

Pola Arus dan Kelimpahan Karang *Pocillopora damicornis* di Pulau Panjang, Jawa Tengah

**Munasik^{1,2*}, Denny N Sugianto², Widodo S Pranowo³,
Suharsono⁴, Jesmandt Situmorang¹ dan Kamiso HN⁵**

¹ Program Studi Biologi, Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

² Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang

³ Balai Riset Kelautan dan Perikanan, Departemen Kelautan dan Perikanan RI, Jakarta

⁴ Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI, Jakarta

⁵ Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

email: munasik@hotmail.com

Abstrak

Studi pola arus dan kelimpahan karang *Pocillopora damicornis* telah dilakukan di Pulau Panjang, Jawa Tengah ($6^{\circ} 34' 30''$ LS $110^{\circ} 37' 45''$ BT). Pengukuran arus ini dilakukan di sisi selatan dan utara Pulau Panjang setiap jam pada tanggal 21-24 Oktober 2004 sewaktu musim planulasi karang. Kelimpahan karang diukur dengan metode transek kuadrat 4×4 m, sedangkan kelimpahan planula-larva diketahui melalui penarikan jaring plankton (zoo) di dua sisi pulau. Studi penempelan anakan karang dilakukan dengan memasang spat kolektor dari lempengan batu alam 15×15 cm di dua sisi pulau selama 2 bulan. Pola arus di Pulau Panjang menunjukkan kesamaan dengan pola pasang surut dan terdapat perbedaan pola arus antara sisi utara dan selatan pulau. Pola pergerakan arus di perairan Pulau Panjang merupakan subsistem arus utama di semenanjung Muria, dimana di sisi selatan arus bergerak ke arah Timurlaut dan ketika mendekati perairan pantai Pulau Panjang akan terpecah alirannya, yaitu ada yang mengarah ke selatan (berbelok ke Timur atau ke Tenggara), dan satu lagi mengarah utara (sebagian ada yang lurus ke arah Timurlaut, dan sebagian berbelok ke Utara atau Barat atau ke Timur). Pola arus pada musim planulasi karang *P. damicornis* kemungkinan telah mempengaruhi kelimpahan karang di P. Panjang. Kelimpahan karang dan larva karang rata-rata masing-masing sebesar 0,56 koloni/ m^2 dan $26,59 \pm 2,47$ individu/ $100 m^3$ di sisi selatan sedangkan di sisi utara pulau sebesar 0,15 koloni/ m^2 dan $11,31 \pm 0,47$ individu/ $100 m^3$. Tingginya kelimpahan karang dan larva karang di sisi selatan pulau diduga akibat pola arus di telah mempertahankan larva di perairan yang ditandai oleh keberhasilan rekrutmen di sisi selatan sehingga wilayah ini berperan sebagai larval trap.

Kata kunci : pola arus, planulasi, kelimpahan karang, *Pocillopora damicornis*, P. Panjang, Jawa Tengah

Abstract

Current pattern and abundant of scleractinian coral *Pocillopora damicornis* were studied in Panjang Island, Central Java ($6^{\circ} 34' 30''$ S $110^{\circ} 37' 45''$ E). Current measurements, quadrates transect (4×4 m) surveys, plankton tows and corals recruitment were conducted in both southern and northern sites of Panjang Island. Between 21 and 24 October 2004 (during planulation period), the time series of current were measured at the both site of Panjang Island. The current data were plotted in velocity and vector. The current pattern in Panjang Island is compatible with tidal current. Maximum velocity of current occurs during outgoing tide in the southern site, however during low tides current velocity is minimal. Inversely, in the northern site, maximum velocity occurs during incoming tide but minimum velocity occurs in outgoing tide. Tidal current which may run over the study reefs during outgoing tide by changing direction to eastern and south-eastern in the leeward (southern site). The circulation might have trapped larvae in the leeward reefs (southern) long enough to account for higher numbers recruits in southern. That was indicated that both planula-larva and adult of *P. damicornis* in southern site was denser than that in the northern site. The density of planula-larva and adult of coral were 26.59 ± 2.47 individu/ $100 m^3$ and 0.56 colony/ m^2 in the southern while in the northern site were 11.31 ± 0.47 individu/ $100 m^3$ and 0.15 colony/ m^2 respectively. We inferred that tidal current may influence the dispersal of coral larvae in Panjang Island.

