

NASKAH ORISINAL

Pelatihan Pembuatan Terumbu Buatan sebagai Upaya Penanggulangan Abrasi Pantai Desa Tlangoh

Haryo Dwito Armono^{1,*} | Wahyudi Citrosiswoyo¹ | Farid Kamal Muzaki²

¹Departemen Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

²Departemen Biologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

Korespondensi

*Haryo Dwito Armono, Departemen Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia. Alamat e-mail: armono@oe.its.ac.id

Alamat

Laboratorium Infrastruktur Pantai dan Pelabuhan, Departemen Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

Abstrak

Desa Tlangoh di Kecamatan Tanjung Bumi, Kabupaten Bangkalan memiliki pantai pasir putih yang cukup bagus, namun dalam dua tahun terakhir ini, mengalami abrasi hingga 30 meter. Hal ini sangat dikhawatirkan oleh masyarakat di sekitar pantai Tlangoh yang menggantungkan kehidupan ekonominya dari pantai ini. Artikel ini menguraikan kegiatan pembuatan dan peneggelaman terumbu buatan sebagai salah satu mitigasi abrasi yang ditawarkan. Upaya ini diusulkan karena di Fakultas Teknologi Kelautan ITS sedang dikembangkan teknologi restorasi abrasi di lingkungan pesisir dengan terumbu buatan. Demonstrasi cara pembuatan dan penempatan terumbu buatan ini akan diperkenalkan kepada Kelompok Masyarakat Sadar Wisata Desa Tlangoh yang telah terbentuk. Penempatan terumbu buatan diharapkan dapat mengurangi laju abrasi dan sekaligus juga sebagai media untuk transplantasi karang sehingga mampu menciptakan lingkungan pesisir yang lestari dan kaya akan keanekaragaman hayati. Lingkungan pantai Tlangoh yang lestari dan indah akan semakin menarik wisatawan untuk datang berkunjung dan menikmati keindahan pemandangan alam maupun keindahan bawah laut yang selanjutnya bisa memicu pertumbuhan ekonomi lokal yang mampu mensejahterakan masyarakat desa. Kelompok Sadar Wisata yang telah terbentuk diharapkan akan dapat secara mandiri melakukan upaya-upaya pengurangan keresahan yang terjadi pada pelaku ekonomi di sekitar tempat wisata, serta menciptakan kenyamanan dan keamanan bagi para wisatawan yang datang berkunjung di pantai Tlangoh.

Kata Kunci:

Abrasi pantai, Pemberdayaan masyarakat, Pokdarwis, Terumbu buatan

1.1 | Latar Belakang

Desa Tlangoh di Kecamatan Tanjung Bumi, Kabupaten Bangkalan memiliki pantai berpasir putih yang cukup bagus. Sejak mendapatkan pendampingan dari PT. Pertamina Hulu Energi – West Madura Offshore (PHE-WMO) melalui kegiatan *Corporate Social Responsibility* (CSR) pada tahun 2019 lalu, pantai tersebut semakin ramai dikunjungi wisatawan. Kunjungan wisatawan ini akan meningkatkan kegiatan perekonomian warga yang membuka berbagai usaha di sepanjang pantai wisata tersebut. Cukup banyak warga Desa Tlangoh yang menggantungkan hidupnya dari tempat wisata ini. Beberapa orang menjadi penjaga pantai, petugas kebersihan, penjaga parkir, penjaga pintu masuk, penjual tiket, penjaga toilet, penjaga warung hingga pemilik warung. Kunjungan wisatawan yang semakin lama bertambah banyak meskipun dalam suasana pandemi ini tentu sangat membantu masyarakat dalam upaya memperbaiki kondisi perekonomian yang sempat terpuruk karena pandemi COVID-19. Sayangnya dalam dua tahun terakhir ini, pantai yang cukup indah tersebut mengalami abrasi hingga 30m sebagaimana terlihat pada Gambar (1).



Gambar 1 Abrasi di Pantai Tlangoh. (sumber: Kabar Madura / Helmi Yahya)

Abrasi ini sangat dikhawatirkan oleh masyarakat di sekitar pantai Tlangoh yang menggantungkan kehidupannya dari pantai ini. Abrasi yang makin parah ditakutkan akan mengurangi kunjungan wisatawan, yang bisa menyebabkan berkurangnya pendapatan masyarakat di sana. Sementara itu, kerjasama antara pemuda dan perangkat Desa Tlangoh dengan PHE-WMO di pantai Tlangoh menghasilkan pendirian Kelompok Masyarakat Sadar Wisata (Pokdarwis). Sebagian anggota Pokdarwis yang menjadi pemandu wisata akan memastikan bahwa para wisatawan di Pantai Tlangoh akan merasa aman, nyaman, dan tenang menikmati wisata disana. Pokdarwis juga akan menjaga supaya tidak terjadi pelanggaran kesusilaan dan hal-hal yang mengganggu keamanan dan ketertiban sosial di pantai Tlangoh. Pokdarwis Tlangoh yang selama ini dibawah pembinaan PHE-WMO, masih perlu dibekali juga dengan pemahaman proses-proses pantai yang terjadi, serta berbagai *softskill* untuk melakukan restorasi dan perbaikan ekosistem dan lingkungan pesisir mereka.

