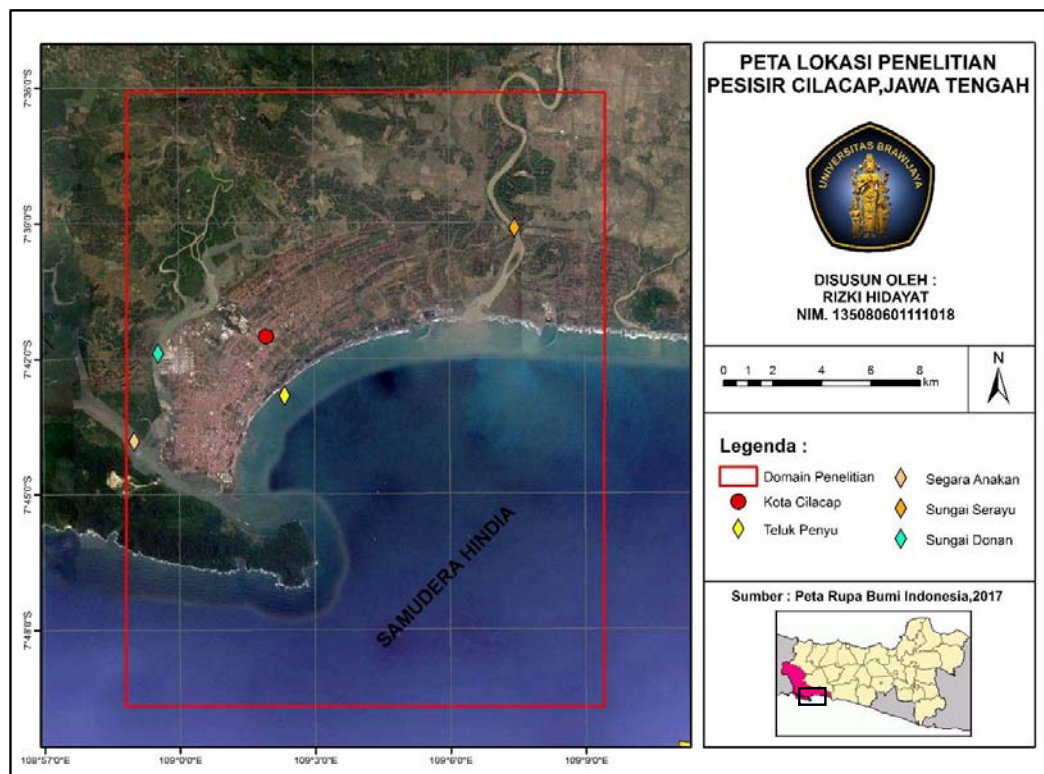


3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2017 hingga Januari 2018 di Balai Teknologi Infrastruktur Pelabuhan dan Dinamika Pantai (BTIPDP)-BPPT Yogyakarta. Prosedur penelitian berfokus pada pengolahan data, *setup* dan pacu model dengan lokasi penelitian berada di Pesisir Cilacap, Jawa Tengah. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian, Kota Cilacap Jawa Tengah. Batas wilayah penelitian berada dalam garis merah

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Dalam penelitian ini, ada dua jenis data yang digunakan, yaitu data model dan data validasi. Data model digunakan dalam membangun model dan

didapatkan dari berbagai macam sumber. Adapun data model yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini disajikan dalam Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Data Masukan Model

No	Data	Sumber
1	Batimetri	GEBCO resolusi 68,556 meter
2	Topografi	GEBCO resolusi 68,556 meter
3	Angin	ECMWF, grid 0.125x0.125
4	Data model tsunami	Output <i>Software</i> TUNAMI
5	Peta dasar	Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:25000
6	Karakteristik minyak	MIKE by DHI, 2014

Selain data model, digunakan juga data validasi untuk menilai keakuratan data model dan model yang dibangun. Adapun data validasi yang digunakan ditampilkan pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Data Validasi Model

No	Data	Sumber
1	Data Elevasi Tsunami Cilacap tahun 2006	BAKOSURTANAL
2	Data titik inundasi tsunami 2006	Survei inundasi maksimum tsunami Pangandaran tahun oleh BPPT 2006

3.2.2 Peralatan

Dalam penelitian ini, peralatan yang digunakan dibagi menjadi dua yaitu perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian, baik pemodelan maupun pengolahan data masukan (input) yaitu menggunakan sistem perangkat komputer di BPPT. Perangkat lunak utama yang digunakan yaitu Mike DHI. Pembuatan skenario pemodelan sebaran tumpahan minyak diproses dengan menggunakan berbagai modul, antara lain *Mike Zero Mesh generator*, *Mike Zero Time Series*, *Mike Zero Profile Series*, *Mike Zero Data*

Extraction, Mike Zero Toolbox, dan Mike21 Flow Model FM. Untuk pemodelan tumpahan minyak, digunakan modul *Hydrodynamic Modul* dan *Spill Analysis Modul*. Selain Mike21 dari DHI, perangkat lunak lainnya digunakan dalam proses persiapan geodata dan validasi data. Perangkat lunak tersebut antara lain Global Mapper, ArcMAP, ODV, Matlab, Google Earth dan Microsoft Office. Peralatan yang digunakan tersaji dalam Tabel 3.

Tabel 3. Peralatan yang digunakan

No	Perangkat Lunak	Fungsi
1	Mike21 2014	<ul style="list-style-type: none"> Sebagai perangkat lunak utama dalam pemodelan hidrodinamika tsunami dan tumpahan minyak
2	ESRI ArcMap 9.3	<ul style="list-style-type: none"> membuat file shp garis pantai sebagai masukan ke perangkat Mike21. Membuat layout peta.
3	Global Mapper 16.0.5	<ul style="list-style-type: none"> Mengekstrak data batimetri dan topografi Untuk konversi file .shp menjadi .xyz Untuk konversi koordinat peta
5	Ocean Data View	<ul style="list-style-type: none"> Untuk ekstrak data sekunder angin dan gelombang dari ECMWF
6	WRPLOT	<ul style="list-style-type: none"> Untuk membuat mawar angin
7	Microsoft Excel	<ul style="list-style-type: none"> Untuk mengolah data pasang surut, angin, dan gelombang
8	Microsoft Word	<ul style="list-style-type: none"> Untuk membuat laporan hasil penelitian
9	Google Earth Pro	<ul style="list-style-type: none"> Untuk membuat file raster dan sebagai sumber peta

