



TESIS - MO185401

PEMODELAN BANJIR DAN SEDIMENTASI DI SUNGAI WELANG, PASURUAN

ILHAM CAHYA
NRP. 04311850010005

Dosen Pembimbing :
Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.
Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020



THESIS - MO185401

MODELLING OF FLOOD AND SEDIMENTATION ON WELANG RIVER, PASURUAN

ILHAM CAHYA
REG. 04311850010005

Supervisor :
Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.
Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc.

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2020

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)

Program Studi Teknik Kelautan – Teknik Manajemen Pantai

Di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ILHAM CAHYA

NRP: 04311850010005

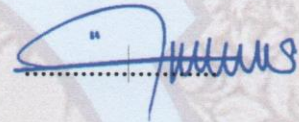
Tanggal Ujian : 28 Juli 2020

Periode Wisuda : September 2020

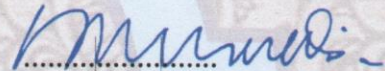
Disetujui oleh :

Pembimbing :

1. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 19710723 199512 1 001



2. Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc
NIP. 19601214 198903 1 001

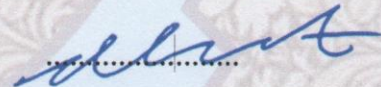


Penguji :

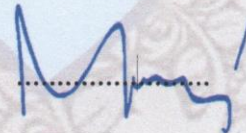
1. Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc.
NIP. 19770225 200212 1 002



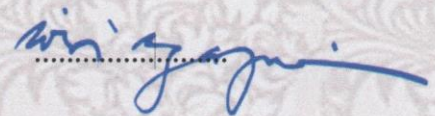
2. Dr. Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng.
NIP. 19610702 198803 1 003



3. Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19610805 198910 1 001




4. Prof. Ir. Widi Agoes Pratikto, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19530816 198003 1 004



Kepala Departemen Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan




Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19730415 200003 1 001

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PEMODELAN BANJIR DAN SEDIMENTASI DI SUNGAI WELANG, PASURUAN

Nama Mahasiswa : Ilham Cahya
NRP : 04311850010005
Departemen : Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Dosen Pembimbing : Suntoyo, S.T, M.Eng, Ph.D.
Dr.Ir. Wahyudi, M.Sc.

ABSTRAK

Genangan banjir di sungai dapat disebabkan oleh peningkatan ketinggian air sungai karena penambahan debit air baik dari curah hujan dan pasang surut dari laut. Simulasi genangan banjir dapat dilakukan dengan menggunakan model banjir numerik. Di DAS Welang, banjir terjadi setiap tahun dan menyebabkan banyak masalah. Banjir yang terjadi pada 29 April 2019, menyebabkan penutupan jalan nasional dan regional dan banyak rumah yang terendam banjir. Dalam penelitian ini, model banjir dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak MIKE FLOOD. Desa Semare dan Desa Tambakrejo adalah titik kritis di mana banjir terjadi. Kedalaman air dari model simulasi terjadi 0,3 m - 2,2 m dibandingkan dengan laporan peta banjir oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana Indonesia yang memperkirakan 0,1 m - 1,5 m. Kondisi perubahan kedalaman dasar sungai didominasi oleh agradasi di sepanjang sungai. Degradasi tertinggi terjadi pada titik 4800 m sebesar -1,59 m, sedangkan agradasi tertinggi terjadi pada titik 6000 m setinggi 1,18 m.

Kata Kunci : *1D-2D coupled hydrodynamic model*, Genangan banjir, Sungai Welang, MIKE FLOOD

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

MODELLING OF FLOOD INUNDATION AND SEDIMENTATION ON WELANG RIVER, PASURUAN

Student Name : Ilham Cahya
Reg. : 04311850010005
Department : Ocean Engineering
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Supervisor : Suntoyo, S.T, M.Eng, Ph.D.
Dr.Ir. Wahyudi, M.Sc.

ABSTRACT

A flood inundation in a river can be caused by an increase in river water level due to the addition of water discharge from both the rainfall and the tides from the sea. Flood inundation simulation can be done by using a numerical flood model. In the Welang basin, floods occur every year and cause many problems. Floods that occurred on April 29, 2019, caused the closure of national and regional roads and many houses that were flooded. In the present study, flood model was carried out by using MIKE FLOOD software. Semare Village and Tambakrejo Village are critical points where floods occur. The depth of the water from the simulation model occurs 0.3 m - 2.2 m compared to the flood map report by the Indonesian National Disaster Management Agency which estimates it at 0.1 m - 1.5 m. The condition of bed level change of the river is dominated by aggradation along the river. The highest degradation occurred at the point of 4800 m at -1.59 m, while the highest aggradation occurred at the point of 6000 m as high as 1.18 m.

Keywords : A 1D-2D coupled hydrodynamic model, Flood inundation, Welang river, MIKE FLOOD

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Pada pengantar ini, penulis mengucapkan puji serta syukur kepada Allah SWT. atas terselesaikannya tesis ini yang berjudul “Pemodelan Banjir dan Sedimentasi di Sungai Welang, Pasuruan”. tesis ini disusun guna memenuhi syarat menyelesaikan Studi Program Magister (S-2) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.

tesis ini akan membahas pemodelan genangan banjir serta proses sedimentasi akibat dari banjir di hilir Kali Welang, Pasuruan. Pada akhir tulisan, hasil yang diharapkan adalah dapat mengetahui luas genangan banjir yang terjadi pada kondisi sebelum terjadinya sedimentasi dan sesudah terjadinya sedimentasi serta besarnya perubahan morfologi dasar sungai.

Penulis sadar akan ketidaksempurnaan tesis ini baik pada penulisan maupun penyusunannya, maka dari itu kritik dan saran sangat penulis harapkan agar nantinya tesis ini dapat menjadi lebih baik lagi serta menjadi pembelajaran tersendiri untuk penulis dalam menyusun sebuah laporan. Untuk kedepannya, penulis berharap semoga tesis ini mampu bermanfaat bagi para pembaca sekalian.

Surabaya, Agustus 2020

Ilham Cahya

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih atas dukungannya kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Kelautan dan Pesisir, Kementerian Kelautan dan Perikanan, Republik Indonesia karena menyediakan fasilitas model MIKE 21/3 DHI. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Departemen Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur untuk memberikan beberapa informasi dan data terkait Sungai Welang. Pada kesempatan ini penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT, karena atas segala nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan tesis ini.
2. Kedua orang tua penulis, Cahyo Laksono dan Endah Sulistyowati yang selalu memberikan dukungan serta kepercayaan pada penulis sehingga mampu menyelesaikan studi pada jenjang master ini.
3. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku dosen wali penulis serta pembimbing utama tesis penulis yang secara sabar telah membimbing selama proses pengerjaan tesis ini.
4. Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc., selaku pembimbing kedua tesis ini yang juga turut serta membimbing selama proses pengerjaan tesis ini.
5. Anggota Lab Pascasarjana, yang selalu memberikan dukungan dalam pengerjaan tesis ini.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	ix
UCAPAN TERIMA KASIH.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	7
2.1 Morfologi Muara Sungai.....	7
2.2 Model Numerik Hidrodinamika Laut.....	7
2.3 Persamaan Hidrodinamika.....	8
2.4 Sedimentasi dan Sifat-Sifat Sedimen.....	9
2.5 Persamaan Transpor Sedimen Total.....	11
2.6 Muson.....	12
2.7 Arus Laut.....	13
2.8 Pasang Surut.....	13
2.9 MIKE FLOOD.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Area Studi.....	17
3.2 Metodologi Penelitian.....	18
3.3 MIKE 11 1D <i>Model Setup</i>	21
3.3.1 <i>Sand Transport Module</i>	22
3.4 MIKE 21 2D <i>Model Setup</i>	25

3.5	MIKE FLOOD 1D-2D <i>Coupled Model Setup</i>	26
3.6	Data Analisis	27
3.6.1	Topografi dan Batimetri	27
3.6.2	Muka Air Sungai	29
3.6.3	Pasang Surut Air Laut	30
3.6.4	Sedimen Dasar Sungai	32
3.6.5	Arus Laut	33
3.6.6	<i>Cross Sections</i>	35
3.7	Skenario Pemodelan	36
3.8	Validasi Pemodelan	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		41
4.1	Hasil Validasi Pemodelan	41
4.2	Pengaruh Curah Hujan dan Pasang Surut Air Laut Terhadap Resiko Banjir ..	43
4.3	Hasil Pemodelan Banjir dan Sedimentasi Selama 1 Tahun	45
4.3.1	Kondisi Muka Air Selama 1 Tahun	46
4.3.1.1	Peta Banjir	49
4.3.1.2	Lokasi Terjadinya Banjir	50
4.3.1.3	Kapasitas Sungai Saat Musim Barat	52
4.3.1.4	Kapasitas Sungai Saat Musim Timur	54
4.3.1.5	Pengaruh Pasang Surut Air Laut Terhadap Muka Air Sungai	55
4.3.1.6	Perbandingan Pengaruh Debit Sungai dan Pasang Air Laut Terhadap Resiko Banjir Pada Musim Barat	57
4.3.2	Kondisi Perubahan Kedalaman Dasar Sungai Selama 1 Tahun	60
4.4	Antisipasi Banjir Untuk Keselamatan Masyarakat	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		67
5.1	Kesimpulan	67
5.2	Saran	68
DAFTAR PUSTAKA		69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	DAS Welang, Pasuruan	1
Gambar 1.2	Banjir 29 April 2019 di Kawasan Jalan Pantura Kraton, Pasuruan.....	2
Gambar 2.1	Pengaruh Posisi Bulan Bumi dan Matahari saat Kondisi Pasang Surut Purnama dan Perbadni	14
Gambar 3.1	Area Studi di Kecamatan Kraton, Gadingrejo, dah Pohjentrek.....	18
Gambar 3.2	Metodologi Penelitian Tesis	18
Gambar 3.3	Metodologi Pemodelan Banjir.....	19
Gambar 3.4	Metodologi Pemodelan Sedimentasi	20
Gambar 3.5	<i>Setup Model</i> MIKE 11 1D	22
Gambar 3.6	Metode <i>Bottom Level Update</i> pada Model NST MIKE 11	23
Gambar 3.7	<i>Setup Model</i> MIKE 21 2D	25
Gambar 3.8	<i>Standar Linkage</i> dari MIKE 11 dan MIKE 21 Flow Model pada MIKE FLOOD	26
Gambar 3.9	Sistem <i>Lateral Linkage</i> pada MIKE FLOOD.....	27
Gambar 3.10	Data Topografi DEMNAS Wilayah Pasuruan.....	28
Gambar 3.11	Data Batimetri BATNAS Perairan Selat Madura.....	29
Gambar 3.12	Lokasi Pengukuran Data Muka Air Sungai Welang (Merah Area Pemodelan)	30
Gambar 3.13	Tinggi Muka Air Stasiun AWLR Dhompo Tahun 2019	30
Gambar 3.14	Ramalan Pasang Surut Muara Welang 1 Januari 2019 – 31 Desember 2019	31
Gambar 3.15	Titik Pengukuran Pasang Surut di PLTU Grati Tahun 2014.....	32
Gambar 3.16	Titik Pengambilan Sampel Sedimen.....	33
Gambar 3.17	Titik Pengambilan Sampel Sedimen.....	34
Gambar 3.18	Kecepatan Arus 0.2d, 0.6d, dan 0.8d pada St. 21	34
Gambar 3.19	<i>Cross Section</i> dari DEMNAS (kiri) & dari survei PU SDA Jatim (kanan)	35
Gambar 3.20	Profil Vertikal Sungai Welang	36
Gambar 3.21	Laporan Peta Banjir BNPB 29 April 2019	39

Gambar 4.1	Validasi Model Banjir (Kanan) Terhadap Peta Banjir BNPB (Kiri) di Ds. Tambakrejo (Hijau) dan Ds. Sukorejo (Kuning).....	41
Gambar 4.2	Validasi Pasang Surut Muara Welang 1 Januari 2019 – 31 Desember 2019	42
Gambar 4.3	Validasi Muka Air AWLR Dhompo 2019	42
Gambar 4.4	Validasi Arus Laut St. 21 Pengukuran 14 November 2019	43
Gambar 4.5	Ilustrasi Daerah Tangkapan Hujan yang Berisi Jaringan Aliran Sungai (The Physical Environment, 2003).....	44
Gambar 4.6	Kondisi Muka Air Selama 1 Tahun di Sungai Welang	47
Gambar 4.7	Tren Pasang Laut dan Muka Air Sungai Maksimum Harian Tahun 2019 di Sungai Welang Menggunakan Analisis Data Mean Smoothing 15 Data, Januari – Februari Resiko Banjir Kondisi Pasang Tertinggi (Area Titik Merah) dan Maret – April Resiko Banjir Kondisi Pasang Terendah (Garis Miring Kuning).....	48
Gambar 4.8	Distribusi Frekuensi Level Air Laut dan Sungai Welang Tahun 2019	49
Gambar 4.9	Peta Banjir Sungai Welang, Pasuruan 29 April 2019 1:00 WIB.....	50
Gambar 4.10	Variasi Temporal Peta Banjir Sungai Welang 28 – 29 April 2019	51
Gambar 4.11	Hubungan Tinggi Muka Air dengan Tinggi Pasang Surut Saat Banjir Terjadi.....	51
Gambar 4.12	Profil Vertikal Muka Air Sungai Welang Saat Banjir Terjadi	52
Gambar 4.13	Muka Air Maksimum Sungai Welang Saat Musim Barat.....	53
Gambar 4.14	Kapasitas Sungai Saat Musim Barat Pada Bulan Desember – Mei.....	54
Gambar 4.15	Kapasitas Sungai Saat Musim Timur Pada Bulan Juni – November ...	54
Gambar 4.16	Muka Air Maksimum Sungai Welang Saat Musim Timur.....	55
Gambar 4.17	Pengaruh Surut Terhadap Muka Air Sungai, Saat Pasang Surut -0,23 m MSL (Kanan) & Muka Air Sungai 4,16 m (Kiri) 10 Februari 2019 22:00 WIB	56
Gambar 4.18	Pengaruh Pasang Terhadap Muka Air Sungai, Saat Pasang Surut 1,62 m MSL (Kanan) & Muka Air Sungai 3,36 m (Kiri) 4 Januari 2019 23:00 WIB	56
Gambar 4.19	Titik Muka Air Sungai Maksimum yang Beresiko Banjir pada Musim Barat.....	57

Gambar 4.20	Debit Hasil Simulasi Sungai Welang 2019	60
Gambar 4.21	Profil Vertikal Perubahan Dasar Sungai Welang Selama Musim Barat (Mei) dan Musim Timur (Desember)	61
Gambar 4.22	Perubahan Kedalaman Dasar Sungai Pada Musim Barat (Januari – Mei) dan Musim Timur (Juni – Desember).....	62
Gambar 4.23	Laju Transpor Sedimen Total Sungai Welang Tahun 2019	62
Gambar 4.24	Titik Lokasi Luapan Banjir Sungai Welang	63
Gambar 4.25	Giat Pembersihan Sampah Pasca Banjir 6 Januari 2017	64
Gambar 4.26	Jalur Sudetan di Hilir Sungai Welang	64

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Ukuran Butiran Sedimen	10
Table 2.2	Komponen Harmonik Pasang Surut	15
Table 3.1	Konstanta Astronomik Pasang Surut PLTU Grati.....	31
Table 3.2	Elevasi Penting PLTU Grati	31
Table 3.3	Data Sedimen Sungai Welang	33
Table 3.4	Arah Arus Pengukuran 14 November 2019 pada St. 21.....	35
Tabel 3.5	Nilai <i>Bed Resistance</i> Manning yang Diaplikasikan	37
Tabel 3.6	Skema Model 1D pada MIKE 11	37
Tabel 3.7	Skema Model 2D pada MIKE 21	38
Tabel 3.8	Tipikal Nilai MAPE dalam Validasi Pemodelan.....	38
Tabel 4.1	Validasi Tinggi Genangan Model Banjir.....	41
Tabel 4.2	Pembagian Musim Muson di Indonesia	46
Table 4.3	Rata-rata Kemiringan Dasar Sungai Welang di Tiap Desa	46
Tabel 4.4	Kondisi Level Sungai dan Laut Maksimum Pada Musim Barat	59

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A SURAT KETERANGAN PENGGUNAAN LISENSI MIKE 21/3 DHI	71
LAMPIRAN B PENGUKURAN MUKA AIR SUNGAI AWLR DHOMPO TAHUN 2019	74
LAMPIRAN C DOKUMENTASI PENGUKURAN ARUS LAUT	87
LAMPIRAN D DOKUMENTASI PENGAMBILAN SAMPEL SEDIMEN DASAR SUNGAI	90

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

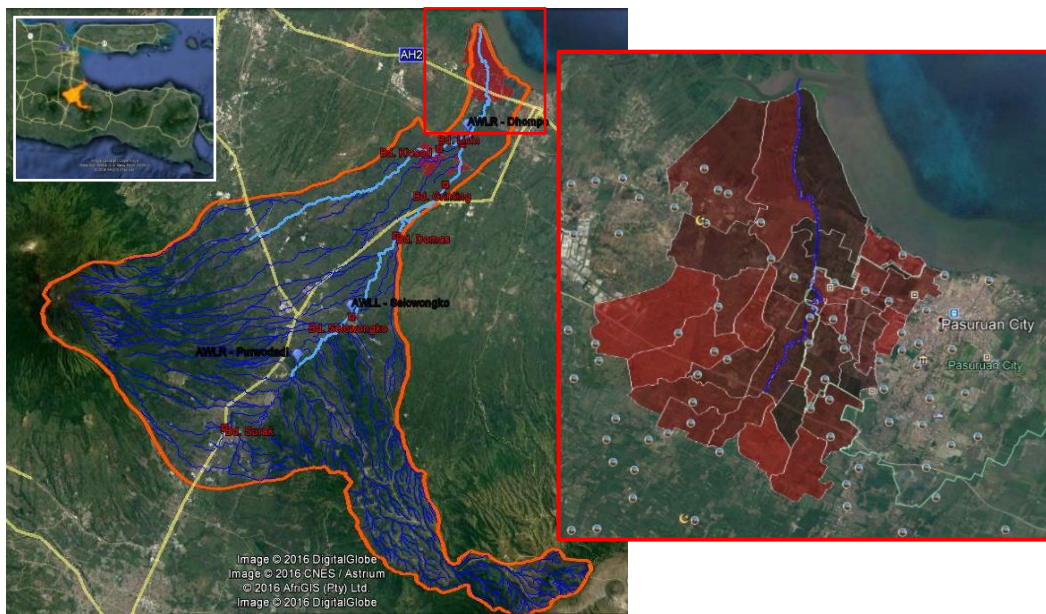
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggenangan atau banjir pada daerah muara sungai dapat disebabkan beberapa faktor. Jika dilihat dari arah hulu, perubahan debit sungai bisa menjadi pengaruh kenaikan muka air pada daerah muara sungai. Lalu jika dilihat dari arah hilir, perubahan pasang surut air laut juga dapat menjadi pengaruh kenaikan muka air. Pada suatu momen, jika kenaikan debit sungai dari hulu diikuti dengan pasang tertinggi air laut pada hilir akan memberikan potensi terjadinya banjir pada area muara sungai.

Dinamika musim di Indonesia terjadi pada tiap 6 bulan dimana dua musim utama yang terjadi adalah musim hujan dan musim kemarau. Indonesia yang beriklim tropis, memiliki dinamika perubahan atmosfer penting, Muson yang merupakan peralihan fase musim basah dan musim kering merupakan salah satu proses dinamika atmosfer yang telah lama dikenal dan merupakan faktor penting dari dinamika iklim pada daerah tropis dan sekitarnya di dunia (Webster et al., 1998).



Gambar 1.1 DAS Welang, Pasuruan

DAS Welang terancam banjir setiap tahun. Itu terjadi selama musim hujan dari Desember hingga Mei. Semakin tinggi muka sungai dari meningkatnya intensitas curah hujan dan naiknya permukaan laut ketika siklus pasang naik, mengakibatkan risiko banjir yang lebih tinggi. Sungai Welang memiliki banyak anak sungai (sekitar 21) dengan luas daerah aliran sungai total 509,5 km² dan panjangnya sekitar 53 km (Gambar 1.1), menjadikannya ketinggian sungai ketika intensitas hujan meningkat.

Sungai Welang melewati wilayah administrasi Kota Pasuruan di timur dan wilayah administrasi Kabupaten Pasuruan di barat, di mana di barat dan timur sungai Welang terdapat banyak pemukiman dan area alami seperti sawah dan kolam. Sungai Welang juga melewati daerah-daerah penting seperti jalan nasional Pasuruan dan jalur kereta api. Kemudian, jika terjadi banjir akan mengganggu aktivitas transportasi nasional, merusak sawah dan kolam, dan menggenangi daerah pemukiman. Pada tanggal 29 April 2019, terjadi banjir di desa Sukorejo dan Tambak Rejo di hilir sungai Welang yang menyebabkan genangan hingga 1,5 m (BNPB, 2019). Terlihat kondisi banjir 29 April 2019 di kawasan Jalan Pantura Kraton, Pasuruan pada Gambar 1.2



Gambar 1.2 Banjir 29 April 2019 di Kawasan Jalan Pantura Kraton, Pasuruan
(Setiawan, I., 29 April 2019)

Wahyudi, H., K. Aziz, & E. Sumirman (2018) menunjukkan kemampuan pengendalian banjir menggunakan sumur, dibangun di rumah dalam daerah tangkapan air di DAS Welang. Wahyudi, H. dan E. Sumirman (2019), menunjukkan pengelolaan banjir di DAS Welang dapat dilakukan dengan menyuntikkan air banjir ke air tanah menggunakan Artificial Storage Recharge (ASR). Hingga saat ini, belum ada studi tentang model genangan banjir dua dimensi di DAS Welang.

Kurangnya data curah hujan per jam akan menjadikan hasil analisis peramalan debit yang tidak akurat dari pemodelan genangan banjir. Untuk model yang luas seperti pemodelan wilayah kabupaten, data curah hujan per jam sangat direkomendasikan digunakan sebagai input dari model. Untuk wilayah sungai kecil dengan 1-3 anak sungai, input dengan menggunakan muka air sungai dapat dilakukan.

MIKE FLOOD 1D-2D *coupled model* adalah perangkat lunak yang digunakan untuk tujuan pemodelan hidrolik (1D) - hidrodinamik (2D) terintegrasi. Banyak penelitian telah dilakukan dengan menggunakan MIKE FLOOD 1D-2D *coupled model* (Dat, TT, DQ Tri, DD Truong, NN Hoa, 2019) (CTCN, 2017) (Timbadiya, PV, PL Patel, PD Porey, 2014) (Kadam, P. & D. Sen, 2012) (Patro, S., C. Chatterjee, S. Mohanty, R. Singh, NS Raghuvanshi, 2008). Model gabungan MIKE FLOOD 1D-2D digunakan untuk memodelkan kondisi banjir serta sedimentasi yang ada di sungai Welang. Hasil akhir yang diharapkan adalah analisis yang mendalam pada kondisi muka air sungai, persebaran luapan banjir, serta pengaruh debit banjir terhadap laju transpor sedimen. Melihat pemaparan permasalahan di atas, selanjutnya dilakukan studi pemodelan sedimentasi dan banjir di Sungai Welang, Pasuruan yang dibagi terhadap musim barat dan timur.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dikaji dalam tesis ini adalah :

1. Bagaimana simulasi banjir yang terjadi di sungai Welang selama tahun 2019?
2. Bagaimana perubahan kedalaman dasar yang terjadi di sepanjang sungai Welang selama tahun 2019?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai oleh penulis adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui serta melakukan pembahasan terkait simulasi banjir yang terjadi di sungai Welang selama tahun 2019.
2. Mengetahui serta melakukan pembahasan terkait perubahan kedalaman dasar yang terjadi di sepanjang sungai Welang selama tahun 2019.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penulisan tesis ini adalah dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menanggulangi banjir dan sedimentasi di sungai Welang, Pasuruan. Manfaat secara detil dijelaskan sebagai berikut :

- Dengan memodelkan luapan banjir dapat memberikan pemahaman yang baik pada proses terjadinya banjir seperti mengetahui posisi terjadinya banjir, ketinggian ambang batas muka air hulu sungai, pengaruh pasang surut air laut terhadap resiko banjir, serta daerah yang rawan terjadi banjir.
- Dengan mengetahui perubahan kedalaman dasar di sepanjang sungai Welang akan memberikan pemahaman yang baik dalam mempertimbangkan perubahan kedalaman akibat dari perubahan debit yang datang dengan resiko terjadinya banjir.

1.5 Batasan Masalah

Untuk memperjelas permasalahan pada tesis ini, maka perlu adanya ruang lingkup pengujian. Dalam peramalan banjir dan sedimentasi pada sungai dapat dilakukan melalui pendekatan pemodelan numerik. Pemodelan banjir yang akan disimulasikan menggunakan MIKE FLOOD 1D-2D Coupled dimana terdiri dari MIKE 11 1D model hidraulik dan MIKE 21 2D model hidrodinamik yang dijalankan secara paralel. MIKE FLOOD memiliki kemampuan yang baik dalam mensimulasikan luapan banjir dimana MIKE 11 akan memodelkan debit aliran sungai dan perubahan tinggi muka air, lalu MIKE 21 yang akan memodelkan luapan banjir dari ketinggian muka air yang melebihi ketinggian bantaran sungai. Pemodelan banjir akan memberikan hasil sebaran genangan banjir.

Pemodelan transpor sedimen akan menggunakan modul *sand transport*. Saat ini, MIKE FLOOD belum mampu memodelkan transpor sedimen modul *sand transport* dengan model banjir secara paralel. Pemodelan transpor sedimen akan dilakukan secara terpisah menggunakan MIKE 11 1D modul *sand transport*. Pemisahan pemodelan ini tidak akan mengurangi kualitas dari penelitian dikarenakan data input yang digunakan sama. Pemodelan *sand transport* digunakan untuk mensimulasikan perubahan kedalaman dasar sungai. MIKE 11 yang merupakan model satu dimensi, tidak dapat mengekstrak dan memperbarui perubahan bentuk dasar pada data *cross section* sungai. Model 4 yaitu asumsi deposisi dan erosi terdistribusi secara seragam di seluruh *cross section* di bawah ketinggian bantaran sungai, dipilih sebagai metode *bottom level update* pada pemodelan *sand transport*. Di sisi lain, perubahan kedalaman sungai akibat dari sedimentasi dan erosi dapat ditampilkan.

Dengan menggunakan data input muka air sungai di hulu sungai Welang, data pasang surut air laut di perairan selat Madura, serta data d50 sedimen dasar selama tahun 2019, pemodelan dilakukan selama 1 tahun dari 1 Januari 2019 01:00 WIB hingga 31 Desember 2019 24:00 WIB.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Morfologi Muara Sungai

Permasalahan yang sering terjadi di muara sungai yaitu pada bagian mulut sungai, dimana sering terjadinya proses sedimentasi dan erosi yang dapat mengganggu aktifitas di sekitar muara. Mulut sungai adalah bagian paling hilir dari muara sungai yang langsung bertemu dengan laut, sedangkan estuari adalah bagian dari sungai yang dipengaruhi pasang surut.

Muara sungai dapat dibedakan menjadi tiga kelompok tergantung dari faktor dominan yang mempengaruhinya. Ketiga faktor tersebut adalah gelombang, pasang surut, dan debit sungai (Nur Yuwono, 1994).

a. Muara yang didominasi gelombang laut

Gelombang besar yang terjadi pada pantai berpasir dapat menimbulkan angkutan sedimen, baik dalam arah tegak lurus maupun sejajar pantai. Angkutan sedimen tersebut bergerak masuk ke muara sungai. Semakin besar gelombang gelombang semakin banyak sedimen yang mengendap di muara.

b. Muara yang didominasi debit sungai

Muara yang terjadi pada sungai dengan debit sepanjang tahun cukup besar yang bermuara di laut dengan gelombang relatif kecil pada waktu air surut sedimen akan terdorong ke muara dan menyebar ke laut.

c. Muara yang didominasi pasang surut

Apabila tinggi pasang surut cukup besar, maka volume air pasang yang masuk ke sungai sangat besar. Pada waktu air surut, volume air yang besar tersebut mengalir keluar dalam waktu tertentu.

2.2 Model Numerik Hidrodinamika Laut

Hidrodinamika merupakan ilmu tentang gerak fluida yang dipengaruhi gelombang, arus, dan pasang surut. Dalam hidrodinamika laut gaya gravitasi, gaya gesekan, dan gaya coriolis adalah gaya-gaya paling berpengaruh. Gaya gravitasi memberikan banyak efek terhadap hidrodinamika laut. Gaya berat air laut akibat

dari gaya gravitasi menghasilkan tekanan hidrostatik. Perubahan gravitasi akibat dari gerakan matahari dan bulan relatif terhadap bumi menyebabkan terjadinya pasang surut, arus, dan pencampurannya. Gaya gesekan antara udara dan permukaan air menyebabkan terbentuknya gelombang, sedangkan gaya gesekan antara dasar laut dengan air menyebabkan terjadinya aliran arus laminar. Gaya Coriolis juga mengakibatkan arah arus dan angin secara mayoritas menuju khatulistiwa. Dinamika dari pergerakan fluida di laut sangat dipengaruhi oleh banyak faktor.

Aliran turbulen pada fluida dengan kekentalan tertentu dengan massa jenis selalu konstan dapat di deskripsikan dengan persamaan Navier-Stokes yang bersamaan dengan persamaan kontinuitas membentuk suatu sistem yang lengkap untuk dapat menentukan tekanan serta kecepatan aliran dari fluida pada area tertentu.

2.3 Persamaan Hidrodinamika

Pada pemodelan numerik, solusi yang digunakan pada penyelesaian simulasi aliran fluida adalah menggunakan persamaan Navier-Stokes atau persamaan momentum. Persamaan ini merupakan persamaan hidrodinamika sebagai aliran *unsteady* 2 dimensi yang diasumsikan sama secara vertikal (Abbott et al., 1978). Penyusunan persamaan dapat ditulis sebagai berikut.

Persamaan Kontinuitas:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0$$

Persamaan Momentum Sumbu-X:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega p - fVV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) = 0$$

Persamaan Momentum Sumbu-Y :

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gq\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega p - fV V_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y} (p_a) = 0$$

Dimana:

x,y = koordinat (m).

t = waktu (s).

$\xi(x,y,t)$ = elevasi permukaan (m).

p,q (x,y,t) = densiti fluks dalam arah sumbu x, y.

$\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$ = komponen tegangan geser dasar akibat turbulen dan viskositas.

2.4 Sedimentasi dan Sifat-Sifat Sedimen

Pada daerah pantai, sungai, dan muara akan selalu terjadi proses sedimentasi. Proses sedimentasi merupakan hal natural yang akan selalu terjadi akibat dari dinamika proses pantai. Namun akan berbeda jika sedimentasi dapat mengganggu proses kegiatan manusia, sehingga perlu diadakannya sebuah penanggulangan sedimentasi yang ekonomis dan ramah lingkungan. Sedimentasi merupakan proses pengendapan material yang terkait oleh aliran dari bagian hulu akibat dari erosi (Ronggodigdo, 2011).

Sedimen dapat tersusun dari batuan, mineral, dan material organik, yang secara alamiah selalu ada di dalam sungai, danau, estuary, dan air laut (Hakim, 2010). Dengan proses erosi dan arus yang cukup, material sedimen dapat terbawa dari satu tempat ke tempat lain. Untuk ukuran material yang kecil, lebih mudah terbawa arus dan terkadang sulit untuk mengendap. Air yang sedikit tercampur dengan sedimen biasanya warnanya masih cukup transparan. Sedangkan air yang banyak mengandung sedimen berwarna lebih keruh.

Sifat-sifat sedimen sangat penting di dalam mempelajari proses erosi dan sedimentasi. Sifat-sifat tersebut adalah ukuran partikel & distribusi butir sedimen,

rapat massa, bentuk, kecepatan endap, tahanan terhadap erosi, dan sebagainya. Di antara beberapa sifat tersebut, distribusi ukuran butir adalah yang paling penting.

Sedimen dapat diklasifikasikan berdasarkan ukuran butirannya menjadi lempung, lumpur, pasir, kerikil, koral, *cobble*, dan batu. Tabel berikut menunjukkan klasifikasi butiran sedimen (Triatmodjo, 1999).

Tabel 2.1 Klasifikasi Ukuran Butiran Sedimen (Triatmodjo, 1999)

Klasifikasi		Diameter Partikel (mm)
Batu		256
<i>Cobble</i>		128
Koral (<i>Pebble</i>)	Besar	64
	Sedang	32
	Kecil	16
	Sangat kecil	8
Kerikil		4
Pasir	Sangat kasar	2
	Kasar	1
	Sedang	0,5
	Halus	0,25
	Sangat halus	0,063
Lumpur	Kasar	0,031
	Sedang	0,015
	Halus	0,0075
	Sangat halus	0,0037
Lempung	Kasar	0,0018
	Sedang	0,0009
	Halus	0,0005
	Sangat halus	0,0003

2.5 Persamaan Transpor Sedimen Total

Model transpor sedimen total Engelund & Hansen (1967) merupakan persamaan yang digunakan untuk memodelkan laju transpor sedimen non-kohesif/*non-cohesive sediment transport* (NST). Persamaan ini mampu memodelkan transpor sedimen pada sungai dengan asumsi hasil transpor sedimen merupakan penggabungan dari *bed load transport* dan *suspende load transport*. Model NST yang akan disimulasikan menggunakan persamaan transpor sedimen Engelund & Hansen (1967) :

$$\Phi = 0,1 \frac{\theta^{5/2}}{f}$$

Dimana θ adalah *total bed shear stress* tak berdimensi dan Φ adalah *sediment transport rate* :

$$\Phi = \frac{q_t}{\sqrt{(s-1)gd^3}}$$

q_t adalah *total material transport* volume butiran sedimen m^3 per detik, s adalah densitas relatif, g adalah gravitasi, serta d adalah diameter sedimen. f adalah *friction factor* yang didefinisikan :

$$f = 2 \frac{u_f^2}{u^2}$$

Dimana, u_f adalah *friction velocities* m/s dan u adalah kecepatan arus m/s. Transpor sedimen secara fisik dipengaruhi oleh interaksi-interaksi antara pasang surut, angin, arus, gelombang, jenis dan ukuran sedimen, serta adanya bangunan di daerah pantai. Tahapan proses transpor sedimen dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a. Material kohesif teraduk dari dasar hingga tersuspensi, atau terangkutnya material sedimen non-kohesif dari dasar laut
- b. Perpindahan material secara horizontal
- c. Jatuhnya/pengendapan kembali material sedimen

- d. Dan masing-masing tahapan tergantung pada gerakan air dan karakteristik sedimen yang terangkut.