Dengan kondisi abrasi yang terjadi saat ini, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 di atas, masyarakat Desa Tlangoh, terutama yang tinggal di sekitar pantai merasa resah, karena kerusakan pantai yang terjadi akan mengurangi kunjungan wisatawan, selain juga mengganggu kegiatan nelayan di sekitar pantai tersebut. Pokdarwis dan PHE WMO diharapkan masyarakat bisa memberikan solusi atas kondisi abrasi yang terjadi. Namun, sayangnya Pokdarwis dan PHE WMO belum memiliki pemahaman yang cukup mengenai proses-proses fisik di pesisir serta upaya-upaya pencegahan dan mitigasi abrasi yang terjadi. Sehingga, upaya-upaya yang dilakukan hanya sebatas pelaporan kondisi abrasi kepada pihak yang berwenang seperti Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Bangkalan, saja. Penempatan batu-batu penahan abrasi yang telah dilaksanakan sebelumnya juga belum membawa hasil yang nyata, hanya sebatas mengurangi erosi lokal saja. Masyarakat berharap ada bantuan pembangunan struktur pelindung pantai, dari pemerintah. Tentunya harapan ini memerlukan waktu untuk perwujudannya, sementara abrasi yang terjadi semakin besar.

Artikel ini menguraikan salah satu upaya yang diusulkan untuk dapat meningkatkan ketentraman masyarakat, yang sedang resah dengan abrasi yang sedang terjadi di Desa Tlangoh. Dengan melakukan kajian dan identifikasi awal, selanjutnya diharapkan dapat terwujud solusi pada pengurangan abrasi pantai. Pendampingan kepada Pokdarwis Desa Tlangoh akan dilakukan

untuk mengurangi laju abrasi, disertai sosialisasi serta *Focus Group Discussion* (FGD) untuk menjelaskan kepada masyarakat bagaimana abrasi bisa terjadi. Sehingga mereka dapat memahami proses-proses pantai, mekanisme abrasi, serta mendiskusikan berbagai peluang atas upaya-upaya untuk mengurangi laju abrasi yang sedang terjadi.

1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

Strategi yang dipilih untuk membantu mengatasi permasalahan Abrasi di pantai Tlangoh, adalah mencari solusi penanganan abrasi berkelanjutan yang dapat dilaksanakan sendiri oleh anggota Pokdarwis Desa Tlangoh. Diharapkan solusi tersebut juga bisa mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs) terutama untuk indikator-indikator nomor:

1. Nomor 1 : Pengentasan kemiskinan (*No poverty*)
2. Nomor 11 : Komunitas yang berkelanjutan (*Sustainable cities and communities*)
3. Nomor 13 : Penanggulangan perubahan iklim (*Climate action*), dan
4. Nomor 14 : Peningkatan kualitas ekosistem laut (*Life below water*)

1.3 | Tujuan, Manfaat dan Dampak yang Diharapkan

Penulis pertama artikel ini sedang mengembangkan teknologi restorasi lingkungan pesisir dengan terumbu buatan. Teknologi ini akan diperkenalkan kepada Pokdarwis Desa Tlangoh disertai demonstrasi cara pembuatan dan penempatannya di laut. Penempatan terumbu buatan diharapkan dapat mengurangi laju abrasi dan sekaligus juga sebagai media untuk transplantasi karang sehingga mampu menciptakan lingkungan pesisir yang lestari dan kaya akan keanekaragaman hayati.

Lingkungan pantai Tlangoh yang lestari dan indah akan semakin menarik wisatawan untuk datang berkunjung dan menikmati keindahan pemandangan alam maupun keindahan bawah laut. Kunjungan wisatawan ini akan memicu pertumbuhan ekonomi lokal yang mampu mensejahterakan masyarakat Desa Tlangoh. Pokdarwis Desa Tlangoh yang sudah terbentuk merupakan mitra strategis, karena mereka yang akan berperan aktif di lapangan serta melakukan kegiatan-kegiatan dalam upaya mitigasi abrasi pesisir dengan penempatan terumbu buatan ini. Dengan pendampingan dari pengusul kegiatan (dosen dan mahasiswa) Pokdarwis yang telah ada diharapkan akan dapat secara mandiri melakukan upaya-upaya pengurangan keresahan yang terjadi pada pelaku ekonomi di sekitar tempat wisata, serta menciptakan kenyamanan dan keamanan bagi para wisatawan yang datang berkunjung di pantai Tlangoh.

2 | METODOLOGI KEGIATAN

Kegiatan dilaksanakan di Desa Tlangoh, Kecamatan Tanjung Bumi, Kabupaten Bangkalan selama satu pekan pada pertengahan hingga akhir bulan September 2022. Tahapan-tahapan kegiatan dalam mencari solusi atas abrasi yang terjadi di pantai Tlangoh ini diuraikan dalam subbab berikut ini:

2.1 | Tahap Perencanaan

Perencanaan kegiatan ini dimulai dengan penyusunan program rencana garis besar, pengumpulan informasi awal Desa Tlangoh, menghubungi beberapa narasumber, tokoh masyarakat Desa Tlangoh Ketua Pokdarwis Tlangoh bapak Dulasir, dan Klebun (Kepala desa) Tlangoh bapak Kudrotul Hidayah, pengumpulan data sekunder dan primer yang akan digunakan dalam mengatasi permasalahan abrasi yang terjadi di Pantai Tlangoh ini. Beberapa kegiatan tersebut dapat dijelaskan dalam beberapa tahapan sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 1 sebagai berikut:

2.2 | Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan kegiatan persiapan pembekalan kebutuhan-kebutuhan teknis dan non teknis kegiatan kajian abrasi berupa persiapan administratif, persiapan personil dan peralatan untuk keperluan survei.

