

PENDEKATAN SOSIO-EKOLOGI DAN TEKNOLOGI SIG DALAM PENGURANGAN RISIKO BENCANA (Kajian multi disiplin dalam analisis bencana banjir di pesisir Pekalongan)

Dr. Su Ritohardoyo, MA

Staf Pengajar Program Studi Pembangunan Wilayah
Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Bulaksumur 55281, Yogyakarta
E-mail: r_hardoyo@yahoo.com

ABSTRAK

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki konsekuensi pada wilayah pesisir yang luas, dan garis pantai yang sangat panjang, dan memiliki peran penting dalam pembangunan nasional dan daerah. Namun demikian, peran tersebut menghadapi kendala dengan adanya kerawanan bencana alam yang tinggi, antara lain bencana banjir pasang, seperti yang terjadi di wilayah permukiman pesisir Kota Pekalongan. Berdasarkan pada masalah tersebut dilaksanakan penelitian dengan tujuan: 1) Melakukan pemetaan banjir pesisir dengan menggunakan teknologi SIG dan pendekatan masyarakat (Participatory GIS). 2) Memahami strategi adaptasi masyarakat terhadap banjir pesisir dengan menggunakan pendekatan sosio-ekologi, dan 3) Merumuskan rencana pengurangan risiko bencana dengan pendekatan multi-disiplin sosio-ekologi dan teknologi SIG. Pelaksanaan penelitian menggunakan pendekatan multi-disiplin, yakni sintesis kajian sosio-ekologi dengan melibatkan masyarakat kawasan pesisir dalam unit ekologi, dan memanfaatkan teknologi sistem informasi geografis (SIG) dalam pemetaan partisipatif untuk identifikasi bahaya banjir pesisir. Operasi iterasi dalam teknologi SIG digunakan untuk menyusun peta bencana banjir pesisir. Integrasi teknologi SIG dan teknik penelitian sosial berupa wawancara dan diskusi terarah dengan informan, sebagai dasar penyusunan peta banjir partisipatif (Participatory GIS).

Hasil penelitian menunjukkan, bahwa bencana banjir dan areal pesisir kelurahan yang terkena dampak bervariasi, bergantung pada ketinggian tempat dan kedalaman air genangan banjir yang terjadi. Pada skenario banjir pasang setinggi 0,1 m, genangan terjadi di beberapa lokasi wilayah pesisir Kelurahan Krpyak Lor, terutama pada lahan tambak dan sawah. Skenario genangan banjir pasang setinggi 0,5 m, selain menggenangi beberapa lokasi pesisir Desa Kelurahan Krpyak Lor, genangan banjir meluas hingga Desa Panjang Wetan, dan Degayu, baik pada lahan tambak, sawah, kolam, dan sebagian permukiman penduduk. Pada skenario genangan banjir pasang setinggi 0,7 m, daerah yang terkena dampak lebih luas hingga pesisir Desa Kelurahan Kandang Panjang, di samping Krpyak Lor, Panjang Wetan, dan Kelurahan Degayu, menggenangi lahan tambak, sawah, kolam, dan permukiman. Perubahan ketinggian genangan banjir tersebut telah diketahui oleh sebagian besar (95%) masyarakat setempat. Lahan sawah mulai tergenang banjir pasang sejak sekitar tahun 1990-an. Kejadian banjir pasang terjadi semakin sering terjadi pada beberapa tahun terakhir sejak sekitar tahun 2009 hingga tahun 2011. Persepsi masyarakat tentang banjir pasang desa-desa pesisir ini terwujud dalam anggapan mereka, bahwa banjir merupakan sebuah gangguan, namun karena sudah terjadi cukup lama, masyarakat menganggapnya sebagai fenomena yang biasa. Sebagian besar (80%) anggota masyarakat bersikap bertahan, dengan alasan memiliki harta benda di lokasi ini dan tidak memiliki tempat tinggal di daerah lain. Anggota masyarakat lainnya sebagian (10%) bersikap mentolerir dan menerima banjir pasang, dengan menyadari bahwa banjir pasang adalah proses alam yang tidak dapat diintervensi, meskipun disadari mengganggu kehidupan mereka tetapi masih dapat diadaptasi. Sebagian lagi (10%) masyarakat mengambil sikap dalam proses pindah ke daerah lain. Maknanya, bahwa variasi bencana banjir pasang di suatu lingkungan suatu wilayah, diikuti oleh variasi keberhasilan adaptasi masyarakat terhadap kendala lingkungan di sekitar mereka.

Kata kunci: Pendekatan Sosio-Ekologi, Teknologi SIG dan Pendekatan Partisipatori, Strategi Adaptasi Masyarakat, Pengurangan Risiko Bencana Banjir Rob

PENDAHULUAN

Indonesia terletak di pertemuan lempeng benua dan pertemuan dua samudera besar. Dilihat dari letak geografis, Indonesia memiliki banyak potensi bencana alam. Salah satu bencana alam yang ada adalah bencana banjir di kawasan ekologi pesisir. Bencana banjir pesisir memiliki implikasi secara langsung terhadap masyarakat di wilayah tersebut. Oleh karena itu, partisipasi masyarakat kawasan pesisir dalam program pengurangan resiko bencana banjir pesisir penting dilakukan. Hal ini dapat dilakukan salah satunya dengan meningkatkan kesadaran dan kapasitas masyarakat (Suryanti, dkk. 2010). Sementara itu, masyarakat merupakan pihak yang memiliki pengalaman langsung dalam kejadian bencana sehingga pemahaman yang dimiliki menjadi modal bagi pengurangan resiko bencana (Zein, 2010). Dalam konteks manajemen bencana alam di wilayah pesisir, respon masyarakat terhadap bencana sangat penting untuk dipahami (Marfai et.al. 2008). Identifikasi potensi dan strategi adaptasi masyarakat dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan sosio-ekologi. Yaitu menggunakan batas-batas ekologi dan unit bentanglahan fisik untuk mengidentifikasi karakteristik sosial dan perilaku masyarakat.

Sementara itu teknologi sistem informasi geografis (SIG) mampu mengembangkan model dan membuat pemetaan banjir kawasan pesisir. Untuk mengembangkan model banjir kawasan pesisir dapat digunakan data *digital elevation model (DEM)*. Konsep ini dikembangkan dari penelitian sebelumnya oleh (Marfai 2003, Marfai dan King 2008a). Hasil pemetaan menggunakan SIG dapat dievaluasi, divalidasi dan dikembangkan dengan memanfaatkan masukan-masukan dari *key person* dan masyarakat lokal dengan menggunakan *participatory GIS*.

Upaya pengurangan risiko bencana tidak bisa hanya diatasi dengan melakukan tindakan mitigasi struktural dengan pendekatan teknologi. Selain penggunaan teknologi, diperlukan juga pengelolaan bencana yang lebih komprehensif dengan mempertimbangkan kebijakan (tidak hanya *top down* namun juga *bottom up*), pengetahuan karakteristik masyarakat lokal, identifikasi lingkungan, kondisi fisik daerah dan lain sebagainya. Hal ini disebut dengan pendekatan multi-disiplin. Dengan demikian penelitian tentang pengurangan risiko bencana berbasis masyarakat dengan menggunakan pendekatan berbagai disiplin ilmu sangat perlu untuk dilakukan.

Fokus dalam penelitian ini adalah pengurangan risiko bencana berbasis masyarakat di kawasan pesisir Pekalongan (Gambar 1). Daerah lokasi penelitian, yaitu kawasan pesisir Pekalongan dipilih karena lokasi yang merupakan daerah yang memiliki ketinggian tempat yang

rendah, topografi dataran landai, dan sistem drainasi yang belum baik sangat rentan terhadap bencana banjir, khususnya banjir rob (banjir pasang) (Mardiatno, dkk, 2012). Kawasan pesisir Pekalongan mengalami banyak kejadian banjir, khususnya banjir rob di Kecamatan Pekalongan Utara. Menurut data kantor Kesbangpol dan Linmas (2010), terdapat 15 kelurahan yang tergenang banjir, dengan 7 (tujuh) kelurahannya berada di Kecamatan Pekalongan Utara.