Sedimen yang ditranspor dapat berupa *Bed Load* yaitu sedimen yang menggelinding atau bergeser di dasar laut (umumnya pasir) dan sedimen yang melayang untuk *Suspended Load* (umumnya lumpur dan lempung). *Suspended Load* terjadi saat kecepatan partikel secara horizontal lebih besar daripada kecepatan endap partikel sehingga partikel sedimen terangkat mengikuti aliran turbulensi dan sulit untuk jatuh/ mengendap. Sedangkan *Bed Load* terjadi saat kecepatan partikel secara horizontal lebih kecil daripada kecepatan endap partikel.

2.6 Muson

Faktor penyebab utama dinamika Muson adalah pergerakan semu matahari ke arah utara-selatan sebesar 23.5° , parameter Coriolis, topografi dan perbedaan paparan dan karakter antara daratan dan lautan di bumi dalam menerima bahang dari matahari. Pergerakan semu matahari mengakibatkan pada waktu-waktu tertentu terjadi perbedaan pemanasan antara Benua Asia di belahan bumi utara (BBU) dan Benua Australia di belahan bumi selatan (BBS) dan perbedaan karakter penerimaan bahang antara daratan dan lautan dalam menyimpan bahang pada belahan bumi yang sama. Perbedaan inilah yang menyebabkan parameter suhu udara merupakan faktor penting dalam menentukan proses dinamika muson. Parameter atmosfer lainnya yang terlibat meliputi tekanan udara, angin, kandungan uap air dan curah hujan.

Pada bulan Juni matahari berada 23.5° di BBU, sehingga suhu udara di BBU lebih tinggi daripada di BBS. Suhu udara yang tinggi akan menyebabkan tekanan udara menjadi rendah begitu pula sebaliknya, sehingga tekanan udara di BBU lebih rendah daripada di BBS. Perbedaan tekanan udara ini akan menyebabkan massa udara akan bergerak sebagai angin dari tekanan tinggi ke tekanan rendah, sehingga pada bulan Juni angin secara umum akan bergerak dari BBS menuju BBU. Gerakan angin tidak secara tegas dari arah selatan ke utara bergerak tegak lurus terhadap ekuator, tetapi parameter Coriolis berperan dalam pembelokan gerakan angin di sekitar ekuatorial, sehingga angin akan bergerak dari tenggara ke arah barat laut di BBS dan ketika mencapai ekuator berbelok dari barat daya ke arah timur laut di

BBU. Kondisi ini akan terjadi sebaliknya pada bulan Desember dimana matahari berada 23.5° di BBS (Webster, 1987).

2.7 Arus Laut

Arus Laut adalah pergerakan sebuah massa air dari suatu tempat ke tempat lain yang bisa disebabkan oleh tiupan angin atau disebabkan oleh pergerakan pasang surut air laut (Nontji, 1993). Banyak gaya yang menyebabkan arus laut terjadi. Pond dan Pickard (1983), mengklasifikasi gerakan massa air berdasarkan penyebabnya, yaitu:

a. Angin

Angin merupakan faktor yang membangkitkan arus, arus yang ditimbulkan oleh angin mempunyai kecepatan yang berbeda menurut kedalaman.

b. Arus pasang surut

Arus yang disebabkan oleh gaya tarik menarik antara bumi dan benda di angkasa. Arus pasut ini merupakan arus yang gerakannya horizontal.

c. Turbulensi

Suatu gerakan yang terjadi pada lapisan batas air dan terjadi karena ada gaya gesekan antar lapisan.

2.8 Pasang Surut

Pasang surut adalah fenomena alam yang menyebabkan naik turunnya permukaan air laut yang disebabkan oleh gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dengan benda-benda angkasa, seperti matahari dan bulan terhadap massa air laut bumi. Besarnya gaya tarik menarik dengan benda-benda angkasa tersebut tergantung pada besarnya massa benda tersebut. Meski bulan memiliki massa lebih kecil dari matahari, bulan memberikan gaya tarik lebih besar dari matahari karena jarak bulan lebih dekat dari pada matahari.

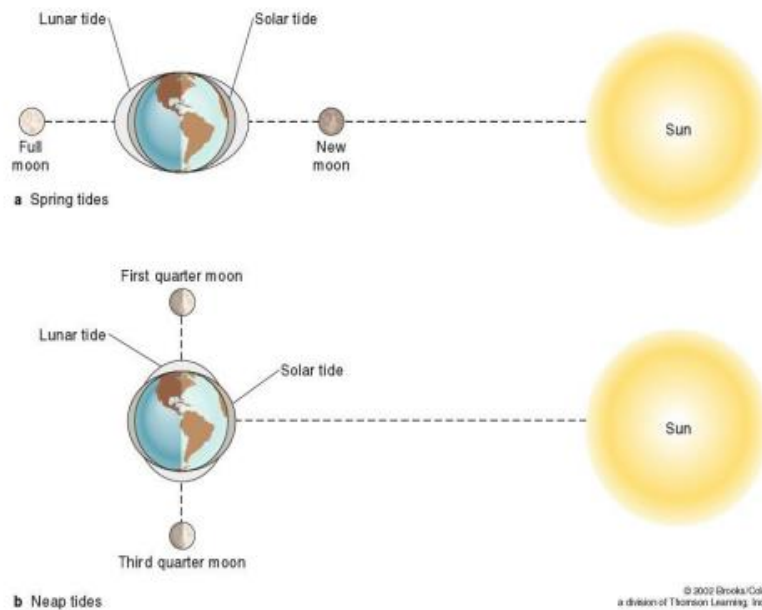
Gaya pasang surut ditentukan oleh besar massa dan juga jarak antara massa tersebut seperti yang diterangkan melalui persamaan gaya tarik gravitasi berikut ini:

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

Pada persamaan di atas, r adalah jarak antar pusat benda dengan masa m_1 dan m_2 dan G adalah suatu konstanta gravitasi yaitu $6.6 \times 10^{-6} \text{ mN/kg}$.

Tipe pasang surut ditentukan oleh frekuensi air pasang surut setiap hari. Doodson (1921) telah menemukan 396 komponen pasang surut yang memiliki frekuensi berbeda. Secara umum, empat tipe pasang surut sebagai berikut:

- Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*). Pasang surut ini dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali surut dengan tinggi yang hampir sama dengan pasang surut rata-rata 12 – 24 menit.
- Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*). Pada pasang surut ini terjadi satu kali pada satu hari. Periode pada pasang surut ini 24 jam – 50 menit.
- Pasang surut campuran yang lebih condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semi diurnal*). Pasang surut ini terjadi satu kali air pasang dan dua kali air surut pada satu hari dengan tinggi dan periode yang berbeda.
- Pasang surut campuran yang lebih condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*). Pasang surut ini terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dengan tinggi dan periode berbeda.



Gambar 2.1 Pengaruh Posisi Bulan Bumi dan Matahari saat Kondisi Pasang Surut Purnama dan Perbadni

Elevasi muka air laut selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditentukan berdasarkan data pasang surut yang dapat digunakan sebagai pedoman di dalam perencanaan suatu bangunan pantai. Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Muka air tinggi (*high water level*, HWL), yaitu muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
- b. Muka air rendah (*low water level*, LWL), yaitu muka air terendah yang dicapai pada saat air surut pada satu siklus pasang surut.
- c. Muka air tinggi rata-rata (*mean high water level*, MHWL), yaitu rata-rata dari muka air tinggi selama periode 19 tahun.
- d. Muka air rendah rata-rata (*mean low water level*, MLWL), yaitu rata-rata dari muka air rendah selama periode 19 tahun.
- e. Muka air laut rata-rata (*mean sea level*, MSL), yaitu muka air rata-rata antara muka air tinggi rata-rata dan muka air rendah rata-rata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi di daratan.
- f. Muka air tinggi tertinggi (*highes high water level*, HHWL), yaitu muka air tertinggi pada saat pasang surut purnama dan pasang surut perbani.
- g. Muka air rendah terendah (*lowes low water level*, LLWL), yaitu muka air terendah pada saat pasang surut purnama dan pasang surut perbani.

Tabel 2.2 Komponen Harmonik Pasang Surut

Jenis	NO	Simbol	Periode (jam)	Keterangan
Semi diurnal (Ganda)	1	M_2	12.42	Bulan utama
	2	S_2	12.00	Matahari utama
	3	N_2	12.66	Elips bulan besar
	4	K_2	11.97	Bulan matahari
Diurnal (Tunggal)	5	K_1	23.93	Matahari bulan
	6	O_1	25.82	Bulan utama
	7	P_1	24.07	Matahari utama
Long period (Periode panjang)	8	M_O	327.86	Bulan dua mingguan

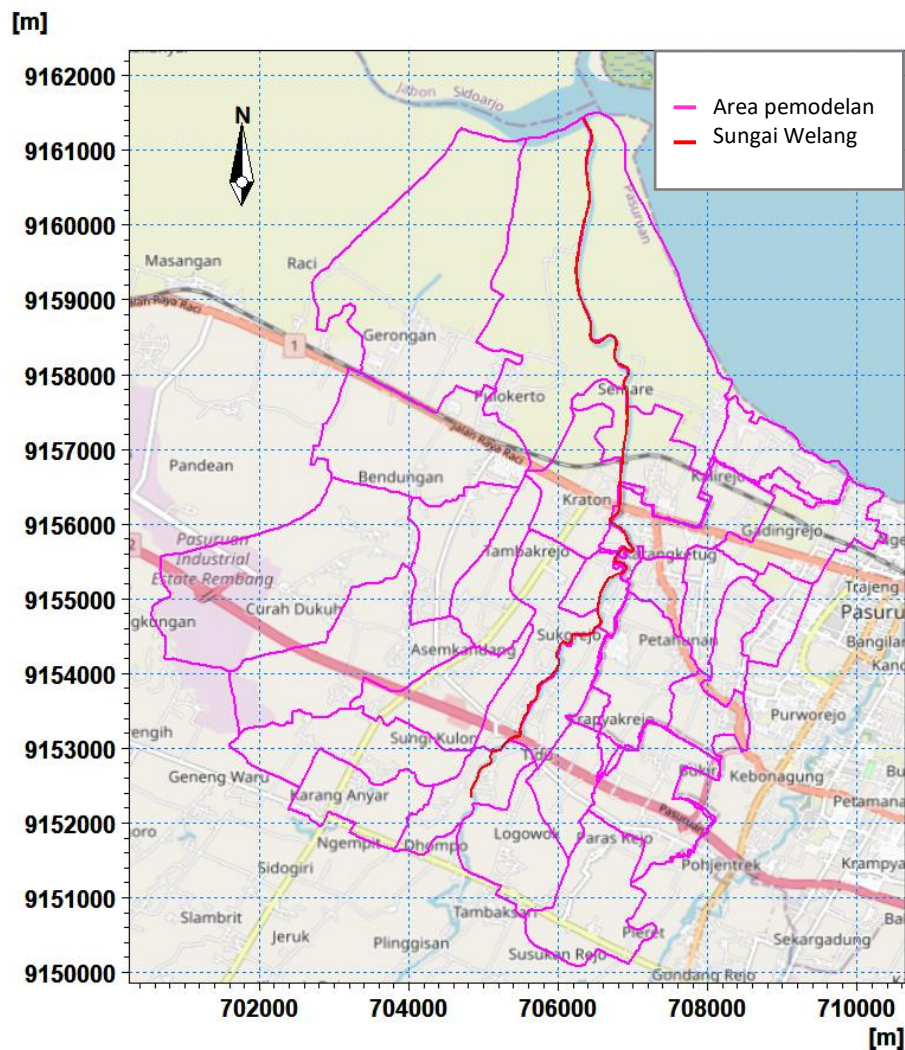
2.9 MIKE FLOOD

MIKE FLOOD merupakan sistem model yang didesain untuk memodelkan berbagai macam masalah banjir seperti luapan sungai, *floodplains*, luapan drainase, jaringan drainase, area pantai, bendungan, dan kombinasi-kombinasinya. Kemampuan MIKE FLOOD ini terletak pada model sambungan “*link*” yang menghubungkan jaringan sungai pada MIKE 11 dan badan air laut pada MIKE 21 *Flow Model*. *Link system* yang dimasukkan kedalam *coupled model* pada MIKE FLOOD akan menghubungkan data debit dan muka air sungai pada model hidraulis MIKE 11 dengan muka air dan badan air pada model MIKE 21 *Flow Model*. *Standard linkage* yang digunakan untuk menghubungkan proses hidraulisa pada hilir sungai dengan proses hidrodinamika pada muara laut. Selain itu, untuk menghubungkan tinggi muka air pada bantaran sungai dengan model topografi untuk limpahan debit banjir menggunakan *lateral linkage* seperti yang diilustrasikan pada Gambar 3.6. Skema pemodelan pada MIKE FLOOD prinsipnya menjalankan 2 model numerik yang diberi sistem sambungan agar dapat disimulasikan bersama serta saling memberi timbal balik.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Area Studi

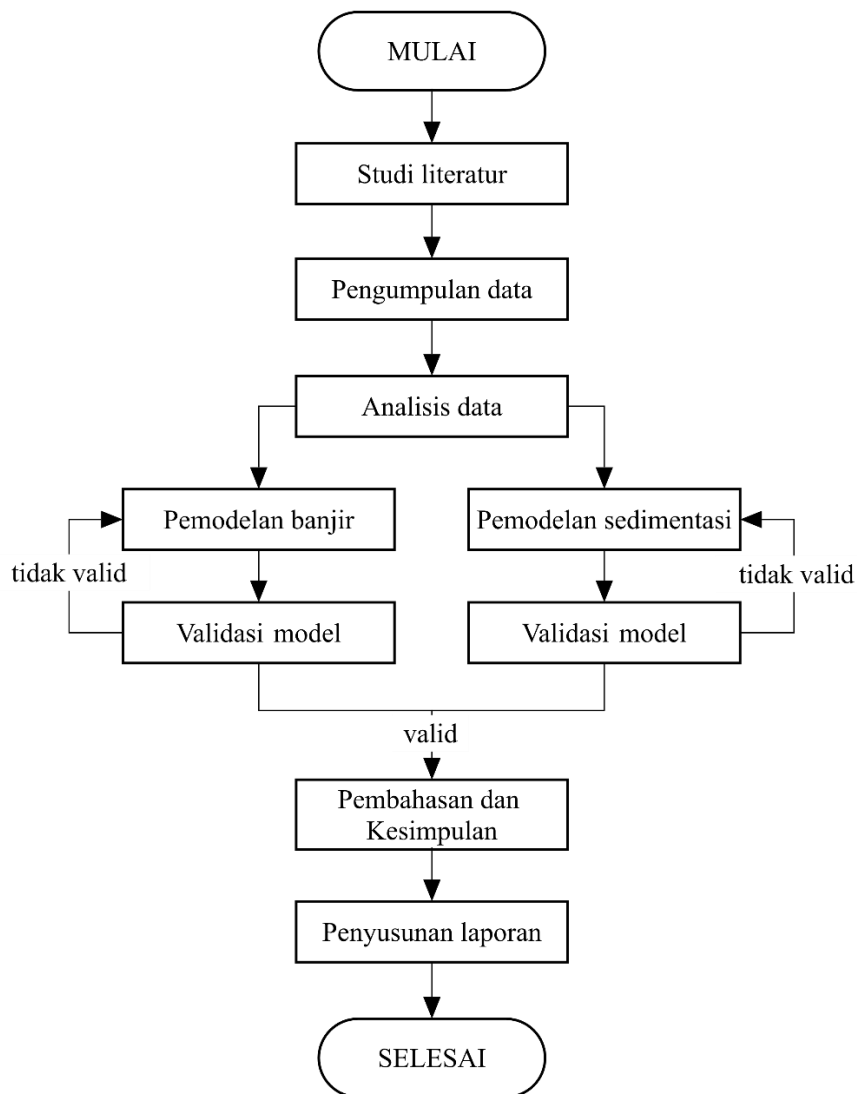
Area yang akan disimulasikan adalah Kecamatan Kraton dan Kecamatan Pohjentrek (Kabupaten Pasuruan), serta Kecamatan Gadingrejo (Kota Pasuruan). Penelitian difokuskan ke wilayah tersebut dikarenakan dilewati oleh sungai Welang. Hampir setiap tahun Kecamatan Kraton, Kecamatan Gadingrejo, dan Kecamatan Pohjentrek mengalami banjir. Area studi dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Area Studi di Kecamatan Kraton, Gadingrejo, dah Pohjentrek

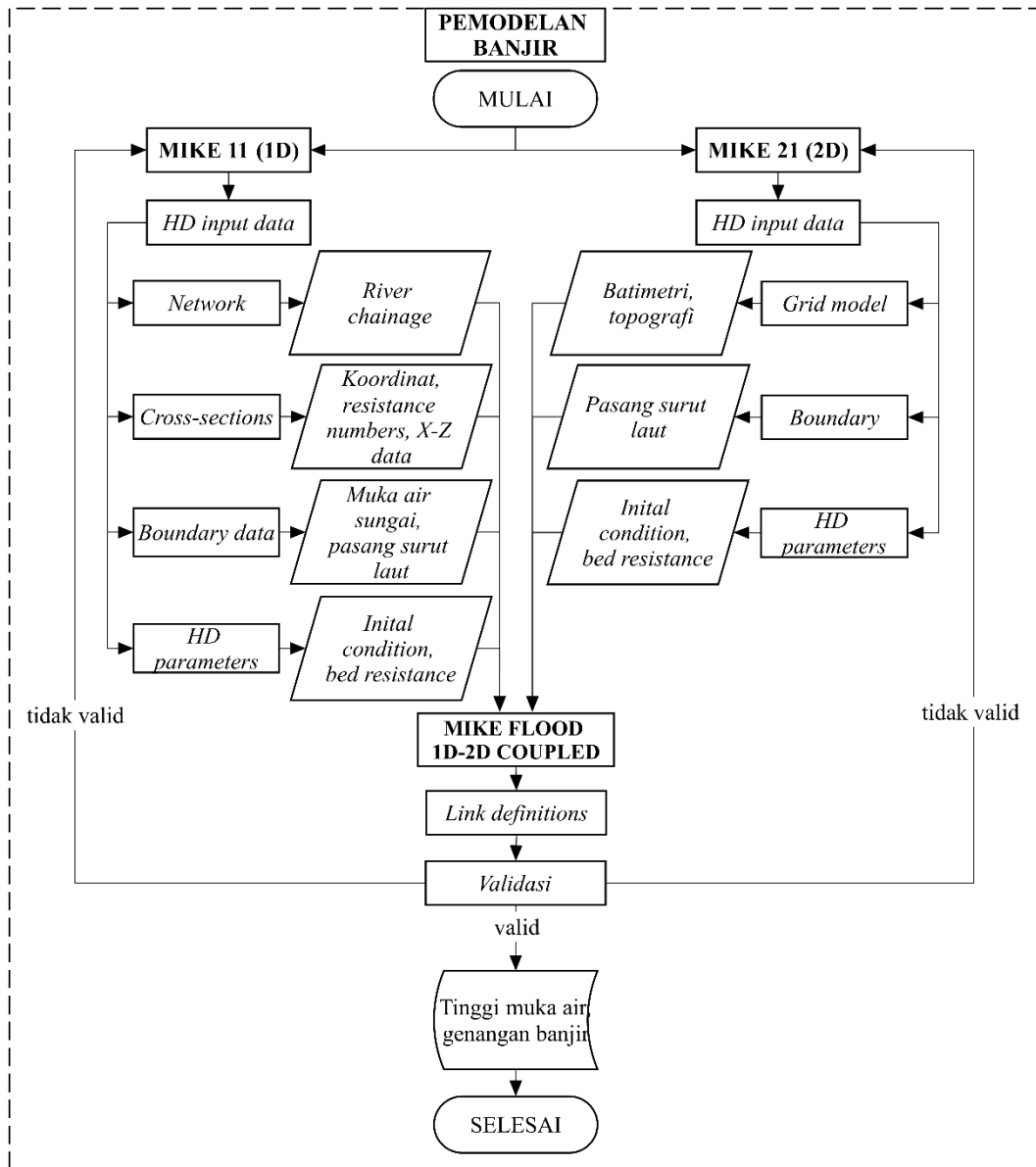
3.2 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian tesis dijabarkan pada Gambar 3.2. Dalam metodologi penelitian, pemodelan banjir dan pemodelan sedimentasi dilakukan terpisah dimana MIKE Flood yang digunakan pada analisis ini tidak mampu memodelkan model banjir dan model sedimentasi secara paralel. Pemisahan pemodelan ini tidak akan mengurangi nilai kualitas dari analisis pada tesis ini dimana data *input* yang digunakan yaitu tinggi muka air sungai dan pasang surut sama tiap modelnya.

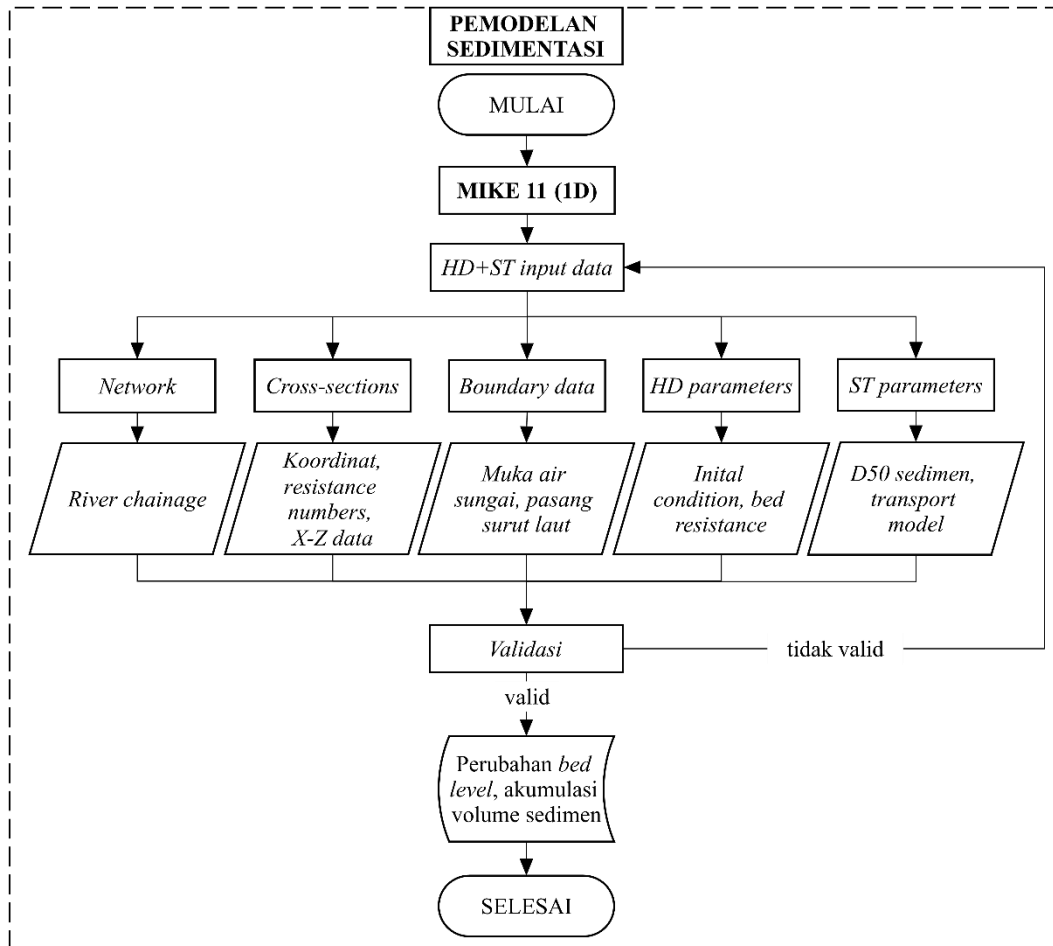


Gambar 3.2 Metodologi Penelitian Tesis

Gambar 3.3 menjelaskan proses analisis pada pemodelan banjir. Hasil akhir yang ingin didapatkan kurang lebih tinggi muka air akibat muka air sungai dan pasang surut serta peta genangan banjir di sungai Welang.



Gambar 3.3 Metodologi Pemodelan Banjir



Gambar 3.4 Metodologi Pemodelan Sedimentasi

Gambar 3.4 menjelaskan proses analisis pemodelan sedimentasi. Hasil akhir yang diharapkan berupa perubahan kedalaman dasar sungai serta akumulasi volume sedimen yang diangkut di sungai Welang. Secara garis besar, prosedur penelitian dan langkah-langkah penelitian dalam mencapai tujuan tesis ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi dan pengumpulan literatur yang nantinya dijadikan bahan referensi dan sumber teori-teori yang diperlukan dalam mendukung hasil analisis dan pembahasan penulis selama proses penyelesaian tesis.

2. Pengumpulan Data

Data yang valid dibutuhkan dalam pengerjaan tesis ini. Data yang digunakan bisa berupa data sekunder maupun data primer.

3. Analisis Data

Dari semua data yang telah dikumpulkan, selanjutnya dilakukan pengolahan terhadap data tersebut. Gunanya agar lebih mudah dibaca serta digunakan dalam proses pemodelan.

4. Validasi Model

Dari data yang telah diolah perlu dilakukan validasi mengenai kecocokan data antara data survey dengan data pemodelan.

5. Pemodelan Numerik (Banjir dan Sedimentasi)

Data yang telah diolah, dilakukan simulasi awal pemodelan hidrodinamika baik pemodelan batrimetri, arus, pasang surut, debit sungai, dan transpor sedimen guna mendapatkan hasil yang diharapkan.

6. Pembahasan dan Kesimpulan

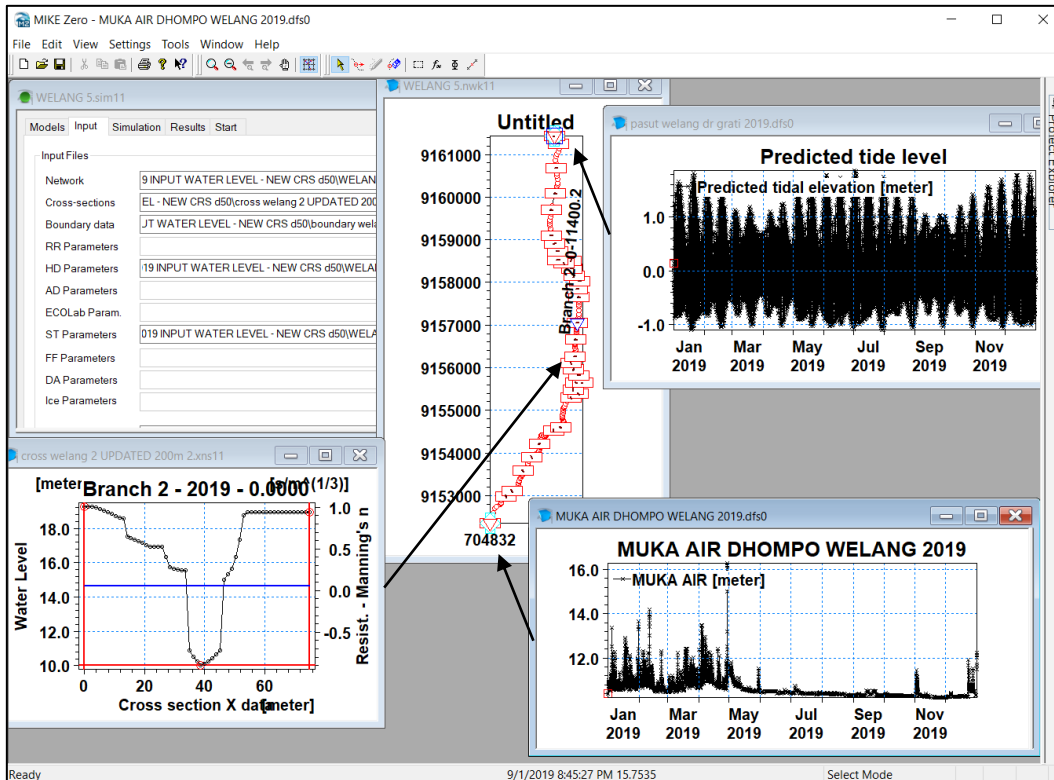
Data yang telah dianalisis dan dimodelkan dibahas secara detil lalu ditarik kesimpulan.

7. Penyusunan Laporan

Hasil seluruh penelitian terkait rumusan masalah yang telah ditentukan, dirangkum dalam laporan akhir.

3.3 MIKE 11 1D Model Setup

MIKE 11 1D model mampu memodelkan simulasi aliran kanal seperti sungai serta beberapa stuktur drainase seperti *culvert*, *weir*, pintu kanal, jembatan, dan bendungan. MIKE 11 1D model mampu mensimulasikan estimasi debit banjir melalui model *Rainfall-Runoff* pada model hidrologi. Di sisi lain, pada model hidraulis MIKE 11 1D juga mampu mensimulasikan estimasi debit banjir menggunakan data tinggi muka air sungai pada hulu sungai, di hilir sungai menggunakan tinggi pasang surut air laut. Metode *input* menggunakan tinggi muka air sungai dinilai cukup akurat jika dibandingkan dengan model hidrologi dari model *Rainfall-Runoff* karena kurangnya data curah hujan per-jam pada area tangkapan hujan di DAS Welang.



Gambar 3.5 Setup Model MIKE 11 1D

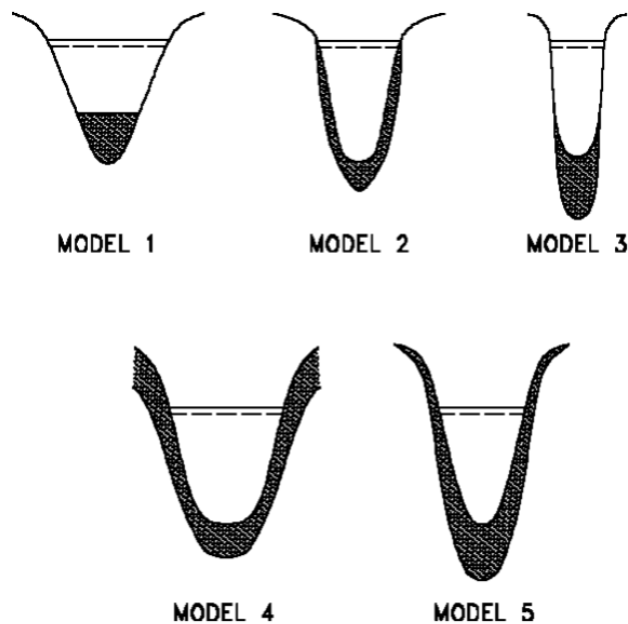
Dalam *model setup* pendefinisian *network* atau jalur aliran sungai perlu dilakukan diawal. *Cross sections*, tinggi muka air sungai di hulu, tinggi muka air pasang surut di hilir, pengaturan hidrodinamik, serta data sedimen dimasukkan ke dalam model seperti yang terlihat pada Gambar 3.5. Kemampuan pemodelan aliran kanal terbuka pada sungai ini didukung komputasi numerikal berdasarkan data *cross sections* yang dimasukkan. Semakin banyak data *cross sections* yang dimasukkan, hasil simulasi akan semakin akurat. *Input cross sections* pada jarak setiap 100 meter dapat menghasilkan hasil yang optimal pada jaringan sungai yang luas. Namun di sisi lain, semakin rapat data *cross sections* yang dimasukkan akan menimbulkan ketidak stabilan pada model.

3.3.1 Sand Transport Module

Modul *sand transport* merupakan model satu dimensi yang mensimulasikan transpor sedimen non-kohefif (NST). Umumnya pemodelan transpor sedimen non-kohefif dapat diklasifikasikan pada ukuran diameter butiran lebih dari 0,063 mm seperti pasir. Tipe sedimen pasir memiliki ukuran diameter butiran 0,063 mm

hingga 2 mm. Model NST akan dijalankan pada mode *morphological* dimana perubahan kedalaman dasar akan berjalan secara paralel dengan model hidrodinamik secara kontinyu. Mode *morphological* memberikan keuntungan dari segi simulasi transpor sedimen yang lebih dinamis. Model NST juga memberikan pilihan pada metode *bottom level update* dalam mensimulasikan perubahan kedalaman dasar (DHI, 2014). Asumsi pada metode perubahan kedalaman dasar ini cukup lumrah dikarenakan model NST pada MIKE 11 merupakan model satu dimensi. Metode *bottom level update* terdiri dari :

- Model 1 : deposisi berupa lapisan horizontal pada dasar.
- Model 2 : deposisi dan erosi terdistribusi secara seragam di bawah muka air.
- Model 3 : deposisi dan erosi proporsional dengan kedalaman di bawah muka air.
- Model 4 : deposisi dan erosi terdistribusi secara seragam di seluruh *cross section* di bawah ketinggian bantaran sungai.
- Model 5 : deposisi dan erosi proporsional dengan kedalaman di bawah ketinggian bantaran sungai.



Gambar 3.6 Metode *Bottom Level Update* pada Model NST MIKE 11, (DHI, 2014)

Model 4 dipilih sebagai metode *bottom level update* pada pemodelan NST kali ini. MIKE 11 model NST yang merupakan model satu dimensi, tidak dapat mengekstrak dan memperbarui perubahan bentuk dasar pada data *cross section* sungai. Di sisi lain, perubahan kedalaman sungai akibat dari sedimentasi dan erosi dapat ditampilkan. Model NST yang akan disimulasikan menggunakan persamaan transpor sedimen Engelund & Hansen (1967) :

$$\Phi = 0,1 \frac{\theta^{5/2}}{f}$$

Dimana θ adalah *total bed shear stress* tak berdimensi dan Φ adalah *sediment transport rate* :

$$\Phi = \frac{q_t}{\sqrt{(s-1)gd^3}}$$

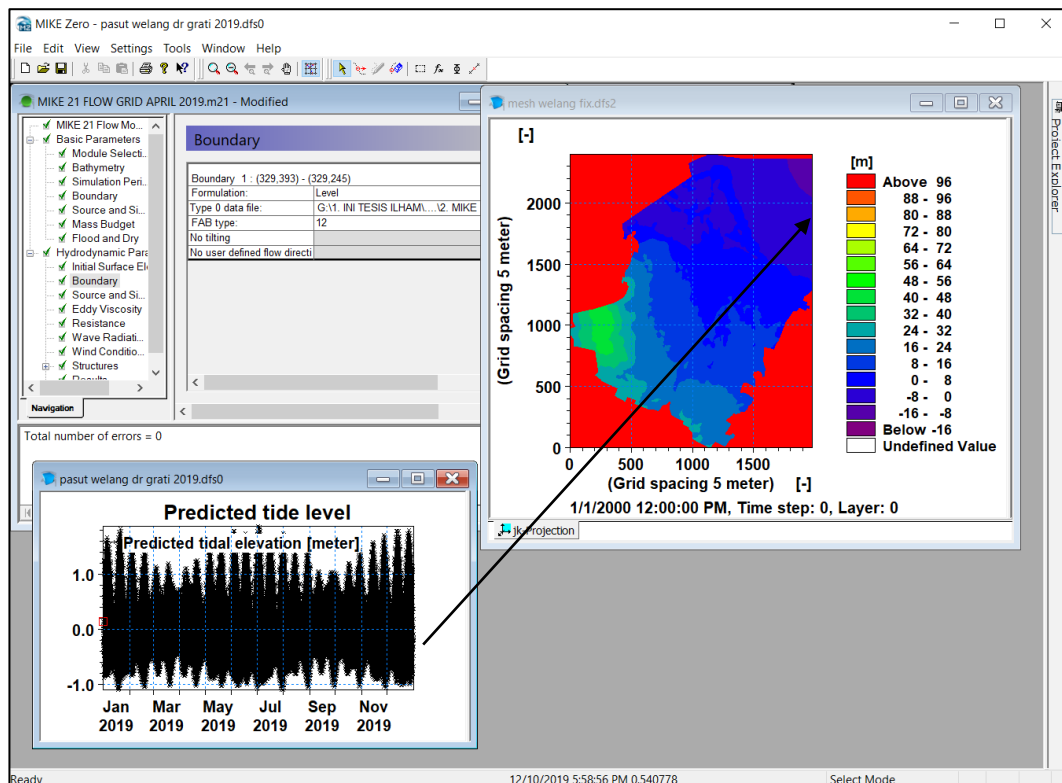
q_t adalah *total material transport* volume butiran sedimen m^3 per detik, s adalah densitas relatif, g adalah gravitasi, serta d adalah diameter sedimen. f adalah *friction factor* yang didefinisikan :

$$f = 2 \frac{u_f^2}{u^2}$$

Dimana, u_f adalah *friction velocities* m/s dan u adalah kecepatan arus m/s. Persamaan transpor sedimen Engelund & Hansen (1967) dipilih berdasarkan pada penelitian Najafpour, N., Emamgholizadeh, S., Poudeh, H. T., & Haghiabi, A. H. (2016) pada perbandingan transpor sedimen total persamaan Yang, Beg, Engelund & Hansen, serta Meyer-Peter & Muller di sungai Karun, Iran. Pemodelan transpor sedimen total yang dilakukan dengan menggunakan d50 rata-rata sebesar 0,1 mm menunjukkan persamaan Engelund & Hansen (1967) memberikan hasil yang paling mendekati dengan data pengukuran.