Tabel 1 Tahapan Kegiatan

No	Kegiatan	Deskripsi
1	Perencanaan Kegiatan	Rencana garis besar adalah rancangan awal dari kegiatan yang berisi rencana umum kegiatan, rencana jadwal pelaksanaan dan gambaran kebutuhan anggaran
2	Survei pendahuluan	Survei pendahuluan mencakup kegiatan pengumpulan informasi awal kondisi Pantai Tlangoh secara langsung. Informasi minimal yang dikumpulkan meliputi : <ul style="list-style-type: none"> • Riwayat abrasi yang terjadi • Pola pergerakan sedimen transport di pantai Tlangoh • Tanda-tanda posisi elevasi muka air karena pasang surut di lapangan • Titik Benchmark di Pantai Tlangoh • Nelayan pemilik / pengelola kapal untuk dipinjam saat survei hidrooseanografi
3	Survei Lapangan	Persiapan sarana pendukung survei hidrooseanografi (kapal survei) dan peralatan survei (<i>Echo sounder, Total Station, Current meter, Sediment Grabber, Botol Nansen, dll</i>)
4	Analisis Hasil Survei	Analisis hasil pengumpulan data sekunder dan data primer yang diperoleh dari survei lapangan
5	Sosialisasi Hasil Survei	Penjelasan atas hasil analisis dan diskusikan usulan solusi yang ditawarkan

2.3 | Tahap Pelaksanaan

Pelaksanaan pada dasarnya merupakan proses kegiatan survei lapangan, analisis dan sosialisasi ke masyarakat. Deskripsi tiap kegiatan pada saat pelaksanaan dijelaskan dalam Tabel 2 .

Tabel 2 Pelaksanaan Kegiatan

No	Kegiatan	Deskripsi
1	Survei Lapangan	Kegiatan pengambilan data hidrooseanografi di atas kapal survei dengan peralatan survei (<i>Echo sounder, Total Station, Current meter, Sediment Grabber, Botol Nansen</i>) untuk mendapatkan data batimetri, arus, dan sedimen
2	Analisis Data Primer dan Sekunder	Analisis hasil pengumpulan data sekunder dan data primer yang diperoleh dari Survei lapangan. Kegiatan analisis kondisi hidrodinamika perairan berupa analisis gelombang, arus, sebaran sedimen, dan perubahan garis pantai
3	Sosialisasi Hasil Analisis	Penyampaian penjelasan atas hasil analisis dan mendiskusikan usulan solusi yang ditawarkan melalui Focus Groups Discussion kepada masyarakat Desa Tlangoh

Hasil-hasil survei lapangan dan analisis data secara rinci dalam uraian pelaksanaan kegiatan di atas tidak disampaikan kesempatan ini, namun akan disampaikan dalam artikel terpisah, karena keterbatasan ruang dan bukan merupakan lingkup kegiatan pengabdian masyarakat yang diusulkan dan menjadi fokus bahasan dari artikel ini.

2.4 | Pelaporan

Tahap akhir pada pelaksanaan kegiatan ini adalah pelaporan hasil. Laporan hasil kegiatan terdiri dari laporan kemajuan dan laporan akhir yang akan diunggah melalui Sistem Informasi Penelitian (SIMPEL) ITS serta Aplikasi Basis Informasi Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (BIMA) milik Kementerian Pendidikan Kebudayaan dan Riset Teknologi. Laporan dibuat dalam bentuk deskriptif yang dilengkapi dengan tabel, grafis dan foto-foto kegiatan yang dimaksudkan agar seluruh aktivitas yang dilakukan dalam pengabdian masyarakat ini dapat dijelaskan dengan baik. Selain itu, juga diminta untuk menyiapkan video singkat selama 5 menit dari kegiatan ini untuk publikasi melalui media *online* di *Youtube*.

3 | HASIL DAN DISKUSI

3.1 | Solusi Permasalahan

Menghadapi permasalahan abrasi pantai sebagaimana yang terjadi di pantai Tlangoh, ada dua pendekatan yang umum dilakukan di bidang Teknik Pantai (*Coastal Engineering*), yaitu pendekatan struktural (*hard engineering approach*) dan pendekatan non struktural (*soft engineering approach*). Pendekatan struktural berupa pembangunan struktur-struktur pelindung pantai. Pendekatan ini sering juga disebut *grey approach*, karena umumnya bangunan-bangunan pantai (seperti *breakwater*, *groin*, *seawall*, *revetment*) dibuat dari beton yang berwarna abu-abu. Sedangkan pendekatan non struktural dilakukan dengan memanfaatkan sumberdaya alam yang ada, misal dengan penanaman vegetasi pantai sehingga sering disebut *green approach* karena ramah lingkungan. Pendekatan non struktural ini sering juga diistilahkan dengan *green structure* atau *building with nature*, karena memanfaatkan sumberdaya alam dan proses alamiah untuk merestorasi kerusakan yang terjadi.

Pada umumnya pendekatan struktural lebih sering dipilih, karena akan berdampak langsung pada perbaikan atas kerusakan yang ada serta tidak memerlukan waktu yang lama. Namun pendekatan ini cukup mahal biayanya, serta diperlukan kajian dan perencanaan yang tepat dan rinci, agar struktur yang dibangun tidak memperparah kerusakan yang sudah terjadi. Sering terjadi perencanaan pelindung pantai tidak dilakukan secara tepat, sehingga justru merusak keindahan pantai dan memperparah kondisi yang sudah ada.