Berdasarkan alasan-alasan tersebut, maka penelitian mengenai pengurangan risiko bencana banjir di kawasan pesisir Pekalongan memiliki urgensi yang tinggi untuk diteliti. Dalam penelitian ini dilakukan pendekatan multi-disiplin berbasis pada ilmu pengembangan wilayah, ilmu manajemen kebencanaan, ilmu pengelolaan pesisir dan teknologi sistem informasi geografis. Adaptasi merupakan hasil akhir sikap masyarakat yang muncul berdasarkan persepsi dan pengetahuan mereka terhadap banjir pesisir. Kajian mengenai adaptasi ini dilakukan dengan menilai populasi pada kondisi sosio-ekologi berbeda. Mileti dan Gottschlich (2001) mengemukakan bahwa kerugian bencana merupakan hasil dari interaksi dari proses fisik alam, karakteristik sosial kependudukan, dan kondisi lingkungan terbangun. Perbedaan karakter dari ketiga sistem tersebut akan menghasilkan kerugian akibat bencana alam yang berbeda, sehingga perlu dibangun pendekatan multi-disiplin untuk mengetahui informasi dan data secara komprehensif.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Sumber : Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Lembar Pekalongan dengan Modifikasi

Permasalahan di atas melandasi pelaksanaan penelitian dengan tujuan sebagai berikut.

- [1] Melakukan pemetaan banjir pesisir dengan menggunakan teknologi SIG dan pendekatan masyarakat (*Participatory GIS*).
- [2] Memahami strategi adaptasi masyarakat terhadap banjir pesisir dengan menggunakan pendekatan sosio-ekologi.
- [3] Merumuskan rencana pengurangan risiko bencana dengan pendekatan multi-disiplin sosio-ekologi dan teknologi SIG.

Penelitian tentang bencana alam pesisir, terutama bencana banjir genangan akibat proses pasang surut telah banyak dilakukan, antara lain oleh grup riset PPDAS (Marfai 2003, Marfai dan King 2008a), dan riset kerjasama (Ward, et.al. 2010). Dengan demikian grup riset dan peneliti mempunyai pengalaman dalam penelitian topik terkait dan mengikuti perkembangan mutakhir dari topik penelitian terkait banjir pesisir dan kebencanaan secara umum. Perkembangan ilmu dan pengetahuan tentang adaptasi strategi dan analisis kebencanaan berbasis masyarakat, terutama terkait dengan respon terhadap bencana, telah berkembang sangat jauh. *State of the art of knowledge* dalam bidang strategi adaptasi sangat membantu sebagai acuan dalam penelitian yang akan dilakukan. Beberapa pengetahuan tersebut antara lain tentang banjir pesisir, manajemen bencana, persepsi masyarakat dan strategi adaptasi. Hal-hal mutakhir tersebut diuraikan secara singkat sebagai berikut:

a. Banjir pesisir:

Banjir didefinisikan oleh Ward (1978) dalam Dewi (2007) sebagai meluapnya badan air ke daratan dan membuat daratan tenggelam secara tidak normal. Oleh Marfai dan King (2008b) diungkapkan bahwa banjir di wilayah pesisir terjadi melalui proses naiknya pasang air laut, gelombang pasang, tingginya aliran air sungai, dan kenaikan paras muka air laut. Dalam penelitian ini, fokus akan dilakukan pada kejadian banjir yang disebabkan oleh prosesnya naiknya pasang air laut yang menggenangi daratan. Banjir akan menjadi bencana alam ketika genangan telah mencapai area yang secara fungsional dimanfaatkan bagi kepentingan manusia. Secara umum, kerentanan dalam bencana banjir oleh Baru (2011) dinyatakan dengan kemungkinan terjadinya banjir dan konsekuensi yang terjadi akibat banjir.

b. Manajemen kebencanaan:

Carter (2001) dalam Dewi (2007) menyatakan bahwa konsep manajemen bencana (*concept of disaster management*) harus memiliki pendekatan yang secara komprehensif memuat seluruh siklus manajemen bencana yaitu: pencegahan (*prevention*), mitigasi (*mitigation*), kesiapsiagaan (*preparedness*), respon (*respond*), pemulihan (*recovery*), dan pembangunan berkaitan dengan bencana (*disaster-related development*). Begitu pula halnya dengan manajemen bencana banjir yang berkembang menjadi manajemen risiko banjir (*flood risk*

management). Oleh Messner & Meyer (2005), pendekatan ini memuat keterkaitan antara persepsi resiko banjir (*flood risk perception*), kesiapsiagaan (*preparedness*), kerentanan (*vulnerability*), kerusakan akibat banjir (*flood damage*), dan manajemen banjir (*flood management*). Semua elemen tersebut menghasilkan desain analisis kerusakan akibat banjir (*flood damage analysis*) dan management resiko banjir (*flood risk management*).

c. Persepsi masyarakat:

Khusus dalam identifikasi persepsi terhadap resiko bencana, Messner dan Meyer (2005) menyatakan bahwa persepsi akan dipengaruhi oleh perbedaan informasi yang dimiliki tiap individu, perbedaan nilai dalam bersikap, dan kepentingan tiap individu. Perbedaan di atas akan melahirkan perbedaan penilaian terhadap resiko bencana. Rianto (2009) dalam Febrianti (2010), subjektivitas persepsi terhadap resiko bencana dipengaruhi oleh pengetahuan mengenai bencana, pengalaman dalam menghadapi bencana, dan kemampuan individu untuk mengatasi dampak kejadian bencana.

d. Strategi Adaptasi Masyarakat dalam Bencana:

Hardesty (1977) mengemukakan bahwa "adaptation is the process through which beneficial relationships are established and maintained between an organism and its environment". Oleh Smit et.al. (1999), adaptasi diartikan sebagai penyesuaian di dalam sistem ekologi-sosial-ekonomi sebagai respon terhadap kondisi iklim dan dampaknya. Smit and Wandel (2006) menyatakan bahwa adaptasi manusia dalam perubahan global adalah proses dan hasil dari sebuah sistem untuk mengatasi dan untuk menyesuaikan terhadap perubahan, tekanan, bahaya, resiko, dan kesempatan. Sunil (2011) mendefinisikan adaptasi dalam ketidakpastian lingkungan dan bencana sebagai penanganan terhadap dampak yang tidak bisa dihindari dalam perubahan lingkungan. Adaptasi menyertakan penyesuaian diri dalam bersikap terhadap kondisi yang tidak menentu. Adaptasi akan sangat dipengaruhi oleh kondisi sosial ekonomi dan ekologi tertentu. Di dalam perubahan lingkungan yang terjadi di wilayah pesisir, konsep adaptasi mengacu pada strategi (1) perlindungan yaitu perlindungan terhadap wilayah daratan dari lautan sehingga penggunaan lahan dapat terus berlanjut; (2) akomodasi yaitu melakukan penyesuaian di lingkungannya; dan (3) mundur yaitu meninggalkan wilayah pesisir. Berdasarkan definisi tersebut, maka pendorong adaptasi yang akan dikaji adalah adaptasi terhadap bencana banjir pasang surut. Sedangkan sistem yang ingin dikaji adalah skala individu dan komunitas dalam berbagai perspektif ekologi dan sosial ekonomi yang berbeda.

METODE PENELITIAN

Dalam riset ini digunakan pendekatan multi-disiplin, yakni sintesis kajian socio-ekologi dengan melibatkan masyarakat kawasan pesisir dalam unit ekologi. Teknologi SIG digunakan dalam pemetaan partisipatif untuk identifikasi bahaya banjir pesisir. Untuk menjawab pertanyaan dan memenuhi tujuan, penelitian ini dibagi kedalam 3 tahap, yakni pra lapangan, kerja lapangan dan pasca lapangan.

[1] Pra Lapangan

Analisis data spasial dilakukan untuk penentuan sampel lokasi penelitian. Sampel lokasi penelitian ditentukan berdasar pada kriteria perbedaan socio-ekologi yang dimiliki setiap desa. Konsep socio-ekologi merupakan interaksi sosial manusia yang mendiami suatu wilayah dengan lingkungan fisik di sekitarnya. Asumsinya, bahwa sikap manusia berpengaruh terhadap lingkungan fisik, demikian juga sebaliknya. Dengan demikian di desa-desa dengan perbedaan ciri fisik didapatkan karakter sosial yang berbeda pula. Pengumpulan data kondisi fisik dan sosial ekonomi lokasi penelitian didapatkan dari data sekunder, meliputi: distribusi penggunaan lahan, jumlah dan kepadatan penduduk, kejadian banjir pasang surut lokasi penelitian, sosial ekonomi masyarakat. Persiapan alat dan bahan kerja lapangan: alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah acuan wawancara, alat perekam, perangkat dokumentasi, dan GPS (*Global Positioning System*).