3.4 MIKE 21 2D Model Setup

MIKE 21 2D model digunakan untuk memodelkan proses hidrodinamika di pantai serta model topografi untuk memodelkan tumpahan dari debit sungai yang melebihi kapasitas serta luapan akibat tinggi pasang air laut. Dalam model tumpahan air dapat diketahui luasan area genangan banjir serta tinggi genangan banjir. MIKE 21 Flow Model merupakan sistem simulasi untuk aliran *free-surface* 2 dimensi. MIKE 21 Flow Model dapat digunakan untuk simulasi hidraulik dan fenomena lingkungan seperti di danau, estuari, area pantai dan laut. Modul hidrodinamik merupakan modul dasar yang tersedia di MIKE 21 Flow Model, dimana modul ini memberikan simulasi hidrodinamika dalam menjalankan komputasi numerik di pemodelan (Gambar 3.7).



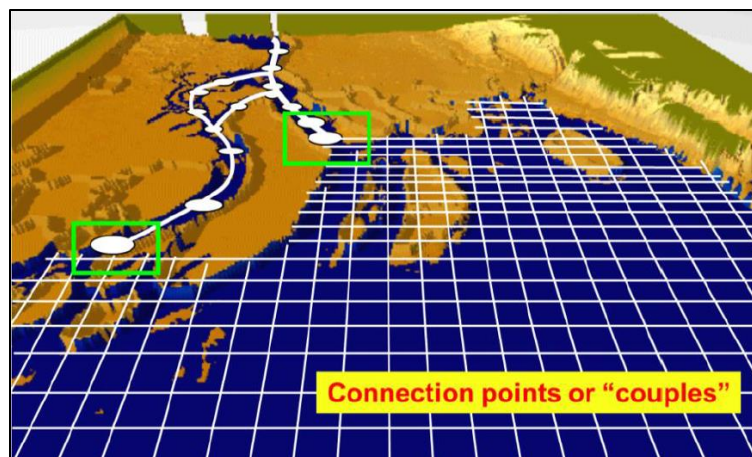
Gambar 3.7 Setup Model MIKE 21 2D

Rectangular grid yang digunakan pada MIKE 21 Flow Model tidak sebaik *flexible mesh* dalam kemudahan pada pembuatan dan pendefinisian kondisi batas. Disamping kekurangannya, *rectangular grid* mampu menggabungkan hasil pemodelan hidraulik sungai pada MIKE 11 1D Model dengan hasil hidrodinamik

pada MIKE 21 Flow Model sehingga dapat memberikan gambaran yang baik pada presentasi hasil genangan banjir.

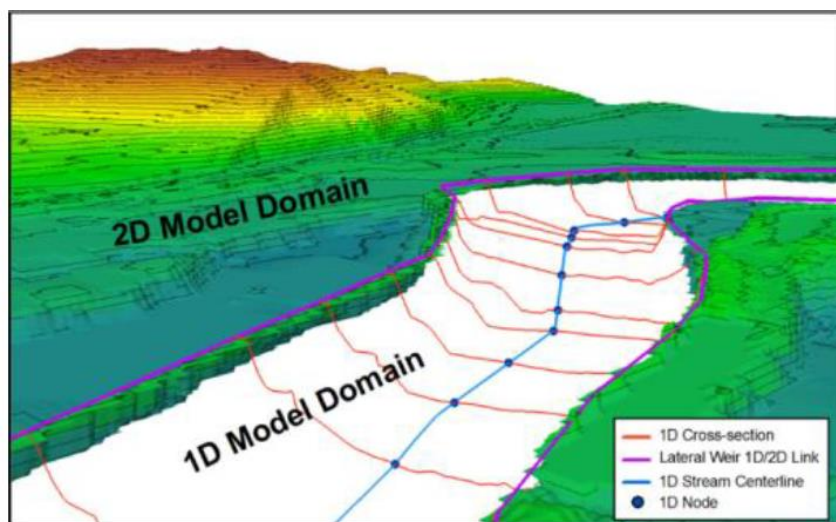
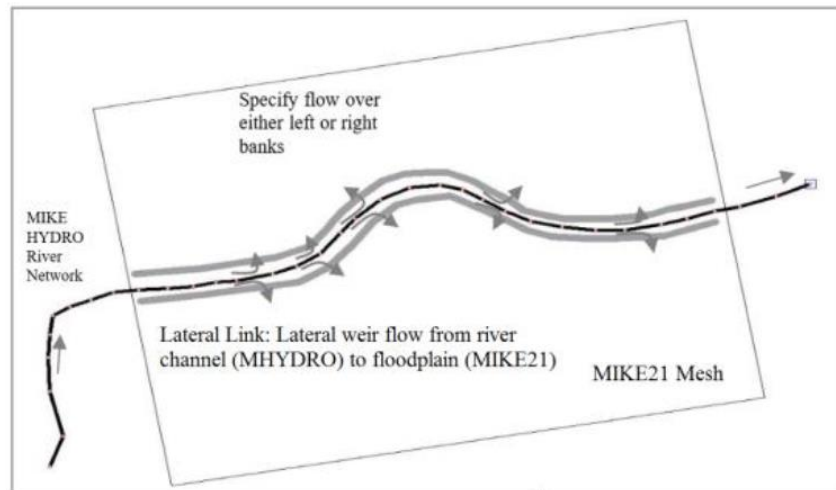
3.5 MIKE FLOOD 1D-2D *Coupled Model Setup*

MIKE FLOOD merupakan sistem model yang didesain untuk memodelkan berbagai macam masalah banjir seperti luapan sungai, *floodplains*, luapan drainase, jaringan drainase, area pantai, bendungan, dan kombinasi-kombinasinya. Kemampuan MIKE FLOOD ini terletak pada model sambungan “*link*” yang menghubungkan jaringan sungai pada MIKE 11 dan badan air laut pada MIKE 21 Flow Model (Gambar 3.8).



Gambar 3.8 *Standar Linkage* dari MIKE 11 dan MIKE 21 Flow Model pada MIKE FLOOD (DHI, 2016)

Link system yang dimasukkan kedalam *coupled model* pada MIKE FLOOD akan menghubungkan data debit dan muka air sungai pada model hidraulik MIKE 11 dengan muka air dan badan air pada model MIKE 21 Flow Model. *Standard linkage* yang digunakan untuk menghubungkan proses hidraulik pada hilir sungai dengan proses hidrodinamika pada muara laut. Selain itu, untuk menghubungkan tinggi muka air pada bantaran sungai dengan model topografi untuk limpahan debit banjir menggunakan *lateral linkage* seperti yang diilustrasikan pada Gambar 3.6. Skema pemodelan pada MIKE FLOOD prinsipnya menjalankan 2 model numerik yang diberi sistem sambungan agar dapat disimulasikan bersama serta saling memberi timbal balik.



Gambar 3.9 Sistem *Lateral Linkage* pada MIKE FLOOD (DHI, 2016)

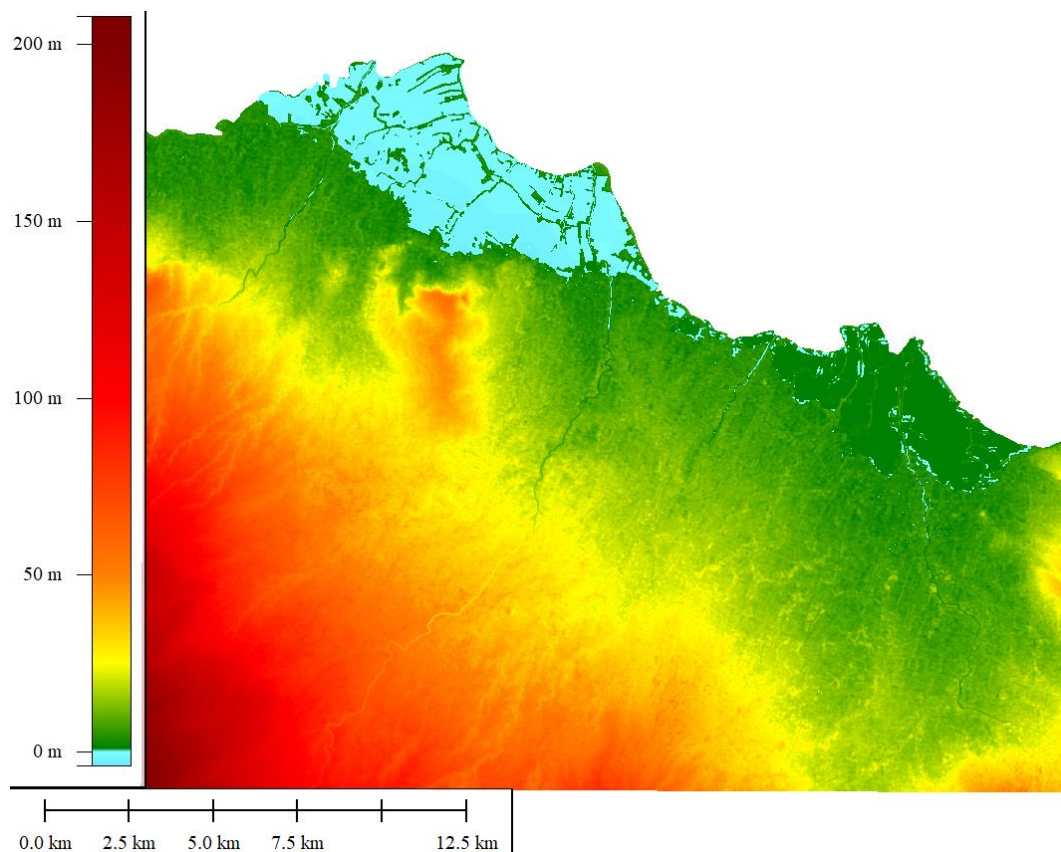
3.6 Data Analisis

Data yang digunakan sebagai input seperti data topografi, batimetri, muka air sungai, pasang surut air laut, sedimen dasar sungai, serta arus laut disajikan pada sub-bab berikut ini.

3.6.1 Topografi dan Batimetri

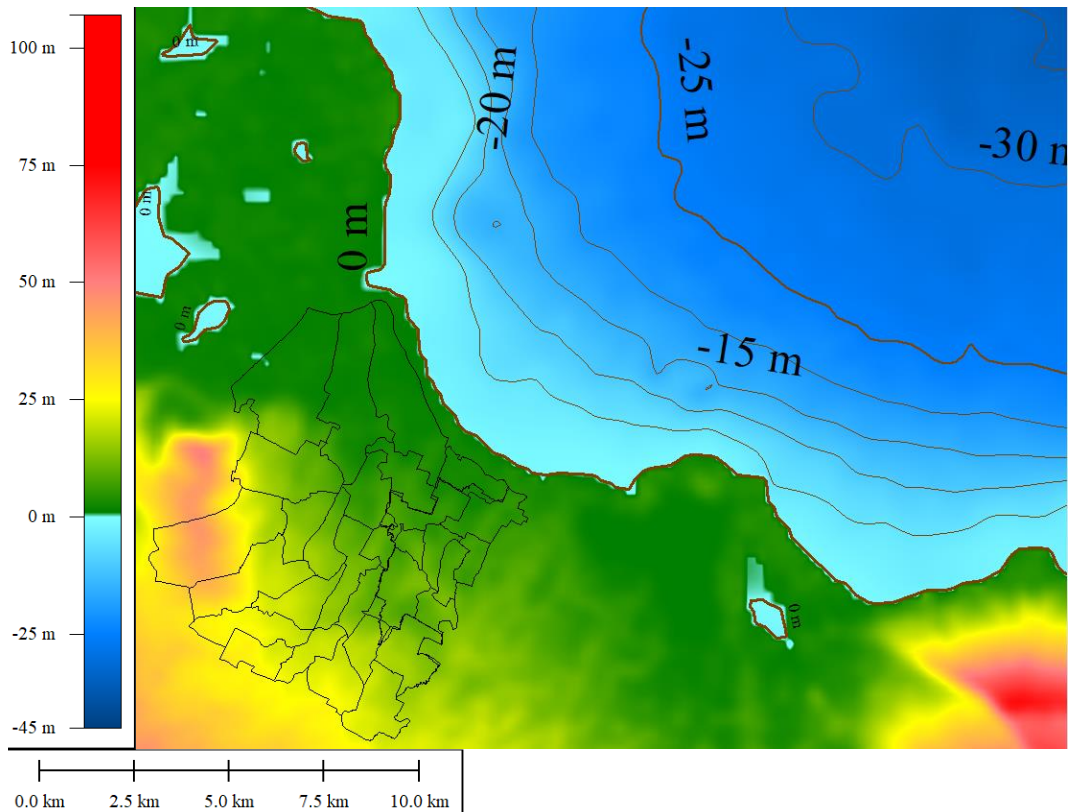
Data yang penting dalam melakukan simulasi luapan banjir adalah data topografi. Hal ini berkaitan dengan seberapa detail data topografi yang digunakan dalam pemodelan banjir. Data topografi yang umum digunakan umumnya *Digital Elevation Model* (DEM). Data DEM yang digunakan pada pemodelan ini

merupakan data DEMNAS yang dapat diunduh pada situs Badan Informasi Geospasial (BIG) Indonesia. Resolusi DEMNAS sebesar 0,27 arcsecond atau sekitar 8.25 meter, dengan menggunakan datum vertikal EGM2008. Data topografi DEMNAS dapat dilihat pada Gambar 3.10. Data DEM yang memiliki keakuratan yang tinggi akan mampu menggambarkan bentuk rupa permukaan bumi. Semakin detil data DEM, kemampuan analisis yang dapat dilakukan akan semakin banyak seperti pemodelan drainase suatu wilayah.



Gambar 3.10 Data Topografi DEMNAS Wilayah Pasuruan

Selain data topografi, data batimetri juga digunakan sebagai penunjang dalam pemodelan area laut. Data batimetri yang digunakan pada pemodelan ini adalah data BATNAS yang dapat diunduh pada situs Badan Informasi Geospasial (BIG) Indonesia. Resolusi BATNAS sebesar 6 arcsecond atau sekitar 183.56 meter, dengan menggunakan acuan datum MSL. Data topografi BATNAS dapat dilihat pada Gambar 3.11.

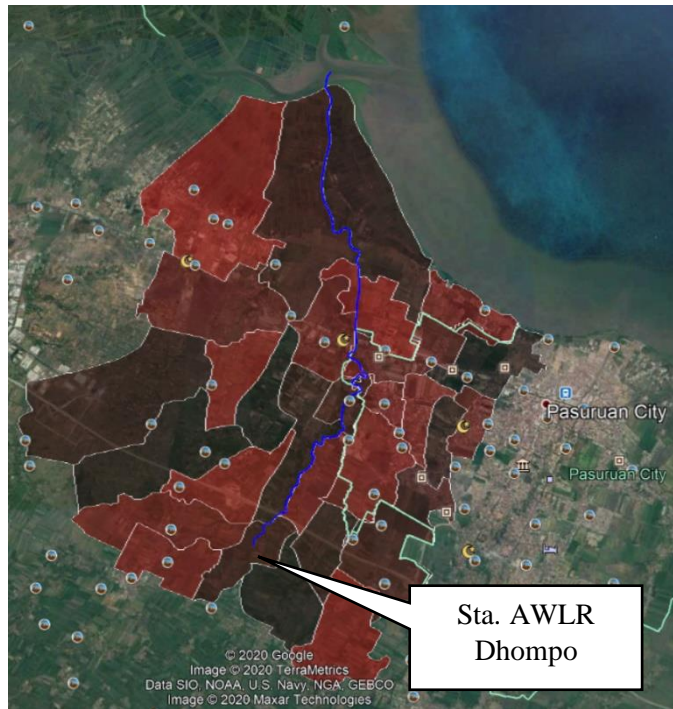


Gambar 3.11 Data Batimetri BATNAS Perairan Selat Madura

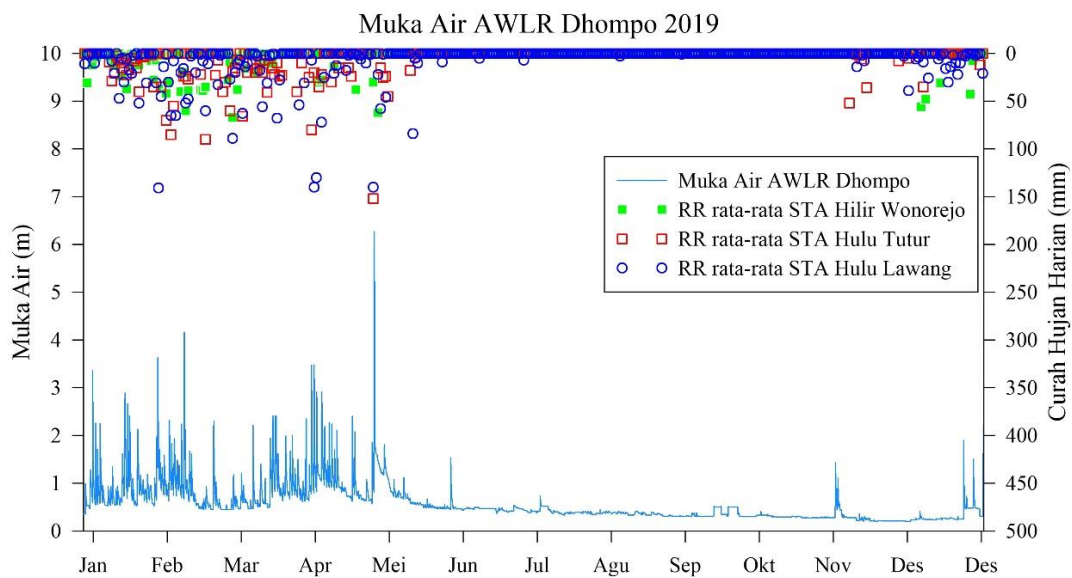
3.6.2 Muka Air Sungai

Data muka air sungai yang digunakan dalam pemodelan diukur di stasiun pengukuran AWLR Dhompo, Pasuruan. Tinggi muka air sungai Welang diukur dari dasar sungai hingga permukaan air. Lokasi pengukuran dapat dilihat pada Gambar 3.12. Pencatatan dilakukan dengan interval 1 jam dari 1 Januari 2019 01:00 WIB hingga 31 Desember 2019 24:00 WIB (Gambar 3.13). Pengukuran tertinggi muka air sungai Welang tercatat 6.27 m pada 28 April 2019 21:00 WIB dan muka air terendah tercatat 0.2 m pada 18 November 2019 01:00 WIB.

Data curah hujan harian pada daerah hulu Tukur dan Lawang, serta daerah hilir Wonorejo juga ditampilkan pada Gambar 3.13. Tren curah hujan pada 3 lokasi ini selaras dengan tinggi muka air sungai yang terjadi pada stasiun AWLR Dhompo. Penggunaan data muka air sungai lebih dipilih untuk mensimulasikan aliran debit sungai dikarenakan data yang tersedia lebih rinci. Data didapat dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur



Gambar 3.12 Lokasi Pengukuran Data Muka Air Sungai Welang (Merah Area Pemodelan)



Gambar 3.13 Tinggi Muka Air Stasiun AWLR Dhompo Tahun 2019

3.6.3 Pasang Surut Air Laut

Data pasang surut muka air laut yang digunakan merupakan data hasil peramalan dari konstanta astronomik pasang surut yang pengukurannya dilakukan

di PLTU Grati selama 15 hari dari tanggal 22 November 2014 hingga 8 Desember 2014 (Tabel 3.1-3.2).

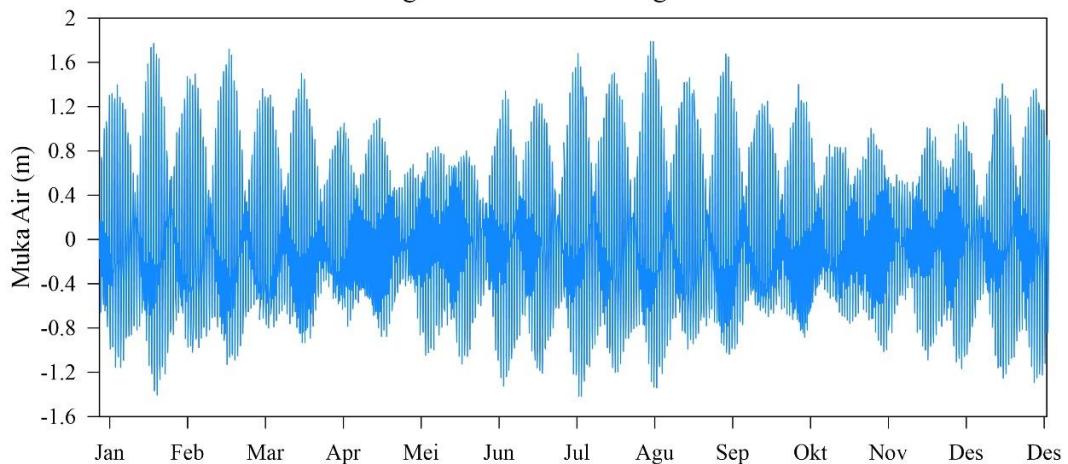
Table 3.1 Konstanta Astronomik Pasang Surut PLTU Grati

	S₀	M₂	S₂	N₂	K₁	O₁	M₄	MS₄	K₂	P₁
A (cm)	372	54	15	13	42	32	4	2	4	36
derajat°	0	285	298	277	345	252	359	54	129	280

Table 3.2 Elevasi Penting PLTU Grati

HHWS	=	286 cm
MHWS	=	212 cm
MSL	=	143 cm
MLWS	=	74 cm
LLWS	=	0 cm

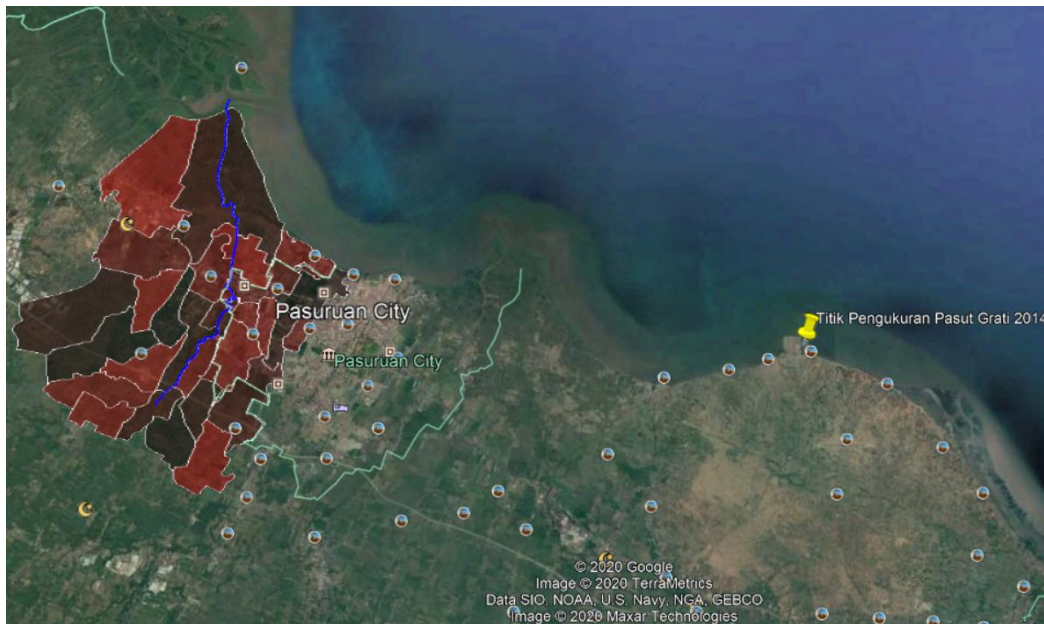
Pasang Surut Muara Welang 2019



Gambar 3.14 Ramalan Pasang Surut Muara Welang 1 Januari 2019 – 31 Desember 2019

Dari Tabel 3.1 didapatkan bahwa tipe pasang surut di sekitar muara sungai Welang adalah tipe campuran condong harian ganda (terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam waktu 24 jam) dengan nilai Formzhal = 1.0725. Jarak antara perairan sekitar PLTU Grati dengan perairan muara sungai Welang sejauh 17 km. Hal ini dianggap tidak begitu jauh sehingga dinilai tren pasang surut yang terjadi hampir sama (Gambar 3.15). Dari Tabel 3.1 di atas, diramalkan tinggi pasang surut

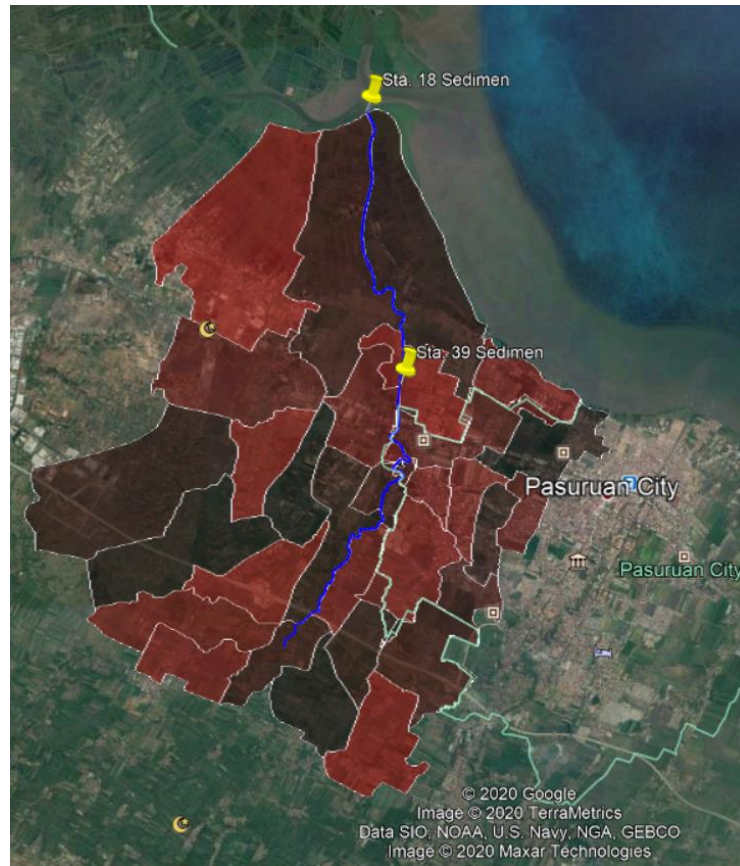
yang terjadi dengan menggunakan menu “*Tide Prediction of Height*” pada MIKE 21 Toolbox dimana didalam prosesnya metode yang digunakan ada metode admiralty. Pasang surut yang diramalkan pada 1 Januari 2019 hingga 1 Januari 2020 (gambar 3.14). Pasang surut ini nantinya akan digunakan sebagai *input* pemodelan sedimen dan genangan banjir.



Gambar 3.15 Titik Pengukuran Pasang Surut di PLTU Grati Tahun 2014

3.6.4 Sedimen Dasar Sungai

Pada pemodelan transpor sedimen, perlu dimengerti susunan komposisi yang terkandung dalam suatu sedimen. Hasil gradasi dari ukuran diameter butiran sedimen merupakan klasifikasi umum yang digunakan untuk menentukan sifat dan tipe dari sedimen seperti berupa sedimen kerikil, pasir, lanau, atau lempung. Umumnya, penggunaan ukuran d50 sedimen banyak dilakukan dimana d50 sedimen mepresentasikan rata-rata ukuran diameter butiran pada sedimen. Pengambilan sedimen dilakukan pada titik 18 di muara sungai Welang serta pada titik 39 di 6,4 km dari muara sungai Welang dari total keseluruhan panjang sungai area studi 11,4 km (Gambar 3.16). Pada Tabel 3.3 disajikan hasil analisis ukuran butiran sedimen pada titik 39 dan titik 18.



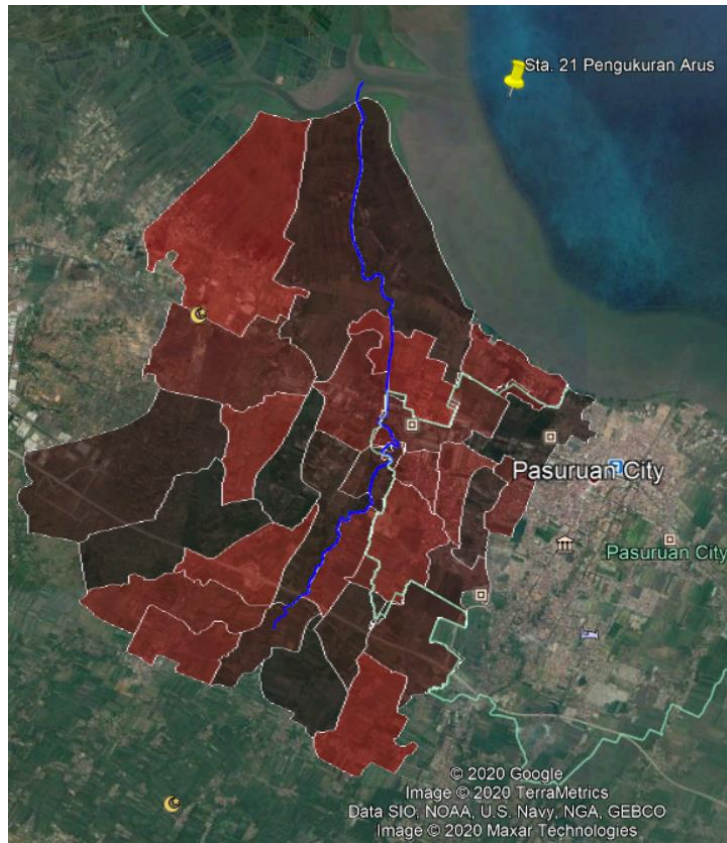
Gambar 3.16 Titik Pengambilan Sampel Sedimen

Table 3.3 Data Sedimen Sungai Welang

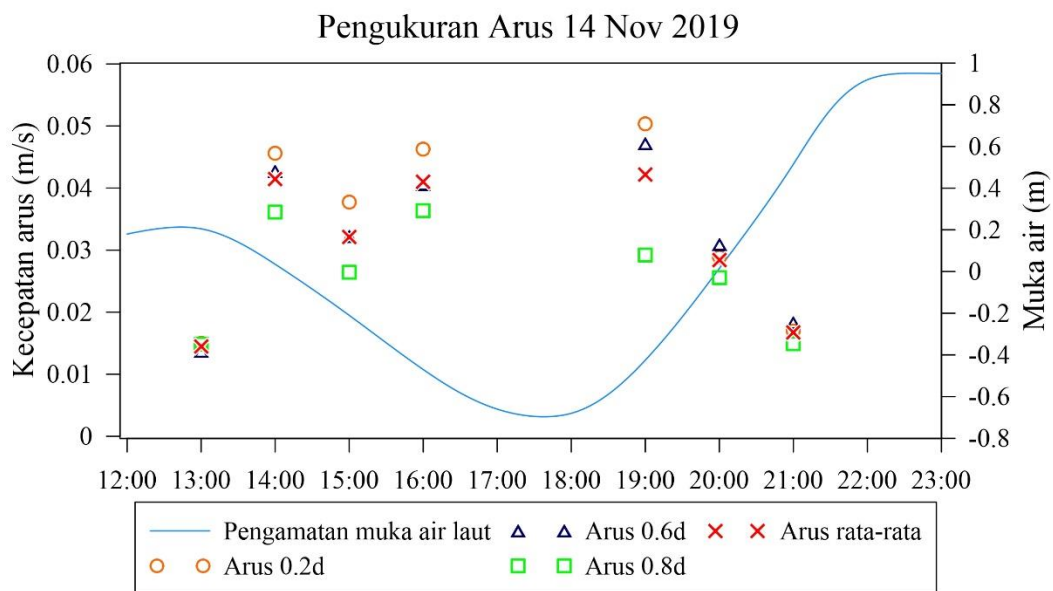
Titik	Koordinat	Hasil Gradasi				Diameter (mm)	Porositas	Lokasi
		Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung			
St. 39	112.8752 / -7.62320	0.56%	69.96%	24.98%	4.50%	d50 0.174	47.72%	tengah welang
St. 18	112.8701 / -7.58217	0.00%	3.80%	24.53%	71.68%	d50 0.001	82.39%	muara welang

3.6.5 Arus Laut

Pengukuran arus dilakukan pada 14 November 2019 pada st. 21 (Gambar 3.17) mulai pukul 14.00 hingga 21.00, dimana pengukuran dilakukan pada kondisi menuju surut dan menuju pasang. Titik st. 21 ini dipilih karena tidak terpengaruh oleh debit dari sungai. Data pengukuran arus ini akan digunakan sebagai validasi dari model yang akan disimulasikan.