Sebaliknya, pendekatan secara non struktural, tidak terlalu populer dilakukan. Meskipun tidak terlalu mahal biayanya, namun upaya ini akan memakan waktu cukup lama. Dalam jangka panjang, pendekatan non struktural akan lebih lestari dan bertahan lama. Selain dengan penanaman vegetasi pantai, dapat juga dilakukan restorasi kembali terumbu karang yang hidup dan tumbuh di lokasi dengan transplantasi karang pada terumbu buatan. Pendekatan non struktural lain juga bisa berupa penataan dan pengaturan ruang pantai, penentuan jarak sempadan pantai agar kegiatan-kegiatan wisata dan ekonomi kemasyarakatan tidak terlalu dekat dengan garis pantai.

Terumbu buatan akan berfungsi sebagai pelindung pantai alamiah yang memiliki kinerja menyerupai *submerged breakwater*, yaitu mengurangi energi gelombang yang datang, sehingga mampu menciptakan area yang relatif tenang. Rendahnya gelombang yang datang memungkinkan sedimen dan pasir mengendap melalui proses difraksi gelombang yang terjadi karena keberadaan struktur ini.

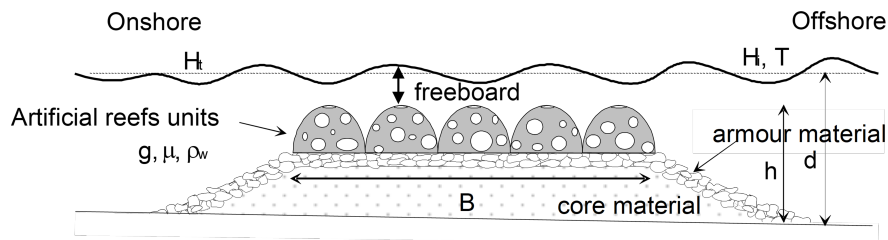
Monitoring keberhasilan penempatan terumbu buatan sebagai upaya mitigasi abrasi akan dilakukan dengan pengukuran garis pantai, pengambilan foto udara dengan drone dan juga monitoring kualitas ekologi perairan secara rutin setiap tahun. Monitoring baru bisa dilakukan setelah kegiatan penempatan terumbu buatan di lokasi studi selesai dilaksanakan. Untuk itu, pemberdayaan Pokdarwis Tlangoh untuk melakukan monitoring ini perlu dilakukan, agar mereka mampu memantau perkembangan dan progres perbaikan dan restorasi pantai yang direncanakan.

Dari penelitian di laboratorium serta berbagai literatur yang ada, telah menunjukkan bahwa penempatan terumbu buatan atau pemecah gelombang ambang rendah (Pegar) secara tepat mampu mengumpulkan sedimen dan mengurangi abrasi yang terjadi di pesisir. Misal seperti yang telah dilakukan di Dominika dengan *Reef Ball*^{[1][2]}; di Tegal, Brebes, dan juga Pekalongan dengan menggunakan struktur Pegar^{[3][4]}. Penelitian-penelitian mengenai terumbu buatan telah sejak lama dilakukan oleh ahli-ahli biologi/ekologi laut dibanding ahli-ahli rekayasa pantai. Tinjauan penelitian tersebut biasanya terbatas pada aspek-aspek ekologis, misalnya mengenai keberadaan komunitas ikan dan hewan laut disekitar terumbu karang, produktifitas terumbu karang, atau perbandingan produktifitas antara terumbu buatan dan alamiah^[5]. Sedangkan penelitian mengenai sifat-sifat hidraulis serta aspek teknis dari terumbu buatan masih jarang dilakukan. Sebaliknya, kajian-kajian yang dilakukan oleh ahli-ahli rekayasa

pantai pada umumnya masih menitik beratkan pada kemampuan teknis suatu bangunan pemecah gelombang dalam mereduksi gelombang dan kinerjanya dalam melindungi pantai^{[6][7][8][9]}.

Sementara itu, terjadi pergeseran paradigma rekayasa pantai dari pendekatan rekayasa secara teknis yang biasanya lugas (*hard engineering approach*) ke arah pendekatan yang lebih ramah lingkungan (*soft engineering approach*). Salah satu contoh misalnya adalah bangunan pemecah gelombang (*breakwater*) yang semula ambangnya selalu terletak di atas muka air laut, kini diturunkan elevasinya hingga terletak dibawah air (*submerged breakwater*)^{[6][7][8][9]}. Beberapa peneliti^{[2][8][10][11]} menggabungkan unit-unit terumbu buatan dan tumpukan batu (*rubble mound*) untuk membentuk suatu *submerged composite breakwater*. Hal ini dilakukan untuk memungkinkan terjadinya sirkulasi arus laut yang lebih baik, dan juga meningkatkan estetika pantai karena pandangan ke cakrawala tidak terhalang bangunan pantai sehingga pantai akan nampak lebih alamiah.

Studi mengenai stabilitas^[12], pola aliran^{[13][14]} dan erosi^{[14][15]} disekitar terumbu buatan berbentuk kubah telah dilakukan sebelumnya. *Pilot project* pemakaian terumbu buatan (*Reef Balls*) sebagai bangunan pemecah gelombang untuk mengurangi abrasi telah dilakukan di Republik Dominika^[2]. Namun penempatan *Reef Balls* yang dilakukan langsung diatas dasar laut, menyebabkan sedimentasi dan penutupan sebagian permukaan *Reef Balls*. Hal ini akan mengurangi efektifitas dan kemampuannya dalam menarik kehadiran ikan-ikan dan hewan laut lainnya. Selain itu perletakkannya juga terlalu dekat dengan garis pantai, dapat mengurangi ruang publik untuk berenang dan bermain di perairan pantai. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, telah diusulkan suatu metode penempatan terumbu buatan sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar (2)^[16].