[2] Kerja Lapangan

Pada tahap kerja lapangan, fokus utama yang dilakukan adalah pengumpulan data primer. Identifikasi banjir dan dampak banjir dilakukan dalam kerja lapangan. Data dikumpulkan berdasarkan kebutuhan data untuk menjawab pertanyaan penelitian. Beberapa pertanyaan penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pertanyaan Penelitian dan Metode Pengambilan Data

Pertanyaan Penelitian	Sub Pertanyaan Penelitian	Data yang Diperlukan	Teknik Pengumpulan
Bagaimana persebaran banjir pesisir di lokasi penelitian	Daerah mana yang terkena banjir dan daerah mana yang tidak terkena banjir	Peta RBI, Citra satelit	Interpretasi citra, pemanfaatan teknologi SIG
Bagaimana persepsi masyarakat terhadap banjir pasang surut?	Apa yang masyarakat ketahui tentang banjir pasang surut di lingkungan mereka masing-masing? Bagaimana pendapat masyarakat tentang fenomena banjir pasang surut? Bagaimana masyarakat menilai resiko dari banjir pasang surut?	Data persepsi masyarakat mengenai banjir pasang surut	<i>Indepth inteview</i> semi terstruktur
Bagaimana strategi masyarakat menghadapi banjir pasang surut?	Apa adaptasi yang dilakukan oleh masyarakat dalam menghadapi bencana banjir pasang surut? Bagaimana proses adaptasi yang dilakukan masyarakat?	Data strategi masyarakat dalam menghadapi banjir pasang surut	<i>Indepth inteview</i> semi terstruktur dan Observasi lapangan

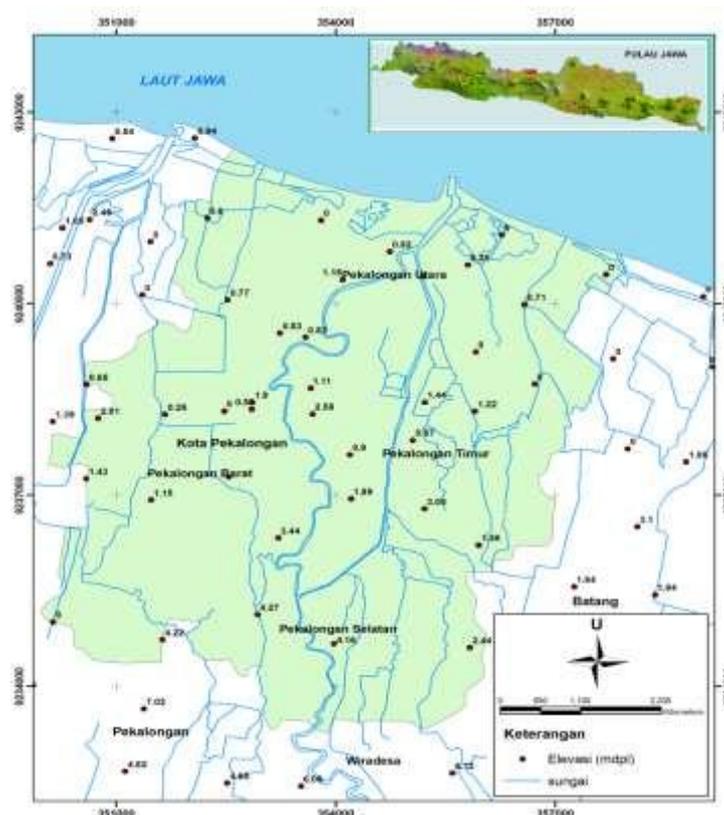
Unit analisis dalam penelitian ini adalah individu yang diwakili oleh setiap responden. Untuk mendapatkan sampel individu, dilakukan teknik *purposive sampling*, tujuannya untuk mendapatkan responden tertentu yang dapat memberikan informasi sesuai dengan tujuan dan konsep dari strategi adaptasi. Untuk mengukur strategi adaptasi masyarakat dalam kondisi ekologi dan sosial ekonomi yang berbeda,

maka penelitian ini berusaha menggali informasi dari responden dengan variasi yang berbeda, baik dari kondisi fisik lingkungan (seperti dominasi penggunaan lahan) maupun kondisi sosial ekonomi (seperti usia, pekerjaan, pendidikan, dan lain sebagainya).

HASIL DAN PEMBAHASAN

[1] Data Geospasial

Data geospasial yang digunakan dalam penelitian meliputi beberapa macam data dengan kepentingan dan fungsi masing-masing data untuk mendukung analisis pemetaan banjir pesisir menggunakan teknologi SIG dan pendekatan masyarakat (Participatory GIS). Data tersebut antara lain adalah *point map*, *DEM*, dan Peta penggunaan lahan. Semua data geospasial diperoleh dari data sekunder yang dikumpulkan dalam tahap pengumpulan data sekunder berupa peta rupa bumi sebagai peta dasar yang digunakan untuk memperoleh peta-peta turunan. Peta turunan yang bisa disadap dari peta dasar itu antara lain peta kontur yang kemudian diturunkan ke data titik ketinggian. Namun data kontur yang diperoleh dari peta rupa bumi skala 1:25.000 dengan contour interval 12,5 hanya mencapai area tertentu saja di daerah pesisir. Di luar CI 12,5 setelah mencapai daerah pesisir informasi ketinggian tidak tercantum, sehingga perlu dilakukan pengukuran langsung di lapangan (Gambar 2).



Gambar 2. Titik ketinggian hasil pengukuran lapangan

Data titik tinggi dapat digunakan untuk membangun *DEM* (*Digital Elevasi Model*). Digital elevasi model ini dibangun berdasarkan interpolasi titik-titik ketinggian yang diperoleh dari turunan informasi pada garis kontur di dalam Peta Rupabumi. Digital Elevasi Model merupakan dasar dalam pemetaan banjir pesisir menggunakan SIG. Sebab *DEM* digunakan sebagai objek untuk melakukan proses pemodelan menggunakan proses iterasi atau penggenangan. *DEM* dibangun berdasarkan interpolasi. Interpolasi merupakan proses menghubungkan titik-titik dengan ketinggian yang sama dari dua titik yang sudah diketahui berdasarkan analisis formula matematis tertentu. Dalam hal ini interpolasi yang digunakan untuk membangun Digital Elevation Model adalah metode interpolasi *moving average*. Metode *moving average* digunakan karena beberapa alasan. Metode ini cocok digunakan untuk interpolasi data-data berupa titik (*point*) dengan jumlah yang banyak dengan proses penyelesaian yang cepat. Proses interpolasi menjadi lebih cepat karena formula yang digunakan merupakan perhitungan matematis sederhana, yaitu dengan menghitung rata-rata nilai titik disekitar titik-titik yang sudah diketahui untuk mengetahui titik yang masih blank/ kosong. Metode *moving average* dalam proses interpolasinya sangat dipengaruhi oleh radius interpolasi dan distribusi data. Semakin banyak data maka semakin baik hasil interpolasinya. Metode ini diperkenalkan oleh Burrough (1998).

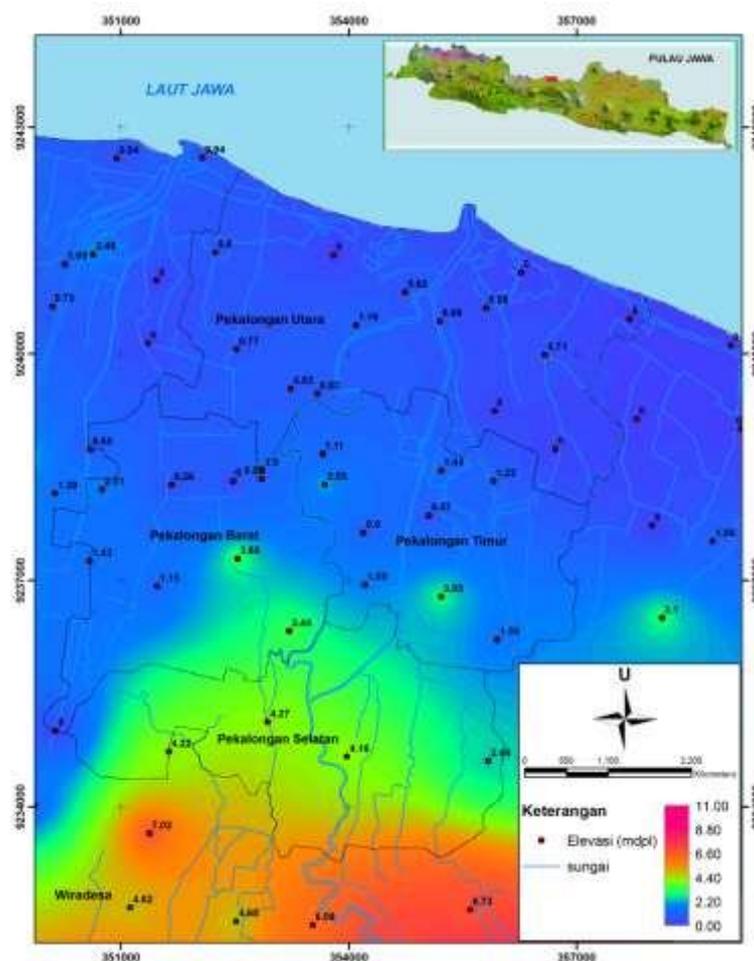
Metode *moving average* menggunakan dua teknik pembobotan dalam operasinya. Teknik pertama adalah *inverse distance* (Marfai, et al. 2008a). Teknik *inverse* digunakan jika variasi data sangat kecil. Teknik *linear decrease* digunakan jika variasi data memiliki perbedaan yang sangat tajam. Dalam hal ini data yang digunakan memiliki variasi yang kecil yaitu 0 mdpl dan 11 mdpl, sehingga digunakan teknik *inverse distance* pada faktor pembobot interpolasi. Interpolasi data titik ketinggian untuk memperoleh *DEM* dibantu dengan *software ILWIS 3.3 academic license* dengan kombinasi *software ArcGIS 9.3*. *ArcGIS* digunakan untuk membantu dalam persiapan data berformat vector. Hal persiapan data awal ini dapat lebih mudah jika digunakan *software GIS* yang berbasis vector. *ILWIS* digunakan untuk mengolah data

