kualitas perairan yang tidak ada datanya atau N/A, dalam pemodelan disisikan dengan nilai yang sesuai dengan standart baku mutu air laut sehingga tidak mempengaruhi kondisi disekitarnya.

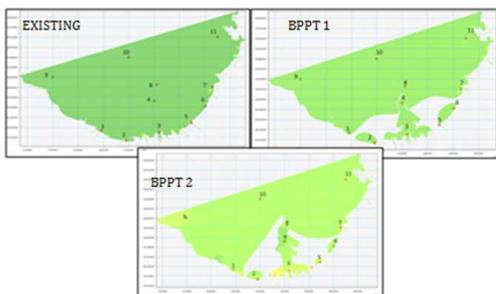
Pemodelan Hidrodinamika

Pemodelan hidrodinamika memberikan gambaran mengenai interaksi pasang surut terhadap dinamika pantai yang terbentuk. Pemodelan ini dapat memberikan output berupa perubahan elevasi air laut, komponen arus laut meliputi kecepatan dan arah arus sebagai hasil interaksi antara kedalaman, kekasaran serta interaksi atmosfer yang ada. Kondisi hidrodinamika di lokasi pengamatan dapat dilihat pada Gambar 15.

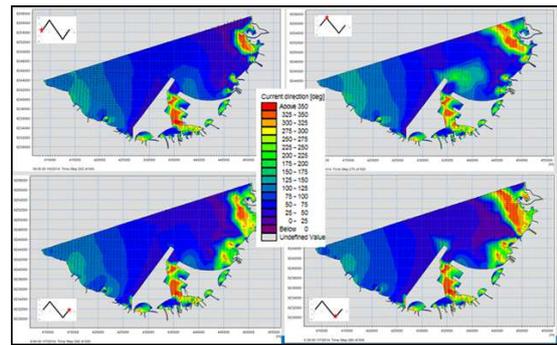
Perubahan bentukan pantai akibat penambahan bangunan Konsep BPPT 1 atau BPPT 2 akan mempengaruhi pola arus, di lokasi yang relatif jauh (5 – 10 km) dari rencana penambahan bangunan perubahan nya tidak signifikan. Pola arus laut akibat penambahan bangunan pada konsep BPPT 2 dapat dilihat pada Gambar 16. Untuk lokasi di sekitar bangunan, secara umum akan terjadi perubahan yang signifikan terhadap kecepatan arus. Terbentuknya arus yang kecil di sekitar bangunan akan menyebabkan penumpukan sedimen sehingga perlu dianalisis lebih lanjut akibat yang ditimbulkan.

Secara umum hasil pemodelan hidrodinamika adalah sebagai berikut:

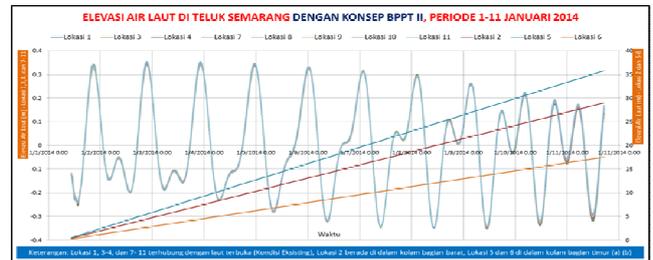
- Pola arus di lokasi di sekitar bangunan secara umum mengalami perubahan yang signifikan terutama pada danau-danau yang terbentuk;
- Untuk lokasi yang terhubung dengan dengan laut terbuka, tidak ada penambahan elevasi air laut melainkan hanya naik turun mengikuti pola pasang surut;
- Untuk Konsep BPPT 1 akan menaikkan elevasi air laut sebesar 16,44 cm/jam di Danau sebelah Barat dan 5,9 cm/jam di danau bagian timur;
- Sedangkan untuk konsep BPPT 2, akan menaikkan elevasi air laut sebesar 11,58 cm/jam di danau sebelah barat dan 14,29 cm/jam di danau bagian timur seperti ditunjukkan pada Gambar 17.
-



Gambar 15. Titik Lokasi Pengamatan Kondisi Hidrodinamika



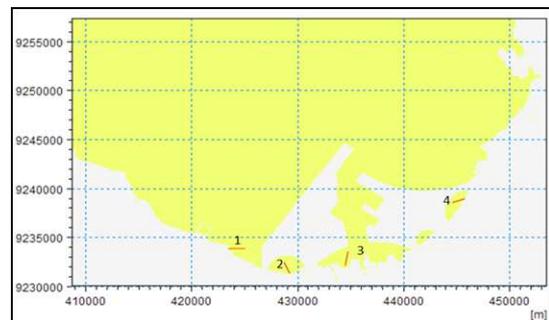
Gambar 16. Arah Arus Laut pada Konsep BPPT 2



