



## **AFORESTASI SEBAGAI STRATEGI MITIGASI BAHAYA TSUNAMI DI PESIRIR KEBUMEN<sup>1</sup>**

Oleh:

Agung Wahyu Nugroho<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Peneliti pada Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai  
Jl. A. Yani-Pabelan Kartasura PO BOX 295 Surakarta 57102  
Telepon/Fax.: (0271) 716709/ 716959, email: agung\_nugroho96@yahoo.co.id

### **ABSTRAK**

Pesisir Selatan Kebumen dengan panjang garis pantai 58 km merupakan sumber daya alam potensial dalam mendukung kehidupan masyarakat sekitar seperti wisata alam, tambang, perikanan, dan pertanian. Disisi lain, Kebumen termasuk daerah dengan tingkat seismisitas tinggi karena terkait dengan proses subduksi yaitu penunjaman lempeng samudra Indo-Australia ke lempeng benua Eurasia dan potensial memicu tsunami. Efek tsunami menimbulkan banyak korban jiwa manusia maupun kerusakan harta benda. Mitigasi secara struktural dan non struktural harus dilakukan untuk mengurangi kerusakan yang lebih besar akibat tsunami. Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa vegetasi pantai secara luas dianggap efektif mengurangi kerusakan akibat tsunami, disamping luas dan susunan hutan serta kondisi tsunami itu sendiri. Vegetasi pantai dalam jumlah cukup banyak dan berlapis-lapis dipandang mampu mengurangi daya dorong gelombang. Vegetasi yang lebih tinggi dapat mengurangi energi tsunami lebih besar dibandingkan dengan vegetasi yang lebih rendah. Tulisan ini memaparkan aforestasi sebagai salah satu strategi mitigasi terhadap bahaya tsunami di pesisir Selatan kebumen. Sumber data diperoleh dari studi literatur dan survey lapangan. Studi literatur yang dikumpulkan terkait dengan tsunami dan aforestasi dalam mitigasi tsunami. Survey dan pengukuran di lapangan dilakukan terhadap data iklim mikro gump pasir, bentuk gump pasir, vegetasi gump pasir dan pertumbuhan cemara udang. Data-data yang dikumpulkan kemudian dianalisis secara deskriptif. Aforestasi penting sebagai salah satu strategi mitigasi tsunami meskipun efektivitasnya masih terbatas pada skala dan kondisi tertentu dari tsunami. Luas, kerapatan, dan stabilitas struktur hutan pantai harus terus dikelola dan dipelihara agar fungsinya dalam mengurangi dampak tsunami dapat optimal. Sistem hutan pantai berlapis dan cukup lebar yang menitikberatkan pada pengaturan jenis tanaman di mana tanaman kecil berada di depan dan tanaman lebih besar ditempatkan di belakang diharapkan mampu memberikan redaman tsunami yang lebih baik.

**Kata Kunci:** Aforestasi, Pesisir, Tsunami

### **I. PENDAHULUAN**

Pesisir Selatan Kebumen dengan panjang garis pantai 58 km merupakan sumber daya alam potensial dalam mendukung kehidupan masyarakat sekitar, seperti: wisata alam, tambang, perikanan, dan

---

<sup>1</sup>Disampaikan dalam Seminar Nasional Restorasi DAS : Mencari Keterpaduan di Tengah Isu Perubahan Iklim diselenggarakan atas kolaborasi dari BTPKPDAS, Pascasarjana UNS dan Fakultas Geografi UMS di Surakarta, pada tanggal 25 Agustus 2015.