Key words : current pattern, planula-larva, coral abundant, *Pocillopora damicornis*, P. Panjang, Central Java

Pendahuluan

Karang *Pocillopora* merupakan salah satu karang perintis di ekosistem terumbu karang. Keberadaannya sangat menentukan keberhasilan penempelan jenis karang lainnya. Salah satu jenis yang dikenal luas sebarannya adalah karang *Pocillopora damicornis*. Jenis karang ini banyak ditemukan di wilayah Indo-Pasifik pada berbagai kedalaman, dari area terumbu yang dangkal hingga terumbu yang dalam (Veron, 2000). Karang ini memperlihatkan variasi morfologis (Veron dan Pichon, 1986; Richmond, 1987) dan variasi dalam siklus hidupnya, seperti model reproduksi dan kemampuan dispersalnya. Variasi morfologis dari jenis karang ini ditunjukkan oleh bentuk percabangan koloni dari gemuk hingga kurus. Biasanya koloni yang ditemukan di area terbuka yang banyak terkena hampasan ombak memiliki percabangan yang gemuk/kokoh dan rapat. Sebaliknya bentuk percabangan yang kurus biasa hidup di area terumbu karang yang terlindung. Pola reproduksi karang *P. damicornis* dari berbagai wilayah seperti di Palau, Great Barrier Reef-Australia, Hawaii, Enewetak, Guam, Australia Barat dan Okinawa menunjukkan variasi akan musim reproduksi dan timing planulasinya (Atoda, 1947; Harrigan, 1972; Stimson, 1978; Harriot, 1983; Richmond dan Jokiel, 1983; Stoddart dan Black, 1985; Glyn *et al.*, 1991; Diah Permata *et al.*, 2000).

Di Indonesia, karang *P. damicornis* banyak ditemukan di dataran terumbu (Suharsono, 1996; Tomascik *et al.*, 1997). Jenis karang ini kebanyakan melimpah di wilayah terumbu on-shore seperti di Pulau Panjang. Karang ini di dataran P. Panjang dilaporkan melakukan reproduksi melalui pelepasan planulae (planulasi) pada bulan baru dalam jumlah besar (Widjatmoko *et al.*, 1997; Luthfi, 2003). Studi penempelan dan rekrutmen di perairan Indo-Pasifik menunjukkan bahwa planula karang *P. damicornis* mampu melakukan penempelan dengan cepat dan biasa menempel dekat dengan terumbu asalnya (Harrigan, 1972; Baird *et al.*, 2003). Karena larva karang ini hanya mampu berenang dengan kecepatan sekitar 1-5 mm/det (Harrigan, 1972) serta mempunyai kisaran waktu menempel hingga 24 jam setelah pelepasan, maka pola arus lokal yang memiliki kecepatan dan arah arus tertentu akan berpengaruh terhadap pola rekrutmen di wilayah terumbu tersebut.

Paper ini membahas pola arus pada musim planulasi karang *Pocillopora damicornis* di Pulau Panjang serta implikasinya terhadap kelimpahan karang di wilayah itu.

Materi dan Metode

Penelitian ini dilakukan di Pulau Panjang Jepara (Jawa Tengah) pada 29 September-3 Desember 2004

(Gambar 1). Tahapan studi yang dilakukan meliputi studi kelimpahan karang dan larva karang, pengukuran arus serta studi rekrutmen juvenil karang.

Kelimpahan Karang dan Larva Karang

Pengukuran kelimpahan karang dilakukan dengan metode transek kuadrat. Transek kuadrat dipilih karena dapat menggambarkan kondisi populasi suatu jenis karang yang memiliki ukuran relatif kecil dan tersebar. Setelah diketahui populasi karang berada di zona dataran terumbu luar, maka pendataan populasi karang dilakukan dengan menerapkan transek 4 X 4 meter di zona tersebut secara terstruktur.

Studi kelimpahan larva dilakukan dengan menarik jaring (zoo) plankton di dua titik pengamatan yaitu di sisi selatan dan utara pulau. Penarikan jaring plankton dilakukan di permukaan perairan secara horizontal sejajar dengan pantai di ujung dataran terumbu P. Panjang. Sampling larva karang dilakukan pagi hari pada pukul 04.30-05.30 WIB dengan kecepatan penarikan jaring plankton sebesar 2-3 knot. Di sisi selatan, pengambilan dilakukan pada tanggal 22 dan 23 Oktober (bertepatan dengan tanggal 8 dan 9 kalender lunar). Sedangkan penarikan jaring plankton di utara pulau dilakukan pada tanggal 24 Oktober 2004 (bertepatan dengan tanggal 10 kalender lunar). Setelah penarikan selama 3-15 menit, sampel segera dibawa ke laboratorium tanpa pengawetan. Selanjutnya jumlah planula/larva dihitung di bawah mikroskop dalam konsentrasi air laut per 100 m³.

Pengukuran Arus

Pengukuran arus dilakukan saat planulasi karang, diperkirakan dari bulan baru hingga purnama. Pengukuran dilakukan pada tanggal 21-24 Oktober 2004, bertepatan dengan tanggal 7-10 kalender lunar. Pengukuran arus ini dilakukan *in situ* dengan menggunakan alat *currentmeter* VALEPORT 106 secara *time series* pada dua sisi Pulau Panjang setiap jam selama 3 (tiga) hari. Pengukuran dilakukan terhadap arus permukaan (kedalaman 0,2d yaitu 0,2 dari total kedalaman perairan), selanjutnya kedalaman 0,6d dan kedalaman 0,8d. Pengukuran dilakukan pada tanggal 21 Oktober (15:00 WIB) hingga 23 Oktober (04:00 WIB) 2004 di sisi selatan, sedangkan pengukuran di sisi utara dilakukan dari tanggal 23 Oktober (05:00 WIB) hingga 24 Oktober (16:00 WIB) 2004. Data tersebut kemudian diplotkan secara besaran kecepatan dan vektor untuk memudahkan analisa pola sebaran arus yang terjadi di perairan tersebut. Perata-rataan terhadap data pengukuran dilakukan karena hasil akuisisi yang memperlihatkan ketidakseragaman kedalaman pada setiap jam pengukuran. Data ramalan