Gambar 17. Kondisi *Surface Elevation* di Titik Pengamatan Kondisi Setelah Dibangun Konsep BPPT 2

Pemodelan Kualitas Perairan

Pemodelan ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak MIKE-21 Eco Lab¹⁵. Pemodelan digunakan untuk mensimulasikan pola perubahan konsentrasi *DO* (*dissolved oxygen*) dan *BOD* (*biological oxygen demand*) di perairan akibat adanya suatu bangunan. Lokasi pengamatan kualitas perairan ditunjukkan pada Gambar 18.



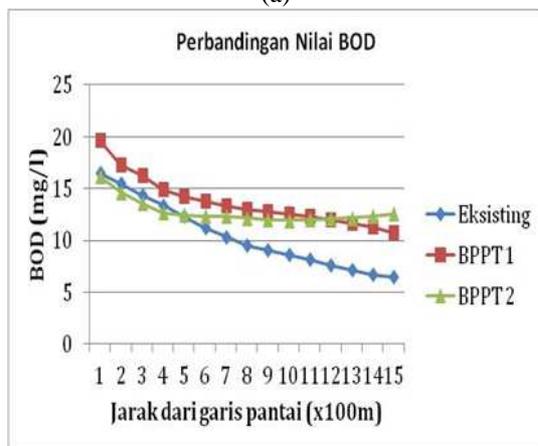
Gambar 18. Lokasi Ekstraksi Data untuk Pengamatan Kualitas Perairan

Di dalam Danau Barat (lokasi 2 pada Gambar 18) terjadi penurunan rata-rata *DO* antara 81,6 % (BPPT 1) dan 93,3% (BPPT 2) dari rata-rata nilai eksisting 4,42 mg/l, sedangkan rata-rata *BOD* naik 31,1 % (BPPT 1) dan 22 % (BPPT 2) dari rata-rata

nilai eksisting 10,45 mg/l. Perbandingan nilai DO dan nilai BOD terhadap nilai eksisting hasil simulasi di Lokasi 2 ditunjukkan pada Gambar 19.



(a)



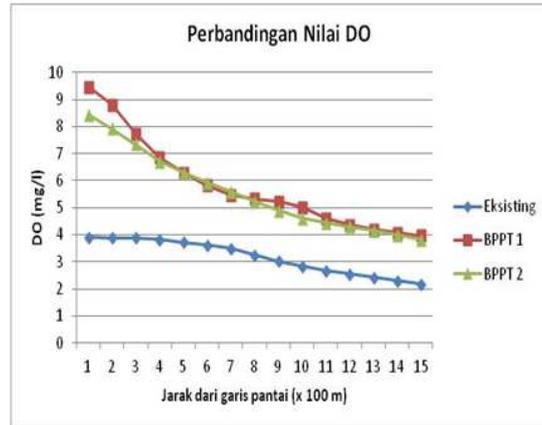
(b)

Gambar 19.

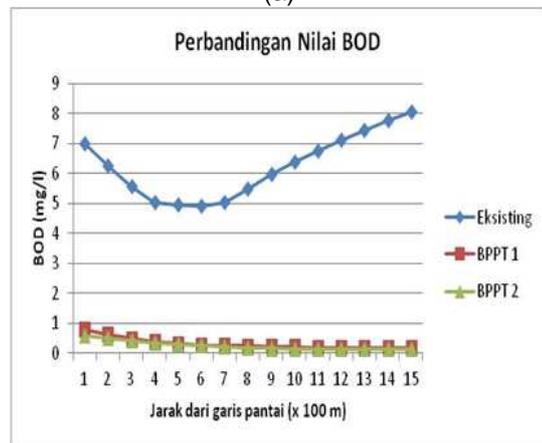
Perbandingan Rata-rata Nilai DO(a) dan BOD (b) Pada Hari ke-10 Skenario Januari di Lokasi 2

Di dalam Danau Timur (lokasi 4) terjadi kenaikan rata-rata DO antara 83,2 (BPPT 1) dan 75,8% (BPPT2) dari rata-rata nilai eksisting 3,18 mg/l, sedangkan rata-rata BOD turun 95% (BPPT 1) dan 96% (BPPT 2) dari rata-rata nilai eksisting 6,25 mg/l. Perbandingan nilai DO dan nilai BOD terhadap nilai eksisting hasil simulasi di Lokasi 4 ditunjukkan pada Gambar 20.