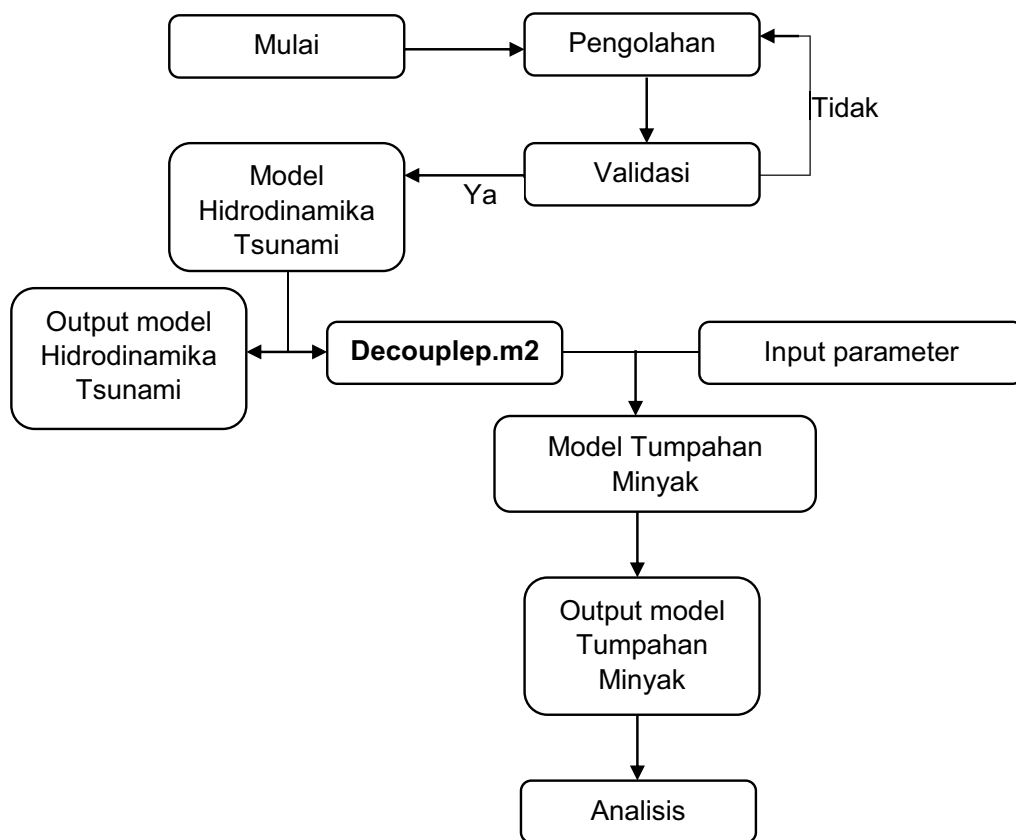
3.3 Skema Umum Penelitian

Penelitian diawali dengan melakukan validasi terhadap data dan model yang digunakan. Validasi terbagi atas dua metode, yaitu validasi elevasi dengan uji NRMSE dan validasi inundasi dengan overlay. Data validasi menggunakan data

tsunami Pangandaran tahun 2006 yang terdiri dari data elevasi hasil pengukuran BAOSURTANAL dan data inundasi maksimum hasil survei BPPT tahun 2006.

Setelah dilakukan tahap validasi, dan model serta data yang digunakan dinyatakan dapat diteima atau valid, langkah selanjutnya adalah melakukan pemodelan hidrodinamika tsunami. Pemodelan hidrodinamika tsunami dilakukan menggunakan *software Mike 21* modul *Flow Model FM*. Data yang digunakan antara lain data batimetri dan topografi sebagai *domain*, data tsunami sebagai *boundary condition*, data angin sebagai *wind condition* dan data nilai tahanan dasar sebagai *bed roughness*. Pemodelan hidrodinamika tsunami menggunakan modul *Flow Model FM* menghasilkan keluaran berupa output model hidrodinamika tsunami dan *file Decoupled.m1* yang akan digunakan sebagai masukan pada model tumpahan minyak.

Tahap selanjutnya adalah pemodelan tumpahan minyak. Pada tahap ini, *file Decoupled.m21* akan digunakan sebagai masukan kondisi hidrodinamika tsunami dan ditambahkan parameter tumpahan minyak seperti koordinat sumber tumpahan, total tumpahan, lama tumpahan dan karakteristik minya. Selanjutnya model akan dipacu menggunakan *Mike 21* modul *Spill Analysis*. Hasil dari modul *Spill Analysis* ini nantinya akan menghasilkan keluaran berupa output model tumpahan minyak untuk selanjutnya dilakukan analisi terhadap hasil keluaran tersebut. Skema umum dari seluruh pengerjaan dalam penelitian ini ditunjukkan pada gambar 3.



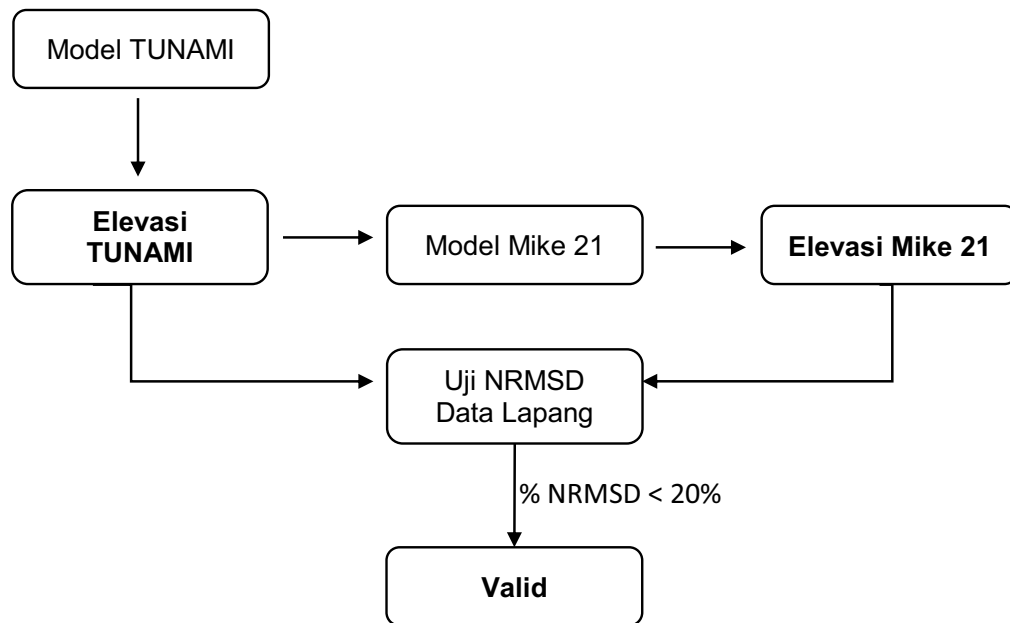
Gambar 3. Skema umum penelitian

3.4 Validasi Model

Sebelum menjalankan pemodelan berdasarkan skenario yang direncanakan, perlu dilakukan validasi model dengan membandingkan hasil awal pemodelan dengan data pengukuran langsung. Validasi bertujuan untuk mengetahui nilai keakuratan suatu model yang dibangun secara hipotetik. Data pembanding yang digunakan yaitu elevasi dari BAKOSURTANAL dan inundasi maksimum tsunami Pangandaran tahun 2006 hasil survei.

