

KEMAMPUAN ADAPTASI MASYARAKAT DI PULAU-PULAU KECIL DALAM MENGHADAPI KRISIS AIR

*(Studi Kasus: Pulau Buluh, Pulau Kelong dan Pulau Penyengat
Provinsi Kepulauan Riau)*

*Adaptive Capacity Of Small Islands Society Toward Water Crisis
(Case Study: Buluh Island, Kelong Island, and Penyengat Island)*

Chitra Widyasani Surya Putri¹, Irwan Kusdaryanto², Intan Adhi Perdana Putri³

¹ Balai Litbang Sosekling Bidang Sumber Daya Air
Puslitbang Sosial Ekonomi dan Lingkungan, Balitbang, Kementerian Pekerjaan Umum
Jl. Sapta Taruna Raya No. 26, Pasar Jumat 12310
Email : schitrawsp@gmail.com

² Peneliti Balai Litbang Sosekling Bidang Sumber Daya Air
Puslitbang Sosial Ekonomi dan Lingkungan, Balitbang, Kementerian Pekerjaan Umum
Jl. Sapta Taruna Raya No.26 Kompleks PU Ps. Jumat, Jakarta 12310
Email : irwankus@yahoo.com

³ Peneliti Pusat Penelitian Kependudukan (*Research Center for Population*)
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (Indonesian Institute of Sciences)
Gedung Herbarium
Jl Ir H Juanda No.22 Bogor, ph: +62251 8322035, fax +6251 8324616
Email: intanadhi@gmail.com

Tanggal diterima: 23 Oktober 2014, Tanggal disetujui: 10 November 2014

ABSTRACT

Vulnerability to the crisis of water resources occurs in the area of small islands which is considered vulnerable are as affected by climate change. Indonesia has 17,477 small islands (<2000 km²) which is inhabited by 20% of the total population of Indonesia, but the availability of water is not sufficient for the community to meet the increasing yearly demand. In 2014 the research activities carried out to measure the degree of adaptation to small islands in the face of these conditions. This study uses primary data with respondents heads of families who live on the Penyengat island, Buluh island, and the island Kelong. The research approach sedan index based on number of variables approaches a result of the vulnerability of the study area. The method used a composite index of the normalized data using the min-max values, weighting methods Iyengar and Sudharshan and is analyzed descriptively. The result of the analysis for the vulnerability index is 0.65 for Penyengat is land with a capacity of 0,131. Pulau Kelong has vulnerability index of 0.46 with adaptive capacity of 0.170. Penyengat Island has a vulnerability index of 0.34 with adaptive capacity of 0,230. The conclusion shows that Penyengat island communities have the worst adaptive capacity as compared to Kelong and Buluh Island. The study is expected to contribute to the government in the provision of infrastructure, especially water resources and good clean water suitable applied on small islands in Indonesia

Key word: *adaptive capacity, small islands, water crisis, vulnerability index*

ABSTRAK

Kerawanan akan adanya krisis sumber daya air terjadi di kawasan pulau-pulau kecil yang tergolong kawasan rentan terkena dampak perubahan iklim. Indonesia memiliki 17.477 pulau kecil (<2000 km²) yang dihuni oleh 20% dari keseluruhan jumlah penduduk Indonesia, namun ketersediaan airnya belum mencukupi kebutuhan masyarakat yang setiap tahun meningkat. Pada tahun 2014 kegiatan penelitian ini dilakukan untuk mengukur tingkat adaptasi masyarakat pulau-pulau kecil dalam menghadapi kondisi tersebut. Penelitian ini menggunakan data primer dengan responden kepala keluarga yang tinggal di Pulau Penyengat, Pulau Buluh, dan Pulau Kelong. Pendekatan penelitian yang digunakan adalah pendekatan indeks berdasarkan beberapa variabel sebagai hasil kerentanan wilayah studi. Metode indeks yang digunakan adalah indeks komposit dengan normalisasi data menggunakan nilai min-max, pembobotan menggunakan metode Iyengar dan Sudharshan dan dianalisis secara deskriptif. Hasil analisis untuk index kerentanan Pulau Penyengat sebesar 0,65 dengan kapasitas adaptif sebesar 0,131. Pulau Kelong memiliki index kerentanan 0.46 dengan kapasitas adaptif sebesar 0,170. Pulau Buluh memiliki index kerentanan 0.34 dengan memiliki kapasitas adaptif sebesar 0,230. Kesimpulan

menunjukkan bahwa masyarakat Pulau Buluh memiliki kapasitas adaptasi yang paling baik dibandingkan dengan Pulau Kelong dan Pulau Penyengat. Penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi pemerintah dalam menyediakan infrastruktur sumber daya air khususnya air bersih yang baik dan cocok di terapkan pada pulau-pulau kecil di Indonesia.

Kata Kunci: kapasitas adaptasi, pulau kecil, krisis air, index kerentanan

PENDAHULUAN

Perubahan iklim akibat pemanasan global bukan lagi dalam tataran wacana, namun secara nyata telah menjadi tantangan paling serius yang dihadapi dunia di abad 21. Implikasi perubahan iklim terhadap proses siklus hidrologis telah mengubah rentang iklim, pergeseran rata-rata iklim regional, pergeseran zona iklim, dan mengakibatkan lebih tinggi frekuensi dan amplitude cuaca. Pulau-pulau kecil (*small islands*) yang sebagian besar wilayahnya merupakan daerah pesisir merupakan salah satu daerah yang paling rentan terhadap perubahan iklim (Mimura, 1999).

Indonesia memiliki banyak pulau kecil yang dihuni oleh masyarakat dimana kehidupan sehari-harinya sangat tergantung kepada laut. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan pulau-pulau kecil, pulau kecil adalah pulau dengan luas lebih kecil atau sama dengan 2.000 Km² (dua ribu kilometer persegi) beserta kesatuan ekosistemnya. Kodoatie (2012) menyebutkan bahwa dari 17.508 pulau yang ada di Indonesia, 5 pulau memiliki luas > 10.000 Km², 26 pulau memiliki luas antara 2.000-10.000 Km², dan sisanya sejumlah 17.477 (99,8%) merupakan pulau dengan luas < 2.000 Km² (pulau kecil dan sangat kecil).