pasang surut dalam hal ini juga digunakan untuk mendukung analisa tersebut diatas. Ramalan pasang surut yang digunakan adalah ORITIDE, *Global Tide Model* yang dibangun oleh *Ocean Research Institute, University of Tokyo*, Jepang (Matsumoto, 1996) dengan melibatkan 8 komponen pasut utama (M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, dan Q1).

Studi Rekrutmen Juvenil Karang

Penelitian rekrutmen juvenil karang dilakukan dengan menggunakan spat kolektor. Spat kolektor berupa lempengan batu alam Palimanan 15 X 15 cm yang dipasang pada sebuah rak yang ditempatkan di sekitar populasi karang *P. damicornis*. Batu alam disusun secara berpasangan kanan-kiri dengan orientasi horizontal. Disain rak *spat collector* merupakan modifikasi dari Harriot dan Fisk (1989). Dua belas spat kolektor di pasang di 6 stasiun: empat stasiun di sisi selatan pulau dan dua stasiun di utara serta 20 batu alam di sebar di atas terumbu pada enam stasiun pemasangan spat kolektor pada 29 September 2004. Setelah dua bulan, tanggal 3 Desember 2004, sepertiga dari keseluruhan spat kolektor diambil untuk diperiksa di laboratorium. Batu alam yang telah ditempeli hewan penempel kemudian dicelupkan ke dalam larutan *chlorine*, dikeringkan dan diperiksa di bawah mikroskop diseksi. Pengamatan kelimpahan anakan karang pada spat kolektor dilakukan dengan menghitung jumlah anakan karang yang menempel baik di permukaan atas maupun bawah substrat. Spat yang diperoleh kemudian diidentifikasi hingga tingkat famili.

Hasil dan Pembahasan

Pola Arus

Hasil ramalan pasang surut di perairan Pulau Panjang menunjukkan tipe pasang surut campuran cenderung ke harian tunggal (*Mixed Tide Prevailing Diurnal*). Tipe pasang surut dimana dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut tetapi terkadang terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut (lihat Gambar 2). Tipe pasang surut demikian ini memiliki perbedaan waktu yang sangat nyata antar puncak pasangannya dan memiliki kisaran nilai *Formzahl* sebesar $1,5 < F < 3,0$ (Wyrtki, 1961; Pugh, 1987). Sedangkan nilai hasil perhitungan berdasarkan konstanta harmonik pasang surut di stasiun pengukuran pasang surut terdekat yaitu di Laboratorium Pengembangan Wilayah Pantai (LPWP) Undip, Jepara adalah 2,69 (Supangat et al., 2004).

Kecepatan arus maksimum di sisi selatan terjadi pada saat menjelang surut, sedangkan kecepatan

minimum terjadi saat surut (Gambar 3). Kecepatan arus maksimum sebesar 0,211 m/detik terjadi di sisi selatan pulau dengan arah menuju antara Baratlaut dan Utara. Di lokasi yang sama, kecepatan arus minimum 0,038 m/detik dengan arah menuju Tenggara. Sedangkan kecepatan arus rata-rata di selatan pulau sebesar 0,071 m/detik. Kecepatan arus maksimum terjadi pada tanggal 22 Oktober 2004 (09:00 WIB), dan kecepatan minimum terjadi pada tanggal 21 Oktober 2004 (20:00 WIB).

Di sisi utara pulau, kecepatan arus maksimum sebesar 0,16 m/detik dengan arah menuju antara Utara dan Timurlaut sedangkan kecepatan minimum terjadi sebesar 0,035 m/detik dengan arah yang sama. Kecepatan arus rata-rata di sisi utara sebesar 0,090 m/detik. Kecepatan arus maksimum terjadi pada tanggal 23 Oktober 2004 (20:00 WIB) sedangkan kecepatan minimum terjadi pada tanggal 23 Oktober 2004 (07:00 WIB). Kecepatan arus maksimum tersebut terjadi pada saat menjelang pasang sedangkan kecepatan minimum terjadi saat menjelang surut (Gambar 4). Melihat kecepatan dan arah arus selama periode pengamatan tampaknya pola arus di Pulau Panjang menunjukkan kesamaan dengan pola pasang surut yang merupakan kombinasi pengaruh angin dan kedalaman perairan.