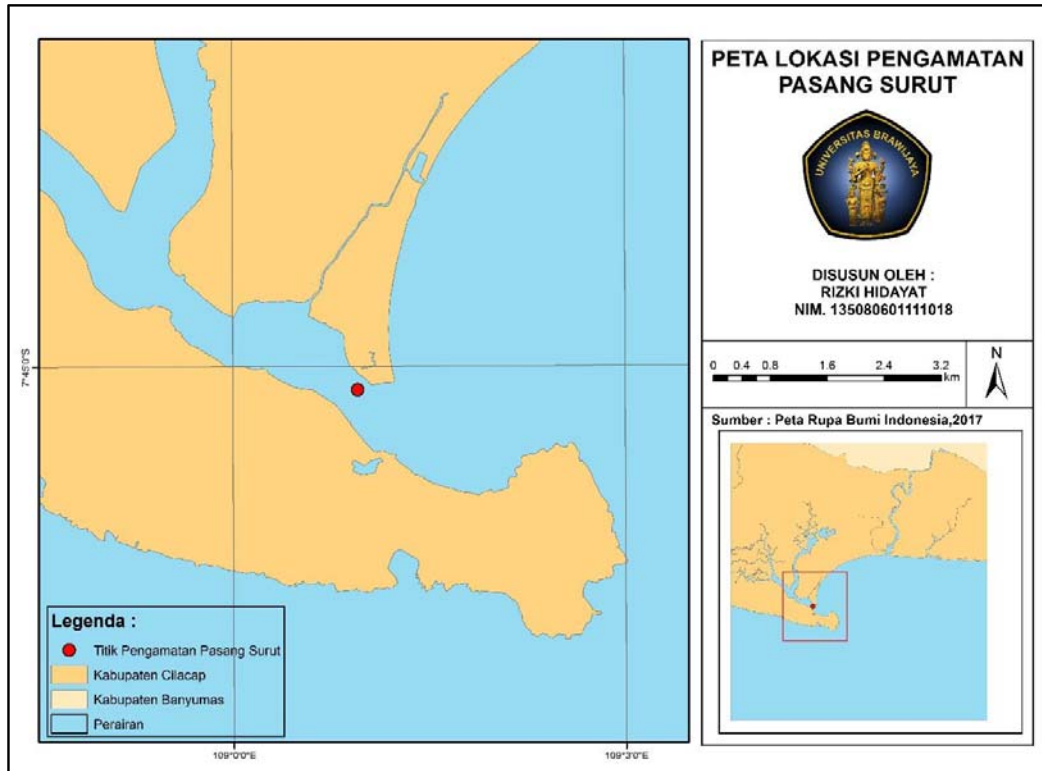
3.3.1 Validasi Elevasi Muka Air Laut

Tahapan yang dilakukan dalam validasi elevasi adalah sebagai berikut :



Gambar 4. Skema Validasi Elevasi

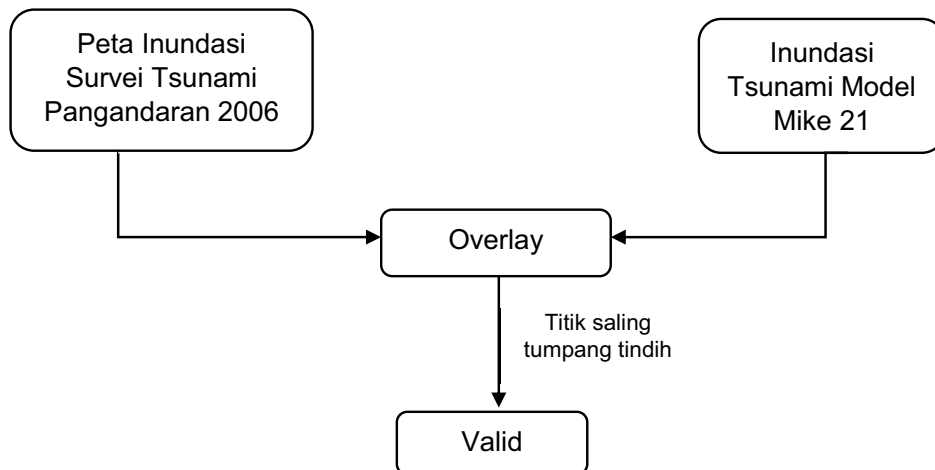
Validasi elevasi muka air dilakukan dengan membandingkan data elevasi hasil pengukuran lapang dengan elevasi hasil pacu model. Untuk validasi data elevasi menggunakan metode *normalized root mean square deviation* (NRMSD). Hasil pemodelan dinyatakan dapat diterima jika nilai *error* NRMSD kurang atau sama dengan 20% (JSCE, 2002). Data validasi berasal dari pengamatan pasang surut BAKOSURTANAL ketika tsunami Pangandaran tanggal 27 Juli 2006 terjadi. Lokasi stasiun BAKOSURTANAL terletak pada koordinat 7,753009° LS dan 109,015965° BT seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Titik Validasi Model, titik merah menunjukkan lokasi Stasiun BAKOSURTANAL pada koordinat -7.753009 LS dan 109.015965 BT yang merupakan titik pengamatan data validasi.

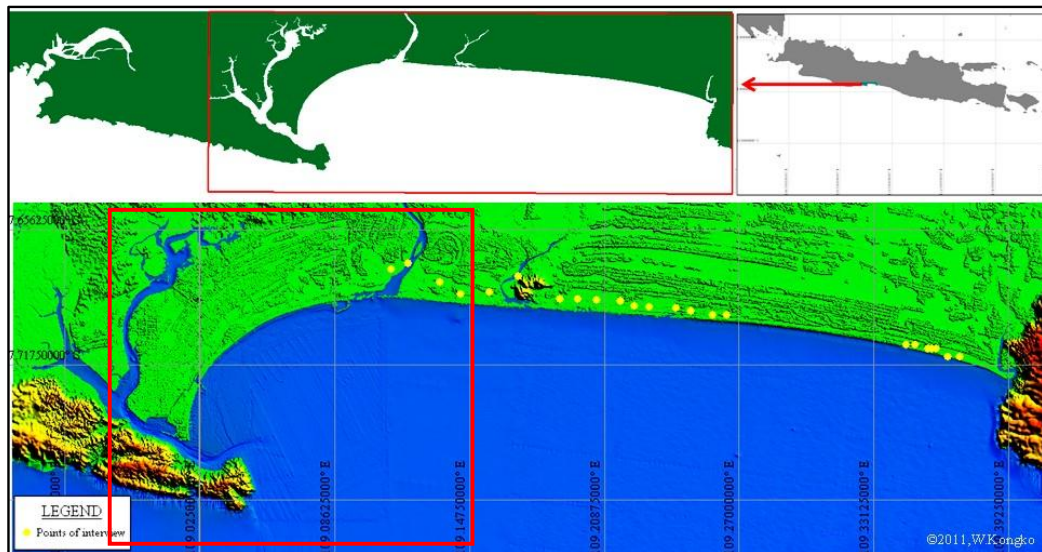
3.3.2 Validasi Inundasi Maksimum

Tahapan yang dilakukan dalam validasi inundasi maksimum adalah sebagai berikut :



Gambar 6. Skema Validasi Inundasi Maksimum

Inundasi merupakan genangan yang terjadi akibat gelombang tsunami yang mencapai daratan. Validasi inundasi maksimum tsunami dilakukan dengan metode tumpang susun antara data titik inundasi maksimum tsunami Pangandaran tahun 2006 hasil survei BPPT dengan inundasi maksimum dari model Mike21 (Kongko, 2010). Setelah dilakukan tumpang susun, dilakukan analisis secara visual terhadap titik inundasi yang saling berhimpitan. Peta inundasi maksimum tsunami Pangandaran tahun 2006 ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Peta titik inundasi maksimal berdasarkan survei. Titik kuning menunjukkan inundasi maksimum tsunami

3.5 Skenario Model

Pemodelan diawali dengan membuat data masukan (*input*) untuk model hidrodinamika pada program Mike21. Data masukan yang dibuat antara lain domain model dengan menggunakan data kedalaman dan topografi daratan, pembuatan data profil perairan ketika terjadi tsunami (*run-up*) serta data arah maupun kecepatan angin. Proses selanjutnya adalah pembuatan skenario pemodelan hidrodinamika dan tumpahan minyak dengan masukan input *run-up*