Pulau-pulau kecil yang didiami kurang lebih 20% penduduk dari keseluruhan penduduk Indonesia, ini memiliki banyak sumberdaya yang mampu menunjang pembangunan dan kebutuhan pangan nasional. Keberadaan penduduk mampu berperan sebagai pelaku penting dalam mengakses sumberdaya alam (misalnya distributor pangan) yang berada disekitar pulau-pulau kecil. Dengan berbagai pemanfaatan seperti ikan-ikan karang, aspek pariwisata serta komponen-komponen yang memiliki potensi finansial bagi daerah. Sebagian besar penduduk yang menetap dipulau-pulau kecil Indonesia dalam konteks pengembangan pemenuhan kebutuhan akan merasa aman dan lebih sejahtera bila menetap di pulau tersebut hingga membangun rumah sebagai tempat tinggal permanen hingga beranak cucu sehingga mengakibatkan semakin meningkatnya jumlah penduduk di wilayah tersebut.

Masalah yang lazim di pulau-pulau kecil adalah kurangnya ketersediaan air bersih/tawar untuk kebutuhan rumah tangga. Kondisi pulau yang dikelilingi laut kadang menyebabkan air di daerah tersebut payau sehingga kurang layak untuk diminum. Seperti halnya yang terjadi di pulau-pulau yang ada di nusantara yang masih kekurangan air bersih apalagi air minum, rata-rata masyarakat mengkonsumsi air payau dengan kadar salinitas yang masih tinggi. Bahkan untuk memperoleh air bersih harus diangkut dari pulau yang memiliki persediaan air masih banyak ataupun sampai mendatangkan air bersih tersebut dari daratan utama dengan biaya yang cukup mahal.

Pengembangan dan pembangunan pulau kecil seringkali terkendala ketersediaan sumberdaya air yang sedikit. Hal ini disebabkan tangkapan curah hujan yang terbatas pada luas pulau yang sempit, serta jumlah simpanan air tanah yang sedikit pula. Selain itu, pulau-pulau kecil memiliki potensi kerusakan sumberdaya air tanah akibat intrusi air laut serta pengaruh dampak perubahan iklim. Oleh karena itu, maka Untuk pengembangan dan pembangunan pulau-pulau kecil dan sangat kecil harus dilakukan dengan memperhatikan aspek permasalahan dan potensi sumberdaya air yang ada pada setiap pulau.

Sebuah pernyataan dalam Johannesburg Summit 2002 yang dikenal dengan *Millenium Development Goals* (MDGs), bahwa pada tahun 2015, separuh penduduk dunia yang saat ini belum memiliki akses terhadap air minum, harus memperoleh akses tersebut. Indonesia sendiri dalam pertemuan tersebut, telah menargetkan bahwa pada tahun 2015 sebanyak 81% penduduk sudah memiliki kelangsungan akses terhadap sumber air yang lebih baik. Oleh karena itu perlu upaya yang secara komprehensif dapat menjamin keberlanjutan sumberdaya air bersih di pulau-pulau kecil. Upaya-upaya tersebut tidak hanya serta-merta memberikan bentuk yang lebih kearah kuantitas, namun bagaimana memelihara dan memanfaatkan sumberdaya air bersih dengan ramah, berkelanjutan serta mudah dijangkau secara ekonomi.

Penelitian ini setidaknya memberikan kontribusi baru dalam membantu menentukan kebijakan pemerintah untuk pengelolaan infrastruktur PU

khususnya bidang Sumber Daya Air. Penelitian ini lebih mengarah pada khususnya pulau-pulau kecil di kawasan timur dan barat Indonesia. Keberadaan pulau-pulau kecil yang mengalami kesulitan dalam ketersediaan air bersih. Oleh karena itu pemerintah dalam proses perencanaan pembangunan wilayah dipandang perlu menyesuaikan konsep strategi yang sifatnya bottom-up agar permasalahan dan isu-isu menyangkut air bersih terutama di wilayah pulau-pulau kecil dapat diwadahi dan program-program pemerintah dapat mengakomodasi dan memberikan kontribusi yang maksimal. Beberapa program yang menjadi prioritas dalam menjaga ketersediaan air bersih seperti; 1) Membangun kesadaran masyarakat atas pentingnya menjaga kualitas dan kuantitas air bersih di wilayah pulau-pulau kecil. 2) Menjaga ketersediaan air bersih melalui pengendalian pemanfaatan dan pengolahan limbah secara lestari dan 3) Merumuskan suatu konsep arahan pemanfaatan sumberdaya air bersih di wilayah pulau-pulau kecil berdasarkan karakteristiknya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan kerentanan masyarakat di lokasi penelitian (Pulau Penyengat, Pulau Buluh, dan Pulau Kelong) terhadap krisis air bersih dan bagaimana upaya menurunkan kerentanan tersebut.

KAJIAN PUSTAKA

Pulau dapat didefinisikan dan dikategorikan dalam berbagai cara dan masing-masing memiliki tujuan yang sangat bermanfaat, namun tidak tersedia satu definisi tunggal atau kategori tunggal yang mengakomodir seluruh kebutuhan pendefinisian pulau. Batasan pulau-pulau kecil yang dianut Indonesia selama ini belum ada yang baku. Batasan pulau kecil yang baku baru ditetapkan dengan diterbitkannya Undang-Undang No. 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. Batasan pulau kecil yang dianut adalah pulau dengan luas lebih kecil atau sama dengan 2.000 Km² beserta kesatuan ekosistemnya. Lewis (2009) mengemukakan beberapa alasan, mengapa pulau-pulau kecil menjadi rentan. Alasan yang dikemukakan adalah pulau-pulau kecil memiliki ukuran yang kecil, rendahnya sumberdaya berbasis daratan, relatif memiliki aksesibilitas yang rendah. Menurut Pelling dan Uitto (2001) juga mengemukakan beberapa karakteristik yang menjadi alasan mengapa suatu pulau-pulau kecil rentan, yaitu; (1) ukuran kecil yang berimplikasi pada keterbatasan sumberdaya berbasis daratan, (2) insularitas dan *remoteness* yang berimplikasi pada biaya transportasi yang mahal dan memerlukan waktu lebih lama, (3) masalah faktor lingkungan seperti ketersingkapan terhadap gangguan, (4) kapasitas mitigasi terhadap

bencana yang terbatas, (5) faktor penduduk yang memiliki kualitas sumberdaya manusia (SDM) yang rendah, tingkat pertumbuhan penduduk yang tinggi dan (6) faktor ekonomi seperti ketergantungan pada pembiayaan eksternal, pasar internal yang terbatas.

Dalam IPCC (2007) *Climate change* memberikan solusi dalam menghadapi kerentanan dengan cara membuat berbagai kebijakan dan instrumen yang tersedia untuk pemerintah untuk menciptakan insentif untuk mitigasi. Tingkat stabilisasi dinilai dapat dicapai dengan penyebaran portofolio teknologi yang baik saat ini tersedia atau diharapkan akan diusahakan didekade mendatang aksi. Sinyal karbon-harga yang efektif dapat mewujudkan signifikan potensi mitigasi di semua sektor.

