

Pertambahan penduduk, variasi *interannual* suhu permukaan laut dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan linier karang *Porites* di Kepulauan Seribu

Sri Yudawati Cahyarini

Pusat Penelitian Geoteknologi - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Jln. Sangkuriang, Cisitu, Bandung

SARI

Kerusakan lingkungan laut di pesisir Jakarta semakin parah. Data historis perubahan lingkungan laut dalam waktu yang panjang diperlukan untuk memahami intensitas dan sumber kerusakan. Pertumbuhan tahunan karang *Porites* terbukti akurat sebagai arsip perubahan lingkungan, mampu menyediakan data perubahan lingkungan dalam skala waktu yang panjang. Dengan penelitian karang yang dilakukan di perairan wilayah Kepulauan Seribu, yaitu Pulau Jukung, Pulau Air, dan Pulau Bidadari, faktor perubahan lingkungan di perairan tersebut dapat didokumentasikan dari waktu ke waktu dan penyebab kerusakan lingkungan di wilayah itu dapat lebih dipahami. Pertumbuhan linier karang dari wilayah dekat daratan ke laut lepas dikorelasikan dengan perubahan suhu permukaan laut (SPL) dan pertambahan penduduk DKI Jakarta. Hasil penelitian menunjukkan pertumbuhan linier karang di lokasi penelitian, yaitu di Pulau Jukung, Pulau Air, dan Pulau Bidadari berkorelasi dengan kenaikan jumlah penduduk DKI dalam kurun waktu 1971-2005. Variasi SPL dalam skala *interannual* memiliki korelasi yang tinggi dengan pertumbuhan linier karang Pulau Jukung yang terletak di lepas pantai, dibandingkan dengan karang Pulau Air dan Pulau Bidadari yang terletak lebih dekat dengan daratan (*inshore*).

Kata kunci: karang, pertumbuhan linier, suhu permukaan laut, pertambahan penduduk

ABSTRACT

The damage of the marine environment around the coastal region of Jakarta is getting worse. Historical data of marine environmental change within a long period of time is required to understand the intensity and the source of the damage. Annual growth of Porites coral proved accurately as an archive of environmental change which is able to provide data to environmental changes within a long period of time. With corals research conducted in Thousand Islands (Kepulauan Seribu) region namely: Pulau Jukung, Pulau Air, and Pulau Bidadari, the factor of environmental change in this region can be documented from time to time, moreover the cause of the damage of the environment can better be understood. Linear growth of corals in offshore region towards the inshore (high seas) region was correlated with the changes of the surface temperature (SST) and the increase of the population of DKI Jakarta. To study the influence

Naskah diterima 28 Januari 2011, selesai direvisi 16 Maret 2011
Korespondensi, email: yudawati@yahoo.com

of anthropogenic factor the data of the linear growth of the corals was correlated to the population of DKI Jakarta. The results showed a linear growth of corals in the study areas (in Jukung Island, Air Island and Bidadari Island) correlated with the increase in total population of Jakarta within the period of 1971-2005. The variation of SST in interannual scale has a tight correlation with the linear growth of the corals of the Jukung Island which is located in offshore area compared with the Bidadari and Air Islands corals those are located closer to inshore (near the coast).

Keywords: coral, linier extension, sea surface temperature, population growth

PENDAHULUAN

Kepulauan Seribu terletak di wilayah Teluk Jakarta dan Laut Jawa. Daerah ini memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi diantaranya adalah terumbu karang. Terumbu karang merupakan salah satu sumber perekonomian terutama bagi rakyat pesisir. Ancaman bagi kelangsungan hidup terumbu karang bisa merupakan ancaman bagi perekonomian khususnya di pesisir. Terumbu karang hidup pada kondisi perairan yang dipengaruhi antara lain oleh parameter suhu, salinitas, dan kekeruhan (Nybakken, 1992). Parameter-parameter tersebut bisa terjadi karena pengaruh faktor alam maupun antropogenik.