raster seperti interpolasi DEM (Gambar 3.). DEM yang nantinya digunakan dalam operasi inundasi menggunakan teknik iterasi dalam ILWIS. Selain peta elevasi atau titik ketinggian, peta rupabumi juga dapat menurunkan data penggunaan lahan yang sangat penting digunakan untuk perbandingan penggunaan lahan yang terkena dampak dari hasil pemodelan banjir pesisir yang dilakukan. Peta penggunaan lahan di pesisir pekalongan ditunjukkan pada Gambar 4.

[2] Data Pasang Surut dan Ketinggian Data Banjir

Data pasang surut dan ketinggian data banjir merupakan data-data dasar yang digunakan untuk melakukan berbagai skenario yang telah banyak dilakukan oleh para peneliti. Penelitian tentang pemodelan banjir genangan pernah dilakukan di Pekalongan Utara. (Prihatno, 2011) melakukan kajian tentang banjir pesisir di Pesisir Pekalongan Utara dengan pemodelan menggunakan teknik iterasi. Iterasi yang dilakukan juga berdasarkan model inundation dengan dasar DEM sebagai objek model genangan. Prihatno membagi model skenario genangan berdasarkan data pengamatan dan pengukuran fluktuasi muka air laut karena pasang surut (Tabel 2).

Hasil pengamatan dan pengukuran pasang surut di lapangan serta perhitungan tinggi nilai pasang yang terjadi terhadap mean sea level, diperoleh kenaikan muka air laut akibat pasang sebesar 0,27 meter, sehingga dengan menjalankan proses iterasi akan terpetakan wilayah pesisir pada lokasi studi yang tergenang oleh air laut. Untuk skenario 2, tinggi gelombang laut yang diberikan pada proses iterasi adalah tinggi gelombang laut maksimum terkecil. Dari hasil perhitungan diperoleh kenaikan muka air laut sebesar 0,11 meter dan bila berlaku pada saat pasang 0,27 meter, maka kenaikan muka laut yang diberikan adalah 0,38 meter. Untuk skenario 3, tinggi gelombang laut yang diberikan untuk proses iterasi adalah tinggi gelombang laut diantara tinggi minimum dan tinggi maksimum. Dari hasil perhitungan diperoleh tinggi kenaikan muka air laut sebesar 0,30 meter, sehingga dengan menambahkan tinggi pasang 0,27 meter akan menghasilkan kenaikan muka air laut 0,57 meter. Pada skenario 4, tinggi kenaikan muka air laut hasil perhitungan diperoleh sebesar 0,66 meter. Tinggi muka air laut saat pasang yang digunakan sebagai dasar adalah sebesar 0,27 meter, sehingga total kenaikan muka air laut yang menjadi dasar pemodelan adalah 0,93 meter.



Gambar 3. Digital Elevation Model (DEM) hasil interpolasi titik ketinggian

Tabel 2. Pengamatan pasang surut Pekalongan tanggal : 18-21 April 2011

No.	Jam (WIB)	Tinggi (Cm)	Catatan	No.	Jam (WIB)	Tinggi (Cm)	Catatan
1	16:00	80		38	5:00	40	
2	17:00	90		39	6:00	38	
3	18:00	92		40	7:00	42	
4	19:00	96		41	8:00	50	
5	20:00	98		42	9:00	54	
6	21:00	96		43	10:00	62	
7	22:00	76		44	11:00	64	
8	23:00	64		45	12:00	70	
9	0:00	56		46	13:00	74	
10	1:00	44		47	14:00	78	
11	2:00	38		48	15:00	80	
12	3:00	30		49	16:00	82	
13	4:00	40		50	17:00	80	
14	5:00	48		51	18:00	76	
15	6:00	44		52	19:00	72	
16	7:00	52		53	20:00	64	
17	8:00	64		54	21:00	62	
18	9:00	68		55	22:00	62	
19	10:00	64		56	23:00	64	
20	11:00	62		57	0:00	64	
21	12:00	60		58	1:00	60	
22	13:00	54		59	2:00	58	
23	14:00	48		60	3:00	52	
24	15:00	50		61	4:00	50	
25	16:00	50		62	5:00	52	
26	17:00	60		63	6:00	46	
27	18:00	66		64	7:00	50	
28	19:00	72		65	8:00	52	
29	20:00	76		66	9:00	52	
30	21:00	72		67	10:00	54	
31	22:00	58		68	11:00	60	
32	23:00	56		69	12:00	66	
33	0:00	60		70	13:00	74	
34	1:00	62		71	14:00	82	
35	2:00	50		72	15:00	88	
36	3:00	48		73	16:00	90	
37	4:00	46					

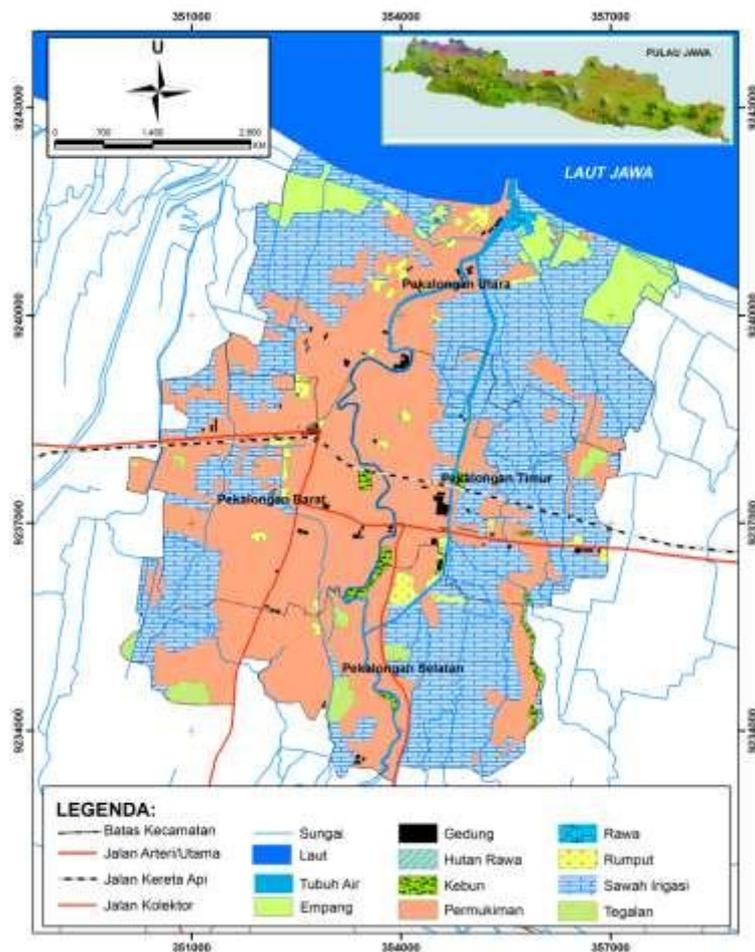
Sumber: Prihatno, 2011

Semua skenario yang digunakan dalam penelitian yang dilakukan Prihatno (2011) merupakan hasil pengukuran pasang surut dilapangan kemudian dilakukan perhitungan berdasarkan perubahan mean sea level. Analisis spasial dengan menggunakan fungsi iterasi memang dapat merepresentasikan area-area yang tergenang oleh banjir pesisir dengan kedetilan serta presisi yang baik. Metode analisis spasial dengan penggunaan fungsi iterasi ini, dapat juga dijadikan acuan serta sumber kajian bagi penelitian banjir pesisir selanjutnya. Namun kita juga perlu menambahkan unsur masyarakat dalam pemetaan banjir genangan di pesisir, sebab masyarakat juga merupakan komponen pemetaan GIS model partisipatory mapping. Selain itu masyarakat juga merupakan korban dari banjir genangan yang menjadikannya lebih mengenal karakteristik dan pola banjir genangan yang terjadi. Tabel 3 merupakan tabel yang menunjukkan jumlah kepala keluarga yang terkena banjir menurut kelurahan di Pekalongan Utara.