Menurut OECD (*Organisation for Economic Co-operation and Development*), (2009), analisa skala lokal (*mikro*) sangat penting karena tiga alasan yaitu (1) Dampak perubahan iklim dinyatakan secara lokal. Perubahan iklim global diterjemahkan kedalam kejadian lokal pada respon terhadap geografis dan lingkungan setempat faktor ekonomi dan sosial politik. (2) Kerentanan dan kapasitas adaptif juga diwujudkan secara lokal. Ini karena kerentanan dan kapasitas adaptasi dalam konteks yang lebih spesifik yang dihasilkan dari interaksi antara banyak faktor sosio-ekologi dan proses seperti tingkat pendapatan, pola penyelesaian, infrastruktur, ekosistem dan kesehatan, jenis kelamin, peran serta politik dan kebiasaan individu. Indeks kerentanan regional atau nasional sering menyembunyikan variasi yang dramatis pada kerentanan lokal. (3) Tindakan adaptasi adalah pengamatan terbaik pada level lokal. Antisipasi atau Pengalaman nyata pada dampak perubahan iklim membentuk adaptasi pembuatan keputusan dan aksi kemudian menjadi terjemahan dari ilmu pengetahuan dan kapasitas pada kebiasaan dan aktivitas. Brooks, N., et al. (2005) mendefinisikan variabel kerentanan sebanyak 46 variabel yang mewakili kerentanan umum, mewakili kesejahteraan dan kesenjangan ekonomi, status kesehatan dan kecukupan gizi, pendidikan, infrastruktur, pemerintahan, geografi, faktor demografis, pertanian, ekosistem dan kapasitas teknologi.

Rygel, L., et al. (2006), merumuskan langkah-langkah menciptakan indeks kerentanan, yaitu langkah pertama dengan penentuan indikator kerentanan yang sering digunakan dalam kajian kerentanan, seperti dibidang sosial yaitu kemiskinan, jenis kelamin, umur, suku dan etnik, cacat. Sedangkan untuk bidang infrastruktur pada penelitian ini ditentukan seperti jenis infrastruktur. Kedua, menentukan *proxie* dari setiap indikator, *proxie* indeks yang lebih spesifik dari suatu indikator.

Nilai dari setiap *proxie* ditetapkan pada skala dari 0-1, dengan nilai indeks tertinggi diindikasikan sebagai kerentanan tertinggi gabungan dari nilai (skor/angka) kerentanan dapat dibentuk untuk setiap unit spasial dengan menggabungkan skor indeks pada setiap *proxie*. Ketiga analisa komponen utama kerentanan, variabel yang berbeda mungkin dipilih untuk menghadirkan indikator masing-masing yang tergantung pada beberapa faktor sebagai data yang dapat digunakan. Keempat, analisa hasil komponen utama yang akan menghasilkan indeks kerentanan.

Menurut CSIRO (2007), resiko utama pada infrastruktur terhadap dampak perubahan iklim secara umum berhubungan dengan (a) Kejadian ekstrim, meningkatnya frekuensi dan intensitas curah hujan ekstrim, angin dan kejadian petir kemungkinan menyebabkan meningkatnya laju kerusakan pada gedung dan fasilitas pendukung. Gedung dan fasilitas yang berada dekat dengan pantai/sungai dipertimbangkan menjadi yang paling beresiko ketika badai dan ombak besar dengan kenaikan muka air laut; (b) percepatan degradasi pada material dan struktur, proyeksi perubahan iklim mengindikasikan bahwa degradasi pada material, struktur dan pondasi bangunan dan fasilitas mungkin akan terjadi percepatan, utamanya yang berkaitan dengan pergerakan bawah tanah, perubahan pada air tanah mempengaruhi struktur kimia pondasi dan kelemahan struktur dari kejadian badai ekstrim.

Adaptasi adalah penyesuaian oleh sistem alam atau manusia dalam merespon kondisi aktual dari iklim atau dampak dari perubahan iklim. Adaptasi merujuk kepada aksi manusia dalam merespon, atau mengantisipasi proyeksi atau perubahan nyata dari iklim, sedangkan mitigasi merujuk kepada aksi untuk mencegah, mereduksi memperlambat perubahan iklim (Hulme, 2002).

Kapasitas adaptif merupakan kemampuan dari sistem untuk menyesuaikan terhadap perubahan iklim (termasuk iklim yang berubah-ubah dan ekstrim) yang membuat potensi dampak lebih moderat, mengambil manfaat atau untuk mengatasi konsekwensi dari perubahan tersebut (Fussel dan Klien, 2006). Menurut Luers (2005), kapasitas adaptif merujuk pada potensi untuk beradaptasi dan mengurangi kerentanan suatu sistem. Kapasitas adaptif menggambarkan kemampuan dari suatu sistem terhadap perubahan sebagai cara untuk membuat sistem tersebut lebih baik dalam beradaptasi terhadap pengaruh eksternal. Adaptasi dapat direncanakan atau terjadi secara otomatis. Perencanaan adaptasi adalah suatu perubahan dalam mengantisipasi suatu variasi dari perubahan iklim. Kapasitas adaptif suatu sistem

atau masyarakat menggambarkan kemampuan untuk memodifikasi karakteristik atau perilakunya sehingga mampu mengatasidengan lebih baik dampak perubahan kondisi eksternal (Fussel dan Klein,2006).

Kapasitas adaptif merupakan sifat yang sudah melekat dari suatu sistem yang didefinisikan sebagai kapasitasnya untuk beradaptasi terhadap ketersingkapan (Smit dan Pilifosova 2001). Dalam hal ini, kapasitas adaptif direfleksikan dari resiliensi, misalnya sebuah sistem yang resilien memiliki kapasitas untuk mempersiapkan, menghindari, mentolerir dan memulihkan diri dari resiko atau dampak. Resiliensi adalah kemampuan dari suatu entitas untuk resisten atau pulih dari suatu kerusakan (*South Pacific Applied Geoscience Commission (SOPAC)*),2005). Resiliensi alami (*intrinsicresilience*) adalah kemampuan alami suatu entitas untuk tahan terhadap kerusakan. Sebagai contoh, seseorang memiliki sistem kekebalan yang kuat secara alami akan lebih tahan terhadap kondisi dingin dibandingkan dengan seseorang yang lemah. Resiliensi adalah kemampuan dari suatu sistem komunitas atau sosial beradaptasi terhadap bahaya dengan cara meningkatkan resistensinya, atau melakukan perubahan untuk mencapai atau memelihara suatu batas yang dapat diterima atau ditolerir darisuatu fungsi atau struktur. Semisal sistem sosial, hal ini ditentukan oleh kapasitas suatu organisasi meningkatkan kemampuannya untuk belajar dari gangguan alam masa lalu untuk membuat proteksi yang lebih baik pada masa yang akan datang.