Kepulauan Seribu terletak memanjang dari laut jawa sampai teluk Jakarta merupakan bagian dari wilayah pesisir Jakarta, membuat perairan kompleks terumbu karang di daerah tersebut akan mendapat tekanan dari perkembangan kota Jakarta. Perubahan tata guna lahan yang intensif di seputar kota metropolitan dan megapolitan Jakarta berdampak kepada tingkat sedimentasi, frekuensi kejadian banjir dan kekeringan, serta perubahan salinitas dan suspensi di perairan terumbu karang Kepulauan Seribu. Selain itu faktor alam seperti misalnya musim, berpengaruh pada kondisi perairan di teluk Jakarta (Laut Jawa), pada musim barat membawa air dari

Laut Cina Selatan yang lebih rendah salinitasnya masuk ke Laut Jawa (Gordon *et al.*, 2004), sebaliknya pada musim timur air dari perairan Banda yang lebih tinggi salinitasnya akan masuk ke perairan laut Jawa (Gordon *et al.*, 2004), sehingga hal ini akan berpengaruh pada kondisi salinitas di perairan terumbu karang Kepulauan Seribu. Pada saat El Nino 1982/1983 suhu permukaan laut (SPL) di perairan terumbu karang Kepulauan Seribu menunjukkan kenaikan di atas normal (Brown & Suharsono, 1990; Suharsono, 1998) yang menyebabkan kematian karang. Selain perubahan iklim, faktor antropogenik juga berpengaruh pada kesehatan karang (van der Meij *et al.*, 2010)

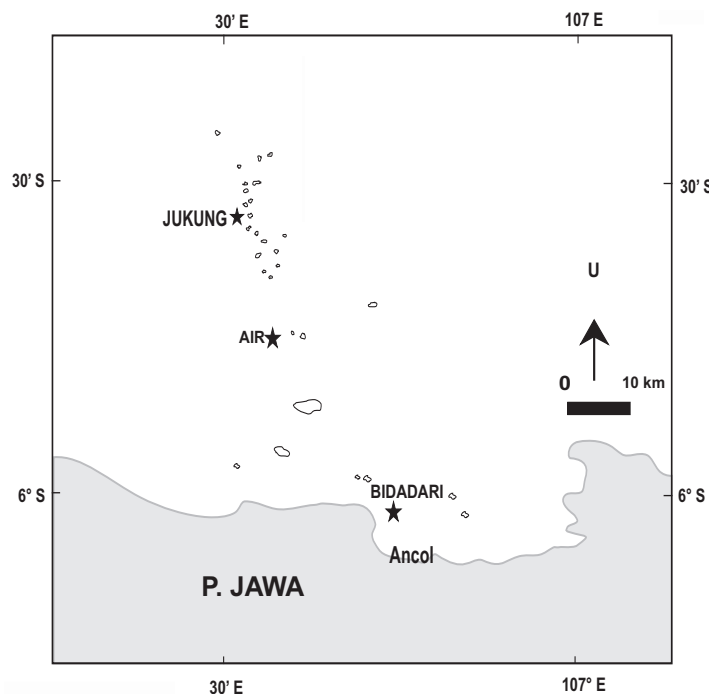
Kerusakan lingkungan laut di pesisir Jakarta diketahui semakin parah (Suharsono, 1998) sehingga dengan melakukan penelitian terhadap karang yang diambil dari perairan wilayah Kepulauan Seribu, parameter perubahan lingkungan di laut dapat didokumentasikan dari waktu ke waktu sehingga penyebab kerusakan itu dapat lebih dipahami.

Karang tumbuh dan berkembang melalui proses kalsifikasi, yaitu pembentukan kalsium karbonat. Proses kalsifikasi adalah pertumbuhan linier dan penambahan densitas karang (Felis & Pätzold, 2004). Karang *Porites* telah digunakan untuk melakukan studi perubahan

an lingkungan, yaitu seperti perubahan SPL di wilayah perairan karang yang dilihat dari kandungan geokimia pada karang, analisis pertumbuhan tahunan karang sebagai indikasi tingkat sedimentasi dalam perairan karang, perubahan kondisi perairan terumbu karang karena polusi Pb (e.g. Scoffin *et al.*, 1989; Felis dan Pätzold, 2004; Carricart-Ganivet *et al.*, 2007; Cahyarini, 2008). Pertumbuhan tahunan karang sendiri dikenal dapat menjadi arsip untuk perubahan lingkungan yaitu perubahan SPL, salinitas permukaan laut, kualitas perairan terumbu karang (e.g. Scoffin *et al.*, 1989; Cahyarini, 2008; Tanzil 2009). Pertumbuhan karang merupakan kemampuan karang dalam berkalsifikasi membentuk kalsium karbonat.