Untuk lokasi yang berada alur pelayaran Tanjung Mas terjadi penurunan nilai DO dan BOD sedangkan lokasi di luar infrastruktur tidak terjadi perubahan yang signifikan. Berdasarkan hasil pemodelan ini, secara umum kualitas perairan di Danau Barat terjadi penurunan kualitas air sedangkan di Danau Timur kualitas perairan menjadi lebih baik. Distribusi penyebaran nilai DO dan BOD pada kondisi eksisting sesuai Konsep BPPT 2 pada hari ke 10 dapat dilihat pada Gambar 21.



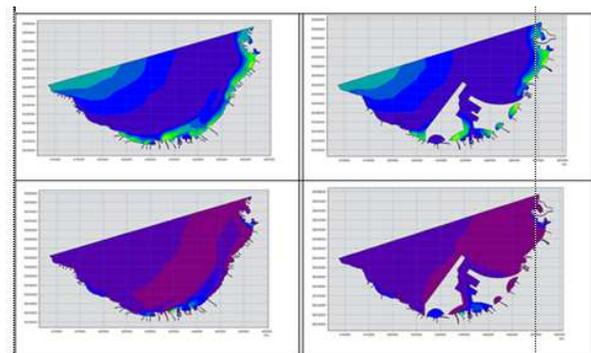
(a)



(b)

Gambar 20.

Perbandingan Rata-rata Nilai DO (a) dan BOD (b) Pada Hari ke-10 Skenario Januari di Lokasi 4



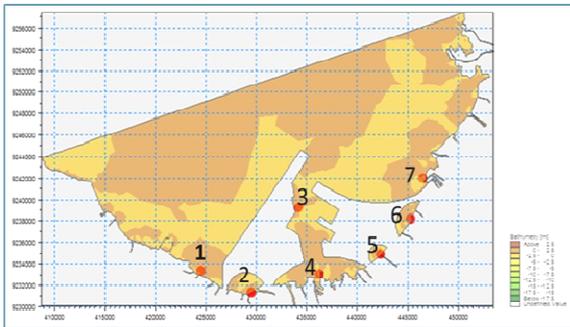
Gambar 21.

Perbandingan Nilai DO dan BOD Kondisi Eksisting, Konsep BPPT 2 pada Hari ke 10 – Skenario Januari

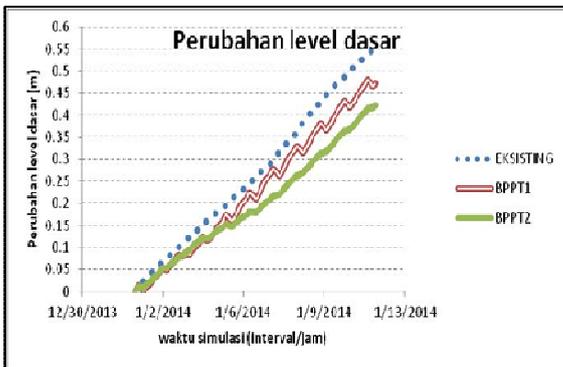
Pemodelan Transpor Sedimen

Pemodelan ini dilakukan dengan MIKE-21¹⁵⁾ Modul Sand Transport. Pemodelan digunakan untuk mensimulasikan pola perubahan proses sedimentasi di perairan akibat adanya suatu bangunan. Di lokasi 1, pada kondisi eksisting penambahan level dasar sebesar 0,55 m selama sekitar 10 hari simulasi. Pada kondisi

BPPT 1, penambahan level dasar sebesar 0,5 m sedangkan pada BPPT 2 sebesar 0,45 m. Lokasi ekstraksi perubahan level dasar ditunjukkan pada Gambar 22. Sedangkan perbandingan perubahan level dasar pada Lokasi 1 dapat dilihat pada Gambar 23.