Kegiatan penelitian yang menemukan variabel yang mempengaruhi tingkat kerentanan masyarakat dalam menghadapi krisis air dilakukan oleh Kusumartono (2012) yang lebih melihat faktor struktural dan kultural apa saja yang mempengaruhi pola adaptasi masyarakat terhadap kondisi kelangkaan air. Menurut Kusumartono, Rianto (2014) Prosiding Internasional Seminar "*Innovation In Accelarating Infrastrukture Competitiveness and Sustainability* " mengatakan krisis sumber daya air tentu telah direspon oleh masyarakat di Solor Pulau Semau dan Pulau. Tanggapan krisis sumber daya air adalah bentuk ketahanan dalam adaptasi yang berkaitan dengan sosio-karakteristik budaya masyarakat di Solor dan Semau. Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan pola ketahanan masyarakat di Solor dan Semau di Nusa Tenggara Timur dari krisis sumber daya air yang berfokus pada dua variabel yaitu modal sosial dan modal ekonomi. Beberapa contoh penelitian mengenai kerentanan antara lain Adi Wibowo dan Supriatna (2011) yang lebih memfokuskan pada indeks jumlah pertambahan penduduk, indeks perubahan

penggunaan tanah dan indeks jumlah sungai digabungkan dan digunakan untuk menghitung tingkat kerentanan lingkungan pantai di sekitar kota pesisir secara spasial. Penelitian Wahyuni, Sakka, Samsu Arif,(2012) yang melihat bahwa kontributor utama kerentanan tinggi dari daerah penelitian adalah penggunaan lahan sangat dekat dengan garis pantai, kenaikan permukaan laut, tinggi gelombang signifikan dan kemiringan pantai. Penelitian Susandi, Herlianti, Tamamadin, Nurlela (2008) yang melihat dampak perubahan iklim terhadap ketinggian muka laut di wilayah Banjarmasin dengan melihat proyeksi kenaikan muka laut untuk beberapa tahun mendatang, maka dampak yang akan ditimbulkan pun dapat diperkirakan. Diantara dampak-dampak tersebut adalah tergenangnya air di wilayah Banjarmasin yang mengakibatkan rusaknya beberapa sarana dan prasarana yang menjadi media pembangunan di sektor perekonomian di wilayah tersebut. Menurut Tahir, Boer, Budi Susilo, dan Indra Jaya (2009) melihat indeks kerentanan Pulau-pulau kecil pada Pulau Barrang Kompo-Makasar dengan menghitung serta memproyeksikan kerentanan pulau-pulau kecil, dan menyusun strategi adaptasi pulau-pulau kecil. Penelitian Ramdhan, Husrin, Sudirman, Altanto (2012) tentang Pemetaan Indeks Kerentanan Pesisir Terhadap Perubahan Iklim di Sumatera Barat dan sekitarnya. Perubahan iklim terjadi pada dekade terakhir menyebabkan kenaikan muka air laut, hal ini menjadikan wilayah pesisir sebagai wilayah yang rentan untuk tempat aktivitas pembangunan. Oleh karena itu diperlukan

suatu kajian untuk menentukan tingkat kerentanan wilayah pesisir terhadap kenaikan muka air laut di Sumatera Barat. Hasil penelitian Bunga Irada Amalia dan Agung Sugiri (2014), meneliti mengenai “Ketersediaan air bersih dan perubahan iklim: studi krisis air di Kedungkarang Kabupaten Demak”. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat Kedungkarang menggunakan air sungai dan air sumur yang asin untuk memenuhi kebutuhan domestiknya dikarenakan sulitnya mengakses air bersih. Hal ini menyebabkan seluruh warga di Desa Kedungkarang membeli air bersih dari air yang dijajakan warga Kabupaten Jepara. Ditambah lagi dengan isu perubahan iklim dan letak geografis yang berada di wilayah pesisir utara Kabupaten Demak diduga kian memperparah krisis air.

Perhitungan Indeks Kerentanan Krisis Air di Pulau-Pulau Kecil

Indeks kerentanan sosekling masyarakat di pulau-pulau kecil krisis air ini dilakukan di Pulau Kelong, Pulau Penyengat dan Pulau Buluh. Variabel-variabel/ indikator yang digunakan di dalam perhitungan indeks dibagi ke dalam 3 dimensi sesuai dengan yang digunakan IPCC (*Intergovernmental panel on climate change*) dalam mendefinisikan kerentanan perubahan iklim yaitu Kapasitas Adaptif (*Adaptive Capacity*), Sensitifitas (*Sensitivity*) dan Ketersingkapan (*exposure*). Variabel-variabel dari ketiga dimensi tersebut dan hubungan fungsional terhadap kerentanan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Fungsi variabel/indikator terhadap kerentanan sumber daya air

Dimensi	Kode	Variabel	Fungsi
Kapasitas Adaptif	KA1	Jumlah Tanggungan Keluarga	↑
	KA2	Pendapatan	↓
	KA3	Pendidikan	↓
	KA4	WTP (Rp/lt)	↑
	KA5	Persepsi thd perubahan iklim	↓
	KA6	Peran Perempuan Dalam Pengelolaan Air	↓
	KA7	Modal Sosial	↓
Sensitivitas	S1	Keragaman sumber air (tipe)	↓
	S2	Waktu yang diperlukan ke Sumber Air	↑
	S3	Penggunaan air	↑
Ketersingkapan	K1	Curah Hujan Tahunan	↓
	K2	Kepadatan Penduduk	↑
	K3	Jumlah Kejadian Bencana, antisipasi bencana	↑

Sumber: Hasil Penelitian MAPI tahun 2013

Pada Tabel 1 dapat kita lihat bagaimana hubungan fungsional antara variabel-variabel terhadap kerentanan, arti fungsi tanda ↑, adalah semakin tinggi nilai dari variabel tersebut maka semakin rentan pulau tersebut terhadap krisis sumber daya air, sebaliknya, tanda ↓ berarti semakin tinggi nilai variabel tersebut makin semakin tidak rentan terhadap krisis air akibat perubahan iklim.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kuantitatif dan tergolong dalam penelitian penjelasan (*explanatory confirmatory research*). Data sekunder dikumpulkan dalam tahapan awal untuk studi pustaka konsep dan sebagai data untuk memenuhi kebutuhan data setiap variabel. Pengumpulan data primer dilakukan melalui penyebaran kuesioner terhadap kepala keluarga yang tinggal di lokasi penelitian dilengkapi dengan wawancara mendalam dan *Focus Group Discussion*.