Kecepatan kalsifikasi karang dipengaruhi oleh pertumbuhan linier dan densitas pada karang (Felis dan Pätzold, 2004). Penelitian ini difokuskan terlebih dulu pada pertumbuhan karang, dan pengaruh faktor alamiah dan antropogenik terhadap pertumbuhan tersebut.

Faktor pengaruh manusia diteliti dengan asumsi bahwa pertambahan penduduk Jakarta akan mempengaruhi pertumbuhan linier karang di perairan terumbu karang Kepulauan Seribu. Dalam studi dilakukan analisis pertumbuhan linier karang dari karang yang diambil dari Pulau Bidadari dan Pulau Air yang mewakili kondisi lokasi dekat dengan daratan (*inshore*) dan dari Pulau Jukung yang mewakili lokasi laut lepas (*offshore*).



Gambar 1. Peta Kepulauan Seribu dan lokasi pengambilan contoh karang (tanda bintang) di Pulau Jukung, Pulau Air, dan Pulau Bidadari.

MATERI DAN METODE

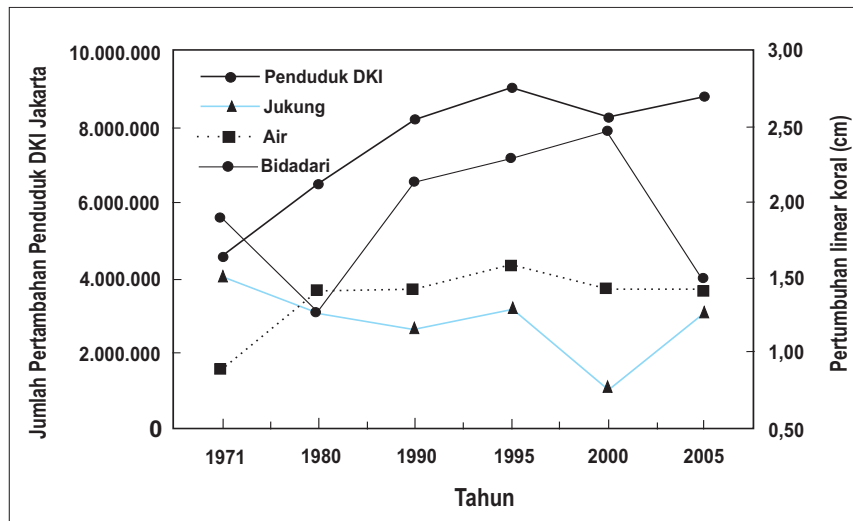
Contoh karang dari genus *Porites* diambil dari Pulau Jukung, Pulau Air, dan Pulau Bidadari kepulauan Seribu dengan menggunakan bor tangan pada kedalaman lebih kurang 5 m di bawah muka laut. Sampel karang di potong membentuk lempengan setebal 3 mm. Lempengan karang tersebut kemudian di foto *rontgen* untuk melihat perlapisan pertumbuhannya (Cahyarini *et al.*, 2008). Analisis pertumbuhan karang dalam studi ini difokuskan pada penghitungan pertumbuhan linier (*linear extension*) karang dari Pulau Jukung (*offshore*), Pulau Air dan Pulau Bidadari (*inshore*) (Gambar 1). Penghitungan pertumbuhan linier dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *coral XDS* (Helmle *et al.*, 2002). Hasil foto *rontgen* lempengan karang kemudian di-*scan* dan disimpan dalam bentuk file *bitmap* (*.bmp*). Data kemudian diproses/diolah menggunakan perangkat lunak Coral XDS. Penghitungan pertumbuhan linier dari karang telah dilakukan pada skala tahunan pada penelitian sebelumnya (Purnamasari *et al.*, 2010; Tanzil *et al.*, 2009; Cahyarini, 2008). Hasil pertumbuhan linier tahunan kemudian dihitung rata-rata pertumbuhan tahunannya, yaitu rata-rata 10 tahun untuk periode 1971-1990 dan rata-rata 5 tahun untuk periode 1990-2005. Hal ini dilakukan untuk memperoleh panjang data yang sama dengan data penambahan penduduk. Hasil dari rata-rata tahunan pertumbuhan linier dapat dilihat pada Gambar 2.