Gambar 2 Contoh terumbu buatan bentuk kubah sebagai *submerged breakwater*^[16]

Pada studi terdahulu untuk bangunan pemecah gelombang dengan ambang terendam (*submerged breakwater*) yang tersusun dari tumpukan batu (*rubble mound*) diperoleh informasi bahwa kinerjanya dalam mereduksi gelombang akan meningkat apabila nilai *freeboard* (jarak antara elevasi puncak terumbu buatan dengan muka air) semakin kecil^[17]. Dengan kata lain, penempatan terumbu buatan yang cukup jauh didalam air akan mengurangi efektifitasnya dalam mereduksi gelombang. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa kemampuan mereduksi gelombang akan meningkat apabila ambang/puncak bangunan (B) cukup lebar. Kemampuan mereduksi gelombang juga akan meningkat apabila kemiringan gelombang (rasio tinggi dan periode gelombang) nilainya membesar. Pengujian terumbu buatan untuk *breakwater* pada Gambar (2) diatas memberikan informasi hubungan antara kemiringan gelombang (*wave steepness* – H_i/gT^2), kedalaman air (h/d) dan dimensi terumbu buatan (h/B) sebagai berikut^[16]:

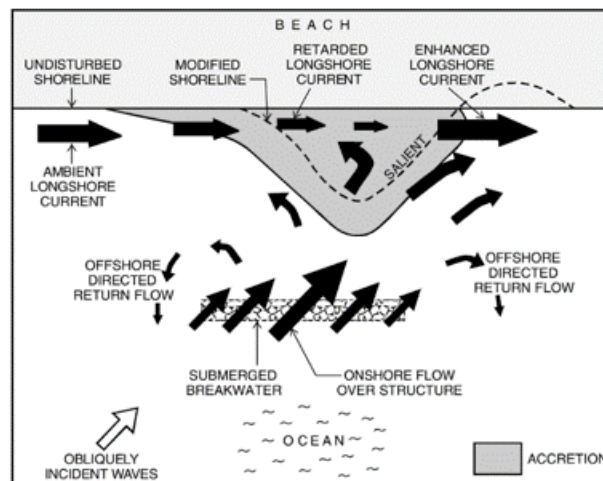
$$K_T = \frac{1}{1 + 34.295 \left[\frac{H_i}{gT^2} \right]^{-0.713} \left[\frac{h}{B} \right]^{-0.6} \left[\frac{h}{d} \right]^{4.739}} \quad (1)$$

Studi tersebut juga menunjukkan bahwa nilai K_T dipengaruhi adalah kedalaman air (h/d). Selain persamaan (1) di atas, persamaan transmisi untuk berbagai konfigurasi terumbu buatan bentuk silinder^[18] dan segienam (*hexagonal*)^[19] sebagai penahan gelombang (*artificial reef breakwater*) juga telah diusulkan.

3.2 | Analisis Kondisi Pesisir Tlangoh

Ketika gelombang bergerak dari laut dalam mendekati garis pantai Tlangoh, terjadi proses transformasi gelombang berupa refraksi (pembelokan arah datang gelombang), *shoaling* (pendangkalan gelombang) dan akhirnya mengalami *breaking* (pecah)

pada kedalaman tertentu. Lokasi dan kedalaman gelombang pecah ini akan bergeser ke arah daratan apabila kedalaman dasar laut berubah menjadi lebih dalam karena perpindahan material dasar laut atau pun pengambilan pasir dan penambangan karang. Dengan adanya pergeseran posisi gelombang pecah yang makin mendekati pantai, berarti terjadi peningkatan energi gelombang di pesisir pantai yang mampu memindahkan sedimen di tepi pantai. Pergerakan sedimen ini bisa tegak lurus garis pantai (*cross-shore transport*) maupun sejajar garis pantai (*longshore transport*). Pergerakan ini akan berubah yang tergantung pada musim angin dan gelombang. Pada musim angin barat yang gelombangnya cenderung besar, biasanya terjadi pergerakan sedimen ke arah laut lepas. Sedimen ini nanti juga akan kembali ke tepi pantai pada saat musim timur. Ketika gelombang cenderung melemah, pergerakan sedimen ke arah timur juga mungkin terjadi ketika musim angin barat; dan sebaliknya sedimen akan bergerak ke barat pada musim angin timur. Ketika sedimen yang bergerak ini tidak kembali ke posisinya saat musim berganti, maka akan terjadilah defisit sedimen dan kemudian terjadi erosi pantai. Kondisi seperti ini yang terjadi di Pantai Tlangoh, berdasarkan hasil analisis hidrooseanografi dan juga wawancara dengan masyarakat Desa Tlangoh.



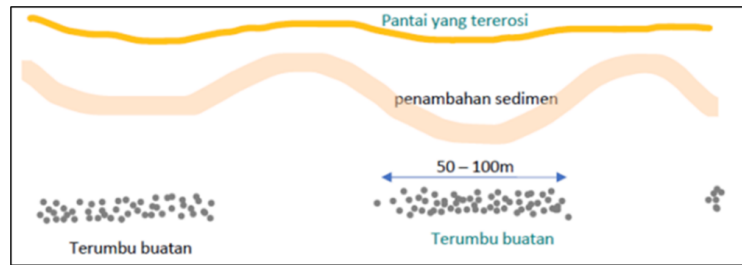
Gambar 3 Respon Garis Pantai di belakang terumbu buatan (Ranasinghe et al., 2006)