## Seminar Nasional Restorasi DAS :

Mencari Keterpaduan di Tengah Isu Perubahan Iklim

pertanian. Disisi lain, pesisir Selatan Kebumen merupakan pantai terbuka dengan hamparan pasir yang luas dan termasuk daerah dengan tingkat seismisitas tinggi sehingga potensial memicu tsunami. Selain itu, potensi naiknya ketinggian air laut akibat pemanasan global semakin memperbesar resiko adanya tsunami. Efek tsunami menimbulkan banyak korban jiwa manusia maupun kerusakan harta benda. Mitigasi secara struktural dan non struktural harus dilakukan untuk mengurangi kerusakan yang lebih besar akibat tsunami. BNPB (2012) menyebutkan salah satu kegiatan untuk mitigasi tsunami adalah dengan membangun dan mengembangkan *greenbelt*. Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa vegetasi pantai secara luas dianggap efektif mengurangi kerusakan akibat tsunami dengan kondisi tertentu. Vegetasi pantai dalam jumlah cukup banyak dan berlapis-lapis akan kokoh menghadang kuatnya gelombang dan memecahkan gelombang sehingga daya dorong gelombang dapat diperlemah. Vegetasi pohon yang lebih tinggi dapat mengurangi energi tsunami lebih besar dibandingkan dengan vegetasi pohon yang lebih rendah. Mile (2007) melaporkan bahwa areal pantai Pangandaraan yang terlindungi oleh tegakan pohon mengalami kerusakan yang lebih kecil dibandingkan dengan areal sekitarnya yang terbuka tanpa vegetasi pada bencana tsunami tahun 2006. Tulisan ini memaparkan aforestasi sebagai salah satu strategi mitigasi terhadap bahaya tsunami dan mengevaluasi dampak aforestasi terhadap perbaikan iklim mikro.

## II. METODE

Sumber data dari penelitian ini diperoleh dari studi literatur dan survey lapangan. Studi literatur yang dikumpulkan terkait dengan tsunami dan aforestasi dalam mitigasi tsunami. Sedangkan survey dan pengukuran di lapangan dilakukan terhadap data iklim mikro gumuk pasir, bentuk gumuk pasir, vegetasi gumuk pasir dan pertumbuhan cemara udang. Data-data yang dikumpulkan kemudian dianalisis secara deskriptif.

## III. KERENTANAN TSUNAMI KEBUMEN

Tsunami berasal dari bahasa Jepang *tsu* dan *nami* yang arti harfiahnya adalah gelombang di pelabuhan. Tsunami terjadi karena adanya gangguan impulsif pada air laut akibat terjadinya perubahan bentuk dasar laut secara tiba-tiba (Sudarmono, 2005). Indonesia adalah negara yang rawan tsunami karena merupakan daerah pertemuan tiga lempeng tektonik utama dunia yakni lempeng Eurasia, lempeng Indo-



## Seminar Nasional Restorasi DAS :

Mencari Keterpaduan di Tengah Isu Perubahan Iklim

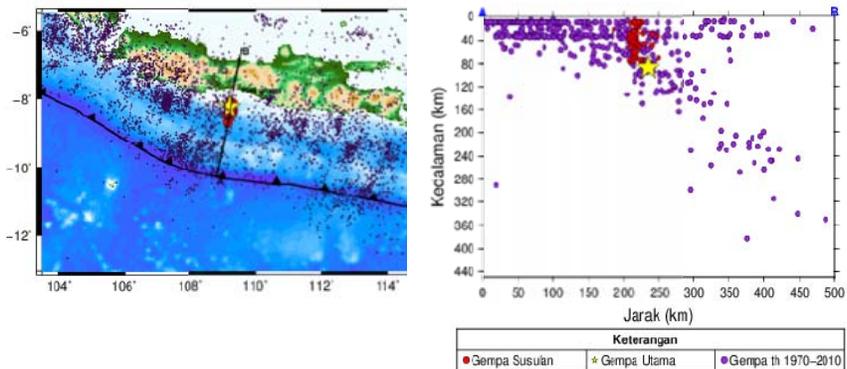
Australia dan lempeng Pasifik. Tabel 1 menyajikan beberapa kejadian tsunami di Indonesia yang merusak antara tahun 1990-2010:

Tabel 1. Kejadian tsunami di Indonesia yang merusak antara 1990-2010

Tgl	Mag. gempa (SR)	Pusat gempa	Waktu tiba (menit)	Lokasi	Tinggi gelombang (meter)	Korban jiwa (orang)
12 Des 1992	7,8	Laut Flores	12	Alor	26,2	2.500
3 Jun 1994	7,8	Jawa	38	Banyuwangi	13,9	238
18 Feb 1996	8,2	Biak dan Irian Jaya	20	Biak	7,68	110
29 Nov 1998	7,7	P. Taliabu, Maluku	18	Taliabu	2,75	18
4 Mei 2000	7,6	Banggai, Sulawesi	35	Banggai	6	4
26 Des 2004	9	Barat laut Sumatera	33	Meulaboh	50,9	165.000
28 Mar 2005	8,7	Barat laut Sumatera	43	Padang Sidempuan	3	800
17 Jul 2006	7,7	Pangandaran, Jawa	42	Pangandaran	10	200
12 Sep 2007	8,4	Bengkulu	35	Bengkulu	0,98	25
25 Okt 2010	7,2	Mentawai, Sumatera	10	Mentawai	8	413