Data penambahan penduduk DKI Jakarta diperoleh dari sumber Biro Pusat Statistik (2006). Data penambahan penduduk Jakarta ini digunakan karena lokasinya paling dekat dengan Kepulauan Seribu. Kota Jakarta me-

rupakan megapolitan yang memiliki pengaruh besar terhadap terumbu karang di Kepulauan Seribu (Inoue *et al.*, 2006). Selain itu data tersebut tersedia bebas dan dapat diakses melalui Internet. Data ini digunakan untuk melihat pengaruh faktor antropogenik terhadap perairan terumbu karang.

Parameter kalsifikasi digunakan untuk melihat apakah pertumbuhan linier tersebut dipengaruhi pula oleh aktivitas dari wilayah daratan Jakarta, maka dalam studi ini dilakukan korelasi antara pertumbuhan linier dengan penambahan jumlah penduduk DKI Jakarta. Diasumsikan bahwa dengan penambahan jumlah penduduk maka terjadi peningkatan aktivitas yang mempengaruhi tekanan lingkungan di wilayah daratan Jakarta dan sekitarnya termasuk perairan Teluk Jakarta. Dihipotesiskan bahwa penambahan penduduk di Jakarta berhubungan linier dengan pertumbuhan linier karang di wilayah Teluk Jakarta dan Kepulauan Seribu. Penelitian ini difokuskan untuk melihat hubungan penambahan penduduk di wilayah DKI Jakarta dengan kondisi karang di perairan Kepulauan Seribu dalam hal ini pertumbuhan liniernya sehingga analisis *timeseries* hanya dilakukan selama periode ketersediaan data kependudukan.

Data suhu permukaan laut (SPL) digunakan data SPL rata-rata *grid* 4°-6°S dan 105°-106°E yang mewakili kondisi SPL di Kepulauan Seribu. Data SPL diperoleh dari pangkalan data *Extended Reconstruction Sea Surface Temperature* (ERSST) bersumber dari *National Ocean-Atmospheric Administrations* (NOAA, 2010). Untuk menyamakan panjang data antara data SPL dengan data pertumbuhan linier karang dan kependudukan, dilaku-



Gambar 2. Pertambahan penduduk DKI Jakarta dan pertumbuhan linier selama periode 1971-2005 (<http://www.datastatistik-Indonesia.com>). Data pertumbuhan linier merupakan rata-rata per lima tahun dari data Purnamasari *et al.* (2010) dan Cahyarini *et al.* (2008).

kan rata-rata data SPL per sepuluh tahun pada periode 1971-1990, dan untuk periode tahun 1995-2005 dilakukan rata-rata per lima tahun (Gambar 3).

Analisis statistik regresi linier digunakan untuk mengetahui hubungan antara pertambahan penduduk maupun SPL terhadap pertumbuhan linier karang, selanjutnya pengaruh pertambahan penduduk maupun SPL terhadap pertumbuhan linier karang dapat diketahui.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penghitungan pertumbuhan linier karang *Porites* di Kepulauan Seribu, yaitu Pulau Bidadari, Pulau Air, dan Pulau Jukung telah dilakukan oleh Purnamasari *et al.*, (2010). Hasil analisis pertumbuhan linier tersebut menyebutkan karang Pulau Jukung dengan panjang 174,055 cm memiliki umur 123 ta-

hun yaitu dari tahun 1883 hingga tahun 2005. Rata-rata pertumbuhan linier pada rentang waktu tahun 1883-2005 adalah 1,45 cm/tahun. Di Pulau Air diperoleh umur karang 83 tahun, yaitu dari tahun 1925-2007 dengan panjang karang 107,526 cm. Karang dari Pulau Bidadari menunjukkan ukuran panjang 82,47 cm dengan umur 49 tahun, yaitu dari tahun 1957-2005. Rata-rata pertumbuhan linier selama rentang waktu tahun 1957-2005 adalah 1,68 cm/tahun (Purnamasari *et al.*, 2010; Purnamasari dan Cahyarini, 2010).