Tabel 3. Jumlah keluarga yang terkena banjir menurut kelurahan di Pekalongan Utara

No	Kelurahan	Jumlah KK
1	Panjang Baru	1881
2	Krapyak Lor	1484
3	Panjang Wetan	675
4	Kandang Panjang	1122
5	Bandengan	475
6	Pabean	6722

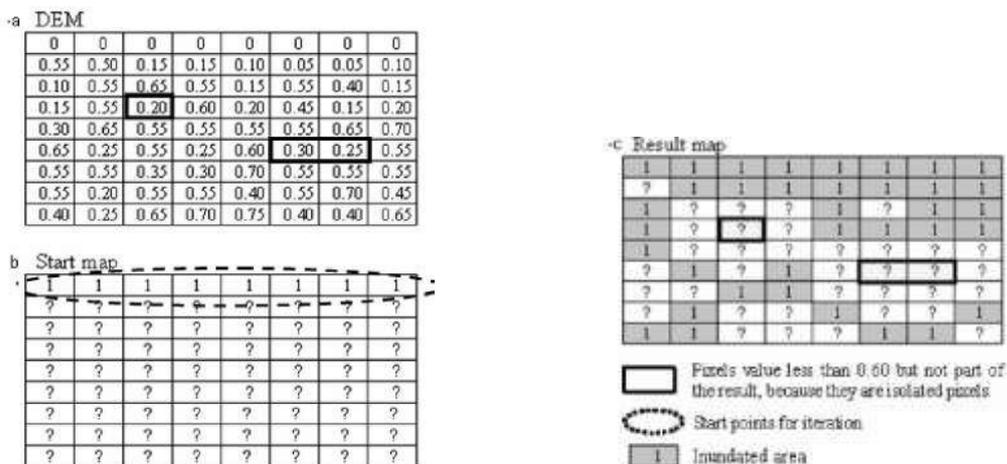
Sumber : Kesbangpolinmas Kota Pekalongan, 2011



Gambar 4. Peta penggunaan lahan Pekalongan

[3] Proses Iterasi dalam SIG Berbasis Raster

Proses iterasi yang dilakukan merupakan proses pemodelan dengan data utama berupa DEM. Dem hasil interpolasi yang telah dilakukan menjadi data spasial utama dalam proses iterasi. File *dem* berisi informasi ketinggian (DEM) yang akan digunakan sebagai data spasial pemodelan. Selain dem kita juga memerlukan data awal untuk proses iterasi berupa garis start penggenangan. File *awal* merupakan data spasial garis yang mengindikasikan 0 meter dpal (garis pantai). Garis ini merupakan titik awal atau sebagai awalan (*starting point*) untuk melakukan proses iterasi (Gambar 5).



Gambar 5. Tahapan dalam proses iterasi

Proses iterasi dalam software ILWIS dilakukan dengan menulis *script* pada *command line* yaitu:

$$\text{Inundation map} = \text{MapIterProp}(\text{start.mpr}, \text{iff}(\text{dem} > 0.50, \text{start}, \text{nbmax}(\text{start\#})))$$

Inundation map merupakan peta hasil (peta genangan dengan skenario inundasi x meter, *mapIterProp* merupakan *script* dalam ILWIS untuk melakukan proses iterasi dengan *propagation*, *start.mpr* merupakan peta yang digunakan sebagai awalan untuk melakukan proses iterasi, *dem* merupakan data DEM, 0.50 merupakan skenario tinggi genangan yang dipilih, and *nbmax* nilai balik untuk mengakhiri proses iterasi yang ada pada *neighborhood matrix*. Sehingga untuk memodelkan banjir genangan dapat dituliskan pada *command line* sebagai berikut:

$$\text{genangan025m} = \text{MapIterProp}(\text{awal.mpr}, \text{iff}(\text{dem} > 0.25, \text{awal}, \text{nbmax}(\text{awal2\#})))$$

Skenario ketinggian genangan dapat diubah sesuai dengan data sebelumnya atau kemungkinan skenario terburuk yang mungkin terjadi pada suatu wilayah. Dalam penelitian sebelumnya telah dilakukan pemodelan banjir genangan menggunakan skenario ketinggian berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan terhadap data dilapangan. Dalam hal ini skenario yang akan dilakukan merupakan hasil dari *participatory mapping* yang melibatkan masyarakat.

[4] Diskusi Terarah dan Participatory GIS

Diskusi terarah merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam penelitian yang fokus kepada pendekatan sosial masyarakat. Dengan menggunakan metode diskusi terarah, maka peneliti dapat mengetahui karakteristik sosial masyarakat dengan lebih detail. Adapun dalam kaitannya dengan upaya pengurangan risiko bencana di kawasan pesisir, diskusi terarah dapat dikolaborasi dengan penggunaan teknologi GIS (*Geographic Information System*). Kolaborasi antara teknologi GIS dan partisipasi masyarakat dapat ditemukan dalam suatu metode yang disebut dengan *participatory mapping*. Pembuatan peta berbasis teknologi GIS ini mengedepankan posisi masyarakat lokal sebagai sumber informasi utama dari proses pemetaan (McCall, 2003). Penerapan dari metode pemetaan partisipatoris ini juga merupakan sebuah bentuk dari pendekatan sosio ekologis dalam pengurangan risiko bencana.

Participatory mapping atau juga sering disebut dengan pemetaan partisipatoris, sangat berguna khususnya bagi tema-tema tertentu. Tema mengenai upaya pengurangan risiko bencana pesisir ini sangat dibutuhkan untuk dapat lebih mengetahui dan mempertimbangkan pendapat dan usul dari masyarakat lokal (Guarin and Mc Call, 2010). Dengan adanya upaya pemetaan partisipatif ini, maka diharapkan pemerintah atau pengambil kebijakan akan mempertimbangkan opini dan sudut pandang masyarakat lokal. Dengan dilakukannya pemetaan partisipatoris, maka diharapkan pengambilan kebijakan terkait dengan pengurangan risiko bencana baik berupa perencanaan tata ruang atau pendekatan social dan ekologi akan lebih komprehensif dan bersifat *bottom up*. Kebijakan yang *bottom up* terbukti lebih efektif dan berkelanjutan.

Dalam pemetaan partisipatoris di kawasan yang rawan terjadinya bencana pesisir, masyarakat akan lebih objektif dalam menentukan garis batas ruang bagi suatu fenomena bencana pesisir, misalnya saja kejadian bencana banjir. Masyarakat cenderung lebih tepat melakukan pemetaan karena secara fisik mereka tinggal dan mengalami fenomena banjir tersebut setiap periode waktu. Peta banjir pesisir yang berdasarkan pada pemetaan partisipatoris akan lebih mewakili keadaan yang sebenarnya dari lokasi terjadinya banjir pesisir dan karakteristik banjir di kawasan pesisir tertentu.

Metode penerapan pemetaan partisipatoris dilakukan dengan *in depth interview*. Dari 30 jumlah informan, diketahui bahwa 70% mengaku mengalami genangan tertinggi akibat banjir pasang setinggi 50 cm dan tinggi genangan paling rendah, yaitu 10 cm, namun beberapa masyarakat juga mengaku bahwa genangan akibat banjir pesisir dapat mencapai 70 cm. Dari pertimbangan opini dan pengakuan masyarakat tersebut, kemudian dilakukan pemetaan bahaya banjir pesisir. Dengan metode pertimbangan tersebut, maka pemetaan ini dapat disebut sebagai pemetaan banjir pesisir berbasis *participatory GIS*. Hasil dari diskusi masyarakat ini menjadi dasar dalam scenario pemodelan banjir genangan yang dilakukan dalam operasi GIS berbasis raster menggunakan data DEM sebagai dasar.