Unit analisis penelitian ini adalah masyarakat di pulau-pulau kecil. Populasi kajian ini adalah penduduk di wilayah pesisir pulau kecil (lokasi penelitian). Lokasi yang dipilih adalah pulau-pulau kecil di Provinsi Kepulauan Riau yakni Pulau Buluh, Pulau Penyengat dan Pulau Kelong. Responden dari ketiga lokasi tersebut jumlahnya ditentukan dengan menggunakan tabel menurut Isaac dan Michael (1981). Berdasarkan tabel tersebut di dapatkan rekomendasi jumlah sampel untuk masing-masing lokasi seperti pada tabel 2:

Data yang telah terkumpul kemudian disusun dalam bentuk matrik daerah - indikator seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Setelah data disusun dalam matriks pada Tabel 3, langkah selanjutnya adalah dengan normalisasi

data. Cara ini dilakukan karena data dari indikator-indikator mempunyai unit dan skala yang berbeda-beda. Melalui normalisasi, data yang diperoleh menjadi unitless dan juga terstandarisasi nilainya sehingga akan berkisar antara 0 dan 1. Sebelum normalisasi dilakukan hal yang penting untuk diperhatikan adalah hubungan fungsi antara indikator dan kerentanannya, apakah berbanding lurus atau terbalik. Misalnya nilai indikator semakin tinggi maka kerentanan akan tinggi juga atau sebaliknya jika nilai indikator semakin rendah maka akan semakin rentan. Variabel dengan indikator yang berbanding lurus dengan kerentanan dinormalisasi dengan menggunakan rumus:

$$x_{ij} = \frac{X_{ij} - \text{Min}_i \{X_{ij}\}}{\text{Max}_i \{X_{ij}\} - \text{Min}_i \{X_{ij}\}}$$

Sedangkan untuk indikator yang berbanding terbalik dengan kerentanan dinormalisasi dengan menggunakan rumus:

$$y_{ij} = \frac{\text{Max}_i \{X_{ij}\} - X_{ij}}{\text{Max}_i \{X_{ij}\} - \text{Min}_i \{X_{ij}\}}$$

Setelah data dinormalisasi tahapan selanjutnya adalah melakukan pembobotan bagi indikator-indikator kerentanan tersebut.

Pembobotan dilakukan dengan menggunakan metode lyngar dan sudharshan. Dalam metode ini bobot bervariasi berbanding terbalik dengan varians atas daerah daerah pada masing-masing indikator kerentanan yaitu bobot w_j dihitung dengan

$$w_j = \frac{c}{\sqrt{\text{Var}_i(x_{ij})}}$$

Tabel 2. Jumlah sampel untuk masing-masing lokasi penelitian

No	Nama Pulau	Jumlah KK	Jumlah Sampel
1	Pulau Buluh	513	83
2	Pulau Kelong	731	95
3	Pulau Penyengat	758	86
Jumlah Sampel			264

Sumber: Hasil Penelitian MAPI tahun 2013

Tabel 3. Matriks Daerah - Indikator

Daerah/ Pulau	Indikator			
	1	2	.	J
1	X_{11}	X_{12}	.	X_{1j}
2	X_{21}	X_{22}	.	X_{2j}
.
i	X_{i1}	X_{i2}	.	X_{ij}

Sumber: Hasil Penelitian MAPI tahun 2013

Dimana c merupakan konstan yang dinormalisasi yaitu :

$$c = \left[\sum_{j=1}^{j=K} 1 / \sqrt{\text{var}_i(x_{ij})} \right]$$

Pemilihan pembobotan dalam cara ini akan memastikan bahwa adanya variasi dalam salah satu indikator tidak akan terlalu mendominasi kontribusi dari sisa indikator dan mengubah perbandingan antar daerah. Sehingga indeks kerentanan yang dihitung nilainya berada di antara 0 dan 1, dengan 1 menunjukkan adanya kerentanan yang sangat tinggi dan nilai 0 menunjukkan tidak ada kerentanan sama sekali.

Untuk tujuan pengklasifikasian, perankingan sederhana untuk wilayah yang berberdasarkan indeks y_i akan cukup. Namun untuk karakteristik dari beberapa tingkatan kerentanan yang berarti, klasifikasi fraktil yang cocok diperlukan asumsi distribusi probabilitas. Asumsi distribusi probabilitas yang cocok adalah distribusi beta yang secara umum bersifat *skewed* dan mempunyai nilai pada interval (0,1) seperti yang sudah dilakukan oleh Iyengar dan Sudarshan (1982).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian (Gambar 1)

Jumlah penduduk Pulau Penyengat kurang lebih 2224 jiwa. Pulau ini dapat dituju dengan menggunakan perahu motor yang lebih dikenal dengan sebutan pompong. Pulau Penyengat

memiliki kondisi topografi berbukit - bukit dengan beberapa bukit yang menurut sejarahnya oleh Raja Haji di jadikan kubu penting sebagai pertahanan untuk melawan belanda, yaitu Bukit Penggawa, Bukit Tengah dan Bukit Kursi. Kemiringan lahan di Pulau Penyengat adalah datar sampai berombak, yaitu antara 0 - 8% untuk daerah datar, yaitu di Kampung Jambat, Kampung Baru sebelah Barat. Untuk kemiringan lahan antara 8 - 15% terdapat di sebagian Kampung Ladi, Kampung Jambat sebelah Timur, dan sebagian Kampung Baru. Sedangkan kemiringan lahan antara 20 - 80% yang merupakan daerah berbukit - bukit, yaitu di kampung Bulang, Kampung Ladi, dan Kampung Baru sebelah Timur.

Ketinggian Pulau Penyengat dari permukaan laut adalah berkisar antara 0 - 15 meter dpl terdapat di seluruh kampung (Kampung Jambat, Datuk, Baru, Ladi dan Bulang), ketinggian antara 20 - 25 meter dpl terdapat di Kampung Datuk, Baru, Ladi dan Bulang, sedangkan ketinggian antara 45 - 50 meter dengan interval ketinggian sekitar 5 meter, terdapat di kampung Ladi dan Kampung Bulang.

Sejak tahun 2011, suplai air minum di Pulau Penyengat didapatkan dari Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) yang dibangun di Kampung Bulang. SWRO ini mampu menghasilkan 3000 liter air minum per hari untuk memenuhi kebutuhan 755 KK di Kelurahan Penyengat. Anomali cuaca yang terjadi di Kepulauan Riau hingga Februari 2014 menyebabkan terjadinya kekeringan, termasuk di



Gambar 1. Lokasi Penelitian
Sumber : www.lobo.kinemotion.de

wilayah Pulau Penyengat. Akibat hujan yang tidak kunjung turun menyebabkan air sumur terasa asin karena terintrusi air laut. Hal ini juga menyebabkan air yang dihasilkan oleh SWRO tidak mampu untuk memenuhi kebutuhan air minum warga Penyengat. Oleh karena itu Pemerintah Kota mensuplai air bersih sebanyak 18 ton yang di angkut dengan menggunakan *bot pompong* dari Kota Tanjung Pinang ke Pulau Penyengat.