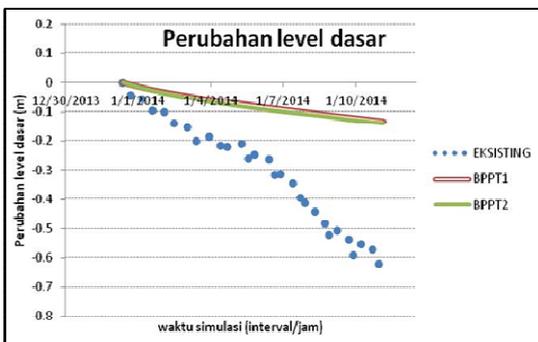


Gambar 22.
Lokasi Ekstraksi Perubahan Level Dasar



Gambar 23.
Perbandingan Perubahan Level Dasar pada Lokasi 1

Di lokasi 2, pada kondisi eksisting terjadi penurunan level dasar sebesar 0,6 meter selama sekitar 10 hari simulasi. Pada kondisi BPPT 1 terjadi penurunan level dasar sebesar 0,1 m sedangkan pada BPPT 2 sebesar 0,19 m. Perubahan level dasar di Lokasi 2 dapat dilihat pada Gambar 24.



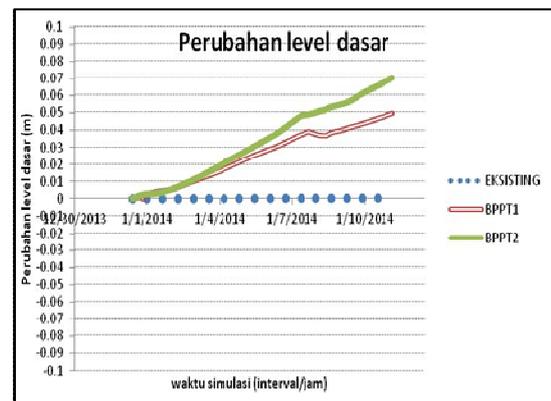
Gambar 24.
Perbandingan Perubahan Level Dasar pada Lokasi 2

Di lokasi 4, pada kondisi eksisting terjadi penambahan level dasar sebesar $5,2 \times 10^{-3}$ meter selama sekitar 10 hari simulasi. Pada kondisi BPPT 1 terjadi penambahan level dasar sebesar $1,0 \times 10^{-1}$ m sedangkan pada BPPT 2 sebesar $4,08 \times 10^{-2}$ m. Perbandingan perubahan level dasar di Lokasi 4 dapat dilihat pada Gambar 25.



Gambar 25.
Perbandingan Perubahan Level Dasar pada Lokasi 4

Di lokasi 6, pada kondisi eksisting terjadi penambahan level dasar sebesar $6,5 \times 10^{-3}$ meter selama sekitar 10 hari simulasi. Pada kondisi BPPT 1 terjadi penambahan level dasar sebesar $5,0 \times 10^{-2}$ m, sedangkan pada BPPT 2 sebesar $7,0 \times 10^{-2}$ m. Perbandingan perubahan level dasar di Lokasi 4 dapat dilihat pada Gambar 26.



Gambar 26.
Perbandingan Perubahan Level Dasar pada Lokasi 6

SIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan dalam penelitian ini dapat disampaikan beberapa hal antara lain, kemacetan jalur

arteri pantai utara Jawa Tengah pada segmen Kendal-Semarang menghambat sistem konektivitas dan sistem logistik di Koridor Ekonomi Jawa. Hal ini terjadi karena adanya bencana rob, banjir, dan amblesan serta abrasi progresif di Teluk Semarang yang menyebabkan pemanfaatan infrastruktur pantai, termasuk jalan, stasiun KA, pelabuhan maupun bandara tidak optimal. Fenomena kondisi alam tersebut perlu diatasi dengan konsep penanganan masalah dengan mengembangkan rencana antara lain :

- a. Jaringan jalan arteri baru di luar Kota Semarang sepanjang 37,8 km dan perluasan fasilitas Pelabuhan Tanjung Emas ± 1.823 ha.
- b. Tembok laut sepanjang pesisir Kota Semarang dan muara sungai utama, dan tanggul lepas pantai di Teluk Semarang.
- c. Lahan baru di belakang tanggul lepas pantai di Teluk Semarang dengan luas ± 5.970 ha dan danau air tawar buatan dengan kapasitas $\pm 84,5$ juta m^3 .
- d. Konservasi tambak dan mangrove serta rekomendasi pelaksanaan Kajian Lingkungan Hidup Strategis dalam setiap tahapan perencanaan dan pembangunan.

