Pemodelan Trajektori Planula Karang untuk Mengkaji Konektivitas Ekologis di Laut Sawu

Suliskania Nurfitri[1], Valent Syifa Pramudhita[1], Dayu Wiyati Purnaningtyas[1], Saat Mubarrok[1], Susanna[1], Noir Primadona Purba[2], Muhammad Fadli[3]

[1]Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung
[2]Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran
[3]Pusat Riset Oseanologi, BRIN

Abstrak

Konektivitas larva berperan penting dalam pemulihan terumbu karang. Dispersal planula *Acropora* spp. di Laut Sawu disimulasikan dengan *forward tracking* 3D (OceanParcels, arus HYCOM 2021) pada delapan skenario bulan gelap dan purnama. Jarak dispersal rata-rata berkisar **19,2–62,9 km** dan **±69% partikel menetap**, terutama di **Pulau Rote, Timor, dan Sumba**. *Self-recruitment* mencapai **77–99%**, sedangkan **Pulau Dana dan Raijua berperan sebagai sumber larva**.

Kata kunci: konektivitas larva, dispersal planula, terumbu karang, Arlindo, Laut Sawu

Pendahuluan

Pemulihan terumbu karang yang rentan terhadap tekanan lingkungan bergantung pada suplai larva antarterumbu yang dibawa arus (Cowen dan Sponaugle, 2009).

±39.538 km²
terumbu karang Indonesia (Razak dkk., 2022)

±3,35 jt ha
TNP Laut Sawu (Nikijuluw dkk., 2024)

Arlindo
pengendali dispersal (Purba dkk., 2021)

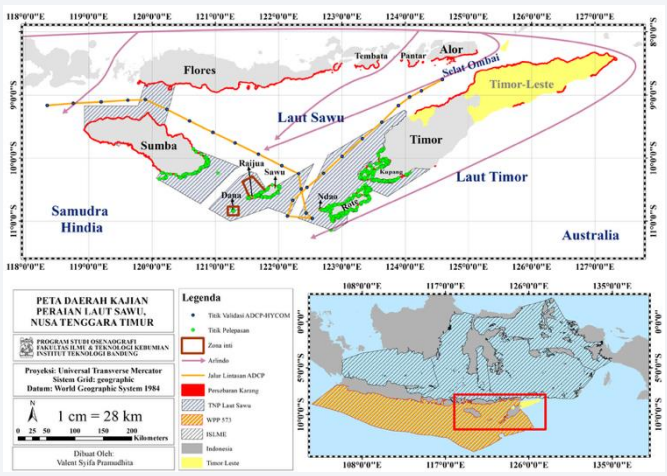
Kesenjangan penelitian: konektivitas planula di Laut Sawu belum banyak dikaji.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui **pola penyebaran** planula karang melalui *forward tracking*.
2. Menjelaskan **pengaruh arus** (HYCOM 2021) terhadap arah dan lintasan planula.
3. Menganalisis **konektivitas larva** melalui identifikasi terumbu *source* dan *sink*.

Metode: Daerah Kajian & Data

Laut Sawu (8°–11° LS, 119°–127° BT) di sekitar Pulau Rote, Timor, Sumba, Flores, dan Alor, dalam WPP 573 (Gambar 1).



Gambar 1. Daerah kajian, terumbu karang, 696 titik pelepasan, dan jalur validasi ADCP–HYCOM

Tabel 1. Data input, forcing, dan pendukung

Data	Sumber	Fungsi
Arus 3D (1/12°, 3 jam)	HYCOM GLBy0.08, 2021	*Forcing*
Terumbu karang (5 m)	Allen Coral Atlas	696 titik pelepasan
ADCP, Jan 2021	BRIN–IOCAS	Validasi

Metode: Model & Skenario

Lintasan disimulasikan dengan OceanParcels (*Lagrangian particle tracking* 3D):

$$X(t+\Delta t) = X(t) + \int v(x(\tau),\tau)\, d\tau + \Delta X_b(t)$$

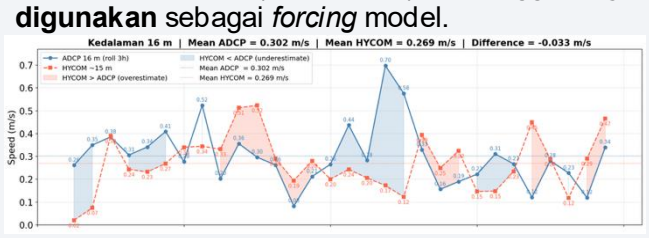
Adveksi (u, v) dihitung dengan RK4, sedangkan ΔX_b mewakili migrasi vertikal ontogenetik dan difusi vertikal. Setiap skenario melacak **139.200 partikel** (696 titik × 50 × 4 kedalaman) selama **PLD 21 hari** dengan mortalitas dan *settlement*, dilepas pada **D+1 bulan gelap dan purnama** (Tabel 2). Posisi partikel dihitung setiap 1 jam dan dicatat setiap 3 jam selama 21 hari.