(1) Skenario genangan 10 cm

Hasil pemodelan genangan 10 cm menunjukkan, bahwa area tergenang meliputi bagian timurlaut Pekalongan, dengan area tergenang lebih sedikit namun frekuensi genanganya sangat sering terjadi. Pada Gambar 6. ditampilkan daerah-daerah yang tergenang akibat tinggi pasang air laut sebesar 0,10 meter. Dari Gambar 8 terlihat bahwa daerah yang tergenang akibat pasang air laut ini, terjadi di beberapa titik wilayah pesisir Krpyak Lor. Area terdampak lebih dominan pada lahan yang digunakan untuk empang dan atau kolam.

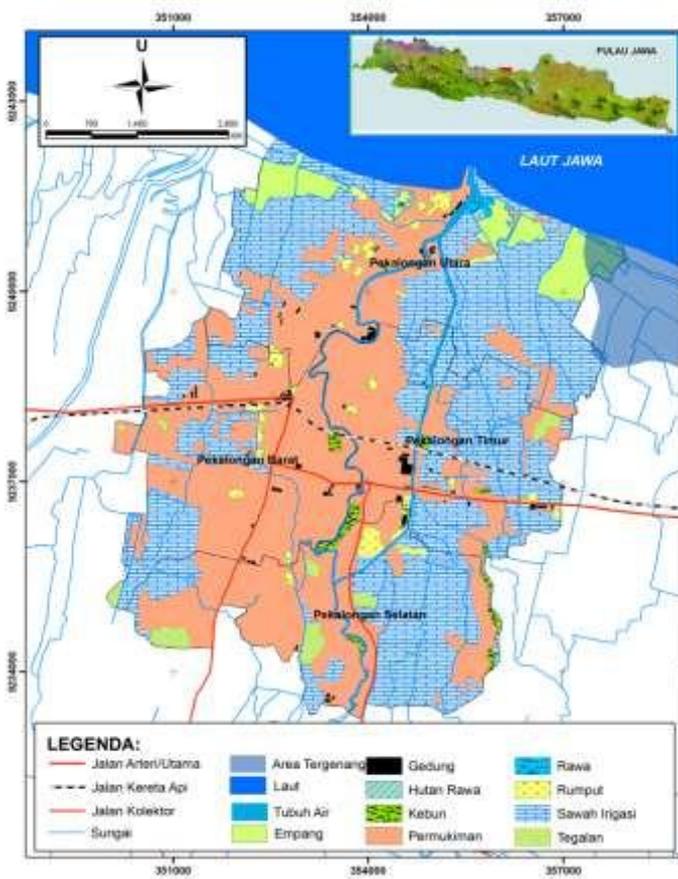
(2) Skenario genangan 50 cm

Hasil skenario genangan 0,50 m menunjukkan, bahwa area tergenang meliputi bagian timurlaut secara meluas hingga bagian barat laut pekalongan dengan area tergenang meluas pada bagian timur laut dan meluas pada bagian barat laut namun tidak pada bagian tengah. Gambar 9 menampilkan daerah daerah yang tergenang akibat tinggi pasang air laut sebesar 0,50 m. Dari Gambar 7. terlihat bahwa daerah yang tergenang akibat pasang air laut ini, terjadi di beberapa titik wilayah pesisir Panjang Wetan, Degayu dan Krpyak Lor. Area terdampak mulai meluas mengenai area permukiman, sawah dan empang atau kolam.

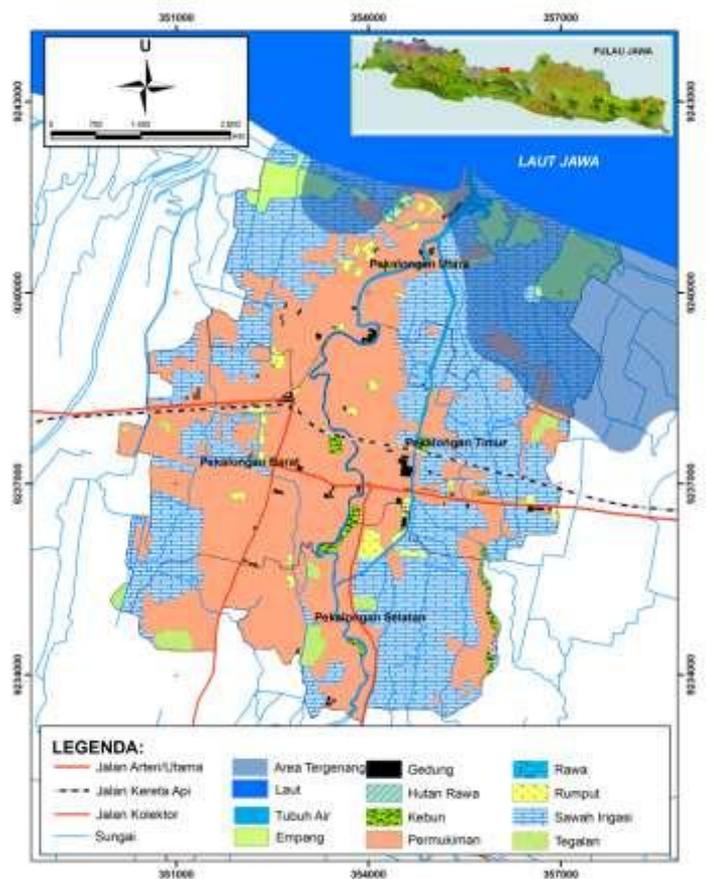
Gambar 8. merupakan gambaran kondisi lapangan ketika terjadi banjir genangan mencapai 0,5 m, pada Gambar 10a,b. dan gambar 10c,d merupakan proses untuk mencari informasi melalui *deep interview* pada masyarakat untuk melakukan *participatory mapping*.

(3) Skenario genangan 70 cm

Hasil skenario genangan 0,70 m menunjukkan bahwa area tergenang meliputi bagian timurlaut secara meluas hingga bagian barat laut pekalongan. Gambar 11 menampilkan daerah daerah yang tergenang akibat tinggi pasang air laut sebesar 0,70 m. Dari Gambar 9 terlihat bahwa daerah yang tergenang akibat pasang air laut ini, terjadi di beberapa titik wilayah pesisir Kandang Panjang, Panjang Wetan, Degayu dan Krpyak Lor. Area terdampak mulai meluas mengenai area permukiman, sawah dan empang atau kolam. Namun bagian tengah pekalongan utara tidak terkena genangan secara meluas karena kondisi elevasi yang memungkinkan daerah ini tidak ikut tergenang.



Gambar 6. Hasil pemodelan genangan 0,10 m

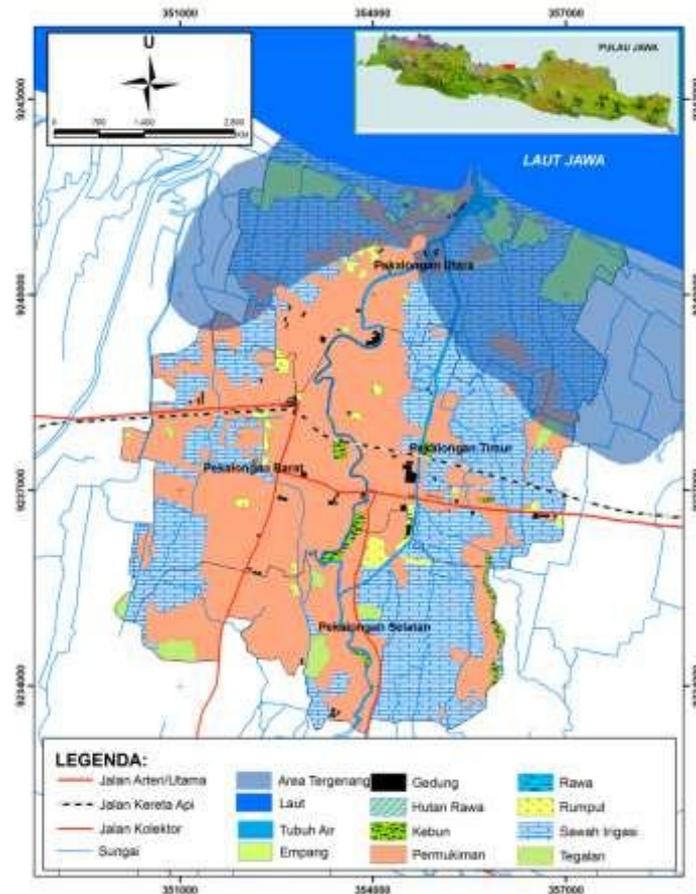


Gambar 6. Hasil pemodelan genangan 0,70 m



Sumber : Survei Lapangan, 2012

Gambar 8. A. Kondisi permukiman yang tergenang. B. Kedalaman genangan banjir mencapai 50 cm. C. Proses *in dept interview* dengan penduduk. D. Proses pemetaan dengan metode *Participatory GIS*