Sumber: BNPB (2012)

Kebumen terdiri atas desa-desa wilayah pesisir seluas 10.165,15 ha dan dihuni oleh 95 ribu jiwa. Kebumen merupakan salah satu daerah yang termasuk dalam zone *megathrust* Selat Sunda dan Jawa bagian selatan dengan tingkat kegempaan sangat tinggi yang dapat memicu bencana tsunami (BNPB, 2012). Gambar 1 menampilkan gempa utama yang terjadi di selatan Kebumen pada 25 Januari 2014 dan peta seismisitas pulau Jawa yang diambil dari gempa yang terjadi antara 1970-2010.





## Seminar Nasional Restorasi DAS :

Mencari Keterpaduan di Tengah Isu Perubahan Iklim

Gambar 1. Lokasi gempa di selatan Kebumen pada 25 Januari 2014 dan peta seismisitas pulau Jawa antara 1970-2010 (Putri et al., 2014)

Hasil analisis estimasi resiko tsunami di Kebumen dengan citra alos menunjukkan ancaman kerentanan dampak tsunami yang tinggi terdapat di Kecamatan Mirit, Ambal, Buluspesantren, Klirong, Petanahan, dan Puring (Islam et al., 2014). Kondisi pantai di beberapa daerah tersebut yang cenderung landai dan terbuka tanpa penghalang (panjang  $\pm$  40 km) akan menyebabkan pergerakan gelombang tsunami melaju dengan sangat cepat. Selain itu, dengan adanya empat sungai besar yang bermuara di perairan selatan Jawa akan berpotensi mengirimkan gelombang tsunami hingga jauh ke arah hulu (Muhyidin, 2012).

Kejadian gempa pada tanggal 17 Juli 2006 pukul 15.19 WIB dengan skala 6,8 SR yang berpusat di Samudera Indonesia (240 km tenggara Tasikmalaya) telah memicu tsunami yang memporak-porandakan pantai selatan Jawa (segmen Tasikmalaya, Pangandaran, Cilacap, Kebumen). Survey lapangan yang dilakukan antara tim Jepang, Korea dan Indonesia (BMKG) menunjukkan beberapa pantai Kebumen yang terkena dampak tsunami dan *run up* pada tanggal 17 Juli 2006 (Tabel 2).

Tabel 2. Pantai Kebumen yang terkena dampak tsunami

No	Lokasi	Run up (meter)	Inundation (meter)
1	Pantai Ayah	5,94	300
2	Pantai Lembupurwo	5,94	480
3	Pantai Ambal	5,53	50
4	Pantai Puring	4,87	100
5	Pantai Suwuk	6,94	700
6	Pantai Karangbolong	5,80	400

Sumber: BMKG dalam lintas kebumen (2014)

Sementara Lavigne et al., (2007) memaparkan dengan rinci sebaran ketinggian *run up* tsunami pada 17 Juli 2006 dan waktu kedatangannya di sepanjang pantai selatan Jawa. Gelombang tsunami yang pertama tiba di Pangandaran terjadi pada pukul 16.20 WIB atau sekitar 1 jam setelah kejadian gempa. Ketinggian *run up* maksimum terukur mencapai 15,7 m yang melanda Pulau Nusa Kambangan. Sementara ketinggian *run up* pantai Selatan Kebumen berkisar antara 2-6 meter.

#### IV. GUMUK PASIR PANTAI KEBUMEN

Pantai pesisir selatan Kebumen hingga DIY didominasi oleh adanya gumuk pasir yang merupakan satu-satunya tempat di Indonesia yang