Gambar 3.17 Titik Pengambilan Sampel Sedimen



Gambar 3.18 Kecepatan Arus 0.2d, 0.6d, dan 0.8d pada St. 21

Pada saat pasang pukul 13.00 dengan tinggi muka air 0.205 m, kecepatan arus rata-rata sebesar 0.0145 m/s. Lalu meningkat saat menuju surut pukul 14.00

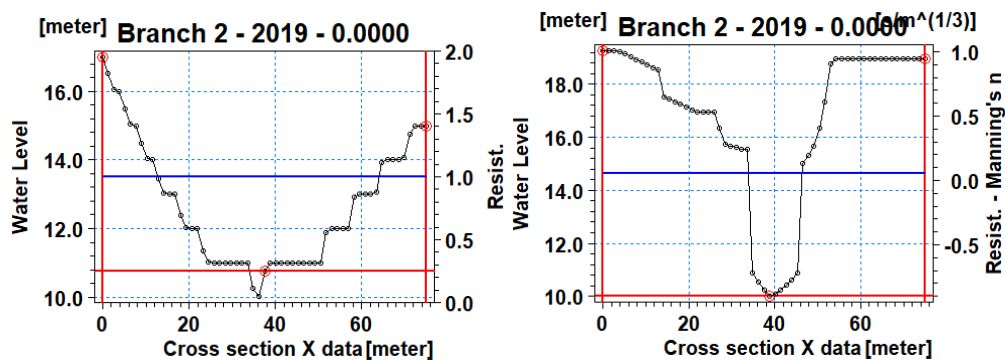
dengan kecepatan arus rata-rata 0.0415 m/s pada tinggi muka air 0.035 m. Pada saat menuju pasang pukul 19.00 dengan tinggi muka air -0.425 m, kecepatan arus rata-rata sebesar 0.0422 m/s. Lalu menurun saat pasang pukul 21.00 dengan kecepatan arus rata-rata 0.0167 m/s pada tinggi muka air 0.035 m. Arah arus pada st. 21 didominasi ke arah timur saat kondisi menuju surut serta ke arah barat saat kondisi menuju pasang (Tabel 3.4).

Table 3.4 Arah Arus Pengukuran 14 November 2019 pada St. 21

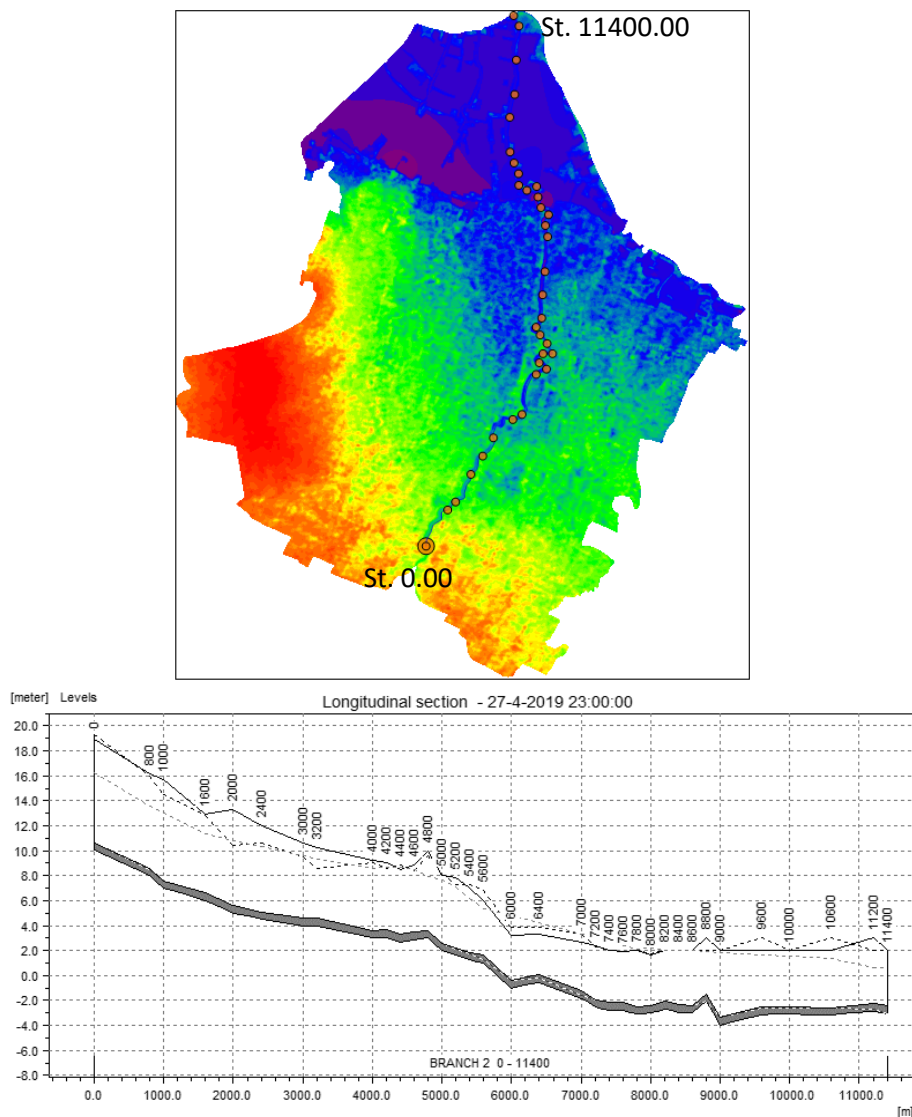
Kondisi	Arah Arus
Menuju surut	Barat ke timur
Menuju pasang	Timur ke barat

3.6.6 Cross Sections

Data *cross section* digunakan sebagai area model yang akan disimulasikan pada MIKE 11. Data *cross section* didapat dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur. Data diukur tiap interval 100 m dari mulut sungai Welang. Datum *cross section* mengacu pada MSL. Data input *cross section* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.19. Penempatan data *cross section* yang digunakan serta profil vertikal sungai Welang dapat dilihat pada Gambar 3.20.



Gambar 3.19 Cross Section dari DEMNAS (kiri) & dari survei PU SDA Jatim (kanan)



Gambar 3.20 Profil Vertikal Sungai Welang

3.7 Skenario Pemodelan

Simulasi yang dilakukan akan dibagi kedalam dua model, yaitu model hidrodinamik untuk mensimulasikan luapan banjir dan model transport sedimen untuk mensimulasikan perubahan kedalaman dasar sungai. Kedua modul pemodelan tersebut akan dijalankan secara terpisah dikarenakan ketidak mampuan *software* untuk menjalankan secara paralel. Lama simulasi yang akan dijalankan pada kedua model tersebut adalah 1 tahun, dimulai pada 1 Januari 2019 01:00 WIB hingga 31 Desember 2019 24:00 WIB (Tabel 3.6-3.7).

Bed resistance yang akan digunakan dibagi berdasarkan area sungai, daratan dan lautan. Pada dasar laut, MIKE 21 merekomendasikan penggunaan nilai

maning M sebesar $32 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Pada daratan dan sungai, nilai *bed resistance* menggunakan nilai maning n yang dikemukakan Chow (1959) pada Tabel 3.5. Nilai *bed resistance* maning diaplikasikan secara seragam.

Tabel 3.5 Nilai *Bed Resistance* Manning yang Diaplikasikan

<i>Natural stream</i>	Manning's n
Hulu sungai	0.040
Hilir sungai	0.045
Landuse	Manning's M
Penuh vegetasi, area natural	22
Laut	Manning's M
Dasar laut	32

Tabel 3.6 Skema Model 1D pada MIKE 11

MIKE 11 <i>River Model</i>		
Periode simulasi	Mulai	1 Januari 2019 01:00 WIB
	Berhenti	31 Desember 2019 24:00 WIB
<i>Time Step</i>		1 detik
Sistem koordinat		WGS 1984 UTM Zone 49S
<i>River network</i>		1 <i>branch</i> (11,4 km)
<i>Cross section</i>		35 buah (interval 400 m)
<i>Bed resistance</i>	Hulu	Manning n 0.040 (kanal bersih, berkelok, terdapat genangan dan beting)
	Hilir	Manning n 0.045 (seperti di atas, namun lebih banyak gulma dan bebatuan)
<i>Boundary condition</i>	Hulu	Muka air AWLR Dhompo
	Hilir	Ramalan pasang surut
<i>Initial condition</i>	Tipe	<i>Water level</i>
	Nilai	0,36 m
d50 (model NST)	Hilir	0.001 mm (st. 11400m)
	Tengah - hulu	0.174 mm (st. 6400m - 0m)
Teknik solusi (model NST)		Persamaan Engelund & Hansen (1967) <i>Bottom update level : morphological Model 4</i> : deposisi dan erosi terdistribusi secara seragam di seluruh <i>cross section</i> di bawah ketinggian bantaran sungai

Tabel 3.7 Skema Model 2D pada MIKE 21

MIKE 21 Flow Model		
Periode simulasi	Mulai	1 Januari 2019 01:00 WIB
	Berhenti	31 Desember 2019 24:00 WIB
Time Step		60 detik
Sistem koordinat		WGS 1984 UTM Zone 49S
Teknik solusi		Transpor Equation Maximum Courant number: 1.7851
Bed resistance	Daratan	Manning M 22 (penuh vegetasi, area natural)
	Dasar laut	Manning M 32
Boundary condition	Timur	Ramalan pasang surut
Initial surface elevation		0,114 m

3.8 Validasi Pemodelan

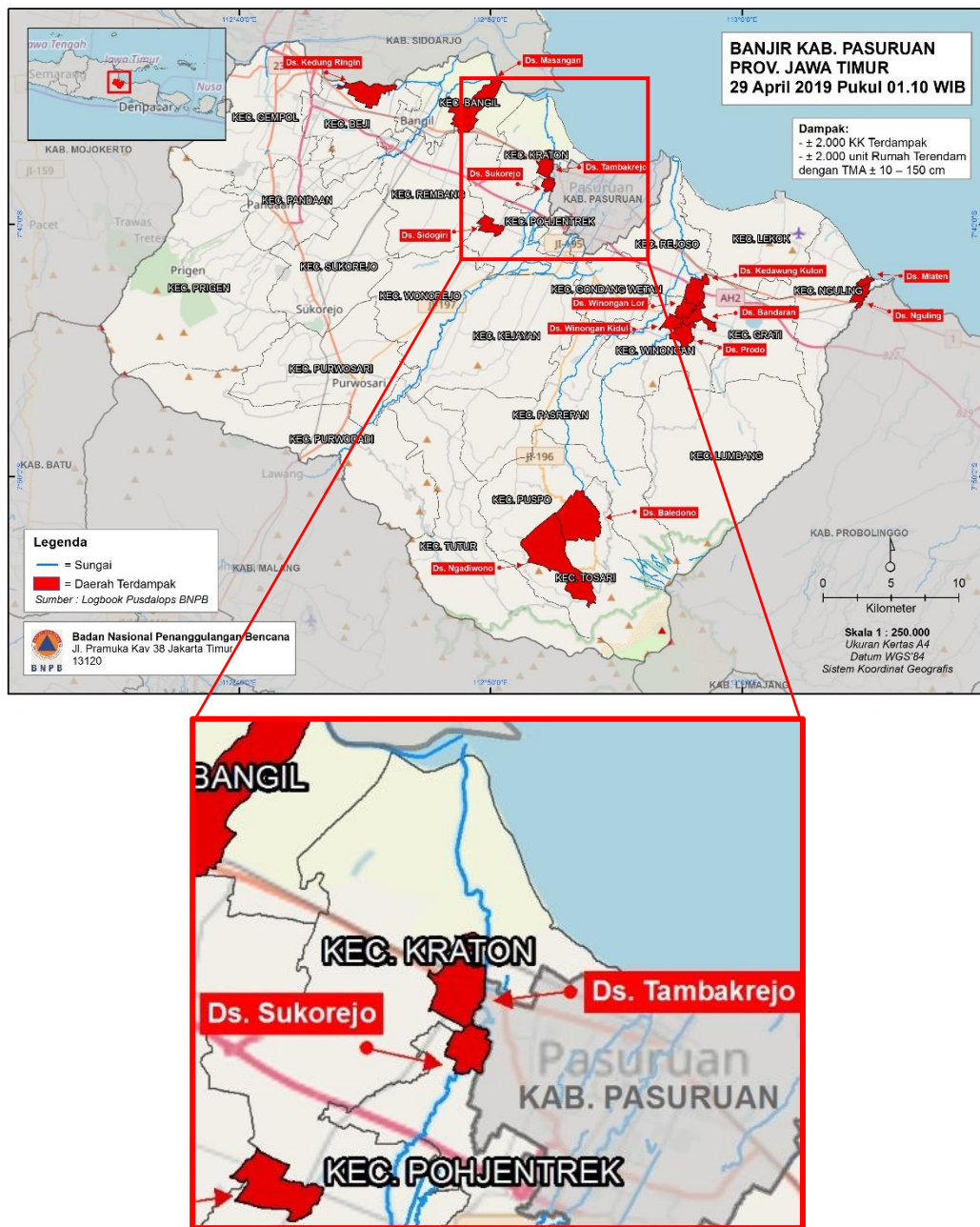
Validasi pada model banjir akan dilakukan pada muka air sungai, pasang surut air laut, arus, dan peta banjir. Peta banjir didapat dari situs Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Indonesia. Peta banjir BNPB merupakan laporan resmi terjadinya banjir pada tanggal 29 April 2019 pukul 1:00 WIB di Dusun Sukorejo dan Dusun Tambakrejo, dapat dilihat pada Gambar 3.21. Perhitungan nilai validasi didasarkan pada nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) yang dikemukakan oleh Lewis (1982), dimana persamaannya sebagai berikut :

$$MAPE(\%) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|actual - forecast|}{actual} \times 100$$

Dimana n adalah jumlah data. Tipikal nilai akurasi MAPE untuk validasi model dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Tipikal Nilai MAPE dalam Validasi Pemodelan (Lewis, 1982)

MAPE (%)	Evaluasi
$MAPE \leq 10\%$	Peramalan akurasi tinggi
$10\% < MAPE \leq 20\%$	Peramalan yang baik
$20\% < MAPE \leq 50\%$	Peramalan yang masuk akal
$MAPE > 50\%$	Peramalan yang tidak akurat



Gambar 3.21 Laporan Peta Banjir BNPB 29 April 2019 (BNPB, 2019)

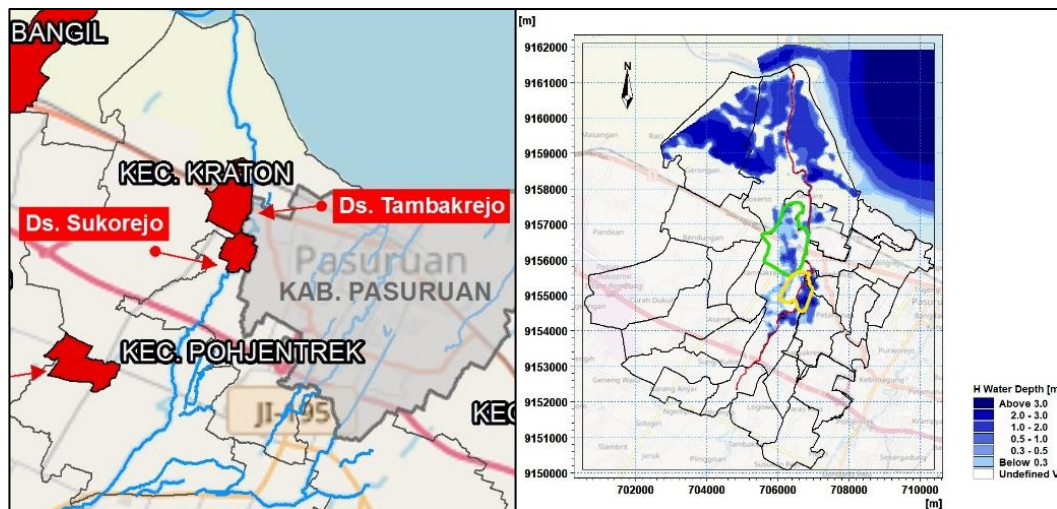
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Validasi Pemodelan

Validasi pada pemodelan banjir terhadap laporan peta banjir BNPB menunjukkan hasil yang mendekati, terlihat pada Gambar 4.1. Validasi peta banjir dilakukan pada tanggal 29 April 2019 pukul 1:00 WIB. Pada pemodelan, banjir terjadi di Dusun Tambakrejo dan Dusun Sukorejo. Perbandingan ketinggian genangan banjir terlihat pada Tabel 4.1 menunjukkan hasil yang cukup mendekati.

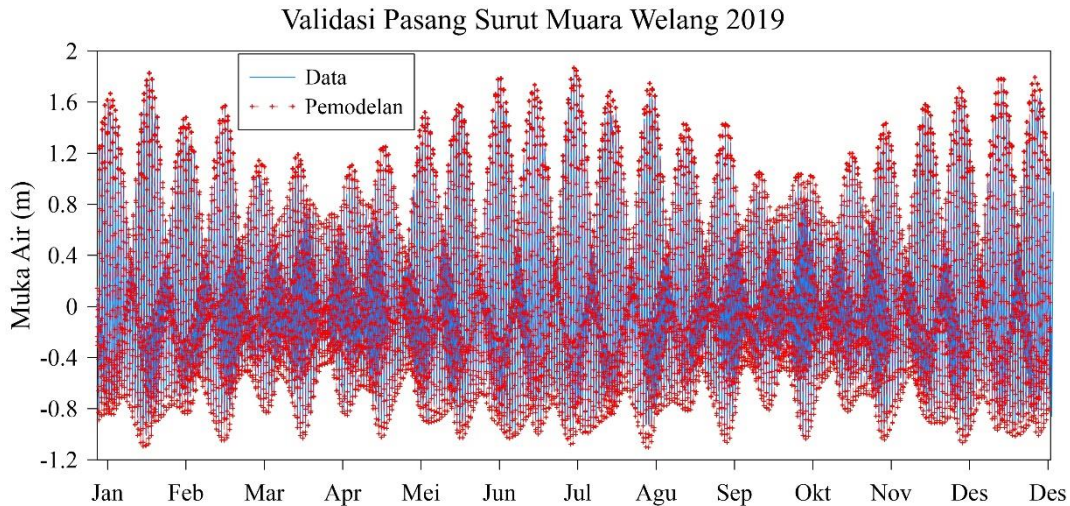


Gambar 4.1 Validasi Model Banjir (Kanan) Terhadap Peta Banjir BNPB (Kiri) di Ds. Tambakrejo (Hijau) dan Ds. Sukorejo (Kuning)

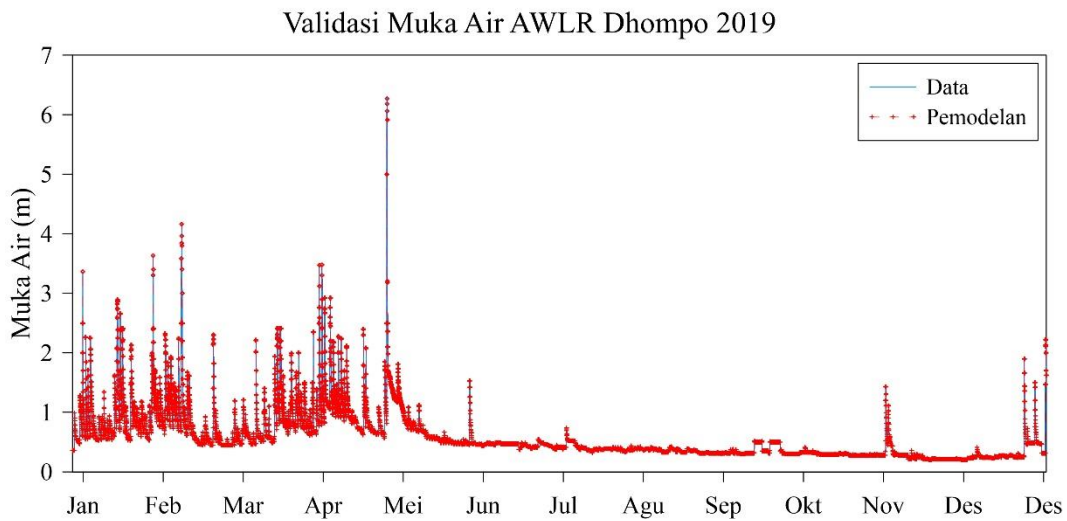
Tabel 4.1 Validasi Tinggi Genangan Model Banjir

Data	Tinggi Genangan (m)
Model	0.3 – 2.2
BNPB	0.1 – 1.5

Pada validasi pasang surut, nilai MAPE menunjukkan 1,08%. Nilai error yang kecil ini didapat dikarenakan metode data input pada MIKE 21 dan MIKE 11 menggunakan data tinggi pasang surut. Titik validasi dilakukan pada st. 21 (Gambar 3.17). Hasil validasi pasang surut dapat dilihat pada Gambar 4.2. Hasil validasi muka air sungai dapat dilihat pada Gambar 4.3.

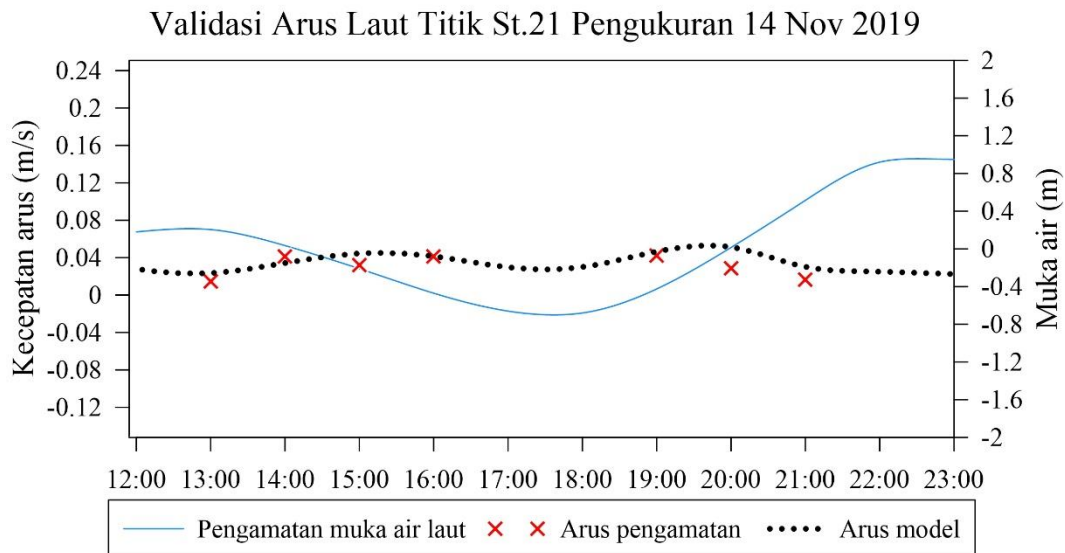


Gambar 4.2 Validasi Pasang Surut Muara Welang 1 Januari 2019 – 31 Desember 2019



Gambar 4.3 Validasi Muka Air AWLR Dhompo 2019

Validasi arus dilakukan pada st. 21 dimana nilai error MAPE yang didapat adalah 26.75%. Berdasarkan Tabel 3.8 mengenai tipikal nilai MAPE dalam validasi pemodelan yang dikemukakan oleh Lewis (1982), nilai validasi 26,75% dikategorikan peramalan yang masuk akal. Tren dari kecepatan arus terlihat normal yaitu kecepatan arus menuju pasang atau surut lebih besar dari kecepatan arus saat pasang atau surut. Hasil validasi arus dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Validasi Arus Laut St. 21 Pengukuran 14 November 2019

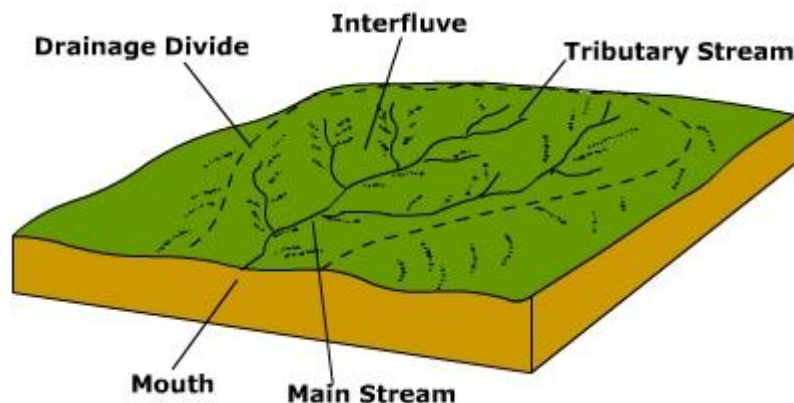
4.2 Pengaruh Curah Hujan dan Pasang Surut Air Laut Terhadap Resiko Banjir

Hujan yang terjadi di suatu wilayah sangat erat kaitannya dengan fenomena cuaca yang terjadi pada wilayah tersebut. Curah hujan di Indonesia banyak dipengaruhi oleh Muson yaitu musim barat dan musim timur (Prawiwardoyo, 1996). Secara garis besar, musim barat merupakan musim yang banyak terjadi hujan sepanjang musimnya dan musim timur merupakan musim yang hampir tidak terjadi hujan sepanjang musimnya.

Musim barat terjadi dikarenakan penyinaran sinar matahari mayoritas berada pada bumi bagian selatan (BBS) di bulan Desember. Hal ini menyebabkan temperatur udara di wilayah BBS akan naik sehingga tekanan udara menurun. Hal ini juga menyebabkan wilayah BBS mayoritas mengalami musim kering. Di sisi lain, pada bumi bagian utara (BBU) sedikit mendapatkan penyinaran matahari, dimana menyebabkan temperatur udara menurun, tekanan udara naik, serta mayoritas mengalami musim basah. Perbedaan tekanan inilah yang menyebabkan udara bergerak dari tekanan tinggi di BBU menuju tekanan rendah di BBS, dimana angin tersebut membawa massa air ke Indonesia. Efek coriolis yaitu pengaruh rotasi bumi terhadap berbeloknya arah angin pada ekuator bumi, juga memberikan pengaruh berbeloknya angin dari arah timur laut ke barat daya pada BBU dan dari arah barat laut ke tenggara pada BBS (Webster, 1987). Kondisi ini akan terjadi

sebaliknya pada musim timur bulan Juni dimana penyinaran matahari mayoritas berada pada BBU. Hal ini juga diperkuat berdasarkan Prawirowardoyo (1996) yang menjelaskan musim barat di Indonesia terjadi pada bulan Desember dan musim timur terjadi pada bulan Juni. Kondisi pada musim barat inilah yang menyebabkan curah hujan pada BBS bulan Desember – Mei tinggi.

Hujan yang turun pada suatu wilayah tersebut akan terkumpul dan tersalurkan pada area penampungan air seperti sungai, danau, dan teluk. Area tersebut disebut daerah tangkapan hujan. Daerah tangkapan hujan terkadang memiliki suatu jaringan aliran sungai/daerah aliran sungai (DAS) yang terdiri dari satu/beberapa aliran sungai utama dan anak cabang sungai (Gambar 4.5). Air hujan yang jatuh ke tanah akan masuk ke dalam daerah aliran sungai tersebut lalu akan mengalir menuju tempat yang lebih rendah hingga ke laut. Air hujan yang masuk ke DAS tersebut dapat menyebabkan peningkatan tinggi muka air sungai. Curah hujan yang tinggi seringkali menyebabkan banjir pada DAS.



Gambar 4.5 Ilustrasi Daerah Tangkapan Hujan yang Berisi Jaringan Aliran Sungai (The Physical Environment, 2003)

Topografi DAS yang landai pada DAS sekitar muara sungai memiliki kecenderungan dipengaruhi oleh pasang surut laut. Muka air laut tertinggi memberikan resiko banjir yang lebih tinggi dari muka air laut terendah saat debit banjir datang. Pasang surut air laut dapat memberikan pengaruh terhadap resiko banjir, namun tidak secara langsung. Tidak seperti curah hujan yang menjadi faktor utama besar kecilnya debit sungai yang mengalir. Secara garis besar, pasang surut air laut akan mengurangi kapasitas sungai di daerah dekat muara saat kondisi

pasang tertinggi. Namun, ada kalanya daerah yang dekat dengan pantai bisa mengalami banjir rob akibat dari pasang air laut. Kondisi ini dipengaruhi oleh perubahan iklim serta penurunan level tanah. Pada penelitian CTCN (2017) menunjukkan pengaruh pasang surut air laut terhadap banjir akibat perubahan iklim dan penurunan level tanah di daerah Jakarta melalui simulasi numerik dua dimensi.

Hubungan antara curah hujan dan muka air laut pada resiko terjadinya banjir kurang lebih sebagai berikut :

- Curah hujan merupakan faktor yang paling mempengaruhi dikarenakan besarnya debit yang mengalir pada sungai bergantung pada intensitas hujan yang terjadi di DAS, baik di area hulu maupun area hilir sungai.
- Muka air laut mempengaruhi sebagian DAS dekat muara sungai yang dimana berhubungan langsung dengan laut. Sifat pengaruh dari muka air laut ini lebih mengamplifikasi resiko terjadinya banjir. Hal ini disebabkan karena pasang tertinggi air laut akan mengurangi kapasitas sungai dalam menampung debit banjir dengan meningkatkan tinggi muka air sungai di daerah muara sungai.

4.3 Hasil Pemodelan Banjir dan Sedimentasi Selama 1 Tahun

Curah hujan DAS Welang dipengaruhi oleh muson, yaitu musim barat dan musim timur. Musim barat umumnya terjadi pada bulan Desember – Mei dimana curah hujan meningkat, dan musim timur umumnya terjadi pada bulan Juni – November dimana hampir tidak ada curah hujan sama sekali.

Pada Gambar 3.13, menampilkan data curah hujan harian pada stasiun Tuter dan Lawang di daerah hulu, dan stasiun Wonorejo di daerah hilir. Dari ketiga data curah hujan tersebut menunjukkan bahwa memasuki Juni hingga November hampir tidak terjadi hujan. Lalu pada Desember hingga Mei, curah hujan meningkat. Berdasarkan Prawirowardoyo (1996), pembagian musim muson di Indonesia dibagi berdasarkan Tabel 4.2 di bawah. Tren total curah hujan dari ketiga stasiun pada Gambar 3.13 pada bab sebelumnya memiliki kesamaan dengan pembagian musim Muson pada Tabel 4.2 di bawah.

Tabel 4.2 Pembagian Musim Muson di Indonesia

Belahan Bumi Selatan Indonesia		Belahan Bumi Utara Indonesia	
Musim	Periode	Musim	Period
Muson Barat	Des - Jan - Feb	Muson Timur Laur	Des - Jan - Feb
Transisi Pertama	Mar - Apr – Mei	Transisi Pertama	Mar - Apr - Mei
Muson Timur	Juni - Juli – Agu	Muson Barat Daya	Juni - Juli - Agu
Transisi Kedua	Sept - Okt - Nov	Transisi Kedua	Sept - Okt - Nov

Hujan yang jatuh ke tanah akan mengalir menuju tempat yang lebih rendah, seperti berkumpul ke sungai hingga akhirnya mengalir ke laut. Maka, 3 stasiun hujan tersebut memiliki kontribusi pada besarnya debit sungai yang mengalir pada hilir DAS Welang. Besarnya debit yang mengalir pada suatu sungai akan berkontribusi terhadap proses sedimentasi yang terjadi. Pembagian bulan untuk musim barat adalah bulan Desember hingga Mei. Sedangkan pembagian bulan untuk musim timur adalah bulan Juni hingga November.

4.3.1 Kondisi Muka Air Selama 1 Tahun

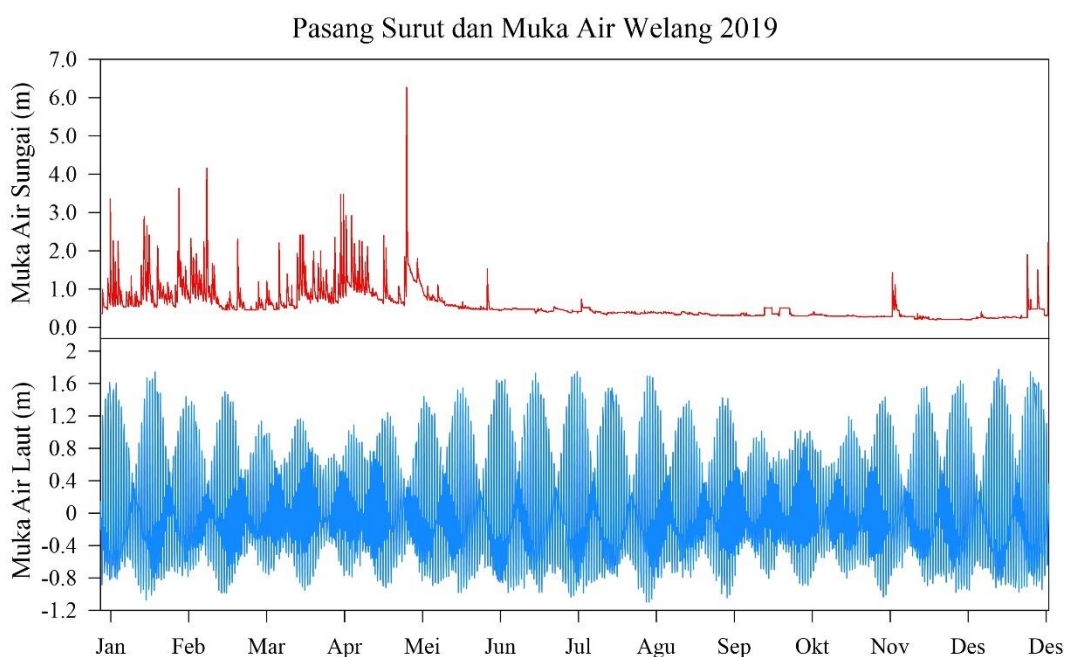
Kondisi muka air di sungai Welang begitu dinamis karena dipengaruhi oleh pasang surut air laut dan debit sungai yang datang dari hulu. Daerah yang cukup landai pada hilir sungai Welang menyebabkan pengaruh dari pasang surut air laut sangat besar. Tabel 4.3 menunjukkan kemiringan dasar sungai pada daerah yang dilalui oleh sungai Welang. Gambar profil vertikal sungai Welang dapat dilihat pada Gambar 3.20. Desa Dhompo terletak pada hulu sungai Welang, sedangkan Desa Semare terletak dekat muara sungai Welang sehingga pengaruh dari pasang surut sangat tinggi.