Hasil analisis data pertumbuhan penduduk DKI Jakarta memperlihatkan peningkatan pertambahan penduduk dari tahun 1971 sampai 1995, kemudian terjadi penurunan pada kurun waktu 1995-2000, yang diikuti kenaikan lagi pada tahun berikutnya (Gambar 2). Variasi pertambahan penduduk ini selaras dengan pertumbuhan linear karang dari Pulau

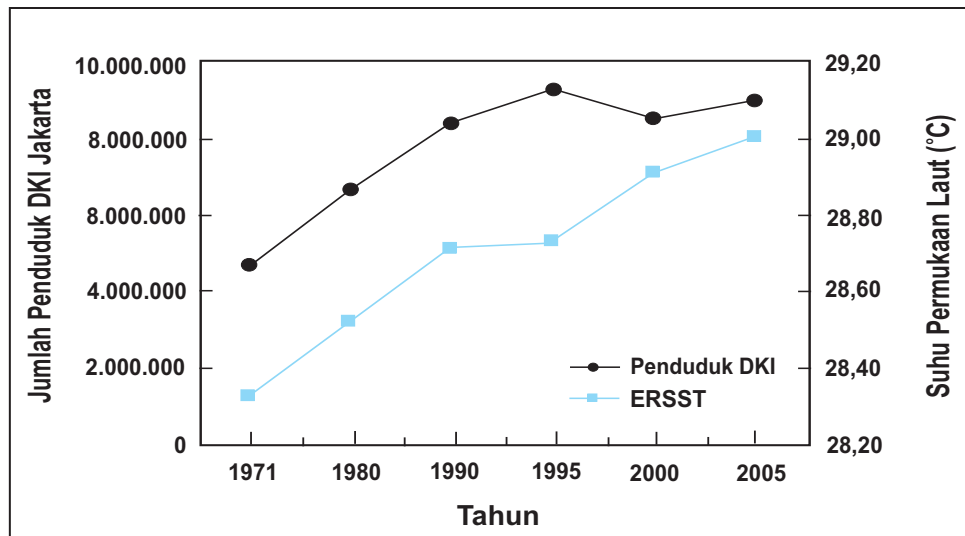
Air yang menunjukkan kenaikan pada periode 1971-1995 dan selaras pula dengan SPL (Gambar 3). Sebaliknya peningkatan pertumbuhan penduduk pada periode 1971-1995 bertepatan dengan penurunan pertumbuhan linier karang dari Pulau Jukung. Pertumbuhan linier karang di Pulau Bidadari menunjukkan kenaikan pada periode 1980-2000. Namun pada periode 1971-1980 terjadi penurunan pertumbuhan linier karang Bidadari. Rata-rata pertumbuhan linier dari karang Pulau Bidadari, Pulau Air, dan Pulau Jukung selama tahun 1925-2007 adalah 1,3 cm/tahun.

Pertumbuhan Linier Karang dan Suhu Permukaan Laut

Penelitian Purnamasari *et al.*, (2010) serta Purnamasari dan Cahyarini (2010) menyebutkan bahwa berdasarkan analisis rata-rata tahunan data suhu permukaan laut diperoleh

fakta suhu permukaan laut pada rata-rata *grid* 4°S-6°S dan 105°E-106°E yang mencakup Kepulauan Seribu menunjukkan kenaikan suhu rata-rata tahunan selama periode 1883 sampai sekarang, selain itu terdapat korelasi antara SPL skala rata-rata tahunan dan pertumbuhan karang. Studi Purnamasari *et al.*, (2010) serta Purnamasari dan Cahyarini (2010) memfokuskan pada skala bulan sampai rata-rata tahun (*annual*). Dalam studi ini difokuskan pada analisis kecenderungan perubahan suhu skala waktu antar tahunan (*interannual*), untuk itu dilakukan rata-rata data *timeseries* suhu lima tahunan dari data periode 1990-2005. Terlihat hasilnya menunjukkan peningkatan sebesar 0,7°C selama periode 1971-2005 (Gambar 3).

Suhu permukaan laut rata-rata *grid* 4°S-6°S dan 105°E-106°E yang mewakili SPL Kepu-



Gambar 3. Pertambahan penduduk DKI Jakarta dan suhu permukaan laut (ERSST) rata-rata di Kepulauan Seribu (sumber data: BPS, 2006 dan NOAA, 2010)

lauan Seribu pada skala *interannual* selama periode 1971-2005 menunjukkan kenaikan suhu selaras dengan kenaikan jumlah penduduk DKI. Pertumbuhan linier karang Pulau Jukung memiliki koefisien korelasi paling tinggi ($R = 0,64$) dengan SPL global (ERSST) dibandingkan karang Pulau Bidadari dan karang Pulau Air. Dalam skala *interannual* kenaikan variasi SPL berkorelasi terhadap 64% penurunan pertumbuhan linier di Pulau Jukung selama periode 1971-2005. Kemungkinan besar karena letak Pulau Jukung di wilayah *offshore* maka SPL global ini lebih berpengaruh terhadap pertumbuhan linier karang di Pulau Jukung dibandingkan dengan pertumbuhan linier karang Pulau Bidadari dan Pulau Air yang letaknya lebih ke *inshore* (Purnamasari, *et al.*, 2010).