## Seminar Nasional Restorasi DAS :

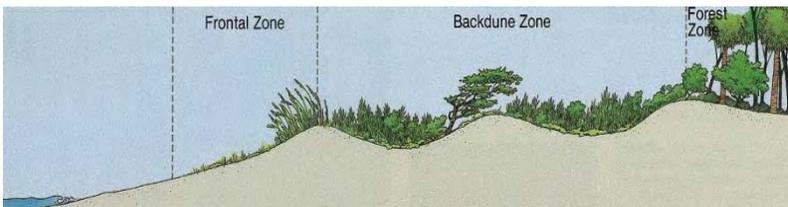
Mencari Keterpaduan di Tengah Isu Perubahan Iklim

memiliki bentang alam atau topografi *eolean*. Salah satu fungsi keberadaan gumuk pasir adalah mengurangi hantaman gelombang tsunami dan secara ekologis mampu meloloskan air yang tinggi sehingga memberikan cadangan air bagi masyarakat pesisir. Gumuk pasir di Kebumen didominasi gumuk pasir yang tidak terlalu tinggi seperti di Kecamatan Puring, Petanahan, Buluspesantren, dan Ambal. Sementara di daerah Mirit, seperti Pantai Lembupurwo, gumuk pasir masih terlihat tinggi sampai mencapai 8 meter. Bentuk-bentuk gumuk pasir yang ditemukan di daerah pantai selatan Kebumen menyerupai sabit (*barchans dune*), melintang (*transverse dune*) dan memanjang (*linear dune*) (Gambar 2). Kondisi gumuk yang berada di dekat garis pantai relatif labil dan mudah berpindah. Hal ini dikarenakan tingginya intensitas dan dominasi angin yang bertiup cukup kencang dan secara terus menerus.



Gambar 2. Bentuk-bentuk gumuk pasir pesisir selatan Kebumen (*barchans dune*, *transverse dune* dan *linear dune*) (Foto: Agung, 2008)

Secara umum, vegetasi gumuk pasir mempunyai tiga zonasi berdasarkan salinitas tanah yaitu *frontal zone*, *backdune zone* dan *forest zone* (Gambar 3). Hanya ada sedikit jenis vegetasi yang toleran terhadap tekanan lingkungan gumuk pasir (angin kencang, kadar garam tinggi, kekeringan, panas tinggi, ketersediaan unsur hara rendah) terutama *frontal zone* (Williams, 2007).



Gambar 3. Zona vegetasi gumuk pasir (Williams, 2007)

Gambar 4 menunjukkan beberapa vegetasi yang toleran pada gumuk pasir di antaranya: rumput gulung (*Spinifex littoreus* Merr.), rumput teki (*Cyperus* sp.), widuri (*Calotropis gigantean* Dryand), lenggengan



## Seminar Nasional Restorasi DAS :

Mencari Keterpaduan di Tengah Isu Perubahan Iklim

(*Leucus javanica* Bth.), tapak doro (*Catharanthus roseus* G. Don.), rumput merak ( *Pogonatherum paniceum* Hack), pandan (*Pandanus tectorius* Park.) (Nugroho dan Sumardi, 2010).



Gambar 4. Vegetasi yang toleran pada gump pasir, a) rumput teki, b) widuri, c) rumput gulung, d) lengglengan (Foto: Agung, 2008)

Hasil-hasil penelitian memperlihatkan bahwa karakteristik lahan pasir pantai kurang mendukung tumbuhnya vegetasi karena kemampuan menahan lengas tanah rendah, kandungan bahan organik sangat rendah (0,2-0,75%), suhu udara tinggi (28-33,4°C), suhu tanah tinggi (28-40°C), kelembaban udara berkisar 59,5-66,3%, kadar air tanah hanya 0,16-0,32%, penguapan air (evapotranspirasi) tinggi dan angin yang cukup kencang (5,2-13,3 km/jam) (Ewusie, 1990; Suhardi, 2005; Shiddieq dan Muhajir, 2008; Harjadi dan Octavia, 2008; Sumardi, 2009; Nugroho dan Sumardi, 2010).

## V. AFORESTASI PANTAI UNTUK MITIGASI TSUNAMI

Kondisi areal pesisir Selatan Kebumen yang terdiri atas endapan pasir dengan bentuk lahan yang selalu berubah menyebabkan proses penutupan vegetasi secara alami berlangsung sangat lambat. Akibatnya keseluruhan proses suksesi dapat diperkirakan akan berlangsung dalam waktu yang sangat lama. Keterbatasan kondisi lahan dan tanah pada formasi gump pasir, memberikan konsekuensi perlunya tindakan perbaikan kualitas tapak untuk menjamin keberhasilan kolonisasi vegetasi (Sumardi, 2010). Selain itu, keberhasilan kolonisasi vegetasi pantai juga dipengaruhi oleh pemilihan jenis vegetasi, kualitas dan kuantitas bibit, teknik penanaman di lapangan dan pemeliharaan.