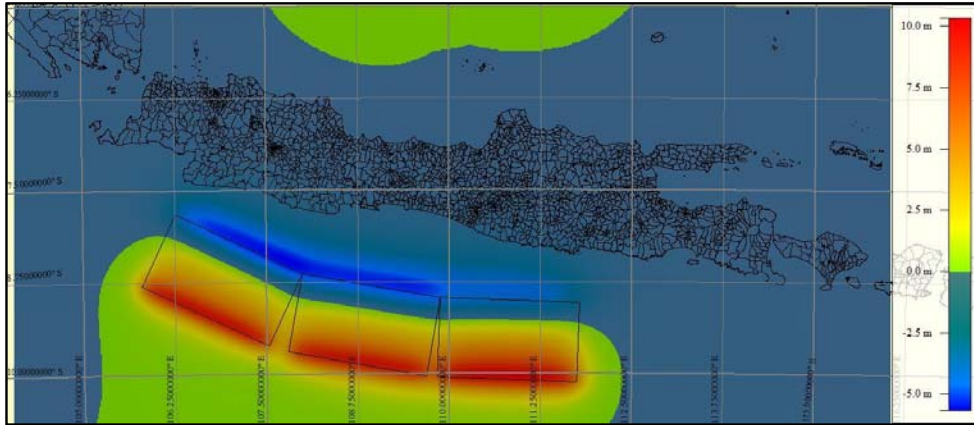
tsunami, angin, data tumpahan minyak serta data-data parameter pendukung dalam modul hidrodinamika tersebut. Modul yang digunakan dalam pembuatan skenario ini yaitu Mike21 Flow Model FM. Keluaran yang dihasilkan dari pemodelan ini selanjutnya menjadi hasil akhir dari seluruh proses pemodelan.

3.4.1 Skenario Tsunami

Skenario tsunami dalam pemodelan ini dibangun berdasarkan kemungkinan terburuk yang dapat terjadi. Penelitian Hanifa et al., (2014) tentang aktivitas tektonik lempeng Australia-Eurasia selama periode 2008-2010, mengungkapkan bahwa daerah subduksi yang berada pada bagian selatan Pulau Jawa memiliki potensi terjadinya gempa bumi *megathrust* berkekuatan maksimum Mw 9,0. Berdasarkan penelitian tersebut, dalam pemodelan ini digunakan skenario gempa berkekuatan Mw 9,0 sebagai skenario dengan kemungkinan terburuk yang dapat terjadi.

Simulasi patahan lempeng dibangun menggunakan *software* TUNAMI dengan parameter utama kedalaman lempeng dan magnitudo gempa. Untuk menghasilkan gempa dengan kekuatan Mw 9,0 sumber patahan dibagi menjadi tiga. Patahan pertama berada pada 106,8932 BT dan 8,7168 LS dengan kedalaman 19 km dan kekuatan Mw 8,67. Patahan kedua pada 108,8348 BT dan 9,3318 LS dengan kedalaman 22 km dan kekuatan Mw 8,72; dan patahan ketiga pada 110,8100 BT dan 9,5415 LS dengan kedalaman 23 km dan kekuatan 8,74 (Imamura et al, 2006). Lokasi patahan lempeng ditampilkan pada Gambar 8.

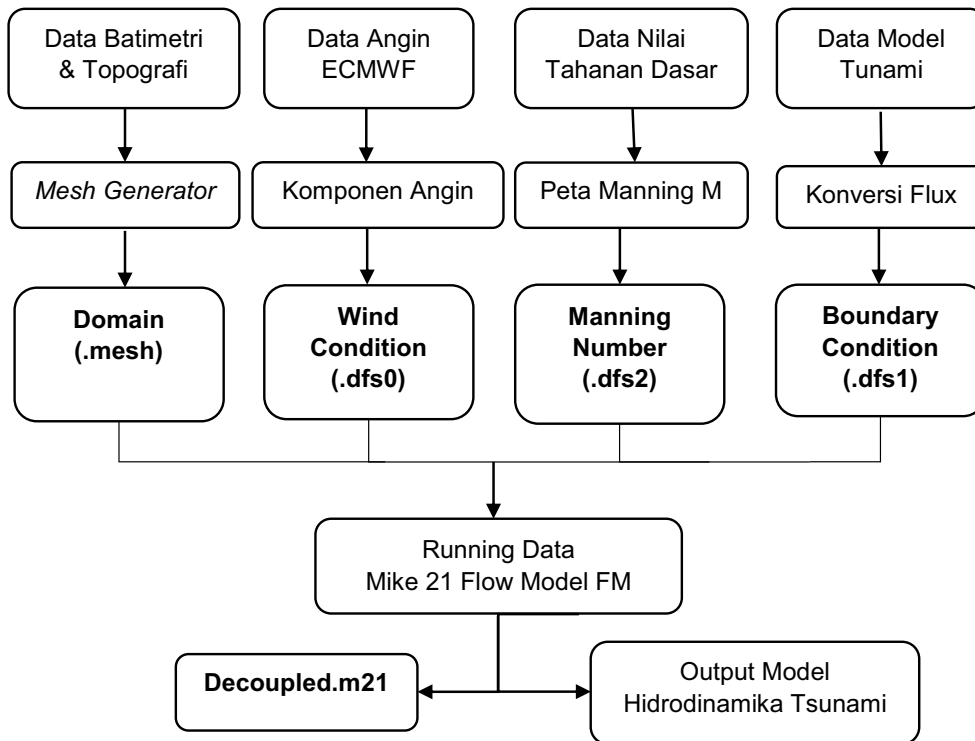
Simulasi patahan lempeng ini akan menghasilkan model gelombang tsunami yang dibangkitkan oleh gempa berkekuatan Mw 9,0. Model ini terdiri dari data elevasi, flux M dan flux N. Selanjutnya data model ini akan digunakan sebagai data masukan dalam *software* Mike 21.



Gambar 8. Posisi subduksi antara lempeng yang menghasilkan gempa 9,0 Mw ditunjukkan oleh warna merah dan biru.

3.4.2 Model Hidrodinamika Tsunami

Tahapan yang dilakukan dalam pemodelan hidrodinamika tsunami adalah sebagai berikut :