Pemodelan dinamika pantai yang meliputi hidrodinamika, kualitas lingkungan perairan dan angkutan sedimen terhadap konsep yang diusulkan, memberikan hasil sebagai berikut:

- a. Pada Konsep BPPT 2 debit maksimum air tawar yang masuk ke Danau Barat sebesar $140 m^3/det$, Danau Tengah $57 m^3/det$ dan Danau Timur $46 m^3/det$.
- b. Keberadaan Bangunan Konsep BPPT 1 maupun 2 hanya berpengaruh pada kondisi arus perairan di area kurang dari 5 km.
- c. Akibat pembangunan Konsep BPPT 1 atau 2, terjadi penurunan kualitas air di Danau Barat sedangkan di Danau Timur kualitas air menjadi lebih baik.
- d. Akibat pembangunan Konsep BPPT 1 atau 2, danau yang terbentuk memiliki potensi pendangkalan akibat sedimentasi dari sungai, demikian juga, laju pendangkalan di dalam alur pelayaran Tanjung Mas menjadi lebih tinggi.

Dari hasil analisis dan pemodelan yang dilakukan dapat disampaikan beberapa saran tindak lanjut untuk menjadi perhatian bagi pengambil kebijakan antara lain bahwa penanganan permasalahan di Teluk Semarang harus dilakukan secara holistik, terintegrasi dan tidak melihat batas administrasi serta dilakukan dengan pemanfaatan rekayasa teknologi yang tepat.

Hal ini dilakukan dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- a. Meningkatkan konektivitas dan sistem logistik Koridor Ekonomi Jawa
- b. Mitigasi rob/banjir, amblesan (*land subsidence*) dan abrasi
- c. Menyediakan lahan baru dan air baku
- d. Harmonisasi lingkungan.

Agar didapat hasil yang lebih komprehensif dan menyeluruh diperlukan kajian lanjutan dalam hubungannya dengan:

- a. Kebutuhan kapasitas pompa dan sistem manajemen air danau.
- b. Sistem pengolahan kualitas air di hulu sebelum masuk ke danau.
- c. Pengendalian laju sedimentasi di danau dan di alur pelayaran pelabuhan dan sekitarnya.
- d. Peraturan kepemilikan lahan baru (sistem agraria), sistem kepemilikan bangunan, sistem lingkungan dan pemenuhan RTRW dan RZWP3K provinsi maupun kabupaten/kota

Dengan demikian diperlukan kajian yang lebih detail dan mendalam dengan kurun waktu lebih lama agar dapat mewakili fenomena alam sebenarnya (musim barat, timur, dan peralihan). Hal ini diperlukan simulasi dengan rentang waktu lebih lama misalkan 5-10 tahun untuk mengetahui jumlah angkutan sedimen ataupun erosi tahunan sehingga diketahui perubahan garis pantainya.

Berdasarkan hasil diskusi terbatas dengan Para Ahli dan Praktisi dalam FGD yang dilaksanakan pada tanggal 28 Oktober 2014 di Yogyakarta, beberapa rekomendasi yang diusulkan untuk penanganan permasalahan di Teluk Semarang, meliputi:

- a. Diperlukan kajian dari semua aspek dengan penanggung jawab instansi sesuai dengan tugas masing-masing
- b. Untuk mengendalikan banjir dan rob akibat *Sea Level Rise* dan *Land Subsidence*, dapat dilakukan dengan :
 - 1) Kombinasi tanggul laut dan sistem polder pada perairan dangkal
 - 2) Kombinasi tanggul laut dan sistem polder pada perairan yang relatif dalam serta reklamasi untuk pengembangan kota
 - 3) Menekan laju *land subsidence* dengan memberi pasokan air bersih yang cukup untuk Kota Semarang dengan contoh usulan pembangunan Dam Lepas Pantai (DLP) oleh PT Elcomantech¹²⁾, *Giant Sea Wall* oleh CCCC Ltd.¹⁴⁾, dan Konsep BPPT secara terintegrasi.

Banjir dan rob akibat dari *catchment area* dan sistem drainasi/pengendali banjir

yang belum berfungsi sempurna maka diperlukan langkah untuk :

- a. Membuat sistem pengendali banjir dan drainasi yang memadai (banjir kanal, sabuk banjir, system drainasi kota, *rain harvesting*) dan alirkan air banjir untuk sungai-sungai yang besar langsung ke laut dengan sistem gravitasi.
- b. Mengurangi air yang datang dari hulu–daerah aliran sungai atau *catchment area* (pembuatan waduk, pembuatan bendungan, pembuatan bio pori dan *rain harvesting*).
- c. Penataan tataguna lahan di daerah aliran sungai (DAS) dengan contoh usulan pembangunan Sabuk Pantai oleh IKATEKSI –UNDIP¹⁾.