Pulau Buluh merupakan sebuah pulau kecil yang letaknya hanya sekitar 1 mil saja jika ditempuh dari Pelabuhan Rakyat Sagulung dan pulau ini adalah salah satu kelurahan dari Kecamatan Bulang, Batam. Pulau Buluh memiliki luas sekitar 2.187 km². Jumlah penduduk Pulau Buluh kurang lebih 3429 jiwa, terdiri dari 1752 laki-laki dan 1677 perempuan dengan mayoritas agama Islam. Selain itu setiap wilayah di Pulau Buluh juga terbagi atas 11 RT dan 3 RW yang letaknya juga di beberapa pulau kecil disekitar Pulau Buluh yang bernama Pulau Bulat, Pulau Teluk Sepaku, Pulau Tengah dan Pulau Boyan. Pulau tersebut jaraknya tidak terlalu jauh dari Pulau Buluh.

Pulau Buluh hanya mengandalkan air permukaan saja sebagai sumber air utama. Hal ini menyebabkan kesulitan air bersih saat musim kemarau. Oleh karena itu Pemerintah Kota Batam mengupayakan suplai air dari Kota Batam menuju Pulau Buluh

yang dialirkan melalui pipa bawah laut. Pipa ini mengalirkan air bersih dari reservoir transmisi air minum di Pelabuhan Sagulung ke Pulau Buluh. Meskipun demikian, belum seluruh masyarakat terlayani air bersih dari *reservoir* ini. Masyarakat yang tempat tinggalnya jauh dari pipa transmisi masih mengandalkan *pompong* untuk mengangkut air bersih dari Kota Batam.

Hasil Perhitungan Analisis

Kerentanan merupakan fungsi dari kapasitas adaptasi, sensitivitas, dan ketersingkapkan. Apabila indeks semakin mendekati nilai 1, berarti masyarakat di lokasi tersebut semakin rentan terhadap krisis air. Berikut ini hasil penelitian perbandingan indeks kerentanan masyarakat di Pulau Penyengat, Pulau Buluh, dan Pulau Kelong . (Tabel 4 dan Gambar 2)

Berdasarkan Tabel 4. dan Gambar 2 menerangkan bahwa yang memiliki indek kerentanan masyarakat tinggi adalah Pulau Penyengat dengan kapasitas adaptif masyarakat memiliki nilai tinggi sebesar 0.65 kemudian pulau kelong sebesar 0,46 dan Pulau Buluh sebesar 0,34.

Berdasarkan Tabel 5 menerangkan indeks kerentanan dilihat dari dimensi kapasitas adaptif, sensitivitas dan ketersingkapkan.

Tabel 4. Indeks Kerentanan Masyarakat di Lokasi Penelitian

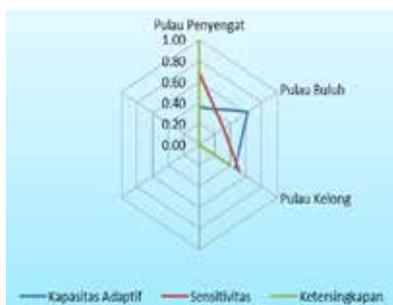
Daerah/Pulau	Kapasitas Adaptif	Sensitivitas	Ketersingkapkan	Vulnerability Index	Ranking
Pulau Penyengat	0.131	0.242	0.277	0.65	1
Pulau Buluh	0.230	0.110	0.000	0.34	3
Pulau Kelong	0.170	0.181	0.110	0.46	2

Sumber: Hasil Penelitian MAPI tahun 2013

Tabel 5. Indeks Kerentanan dilihat dari Dimensi

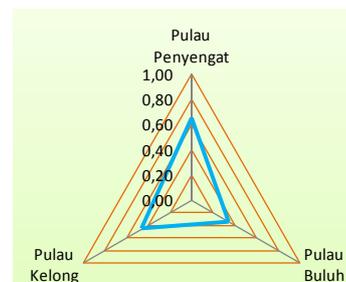
Daerah/Pulau	Kapasitas Adaptif	Sensitivitas	Ketersingkapkan
Pulau Penyengat	0.35	0.69	1.00
Pulau Buluh	0.62	0.31	0.00
Pulau Kelong	0.46	0.51	0.40

Sumber: Hasil Penelitian MAPI tahun 2013



Gambar 3. Grafik Indeks Kerentanan Dilihat dari Dimensi Kapasitas adaptif, sensitivitas, dan ketersingkapkan

Sumber: Hasil Penelitian MAPI tahun 2013



Gambar 2. Grafik Indeks Kerentanan
Sumber: Hasil Penelitian MAPI tahun 2013

Berdasarkan hasil indeks kerentanan dilihat dari masing-masing dimensi seperti kapasitas adaptif, sensitivitas dan ketersingkapan menghasilkan Pulau Penyengat memiliki indeks kerentanan lebih tinggi sebesar 0.65 di antara kedua pulau yang lain. Tabel 6 menjelaskan indikator dari kapasitas adaptif, Sensitivitas dan ketersingkapan dari ketiga lokasi penelitian.

Pada gambar 4 diatas menjelaskan Pulau Penyengat memiliki *Willingness to Pay* Masyarakat dalam mengatasi indeks kerentanan dalam hal penyediaan air untuk keperluan sehari-hari lebih tinggi dibandingkan dengan Pulau Kelong atau Pulau Buluh.

Berdasarkan gambar 5 dibawah ini menjelaskan grafik penggunaan sehari-hari di lokasi penelitian.

Berdasarkan gambar 5 dalam penggunaan air sehari-hari di lokasi Pulau Kelong sebesar 68,21 liter/org/hari dan Pulau Buluh sebesar 67,41 liter/org/hari sedangkan Pulau Penyengat sebesar 26,58 liter/org/hari. Berkaitan dengan hasil tersebut Pulau Kelong dan Pulau Buluh memiliki sumber air yang lebih banyak sehingga cenderung lebih boros terhadap air dibandingkan pulau Penyengat yang hanya memiliki sumur umum dan pembelian air galon sehingga tingkat dalam adaptasi terhadap

kerentanan lebih besar.