Kelimpahan Karang dan Larva Karang

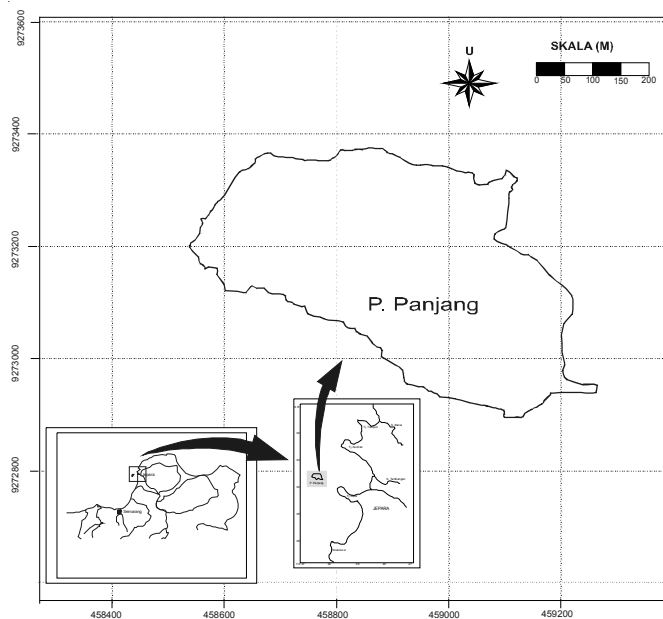
Kelimpahan karang *P. damicornis* di Pulau Panjang dapat dilihat dari densitas koloni karang pada dua sisi pulau. Densitas koloni tertinggi sebesar 1,06 ditemukan di sisi selatan sedangkan densitas terendah 0,06 terdapat di sisi utara pulau. Densitas koloni rata-rata di sisi selatan sebesar 0,56 koloni/m² sedangkan di sisi utara pulau memiliki densitas rata-rata 0,15 koloni/m² (Gambar 5). Hasil penarikan jaring plankton di perairan Pulau Panjang telah ditemukan planula di kolom perairan. Kelimpahan planula-larva di kolom perairan sebesar 10,98 - 29,34 individu/100 m³. Kelimpahan larva di sisi selatan pulau sebesar 26,59 ± 2,47 individu/100 m³ sedangkan kelimpahan larva di sisi utara pulau sebesar 11,31 ± 0,47 individu/100 m³ (Tabel 1).

Rekrutmen Juvenil Karang

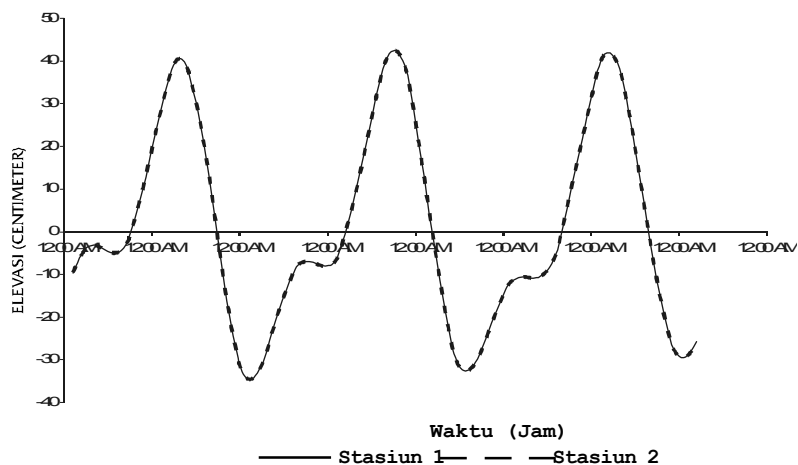
Hasil pengamatan penempelan juvenil karang pada *spat collector* menunjukkan telah terjadi rekrutmen karang di P. Panjang pada periode Oktober-Nopember 2004. Dua famili karang keras, Pocilloporidae dan Acroporidae ditemukan menempel pada *spat collector* di sisi selatan (tidak ada data dari sisi utara pulau karena *spat collector* yang dipasang hilang). Juvenil karang dari kedua famili ditemukan

Tabel 1. Kelimpahan Planula-larva (individu/100 m³) di Pulau Panjang (22-24 Oktober 2004, bertepatan tanggal 8-10 Ramadhan 1425)

No.	Waktu	Lokasi	Temperatur (°C)	Kelimpahan (individu/100 m ³)	Kelimpahan rata-rata (individu/100 m ³)
1.	22/10/2004	Selatan	28,8	24,84	26,59 ± 2,47
2.	23/10/2004	Selatan	28,9	28,34	
3.	24/10/2004	Utara	29,0	11,64	11,31± 0,47
4.	24/10/2004	Utara	29,0	10,98	