Table 4.3 Rata-rata Kemiringan Dasar Sungai Welang di Tiap Desa

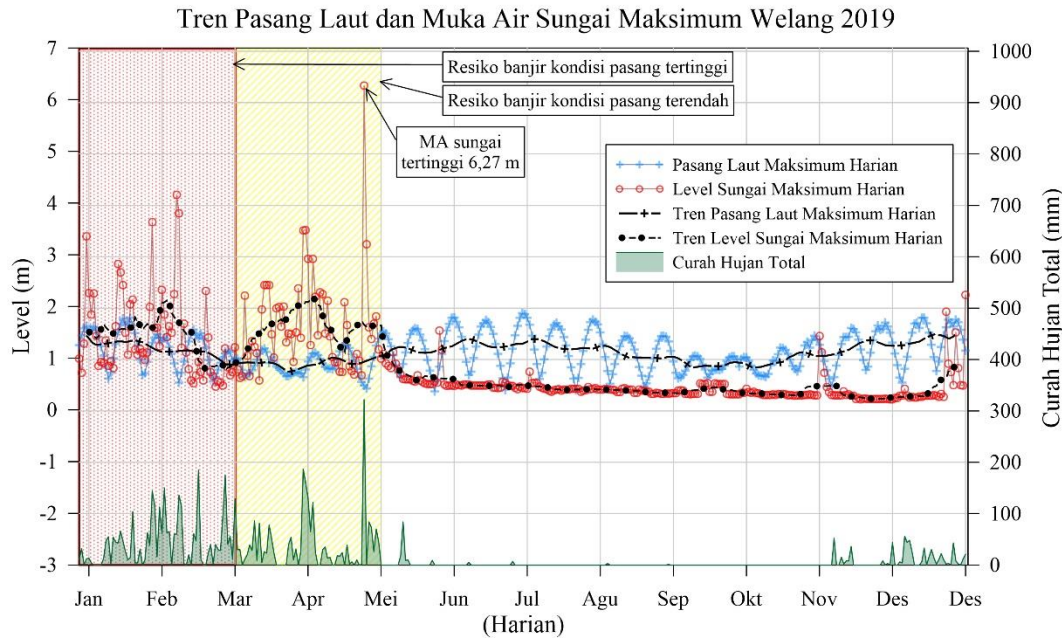
Area	Station (m)	Kemiringan
Dhomo	0 – 1000	0.002408
Sungi Wetan	1000 – 3000	0.001601
Sukorejo	3000 – 5200	0.001890
Tambakrejo	5200 - 6000	0.002657
Semare	6000 – 11400	0.000870

Karakteristik topografi yang landai ini menyebabkan naik turunnya muka air pada hilir Kali Welang juga didominasi oleh pasang surut dari laut. Hal ini akan menambah resiko terjadinya genangan banjir jika waktu datangnya debit banjir dan pasang tertinggi terjadi secara bersamaan. Proses sedimentasi juga turut meningkatkan resiko banjir di mana sedimentasi dapat menyebabkan pengurangan daya tampung sungai. Kelokan sungai pada hilir Kali Welang ini juga berpotensi terjadinya luapan sungai.

Pada bulan Januari hingga Mei, muka air di hulu sungai Welang mengalami kenaikan yang signifikan dibandingkan dengan bulan – bulan lainnya. Kenaikan muka air sungai ini terjadi seiring saat masuknya ke musim barat. Kondisi ini diperparah dengan kondisi pasang surut di hilir sungai Welang. Pada bulan Januari hingga akhir Februari, terjadi pasang tertinggi dalam 1 tahun sebesar 1,86 m. Lalu memasuki bulan Maret hingga April, terjadi kondisi pasang terendah sebesar 1,19m. Dengan perbedaan tinggi pasang tersebut, resiko banjir yang terjadi pada bulan Januari – Februari lebih tinggi dari bulan Maret – April. Meski begitu, pada tanggal 28 April 2019 pukul 21:00 WIB muka air tertinggi tercatat sebesar 6,27 m yang menyebabkan banjir terjadi. Perbandingan kondisi muka air sungai dan pasang surut air laut di sungai Welang dapat dilihat pada Gambar 4.6



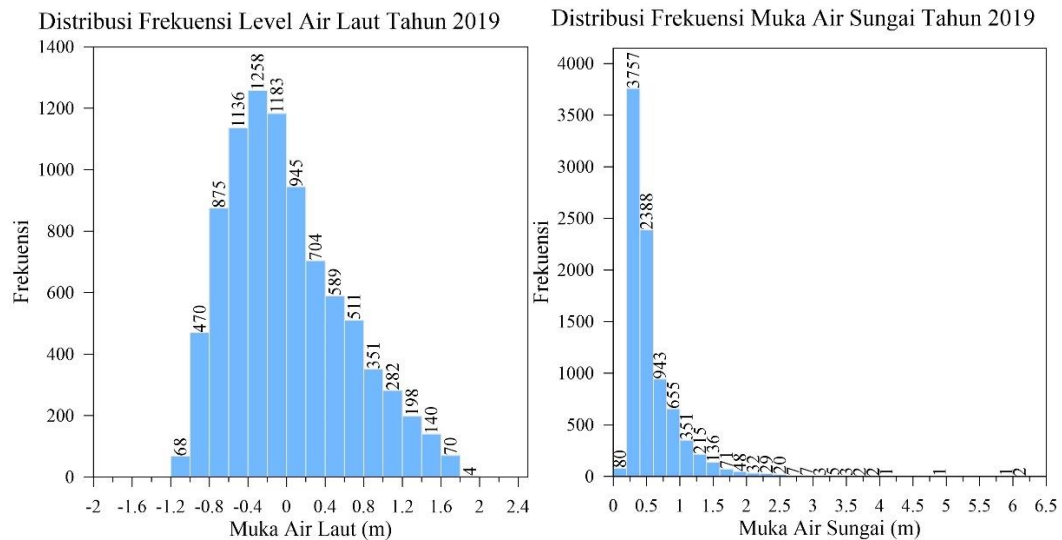
Gambar 4.6 Kondisi Muka Air Selama 1 Tahun di Sungai Welang



Gambar 4.7 Tren Pasang Laut dan Muka Air Sungai Maksimum Harian Tahun 2019 di Sungai Welang Menggunakan Analisis Data *Mean Smoothing* 15 Data, Januari – Februari Resiko Banjir Kondisi Pasang Tertinggi (Area Titik Merah) dan Maret – April Resiko Banjir Kondisi Pasang Terendah (Garis Miring Kuning)

Berdasarkan hasil analisa tren kurva menggunakan metode *mean smoothing analysis data* tiap 15 data pada data pasang laut dan muka air sungai maksimum harian, menunjukkan bahwa pada bulan Januari hingga April terjadi fluktuasi muka air sungai tertinggi (Gambar 4.7). Sebagai faktor penting, bulan Januari hingga April sangat rawan akan terjadinya banjir. Sedangkan pada bulan Mei hingga Desember, tren muka air sungai yang terjadi relatif landai. Curah hujan total yang terjadi di DAS Welang turut menunjukkan fluktuasi yang sama dengan kondisi muka air sungai Welang. Fluktuasi muka air yang terjadi pada bulan Januari hingga April jika dikorelasikan dengan tren pasang tertinggi pada bulan tersebut, memberikan dua kondisi yang berbeda. Sebagaimana dari sifat faktor dari pasang surut air laut yang mengamplifikasi resiko terjadinya banjir, pada bulan Januari – Februari menunjukkan kondisi resiko banjir saat pasang tertinggi dan bulan Maret – April menunjukkan kondisi resiko banjir saat pasang terendah. Pada bulan Januari – Februari lebih rentan terjadi banjir dibandingkan pada bulan Maret – April, namun pada bulan April terjadi anomali muka air sungai dimana terjadi muka air sungai setinggi 6,27 m. Hal ini menjadi perhatian khusus pada kemungkinan terjadinya

banjir pada bulan April jika dibandingkan dengan muka air tertinggi di bulan Februari setinggi 4,16 m. Perbedaan tinggi maksimum muka air sungai serta dikorelasikan dengan perbedaan tinggi maksimum pasang air laut, akan memberikan gambaran yang baik pada hubungan faktor-faktor resiko terjadinya banjir.

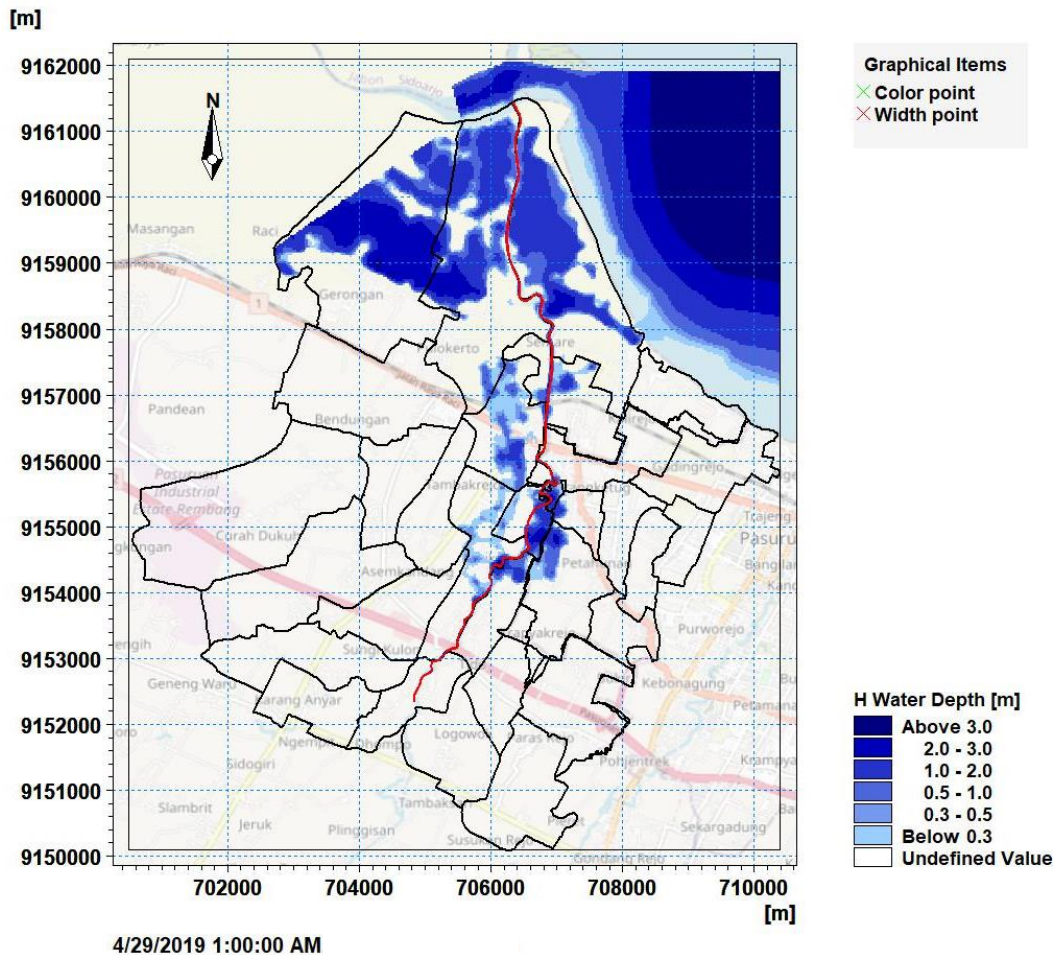


Gambar 4.8 Distribusi Frekuensi Level Air Laut dan Sungai Welang Tahun 2019

Pada gambar 4.8 terlihat distribusi frekuensi level muka air laut terlihat cukup merata dimana sekitar 43% berupa pasang dan 57% berupa surut. Namun yang menjadi perhatian adalah interval pasang yang jauh lebih tinggi dari tinggi surut. Meskipun kejadian pasang surut banyak terjadi pada interval -0.8 m – 0.4 m, tinggi pasang maksimum mampu mencapai 1,86 m. Distribusi frekuensi level muka air sungai banyak terjadi pada interval 0,25 m – 1 m. Pada kondisi curah hujan ekstrim, muka air sungai dapat mencapai ketinggian 4 m – 6,27 m meskipun sangat jarang terjadi.

4.3.1.1 Peta Banjir

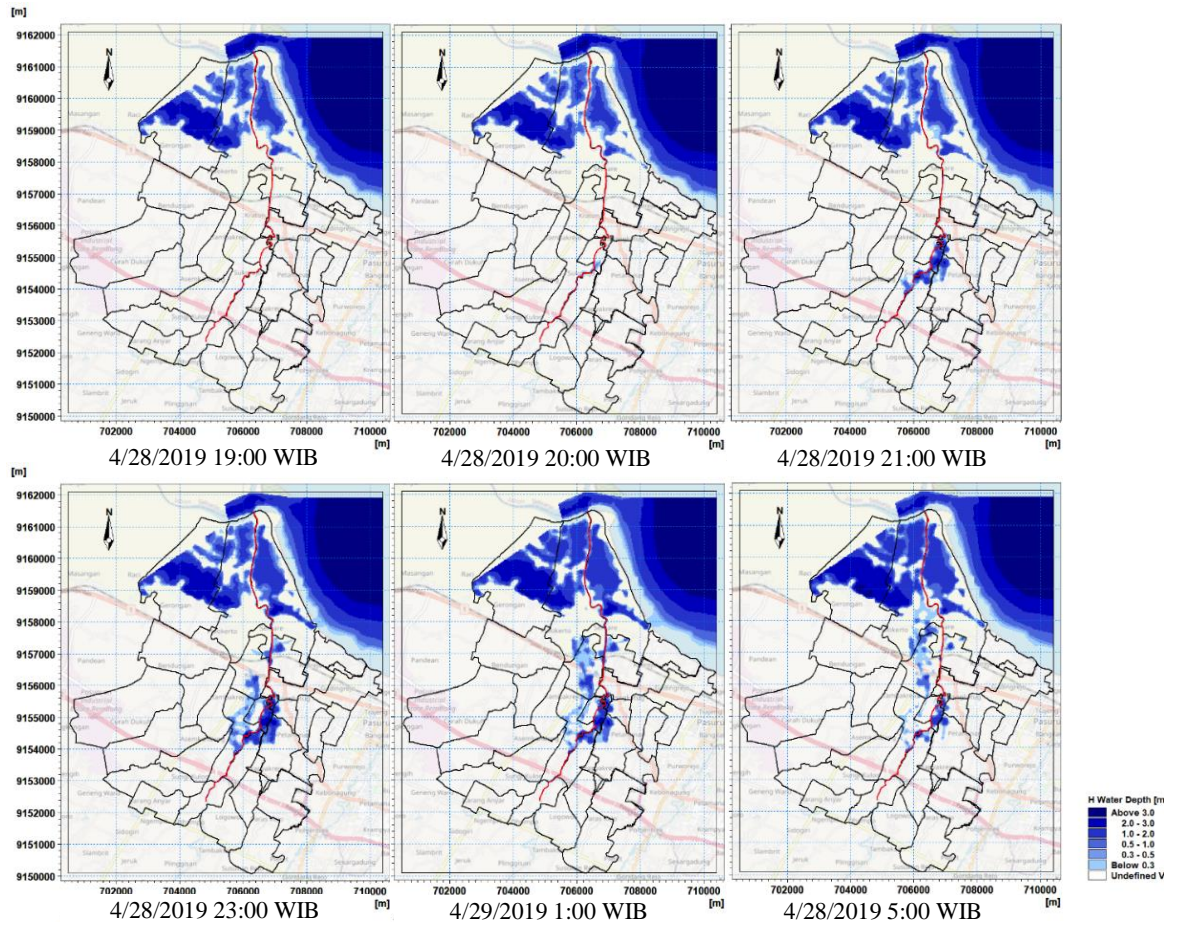
Dari hasil pemodelan banjir selama 1 tahun, tercatat banjir pada tanggal 29 April 2019 pukul 1:00 WIB. Hasil genangan banjir yang terjadi dapat dilihat pada gambar 4.9 di bawah. Banjir terjadi akibat dari muka air setinggi 6,27 m pada pukul 21:00 WIB 28 April 2019.



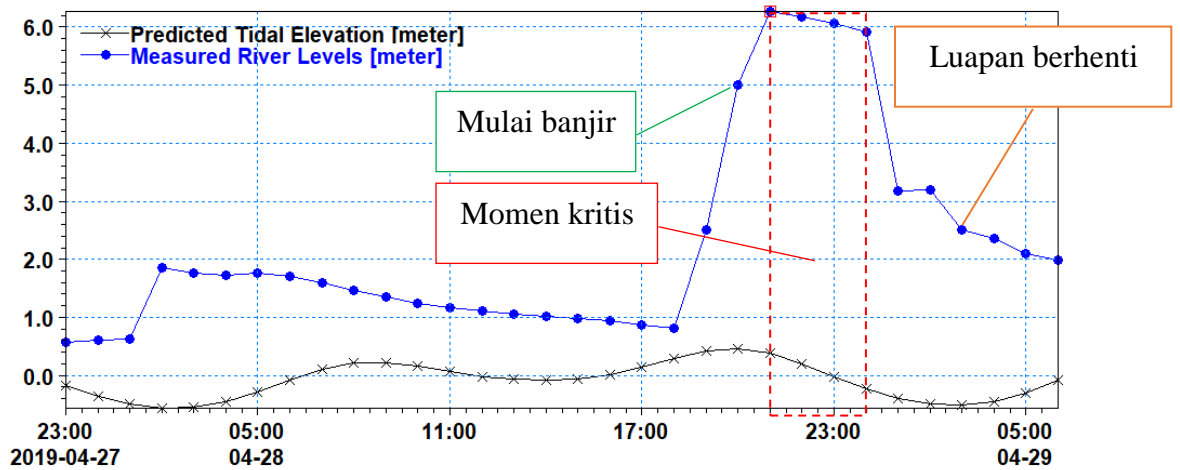
Gambar 4.9 Peta Banjir Sungai Welang, Pasuruan 29 April 2019 1:00 WIB

4.3.1.2 Lokasi Terjadinya Banjir

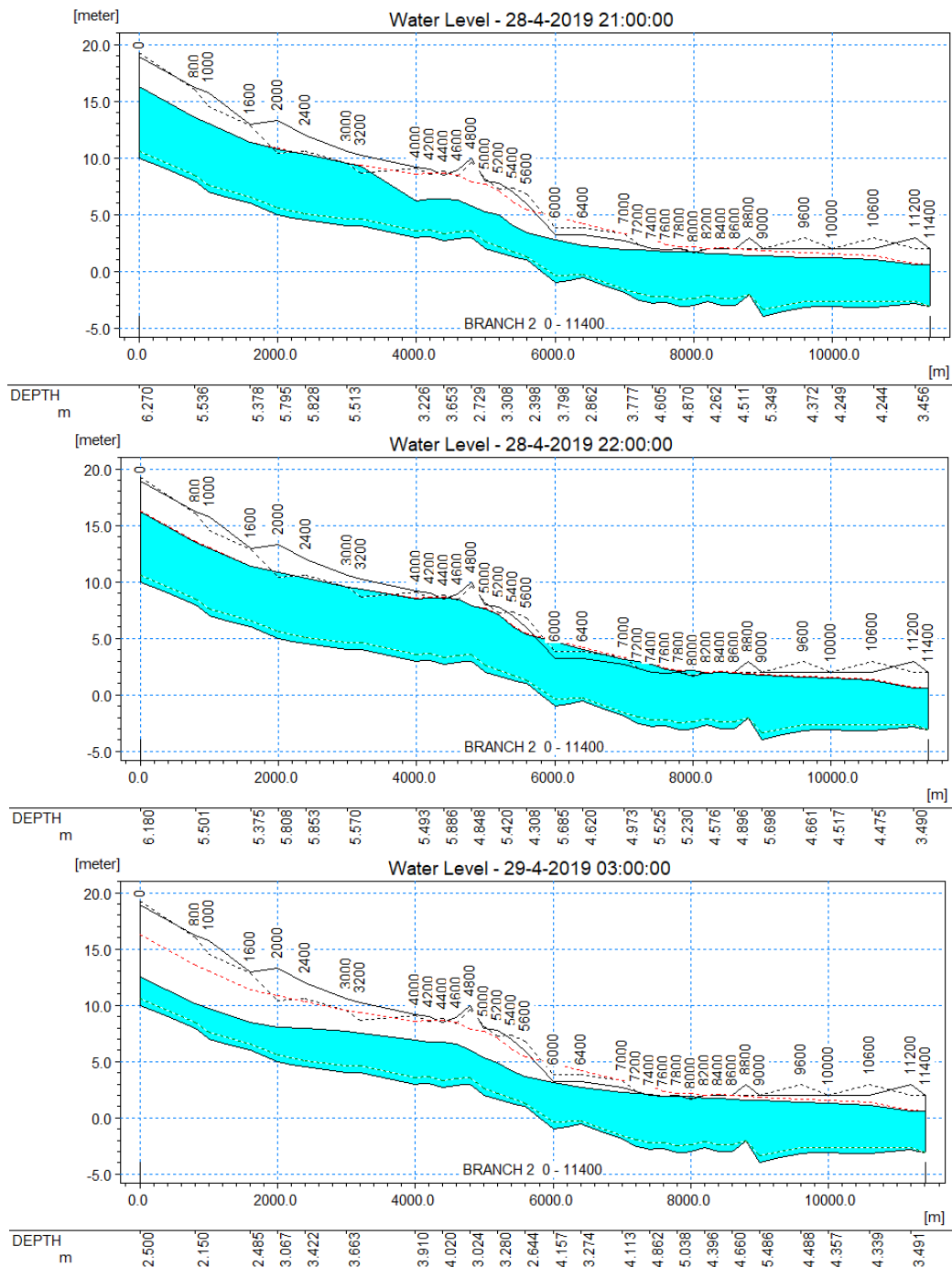
Variasi waktu peta banjir dari simulasi banjir disajikan pada Gambar 4.10. Terlihat bahwa luapan banjir terjadi pada pukul 20:00 WIB 28 April 2019 di selatan desa Sukorejo. Banjir terjadi ketika air pasang tertinggi adalah 0,47 m MSL pada pukul 20:00 WIB 28 April 2019, dimana muka air sungai setinggi 5 m. Pada pukul 21:00 WIB 28 April 2019, ketinggian muka air sungai tertinggi 6,27 m terjadi saat tinggi pasang surut 0,39 m MSL, hingga 0:00 WIB 29 April 2019 dengan ketinggian muka air sungai 5,91 m pada tinggi pasang surut -0,24 m MSL, yang terlihat pada Gambar 4.11. Pada pukul 3:00 WIB 29 April 2019, ketinggian sungai tidak melebihi ketinggian tepi sungai sehingga luapan banjir mereda, terlihat pada Gambar 4.12. Gambar 4.11 mewakili hubungan tinggi muka air sungai dan tinggi pasang surut ketika banjir terjadi di sungai Welang.



Gambar 4.10 Variasi Temporal Peta Banjir Sungai Welang 28 – 29 April 2019



Gambar 4.11 Hubungan Tinggi Muka Air dengan Tinggi Pasang Surut Saat Banjir Terjadi



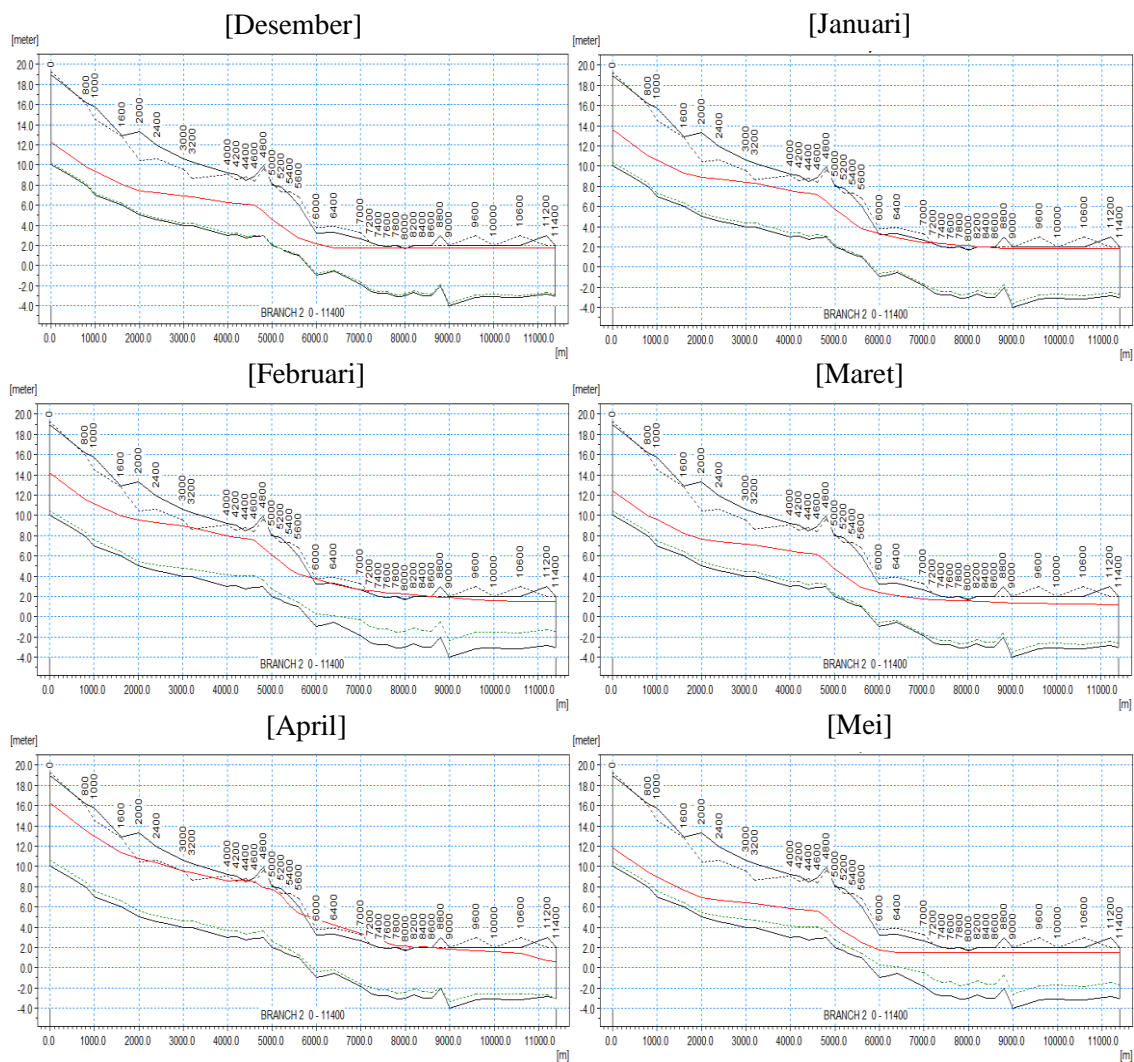
Gambar 4.12 Profil Vertikal Muka Air Sungai Welang Saat Banjir Terjadi

4.3.1.3 Kapasitas Sungai Saat Musim Barat

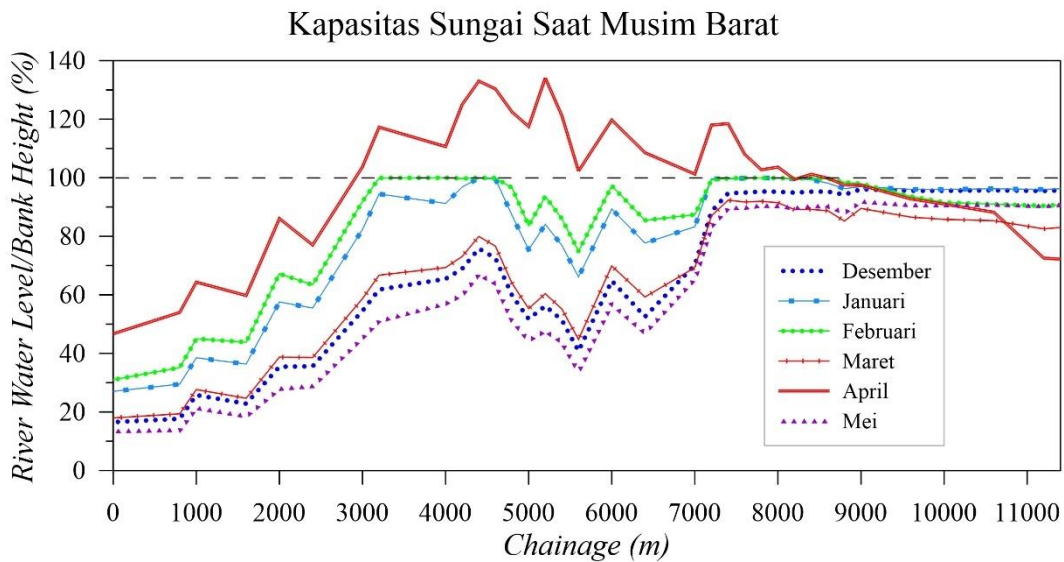
Kondisi muka air sungai Welang saat musim barat didominasi oleh kenaikan muka air yang signifikan. Akibat dari derasnya hujan di daerah hulu dan hilir menyebabkan debit serta muka air sungai meningkat. Saat masuk musim barat pada bulan Desember, muka air sungai perlahan meningkat hingga kondisi puncak pada

bulan April. Pada bulan April, tinggi muka air melebihi kapasitas tinggi dinding sungai sehingga terjadi banjir pada 28 April 2019 pukul 21:00 WIB. Memasuki bulan Mei tinggi muka air mulai turun, dimana terlihat pada Gambar 4.13.

Kenaikan muka air sungai tertinggi pada bulan April mencapai 134,1 % dari tinggi dinding sungai. Pada bulan Februari, tinggi muka air hampir menyamai tinggi dinding sungai, dimana dapat dilihat pada Gambar 4.14. Kondisi ini juga diperparah dengan keadaan pasang air laut yang tinggi. Area yang dekat dengan muara sungai (*chainage* 11.400 m) akan terpengaruh pasang surut air laut.



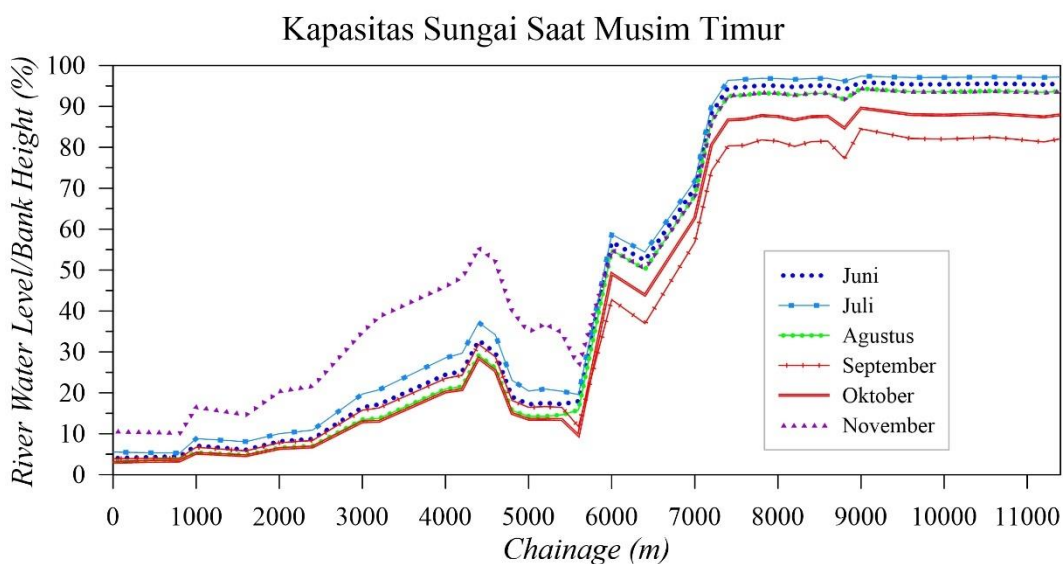
Gambar 4.13 Muka Air Maksimum Sungai Welang Saat Musim Barat



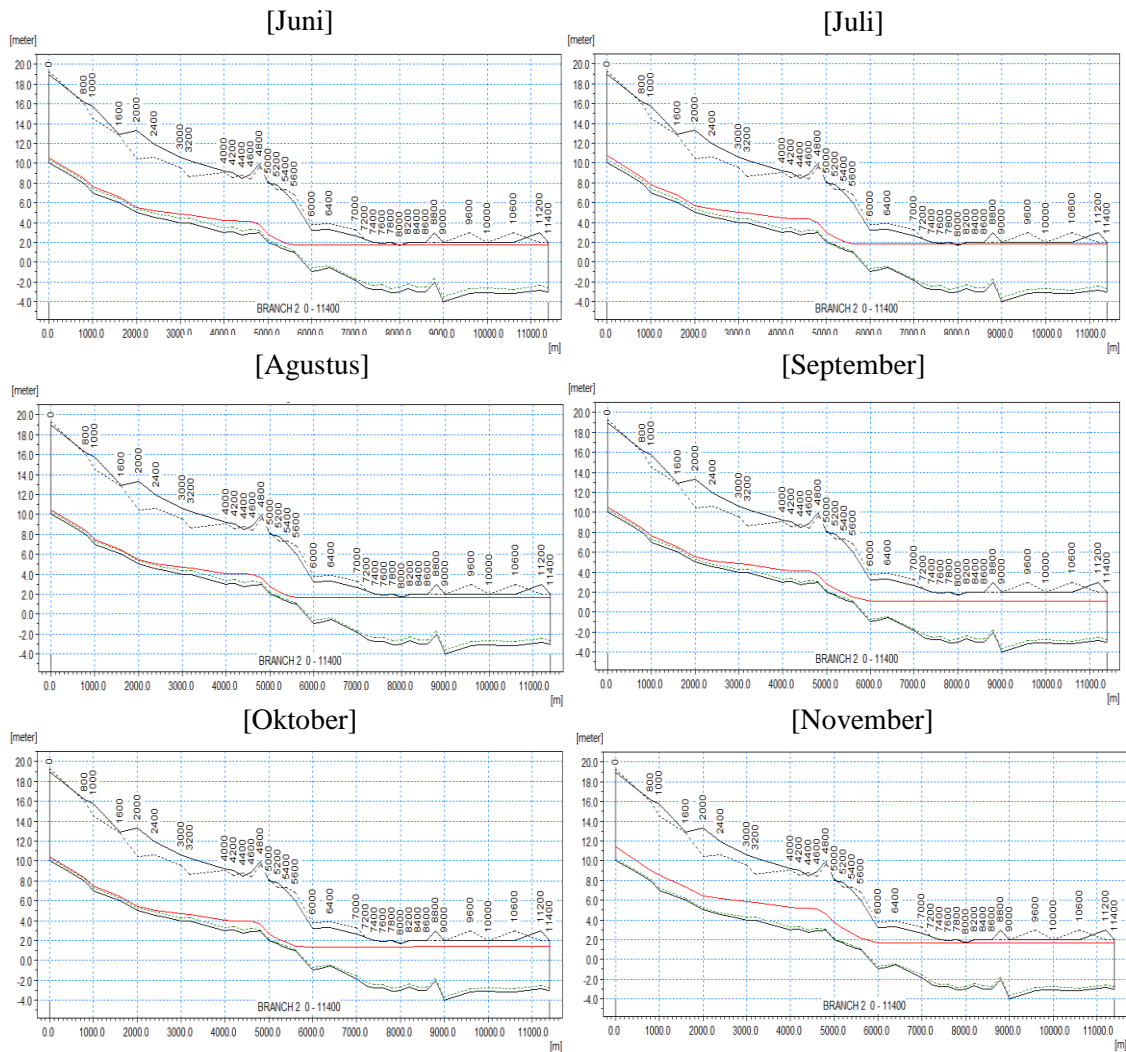
Gambar 4.14 Kapasitas Sungai Saat Musim Barat Pada Bulan Desember - Mei

4.3.1.4 Kapasitas Sungai Saat Musim Timur

Berbeda dengan musim barat, ketinggian muka air sungai pada musim timur cenderung kecil mengingat hampir tidak adanya curah hujan. Kondisi tinggi muka air sungai pada bulan Juni – Oktober cenderung sama. Namun memasuki bulan November, tinggi muka air sungai meningkat seiring masuknya musim barat, seperti yang terlihat pada Gambar 4.16. Pada musim timur ini, resiko terjadinya banjir sangat minim, seperti yang terlihat pada Gambar 4.15. Ketinggian muka air sungai Welang pada musim timur didominasi oleh pengaruh pasang surut dari laut.