Mekanisme perpindahan sedimen dan respon garis pantai ketika dilakukan penempatan struktur ambang rendah atau terumbu buatan yang letaknya sejajar dengan garis pantai dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Gelombang bersudut yang datang dari laut dalam akan menyebabkan transpor sedimen sepanjang pantai (*longshore current*). Pada gelombang yang bersudut ini, akan terjadi superposisi arus sejajar pantai (yang melemah di belakang terumbu buatan) dengan arus yang dihasilkan dari gelombang yang melimpas terumbu buatan tersebut, dan akan membentuk pola sirkulasi arus di balik terumbu buatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar (3).
- Pada sisi hulu, sirkulasi arus dekat pantai yang timbul karena keberadaan terumbu buatan akan melawan arus sejajar pantai di sekitarnya, menghasilkan arus sejajar pantai yang lebih rendah di area hulu ini. Di sisi hilir, kedua arus akan bertemu, dan menyebabkan peningkatan arus sejajar pantai. Hasilnya adalah pengendapan sedimen pada bagian hulu dari garis pantai di belakang terumbu buatan, dan terjadi sedikit erosi pada bagian hilir.

Secara skematis penempatan terumbu buatan di Tlangoh akan diletakkan dengan konfigurasi sejajar garis pantai dalam jarak tertentu, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar (4).

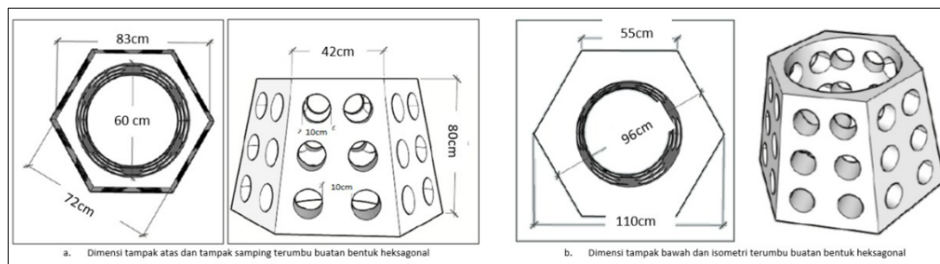
Diharapkan penempatan sejumlah terumbu buatan di pantai Tlangoh dengan konfigurasi dan posisi seperti pada Gambar (4) di atas akan dapat mengembalikan kondisi pasir yang telah berpindah dan bergeser ke tempat lain. Sehingga pantai Tlangoh kembali terisi pasir sebagaimana kondisi semula sekitar 3-4 tahun yang lalu.



Gambar 4 Rancangan penempatan terumbu buatan.

3.3 | Desain Terumbu Buatan

Terumbu buatan yang akan ditempatkan di Pantai Tlangoh memiliki bentuk hexagonal dengan ketinggian sekitar 80cm dengan diameter sisi dalam sebesar 60cm dan memiliki sejumlah lubang dengan diameter 10cm pada ke-enam sisinya. Diameter *hexagon* sebagai alas bawah berdimensi 110cm dengan diameter sisi atas sebesar 80cm sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar (5).



Gambar 5 Dimensi terumbu buatan.

Material penyusun terumbu buatan tersebut berupa beton, yaitu campuran semen, pasir dan kerikil tanpa besi bertulang karena dipandang tidak terlalu besar dan berat. Untuk bisa mencetak beton tersebut perlu dibuatkan cetakan terumbu yang terbuat dari plat besi sebagaimana terlihat pada Gambar (6).



Gambar 6 Proses pembuatan plat cetakan terumbu buatan.

Untuk mengetahui tingkat kesulitan pembuatan dan produksi Terumbu Buatan saat di lokasi nanti, maka dicoba terlebih dahulu dibuat satu contoh purwarupa Terumbu Buatan Hexagonal. Gambar (7) di bawah ini menunjukkan proses pencetakan purwarupa di bengkel kerja. Selanjutnya, purwarupa yang telah dibuat di bengkel kerja akan dibawa ke Tlangoh untuk ditunjukkan ke anggota Pokdarwis Desa Tlangoh. Purwarupa yang sudah jadi ini akan menjadi percontohan sehingga memudahkan masyarakat untuk memahami bentuk dan hasil produk yang sudah jadi pada saat dilakukan pelatihan metode pembuatan terumbu buatan ini. Proses pengangkutan purwarupa terumbu buatan ke pantai Tlangoh ditunjukkan dalam Gambar (8).



Gambar 7 Proses pencetakan purwarupa terumbu buatan.



Gambar 8 Proses pengangkatan terumbu buatan dari workshop.

Pemindahan purwarupa terumbu buatan ini disertai juga pemindahan alat cetak, beserta asesoris dan sisa material untuk dipakai pada saat pelatihan bersama anggota-anggota Pokdarwis Desa Tlangoh. Pengangkatan dan penurunan terumbu buatan memerlukan katrol dengan kapasitas 3 ton mengingat berat terumbu buatan yang dipindahkan cukup besar. Proses pemindahan terumbu buatan mulai dari pemuatan dan penurunan barang-barang menjadi tantangan tersendiri sebagaimana terlihat dalam Gambar (8) di atas dan Gambar (9) di bawah. Sangat disyukuri akses menuju lokasi Pantai Tlangoh cukup baik, sehingga truk pengangkut bisa merapat hingga ke bibir Pantai Tlangoh.



Gambar 9 Proses penurunan terumbu buatan di Pantai Tlangoh.