Gambar 9. Skema Pemodelan Hidrodinamika Tsunami

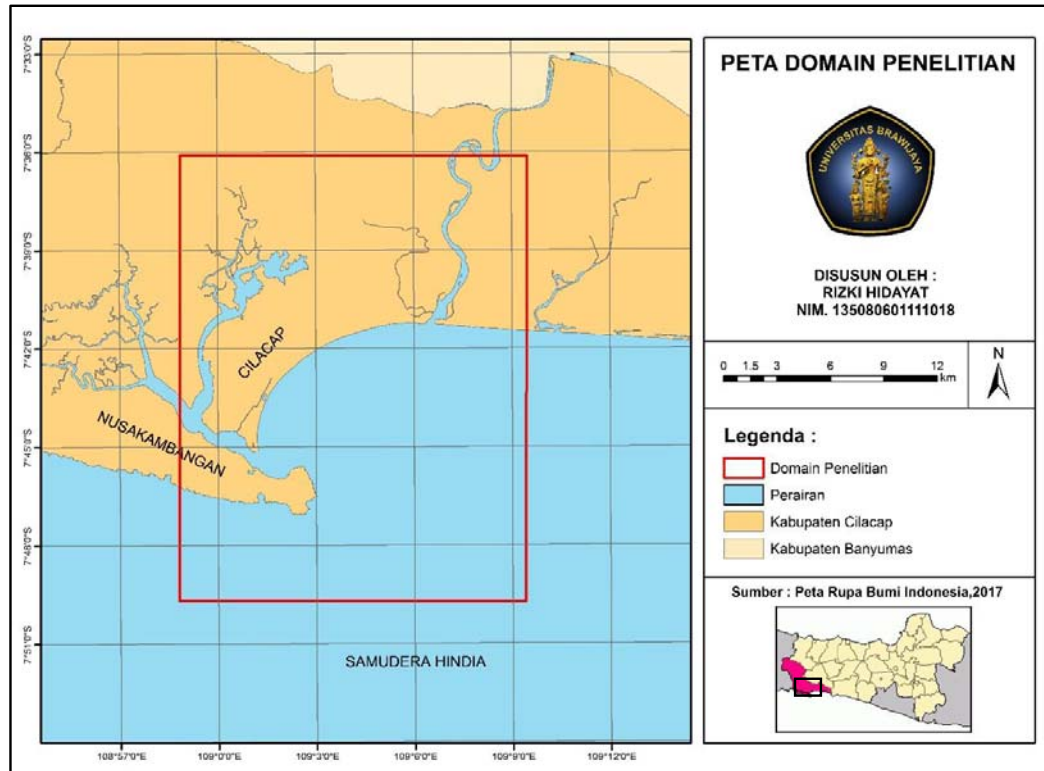
1. Domain

Dalam penentuan area cakupan model, harus dipertimbangkan lingkup area, posisi dan kondisi dari batas model hidrodinamika yang akan digunakan. Model sebaran tumpahan minyak dibuat dengan skenario lokasi yang memungkinkan terjadinya sumber buangan atau tumpahan minyak ke dalam perairan dan juga ancaman gelombang tsunami. Rancangan domain model dibuat dengan bentuk persegi dengan koordinat geografis terletak pada $7^{\circ}40'0.61''$ LS sampai $7^{\circ}49'43.97''$ LS dan $108^{\circ}58'51.30''$ BT sampai $109^{\circ} 9'24.22''$ BT seperti pada Gambar 10.

Domain model dibuat dengan modul *mesh generator* dengan luas maksimal mesh pada daerah konsentrasi rawan tsunami sebesar 625 meter persegi, sudut maksimal elemen mesh ditentukan sebesar 30 derajat dan jumlah nodes maksimum 1.000.000 nodes yang menghasilkan jumlah mesh sebanyak 227.815 dan jumlah nodes sebanyak 114.464. Semakin banyak jumlah mesh yang dibuat maka akan semakin detil hasil yang didapatkan namun dalam proses *running* akan memerlukan waktu yang lebih lama (MIKE by DHI, 2014). Daerah perairan yang dimodelkan antara lain Sungai Donan, Jalur Pelayaran Pelabuhan Tanjung Intan, Muara Sungai Serayu dan Teluk Penyu.

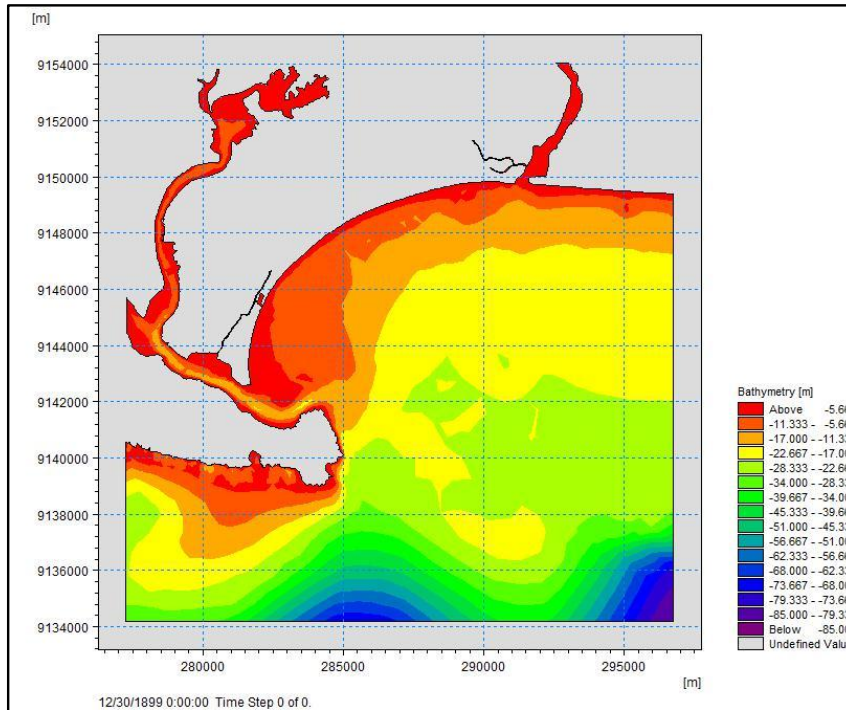
Domain model terdiri dari data batimetri dan topografi. Pengolahan data batimetri dan topografi dilakukan dengan modul *mesh generator* pada program Mike21 sebagai domain model. Perairan Cilacap memiliki ke dalam yang beragam dengan kisaran berada dari 0 hingga 30 meter di bawah permukaan laut. Pada syarat batas terbuka sebelah selatan dan timur berbatasan langsung dengan Samudera Hindia. Pada sekitar batas ini menunjukkan kontur batimetri terdalam yang ditunjukkan oleh warna kuning kecoklatan. Warna ini menunjukkan nilai kedalaman perairan antara 14 - 30 meter di bawah permukaan laut. Perairan Cilacap semakin dangkal saat mendekati garis pantai. Pada perairan sekitar Teluk

Penyu, kontur menunjukkan warna hijau muda dan hijau tua, ini berarti perairan tersebut memiliki kisaran kedalaman antara 0 – 13 meter di bawah permukaan laut.



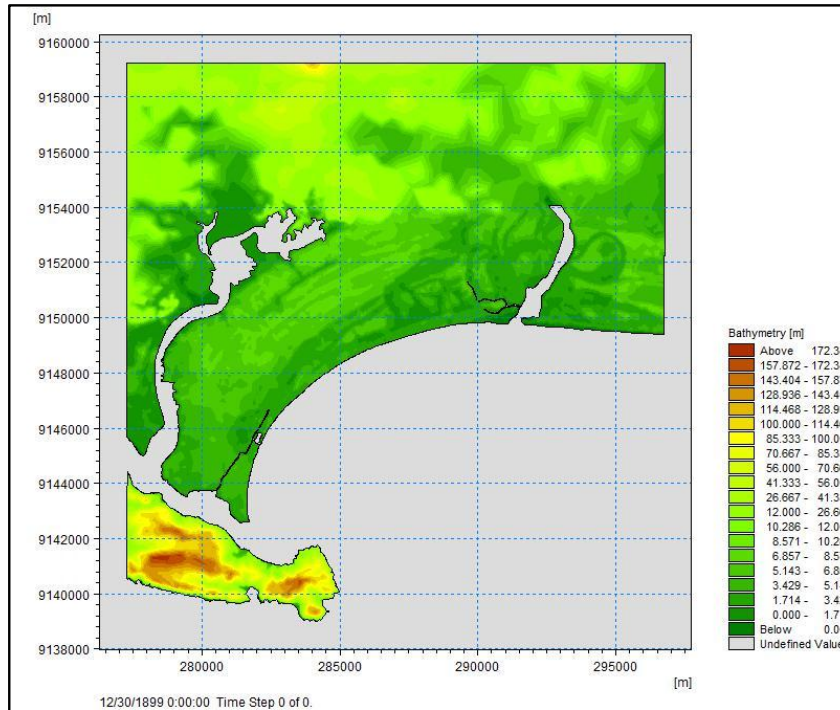
Gambar 10. Peta domain penelitian, wilayah dalam persegi empat merupakan domain penelitian.