Tabel 2. Skenario pelepasan partikel (2021)

Bulan	Bulan gelap	Bulan purnama
Maret	14 Maret	29 Maret
April	13 April	28 April
Oktober	7 Oktober	21 Oktober
November	6 November	20 November

Hasil: Validasi Model

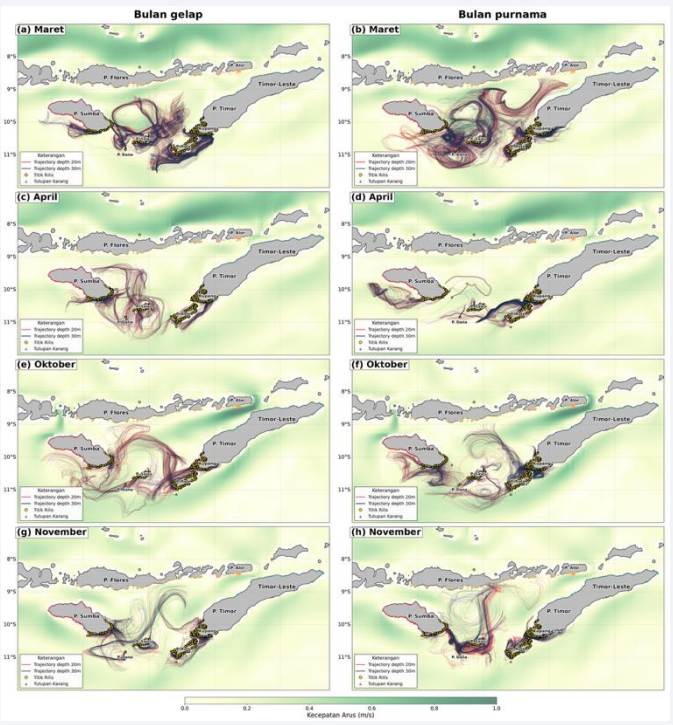
HYCOM mengikuti pola temporal arus nonpasut ADCP pada 16–32 m dengan bias rata-rata **−0,03 s.d. −0,04 m/s** (Gambar 2), sehingga **layak digunakan** sebagai *forcing* model.



Gambar 2. Kecepatan arus HYCOM dan ADCP (16 m)

Hasil: Lintasan Planula

Dispersal terluas terjadi pada Maret, menyempit pada April, melebar kembali pada Oktober, dan **paling kompleks pada November** akibat *eddy* yang menguat. **Pelepasan 20–30 m menghasilkan lintasan lebih panjang** dibandingkan 0–10 m karena mengikuti Arlindo yang lebih stabil, sedangkan arus permukaan berubah-ubah mengikuti angin muson.



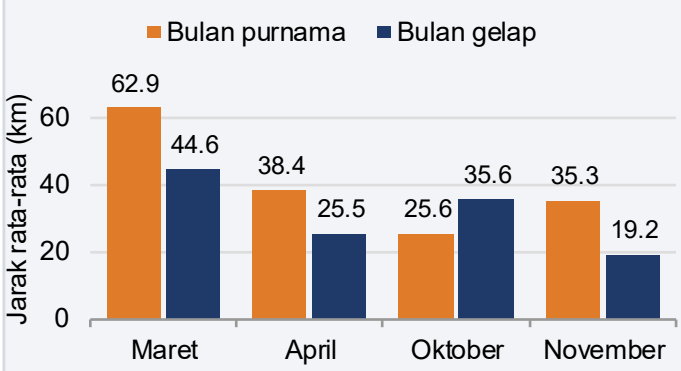
Gambar 3. Lintasan forward tracking (20–30 m): bulan gelap (kiri) dan purnama (kanan)

Hasil: Kedalaman & Jangkauan

Jarak rata-rata relatif sama pada semua kedalaman **(35,4–39,1 km)**, **terjauh pada 30 m**, dan *settlement* **stabil ±69%** (Tabel 3).

Tabel 3. Karakteristik dispersal per kedalaman

Kedalaman	Rata-rata (km)	Standar Deviasi (km)	*Settlement* (%)
0 m	36,1	66,0	69,2
10 m	35,4	65,1	69,1
20 m	35,5	60,7	69,3
30 m	39,1	61,5	69,4



Gambar 4. Jarak dispersal rata-rata per skenario

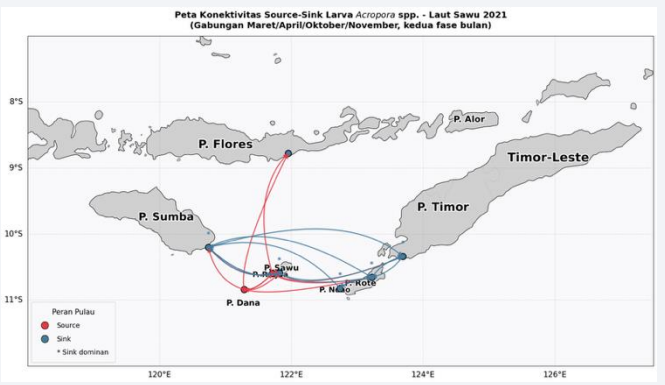
Terjauh: **Maret saat purnama (62,9 km)**; terpendek: **November saat bulan gelap (19,2 km)**. Jangkauan dikendalikan **arus dan *eddy***.

Hasil: Konektivitas

Self-recruitment mencapai **92–99%** (Pulau Rote, Timor) dan **77–99%** (Pulau Sumba, Sawu, Ndao). **Pulau Dana dan Raijua berperan sebagai sumber larva**.

Tabel 4. Hubungan source–sink antarpulau

Sumber	Tujuan utama	Kontribusi
P. Dana	P. Rote / P. Flores / P. Sumba	≤57% / ≤37% / 7–75%
P. Raijua	P. Sawu / P. Rote	16–30% / 4–26%
P. Ndao	P. Rote	6–22%



Gambar 5. Jaringan source–sink larva Acropora spp. (2021)

Kesimpulan

1. **Retensi lokal**
   Jarak rata-rata **35,4–39,1 km** dengan *settlement* ±69%.
2. **Dikendalikan arus**
   Dikontrol oleh **Arlindo dan *eddy***.
3. **Self-recruitment dominan**
   Sumber: Pulau Dana dan Raijua
   Sink: Pulau Rote, Timor, dan Sumba.