Banjir dan rob Kota Semarang harus diatasi dengan penyelesaian yang komprehensif dengan tahapan :

- a. Kedaruratan:
- b. Tanggul laut tepi pantai yang lebar sekaligus untuk jalan dan dilengkapi dengan polder pada tempat tertentu
- c. Cara Langsung
 - 1) Tanggul laut, polder, dilengkapi dengan sistem pompa
 - 2) Banjir kanal, sistem drainasi dan/atau sabuk pantai, sungai dengan debit besar diusahakan langsung ke laut
 - 3) Waduk/ bendungan/ situ
- d. Cara Tidak Langsung
 - i. Oleh seluruh masyarakat misal *rain harvesting*, bio pori, sumur resapan.
 - ii. Oleh pemerintah misal tataguna lahan, reboisasi, suplai air bersih, pengendalian sampah.

Penurunan tanah harus diselesaikan terlebih dahulu salah satu caranya dengan menghentikan pengambilan air tanah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Makalah ini merupakan bagian dari kegiatan penelitian yang dibiayai oleh DIPA BPPT Tahun 2014 Pengakajian dan Penerapan Teknologi Transportasi untuk konektivitas Koridor Jawa-Sumatera. Hasil kajian ini telah disampaikan kepada Gubernur Jawa Tengah sebagai pengguna oleh Deputi Kepala BPPT bidang TIRBR. Terima kasih disampaikan kepada Deputi TIRBR, Direktur PTIST dan Kepala BDPD yang telah mengarahkan kegiatan penelitian ini dan mengizinkan makalah ini untuk diterbitkan dalam Prosiding.

DAFTAR PUSTAKA

1., "Keterpaduan Antara Perlindungan Pantai dan Sistem Drainase Perkotaan Berkelanjutan", *Makalah dalam Workshop Memperingati Hari Air Sedunia 2014, IKATEKSI-UNDIP, Pengembangan Sumber Daya Air (PSDA) Jawa Tengah, Semarang, 2014.*
2. Yuwono, Nur, "Masukan Penataan Ruang Perairan Teluk Semarang dalam Rangka Pengendalian Banjir", Masukan dalam *Focus Group Discussion (FGD) Pemodelan Komputasi Dinamika Pantai dan Konsep Spasial Penanganan Permasalahan Teluk di Semarang, Yogyakarta, 2014.*
3., *Profil Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana*, Direktorat Jenderal Sumberdaya Air, Departemen Pekerjaan Umum, Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana, Semarang, 2010.
4., *Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Demak Tahun 2013*, BLH Kabupaten Demak, Demak, 2013.
5., *Buku Laporan Pemantauan Kualitas Air Sungai Kabupaten Demak Tahun 2013*, BLH Kabupaten Demak, , Demak, 2013.
6., *Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Kota Semarang Tahun 2013*, BLH Kota Semarang, Semarang, 2013.
7., *Buku Data Status Lingkungan Hidup Daerah Kota Semarang Tahun 2013*, BLH Kota Semarang, Semarang 2013.
8., *Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Kendal Tahun 2013*, BLH Kabupaten Kendal, Kendal, 2014.
9., *Buku Laporan Pemantauan Kualitas Air Sungai Kabupaten Demak Tahun 2013*, KLH Kabupaten Demak, Demak, 2014.
10., *Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah, Kabupaten Demak Tahun 2013*, KLH Kabupaten Demak, Demak, 2014.
11., *Semarang Dalam Angka 2013*, Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Semarang, Semarang, 2014.
12. Wirawan., J., "Solusi Holistik Terhadap Banjir Dan Rob Sebagai Permasalahan Kronis Jakarta dan Semarang Dan Pantai Utara Jawa", *Makalah dalam Workshop Memperingati Hari Air Sedunia 2014, PSDA Jawa Tengah, Semarang, 2014.*

13. Anggoro, S., Nugroho, D., dan Helmi, M., "Kondisi Wilayah Pesisir dan Laut di Teluk Semarang, Provinsi Jawa Tengah Potensi dan Kerawanan ditinjau dari Aspek Lingkungan dan Perikanan," *Makalah dalam Workshop Memperingati Hari Air Sedunia 2014*, PSDA Jawa Tengah, Semarang, 2014.
- 14....., "Semarang Coastal Problem Study Material", *Makalah dalam Workshop Memperingati Hari Air Sedunia 2014*, China Communication Construction Company, PSDA Jawa Tengah, Semarang, 2014.
15., *MIKE 21 Flow Model, Hydrodynamic Modele*, User Guide, 2006.