Kedalaman perairan semakin kecil ketika memasuki daerah muara sungai. Pada syarat batas sebelah utara yaitu Muara Sungai Donan dan Muara Sungai Serayu masing-masing memiliki kedalaman 0 – 10 meter dan 0 - 2 meter di bawah permukaan laut. Memasuki daerah sekitar pelabuhan, kontur batimetri terlihat lebih dalam dan rapat. Kedalaman batimetri pada daerah ini mencapai 16 meter. Bentuk morfologi dasar laut pada wilayah ini sengaja dibuat untuk menunjang kegiatan pelayaran. Kontur batimetri Cilacap ditampilkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Kontur Batimetri hasil *mesh generator* Mike21, kedalaman Perairan Cilacap cukup beragam dengan rentang kedalaman dari 5 hingga 85 meter.

Selain batimetri, juga diperlukan elevasi topografi daratan. Proses pembuatannya sama dengan pembuatan peta batimetri yaitu menggunakan modul *mesh generator*. Wilayah daratan pesisir Cilacap memiliki kontur topografi yang cukup beragam. Daerah yang memiliki nilai topografi tertinggi yaitu ujung Pulau Nusa Kambangan. Pada daerah ini menunjukkan warna kuning hingga kuning kecoklatan. Warna tersebut menunjukkan kisaran ketinggian antara 100 meter hingga 180 meter di atas permukaan laut. Kontur pada daerah ini cenderung berbukit-bukit. Di sekitar daerah pesisir Pantai Teluk Penyu dan Kota Cilacap memiliki ketinggian yang tidak terlalu signifikan. Pada daerah ini ditunjukkan warna hijau dan hijau tua yang berarti memiliki ketinggian antara 0 hingga 10 meter di atas permukaan laut. Kontur topografi Cilacap ditampilkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Kontur topografi hasil *mesh generator* Mike21, kontur ketinggian wilayah daratan di Cilacap memiliki rentang 0 hingga 172 meter diatas permukaan laut.

2. Waktu

Dalam penelitian ini, waktu model skenario hipotetik terdiri atas dua kondisi angin, yaitu angin muson barat dan angin muson timur Untuk angin muson barat, pemodelan dilakukan pada tanggal 15 Desember 2016 dan angin muson timur pada tanggal 26 Juni 2017. Waktu tersebut dipilih untuk mewakili kondisi angin di kedua musim. Pemodelan dilakukan selama rentang waktu 24 jam dengan langkah waktu satu menit menghasilkan 1440 langkah waktu.

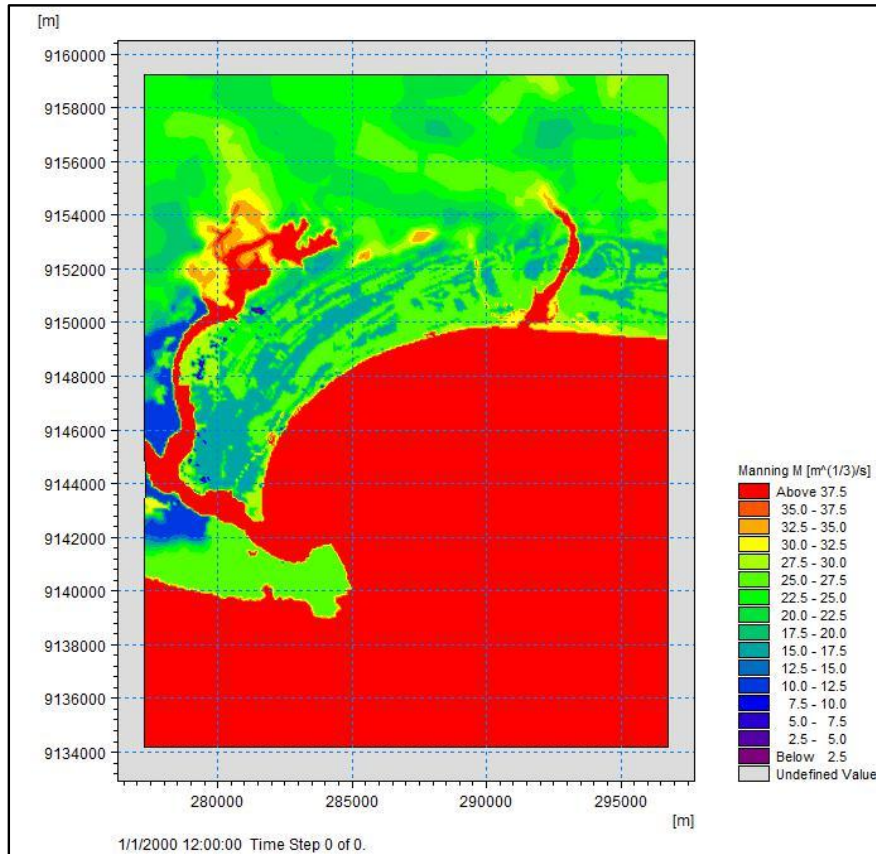
3. Nilai Tahanan Dasar

Nilai tahanan dasar (*bed resistance*) merupakan nilai kekasaran dasar laut dan gaya gesek antara dasar laut dengan air (MIKE by DHI, 2014). Nilai tahanan dasar menjadi data masukan dalam parameter *bed resistance*. Dalam

pemodelan ini, konstanta nilai tahanan dasar menggunakan nilai *Manning Number M* ($m^{1/3}/s$). Pada perairan laut dan sungai, nilai *Manning Number M* diasumsikan sama yaitu $40 m^{1/3}/s$ (Latief and Hadi, 2006), sedangkan untuk darat, nilai *Manning Number M* diberikan beragam berdasarkan tutupan lahan (Kaiser *et al*, 2011). Nilai *Manning Number M* ditunjukkan pada Gambar 13 berdasarkan data pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai tahanan dasar tutupan lahan dalam domain penelitian.

No	Kelas	Manning Number M ($m^{1/3}/s$)	Sumber
1	Dasar Perairan (laut dan sungai)	40	Latief dan Hadi,2006
2	Gedung	2,5	Kaiser <i>et al</i> ,2011
3	Hutan	12	Kaiser <i>et al</i> ,2011
4	Kebun	23	Kaiser <i>et al</i> ,2011
5	Mangrove	11	Kaiser <i>et al</i> ,2011
6	Pasir	32	Kaiser <i>et al</i> ,2011
7	Pemukiman	17	Kaiser <i>et al</i> ,2011
8	Rawa	32	Kaiser <i>et al</i> ,2011
9	Rumput	28	Kaiser <i>et al</i> ,2011
10	Sawah	27	Kaiser <i>et al</i> ,2011
11	Semak	26	Kaiser <i>et al</i> ,2011
12	Tanah	32	Kaiser <i>et al</i> ,2011
13	Tegalan	23	Kaiser <i>et al</i> ,2011



Gambar 13. Peta nilai tahanan dasar, terlihat pada wilayah perairan nilai kekasaran sebesar $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, sedangkan pada wilayah daratan nilai kekasaran beragam tergantung tutupan lahan.