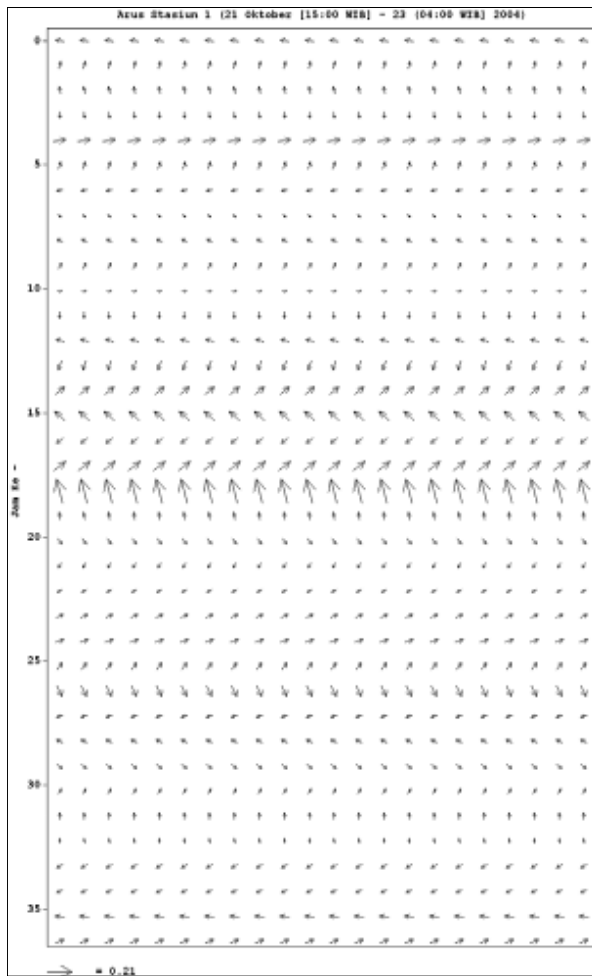
Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Pulau Panjang, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah



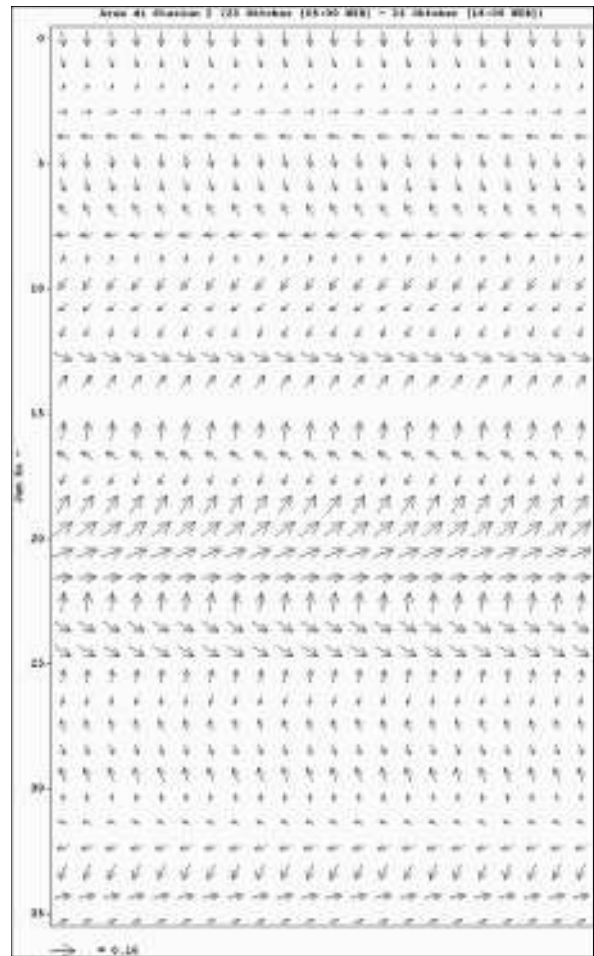
Gambar 2. Hasil Ramalan Pasang Surut di Stasiun 1 (Selatan) dan Stasiun 2 (Utara) Perairan Pantai Pulau Panjang (21 Oktober [15:00 WIB] - 24 Oktober [14:00 WIB])

menempel pada substrat yang disebar di dasar dan sebesar 91 % ditemukan menempel di sisi miring pada luasan yang relatif sempit sedangkan juvenil yang ditemukan menempel di sisi datar hanya 9%. Karang Pocilloporidae menunjukkan kelimpahan tertinggi