3.4 | Sosialisasi dan Pelatihan

Kegiatan Pelatihan pembuatan terumbu buatan hexagonal didahului dengan sosialisasi kondisi hidro-oseanografi wilayah pesisir Tlangoh, manfaat ekologis terumbu buatan dan rencana penempatan terumbu buatan di pesisir Desa Tlangoh. Sosialisasi dilaksanakan pada tanggal 23 September 2022, dan esoknya dilanjutkan dengan pelatihan dan praktek pembuatan Terumbu Buatan Hexagonal di pantai Tlangoh. Narasumber yang hadir adalah penulis artikel ini, yang mewakili bidang keahlian Teknik Pantai (Haryo Dwito Armono), bidang Proses pantai (Wahyudi) dan bidang keahlian Biologi Kelautan (Farid Kamal Muzaki).



Gambar 10 Suasana sosialisasi bersama Pokdarwis Tlangoh.

Pelatihan dilaksanakan di Café Sultan, Pantai Tlangoh yang sekaligus juga merupakan pusat kegiatan Kelompok Masyarakat Sadar Wisata Desa Tlangoh. Hadir dalam kegiatan sosialisasi tidak kurang dari 48 warga masyarakat di sekitar pantai Tlangoh, dan juga para anggota Pokdarwis Desa Tlangoh. Kegiatan sosialisasi ini juga dihadiri oleh Kepala Desa Tlangoh dan juga perwakilan dari PT Pertamina Hulu Energi – West Madura Offshore, yang sejak lama sudah melakukan pembinaan pantai Tlangoh sebagai bagian dari kegiatan *Corporate Social Responsibility*.

Setelah kegiatan sosialisasi tentang manfaat dan rencana penempatan terumbu buatan, dilaksanakan kegiatan pelatihan pembuatan terumbu buatan. Untuk pelatihan pembuatan ini hanya diberikan pada enam anggota Pokdarwis yang kebetulan juga berprofesi sebagai mandor dan tukang batu, agar mereka lebih cepat dan lebih mudah memahami proses pencetakannya. Selanjutnya, mereka yang telah mendapatkan pelatihan ini bisa meneruskan ke anggota Pokdarwis yang lain. Dalam kegiatan pelatihan pencetakan terumbu buatan, telah disumbangkan plat pencetak dan sejumlah material semen, pasir dan kerikil sebagai bahan awal pembuatan terumbu buatan. Adapun campuran semen, pasir dan kerikil untuk pembuatan terumbu buatan ini memiliki perbandingan 1 semen : 1,5 pasir : 2 kerikil untuk mendapatkan kualitas beton yang cukup kuat. Gambar (11) berikut menunjukkan proses pembuatan terumbu buatan hexagonal. Dimulai dengan penjelasan teknis, yang dilanjutkan dengan praktek pembuatan terumbu mulai dari, merangkai besi cetakan, mencampur adonan beton, hingga melepaskan besi cetakan terumbu buatan.



Gambar 11 Demo dan pelatihan pembuatan terumbu buatan.

Mengingat keterbatasan anggaran kegiatan, maka upaya penenggelaman purwarupa terumbu buatan yang telah dibuat di pantai Tlangoh sedang diupayakan dengan menggunakan dana dari sumber-sumber lain. Sedang diusulkan bantuan dari pemerintah kabupaten Bangkalan, Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Jawa Timur, atau PT Pertamina Hulu Energi – West Madura Offshore. Diharapkan setelah penenggelaman terumbu buatan ini, manfaat terumbu buatan untuk peningkatan kualitas lingkungan serta pencegahan abrasi pantai Tlangoh dapat dirasakan langsung oleh masyarakat Desa Tlangoh.

3.5 | Analisis Persepsi Peserta Workshop

Pasca kegiatan workshop telah dilakukan penyampaian kuesioner dengan teknik wawancara langsung kepada para peserta. Pertanyaan yang diajukan mencakup 1) kesesuaian tema dan materi workshop dalam menjawab permasalahan sesuai harapan peserta; 2) kecukupan alokasi waktu; 3) persepsi peserta apakah materi yang disampaikan meningkatkan pemahaman dan kemampuan peserta dalam upaya penanggulangan abrasi pantai; serta 4) harapan peserta terkait keberlanjutan kegiatan.

Hasil wawancara menunjukkan bahwa secara umum masyarakat memiliki persepsi positif terkait pelaksanaan workshop. Sejumlah 6,25% peserta menyatakan bahwa materi telah sesuai dengan tujuan workshop dalam menjawab permasalahan sesuai harapan peserta; sementara 93,75% menyatakan telah sangat sesuai. Untuk parameter alokasi waktu, 45,83% peserta menyatakan bahwa alokasi waktu yang diberikan untuk workshop adalah kurang mencukupi sedangkan 54,17% menyatakan telah cukup. Kemudian 16,67% peserta berpendapat bahwa materi yang disampaikan meningkatkan pemahaman dan kemampuan peserta dalam upaya penanggulangan abrasi pantai; sementara 83,33% peserta menyatakan bahwa materi telah sangat sesuai dan meningkatkan pemahaman serta kemampuan peserta. Pada poin pertanyaan harapan, terdapat dua harapan utama. Pertama, pembuatan dan peletakan *Hexareef* diharapkan mampu membantu mengatasi masalah abrasi dan memperbaiki kerusakan ekosistem pesisir. Kedua, kerjasama antara ITS dengan PT Pertamina Hulu Energi – West Madura Offshore serta Pemerintah Desa Tlangoh dan Pokdarwis Desa Tlangoh. Kerjasama dimaksud adalah kemungkinan dilakukannya studi untuk mengetahui status kondisi ekosistem dan keanekaragaman hayati di Pantai Tlangoh serta upaya lanjut penanggulangan abrasi dan rehabilitasi ekosistem pesisir setempat.