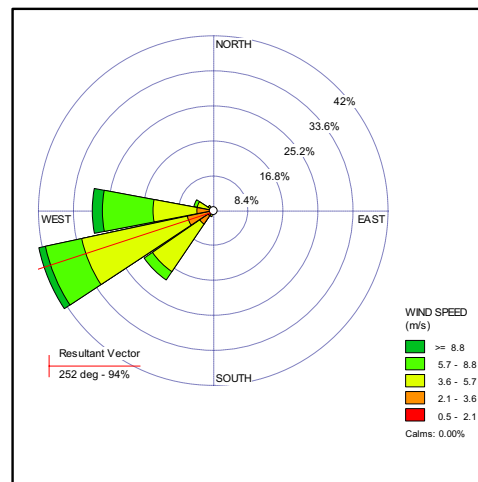
4. Angin

Data angin yang digunakan dalam model berasal dari *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF). Data angin tersebut merupakan hasil pengembangan prediksi cuaca secara numerik (ECMWF, 2017). Data terdiri dari komponen u dan komponen v. Untuk mendapatkan nilai arah dan kecepatan angin, data komponen tersebut diolah terlebih dahulu menggunakan *software* Microsoft Excel. Data angin yang digunakan diukur setiap 6 jam pada titik pengamatan 108,875 LS dan 7,75 BT. Arah dan kecepatan angin diasumsikan seragam pada seluruh wilayah domain.

Berdasarkan skenario waktu yang terdiri atas angin muson barat dan angin muson timur, data angin masukan model mengikuti kondisi angin pada tiap-tiap skenario waktu.

a. Angin Muson Barat

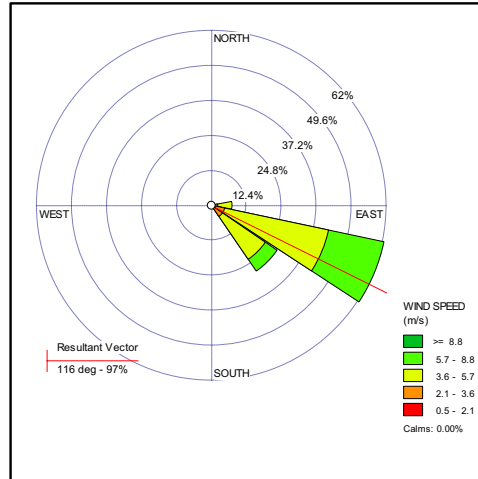
Skenario angin barat dimodelkan pada bulan Desember 2016. Angin pada bulan ini memiliki kecepatan maksimum 9,1 m/s dan kecepatan minimum 0,9 m/s. Arah angin dominan berhembus dari barat daya menuju timur laut atau. Grafik mawar angin muson barat ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik mawar angin muson barat, pada angin muson barat, angin dominan bertiup dari barat daya menuju timur laut

b. Angin Muson Timur

Skenario angin timur dimodelkan pada bulan Juni 2017. Angin pada bulan ini memiliki kecepatan maksimum 8,1 m/s dan kecepatan minimum 2,1 m/s. Arah angin dominan berhembus dari tenggara menuju barat laut atau. Grafik mawar angin muson timur dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Grafik mawar angin muson timur, pada angin muson timur, angin dominan bertiup dari tenggara menuju barat laut

5. Syarat Batas

Syarat batas ditentukan berdasarkan kondisi hidrodinamika pada batas tersebut. Dalam penelitian ini, syarat batas dibagi menjadi dua, yaitu syarat batas tertutup dan syarat batas terbuka.

a. Syarat Batas Tertutup

Syarat batas tertutup ditentukan berdasarkan wilayah daratan yang tidak memiliki pengaruh hidrodinamika dan dalam model ini diberi kode angka 0 pada model. Adapun Syarat batas tertutup adalah sebagai berikut :

- Bagian utara : Wilayah daratan Kabupaten Cilacap
- Bagian barat : Pulau Nusa Kambangan dan daratan Kabupaten Cilacap
- Bagian Timur : Wilayah daratan Kabupaten Cilacap

b. Syarat Batas Terbuka

Sedangkan syarat batas terbuka ditentukan berdasarkan perairan yang memiliki pengaruh hidrodinamika seperti aliran sungai, angin, pasang surut dan gelombang tsunami. Dalam model hidrodinamika tsunami, syarat batas di laut terbuka menggunakan tipe *flather condition*. Data masukan syarat batas terbuka

untuk kondisi tsunami diperoleh dari hasil keluaran model tsunami menggunakan *software* TUNAMI.

Peta syarat batas seperti ditampilkan pada Gambar 16. Data parameter tsunami hasil keluaran dari *software* TUNAMI terdiri dari 21 titik pada syarat batas dimana masing-masing titik mengandung data elevasi, flux M dan flux N. Sebelum memasukan data flux M dan flux N pada syarat batas dengan tipe *flather condition*, perlu dikonversi ke dalam bentuk velositas u dan velositas v (Imamura *et al*, 2006). Untuk melakukan konversi tersebut, digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Flux } M = u \times D$$

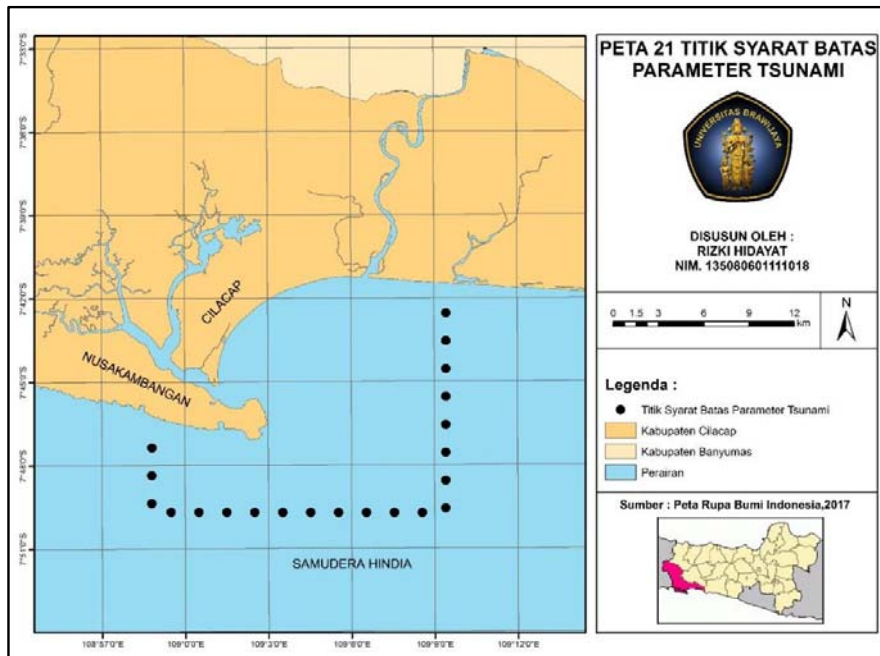
$$\text{Flux } N = v \times D$$

Jadi

$$\text{Velositas } u = \frac{M}{D}$$

$$\text{Velositas } v = \frac{N}{D}$$

Keterangan : D : Kedalaman titik



Gambar 16. Dua puluh satu titik syarat batas kondisi hidrodinamika tsunami, masing-masing titik memuat data elevasi, *velocity* u dan *velocity* v

Syarat batas terbuka aliran sungai diberikan nilai debit air tiap musimnya.