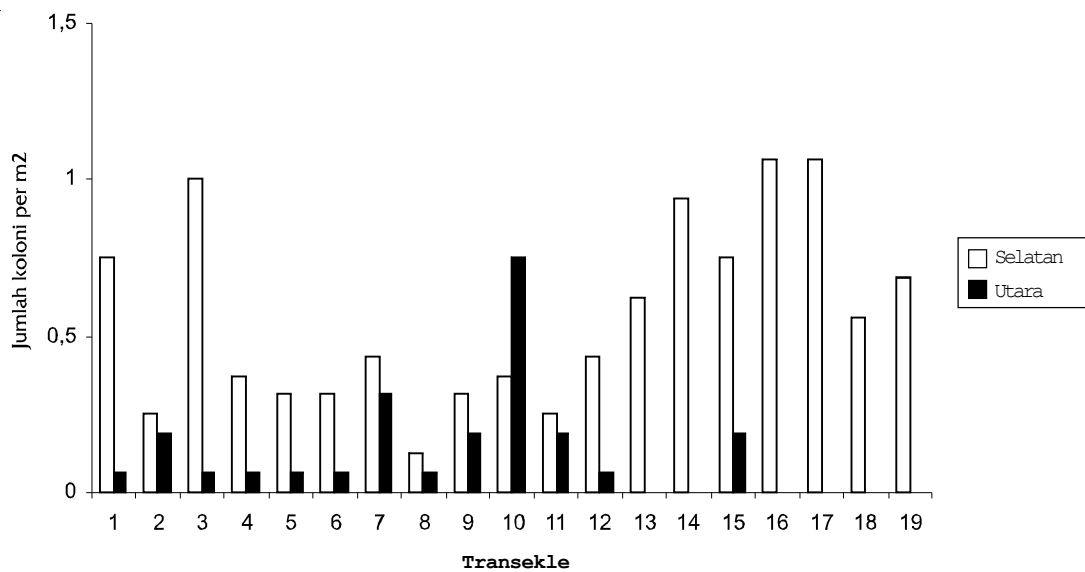
selama periode pengamatan rekrutmen (Gambar 6). Ukuran juvenil karang Pocilloporidae yang ditemukan berdiameter 2-4 mm yang tersusun atas 1-11 polip dimana juvenil terbanyak adalah terdiri atas 1 polip. Berdasarkan ukuran dan jumlah polip penyusun yang



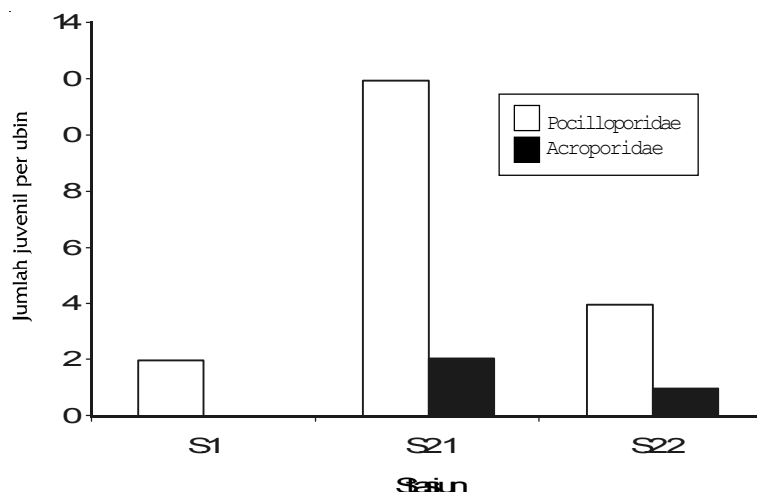
Gambar 3. Pola Arus (Satuan = m/detik) di sisi Selatan (Stasiun 1) Pulau Panjang, Jepara (21 Oktober [15:00 WIB] - 23 Oktober [04:00 WIB])



Gambar 4. Pola Arus (Satuan = m/detik) di sisi Utara (Stasiun 2) Pulau Panjang, Jepara (21 Oktober [15:00 WIB] - 23 Oktober [04:00 WIB])



Gambar 5. Kelimpahan Koloni Karang *P. damicornis* di P. Panjang, Jepara



Gambar 6. Jumlah Juvenil Karang yang Menempel pada Spat Kolektor di Sisi Selatan P. Panjang, Jepara (September-Desember 2004)

dihubungkan dengan masa planulasi maka patut diduga bahwa juvenil karang yang menempel adalah *Pocillopora damicornis*.

Pola arus di Pulau Panjang menunjukkan kesamaan dengan pola pasang surut yang terjadi di wilayah tersebut. Pasang surut mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap dinamika fisik perairan baik di zona perairan pantai hingga laut lepas maupun dari zona dangkal perairan hingga kedalaman laut tertentu (Massel, 1999; Brodjonegoro *et al.*, 2004). Menurut Pranowo (2002) pola arus akibat pasang surut yang terjadi di semenanjung Muria, Jepara adalah arus akan menuju ke arah Timurlaut pada saat air menjelang surut dan arus akan bergerak ke arah Baratdaya saat air menjelang pasang. Keadaan demikian juga tampak pada pola arus di utara P. Panjang, dimana kecepatan arus minimum terjadi pada saat menjelang surut dengan arah menuju ke sekitar Utara hingga Timurlaut. Tetapi dalam fenomena sebenarnya di alam, pola sebaran arus yang ada adalah bukan hanya dibangkitkan oleh pasang surut saja, tetapi juga oleh seretan angin di atas permukaan laut (Wyrтки, 1961; Massel, 1999; Stewart, 2002).