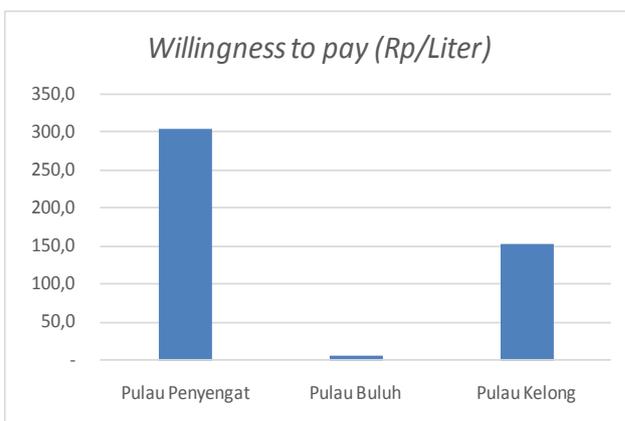
PEMBAHASAN

Hasil di atas menunjukkan bahwa bantuan dari pemerintah ternyata belum dapat meningkatkan kapasitas adaptasi masyarakat. Dibandingkan dengan Pulau Buluh dan Pulau Kelong, Pulau Penyengat justru belum mendapatkan penanganan air bersih dari pemerintah. Masyarakat Pulau Penyengat hanya mengandalkan air yang ada di sumur-sumur umum untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Bahkan pada saat musim kemarau masyarakat Pulau Penyengat harus rela mengantri sejak dini hari demi mendapatkan air bersih dari sumur-sumur umum yang masih menghasilkan air meskipun debitnya jauh berkurang. Hal ini menyebabkan masyarakat sangat menghargai nilai air bersih. Rata-rata penggunaan air di Pulau Penyengat adalah 26,58 liter/orang /hari, masih jauh di bawah standar dari Direktorat Jenderal Cipta Karya, yaitu 60 liter/orang/hari. Ketersediaan air yang terbatas juga membuat masyarakat Pulau Penyengat terlatih untuk menghemat penggunaan air, bahkan masyarakat memiliki kesepakatan untuk menggolongkan sumur menjadi dua, yaitu sumur yang digunakan untuk mandi dan mencuci serta sumur yang airnya hanya untuk dikonsumsi. Meskipun tidak ada pengawasan dalam

Tabel 6. Rekapitulasi Data Masing-masing Variabel

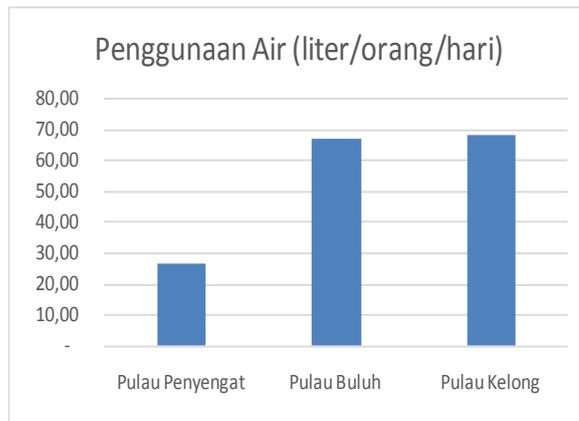
Daerah/Pulau	Kapasitas Adaptif							Sensitivitas			Ketersingkapan		
	Jumlah Tanggungan Keluarga	Pendapatan	Pendidikan	WTP (Rp/ltr)	Persepsi thd perubahan iklim	Peran Perempon Dalam Pengelolaan Air	Modal Sosial	Keragaman sumber air (tipe)	Waktu yang diperlukan ke Sumber Air	Penggunaan air	Curah hujan	Pertumbuhan dan Kepadatan Penduduk	Jumlah Kejadian Bencana
Pulau Penyengat	0.008	0.001	0.000	0.000	0.009	0.104	0.009	0.056	0.186	0.000	0.309	0.168	0.000
Pulau Buluh	0.029	0.013	0.013	0.175	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.110	0.000	0.000	0.000
Pulau Kelong	0.000	0.000	0.031	0.089	0.009	0.041	0.006	0.056	0.046	0.079	0.062	0.048	0.000

Sumber: Hasil Kegiatan Penelitian Penyusunan Manual Pengukuran Indeks Kerentanan Sosekling di Pulau-Pulau Kecil Krisis Air tahun 2014



Gambar 4 Grafik Willingness to Pay Masyarakat di Lokasi Penelitian

Sumber: Hasil Penelitian MAPI tahun 2013



Gambar 5. Grafik Penggunaan Air Sehari-hari di Lokasi Penelitian

Sumber: Hasil Penelitian MAPI tahun 2013

penggunaannya, masyarakat memiliki kesadaran untuk mematuhi kesepakatan tersebut. Budaya untuk mengantri mengakar kuat dalam keseharian masyarakat Pulau Penyengat. Dalam kondisi air yang sangat terbatas, masyarakat penyengat masih tetap tertib untuk mengantri tanpa saling menyerobot.

Berbeda dengan Pulau Penyengat, Pulau Kelong sudah mendapatkan bantuan penyediaan air bersih yaitu SPAM. Pengelolaan SPAM diserahkan pada petugas yang berasal dari masyarakat sendiri. Disamping sumber air yang berasal dari SPAM, masyarakat Pulau Kelong juga masih menggunakan air sumur umum. Perbedaannya dengan Pulau Penyengat adalah tidak adanya aturan yang membatasi bagian mana yang merupakan sumur yang digunakan untuk mencuci dan mandi, dan bagian mana yang merupakan sumur khusus untuk air minum. Meskipun tingkat pendapatan masyarakatnya cukup tinggi, namun willingness to pay masyarakat terhadap air bersih hanya Rp. 152,1/liter lebih rendah dari Pulau Penyengat yang mencapai Rp. 302,9/liter. Sedangkan masyarakat Pulau Buluh rata-rata hanya menilai air sebesar Rp. 7,7/liter, jauh lebih rendah dari Pulau Penyengat dan Pulau Kelong seperti yang tampak pada gambar dari grafik penggunaan air di atas tampak bahwa penggunaan air yang paling besar terjadi di Pulau Kelong dan Pulau Buluh, hal ini dipengaruhi oleh bertambahnya ketersediaan air setelah masuknya bantuan penyediaan air oleh Pemerintah Kota. Fenomena ini menunjukkan bahwa masyarakat Pulau Kelong dan Pulau Buluh menjadi bergantung pada kemudahan memperoleh air bersih, sehingga budaya menghemat air tidak lagi dilakukan. Disamping itu biaya yang digunakan untuk mendapatkan air juga tergolong terjangkau oleh masyarakat, yaitu Rp. 7.000/m³ untuk masyarakat Pulau Buluh dan Rp. 3.500/m³ untuk masyarakat Pulau Kelong.