Gambar 4.15 Kapasitas Sungai Saat Musim Timur Pada Bulan Juni – November

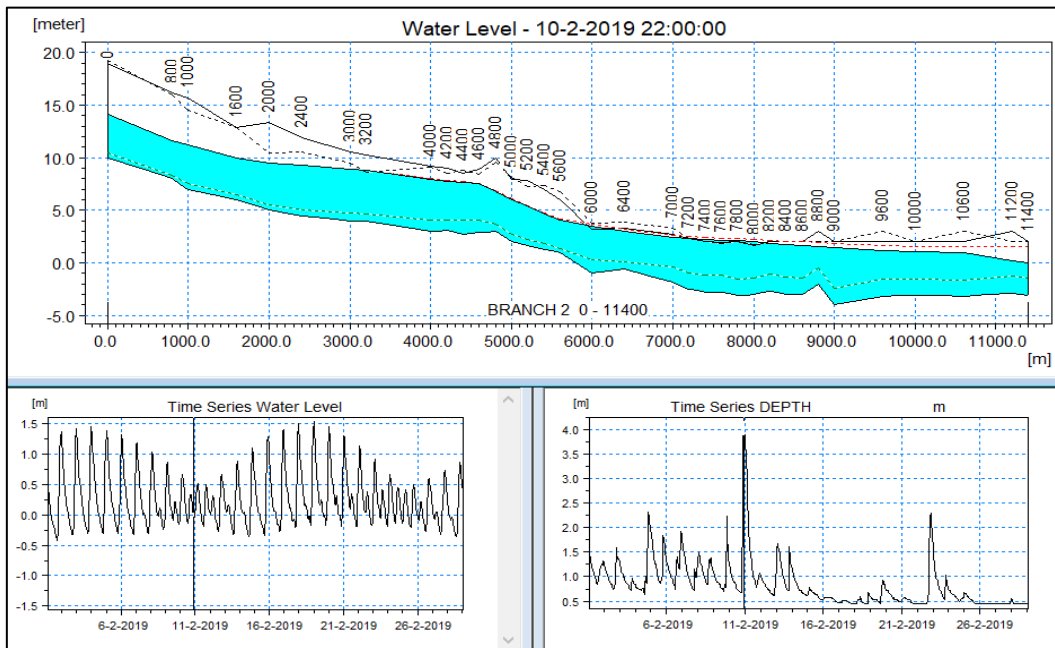


Gambar 4.16 Muka Air Maksimum Sungai Welang Saat Musim Timur

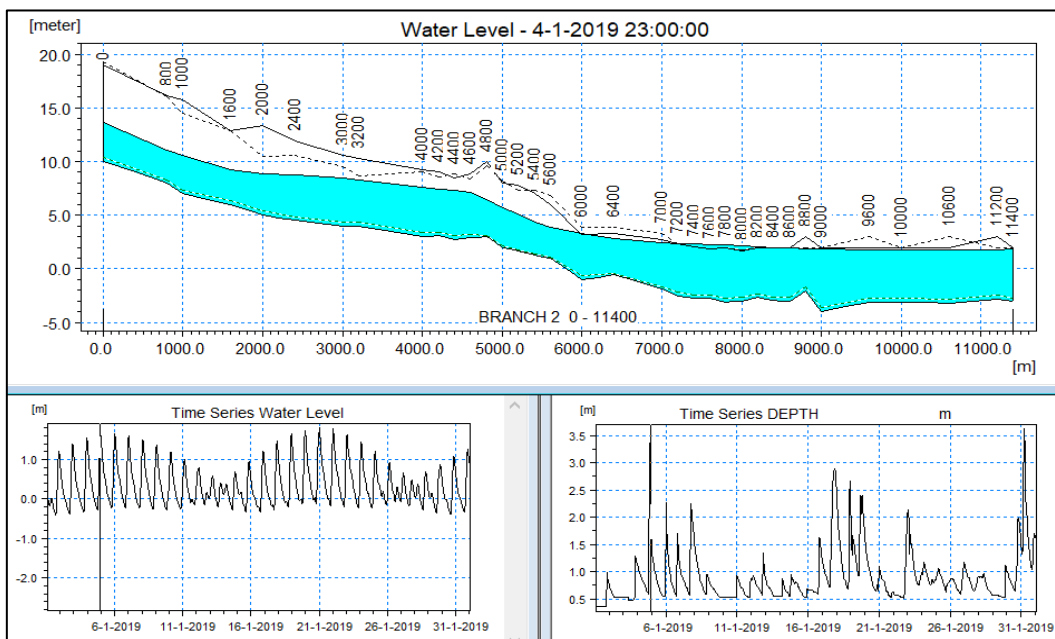
4.3.1.5 Pengaruh Pasang Surut Air Laut Terhadap Muka Air Sungai

Pasang air laut memberikan pengaruh terhadap muka air sungai Welang. Berdasarkan dari hasil pemodelan, pasang air laut memberikan pengaruh peningkatan muka air sungai pada daerah yang dekat dengan muara sungai. Kondisi saat air laut surut akan memberikan kapasitas/ruang untuk debit banjir yang datang pada area hilir sungai. Kondisi ini dapat dilihat pada Gambar 4.17, dimana terlihat muka air sungai setinggi 4,16 m mampu diredam pada area hilir saat air laut surut setinggi -0,23 m. Sebaliknya kondisi saat air laut pasang, area hilir sungai tidak memiliki kapasitas/ruang yang cukup untuk menampung debit banjir yang datang, dimana ini dapat dilihat pada Gambar 4.18. Kondisi ini menunjukkan bahwa dengan

muka air sungai yang lebih rendah dari 4,16 (saat muka air 3,36 m), kapasitas sungai pada area hilir mencapai batas maksimumnya pada seluruh area saat bertemu dengan air laut pasang setinggi 1,62 m.

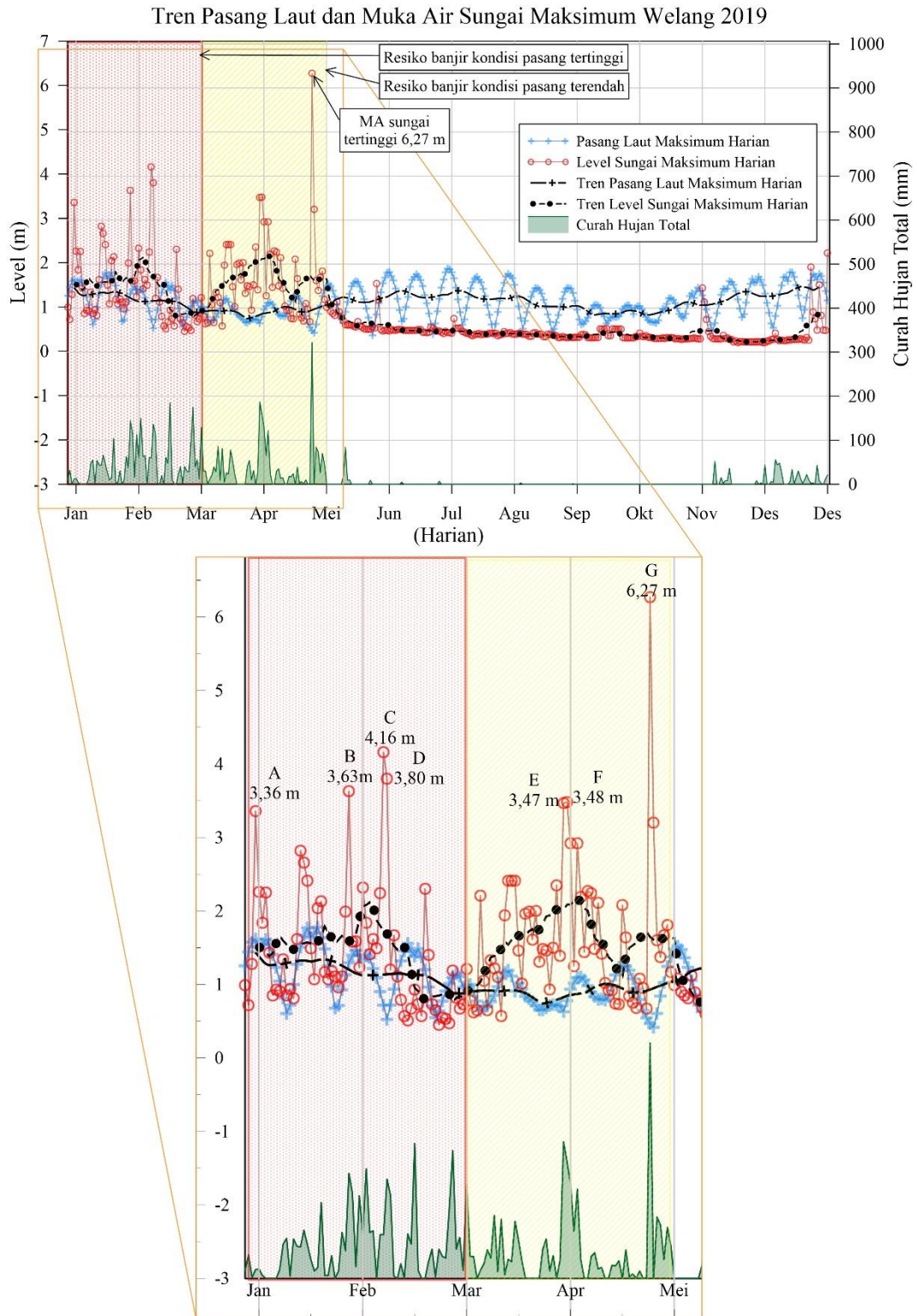


Gambar 4.17 Pengaruh Surut Terhadap Muka Air Sungai, Saat Pasang Surut -0,23 m MSL (Kanan) & Muka Air Sungai 4,16 m (Kiri) 10 Februari 2019 22:00 WIB



Gambar 4.18 Pengaruh Pasang Terhadap Muka Air Sungai, Saat Pasang Surut 1,62 m MSL (Kanan) & Muka Air Sungai 3,36 m (Kiri) 4 Januari 2019 23:00 WIB

4.3.1.6 Perbandingan Pengaruh Debit Sungai dan Pasang Air Laut Terhadap Resiko Banjir Pada Musim Barat



Gambar 4.19 Titik Muka Air Sungai Maksimum yang Beresiko Banjir pada Musim Barat

Berdasarkan Gambar 4.19, tinggi muka air sungai (MAS) pada musim timur bulan Mei - November terlihat begitu rendah dimana hanya berkisar pada 0,2 m – 0,67 m. Meskipun pada bulan Juli terjadi pasang tertinggi 1,86 m, resiko terjadinya banjir pada daerah hilir sungai sangatlah kecil. Berbeda pada musim barat Bulan Januari – April, kondisi MAS maksimum sangat fluktuatif dimana mampu mencapai ketinggian 3,36 m – 6,27 m. Resiko terjadinya banjir pada bulan-bulan ini sangatlah tinggi.

Pada Gambar 4.19, terdapat 7 titik yang mengindikasikan resiko terjadinya banjir dimana diasumsikan batas aman muka air yang terjadi adalah 3 m. Pada Tabel 4.4 ditampilkan perbandingan 7 titik tinggi muka air sungai maksimum beserta dengan tinggi muka air laut (MAL) yang terjadi. Dari Tabel 4.4 dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Tinggi muka air sungai merupakan faktor dominan pada resiko terjadinya banjir, terlihat pada perbandingan tanggal 3 April 2019 MAS 3,47 m *depth* dan MAL 0,38 m MSL dengan 28 April 2019 MAS 6,27m *depth* dan MAL 0,39 m MSL. Pada MAL yang sama MAS 6,27 m menyebabkan terjadinya banjir di sungai Welang.
2. Pasang air laut merupakan faktor yang bersifat mengamplifikasi resiko terjadinya banjir, terlihat pada perbandingan tanggal 10 Februari 2019 MAS 4,16 m *depth* dan MAL -0,22 m MSL dengan 11 Februari 2019 MAS 3,8 m *depth* dan MAL 0,15 m MSL. Pada MAL yang lebih tinggi dan MAS yang lebih rendah, model hidrodinamika pada 11 Februari 2019 menunjukkan tinggi yang sama dengan 10 Februari 2019 yang MAL lebih rendah dan MAS lebih tinggi. Sehingga MAL mengamplifikasi tinggi muka air pada hilir sungai.
3. Banjir hanya terjadi pada bulan April dikarenakan terjadi anomali MAS yang begitu tinggi, yaitu 6,27 m *depth*. Selain itu kondisi MAS maksimum pada bulan lain tidak terjadi saat air laut pasang, terlihat pada 10 Februari 2019 MAS 4,16 m *depth* dan MAL -0,22 m MSL. Saat kondisi pasang tertinggi pada musim barat juga terjadi saat tinggi MAS di bawah 3 m.

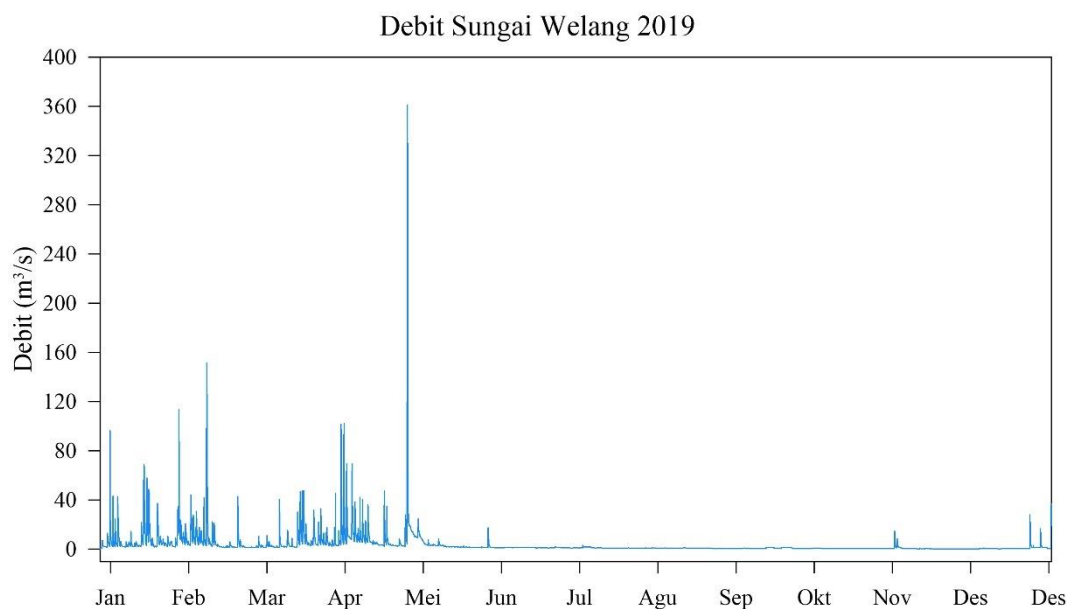
Tabel 4.4 Kondisi Level Sungai dan Laut Maksimum Pada Musim Barat

Titik	Waktu	MAS (m)	MAL (m)	Model Hidrodinamika
A	4 Jan 2019 20:00WIB	3,36 <i>depth</i>	-0,45 MSL	
B	31 Jan 2019 5:00WIB	3,63 <i>depth</i>	-0,42 MSL	
C	10 Feb 2019 22:00WIB	4,16 <i>depth</i>	-0,22 MSL	
D	11 Feb 2019 1:00WIB	3,80 <i>depth</i>	0,15 MSL	
E	3 Apr 2019 22:00WIB	3,47 <i>depth</i>	0,38 MSL	

Titik	Waktu	MAS (m)	MAL (m)	Model Hidrodinamika
F	4 Apr 2019 14:00WIB	3,48 <i>depth</i>	0,11 MSL	
G	28 Apr 2019 21:00WIB	6,27 <i>depth</i>	0,39 MSL	

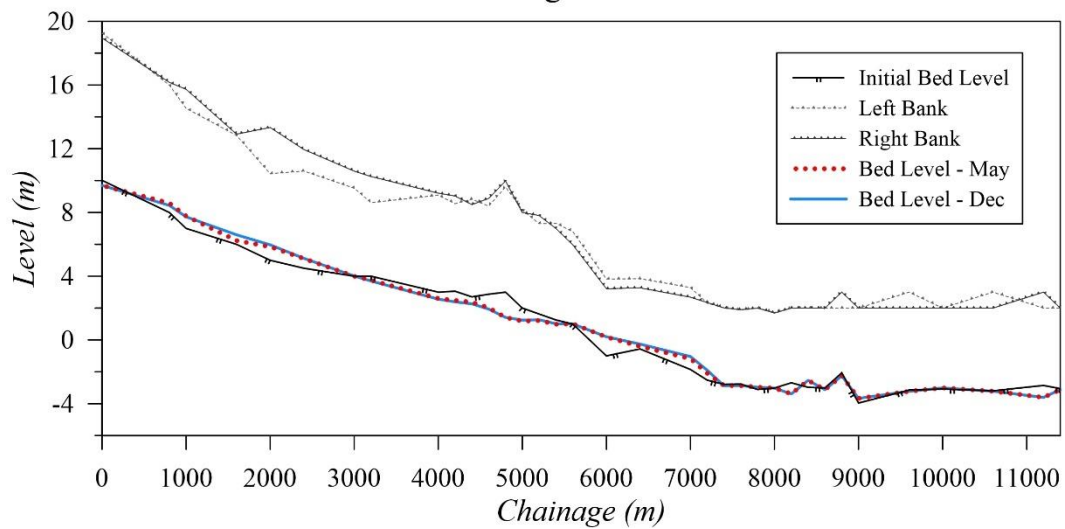
4.3.2 Kondisi Perubahan Kedalaman Dasar Sungai Selama 1 Tahun

Perubahan kedalaman dasar sungai dipengaruhi intensitas debit yang datang. Musim barat yang terjadi selama bulan Januari – Mei, memiliki intensitas debit sungai yang tinggi. Sebaliknya, musim timur selama bulan Juni – November diikuti bulan Desember, intensitas debit yang terjadi kecil. Pada Gambar 4.20 terlihat kondisi intensitas debit yang terjadi sepanjang tahun 2019 di sungai Welang.



Gambar 4.20 Debit Hasil Simulasi Sungai Welang 2019

Perubahan Dasar Sungai Selama 1 Tahun

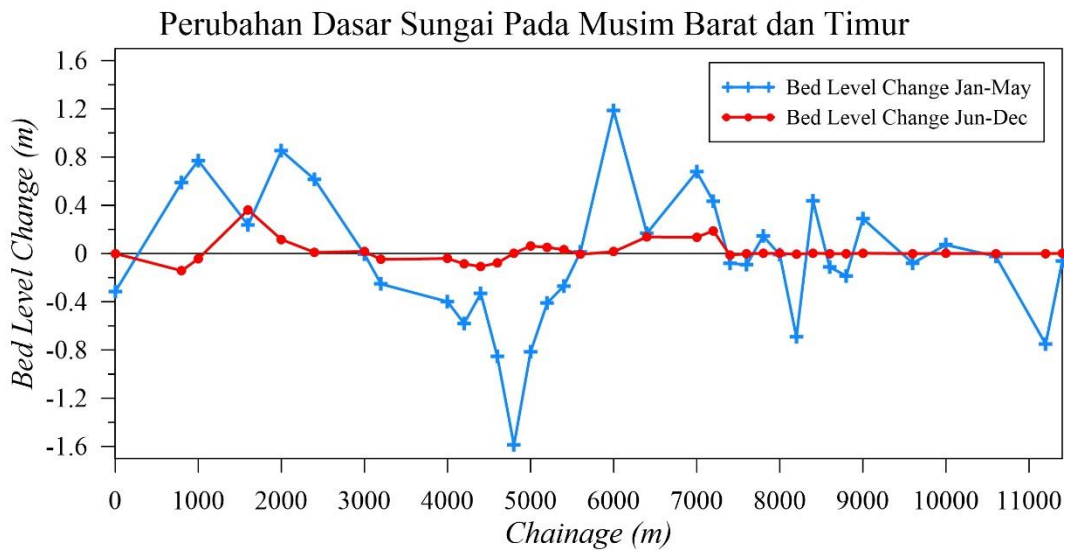


Gambar 4.21 Profil Vertikal Perubahan Dasar Sungai Welang Selama Musim Barat (Mei) dan Musim Timur (Desember)

Intensitas debit yang terjadi mempercepat proses aggradasi/penumpukan serta degradasi/pengikisan. Pada Gambar 4.21 terlihat perubahan kedalaman dasar sungai pada musim barat (Mei) mengalami perubahan yang signifikan dimana di daerah hulu dan hilir banyak didominasi aggradasi, serta di daerah tengah sungai didominasi degradasi. Pada musim timur (Desember), perubahan kedalaman dasar yang terjadi tidak begitu signifikan. Kondisi perubahan kedalaman dasar sungai didominasi oleh aggradasi di sepanjang sungai.

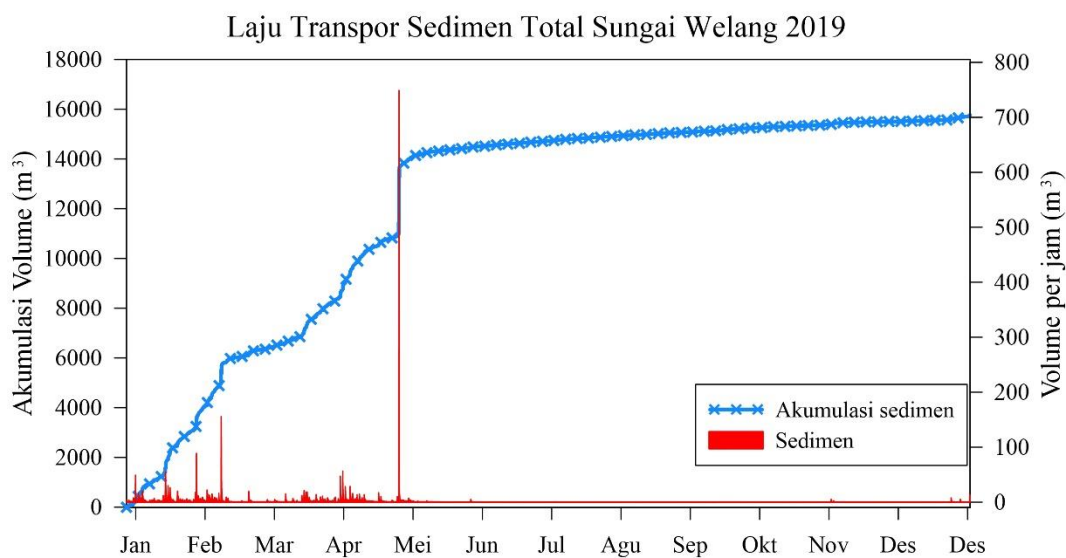
4.3.2.1 Laju Transpor Sedimen Total Akibat Debit Musim Barat & Timur

Bulan Januari – Mei merupakan waktu terjadinya musim barat dimana terjadi intensitas debit sungai yang tinggi. Intensitas debit sungai yang tinggi ini akan diikuti perubahan kedalaman dasar sungai yang signifikan juga. Degradasi tertinggi terjadi pada titik 4800 m sebesar -1,59 m, sedangkan aggradasi tertinggi terjadi pada titik 6000 m setinggi 1,18 m. Bulan Mei – November, diikuti bulan Desember merupakan terjadinya musim timur dimana intensitas debit sungai yang terjadi kecil. Hal ini juga berpengaruh pada besarnya perubahan kedalaman dasar sungai. Besarnya perubahan kedalaman sungai dapat dilihat pada Gambar 4.22.



Gambar 4.22 Perubahan Kedalaman Dasar Sungai Pada Musim Barat (Januari – Mei) dan Musim Timur (Juni – Desember)

Kondisi laju transpor sedimen pada musim barat sangat fluktuatif dimana volume transpor sedimen total tertinggi mencapai $748,99 \text{ m}^3$. Volume transpor sedimen tertinggi terjadi saat debit tertinggi tercapai pada 28 April 2019. Pada Gambar 4.23 terlihat dimana akumulasi volume sedimen total selama musim barat pada bulan Mei mencapai $14490,75 \text{ m}^3$. Diikuti pada bulan Juni – Desember untuk musim timur, akumulasi volume sedimen total hanya sebesar $15768,18 \text{ m}^3$ yang dimana kenaikan volume sedimen total tidak begitu signifikan dari bulan Mei.

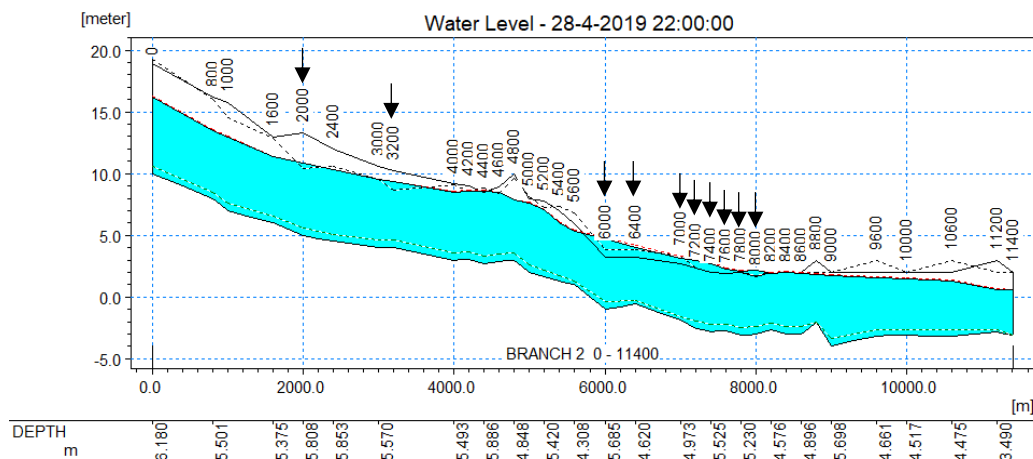


Gambar 4.23 Laju Transpor Sedimen Total Sungai Welang Tahun 2019

4.4 Antisipasi Banjir Untuk Keselamatan Masyarakat

Dari analisis yang telah dilakukan pada sub-bab sebelumnya, selanjutnya dijadikan referensi dalam menyusun langkah – langkah antisipasi banjir untuk keselamatan masyarakat. Solusi yang akan dirumuskan pada sub-bab ini bersifat sebagai referensi dalam menanggulangi banjir jangka waktu pendek. Perlu adanya kajian ulang jika akan mengimplementasikan langkah – langkah antisipasi banjir yang akan dirumuskan pada sub-bab ini. Berikut antisipasi banjir yang dapat dilakukan menggunakan metode *hard engineering* :

1. Perlu dilakukan kajian ulang pada desain tanggul banjir pada; titik 2000 m (X 705820 Y 9153875) dan titik 3200 m (X 706489 Y 9154606) pada tanggul kiri dari arah hulu, serta sepanjang titik 6000 m (X 706843 Y 9156655) – 8000 m (X 706747 Y 9158480) pada tanggul kedua sisi. Peningkatan tinggi tanggul 2 m disarankan dalam kajian ulang tersebut. Pada titik tersebut juga perlu dilakukan kajian pada sedimentasi di dasar sungai serta disarankan dilakukan pengerukan.



Gambar 4.24 Titik Lokasi Luapan Banjir Sungai Welang

2. Melakukan kajian pada infrastruktur sungai seperti tebing sungai dan sistem irigasi sungai, serta merehabilitasi kondisi infrastruktur yang rusak akibat terjangan banjir. Membersihkan sampah yang tertahan pada sungai dan dasar bendung sungai.



Gambar 4.25 Giat Pembersihan Sampah Pasca Banjir 6 Januari 2017

3. Melakukan pengerukan pada jalur sudetan di hilir sungai Welang. Dilakukan pemasangan pintu air di bagian hulu dimana saat memasuki musim penghujan (Desember – Mei) pintu air sudetan dapat dibuka, serta meminimalisir masuknya sedimen ke dalam sudetan saat musim kemarau (Juni – November).



Gambar 4.26 Jalur Sudetan di Hilir Sungai Welang

4. Selain itu, perlu melakukan penataan di bantaran sungai pada daerah yang padat penduduk

Selain melalui *hard engineering*, mitigasi bencana bisa diupayakan dalam antisipasi banjir. Mitigasi banjir dapat dilakukan dengan :

1. Memberlakukan peringatan dini dengan cara memantau aktivitas muka air sungai secara daring di AWLR Dhompo (hulu) saat memasuki musim penghujan (Desember – Mei). Berdasarkan Tabel 4.4, batas muka air sungai yang perlu diwaspadai akan terjadinya banjir adalah 3,5 m.
2. Dari pemantauan di hulu sungai, selanjutnya dapat dilakukan penginfoan secara berantai kepada kelompok kecil di daerah hilir sungai. Bersama pengurus RT/RW, dibentuk tim penanggulangan banjir di tingkat warga. Tim penanggulangan banjir ini perlu diinisiasi dan dikoordinasikan oleh aparat pemerintah yang bertanggung jawab.
3. Menyiapkan posko banjir saat musim penghujan telah tiba.
4. Selalu menginformasikan kepada warga setempat akan bahayanya membuang sampah ke sungai dan merusak infrastruktur sungai.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil pemodelan dan analisis pada bab sebelumnya, beberapa kesimpulan didapat sebagai berikut :

1. Dari hasil pemodelan banjir menunjukkan bahwa terjadi banjir pada tanggal 29 April 2019 pukul 01:00 WIB di Desa Semare dan Tambakrejo, dimana hasil simulasi telah tervalidasi oleh Laporan Peta Banjir Pasuruan 2019 dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Indonesia. Pemodelan banjir di sungai Welang menunjukkan hasil yang cukup baik dimana ketinggian genangan air pada pemodelan sebesar 0,3 m – 2,2 m yang divalidasi data BNPB 0,1 m – 1,5 m.
 - a. Tinggi muka air sungai sebesar 6,27 m dari dasar sungai, terjadi saat ketinggian pasang surut 0,39 m MSL pada 28 April 2019 21:00 WIB. Muka air sungai terus meninggi hingga pukul 0:00 WIB 29 April 2019 dengan ketinggian sungai 5,91 m saat ketinggian pasang surut -0,24 m MSL. Pada 3:00 WIB 29 April 2019, ketinggian sungai tidak melebihi ketinggian tepi sungai sehingga luapan banjir mereda.
 - b. Pada musim barat bulan Desember – Mei, kenaikan muka air sungai berada pada kondisi maksimalnya. Terlihat pada bulan Desember menuju Maret, kondisi muka air disepanjang sungai meningkat yang dimana pada bulan Februari tinggi muka air hampir menyamai tinggi dinding sungai. Pada bulan April terjadi kenaikan muka air tertinggi yang merupakan akibat anomali kenaikan muka air sungai 6,27 m dari dasar sungai, sebesar 134,1 % dari tinggi dinding sungai. Memasuki bulan Mei, muka air sungai menurun. Pada musim timur bulan Juni hingga Oktober, ketinggian muka air sungai pada musim timur cenderung kecil mengingat hampir tidak adanya curah hujan.

2. Perubahan kedalaman dasar sungai pada musim barat (Januari – Mei) mengalami perubahan yang signifikan dimana di daerah hulu dan hilir banyak didominasi aggradasi, serta di daerah tengah sungai didominasi degradasi. Pada musim timur (Juni – Desember), perubahan kedalaman dasar yang terjadi tidak begitu signifikan. Kondisi perubahan kedalaman dasar sungai didominasi oleh aggradasi di sepanjang sungai. Degradasi tertinggi terjadi pada titik 4800 m sebesar -1,59 m, sedangkan aggradasi tertinggi terjadi pada titik 6000 m setinggi 1,18 m.
 - a. Kondisi laju transpor sedimen pada musim barat sangat fluktuatif dimana volume transpor sedimen total tertinggi mencapai 748,99 m³, pada 28 April 2019. Akumulasi volume sedimen total selama musim barat pada bulan Mei mencapai 14490,75 m³. Diikuti pada bulan Juni – Desember untuk musim timur, akumulasi volume sedimen total hanya sebesar 15768,18 m³ yang dimana kenaikan volume sedimen total tidak begitu signifikan dari bulan Mei.

5.2 Saran

Hasil simulasi dan analisis yang telah dibahas sebelumnya dapat menjadi bahan pertimbangan dalam melakukan penelitian lebih lanjut mengenai banjir dan sedimentasi di sungai Welang ataupun sebagai referensi dalam melakukan usaha-usaha penanggulangan bencana banjir di sungai Welang. Dengan memahami karakteristik kondisi muka air di sungai Welang, pengaruh pasang surut, jangkauan genangan banjir, dan pengaruh debit banjir terhadap sedimentasi akan memberikan pemahaman yang lebih baik lagi dalam mengelola resiko banjir yang terjadi di sungai Welang.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, M.B., H.M. Petersen and O. Skovgard. (1978). *On the Numerical Modelling of Short Waves in Shallow Water*, Journal of Hydraulic Research, 16(3).
- BNPB. (2019). *Peta Kejadian Banjir Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur, 29 April 2019*. <http://geospasial.bnpb.go.id/2019/04/30/peta-kejadian-banjir-kab-pasuruan-jawa-timur-29-april-2019/>. (diakses : 5 May 2020).
- Chow, V. T. (1959). *Open-channel Hydraulics*. McGraw-Hill, New York. 680 pp.
- CTCN. (2017). Hydrodynamic modelling for flood reduction and climate resilient infrastructure development pathways in Jakarta, *Final Substantive Report*. https://www.ctcn.org/system/files/dossier/3b/final_substantive_report_indonesia_2015000011.pdf. (diakses : 5 May 2020).
- Dat, T. T., D. Q. Tri, D. D. Truong, N. N. Hoa. (2019). The Application of Mike Flood Model in Inundation Simulation with the Dam-break Scenarios: a Case Study of DakDrinh Reservoir in Vietnam, *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, vol. 12, no. 1, 60-70. doi: 10.21276/ijee.2019.12.0106.
- DHI. (2014). A modelling system for rivers and channels, *MIKE 11 Reference Manual*. 232 pp.
- DHI. (2016). *MIKE FLOOD User Manual*, Hørsholm, Denmark.
- Doodson, A. T. (1921). *The harmonic development of the tide-generating potential*, Philos. T. Roy. Soc. Lond. A, 100, 305–329, <https://doi.org/10.1098/rspa.1921.0088>.
- Engelund, F. and Hansen, E. (1967). *A monograph on sediment transport in alluvial streams*, Teknisk Forlag, Copenhagen.
- Kadam, P., & Sen, D. (2012). Flood inundation simulation in Ajoy River using MIKE-FLOOD. *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, 18(2), 129–141. doi: 10.1080/09715010.2012.695449.
- Lewis, C. D. (1982). *International and Business Forecasting Methods*. London: Butterworths. 40 pp.
- Najafpour, N., Emamgholizadeh, S., Poudeh, H. T., & Haghiabi, A. H. (2016). Estimation of sediment transport rate of Karun River (Iran), *Journal of Hydraulic Structures*, 2016; 2(2):74-84. doi:10.22055/jhs.2016.12874.
- Nontji, A. (1993). *Laut Nusantara*. Jakarta: Djambatan.