Sirkulasi permukaan akibat adanya sistem angin dominan yang berbalik arah -yang diasosiasikan-sebagai sistem angin monsun diduga juga berpengaruh terhadap pola arus di P. Panjang. Angin monsun peralihan pada bulan Oktober di atas Laut Jawa dan sekitarnya mempunyai kecepatan yang rendah dibandingkan angin monsun Barat dimana arah angin dapat bertiup dari arah Barat atau Timur (Wyrтки, 1961; Pranowo *et al.*, 2004) sehingga arah arus di perairan Jepara dapat menuju ke arah Barat ataupun Timur. Keadaan ini juga terjadi di utara P. Panjang pada saat air sedang surut angin bertiup dari Barat/

Timur akan mengakibatkan arah arus ke Timur/Barat. Arus menuju Timur ini juga terlihat saat menjelang pasang, hal ini dimungkinkan akibat angin bertiup cukup kuat dari arah Barat.

Pola arus di perairan P. Panjang juga dipengaruhi oleh perbedaan elevasi muka laut yaitu akibat perubahan konfigurasi batimetri atau kedalaman perairan (Bowden, 1983; Rijn, 1990). Arus yang bergerak ke arah Timurlaut ketika mendekati perairan pantai Pulau Panjang akan terpecah alirannya, yaitu ada yang mengarah ke selatan pulau (berbelok ke Timur atau ke Tenggara), dan satu lagi mengarah ke utara pulau (sebagian ada yang lurus ke arah Timurlaut, dan sebagian berbelok ke Utara atau Barat atau ke Timur). Kombinasi gerakan naik turunnya pasang surut, sistem angin monsun serta konfigurasi batimetri dan kedalaman mengakibatkan perbedaan pola arus antara sisi selatan dan utara Pulau Panjang. Hal ini akan berpengaruh terhadap sebaran karang dewasa, planula-larva dan juvenil karang.

Perbedaan kelimpahan karang dan larva karang antara sisi selatan dan utara P. Panjang serta terjadinya rekrutmen di sisi selatan mengindikasikan bahwa pola arus telah mempengaruhi dispersal larva karang. Gerakan arus di sisi utara diduga membawa keluar planula-larva dari P. Panjang sebaliknya arus di sisi selatan telah mempertahankan keberadaan populasi karang. Di sisi selatan, arus bergerak ke timur laut sewaktu surut, ketika mendekati Pulau Panjang akan terpecah arah aliran berbelok ke timur dan tenggara. Keadaan ini akan mempertahankan larva karang yang berasal populasi di sisi selatan untuk menetap di wilayah ini. Menurut Wolanski *et al.* (1986) keadaan ini akibat sirkulasi Eddy yang terjadi pasca-planulasi telah menjebak larva di sisi bawah angin. Sebaliknya

larva-larva yang dilepaskan oleh populasi karang di sisi utara kemungkinan terbawa keluar pulau menuju ke arah timur laut. Sehingga kemungkinan larva karang *P. damicornis* dapat mengembara jauh ke semenanjung Muria seperti di Ujung Piring bahkan sampai ke gugusan pulau-pulau kecil di perairan Rembang di sisi timur semenanjung Muria. Mengingat larva karang *P. damicornis* dapat mengembara jauh dari terumbu asalnya (Richmond, 1985).

Variasi jumlah polip juvenil karang *P. damicornis* menunjukkan terjadinya variasi waktu penempelan larva di Pulau Panjang. Faktor-faktor yang diduga berpengaruh adalah faktor internal dan eksternal. Faktor internal yang berasal dari model reproduksi karang, seperti panjang masa reproduksi dan tingkah laku penempelan sedangkan faktor eksternal yaitu ketersediaan substrat keras serta kompetisi. Hal ini dapat dilihat pada lempengan yang dipasang di rak kolektor pada sisi atas banyak tertutup algae sedangkan sisi bawah banyak ditumbuhi teritip (*bernalce*). Tampaknya teritip dan algae merupakan pesaing dalam proses penempelan larva karang di perairan P. Panjang. Planula karang ini juga lebih memilih sisi miring lempengan daripada sisi datar lempengan. Preferensi penempelan juvenil karang ini sesuai dengan hasil yang diperoleh di Australia (Harriott dan Fisk, 1989). Rendahnya penempelan juvenil di permukaan substrat kemungkinan untuk menghindari dari ekspos air surut dan penutupan sedimen.

Ucapan Terima Kasih

Paper ini merupakan hasil studi pendahuluan penelitian Disertasi program Doktor atas biaya SEAMEO-SEARCA bagi penulis pertama dan dibiayai oleh Dirjen Dikti Mendiknas RI melalui program Hibah Bahari (Munasik&DNS) No. Kontrak: 137/P2IPT/DPPM/PHPK/X/2004. Ucapan terimakasih disampaikan kepada *Marine Diving Club* (MDC) Jurusan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro atas bantuan selama di lapangan. Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada para juri (*reviewer*) atas saran-saran dalam perbaikan paper ini.