Pada grafik penggunaan air di atas tampak bahwa penggunaan air yang paling besar terjadi di Pulau Kelong dan Pulau Buluh, hal ini dipengaruhi oleh bertambahnya ketersediaan air setelah masuknya bantuan penyediaan air oleh Pemerintah Kota. Fenomena ini menunjukkan bahwa masyarakat Pulau Kelong dan Pulau Buluh menjadi bergantung pada kemudahan memperoleh air bersih, sehingga budaya menghemat air tidak lagi dilakukan. Disamping itu biaya yang digunakan untuk mendapatkan air juga tergolong terjangkau oleh masyarakat, yaitu Rp. 7.000/m³ untuk masyarakat Pulau Buluh dan Rp. 3.500/m³ untuk masyarakat Pulau Kelong.

KESIMPULAN

- 1.1. Hasil analisis untuk index kerentanan Pulau Penyengat sebesar 0.65 dengan kapasitas adaptif sebesar 0.131. Pulau Kelong memiliki index kerentanan 0,46 dengan kapasitas adaptif sebesar 0,170. Pulau Buluh memiliki index kerentanan 0.34 dengan kapasitas adaptif sebesar 0,230. Pulau Penyengat memiliki index kerentanan lebih besar dibandingkan dikarenakan selama ini belum mendapatkan bantuan dari Pemerintah Daerah dan mengandalkan sumur umum untuk mendapatkan air dibandingkan kedua pulau lain sehingga nilai kapasitas adaptif kecil
2. Masyarakat Pulau Buluh memiliki kapasitas adaptasi yang paling buruk dibandingkan dengan Pulau Kelong dan Pulau Penyengat. Pulau Buluh memiliki sumber air yang lebih banyak sehingga masyarakat Pulau Buluh kapasitas adaptif terhadap krisis air paling besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi Wibowo dan Supriatna (2011) "Kerentanan Lingkungan Pantai Kota Pesisir di Indonesia" (*Coastal Environmental Vulnerability on Coastal Cities in Indonesia*) *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* Vol.3 No.2.
- Eka Wahyuni Syahrir, Dr. Sakka, M.Si, Drs. Samsu Arif, M.Si(2012) Analisis Kerentanan Pantai di Kabupaten Takalar dalam *Jurnal Universitas Hassanudin*.
- Fussel HM, Klein RJT. 2006. Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking. *Climatic Change* 75, 301-329
- Kusumartono, Hermawan (2012), Adaptasi Masyarakat Krisis Air Studi Kasus Masyarakat Pulau Palue dalam *Jurnal Sosial Ekonomi Pekerjaan Umum* Vol.4 No.2 Juli 2012.
- Hulme, M. (2002) *Frameworks for an Integrated Global Climate Management Strategy Environmental Scientist*, 11, 7-8
- Isaac, S., & Michael, W. B. (1981). *Handbook In Research And Evaluation: A Collection Of Principles, Methods, And Strategies Useful In The Planning, Design, And Evaluation Of Studies In Education And The Behavioral Sciences* (2nded.). San Diego, Calif.: EDITS Publishers.
- Iyengar, NS and P. Sudarshan. 1982. *A Method of Classifying Regions from Multivariate Data*. Economic and Political Weekly, Special Article : 2048-52
- Kodoatie, Robert J., 2012. *Groundwater Spatial*. Andi Publisher. Yogyakarta

- Luers AL.2005. The Surface of vulnerability; an Analytical Framework for Examining Enviromental Change, *Journal Global Inveromental Change* 15; 214; 223
- Lewis J. 2009. An island characteristic: Derivated vulnerabilities to indigenous and exogenous hazards. Shima: The International, *Journal of Research into Island Cultures*. Volume 3 Number 1: 1-15
- Balai Litbang SDA, 2013, Laporan Akhir Kegiatan Penelitian Mitigasi Adaptif Kerentangan Pulau-Pulau Kecil.
- Mimura (1999), Vulnerability of island countries in the South Pacific to sea level rise and climate change, *Climatic Change* Vol. 12: 137-143, 1999
- Pelling M & Uitto JI. 2001. *Small Island Developing States: Natural Disaster Vulnerability And Global Change*. Environmental Hazard 3: 49-62
- Smit, B., and O. Pilifosova. 2001. *Adaptation To Climate Change In The Context Of Sustainable Development And Equity*. In J.J. McCarthy, O.F. Canzianni, N.A. Leary, D.J. Dokken and K.S. White(eds) *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability - Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge Univesity Press.
- SOPAC (South of Pasific Islands Applied Geoscience Commission). 2005. Environmental Vulnerability Index (EVI): *Description of Indicators*. UNEP-SOPAC.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil
- Susandi, Herlianti, Tamamadin, Nurlela (2008) Dampak Perubahan Iklim Terhadap Ketinggian Muka Laut di Wilayah Banjarmasin, Dalam *Jurnal Ekonomi Lingkungan* Vol.12/ No.2/2008 (baru)
- Tahir, Menofatria Boer, Budi Susilo dan Indra Jaya (2009), Indeks Kerentanan Pulau-Pulau Kecil: Kasus Pulau Barrang Lompo Makasar, *Ilmu Kelautan* Desember 2009 Vol 14 (4)
- M Ramdhan, Husrin, Sudirman, Altanto (2012), Pemetaan Indeks Kerentanan Pesisir Terhadap Perubahan Iklim di Sumatera Barat dan sekitarnya, *Jurnal Segara* Volume 8 No.2 Desember 2012
- IPCC. 2007. *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability*. In: Contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bunga Irada Amalia dan Agung Sugiri Ketersediaan Air Bersih dan Perubahan Iklim: Studi Krisis Air di Kedungkarang Kabupaten Demak, *Jurnal Teknik PWK* Volume 3 Nomor 2, 2014.
- CSIRO Marine and Atmospheric, 2007, *Infrastructure and Climate Change Risk Assessment for Victoria*, A Victoria Government Initiative, Australia. ISBN: 978-1-74152-858-9
- Rygel, L., O'sullivan D., dan Yarnal, B., 2006, A Method for Constructing a Social Vulnerability Index : An Application to Hurricane Storm Surges in a Developed Country, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* (2006) 11: 741-764, Springer Ltd
- Brooks, N., Neil Adger, W., and Mick Kelly, P., 2005, *The Determinants of vulnerability and adaptive capacity at national level and the implications for adaptation*, Elsevier Ltd.
- OECD, 2009, *Integrating Climate Change Adaptation Into Development Co-operation: Policy Guidance*, Chapter 10: Introduction to Local Level. ISBN-978-92-64-05476-9.
- Kusumartono, Rianto (2014), *Innovation in Accelarating Infrastrukture Competitiveness and Sustainability*, Proceeding Internasional Seminar, 2014.