- Patro, S., Chatterjee, C., Mohanty, S., Singh, R., & Raghuwanshi, N. S. (2009). Flood inundation modeling using MIKE FLOOD and remote sensing data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 37(1), 107–118. doi: 10.1007/s12524-009-0002-1
- Prawirowardoyo, S. (1996). *Meteorologi*, Penerbit ITB, Bandung.
- Pond, S., & Pickard, G. (1983). *Introductory Dynamical Oceanography. 2nd Edition*. New York.
- Ronggodigdo, S. (2011). Kajian Sedimentasi serta Hubungannya Terhadap Pendangkalan di Muara Sungai Belawan : *Tesis*. Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik-USU Sumatra Utara.
- Setiawan, I. (2019, April 29). 11 wilayah Pasuruan terendam banjir. Retrieved from <https://www.antaranews.com/berita/849517/11-wilayah-pasuruan-terendam-banjir#mobile-src>. (diakses : 5 Mei 2019)
- The Physical Environment. (2003). *Drainage Basin*. https://web.archive.org/web/20040321033433/http://www.uwsp.edu/geo/faculty/ritter/glossary/a_d/drainage_basin.html.
- Timbadiya, P. V., Patel, P. L., & Porey, P. D. (2015). A 1D–2D Coupled Hydrodynamic Model for River Flood Prediction in a Coastal Urban Floodplain. *Journal of Hydrologic Engineering*, 20(2), 05014017. doi: 10.1061/(asce)he.1943-5584.0001029.
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wahyudi, H., K. Aziz, & E. Sumirman. (2018). Eco Drainage Implementation for Flood Handling in DAS Welang Pasuruan District. *Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, Vol. 9, Issue 8, 1076-1082.
- Wahyudi, H. & E. Sumirman. (2018). Implementation of Artificial Storage For Flood Management in Welang Watershed, Pasuruan District, *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, Vol. 10, Issue 11, 107-112.
- Webster PJ. (1987). The Elementary Monsoon. Di dalam: *Monsoons*. Fein JS, Stephens PL, editor. John Wiley. New York. hlm 3-32.

LAMPIRAN A
SURAT KETERANGAN PENGGUNAAN LISENSI
MIKE 21/3 DHI



**KEMENTERIAN KELAUTAN DAN PERIKANAN
BADAN RISET DAN SUMBER DAYA MANUSIA
KELAUTAN DAN PERIKANAN**

KOMPLEKS BINA SAMUDERA JALAN PASIR PUTIH 1 ANCOL TIMUR LANTAI IV JAKARTA 14430
TELEPON : (021) 64700755 EXT. 3120 FAKSIMILE: (021) 64711654
LAMAR : www.kkp.go.id SURAT ELEKTRONIK : pusrisikel@kkp.go.id

Jakarta, 12, November 2019

Nomor : 2015/BRSDM.2/TU.210/XI/2019
Hal : Permohonan Ijin Penggunaan Software MIKE 21/3 HD Untuk Tugas Akhir dan Tesis

Yth. Kepala Departemen Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Di Surabaya

Bedasarkan surat Kepala Departemen Teknik Kelautan Nomor : 87127/IT2.VI.6.3/PP.05.02/2019 tanggal 22 Oktober 2019 perihal Permohonan Ijin penggunaan Software untuk Tugas Akhir, bersama ini dapat disampaikan bahwa pada prinsipnya kami menyetujui pelaksanaan pengolahan data terbatas dengan menggunakan Software MIKE 21/3 Hidrodynamik (HD) milik Ministry of Marine Affairs and Fisheries, Agency for Marine and Fisheries Research and Development, Jln. Pasir Putih 1 Jakarta Utara Indonesia untuk keperluan Tugas Akhir (Mahasiswa S1) dan Tesis (Mahasiswa S2) atas nama sebagai berikut :

No	Nama	NRP	Judul Tugas Akhir
1.	Muhammad Arrozikul R.S.	04311540000070	Analisa Dampak Pembangunan Jetty Terhadap Laju Sedimentasi dan Pola Arus di Kawasan Open Crude Access PT. Pertamina RU III Plaju.
2.	Rendatiyarsolaksono	04311640000018	Analisa Pola Arus Dan Laju Sedimentasi Di Dermaga C Pt. Petrokimia Gresik Dengan Menggunakan Software Mike 21
3.	Muhammad Ilham Maulana	04311640000039	Studi Laju Sedimentasi PLTU Pulang Pisau Akibat Modifikasi Jetty Dalam Upaya Peningkatan Kapasitas Produksi.

4.	Muhammad Yasyri Mumtaz	04311640000131	Estimasi Potensi Energi Di Pantai Oclotan Donyuwangi.
5.	Iham Cahya	04311850010005	Pemodelan Banjir dan Sedimentasi di Muara Sungai Welang Pasuruan.
6.	Imayatul Latihyah	04311850010007	Pemodelan Dinamika Catur Sungai Welang Pasuruan.
7.	Indri Ika Widyastuti	04311850010010	Pemodelan Kualitas Air dan Upaya Pengendalian Pencemaran di Muara Welang Pasuruan.
8.	Abiyani Choirul Huda	04311850012001	Valuation Economic of Reclamation in Teluk Lamong.

Adapun waktu pelaksanaan pengolahan data sebagaimana dimaksud diatas berlaku sejak dikeluarkan surat ini hingga selesainya masa studi yang tersebut di atas. Untuk mendukung kelancaran selama publikasi paper/ jurnal dimohon untuk mencantumkan nama personal dari Instansi Pusat Riset Kelautan, Badan Riset Sumber Manusia, Kementerian Kelautan dan Perikanan.

Demikian disampaikan dan atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terimakasih.



Tembusan :

- Sekretaris BRSDM KP

LAMPIRAN B
PENGUKURAN MUKA AIR SUNGAI AWLR
DHOMPO TAHUN 2019

PEMBAGIAN DUGA MUKA AIR

LOKASI : JANTI
 SUNGAI : WELANG HIJIR
 DESA : DHOMPO
 KEC : KRATON
 KAB : PASURUAN

BUJAN : JANUARI
 TAHUN : 2019

TGL	MUKA AIR / JAM																															MA MAX	MA MIN	MUKA AIR RATA-2	DEBIT RATA-2					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24																
	1	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36					0.36	0.36	0.36	0.47	1.9204
2	0.72	0.69	0.68	0.65	0.61	0.59	0.59	0.55	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.57	3.19						
3	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.49	0.53	1.28	1.25	1.2	1.15	1.11	1.28	0.47	0.65	4.4787											
4	1.09	1.04	1.01	0.99	0.93	0.91	0.89	0.87	0.83	0.8	0.79	0.76	0.73	0.7	0.67	0.63	0.63	0.61	0.59	3.36	2.5	2	1.7	1.5	3.36	0.59	1.11	15.597												
5	1.34	1.21	1.13	1.05	1.01	0.98	0.92	0.88	0.82	0.8	0.75	0.72	0.7	0.67	0.63	0.61	0.59	0.58	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	2.26	0.55	8.5665												
6	1.84	1.56	1.38	1.25	1.13	1.05	1.01	0.92	0.84	0.78	0.73	0.71	0.68	0.64	0.61	0.6	0.57	0.55	1.71	1.6	1.42	1.26	1.16	1.08	1.84	0.6	1.05	13.745												
7	1.02	0.95	0.93	0.89	0.85	0.83	0.81	0.8	0.75	0.72	0.71	0.7	0.64	0.63	0.59	0.59	0.58	2.25	2.06	1.97	1.87	1.86	1.62	1.51	2.25	0.58	1.09	15.074												
8	1.43	1.34	1.28	1.22	1.15	1.1	1.05	1.01	0.92	0.85	0.81	0.77	0.75	0.72	0.69	0.65	0.63	0.61	0.59	0.94	0.94	0.93	0.9	1.43	0.59	0.91	10.072													
9	0.85	0.81	0.77	0.75	0.73	0.72	0.71	0.69	0.67	0.65	0.63	0.61	0.61	0.61	0.59	0.57	0.55	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.85	0.54	6.4	4.3734											
10	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.93	0.53	0.55	3.0022												
11	0.91	0.89	0.83	0.8	0.75	0.73	0.71	0.71	0.69	0.65	0.62	0.61	0.57	0.57	0.55	0.55	0.55	0.54	0.54	0.54	1.34	1.23	1.07	0.87	0.9	1.34	0.57	0.83	7.9908											
12	0.87	0.85	0.83	0.77	0.74	0.73	0.71	0.68	0.66	0.65	0.63	0.61	0.57	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.85	0.55	0.63	4.235											
13	0.85	0.55	0.55	0.55	0.55	0.87	0.81	0.77	0.73	0.7	0.67	0.65	0.63	0.63	0.63	0.63	0.57	0.55	0.55	0.94	0.93	0.87	0.85	0.84	0.94	0.55	0.70	5.4046												
14	0.77	0.77	0.79	0.81	0.79	0.77	0.73	0.72	0.69	0.66	0.65	0.63	0.63	0.6	0.57	0.55	0.55	0.54	0.54	0.54	1.6	1.49	1.4	1.29	0.9	1.62	0.59	0.85	8.5275											
15	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.66	0.65	0.63	0.63	0.63	0.63	0.61	0.6	0.59	0.66	0.74	1.62	1.6	2.89	2.82	2.89	2.82	2.74	2.39	2.82	0.73	1.56	33.107										
16	1.17	1.11	1.07	1.04	0.98	0.95	0.91	0.87	0.84	0.81	0.73	0.73	1.08	1.36	1.86	2.08	2.59	2.74	2.82	2.89	2.74	2.82	2.89	2.86	2.74	2.39	2.82	0.73	1.56	33.107										
17	2.25	2.06	1.84	1.7	1.63	1.54	1.44	1.3	1.22	1.1	1.04	0.95	0.89	0.86	0.83	0.77	0.73	0.71	0.68	0.74	0.88	2.39	2.66	2.38	2.66	0.68	1.36	24.601												
18	1.7	1.5	1.3	1.67	1.56	1.45	1.37	1.26	1.23	1.12	1.05	0.98	0.93	0.92	0.96	2.41	2.19	2.06	2.38	2.41	2.22	1.94	1.72	1.58	2.41	0.92	1.58	34.19												
19	1.49	1.39	1.29	1.25	1.17	1.12	1.12	1.06	1.05	1	0.94	0.91	0.86	0.82	0.75	0.72	0.69	0.67	0.65	0.68	0.75	0.75	0.64	1.1	1.49	0.64	0.93	10.63												
20	1.07	1.02	0.95	0.93	0.89	0.86	0.84	0.83	0.82	0.75	0.7	0.65	0.65	0.63	0.63	0.62	0.58	0.57	0.56	0.55	0.53	0.53	0.6	0.63	0.62	1.07	0.53	0.72	5.8718											
21	0.61	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.57	0.57	0.55	0.55	0.55	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.52	0.55	0.59	0.72	1.46	1.5	1.9	2.04	2.04	0.52	0.76	6.6218											
22	2.13	2.06	1.94	1.32	1.68	1.57	1.48	1.38	1.26	1.16	1.08	1	0.94	0.89	0.85	0.81	0.77	0.75	0.77	0.85	0.85	0.86	1.17	0.75	0.99	2.13	0.75	1.18	17.888											
23	0.94	0.97	1.17	1.17	1.11	1.08	1.05	0.99	0.97	0.93	0.87	0.85	0.81	0.77	0.75	0.77	0.85	0.85	0.82	0.79	0.79	0.83	0.85	0.86	1.17	0.75	0.91	10.03												
24	0.88	0.95	0.97	1	1.07	1.05	0.99	0.95	0.91	0.87	0.85	0.82	0.77	0.74	0.72	0.69	0.63	0.74	0.74	0.77	0.79	0.82	0.85	0.85	1.07	0.63	0.80	8.5275												
25	0.87	0.87	0.87	0.86	0.85	0.84	0.8	0.77	0.75	0.73	0.69	0.67	0.66	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.7	0.81	0.89	1.18	1.17	1.18	0.59	0.85	7.4988											
26	1.11	1.08	1.05	0.99	0.97	0.93	0.9	0.89	0.85	0.82	0.77	0.75	0.73	0.69	0.67	0.65	0.65	0.67	0.69	0.73	0.75	0.81	0.87	0.91	1.11	0.65	0.83	8.1138												
27	0.91	0.9	0.91	0.91	0.91	0.89	0.89	0.89	0.92	0.96	0.94	0.85	0.82	0.79	0.75	0.71	0.69	0.67	0.65	0.64	0.63	0.62	0.59	0.58	0.57	0.96	0.57	0.78	6.9872											
28	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	1.11	1.09	1.01	1.11	0.53	0.62	3.9715											
29	1	0.97	0.91	0.87	0.85	0.83	0.79	0.77	0.76	0.74	0.71	0.69	0.67	0.65	0.65	1	1.2	1.95	1.99	1.96	1.88	1.78	1.64	1.51	1.99	0.65	1.12	15.914												
30	1	0.97	0.91	0.87	0.85	0.83	0.79	0.77	0.76	0.74	0.71	0.69	0.67	0.65	0.65	1	1.2	1.95	1.99	1.96	1.88	1.78	1.64	1.51	1.99	0.65	1.12	15.914												
31	1.41	1.32	1.4	2.4	3.63	3.3	3.4	2.41	2.18	1.9	1.7	1.58	1.48	1.37	1.25	1.16	1.08	1.06	1.05	1.2	1.56	1.69	1.71	1.66	1.67	3.63	1.05	1.79	44.616											

PEMBAGIAN DUGA MUKA AIR

LOKASI : JANTI
 SUNGAI : WELANG HILIR
 DESA : DHOMPO
 KEC : KRATON
 KAB : PASURUAN

BUJAN : FEBRUARI
 TAHUN : 2019

Tgl	MUKA AIR / JAM												MA MAX	MA MIN	MUKA AIR RATA-2	DEBIT RATA-2													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	1.58	1.47	1.38	1.3	1.25	1.19	1.14	1.07	1.05	0.99	0.97	0.94	0.89	0.84	0.95	0.91	1.11	1.16	1.17	1.17	1.25	1.24	1.33	1.3	1.58	0.84	1.15	17.10692	
2	1.25	1.16	1.10	1.07	1.05	1.04	0.96	0.94	0.89	0.86	0.85	0.84	0.79	0.77	0.75	0.76	0.91	0.97	1.59	1.48	1.37	1.37	1.36	1.29	1.59	0.75	1.06	14.16862	
3	1.23	1.17	1.11	1.07	1.05	0.99	0.99	0.95	0.91	0.88	0.87	0.85	0.85	0.83	0.77	0.75	0.73	0.8	0.97	0.95	0.91	0.87	0.85	0.84	1.23	0.73	0.92	10.40326	
4	0.79	0.79	0.77	0.77	0.76	0.75	0.75	0.74	0.72	0.72	0.76	0.76	0.69	0.63	0.8	1.02	0.9	0.87	2.3	2.32	2.22	2.12	2.01	1.98	2.32	0.63	1.12	16.18162	
5	1.84	1.71	1.6	1.48	1.39	1.28	1.21	1.25	1.08	1.05	0.87	0.95	0.89	0.87	0.87	0.95	0.97	1.04	1.83	1.77	1.61	1.49	1.41	1.35	1.84	0.87	1.29	21.82225	
6	1.25	1.19	1.15	1.09	1.07	1.05	0.99	0.97	0.95	0.89	0.85	0.84	0.79	0.75	1.3	1.41	1.31	1.25	1.17	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.41	0.75	1.21	18.91846	
7	1.62	1.57	1.47	1.38	1.28	1.21	1.15	1.08	1.05	0.99	0.95	0.89	0.86	0.85	0.79	0.75	0.75	1.16	1.06	1.06	0.99	0.99	1.37	1.37	1.62	0.73	1.10	15.30813	
8	1.44	1.49	1.41	1.31	1.26	1.2	1.15	1.08	1.05	0.99	0.95	0.89	0.87	0.85	0.85	0.96	1.34	1.36	1.27	1.38	1.25	1.17	1.15	1.1	1.49	0.85	1.16	17.27288	
9	1.05	0.99	0.97	0.95	0.89	0.89	0.89	0.87	0.85	0.85	0.78	0.76	0.76	0.75	0.73	0.69	0.84	0.79	2.24	2.24	1.9	1.43	1.37	1.25	2.24	0.69	1.01	12.88307	
10	1.16	1.08	1.05	0.99	0.97	0.95	0.89	0.87	0.85	0.79	0.75	0.75	0.75	0.73	0.69	0.69	0.68	0.67	0.67	2.5	3.58	4.16	3.96	3.84	4.16	0.67	1.42	27.26738	
11	3.8	3.4	3	2.5	2.2	1.92	1.71	1.56	1.47	1.29	1.18	1.08	1	0.97	0.93	0.87	0.83	0.79	0.86	0.89	0.99	1.08	1.07	1.04	3.8	0.79	1.52	31.36468	
12	0.99	0.96	0.95	0.89	0.87	0.87	0.84	0.8	0.79	0.77	0.75	0.74	0.73	0.71	0.67	0.65	0.65	0.64	0.63	0.61	0.61	0.61	0.9	1.2	1.2	0.61	0.78	7.102297	
13	1.55	1.67	1.61	1.56	1.43	1.35	1.27	1.2	1.15	1.07	0.99	0.95	0.88	0.84	0.79	0.77	0.75	0.73	0.73	1.61	1.41	1.29	1.21	1.17	1.67	0.73	1.17	17.56524	
14	1.11	1.05	0.99	0.97	0.94	0.91	0.87	0.83	0.81	0.79	0.75	0.73	0.73	0.71	0.67	0.67	0.66	0.65	0.63	0.63	0.63	0.62	0.61	0.61	1.11	0.61	0.77	6.873047	
15	0.64	0.79	0.77	0.75	0.73	0.73	0.73	0.67	0.67	0.65	0.65	0.64	0.63	0.63	0.61	0.59	0.57	0.55	0.55	0.54	0.54	0.53	0.53	0.53	0.79	0.53	0.63	4.248769	
16	0.55	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.55	0.55	0.53	0.53	0.52	0.49	0.49	0.49	0.47	0.47	0.47	0.57	0.52	0.54	2.836939	
17	0.47	0.47	0.47	0.47	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.5	0.49	0.47	0.47	0.47	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.51	0.46	0.48	2.119433	
18	0.46	0.46	0.46	0.46	0.47	0.53	0.53	0.53	0.59	0.53	0.49	0.47	0.47	0.47	0.46	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.61	0.59	0.67	0.45	0.51	2.441622	
19	0.57	0.55	0.55	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.52	0.49	0.49	0.47	0.46	0.46	0.77	0.75	0.93	0.91	0.85	0.85	0.79	0.75	0.93	0.46	0.62	4.018211	
20	0.73	0.73	0.71	0.67	0.65	0.65	0.63	0.61	0.59	0.57	0.55	0.57	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.52	0.51	0.49	0.49	0.49	0.51	0.73	0.49	0.58	3.340693		
21	0.53	0.56	0.57	0.57	0.57	0.56	0.55	0.55	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.51	0.47	0.47	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.57	0.45	0.51	2.410469	
22	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.5	0.74	1.4	2.14	2.23	2.3	2.16	1.82	1.6	2.3	0.45	0.90	9.819935	
23	1.4	1.25	1.16	1.06	0.99	0.95	0.93	0.85	0.81	0.76	0.73	0.7	0.65	0.63	0.6	0.57	0.55	1.03	0.98	0.98	0.91	0.84	0.79	0.76	1.4	0.53	0.85	8.595853	
24	0.73	0.73	0.67	0.66	0.65	0.63	0.63	0.63	0.62	0.6	0.59	0.58	0.58	0.53	0.53	0.49	0.49	0.51	0.53	0.55	0.57	0.55	0.58	0.67	0.73	0.49	0.59	3.627032	
25	0.65	0.65	0.63	0.61	0.59	0.59	0.57	0.55	0.54	0.53	0.53	0.52	0.52	0.52	0.47	0.46	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.65	0.45	0.52	2.605875	
26	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	1.757574	
27	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	1.802075	
28	0.53	0.51	0.47	0.46	0.46	0.46	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.46	1.842601	
29																													
30																													
31																													

PEMBAGIAN DUGA MUKA AIR

LOKASI : JANTI
 SUNGAI : WELANG HIJIR
 DESA : DHOMPO
 KEC : KRATON
 KAB : PASURUAN

BULAN : MARET
 TAHUN : 2019

TGL	MUKA AIR / JAM												MA MAX	MA MIN	MUKA AIR RATA-2	DEBIT														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
1	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.46	1.85621			
2	0.64	0.58	0.55	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.51	0.49	0.46	0.45	0.45	0.45	0.45	0.56	1	1.19	1.05	0.96	0.87	1.19	0.45	0.82	4.038296		
3	0.82	0.77	0.74	0.73	0.77	0.67	0.65	0.63	0.62	0.6	0.57	0.55	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.52	0.51	0.16	0.73	0.71	0.65	0.62	0.82	0.51	0.63	4.159855	
4	0.67	0.66	0.65	0.63	0.63	0.61	0.59	0.59	0.65	0.6	0.56	0.52	0.51	0.51	0.48	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.67	0.46	0.54	2.893401	
5	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.53	2.692742	
6	1.21	1.09	1.09	1.04	0.98	0.9	0.85	0.8	0.78	0.75	0.73	0.7	0.66	0.65	0.65	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.79	7.254225		
7	0.78	0.76	0.75	0.74	0.72	0.68	0.67	0.65	0.65	0.63	0.61	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.65	4.598508		
8	0.62	0.62	0.62	0.62	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.57	0.57	0.56	0.55	0.53	0.53	0.51	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.46	0.46	0.46	0.62	0.46	0.55	2.921841	
9	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.50	2.302919		
10	0.53	0.53	0.51	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.77	6.829391		
11	1.05	0.97	0.89	0.87	0.84	0.79	0.79	0.73	0.73	0.7	0.68	0.64	0.63	0.61	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	1.05	0.57	0.69	5.304623	
12	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.55	0.55	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.51	0.56	3.048627	
13	0.57	0.57	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.51	0.72	5.978629	
14	1.22	1.19	1.04	1.01	0.98	0.91	0.88	0.87	0.81	0.79	0.77	0.69	0.69	0.67	0.67	0.67	0.62	0.61	0.59	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	1.22	0.58	0.77	6.887794	
15	0.58	0.58	0.58	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.65	4.450504		
16	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.54	2.775474		
17	0.49	0.49	0.5	0.51	0.51	0.51	0.51	0.56	0.56	0.56	0.56	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.86	8.881806		
18	1.29	1.22	1.19	1.09	1.08	1.03	0.99	0.97	0.83	0.82	0.81	0.79	0.77	0.71	1.4	1.81	2.12	2.24	2.31	2.41	2.24	2.41	2.24	2.41	2.26	1.88	2.41	0.71	1.44	28.16295
19	1.69	1.5	1.4	1.31	1.23	1.2	1.17	1.09	1.07	1.01	0.97	0.9	0.87	0.87	0.86	0.82	1.4	2.41	2.19	2.09	1.96	1.68	1.41	1.45	2.41	2.41	1.36	24.53513		
20	1.51	1.42	2.41	2.2	1.9	1.7	1.58	1.4	1.29	1.21	1.16	1.09	1.09	1.05	0.97	0.94	0.89	0.86	0.84	0.83	0.9	1.38	1.61	1.58	2.41	0.83	1.33	23.32768		
21	1.46	1.35	1.25	1.16	1.09	1.05	1	0.97	0.95	0.94	0.87	0.85	0.81	0.79	0.77	0.75	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.92	10.41402		
22	0.89	0.87	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.79	0.79	0.77	0.76	0.74	0.73	0.73	0.73	0.68	0.67	0.64	0.63	0.63	0.63	0.67	0.86	1.01	1.01	1.01	0.63	0.78	7.031358	
23	0.98	0.95	0.93	0.87	0.85	0.84	0.81	0.8	0.79	0.78	0.77	0.77	0.75	0.73	0.73	0.73	0.76	1.12	1.05	1.15	1.16	1.27	1.55	1.96	1.96	0.73	0.96	11.40536		
24	1.99	1.83	1.7	1.56	1.21	1.35	1.25	1.2	1.15	1.09	1.04	0.99	0.97	0.93	0.88	0.87	0.84	0.83	0.83	0.83	0.81	0.79	0.77	0.77	1.99	0.77	1.10	15.47826		
25	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.95	11.02556		
26	1.21	1.19	1.16	1.09	1.05	1	0.97	0.95	0.95	0.88	0.85	0.85	0.81	0.79	0.76	0.75	0.75	2	1.66	1.47	1.36	1.25	1.21	1.16	2	0.75	1.09	15.06116		
27	1.09	1.05	1.05	0.99	0.96	0.95	0.95	0.95	0.89	0.87	0.85	0.85	0.85	0.81	0.78	0.75	0.75	1.3	1.31	1.26	1.18	1.07	1.01	0.97	1.31	0.75	0.98	11.84894		
28	0.97	0.94	0.89	0.87	0.86	0.85	0.84	0.82	0.81	0.78	0.77	0.77	0.75	0.74	0.73	0.71	0.71	0.85	0.95	1.2	1.48	1.48	1.41	1.5	1.48	1.48	0.71	0.95	10.97025	
29	1.46	1.35	1.25	1.18	1.14	1.05	1	0.97	0.95	0.94	0.87	0.87	0.84	0.82	0.79	0.76	0.73	0.73	0.73	0.73	0.67	0.67	0.67	0.65	0.78	1.46	0.65	0.91	10.06182	
30	0.81	0.89	0.89	0.87	0.84	0.82	0.81	0.79	0.78	0.76	0.75	0.74	0.73	0.73	0.73	0.67	0.65	0.64	0.63	0.63	0.62	0.61	0.61	0.61	0.61	0.93	0.61	0.74	6.224494	
31	0.91	1.04	0.97	0.93	0.85	0.81	0.79	0.77	0.76	0.74	0.73	0.73	0.68	0.67	0.65	0.63	0.63	0.63	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	1.2	1.5	1.49	1.5	0.85	8.586778

PEMBAGIAN DUGA MUKA AIR

BULAN : APRIL
TAHUN : 2019

LOKASI : JANTI
SUNGAI : WELANG HIJIR
DESA : DHOMPO
KEC : KRATON
KAB : PASURUAN

TGL	MUKA AIR / JAM																				MA MAX	MA MIN	MUKA AIR RATA-2	DEBIT RATA-2					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20					21	22	23	24	
1	1.4	1.34	1.24	1.15	1.06	1	0.9	2.35	0.76	0.75	0.7	0.68	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.68	2.35	0.67	0.89	9.632682	
2	0.68	0.68	0.68	0.68	0.67	0.67	0.67	0.64	0.64	0.63	0.63	0.7	0.98	1.39	1.36	1.2	1.1	1.04	0.99	0.95	0.95	0.89	0.88	0.87	1.39	0.63	0.86	8.733315	
3	0.85	0.85	0.85	0.85	0.84	0.82	0.82	0.79	0.77	1.6	2.5	3.47	3.12	2.76	2.59	2.22	2	1.8	1.62	1.49	1.39	1.29	1.25	1.17	3.47	0.77	1.57	33.80145	
4	1.12	1.06	1.03	0.96	0.93	0.92	0.86	0.83	0.81	0.79	1.3	2.41	3.3	3.48	2.9	2.42	2	1.76	1.6	1.52	1.42	1.35	1.31	1.23	3.48	0.79	1.55	35.03017	
5	1.21	1.11	1.05	1.03	1.01	0.99	0.93	0.91	0.9	0.89	0.84	0.83	0.82	0.74	0.92	2.67	2.28	2.02	1.82	1.64	1.53	1.45	1.38	1.31	2.92	0.82	1.43	27.47668	
6	1.25	1.21	1.19	1.19	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.18	1.17	1.13	1.12	1.12	1.11	1.09	1.09	1.25	1.09	1.16	17.41179	
7	1.09	1.09	1.08	1.08	1.09	1.09	1.09	1.07	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	2.6	2.76	2.92	2.45	2.2	2.08	2.02	1.84	1.79	1.57	2.92	1.05	1.65	37.38238
8	1.53	1.35	1.33	1.29	1.27	1.26	1.26	1.19	1.16	1.15	1.09	1.06	0.96	0.97	0.97	1.2	2.1	2.19	2.17	2	1.8	1.67	1.55	1.48	1.44	0.92	1.14	26.11283	
9	1.44	1.39	1.34	1.26	1.22	1.18	1.17	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1	0.93	0.93	0.93	0.92	1.2	1.29	1.2	1.17	1.13	1.07	1.03	1.44	0.92	1.14	16.8321	
10	1.47	1.38	1.36	1.28	1.19	1.13	1.07	1.05	1.03	1.01	0.97	0.95	0.93	0.93	0.92	0.92	2.27	2	1.3	1.08	1.38	1.26	1.21	1.16	2.27	0.92	1.22	19.38558	
11	1.13	1.12	1.06	1.05	1.03	1.03	1.02	1.02	1.01	0.99	0.93	0.92	0.92	0.91	0.97	0.95	2	2.24	1.89	1.68	1.54	1.5	1.49	1.4	2.24	0.91	1.24	20.20177	
12	1.36	1.28	1.24	1.22	1.17	1.15	1.13	1.12	1.05	1.04	1.02	0.99	0.95	0.93	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91	0.86	0.85	1.7	1.56	1.48	1.32	1.48	0.85	1.13	16.31608
13	1.23	1.15	1.13	1.12	1.11	1.04	1.02	1.01	1.01	0.99	0.96	0.93	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	2.11	2.09	1.86	1.78	1.68	1.58	1.48	2.11	0.91	1.24	20.24677
14	1.42	1.34	1.27	1.25	1.22	1.19	1.15	1.12	1.11	1.06	1.03	1.01	0.99	0.94	0.93	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	1.42	0.91	1.05	13.91861
15	0.91	0.91	0.91	0.9	0.9	0.89	0.89	0.89	0.89	0.87	0.92	0.85	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	1	1.02	0.95	0.92	0.87	0.86	1.02	0.81	0.88	9.3756	
16	0.86	0.85	0.85	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.9	0.87	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.84	0.87	0.87	0.87	0.87	0.85	0.85	0.85	0.92	0.82	0.85	8.606635	
17	0.92	0.92	0.89	0.87	0.87	0.86	0.86	0.86	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.81	0.81	0.76	0.75	0.74	0.74	0.73	0.72	0.72	0.72	0.72	0.92	0.72	0.81	7.638469	
18	0.72	0.73	0.73	0.73	0.73	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.73	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.73	5.9285	
19	0.71	0.71	0.71	0.71	0.72	0.72	0.73	0.73	0.73	0.73	0.72	0.72	0.72	0.71	0.69	0.67	0.65	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.63	0.62	0.73	0.62	0.69	5.136564	
20	2.4	2.3	1.79	1.78	1.59	1.44	1.33	1.26	1.2	1.13	1.07	1.03	1	0.94	0.91	0.96	0.93	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	1.2	2.08	0.76	1.38	21.63015	
21	1.64	1.4	1.25	1.17	1.13	1.07	1.04	1.02	0.99	0.95	0.92	0.91	0.87	0.85	0.83	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.75	0.75	0.74	0.74	1.64	0.74	0.96	11.29299	
22	0.74	0.74	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.78	0.8	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.72	0.72	0.71	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.73	0.84	0.68	0.74	6.092051	
23	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.73	0.73	0.73	0.73	0.71	0.69	0.68	0.67	0.67	0.67	0.65	0.65	0.65	0.65	0.75	0.65	0.75	5.545058	
24	0.65	0.65	0.66	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.67	0.65	0.65	0.65	0.65	0.64	0.63	0.63	0.63	0.63	0.68	0.63	0.66	4.649722	
25	0.63	0.63	0.63	0.63	0.65	0.65	0.65	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.65	0.65	0.63	0.63	1	1.08	0.99	1.05	1	0.99	0.97	1.08	0.63	0.75	6.417375	
26	0.95	0.93	0.88	0.87	0.85	0.83	0.83	0.83	0.83	0.78	0.77	0.76	0.75	0.73	0.7	0.67	0.66	0.65	0.65	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.65	0.63	0.75	6.442751	
27	0.63	0.63	0.63	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.66	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.66	0.65	0.65	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.95	0.63	0.64	4.317804	
28	0.63	1.85	1.77	1.72	1.77	1.7	1.59	1.47	1.36	1.24	1.17	1.12	1.06	1.01	0.98	0.94	0.87	0.81	2.5	5	6.27	6.18	6.06	5.91	6.27	0.63	2.29	75.59028	