Aforestasi pesisir pantai dalam arti penghutan lahan yang selama 50 tahun atau lebih bukan merupakan hutan (Republik Indonesia, 2004) telah diinisiasi salah satunya oleh Balitek DAS pada tahun 2006. Plot model rehabilitasi dengan tanaman cemara udang dibangun di Desa Karanggadung, Kecamatan Petanahan seluas kurang lebih 2,5 hektar (Gambar 5).



## Seminar Nasional Restorasi DAS :

Mencari Keterpaduan di Tengah Isu Perubahan Iklim



A



b

Gambar 5. Kondisi plot model rehabilitasi Balitek DAS a) tahun 2006 b) tahun 2015 (Foto: Agung)

Sejak tahun 2007 diadakan aforestasi pantai dengan bentuk kegiatan GNRHL seluas 278,5 hektar di sepanjang sempadan pantai Kebumen. Lokasi dan luas hutan pantai untuk masing-masing desa dapat dilihat pada Tabel 3. Selain itu, tim Fakultas Kehutanan UGM juga melakukan rehabilitasi pantai seluas 360 hektar di Kecamatan Petanahan dan Ambal (Gambar 7).

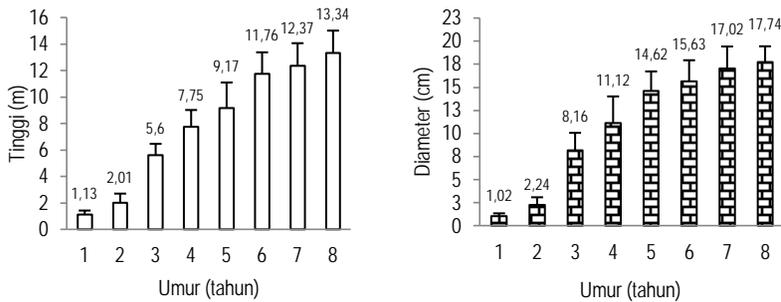
Tabel 3. Lokasi hutan pantai GNRHL tahun 2007

No	Desa	Kecamatan	Blok	Luas (ha)
1	Tanggulangin	Klirong	Berosengojo	20
2	Jogosimo	Klirong	Kalibuntu	25
3	Tegalretno	Petanahan	Ubil	22,5
4	Tegalretno	Petanahan	Baleng	22,5
5	Karangrejo	Petanahan	Plesung	20
6	Karangrejo	Petanahan	Beji	20
7	Sidoharjo	Puring	Berosengojo	37,5
8	Waluyoharjo	Puring	Berosengojo	30
9	Surorejan	Puring	Kepek	20
10	Surorejan	Puring	Gudang	20
11	Tambakmulyo	Puring	Criwik	25
12	Tambakmulyo	Puring	Kembas	25
Jumlah				287,5

Tegakan cemara udang di pantai berpasir mempunyai peran yang penting dalam mendukung ekosistem di pesisir pantai. Tegakan cemara udang mampu mengurangi kecepatan angin, mengurangi kadar garam yang terbawa angin, meningkatkan kelembaban tanah dan udara, meningkatkan kandungan bahan organik serta unsur hara, menurunkan suhu udara dan pasir, mengurangi intensitas cahaya matahari dan mengurangi laju evaporasi (Winarni *et al.*, 2012; Addinpujoartanto, 2013). Windyanti (2013) menunjukkan bahwa hutan tanaman cemara udang dengan kerapatan rata-rata 177,5 pohon per ha, rata-rata diameter tanaman 15,16 cm dan rata-rata tinggi tanaman 7,61 meter mampu menurunkan kecepatan angin sebesar 79,25%.



Selanjutnya diungkapkan bahwa penurunan kecepatan angin dipengaruhi oleh kerapatan, tinggi dan diameter tanaman, namun faktor yang berpengaruh secara signifikan adalah diameter tanaman ( $r=0,991$ ). Sedangkan Pelawi (2014) mengungkapkan bahwa efektivitas perlindungan pemecah angin terhadap kecepatan angin hanya hingga jarak 15 meter dari pemecah angin. Sementara untuk rerata pertumbuhan tinggi dan diameter tegakan cemara laut umur 1 – 8 tahun secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 6.