Pertumbuhan Linier Karang dan Pertambahan Jumlah Penduduk

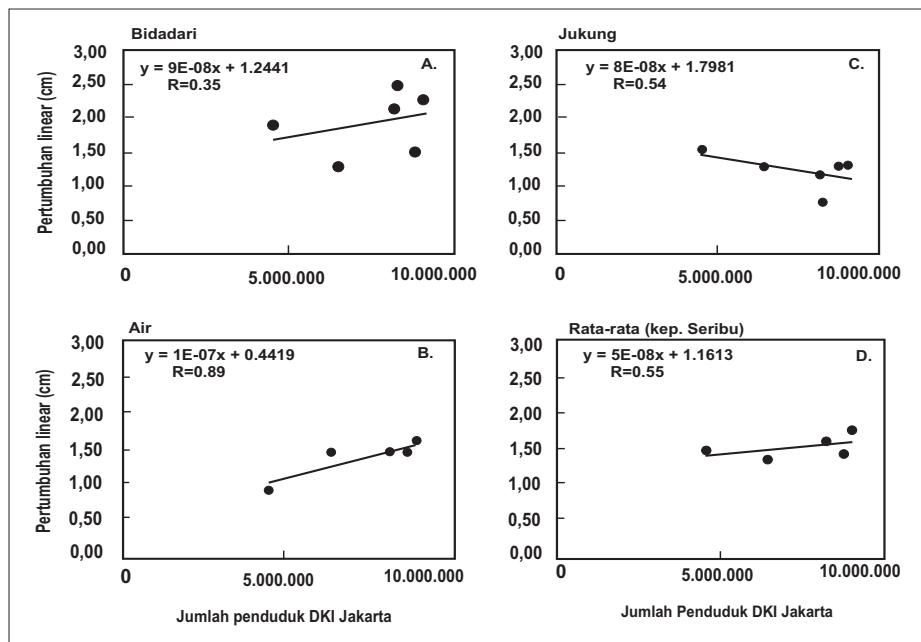
Studi pertumbuhan linear karang dari Kepulauan Seribu dan kaitannya dengan pertambahan jumlah penduduk pertama kali dilakukan di Indonesia. Hasil regresi linier antara pertambahan penduduk DKI dengan rata-rata pertumbuhan linier karang dari Kepulauan Seribu diperoleh koefisien regresi ($R = 0,55$), hal ini menunjukkan korelasi antara kedua parameter tersebut 55%. Rata-rata pertumbuhan linier karang Kepulauan Seribu merupakan hasil rata-rata dari pertumbuhan karang dari Pulau Jukung, Pulau Air, dan Pulau Bidadari yang mewakili wilayah lepas pantai (*offshore*) dan pantai (*inshore*) (Tabel 1). Koefisien korelasi pertambahan penduduk dengan pertumbuhan linier karang dari tiap-tiap pulau diperoleh yang paling tinggi dihasilkan dari

karang Pulau Air ($R = 0,89$) kemudian diikuti Pulau Jukung ($R = 0,54$) dan Pulau Bidadari ($R = 0,35$). Hal ini menunjukkan dalam skala *interannual* korelasi pertambahan penduduk dengan pertumbuhan linier karang paling kecil dijumpai dengan karang Pulau Bidadari yaitu 35%. Gambar 4 menunjukkan korelasi linier antara pertambahan penduduk dengan pertumbuhan linier karang. Dihipotesiskan bahwa kenaikan jumlah penduduk DKI berpengaruh pada penurunan pertumbuhan linier karang. Hasil regresi linier untuk skala *interannual* antara pertambahan penduduk dengan pertumbuhan linier karang menunjukkan untuk karang di Pulau Air dan Pulau Bidadari memiliki korelasi positif (koefisien regresinya positif) dimana pertambahan penduduk berkorelasi dengan kenaikan pertumbuhan linier karang, dan sebaliknya penurunan penduduk berkorelasi dengan penurunan pertumbuhan linier. Namun untuk karang dari Pulau Jukung menunjukkan koefisien regresi yang negatif dimana pertambahan penduduk berkorelasi dengan penurunan pertumbuhan linier karang.