PEMBAGIAN DUGA MUKA AIR

LOKASI : JANTI
 SUNGAI : WELANG HILIR
 DESA : DHOMPO
 KEC : KRATON
 KAB : PASURUAN

BULAN : MEI
 TAHUN : 2019

TGL	MUKA AIR / JAM														MA MAX	MA MIN	MUKA AIR RATA-2	DEBIT RATA-2										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14					15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	1.37	1.34	1.33	1.33	1.32	1.31	1.31	1.31	1.31	1.29	1.27	1.25	1.23	1.23	1.23	1.21	1.21	1.21	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.27	21.29566		
2	1.22	1.22	1.23	1.22	1.22	1.22	1.22	1.19	1.19	1.19	1.19	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.17	1.19	1.22	1.28	1.36	1.5	1.67	1.67	1.24	20.70177	
3	1.81	1.73	1.6	1.54	1.52	1.49	1.43	1.41	1.41	1.39	1.33	1.31	1.31	1.31	1.28	1.25	1.25	1.23	1.23	1.23	1.23	1.21	1.2	1.19	1.81	1.19	1.37	25.23398
4	1.17	1.17	1.17	1.15	1.15	1.15	1.14	1.13	1.12	1.11	1.11	1.1	1.09	1.07	1.07	1.06	1.05	1.04	1.03	1.03	1.03	1.02	1.01	1.01	1.09	1.01	1.09	15.25597
5	0.99	0.97	0.95	0.95	0.93	0.93	0.92	0.91	0.91	0.89	0.87	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.81	0.88	0.88	9.182544	
6	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	7.598642	
7	0.9	0.89	0.88	0.87	0.85	0.85	0.83	0.83	0.81	0.81	0.81	0.79	0.77	0.77	0.77	0.73	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.79	7.182529	
8	0.71	0.72	0.77	0.78	0.78	0.78	0.79	0.79	0.78	0.77	0.77	0.77	0.77	0.76	0.73	0.71	0.71	0.71	0.72	0.84	0.85	0.83	0.81	0.81	0.85	0.71	6.794567	
9	0.81	0.81	0.81	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.77	0.77	0.77	0.77	0.73	0.71	0.71	0.71	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.81	0.81	0.81	6.434287
10	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.68	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	1.1	1.12	1.02	1.03	1.12	0.67	0.76	6.493652
11	0.89	0.85	0.81	0.81	0.79	0.79	0.79	0.79	0.78	0.77	0.77	0.77	0.77	0.73	0.71	0.71	0.71	0.69	0.69	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.89	0.68	0.76	6.483154
12	0.68	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.71	0.71	0.69	0.69	0.69	0.67	0.67	0.67	0.67	0.65	0.65	0.64	0.64	0.78	0.64	0.68	5.121455
13	0.64	0.64	0.64	0.64	0.65	0.65	0.67	0.67	0.69	0.67	0.67	0.65	0.65	0.65	0.65	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.69	0.57	0.62	4.011527
14	0.57	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.57	0.57	0.57	0.57	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.59	3.488619
15	0.56	0.56	0.57	0.57	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.58	0.57	0.57	0.57	0.56	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.59	0.55	0.58	3.352897
16	0.57	0.57	0.57	0.58	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.58	0.57	0.57	0.57	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.59	0.55	0.57	3.310278
17	0.55	0.55	0.55	0.56	0.57	0.57	0.57	0.57	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.57	0.56	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.59	0.55	0.57	3.229857
18	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.51	0.49	0.49	0.49	0.56	0.49	0.54	2.831324
19	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.5	0.51	0.51	0.53	0.54	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.51	0.49	0.49	0.49	0.49	0.55	0.49	0.52	2.557638
20	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	2.692742
21	0.49	0.49	0.49	0.5	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.57	0.49	0.52	2.611262
22	0.49	0.49	0.49	0.5	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.54	0.49	0.51	2.452058
23	0.48	0.48	0.48	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.49	0.49	0.49	2.252577
24	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.48	0.48	0.48	2.114579
25	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.48	0.48	0.48	2.134026
26	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.48	0.48	0.48	2.129156
27	0.47	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.48	0.48	0.48	2.066351
28	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.49	0.49	0.5	0.53	0.52	0.51	0.51	0.51	0.51	0.49	0.49	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.49	0.49	0.49	2.187964
29	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.49	0.49	0.47	0.47	0.47	0.47	0.46	0.45	0.45	0.45	1.53	1.42	1.26	1.53	0.45	0.59	3.488619
30	1.16	1.03	0.97	0.87	0.83	0.79	0.77	0.71	0.7	0.67	0.67	0.65	0.65	0.61	0.58	0.55	0.55	0.51	0.49	0.49	0.49	0.47	0.47	0.47	1.16	0.47	0.67	4.919664
31	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	2.138902

PEMBAGIAN DUGA MUKA AIR

LOKASI : JANTI
 SUNGAI : WELANG HILIR
 DESA : DHOMPO
 KEC : KRATON
 KAB : PASURUAN

BULAN : JUNI
 TAHUN : 2019

TGL	MUKA AIR / JAM													MA MAX	MA MIN	MUKA AIR RATA-2	DEBIT										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13					14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	1.86531	
2	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.47	0.47	0.47	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	1.879002	
3	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.44	0.45	0.47	0.47	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	1.748741	
4	0.43	0.43	0.43	0.44	0.45	0.45	0.45	0.45	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	1.79716	
5	0.46	0.46	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.48	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	2.066351	
6	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	2.013943	
7	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	1.962208	
8	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	2.013943	
9	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	2.207745	
10	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	2.075952	
11	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	1.976251	
12	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	1.976251	
13	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	1.976251	
14	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	1.976251	
15	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	1.976251	
16	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	1.976251	
17	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	1.327748	
18	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.43	0.43	0.43	0.43	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	1.719909
19	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	1.874433	
20	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	1.510442	
21	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	1.374273	
22	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.41	0.41	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	1.331595	
23	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	1.413655	
24	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.43	0.43	0.43	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.48	2.037681
25	0.52	0.52	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	2.257586	
26	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	1.86531	
27	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	1.86531	
28	0.46	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.43	0.43	0.43	0.43	1.6832	
29	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	1.502254	
30	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	1.179453	
31																											

PEMBAGIAN DUGA MUKA AIR

LOKASI : JANTI
 SUNGAI : WELANG HILIR
 DESA : DHOMPO
 KEC : KRATON
 KAB : PASURUAN

BULAN : JULI
 TAHUN : 2019

TGL	MUKA AIR / JAM																															MUKA AIR RATA-2	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	MA MAX	MA MIN	MA RATA-2	DEBIT RATA-2					
1	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.39	0.39	0.39	0.45	0.43	0.41	0.41	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.45	0.38	0.40	1.370365					
2	0.42	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.42	0.42	0.42	0.41	0.41	1.370365					
3	0.42	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.42	0.42	0.42	0.37	0.40	1.289599					
4	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	1.358675					
5	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	3.007994					
6	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	2.579021					
7	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.49	0.48	0.45	0.44	0.44	0.44	0.44	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.44	0.48	2.066351					
8	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	1.386029					
9	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	1.285805					
10	0.38	0.38	0.38	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.42	0.43	0.43	0.43	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.43	0.37	0.39	1.192982					
11	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.40	1.285805				
12	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.40	1.156827				
13	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.36	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.37	0.35	0.36	0.946326					
14	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.32	0.35	0.819819					
15	0.35	0.35	0.35	0.37	0.37	0.37	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.37	0.37	0.37	0.38	0.35	0.37	1.03806					
16	0.37	0.37	0.37	0.38	0.38	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.36	0.38	1.072324					
17	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.4	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.4	0.36	0.38	1.093149					
18	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	1.011049					
19	0.37	0.37	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.37	0.39	1.164013					
20	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	1.135401					
21	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.37	0.39	1.135401					
22	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.37	0.39	1.14252				
23	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.41	0.41	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.37	0.41	0.37	0.39	1.174835					
24	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.41	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.37	0.41	0.37	0.39	0.38	1.082711					
25	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.41	0.39	0.39	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.41	0.35	0.38	1.065426						
26	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.856463					
27	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.37	0.34	0.35	0.828905						
28	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.36	0.38	1.03806					
29	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.37	0.37	0.37	0.37	0.44	0.44	0.41	0.4	0.39	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.36	0.44	0.36	0.36	0.38	1.051698					
30	0.36	0.36	0.36	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.39	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.36	0.38	1.065426				
31	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.37	0.37	0.37	0.4	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.39	0.39	1.202028					

PEMBAGIAN DUGA MUKA AIR

LOKASI : JANTI
 SUNGAI : WELANG HILIR
 DESA : DHOMPO
 KEC : KRATON
 KAB : PASURUAN

BULAN : AGUSTUS
 TAHUN : 2019

Tgl	MUKA AIR / JAM																								MA MAX	MA MIN	MUKA AIR RATA-2	DEBIT RATA-2	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24					
1	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.39	0.42	0.42	0.42	0.41	0.4	0.4	0.38	0.40	1.229694		
2	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.38	0.38	0.37	0.37	0.37	0.37	0.36	0.39	0.36	0.38	1.131849	
3	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.37	0.37	0.37	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.39	0.36	0.37	1.039664		
4	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.36	0.39	0.36	0.39	1.135401		
5	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.36	0.36	0.37	0.37	0.41	0.4	0.41	0.36	0.38	1.058551	
6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.4	0.39	0.37	0.37	0.37	0.36	0.36	0.37	0.37	0.39	0.39	0.4	0.36	0.39	1.14252	
7	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.39	0.39	0.39	0.37	0.37	0.38	1.128303	
8	0.37	0.37	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.37	0.37	0.39	0.39	0.36	0.37	0.994348		
9	0.38	0.38	0.38	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.36	0.36	0.37	0.37	0.33	0.33	0.38	0.33	0.36	0.948326		
10	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.34	0.33	0.33	0.743173	
11	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.34	0.33	0.33	0.7403	
12	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.983088	
13	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.41	0.41	0.41	0.4	0.4	0.4	0.41	0.41	0.41	0.41	0.42	0.39	0.41	1.31242	
14	0.39	0.39	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.36	0.39	0.36	0.37	1.017768		
15	0.36	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.39	0.39	0.39	0.39	0.36	0.36	0.922517	
16	0.39	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.33	0.39	0.33	0.36	0.958096	
17	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.714695
18	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.714695
19	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	1.048688
20	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.36	0.913316	
21	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.884472	
22	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.897064	
23	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.731715	
24	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.585745
25	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.585745
26	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.66212
27	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.619403
28	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.585745
29	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.585745
30	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.608947
31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.585745

PEMBAGIAN DUGA MUKA AIR

LOKASI : JANTI
 SUNGAI : WELANG HIJIR
 DESA : DHOMPO
 KEC : KRATON
 KAB : PASURUAN

BULAN : SEPTEMBER
 TAHUN : 2019

TGL	MUKA AIR / JAM																								MA MAX	MA MIN	MUKA AIR RATA-2	DEBIT
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.31	0.57305	
2	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.32	0.616781	
3	0.32	0.32	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.596001	
4	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.33	0.72602	
5	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.35	0.36	0.37	0.38	0.38	0.38	0.38	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.38	0.801798	
6	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.33	0.72602	
7	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.585745	
8	0.31	0.31	0.31	0.31	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.30	0.55799	
9	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.50	0.526077
10	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.583195	
11	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.585745	
12	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.585745	
13	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	1.20028	
14	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.50	2.328299
15	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.50	2.328299
16	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.50	2.328299
17	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.43	1.514544
18	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.43	1.514544
19	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.36	0.51	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.34	0.810784
20	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.50	1.56206
21	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.50	2.328299
22	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.50	2.328299
23	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.50	2.328299
24	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.39	1.182077
25	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.30	0.526077
26	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.30	0.526077
27	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.30	0.526077
28	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.30	0.526077
29	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.30	0.526077
30	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.30	0.526077
31	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.31	0.58301

PEMBAGIAN DUGA MUKA AIR

LOKASI : JANTI
 SUNGAI : WELANG HILIR
 DESA : DHOMPO
 KEC : KRATON
 KAB : PASURUAN

BULAN : NOPEMBER
 TAHUN : 2019

TGL	MUKA AIR / JAM														MA MAX	MA MIN	MUKA AIR RATA-2	DEBIT RATA-2											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14					15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.34	0.52	1.2	1.43	1.3	1.11	0.99	0.28	0.49	2.153562		
2	0.92	0.9	0.82	0.73	0.69	0.63	0.59	0.55	0.52	0.49	0.47	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.56	0.83	0.91	1.11	1.02	0.96	0.8	0.45	0.69	5.220061		
3	0.72	0.69	0.62	0.59	0.57	0.55	0.52	0.58	0.6	0.58	0.54	0.51	0.49	0.49	0.48	0.47	0.47	0.45	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.52	2.622054		
4	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.36	0.34	0.3	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28	0.36	0.919316		
5	0.28	0.28	0.34	0.33	0.33	0.33	0.3	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.34	0.29	0.30	0.497445	
6	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.29	0.30	0.447583	
7	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.416354	
8	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.416354	
9	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.416354	
10	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.416354	
11	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.24	0.23	0.23	0.23	0.27	0.26	0.26	0.27	0.26	0.24	0.24	0.24	0.23	0.21	0.21	0.24	0.238611	
12	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.27	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.21	0.21	0.25	0.281085	
13	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.25	0.25	0.29	0.3	0.3	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27	0.26	0.26	0.26	0.3	0.21	0.25	0.277559
14	0.26	0.26	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.26	0.25	0.25	0.26	0.26	0.309545	
15	0.24	0.24	0.24	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.26	0.25	0.25	0.26	0.26	0.309545	
16	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.133267	
17	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.133267	
18	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.105644	
19	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.160994	
20	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.15986	
21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.133267	
22	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.133267	
23	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.133267	
24	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.133267	
25	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.133267	
26	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.133267	
27	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.133267	
28	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.146998	
29	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.133267	
30	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.105644	
31																													

LAMPIRAN C
DOKUMENTASI PENGUKURAN ARUS LAUT



-Data Pengukuran Pasang Surut

Date	Time	Pengukuran (Asli)	Pengukuran MSL
14/11/2019	12.00	1.58	0.18
14/11/2019	13.00	1.6	0.2
14/11/2019	14.00	1.46	0.06
14/11/2019	15.00	1.19	-0.21
14/11/2019	16.00	0.93	-0.47
14/11/2019	17.00	0.74	-0.66
14/11/2019	18.00	0.72	-0.68
14/11/2019	19.00	0.98	-0.42
14/11/2019	20.00	1.42	0.02
14/11/2019	21.00	1.92	0.52
14/11/2019	22.00	2.32	0.92
14/11/2019	23.00	2.35	0.95

-Data Pengukuran Arus

Stasiun	Titik 21		
Northing (m)	708920.41		
Easting (m)	9161499.29		
Tanggal	14-Nov-19		
Waktu (WIB)	Pengukuran		
	0.2d	0.6d	0.8d
13:00	0.0943	0.0137	0.0148
14:00	0.0456	0.0427	0.0361
15:00	0.0377	0.0322	0.0264
16:00	0.0462	0.0406	0.0363
17:00			
18:00			
19:00	0.0504	0.0471	0.0292
20:00	0.0288	0.0309	0.0256
21:00	0.0169	0.0183	0.0149

LAMPIRAN D
DOKUMENTASI PENGAMBILAN SAMPEL
SEDIMEN DASAR SUNGAI





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK - ITS
Kampus ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya (60111)
Telp./ Fax : 031-5928601, 5994251-55 psw. 1140

Nomor : 0393/L-Tan/XI/2019.
Lamp. : 5 lembar.
Hal : Laporan Hasil uji material sedimen

Surabaya, 22 Nopember 2019

K e p a d a
Yth. **MAHASISWA TEKNIK KELAUTAN**
Di **SURABAYA**

Dengan hormat,

Bersama ini kami sampaikan laporan hasil pengujian material sedimen sebanyak 4 (empat) sample yang diambil dari lokasi Muara Welang, Kali Porong, Kab. Sidoarjo.

Macam pengujian analisa pembagian butir, berat volume, spesifik gravity dan Porositas. Tujuannya material tersebut akan dipergunakan pada pekerjaan Tesis.

Hasil pengujian material sedimen dapat dilihat pada halaman berikutnya.

Demikian yang dapat kami sampaikan dan kami ucapkan banyak terima kasih.

Lab. Mekanika Tanah dan Batuan
Departemen Teknik Sipil FTSLK - ITS.
Kepala,



Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar MSc.PhD

LAPORAN HASIL PENGUJIAN MATERIAL SEDIMEN

1. Pendahuluan.

Sesuai surat permintaan dari Mahasiswa Teknik Kelautan, tanggal 11 Nopember 2019 perihal pengujian material sedimen maka kami lakukan pengujian material sedimen tersebut yang di kirim ke Laboratorium kami sebanyak 4 (empat) sample yang diambil dari lokasi Muara Welang, Kali Porong, Sidoarjo.

Adapun jenis pengujian yang dilakukan adalah Analisa Pembagian Butir, Berat volume, Spesifik Gravity dan Porositas.

2. Tujuan pengujian

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui karakteristik material tersebut yang akan digunakan sebagai bahan timbunan.

3. Macam dan Metode pengujian.

Metode yang digunakan adalah Analisa Pembagian Butir ASTM D422-00(1990) dan SNI 03-1968-1990, Berat Volume SNI 03-3637-1994, Spesifik Gravity ASTM D854-00, SNI 03-1965-1990.

4. Hasil pengujian

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan (lihat lampiran), maka dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Sample No. STA. 18 :

- Hasil Uji Analisa Pembagian butir: - Kerikil = 0,00 %, - Pasir = 3,80 %
Butiran halus (lanau+lempung) = 96,21 %

- Hasil Uji Berat Volume dan Spesifik Gravity :

- Berat volume tanah (γ_t) = 1,295 gr/cm³ - **Porositas**(n) = 82,39 %
- Berat volume kering (γ_d) = 0,478 gr/cm³ - Angka Pori(e) = 4,684
- Kadar Air (Wc) = 171,30 % - Spesifik Gravity (Gs) = 2,712.
- Derajat Kejenuhan (Sr) = 100,02 %

2. Sample No. STA. 20 :

- Hasil Uji Analisa Pembagian butir: - Kerikil = 0,00 %, - Pasir = 30,21 %
- Butiran halus (lanau+lempung) = 66,08 %

- Hasil Uji Berat Volume dan Spesifik Gravity :

- Berat volume tanah (γ_t) = 1,402 gr/cm³ - **Porositas**(n) = 75,69 %
- Berat volume kering (γ_d) = 0,654 gr/cm³ - Angka Pori(e) = 4,115
- Kadar Air (Wc) = 114,57 % - Spesifik Gravity (Gs) = 2,688
- Derajat Kejenuhan (Sr) = 100,00 %

3. Sample No. STA. 21 :

- Hasil Uji Analisa Pembagian butir: - Kerikil = 0,00 %, - Pasir = 6,15 %
- Butiran halus (lanau+lempung) = 93,86 %

- Hasil Uji Berat Volume dan Spesifik Gravity :

- Berat volume tanah (γ_t) = 1,353 gr/cm³ - **Porositas**(n) = 78,31 %
- Berat volume kering (γ_d) = 0,584 gr/cm³ - Angka Pori(e) = 3,610
- Kadar Air (Wc) = 131,90 % - Spesifik Gravity (Gs) = 2,690.
- Derajat Kejenuhan (Sr) = 100,00 %

4. Sample No. STA. 39 :

- Hasil Uji Analisa Pembagian butir: - Kerikil = 0,56 %, - Pasir = 69,96 %
 - Butiran halus (lanau+lempung) = 29,48 %

- Hasil Uji Berat Volume dan Spesifik Gravity :
 - Berat volume tanah (γ_t) = 1,834 gr/cm³ - **Porositas**(n) = 47,72 %.
 - Berat volume kering (γ_d) = 1,390 gr/cm³ - Angka Pori(e) = 0,913
 - Kadar Air (Wc) = 31,91 % - Spesifik Gravity (Gs) = 2,659.
 - Derajat Kejenuhan (Sr) = 100,00 %

Demikian Laporan ini disampaikan dan atas kerja samanya kami ucapkan terima kasih.



LAMPIRAN HASIL PENGUJIAN MATERIAL SEDIMEN

Pemohon : **MAHASISWA TEKNIK KELAUTAN** Selesai di uji Tgl : 22 Nop. 2019
 Pekerjaan : **PENELITIAN TESIS** Laboran : Herry. S Cs
 Lokasi : **KALI PORONG, SIDOARJO.** Diperiksa oleh : Ir. Gani, MT.
 Quarry Mat : **MATERIAL SEDIMEN DARI MUARA WELANG,**
 Jenis Material : 1. STA. 18 - LEMPUNG WARNA ABU-ABU.
 2. STA. 20 - LANAU LEMPUNG BERPASIR WARNA ABU-ABU
 3. STA. 21 - LEMPUNG WARNA ABU-ABU.
 4. STA. 39 - PASIR BERLEMPUNG WANA ABU-ABU

No.	Jenis Pengujian	Satuan	HASIL PENGUJIAN MATERIAL SEDIMEN			
			Sample No. 18	Sample No. 20	Sample No. 21	Sample No. 39
1	Analisa Pembagian Butir (Gradasi) :					
	ASTM D 422-90; SNI 03-3423-2000					
	- Kerikil	%	0,00	3,71	0,00	0,56
	- Pasir	%	3,80	30,21	6,15	69,96
	- Butiran Halus (lanau+Hempung)	%	96,21	66,08	93,86	29,48
2	Kadar Air dan Spesifik Gravity :					
	SNI 03-1864-1990 dan SNI 03-1965-1990					
	Berat Volume γ_t	gr/cc	1,295	1,402	1,353	1,834
	Berat Vol. kering γ_d	gr/cc	0,478	0,654	0,584	1,390
	Kadar Air W_c	%	171,30	114,57	131,90	31,91
	Derajad Kejenuhan S_r	%	100,02	100,00	100,00	100,00
	Porositas n	%	82,39	75,69	78,31	47,72
	Angka Pori e		4,684	3,115	3,610	0,913
	Spesifik Gravity G_s		2,712	2,688	2,690	2,659



LABORATORIUM MEKANIK TANAH & BATUAN

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK - ITS.

Kampus ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya (60111)

Telp.: 031-5928601, 5994251-55 Pesw. 1140, Fax. 031-5928601

ANALISA PEMBAGIAN BUTIR

SNI 03-3423-1990 ; ASTM D 422-90 (1973)

Pemohon	=	MAHASISWA TEKNIK KELAUTAN FTK-ITS			Tanggal uji	: 15 Nop. 2019
Proyek	=	PENELITIAN TESIS			Laboran	: Endro Cs.
Lokasi	=				Diperiksa	: Ir. Gani, MT
Lokasi Sampel	=	SEDIMEN DARI MUARA WELANG.				
Sample No.	=					

Sample No. : STA. 18				KERIKIL	PASIR			BUTIRAN HALUS	
Brt Tanah Kering = 200 gr					KASAR	MEDIUM	HALUS	LANAU	LEMPUNG
Brt mangkok = 19,87 gr				0,00%	3,80%			24,53%	71,68%
φ (mm)	# SIEVE	Berat Tertahan (gr)		% Tertahan	% Lolos				
50	2"				100				
25,4	1"				100				
19,05	3/4"				100,00				
9,5	3/8"				100,00				
4,76	4				100,00				
2,00	10	20,15	0,3	0,14	99,86				
0,85	20	20,61	0,7	0,37	99,49				
0,425	40	21,13	1,3	0,63	98,86				
0,125	100	21,52	1,7	0,82	98,04				
0,075	200	23,53	3,7	1,83	96,21				
0,0094					75,64				
0,0069					74,05				
0,0049					72,47				
0,0035					70,88				
0,0025					69,30				
0,0001					67,72				

Sample No. : STA. 20				KERIKIL	PASIR			BUTIRAN HALUS	
Brt Tanah Kering = 197 gr					KASAR	MEDIUM	HALUS	LANAU	LEMPUNG
Brt mangkok = 19,87 gr				3,71%	30,21%			31,78%	34,30%
φ (mm)	# SIEVE	Berat Tertahan (gr)		% Tertahan	% Lolos				
50	2"				100				
25,4	1"				100,00				
19,05	3/4"				100,00				
9,5	3/8"	23,31	3,4	1,75	98,25				
4,76	4	23,74	3,9	1,96	96,29				
2	10	23,43	3,6	1,81	94,48				
0,85	20	24,95	5,1	2,58	91,90				
0,425	40	25,61	5,7	2,91	88,99				
0,125	100	26,73	6,9	3,48	85,51				
0,075	200	58,14	38,3	19,43	66,08				
0,0399					52,46				
0,0237					45,19				
0,0149					40,35				
0,0056					37,93				
0,004					35,51				
0,0029					33,09				
0,0001					25,82				



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK - ITS.

Kampus ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya (60111)

Telp.: 031-5928601, 5994251-55 Pesw. 1140, Fax. 031-5928601

ANALISA PEMBAGIAN BUTIR

SNI 03-3423-1990 ; ASTM D 422-90 (1973)

Pemohon	=	MAHASISWA TEKNIK KELAUTAN FTK-ITS			Tanggal uji	: 15 Nov. 2019	
Proyek	=	PENELITIAN TESIS			Laboran	: Endro Cs.	
Lokasi	=				Diperiksa	: Ir. Gani, MT	
Lokasi Sampel	=	SEDIMEN DARI MUARA WELANG.					
Sample No.	=						
Sample No. : STA. 21							
Brt Tanah Kering = 200 gr			KERIKIL	PASIR		BUTIRAN HALUS	
				KASAR	MEDIUM	HALUS	
Brt mangkok = 19,87 gr			0,00%	6,15%		23,93% 69,93%	
φ (mm)	# SIEVE	Berat Tertahan (gr)	% Tertahan	% Lolos			
50	2"			100			
25.4	1"			100			
19.05	3/4"			100,00			
9.5	3/8"			100,00			
4.76	4			100,00			
2.00	10	20,36	0,5	0,24			99,76
0.85	20	21,38	1,5	0,75			99,00
0.425	40	22,48	2,6	1,31			97,70
0.125	100	22,67	2,8	1,40			96,30
0.075	200	24,75	4,9	2,44			93,86
0.0094							73,79
0.0069							72,24
0.0049							70,70
0.0035							69,15
0.0025					67,61		
0.0001					66,06		
Sample No. : STA. 39							
Brt Tanah Kering = 300 gr			KERIKIL	PASIR		BUTIRAN HALUS	
				KASAR	MEDIUM	HALUS	
Brt mangkok = 19,87 gr			0,56%	69,96%		24,98% 4,50%	
φ (mm)	# SIEVE	Berat Tertahan (gr)	% Tertahan	% Lolos			
50	2"			100			
25.4	1"			100,00			
19.05	3/4"			100,00			
9.5	3/8"			100,00			
4.76	4	21,55	1,7	0,56			99,44
2	10	23,26	3,4	1,13			98,31
0.85	20	29,23	9,4	3,12			95,19
0.425	40	68,04	48,2	16,06			79,13
0.125	100	136,33	116,5	38,82			40,31
0.075	200	52,37	32,5	10,83			29,48
0.0452							12,60
0.0267							9,36
0.0167							7,20
0.0063							6,12
0.0045					5,04		
0.0032					3,96		
0.0001					0,72		



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH DAN BATUAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK-ITS.

KAMPUS ITS KEPUTIH, SUKOLILO, SURABAYA.
 Telp.: 031-5928601, 5994251 psw. 1140, Fax 031-5928601

PENGUJIAN BERAT VOLUME DAN SPESIFIK GRAVITY						
SNI 03-3637-1994, ASTM D854-00, SNI 03-1965-1990						
Pemohon : MAHASISWA TEKNIK KELAUTAN FTK-ITS.			Tanggal Uji : 16 Nop. 2019			
Pekerjaan : PENELITIAN TESIS			Laboran : Endro Cs.			
Lokasi : KALI PORONG, SIDOARJO.			Diperiksa Oleh: Ir. Gani MT.			
Quary Material : SEDIMEN DARI MUARA WELANG,						
Sample No.	STA. 18			STA. 20		
Jenis Tanah	Lempung warna abu-abu			Lanau lempung berpasir warna abu-abu		
Pengujian	1	2	Rata-rata	1	2	Rata-rata
Nomor Cawan	5	3		4	1	
Berat cawan kosong gr	17,04	18,68		18,27	20,14	
Berat cawan + tanah basah gr	37,95	40,18		41,99	42,53	
Berat cawan + tanah kering gr	24,54	26,83		29,46	30,45	
Berat cawan peloberan gr	97,02	97,02		97,02	97,02	
Berat cawan peloberan + Hg lober gr	316,79	322,74		323,74	317,46	
Berat Hg lober gr	219,77	225,72		226,72	220,44	
Berat tanah basah gr	20,91	21,50		23,72	22,39	
Volume tanah basah cc	16,16	16,60		16,67	16,21	
Berat Air gr	13,41	13,35		12,53	12,08	
Berat Tanah kering gr	7,50	8,15		11,19	10,31	
Nomor Piknometer	20	42		12	83	
Berat Piknometer kosong						
Berat Piknometer + Air suling gr	358,60	337,32		352,39	338,09	
Brt. Pikno + air + tanah kering gr	363,35	342,46		359,45	344,55	
Volume solid V_s cc	2,76	3,02		4,14	3,86	
Volume pori V_v cc	13,40	13,58		12,53	12,35	
Temperatur ($^{\circ}$ C) T $^{\circ}$ C	28	28		28	28	
Faktor Koreksi α	0,9980	0,9980		0,9980	0,9980	
Berat Volume γ_t gr/cc	1,294	1,295	1,295	1,423	1,381	1,402
Berat Volume kering γ_d gr/cc	0,464	0,491	0,478	0,671	0,636	0,654
Kadar Air Natural W_c %	178,80	163,80	171,30	111,97	117,17	114,57
Derajat Kejenuhan S_r %	100,04	100,00	100,02	100,00	100,00	100,00
Porositas. n %	82,95	81,83	82,39	75,18	76,20	75,69
Angka Pori e	4,865	4,503	4,684	3,028	3,202	3,115
Spesifik Gravity G_s	2,722	2,702	2,712	2,704	2,673	2,688



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH DAN BATUAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK-ITS.

KAMPUS ITS KEPUTIH, SUKOLILO, SURABAYA.
 Telp.: 031-5928601, 5994251 psw. 1140, Fax 031-5928601

PENGUJIAN BERAT VOLUME DAN SPESIFIK GRAVITY						
SNI 03-3637-1994, ASTM D854-00, SNI 03-1965-1990						
Pemohon : MAHASISWA TEKNIK KELAUTAN FTK-ITS.			Tanggal Uji : 16 Nop. 2019			
Pekerjaan : PENELITIAN TESIS			Laboran : Endro Cs.			
Lokasi : KALI PORONG, SIDOARJO.			Diperiksa Oleh: Ir. Gani MT.			
Quary Material : SEDIMEN DARI MUARA WELANG,						
Sample No.	STA. 21			STA. 39		
Jenis Tanah	Lempung warna abu-abu			Pasir berlempung warna abu-abu		
Pengujian	1	2	Rata-rata	1	2	Rata-rata
Nomor Cawan	3	B		7	8	
Berat cawan kosong	gr 27,22	27,83		26,61	27,39	
Berat cawan + tanah basah	gr 45,94	47,49		53,53	53,96	
Berat cawan + tanah kering	gr 35,30	36,30		47,27	47,29	
Berat cawan peloberan	gr 97,02	97,02		97,02	97,02	
Berat cawan peloberan + Hg lober	gr 284,09	295,74		299,31	291,53	
Berat Hg lober	gr 187,07	198,72		202,29	194,51	
Berat tanah basah	gr 18,72	19,66		26,92	26,57	
Volume tanah basah	cc 13,76	14,61		14,87	14,30	
Berat Air	gr 10,64	11,19		6,26	6,67	
Berat Tanah kering	gr 8,08	8,47		20,66	19,90	
Nomor Piknometer	20	42		12	83	
Berat Piknometer kosong						
Berat Piknometer + Air suling	gr 358,60	337,32		352,39	338,09	
Brt. Pikno + air + tanah kering	gr 363,68	342,65		365,29	350,53	
Volume solid V_s	cc 3,01	3,15		7,78	7,48	
Volume pori V_v	cc 10,75	11,47		7,10	6,82	
Temperatur ($^{\circ}$ C)	T $^{\circ}$ C 28	28		28	28	
Faktor Koreksi α	0,9980	0,9980		0,9980	0,9980	
Berat Volume γ_t	gr/cc 1,361	1,345	1,353	1,810	1,858	1,834
Berat Volume kering γ_d	gr/cc 0,587	0,580	0,584	1,389	1,391	1,390
Kadar Air Natural W_c	% 131,68	132,11	131,90	30,30	33,52	31,91
Derajad Kejenuhan S_r	% 100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Porositas. n	% 78,15	78,47	78,31	47,73	47,71	47,72
Angka Pori e	3,576	3,644	3,610	0,913	0,912	0,913
Spesifik Gravity G_s	2,688	2,692	2,690	2,657	2,661	2,659

BIODATA PENULIS

BIODATA PENULIS



Ilham Cahya, anak ketiga serta anak terakhir dari Bapak Cahyo Laksono, S.Pd. dan Ibu Endah Sulistyowati, S.Pd. yang 21 tahun lalu lahir pada tanggal 26 Juni 1996 di kota Jember, Jawa Timur. Penulis memulai jenjang pendidikan formalnya di SDN Karang Rejo 2 Jember lalu dilanjutkan ke jenjang sekolah menengah pertama SMP Negeri 2 Jember. Di SMP Negeri 2 Jember ini penulis mengambil jalur kelas Akselerasi dimana penulis menyelesaikan waktu sekolah dalam 2 tahun. Selama menyelesaikan jenjang sekolah menengah pertama, penulis aktif dalam kegiatan ekstrakurikuler Karya Ilmiah Remaja dan mampu berprestasi dalam ajang lomba Karya Ilmiah sebagai juara harapan 2 yang diadakan oleh pihak Kecamatan Gumuk Mas, Kabupaten Jember. Setelah lulus, penulis melanjutkan ke sekolah SMA Negeri 1 Jember dimana penulis juga mengambil jalur kelas Akselerasi. Selama di SMA Negeri 1 Jember, penulis aktif pada ekstrakurikuler tari modern dan mampu berprestasi dalam berbagai kejuaraan tari modern baik tingkat kelurahan hingga kabupaten. Lulus pada tahun 2013, penulis melanjutkan pendidikan formalnya ke Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan program studi sarjana (S-1) yang dipilih yaitu Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam berbagai perlombaan, kegiatan, serta organisasi di kampus ITS. Unit Kegiatan Tari dan Karawitan Rara Kananta (UKTK) ITS adalah UKM yang penulis minati. Berbekal hobi menari, penulis juga mampu berprestasi dalam berbagai kejuaraan tari modern. Tidak hanya itu, ketertarikan penulis merambah dalam kegiatan organisasi. Di UKM UKTK ITS pada tahun kedua penulis diamanahi sebagai Koordinator Tari Modern, lalu pada tahun ketiga penulis diamanahi kembali menjadi Wakil Ketua. Selain itu, penulis juga turut mensukseskan berbagai kegiatan dalam UKM sebagai panitia. Selain kepanitiaan dalam UKM, penulis pernah diamanahi sebagai Koordinator Kompetisi Tari Modern di kegiatan institut yaitu ITS Expo 2015 serta sebagai Staff Ahli di kegiatan departemen yaitu Oceano 2015. Demi memperluas pengetahuan, penulis juga mengikuti beberapa seminar serta

pelatihan. Penulis pernah melakukan kerja praktik selama 2 bulan di PT. Terminal Petikemas Surabaya (TPS) yang merupakan perusahaan bongkar muat petikemas berstandar internasional. Judul penelitian yang diusung saat kuliah Sarjana S-1 adalah *Studi Perpanjangan Jetty akibat Penambahan Daya terhadap Sedimentasi dan Persebaran Air Panas di PLTGU Grati (PT. Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkit Perak-Grati)*, yang diselesaikan selama 4,5 tahun. Lalu pada kesempatan yang berbahagia ini, penulis mampu menyelesaikan penelitian syarat kelulusan Magister S-2 dengan judul, *Pemodelan Banjir dan Sedimentasi di Sungai Welang, Pasuruan*, yang diselesaikan selama 2 tahun.

Contact Person : ilhamcahya31@gmail.com