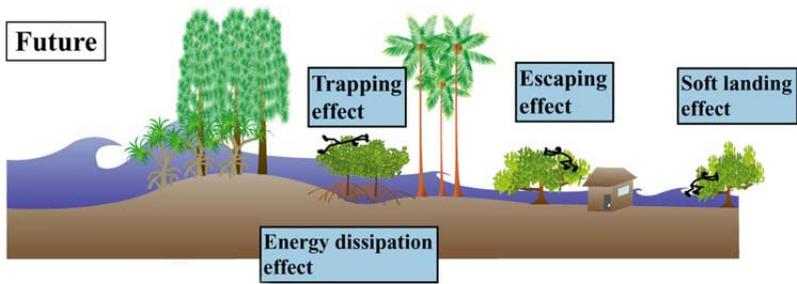


Gambar 6. Pertumbuhan tinggi dan diameter tegakan cemara

Selain hutan pantai dengan dominasi jenis cemara, di wilayah sempadan pantai juga terdapat hutan bakau yang terdapat di beberapa muara sungai seperti muara sungai Wawar (Desa Wiromartan dan Lembupurwo), muara sungai Luk Ulo (Desa Tanggulangin, Jogosimo dan Tegalretno), muara sungai Telomoyo (Desa Tambakmulyo) dan muara sungai Bodho (Desa Ayah) dengan luas sekitar 40 hektar (Sutarno, 2014).

Tsunami tidak mungkin dicegah. Yang mungkin dilakukan adalah mengurangi resiko atau dampak negatifnya semaksimal mungkin. Dengan adanya kejadian-kejadian gempa dan tsunami yang melanda pantai selatan Kebumen, sudah seharusnya dilakukan usaha untuk mengurangi dampak dari tsunami tersebut, salah satunya adalah perlindungan pantai dengan aforestasi.

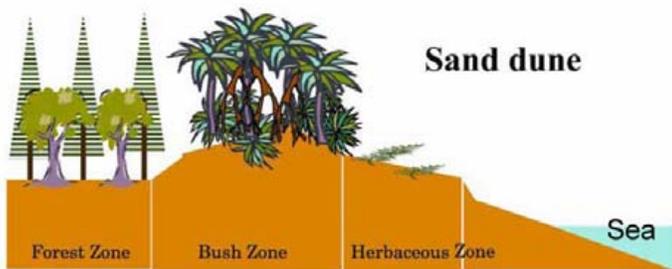
Fungsi hutan pantai selain untuk melindungi area pantai dari degradasi lingkungan, juga dapat berfungsi meredam energi gelombang tsunami sehingga limpasan energi gelombang ke arah daratan dapat diminimalkan. Tanaka et al. (2007) mengemukakan fungsi perlindungan pantai oleh vegetasi dari gelombang tsunami dibagi menjadi 3 yaitu: *soft landing effect*, *trapping effect* dan *escape effect* (Gambar 7).



Gambar 7. Fungsi vegetasi pantai selama tsunami (Tanaka et al., 2007)

Pentingnya vegetasi pantai dalam mengurangi dampak tsunami di 18 desa pesisir di sepanjang pantai tenggara India juga telah dilaporkan oleh Kathiresan et al. (2005). Sedangkan Sutowijoyo (2005) dan Sudarmono (2005) mengemukakan bahwa vegetasi pantai cukup efektif untuk mereduksi energi tsunami, terutama untuk tsunami dengan ketinggian kurang dari 3 meter.

Mengenai struktur hutan pantai, telah dijelaskan oleh Tanaka et al. (2009) dan Thui et al. (2012) bahwa kombinasi *Pandanus odoratissimus* dan *Casuarina equisetifolia* dapat secara efektif mengurangi kekuatan tsunami untuk tsunami dengan tinggi 5-8 meter. Karena itu, direkomendasikan sebagai *bioshield* vegetasi untuk melindungi pantai daerah dari bahaya tsunami (Gambar 8). Dengan model numerik, Ohira et al. (2012) menemukan bahwa terdapat hubungan eksponensial antara lebar hutan dan pengurangan banjir tsunami di selatan Yogyakarta. Hutan pantai dengan lebar 100 meter mampu mengurangi aliran, kedalaman dan luas area banjir tsunami berturut-turut sebesar 17.6, 7.0 and 5.7 %.