Kenaikan jumlah penduduk DKI akan menimbulkan peningkatan beban (gangguan) pada lingkungan perairan karang sehingga akan menimbulkan penurunan pertumbuhan linier, hal ini berlaku untuk pertumbuhan linier karang di Pulau Jukung, namun untuk Pulau Air, Pulau Bidadari dan untuk rata-rata pertumbuhan linier dari ketiga pulau tersebut hal ini menunjukkan sebaliknya. Untuk menjawab hal ini dengan lebih akurat selain faktor pertambahan penduduk diperlukan juga analisis kondisi perairan karang (contoh kekeruh-

Tabel 1. Jumlah Penduduk DKI Jakarta dan Pertumbuhan Linier Karang *Porites* dari Pulau Bidadari, Pulau Air, Pulau Jukung dan Rata-rata Pertumbuhan Linier (cm/tahun) dari Ketiga Pulau tersebut, dan Data Suhu Permukaan Laut (°C)

Tahun	Penduduk DKI Jakarta (jiwa)	Pertumbuhan linier karang <i>Porites</i> (cm/th)				SPL (°C)
		Pulau Bidadari	Pulau Air	Pulau Jukung	rata-rata	
1971	4.579.303	1,90	0,90	1,52	1,44	28,32
1980	6.503.449	1,29	1,42	1,28	1,33	28,51
1990	8.259.266	2,14	1,43	1,17	1,58	28,70
1995	9.112.652	2,30	1,59	1,30	1,73	28,72
2000	8.361.079	2,49	1,43	0,78	1,57	28,90
2005	8.860.381	1,51	1,42	1,28	1,41	28,99



Gambar 4. Korelasi antara pertambahan penduduk DKI Jakarta dengan pertumbuhan linier karang (A) untuk karang dari Pulau Bidadari, (B) Pulau Air, (C) Pulau Jukung dan (D) pertumbuhan linier rata-rata dari ketiga pulau tersebut.

an) dan biologi karang (seperti data densitas karang), data perubahan lahan, debit sungai dan juga data arus laut sehingga dapat diketahui bagaimana material-material yang masuk ke dalam perairan terumbu karang tersebut terdistribusi. Hal ini dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya dengan menambahkan parameter-parameter tersebut.

Hasil studi ini menunjukkan karang yang terletak jauh dari wilayah daratan belum tentu memiliki penurunan pertumbuhan linier yang berkorelasi dengan pertambahan penduduk, seperti ditunjukkan karang Pulau Jukung. Mengingat fokus penelitian ini adalah pertumbuhan linier karang, namun kalsifikasi karang adalah penting untuk diketahui untuk dapat melihat kesehatan (produktifitas) karang berdasarkan produksi kalsium karbonatnya, dan kalsifikasi dipengaruhi tidak hanya pertumbuhan linier tetapi juga densitas karang (Tanzil *et al.*, 2009; Kleypas *et al.*, 1999), perlu penelitian selanjutnya untuk analisis data densitas karang dalam skala *interannual*. Perkalian antara densitas karang dengan pertumbuhan linier karang (Felis and Patzold, 2004) akan dapat dihasilkan kecepatan kalsifikasi karang sehingga produktifitas karang dan pengaruh pertambahan penduduk terhadapnya dapat dipelajari.

KESIMPULAN

Perubahan suhu permukaan laut dalam rata-rata *grid* 4°S-6°S dan 105°E-106°E menunjukkan perubahan iklim global yang dalam skala *interannual* memiliki korelasi tinggi dengan pertumbuhan linier karang Pulau Jukung yang terletak di *offshore* ($R = 0,64$). Pertumbuhan

linier karang berkorelasi dengan kenaikan jumlah penduduk DKI dalam kurun waktu 1971-2005.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada *International Foundation for Science (IFS)* atas bantuan hibahnya kepada penulis melalui *Grant* Nomor A/4605 dan kepada LIPI atas hibah penelitiannya melalui Program Insentif Rekayasa dan Peneliti LIPI 2010. Terima kasih juga disampaikan kepada Samsuardi, Dudi Prayudi, dan Yayat Sudrajat untuk asistensi dalam pekerjaan teknis lapangan, serta kepada penelaah makalah ini atas komentarnya yang menjadikan makalah ini menjadi lebih baik.