Daftar Pustaka

- Atoda, K. 1947. The larva and post-larval development of some reef-building corals. I. *Pocillopora damicornis cespitosa* (Dana). *Sci Rep Tohoku Univ Ser 4*, 18:24-47
- Baird, A.H., R.C. Babcock, C.P. Mundy. 2003. Habitat selection by larvae influences the depth distribution of six common coral species. *Mar Ecol Prog Ser*. 252:289-293
- Bowden, K.F. 1983. *Physical Oceanography of Coastal Waters*. Ellis Horwood Ltd. Publisher. Chichester. ISBN: 0-85312-686-0.
- Brodjonegoro, I.S., Widodo S. Pranowo, Semeidi Husrin, Haryadi Permana, Safri Burhanuddin. 2004. Two-Dimensional Hydrodynamic Numerical Modeling in Sangihe Waters. *The 13th Workshop of OMISAR (WOM-13) on The Application and Networking of Satellite Data*. Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC) - Marine Resource Conservation Working Group. Bali, Indonesia, October 5 - 9, 2004.
- Diah Permata W, R.A. Kinzie III, M. Hidaka. 2000. Histological studies on the origin of planulae of the coral *Pocillopora damicornis*. *Mar Ecol Prog Ser* 200:191-2000
- Harriot, V.J. 1983. Reproductive seasonality, settlement, and post-settlement mortality of *Pocillopora damicornis* (Linnaeus), at Lizard Island, Great Barrier Reef. *Coral Reefs*. 2:151-157
- Harriot, V.J., D.A. Fisk. 1989. The natural recruitment and recovery process of corals at Green Island. Great Barrier Reef Marine Park Authority Technical Memorandum GBRMPA-TM-15. Townsville. 36p
- Massel, S.R. 1999. *Fluid Mechanics for Marine Ecologists*. Springer-Verlag Berlin - Heidelberg - New York. ISBN: 3-540-65999-4.
- Matsumoto, K. 1996. ORI Description dalam A Collection of Global Ocean Tide Models CD ROM. Jet Propulsion Laboratory, Physical Oceanography Distributed Active Archive Center, NASA, US.
- Pranowo, W.S. 2002. Pemodelan Numerik Sebaran Senyawa Nitrogen di Perairan Pantai Kedung, Jepara. *Thesis Magister*. Program Studi Oceanografi dan Sains Atmosfer. Jur. Geofisika & Meteorologi. Fakultas Ilmu Kebumihan & Teknologi Mineral. Institut Teknologi Bandung.
- Pranowo, W.S., Susan Wijffels, Helen Phillips. 2004. Upwelling - Downwelling Event 2003 Along South Java Sea and Sea of Lesser Sunda Islands. *Workshop of Indonesian INSTANT and ARGO FLOATS*. Bali, December 9 - 10, 2004.
- Pugh, D.T. 1987. *Tides, surges and Mean Sea-Level*. John Wiley & Sons. Chichester New York Brisbane Toronto Singapore, 472 pp.
- Richmond, R.H. 1985. Reversible metamorphosis in coral planula larvae. *Mar Ecol Prog Ser* 22:181-185.

- Richmond, R.H. 1997. Reproduction and recruitment in corals: Critical links in the persistence of reefs. Pp 175-197 In: Birkeland, C.E. (Ed) *The life and death of coral reefs*. Chapman and Hall. Publisher. NY 536pp.
- Richmond, R.H. and P.L. Jokiel. 1984. Lunar periodicity in larva release in the coral *Pocillopora damicornis* at Enewetak and Hawaii. *Bull Mar Sci.* 34:280-287.
- Rijn, L.C.V. 1990. Principles of Fluid Flow & Surface Waves in Rivers, Estuaries, Sea & Ocean. *Aqua Publication - III*. Netherlands. ISBN: 90-800356-1-0.
- Suharsono. 1996. Jenis-jenis karang yang umum dijumpai di perairan Indonesia. P30-LIPI, Jakarta.
- Supangat, A., Widodo S. Pranowo, Nining S Ningsih. 2004. Distributions of Nitrogen Compounds to Sustain Aquaculture Activities in Jepara Waters, Indonesia. *The 4th World Fisheries Congress*. Vancouver, British Columbia, Canada, May 2-6, 2004.
- Tomascik, T., A.J. Mah, A. Nontji and M.K. Moosa. 1997. *The ecology of Indonesian Seas, Part I*, Periplus Editions Ltd., Singapore.
- Veron, J.E.N. 2000. *Corals of the World*. Australian Institute of Marine Science and CRR Qld Pty Ltd., Queensland.
- Veron, J.E.N. and M. Pichon. 1976. Scleractinia of eastern Australia. Part I, Family *Thamasteriidae*, *Astrocoeniidae*, *Pocilloporidae*. Australian Institute of Marine Science, Canberra.
- Wolanski, E., D.L.P. Jupp, G.L. Pickard. 1986. Currents and Coral Reefs. *Oceanus* 29(2):83-89
- Wyrtki, K. 1961. *Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters*. *Naga Report* Vol. 2. Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California.