Gambar 8. Pola struktur dan jenis vegetasi yang efektif terhadap tsunami (Tanaka et al., 2009).

Husrin (2014) mengemukakan bahwa hutan pantai tidak dapat sepenuhnya diandalkan untuk tsunami dengan ketinggian melebihi



## **Seminar Nasional Restorasi DAS :**

Mencari Keterpaduan di Tengah Isu Perubahan Iklim

tajuk pohon. Hal ini karena kekuatan gelombang tsunami terlalu besar untuk diredam oleh barisan hutan pantai yang mudah mengalami patah, tercabut atau runtuh. Namun demikian, hutan pantai tetap dapat diandalkan untuk tsunami yang tidak terlalu besar. Penanaman hutan pantai sebaiknya memperhatikan aspek jenis vegetasi, pemanfaatan/kesesuaian lahan, topografi, batimetri dan orientasi garis pantai. Perawatan, kepastian hukum serta kesadaran masyarakat dalam menjaga lingkungan menjadi tantangan terbesar ke depan dalam pemanfaatan hutan pantai sebagai salah satu upaya mitigasi bencana tsunami.

### **IV. KESIMPULAN**

Meskipun efektivitas hutan pantai masih terbatas pada skala dan kondisi tertentu dari tsunami, namun aforestasi harus terus dilakukan terutama untuk wilayah pesisir Selatan Jawa khususnya Kebumen. Luas, kerapatan, dan stabilitas struktur hutan pantai harus terus dikelola dan dipelihara agar fungsinya dalam mengurangi dampak tsunami dapat optimal. Sistem hutan pantai berlapis dan cukup lebar yang menitikberatkan pada pengaturan jenis tanaman di mana tanaman kecil berada di depan dan tanaman lebih besar ditempatkan di belakang diharapkan mampu memberikan redaman tsunami yang lebih baik.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Addinpujoartanto N.A, 2013. Kajian pengaruh cemara udang terhadap iklim mikro di kawasan pesisir (Studi kasus kawasan pesisir kecamatan Srandakan DIY). Skripsi. UGM. Tidak dipublikasikan.
- BNPB, 2012. Masterplan pengurangan risiko bencana tsunami. Badan Nasional Penganggulangan Bencana. Jakarta.
- Ewusie, J.Y., 1990. Pengantar ekologi tropika. Membicarakan alam tropika Afrika, Asia, Pasifik, dan Dunia Baru. Penerbit ITB. Bandung.
- Harjadi, B., dan D. Octavia, 2008. Penerapan teknik konservasi tanah di pantai berpasir untuk agrowisata. Info Hutan: Vol. V, No. 2. Puslitbang Hutan dan Konservasi Alam (P3HKA). Bogor.
- Husrin, S., 2014. Hutan pantai untuk mitigasi tsunami: mitos, realitas dan tantangan ke depan. Prosiding seminar nasional aplikasi sains dan teknologi pada pengurangan resiko bencana. Banda Aceh.