Gambar 9. Hasil pemodelan genangan 0,70 m

[5] Sikap dan Persepsi Masyarakat Terhadap Banjir Pesisir di Pekalongan

Respon masyarakat dalam menghadapi bencana, merupakan hal yang penting untuk diketahui untuk menjadi pertimbangan program pengurangan risiko bencana yang akan dilakukan (Marfai, et al. 2008). Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, masyarakat yang tinggal di wilayah pesisir Pekalongan umumnya mengaku sudah terbiasa dengan masuknya genangan banjir ke wilayah permukiman mereka. Terkait dengan masalah degradasi lingkungan, Kecamatan Pekalongan Utara mengalami masalah abrasi pantai, gelombang pasang yang tinggi, masalah sampah, dan fenomena banjir pesisir. Wilayah pesisir pantai Pekalongan, yaitu di Kecamatan Pekalongan Utara memiliki kerentanan yang tinggi terhadap banjir pesisir. Ritohardoyo, dkk. (2011) mengungkap bahwa beberapa faktor yang menyebabkan wilayah pesisir Pekalongan memiliki kerentanan banjir pesisir yang tinggi, karena kondisi alami, dan juga karena faktor infrastruktur yang kurang baik. Ditinjau dari kondisi alami, wilayah pesisir Pekalongan di Kecamatan Pekalongan Utara memiliki kondisi topografi landai, dan memiliki ketinggian yang relatif rendah. Ditinjau dari kondisi infrastruktur, wilayah ini memiliki kondisi drainase yang kurang baik dan kapasitas pembuangan air yang buruk.

Dampak dari terjadinya banjir pesisir ini dapat dibedakan menurut penggunaan lahannya. Berdasarkan wawancara yang sudah dilakukan di Kelurahan Degayu pada tahun 2012, diketahui bahwa dampak mencolok terjadi di tiga penggunaan lahan utama berupa permukiman, tambak, dan sawah. Masyarakat di permukiman secara umum mengalami kerugian berupa rusaknya rumah, perabotan, alat transportasi dan jalan, timbulnya genangan di saluran drainase, kotoran yang menyebar, dan timbulnya banyak penyakit (Gambar 10).



Sumber : Hasil Analisis Data Primer, 2012

Gambar 10. Dampak Banjir Pesisir Pekalongan di Kawasan Permukiman

Pada penggunaan lahan sawah yang terendam seluas hampir 58% dan mengurangi produktifitas lahan yang terlihat mulai dari tahun 2008 hingga tahun 2011. Lebih lanjut, penggunaan lahan tambak juga terdampak akibat genangan banjir pasang surut di Pekalongan yaitu terjadinya gagal panen hingga 50% dari bibit ikan yang ditanam karena lepasnya ikan ketika banjir datang.

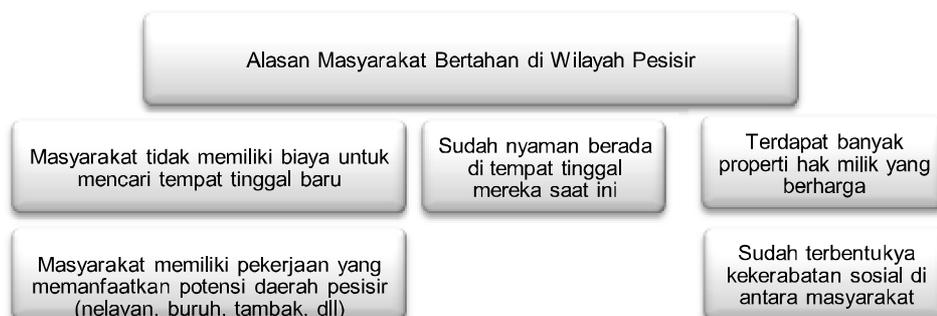
Masyarakat memiliki sikap yang berbeda dalam menghadapi bencana banjir pesisir di Pekalongan. Terdapat tiga respon utama yang dimiliki oleh masyarakat, yaitu menerima adanya banjir pesisir, mentolerir adanya banjir pesisir, dan bertahan di tempat tinggalnya walaupun memiliki risiko yang besar terhadap banjir pesisir. Mayoritas masyarakat lokal memilih untuk bertahan di wilayah pesisir Pekalongan Utara karena memiliki rumah dan lahan sejak lama. Walaupun secara umum masyarakat telah merasakan dampak negatif dari bencana banjir pesisir di wilayah mereka, namun tidak membuat masyarakat memilih untuk pindah dari wilayah tersebut (Tabel 4).

Tabel 4. Sikap Masyarakat Terhadap Banjir Pesisir di Pekalongan Utara

Sikap	Persentase Jumlah Responden (%)	Alasan
Menerima	5	Banjir pasang adalah proses alam yang tidak dapat diintervensi
Mentolerir	5	Banjir pasang memiliki dampak yang mengganggu kehidupan tapi masih dapat ditolerir
Bertahan	80	Memilih bertahan di lokasi tempat tinggal karena memiliki properti di area tersebut

Sumber: Hasil Analisis Data Primer, 2012

Persepsi masyarakat yang tinggal di wilayah pesisir utara Pekalongan, umumnya menganggap banjir pesisir sebagai sebuah gangguan. Genangan banjir di wilayah tersebut sudah dianggap sebuah fenomena yang biasa bagi masyarakat. Masyarakat memilih bertahan untuk tinggal di wilayah tersebut walaupun sering tergenang banjir dari gelombang air laut (Gambar 13). Lebih lanjut, melalui hasil survei lapangan dan *in depth interview*, masyarakat mengetahui, bahwa terjadi perubahan ketinggian genangan banjir. Lahan pertanian masyarakat yang berupa sawah mulai tergenang oleh genangan banjir sekitar tahun 1990-an. Adapun puncak kejadian banjir terjadi pada beberapa tahun terakhir, yaitu sekitar tahun 2009 dan 2010.



Sumber: Hasil Analisis Data Primer, 2012

Gambar 11. Diagram alasan masyarakat tetap tinggal di wilayah pesisir Pekalongan

4.6. Bentuk Strategi Adaptasi Masyarakat

Genangan banjir pesisir yang terjadi di wilayah pesisir Pekalongan menyebabkan dampak kerusakan fisik. Pada Gambar 14. A ditunjukkan bahwa genangan pesisir telah menyebabkan kerusakan infrastruktur jalan. Jalan konblok di perumahan menjadi rusak akibat genangan banjir. Untuk menghindari dampak kerusakan yang disebabkan oleh genangan banjir pesisir, masyarakat yang tinggal di sekitar wilayah pesisir Pekalongan melakukan beberapa tindakan antisipasi. Bangunan fisik berupa tanggul dan tembok kemudian dibangun langsung berhadapan dengan Pantai pesisir utara Pekalongan (Gambar 14.B dan 14.C) untuk mengurangi masuknya air dari kejadian banjir pesisir yang akan menggenangi permukiman warga. Adapun bentuk strategi adaptasi yang dilakukan secara individual, masyarakat kemudian juga meninggikan bangunan rumah untuk menghindari masuknya air genangan banjir pesisir ke dalam rumah (Gambar 12.).

Selain itu, strategi adaptasi dilakukan oleh masyarakat dengan mengurug tanah. Hal ini dilakukan untuk menghindari banjir masuk ke wilayah permukiman mereka. Upaya peningkatan kapasitas saluran drainase juga dilakukan untuk meningkatkan kemampuan saluran membuang air yang menggenangi wilayah permukiman, sawah, dan tambak masyarakat dari banjir pasang surut yang terjadi di wilayah mereka (Gambar 13.).



Sumber : Survei Lapangan, 2012

Gambar 12. A. Konblok di perumahan yang rusak akibat banjir pesisir. B. Strategi adaptasi fisik dengan membangun tanggul. C. Strategi adaptasi fisik dengan bangunan pencegah banjir pesisir. D. Strategi adaptasi fisik dengan meninggikan bangunan rumah



Sumber: Survey Lapangan, 2012

Gambar 13. A. Mengurug tanah. B. Saluran drainase yang dioptimalisasikan. C. Lahan sawah yang tergenang. D. Lahan tambak yang terkena dampak banjir pasang surut.