ACUAN

Biro Pusat Statistik, 2006, Jumlah Penduduk menurut Provinsi Number of Population by Province sensus penduduk 1971, 1980, 1990, 2000 dan 1995, 2005, http://www.datastatistik-indonesia.com/component/option,com_tabel/kat,1/idtabel,111/Itemid,165/.

Brown, B. E., dan Suharsono, 1990, Damage and recovery of coral reefs affected by El Niño related seawater warming in the Thousand Islands, Indonesia; Coral Reef, doi: 10.1007/BF00265007

Cahyarini, S.Y., 2008, Annual growth band analysis of *Porites* corals from Seribu Islands corals, Indonesia and its correlation with Precipitation. Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan, Vol 18, No 2, ISSN 0125-9849.

Carricart-Ganivet, J., Lough J.M., dan Barnes, D.J., 2007, Growth and luminescence characteristics in skeletons of massive *Porites* from a depth gradient in the central Great Barrier Reef, Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 351: 27–36.

Felis, T., dan Patzold, J., 2004, Climate Reconstructions from Annually Banded Corals. In M.

- Shiyomi *et al.*, Sebut semua editor (Eds.) Global Environmental Change in the Ocean and on Land, Publisher?, pp. 205–227.
- Gordon, A.L., Susanto, D.R., dan Vranes, K., 2004, Cool Indonesian Throughflow as a consequence of restricted surface layer flow, *Nature* 425: 824-828.
- Helmle, K.P., Kohler, K.E., dan Dodge, R.E., 2002, Relative optical densitometry and the coral X-radiograph densitometry system: CoralXDS, Presented Poster. Int. Soc. Reef Studies 2002 European Meeting, Cambridge, England, Sept. 4-7.
- Inoue, M., Hata A., Suzuki, A., Nohara, Shikazono, N., Yim, W.W.S., Hantoro W.S., Donghuai, S., dan Kawahata, H., 2006, Distribution and temporal changes of lead in the surface water in the western Pacific and adjacent seas derived from coral skeleton, *Environmental Pollution* 144:1045-1052.
- Kleypas, J.A., Buddmeier, R.W., Archer, D., Gattuso, J.P., Langdon, C., dan Opdyke, B.N., 1999, Geochemical consequences of increased atmospheric carbon dioxide on coral reefs. *Science* 284:118–120.
- NOAA, 2010, <http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/NCDC/ERSST>.
- Nybakken, J.W., 1992, *Biologi Laut suatu pendekatan ekologis*. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Purnamasari, I.A., Cahyarini, S.Y., dan Putri M., 2010, Analisis pertumbuhan linier karang sebagai perekam perubahan kondisi lingkungan (studi kasus karang Kepulauan Seribu), *Jurnal Ilmu Kelautan* 1(234):142-150.
- Purnamasari, I.A. dan Cahyarini, S.Y., 2010, Suhu muka laut dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan linier koral Kep. Seribu, *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, Puslit Geoteknologi LIPI, inpress.
- Scoffin, T.P., Tudhope, A.W., dan Brown, B.E., 1989, Fluorescent and skeletal density banding in *Porites lutea* from Papua New Guinea and Indonesia, *Coral Reefs*, 7:169-178.
- Suharsono, 1998, Condition of coral reef resource in Indonesia, *Jurnal Pesisir dan Lautan*, 1 (2) : 44-52.
- Tanzil, J. T. I., Brown, B. E., Tudhope, A. W., dan Dunne, R. P., 2009, Decline in skeletal growth of the coral *Porites lutea* from the Andaman Sea, South Thailand between 1984 and 2005, *Coral Reefs*, DOI 10.1007/s00338-008-0457-5.
- Van der Meij, S.E.T., Suharsono, dan Hoeksema, B.W., 2010, Long-term changes in coral assemblages under natural and anthropogenic stress in Jakarta Bay (1920-2005), *Marine Pollution Bulletin*, 60:1442-1445.