Nilai debit sungai dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5. Debit pada syarat batas sungai (BBWS Citanduy, 2010)

No	Sungai	Debit Angin Muson Barat (m ³ /s)	Debit Angin Muson Timur (m ³ /s)
1	Segara Anakan	300	100
2	Serayu	550	250

Untuk syarat batas terbuka diberikan kode angka berurutan berlawanan arah jarum jam. Adapun Syarat batas tertutup adalah sebagai berikut :

- Batas 1 : Garis lurus yang ditarik vertikal terhadap Teluk Penyu, data masukan tipe flather condition data keluaran dai TUNAMI.
- Batas 2 : Garis lurus yang ditarik horizontal sepanjang Muara Sungai Serayu, data masukan tipe specified discharge berupa debit aliran sungai.
- Batas 3 : Garis lurus yang ditarik horizontal sepanjang aliran Sungai Donan, data masukan tipe specified discharge berupa debit aliran sungai.
- Batas 4 : Garis lurus yang ditarik vertikal sepanjang aliran Sungai Segara Anakan, data masukan tipe specified discharge berupa debit aliran sungai.
- Batas 5 : Garis lurus yang ditarik vertikal dari Pulau Nusakambangan, data masukan tipe flather condition data keluaran dai TUNAMI.
- Batas 6 : Garis lurus horizontal memotong Perairan Samudera Hindia, data masukan tipe flather condition data keluaran dai TUNAMI.

3.4.3 Skenario Tumpahan Minyak

1. Lokasi Tumpahan

Tumpahan minyak ke laut diskenariokan terjadi akibat hempasan gelombang tsunami terhadap fasilitas bongkar muat minyak mentah. Dalam skenario model , ada tiga fasilitas bongkar muat minyak sebagai sumber tumpahan

yaitu CIB I, CIB II, dan SPM. CIB (*crude island berth*) merupakan fasilitas penyimpanan minyak sementara yang berasal dari kapal-kapal tanker sebelum disalurkan pada kilang-kilang yang berada di daratan. CIB 1 dan CIB 2 memiliki kapasitas maximum sebesar 135000 ton. SPM (*Single Point Mooring*) adalah suatu struktur terapung berlokasi di lepas pantai yang berfungsi sebagai penambatan dan interkoneksi untuk muatan tanker atau pembongkaran produk gas atau cairan. SPM di Perairan Cilacap memiliki kapasitas maksimum sebesar 300000 ton (Pertamina, 2017). Masing-masing sumber tumpahan ini terletak pada titik yang berbeda. CIB I dan II terletak di utara Pulau Nusakambangan bagian timur seperti ditunjukkan pada gambar 17, sedangkan SPM terletak di lepas pantai tenggara P. Nusakambangan dengan jarak ± 12 km dari Pantai Cilacap seperti ditunjukkan pada gambar 18.



Gambar 17. Lokasi CIB 1 dan CIB 2



Gambar 18. Lokasi SPM

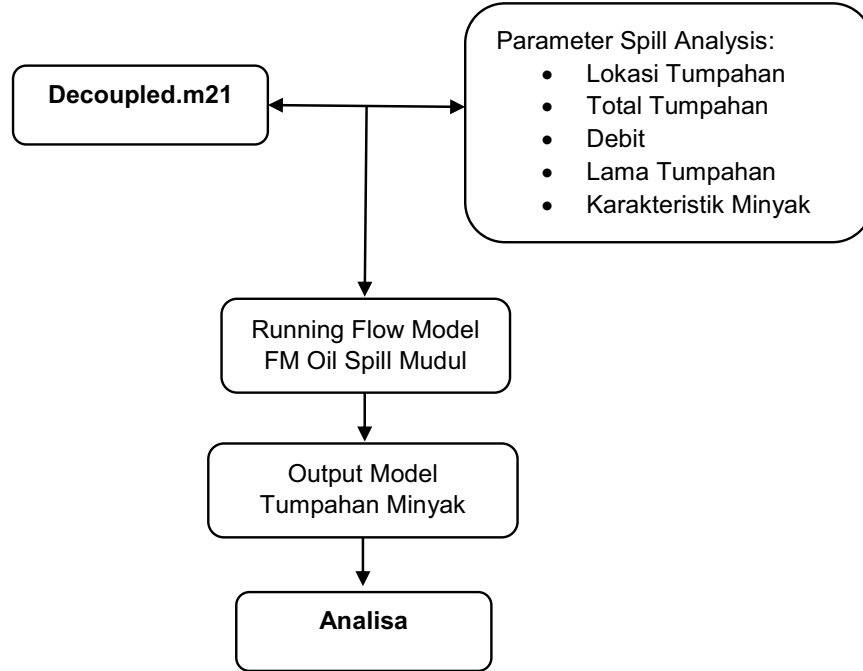
2. Waktu dan Debit Tumpahan

Pada pemodelan ini, skenario tumpahan diasumsikan terjadi selama 5 jam untuk sumber CIB 1 dan CIB 2 dengan debit $8 \text{ m}^3/\text{s}$, dan 10 jam untuk sumber SPM dengan debit $10 \text{ m}^3/\text{s}$.

Untuk pacu model skenario sebaran tumpahan minyak, waktu skenario model diatur selama 24 jam dengan langkah waktu setiap 5 menit. Berdasarkan durasi tersebut, didapatkan 288 langkah waktu dimana nilai ini merupakan hasil bagi antara total durasi dengan tiap langkah waktu.

3.4.4 Model Tumpahan Minyak

Tahapan yang dilakukan dalam pemodelan tumpahan minyak adalah sebagai berikut :



Gambar 19. Skema Pemodelan Tumpahan Minyak

Pemodelan tumpahan minyak menggunakan *software* Mike 21 terdiri dari beberapa input parameter. Input parameter tersebut antara lain koordinat sumber tumpahan, total tumpahan, jumlah tumpahan tiap satuan waktu, lama tumpahan, dan karakteristik minyak. Input parameter tumpahan minyak seperti terdapat dalam Tabel 6.

Tabel 6. Karakteristik minyak untuk data masukan modul Oil spill Mike 21

No	Parameter	Sumber			Sumber Data
		CIB 1	CIB 2	SPM	
1	Koordinat sumber tumpahan	281760.02	282103.00	289279.00	PERTAMINA
		mE;	mE;	mE;	
		9141718.04	9141549.00	9134994.00	
		mS	mS	mS	

	Total				PERTAMINA
2	tumpahan (ton)	135000	135000	300000	
3	Jumlah tumpahan tiap satuan waktu (ton/5 menit)	6,6	6,6	8,3	
4	Lama tumpahan (jam)	5	5	10	
5	Karakteristik Minyak	<ul style="list-style-type: none"> • Crude Oil • Densitas : 831 kg/m3 • Viscositas : 6 cP • Volatile : 50 % • Heavy : 40 % • Wax : 8 % • Aspalt : 2% 	<ul style="list-style-type: none"> • Crude Oil • Densitas : 831 kg/m3 • Viscositas : 6 cP • Volatile : 50 % • Heavy : 40 % • Wax : 8 % • Aspalt : 2% 	<ul style="list-style-type: none"> • Crude Oil • Densitas : 831 kg/m3 • Viscositas : 6 cP • Volatile : 50 % • Heavy : 40 % • Wax : 8 % • Aspalt : 2% 	Mike By DHI