## Seminar Nasional Restorasi DAS :

Mencari Keterpaduan di Tengah Isu Perubahan Iklim

- Islam, F., S. Subiyanto, L.M. Sabri, 2014. Penentuan resiko dan kerentanan tsunami di Kebumen dengan citra alos. Jurnal Geodesi Undip. Vol. 3, No. 1. Hal: 141-154.
- Kathiresan, K. dan N. Rajendran, 2005. Coastal mangrove forests mitigated tsunami. Estuarine Coastal & Shelf Science. Nov2005, Vol. 65 Issue 3, p601-606. 6p.
- Lavigne, F., C. Gomez, M. Giffo et al., 2007. Field observations of the 17 July 2006 tsunami in Java. Natural Hazards and Earth System Sciences, 7, 177-183.
- lintaskebumen, 2014. "Dampak gempa dan tsunami Pangandaran 2006 diKebumen". <<http://lintaskebumen.files.wordpress.com/2014/0/bmkga>> (diakses 27 Juni 2015)
- Mile, M.Y., 2007. Pengembangan spesies tanaman pantai untuk rehabilitasi dan perlindungan kawasan pantai pasca tsunami. Informasi teknis. Vol. 5 No. 2, hal: 73-82.
- Muhyidin, 2012. "48 desa di Kebumen waspada tsunami, baru miliki tiga alat deteksi bencana". <<http://www.kebumenkab.go.id>> (diakses 9 Juni 2015)
- Nugroho, A.W. dan Sumardi, 2010. Ameliorasi tapak untuk pemapanan cemara udang (*Casuarina equisetifolia*) pada gumuk pasir pantai. Jurnal penelitian hutan dan konservasi alam. Vol. VII No. 4: 381-397, 2010. Bogor.
- Ohira, W., K. Honda, dan K. Harada, 2012. Reduction of tsunami inundation by coastal forests in Yogyakarta, Indonesia: a numerical study. Natural Hazards and Earth System Sciences, 12, 85-95.
- Pelawi, K.F.P.B.S., 2014. Efektivitas tanaman cemara udang (*Casuarina equisetifolia* Linn.) sebagai pemecah angin (*wind break*) di kawasan lahan pasir pantai Samas Yogyakarta. Skripsi. UGM. Tidak dipublikasikan.
- Putri, R.R.A., A.M. Juwono, dan T.D. Rachman, 2014 Studi analisis penentuan jenis sesar penyebab gempa Kebumen 25 Januari 2014 dengan metode pergerakan awal gelombang P. Physics student journal. Vol. 2, No. 1.
- Republik Indonesia, 2004. Peraturan Menteri Kehutanan No. 14 Tahun 2004 tentang Tata cara aforestasi dan reforestasi dalam kerangka mekanisme pembangunan bersih. Jakarta.
- Shiddieq, J. dan A. Muhajir, 2008. Mengubah lahan pasir lebih produktif. Majalah Salam 24 Juni 2008. Denpasar.
- Sudarmono, 2005. Tsunami dan penghijauan kawasan pantai rawan tsunami. Inovasi: Tsunami dan sistem mitigasi bencana nasional. Vol.3/XVII/Maret 2005: 11-14. PPI Jepang.
- Suhardi, 2005. Cemara udang efektif cegah empasan tsunami. Kompas: 29 April 2005. Hal: 6 Kolom: 2-5.



## Seminar Nasional Restorasi DAS :

Mencari Keterpaduan di Tengah Isu Perubahan Iklim

- Sumardi, 2009. Prinsip silvikultur reforestasi dalam rehabilitasi formasi gumuk pasir di kawasan pantai Kebumen. Seminar nasional. silvikultur rehabilitasi: Pengembangan strategi untuk mengendalikan tingginya laju degradasi hutan. Wanagama 1, 24-25 Nopember 2008. Yogyakarta.
- Sutarno, 2014. "Hutan mangrove di Kebumen cuma 40 hektare." <<http://www.kebumenkab.go.id/index.php/public/news/detail/2108>> (diakses 2 Juli 2015).
- Sutowijoyo, A.P., 2005. Tsunami, karakteristiknya dan pencegahannya. Inovasi: Tsunami dan sistem mitigasi bencana nasional. Vol.3/XVII/Maret 2005: 7-10. PPI Jepang.
- Tanaka, N., Sasaki, Y., Mowjood, M.I.M. et al., 2007. Coastal vegetation structures and their functions in tsunami protection: experience of the recent Indian Ocean tsunami. *Landsc Ecol Eng* 3(1):33-45
- \_\_\_\_\_, N.A.K. Nandasena, K.B.S.N. Jinadasa et al., 2009. Developing effective vegetation bioshield for tsunami protection. *Civil Engineering and Environmental Systems*. Vol. 26, No. 2, June 2009, 163-180
- Thuy, N.B., N. Tanaka, dan K. Tanimoto, 2012. Tsunami mitigation by coastal vegetation considering the effect of tree breaking. *J Coast Conserv* (2012) 16:111-121
- Williams, M.J., 2007. Native plants for coastal dune restoration: what, when, and how for Florida. USDA, NRCS, Brooksville Plant Materials Center, Brooksville, Florida.
- Winarni, W.W., W.D. Atmanto dan S. Danarto, 2012. Peran *wind barrier* cemara udang (*Casuarina equisetifolia* var. *incana*) dalam agroforestri pesisir. Seminar nasional agroforestri III, 29 Mei 2012. Hal: 245-248.
- Windyanti, R.K., 2013. Karakteristik tanaman cemara udang (*Casuarina equisetifolia*) dan pengurangan kecepatan angin di pantai gua cemara Yogyakarta. Skripsi. UGM. Tidak dipublikasikan.