Hasil wawancara terhadap beberapa anggota masyarakat, juga menginisiasi adanya pompa sedot yang digunakan untuk menyedot air genangan ketika banjir. Namun, pada saat dilakukannya survei lapangan, mesin pompa saat ini sudah jarang digunakan. Upaya strategi lainnya yang dilakukan oleh pemerintah yaitu dengan membangun sistem polder di wilayah Pekalongan Utara. Pembangunan polder ini bukan hanya peran pemerintah semata, tetapi juga hasil peran serta masyarakat lokal. Masyarakat membuat proposal pembuatan polder dan hingga saat ini bertanggung jawab atas pengelolaan dan perawatan polder.

Bentuk strategi adaptasi terhadap bencana banjir pesisir di Pekalongan Utara juga dilakukan masyarakat dengan menerapkan system kerja gotong royong. Sistem gotong royong dilakukan warga secara rutin. Beberapa kegiatan yang dilakukan dengan gotong royong terkait dengan strategi adaptasi masyarakat terhadap risiko banjir yaitu dengan membersihkan saluran drainase. Saluran drainase yang berkapasitas baik dan cukup akan menghindari terjadinya genangan yang parah ketika banjir pasang surut datang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diajukan beberapa kesimpulan berikut.

[1] Berdasarkan pendapat masyarakat tentang 3 skenario ketinggian genangan banjir yaitu 0,1 m, 0,5 m, dan 0,7 m, disimpulkan bahwa (a) skenario banjir 0,1 m terjadi di beberapa titik wilayah pesisir Krapyak Lor dan area terdampak berupa empang atau kolam. (b) Skenario genangan 0,5 m menggenangi beberapa titik wilayah pesisir Panjang Wetan, Degayu dan Krapyak Lor dengan area terdampak mulai meluas yaitu meliputi permukiman, sawah dan empang atau kolam. (c) Pada skenario genangan 0,7m, daerah yang terdampak lebih meluas meliputi pesisir Kandang Panjang, Panjang Wetan, Degayu dan Krapyak Lor, dengan area terdampak mulai meluas mengenai area permukiman, sawah dan empang atau kolam

[2] Persepsi masyarakat mengenai banjir pasang surut di Pesisir Pekalongan Utara, cenderung menganggap bahwa banjir merupakan sebuah gangguan. Sebagai akibat banjir sudah terjadi cukup lama, sehingga masyarakat menganggap sebagai fenomena yang biasa yang harus dihadapi dalam kehidupannya.

[3] Strategi adaptasi dilakukan oleh masyarakat dengan melakukan upaya kegiatan fisik berupa pembangunan tanggul dan tembok pertahanan menghadap laut, meninggikan bangunan rumah, mengurug lahan tergenang banjir menggunakan tanah, meningkatkan kapasitas drainase, dan pembuatan polder. Upaya yang lebih bersifat sosial budaya dilakukan masyarakat dengan mengadakan gotong royong untuk membersihkan saluran drainase di wilayah permukiman mereka.

Saran

[1] Peta skenario banjir pesisir menggunakan metode *participatory mapping* seyogyanya digunakan untuk menilai pandangan masyarakat tentang distribusi banjir pesisir di wilayah tempat tinggalnya.

[2] Penentuan kebijakan oleh pemerintah dan *stakeholder* untuk program pengurangan risiko bencana banjir pesisir di Pekalongan Utara, sebaiknya didasarkan pada hasil penilaian mengenai persepsi dan sikap masyarakat dalam menghadapi banjir pesisir di Pekalongan Utara

[3] Strategi masyarakat dalam menghadapi bencana banjir pesisir perlu didukung oleh pemerintah dan *stakeholder*, sehingga lebih efektif dalam mengurangi risiko banjir pesisir pada masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Baru, M.T.F. 2011. Persepsi dan Strategi Adaptasi Masyarakat di Wilayah Pesisir Ende dalam Menghadapi Bencana Akibat Gelombang Pasang, *Thesis*, UGM, Yogyakarta.
- Burrough P.A, Mc Donnell R.A. 1998. *Principals of Geographical Information System*. New York: Oxford University Press.
- Dewi, Anggraini. 2007. "Community Based Analysis of Coping with Urban Flooding: a Case Study in Semarang, Indonesia", *Thesis*, ITC, The Netherlands.
- Febrianti, F. 2010. Flood Risk Perception and Coping Mechanism of a Local Community: A case study in part of Surakarta City, *Thesis*, ITC, The Netherlands.
- Guarin, Graciela Peters and McCall, Michael K. 2010. *Community Carbon Forestry (CCF) for REDD Using CyberTracker for Mapping and Visualising of Community Forest Management in the Context of REDD*. K:TGAL (Kyoto: Think Global, Act Local) Report. ITC University of Twente, Enschede and CIGA UNAM, Morelia. May 2010.
- Hardesty, D. L. 1977. *Ecological Anthropology*, New York: McGraw-Hill. New York.
- Kesbangpol dan Linmas. (2010). *Laporan Kejadian Bencana: Banjir dan Rob*, Pemerintah Kota Pekalongan. Pekalongan.
- Mardiatno J, Marfai MA, Rahmawati K, Tanjung R, Sianturi S R, Mutiarni S. Y. 2012. *Penilaian Multi risiko Banjir dan Rob di Kecamatan Pekalongan Utara*. Magister Perencanaan dan Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai (MPPDAS) Program S-2 Geografi, Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Marfai, M.A. 2003. GIS modeling of river and tidal flood hazards in a waterfront city: case study, Semarang City, Central Java, Indonesia. *Thesis*, ITC, Enschede, The Netherlands.
- Marfai, M.A., King, L., Sartohadi, J., Sudrajat, S., Budiani, S.R., and Yulianto, F. 2008. "The Impact of Tidal Flooding on a Coastal Community in Semarang, Indonesia", *Environmentalist*, 28: 237-248.
- Marfai MA, King .L. 2008a. Tidal inundation mapping under enhanced land subsidence in Semarang, Central Java Indonesia. *Natural Hazards* 44: 93-109
- Marfai MA, King L. 2008b. Potential vulnerability implications of coastal inundation due to sea level rise for the coastal zone of Semarang City, Indonesia. In *Environmental Geology* 54:1235-1245.
- McCall, Michael K. 2003. Seeking good governance in participatory-GIS: a review of processes and governance dimensions in applying GIS to participatory spatial planning. *Habitat International* 27, 549-573.
- Messner, F. & Meyer, V. 2005. Flood Damage, Vulnerability, and Risk Perception: Challenge for Flood Damage Research, *UFZ Discussion Paper*, Leipzig-Halle.
- Mileti, D.S. & Gottschlich, L.P. 2001. Hazards and Sustainable Development in the United States, in *Risk Management*, Vol. 3, No. 1, pp. 61-70.
- Prihatno, H. 2011. Identifikasi Dan Pemetaan Dampak Banjir Pesisir Studi Kasus Wilayah Pesisir Pekalongan Jawa Tengah. *Tesis*. Magister Perencanaan Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Ritohardoyo, S, Marfai MA, Maulida NN, Mukti, RY, Zahro, Qoriatu, dan Halim Annisa. 2011. *Strategi Adaptasi Masyarakat Dalam Menghadapi Bencana Banjir Pasang Air Laut di Kota Pekalongan*. Percetakan Pondok Cahaya. Yogyakarta.
- Smit, B., Burton, I., Klein, R.J.T., and Street, R. 1999. The Science Of Adaptation: A Framework For Assessment, in *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 4: 199-213.
- Smit, B. and Wandel, J. (2006). Adaptation, Adaptive Capacity and Vulnerability, in *Global Environmental Change*, 16: 282-292.
- Sunil, Santha. 2011. Community-based adaptation to coastal hazards: A scoping study among traditional fishing communities in Kerala, India, in *Disaster, Risk and Vulnerability Conference 2011*, Mahatma Gandhi University, India.
- Suryanti, E.D., Rahayu, L., dan Retnowati, A. 2010. Motivasi dan Partisipasi Masyarakat dalam Upaya Pengurangan Multirisiko Bencana di Kawasan Kepesisiran Parangtritis, dalam *Penaksiran Multirisiko Bencana di Wilayah Kepesisiran Parangtritis*, Yogyakarta, PSBA UGM.
- Ward, PJ, Marfai, MA, Yulianto F, Hizbaron DR, Aerts JCJH. 2010. Coastal inundation and damage exposure estimation: a case study for Jakarta. *Natural Hazards, Springer* 56: 899-916. DOI 10.1007/s11069-010-9599-1
- Zein, M. 2010. A Community Based Approach to Flood Hazard and Vulnerability Assessment in Flood Prone Area: A Case Study in Kelurahan Sewu, Surakarta City, Indonesia, *Thesis*, ITC, The Netherland.