4 | KESIMPULAN

Setelah dilakukan survei pendahuluan lokasi, penelurusan dan kajian literatur, dan perancangan purwarupa terumbu buatan, pada akhir kegiatan telah dihasilkan purwarupa terumbu buatan yang siap untuk ditenggelamkan. Alat pencetak terumbu buatan telah diserahkan ke Pokdarwis Desa Tlangoh, sehingga mereka dapat melanjutkan kegiatan ini secara mandiri. Proses pembuatan purwarupa yang melibatkan masyarakat diharapkan dapat memicu minat masyarakat Desa Tlangoh untuk meneruskan kegiatan awal ini dengan mengupayakan sumber-sumber dana yang lain. Di masa mendatang juga diharapkan tercipta kerjasama lebih lanjut antara ITS dan *stakeholder* setempat dalam upaya penanggulangan abrasi pantai dan rehabilitasi ekosistem pesisir Desa Tlangoh guna meningkatkan nilai jual pariwisata sehingga indikator SGDs dalam program ini dapat tercapai.

5 | UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ditulis berdasarkan hasil kegiatan Pengabdian Masyarakat yang dibiayai Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi melalui kontrak Induk Nomor 113/E5/RA.OO.PM/2022 dan Kontrak Turunan : 2107/PKS/ITS/2122. Terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dan membantu terwujudnya kegiatan pengabdian masyarakat ini.

Referensi

1. Arnouil DS. Shoreline response for a Reef Ball™ submerged breakwater system offshore of Grand Cayman Island. Paper of Master Thesis, Florida Institute of Technology 2008;.
2. Harris LE. Submerged reef structures for habitat enhancement and shoreline erosion abatement. Coastal Engineering Technical Note 2001;.
3. Sulaiman DM, Sudjana M, Suprpto AR. Rehabilitasi Pantai Dengan PEGAR Geotube, Studi Kasus Pantai Tanjung Kait, Tangerang, Banten. Jurnal Keairan 2012;2(2).
4. Sulaiman DM, Effendi SS, Azhar S Rian M. Rehabilitasi Pantai dengan PEGAR Bercelah Studi Kasus Sigandu, Batang, Jawa Tengah. Prosiding PIT HATHI ke XXXII, Malang 2015;.
5. Ambrose RF, Swarbrick SL. Comparison of fish assemblages on artificial and natural reefs off the coast of southern California. Bulletin of Marine Science 1989;44(2):718–733.
6. Aono T, Cruz EC. Fundamental characteristics of wave transformation around artificial reefs. In: Coastal Engineering 1996; 1996.p. 2298–2311.
7. Hayakawa N, Hosoyamada T, Yoshida S, Tsujimoto G. Numerical simulation of wave fields around the submerged breakwater with SOLA-SURF method. In: Coastal Engineering 1998; 1998.p. 843–852.

8. Kawasaki K, Iwata K. Numerical analysis of wave breaking due to submerged breakwater in three-dimensional wave field. In: Coastal Engineering 1998; 1998.p. 853–866.
9. Ohnaka S, Yoshinawa T. Field observation on wave dissipation and reflection by an artificial reef with varying crown width. In: Hydro-Port '94 International Conference on Hydro-Technical Engineering for Port and Harbor Construction; 1994. p. 365–376.
10. Hirose N, Watanuki A, Saito M. New type units for artificial reef development of eco-friendly artificial reefs and the effectiveness thereof. In: 30th PIANC-AIPCN Congress 2002 Institution of Engineers Sydney, NSW; 2002. p. 886–899.
11. Tsujimoto G, Kakuno S, Shigematsu T, Kurata K, Hosoyamada T. Numerical Simulation of Turbulent Flows around A New Type of Reef Breakwater with Perforations by The $k-\epsilon$ Turbulence Model. In: Coastal Structures, vol. 99; 1999. p. 705–712.
12. Roehl EJ. The stability of manufactured artificial reefs. PhD thesis, Florida Institute of Technology; 1997.
13. Armono HD. Flow field around single and multiple hollow hemispherical artificial reefs used for fish habitat. PhD thesis, Memorial University of Newfoundland; 1999.
14. Shamloo H, Rajaratnam N, Katopodis C. Hydraulics of simple habitat structures. Journal of Hydraulic Research 2001;39(4):351–366.
15. Armono HD, Wirayuhanto H. Experimental study of scouring characteristic around hexagonal artificial reef. In: MATEC Web of Conferences, vol. 177 EDP Sciences; 2018. p. 01009.
16. Armono HD. Hemispherical shaped artificial reefs; 2003.
17. Seabrook SR, Hall KR. Wave transmission at submerged rubblemound breakwaters. In: Coastal Engineering 1998; 1999.p. 2000–2013.
18. Akhwady R. Kinerja terumbu buatan silinder berongga (bottle reef) sebagai pemecah gelombang ambang terbenam. Institut Teknologi Sepuluh Nopember 2012;.
19. Armono HD, Winarto A, Suastika IK, et al. A laboratory study on wave transmission over hexagonal artificial reef. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 799 IOP Publishing; 2021. p. 012011.

Cara mengutip artikel ini: Armono, H.D., Citrosiswoyo, W., Muzaki, F.K., (2023), Pelatihan Pembuatan Terumbu Buatan sebagai Upaya Penanggulangan Abrasi Pantai Desa Tlangoh, *Sewagati*, 7(4):614–625, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v7i4.569>.