

techbrief

RISPRO **Technology Brief**

VOL.10/JUN/2026

Dr.- Ing Setyo Nugroho

iStow, Teknologi Pembaca Keseimbangan Muatan Kapal Kargo Demi Keselamatan dan Menekan Kerugian

Dr. Edwar Yazid

Senjata Turret Karya Anak Bangsa, Menghadirkan Presisi Tembakan untuk Menjaga Maritim Indonesia

Dr. Eng. Masita Dwi Mandini Manessa
S.Si., M.Si., M.Eng.

Shallow Water Mapper, Solusi Memetakan Batimetri Perairan Dangkal Secara Detail

Dr. Ir Manuntun Parulian Hutagaol M.Sc.

Menjernihkan Polemik Keramba Danau Toba dengan Regulasi Berbasis Riset

***Navigasi Biru:
Inovasi Teknologi,
Harmonisasi Ruang,
dan Kedaulatan
Ekonomi Maritim.***



techbrief

RISPRO **Technology Brief**

RISPRO TECHNOLOGY BRIEF adalah publikasi majalah yang berisi tentang kemajuan riset dan inovasi di berbagai bidang. Terbit dua kali dalam setahun, berbagai hasil inovasi dari Pendanaan Riset Inovatif Produksi (RISPRO) disajikan dengan bahasa yang mudah dipahami dan visual yang menarik.

techbrief

RISPRO **Technology Brief**

VOL.10/JUN/2026

Dr. Ing Setyo Nugroho
ISaw, Teknologi Pembaca Keseimbangan Muatan Kapal Kargo Demi Keselamatan dan Menekan Kerugian

Dr. Edwar Yazid
Senjata Turret Karya Anak Bangsa, Menghadirkan Presisi Tembakan untuk Menjaga Maritim Indonesia

Dr. Eng. Masita Dwi Mandini Manessa S.Si., M.Si., M.Eng.
Shallow Water Mapper, Solusi Memetakan Batimetri Perairan Dangkal Secara Detail

Dr. Ir Manuntun Parulian Hutagaol M.Sc.
Menjernihkan Polemik Keramba Danau Toba dengan Regulasi Berbasis Riset

***Navigasi Biru:
Inovasi Teknologi,
Harmonisasi Ruang,
dan Kedaulatan
Ekonomi Maritim.***

Cover Story

Indonesia sebagai negara maritim memerlukan inovasi untuk mengelola ruang laut secara berkelanjutan. Edisi ini menghadirkan riset-riset unggulan RISPRO LPDP, mulai dari radar maritim, pemetaan batimetri berbasis satelit, hingga kebijakan perikanan berbasis sains. Seluruh inovasi menunjukkan bahwa kolaborasi riset dan teknologi mampu memperkuat keselamatan, produktivitas, serta kedaulatan ekonomi maritim Indonesia.

Susunan Redaksi

Diterbitkan oleh:
Direktorat Fasilitasi Riset
Lembaga Pengelola Dana Pendidikan

Penanggungjawab:
Ayom Widipaminto
(Direktur Fasilitasi Riset)

Pengarah:
Irmawati (Kepala Divisi Evaluasi Pendanaan Riset), Sulis Gigih Prayogo (Kepala Subdivisi Evaluasi Hasil Riset Divisi Evaluasi Pendanaan Riset), M. Lukmanul Hakim (Kepala Divisi Hukum dan Komunikasi), Risqi Sita Novanti (Kepala Subdivisi Komunikasi)

Penulis:
Bunga Fajar, Vina Oktaviana, Muh Faathir Al-Fath Akbar, Muhammad Riza Azizi, Ibrahim Ariq

Editor:
CS Purwowidhu Widayanti, Tony Firman

Desainer Grafis dan Layouter:
Ghilman Hasya Aminullah



**Lembaga Pengelola
Dana Pendidikan**

Gedung Danadyaksa Cikini,
Jalan Cikini Raya No.91A-D,
Menteng, Jakarta Pusat
10330

lpdp.kemenkeu.go.id

LPDP Kementerian
Keuangan RI

134

[lpdp_ri](#)

[lpdp_ri](#)

[LPDP RI](#)

06

iStow, Teknologi Pembaca Keseimbangan Muatan Kapal Kargo Demi Keselamatan dan Menekan Kerugian

12

Senjata Turret Karya Anak Bangsa, Menghadirkan Presisi Tembakan untuk Menjaga Maritim Indonesia

16

Shallow Water Mapper Solusi Memetakan Batimetri Perairan Dangkal Secara Detail

22

Mengatasi Kebocoran Tangkapan Ikan Nusantara dengan Fish-Mon

28

Membaca Dasar Laut dalam Sekejap: Inovasi Radar X-Band untuk Menjaga Produktivitas Pelabuhan

32

Sebelum Mangrove Habis, MOMENTS Menemukan Titik Kritis Menyelamatkan Pesisir Kita

38

Dari Selat Haya untuk Kemandirian Energi Baru: Rancang Bangun Floating Ocean Current Power Plant (FOCPP)

42

Regulasi Merestorasi Danau Maninjau, Jalan Tengah antara Kelestarian dan Kesejahteraan Warga

46

Menjernihkan Polemik Keramba Danau Toba dengan Regulasi Berbasis Riset

techbrief

RISPRO Technology Brief
VOL.10/JUN/2026

“Nenek Moyangku seorang pelaut gemar mengarung luas samudera...”

Sudah puluhan tahun lagu Nenek Moyangku Seorang Pelaut karya Ibu Sud mengiringi masa kecil banyak orang Indonesia. Lirikny sederhana, mudah diingat, hingga membentuk keyakinan kolektif bahwa laut adalah jati diri bangsa kita, bangsa Indonesia. Kajian arkeologi, genetika, linguistik, dan sejarah justru menunjukkan sesuatu yang lebih menarik, bahwa tentu masyarakat Nusantara tidak seluruhnya hidup sebagai pelaut. Namun benar bahwa laut adalah ruang kehidupan bagi masyarakat kepulauan bangsa Indonesia. Di saat di mana nenek moyang kita benar-benar terdorong untuk mengarungi samudra, teknologi pelayaran berkembang, perdagangan bertumbuh, pengetahuan berpindah, dan identitas baru terbentuk melalui perjumpaan antar suku bangsa.

Warisan aktivitas maritim layaknya arus laut yang tak pernah diam menetap, ia tidak bisa berhenti sebagai catatan sejarah. Tantangan abad ke-21 hadir mulai dari energi, keamanan laut, persaingan ekonomi, hingga pertahanan negara. Semangat itulah yang menjadi benang merah RISPRO Technology Brief (RTB) vol 10 mengusung tema “Navigasi Biru: Inovasi Teknologi, Harmonisasi Ruang, dan Kedaulatan Ekonomi Maritim.” Sepuluh penelitian dalam edisi ini berbicara tentang laut, danau, pesisir, dan perbatasan. Ruang-ruang maritim yang selama ini menjadi urat nadi kehidupan Indonesia, sekaligus medan tantangan yang belum sepenuhnya terjawab. Inovasi teknologi seperti Shallow Water Mapper, Fish-Mon, dan iStow, hingga pendekatan regulasi untuk Danau Maninjau, Toba di Kabupaten

Bintan serta lainnya tersaji di sini. Dan seperti masa lalu yang dibentuk oleh keberanian mengarungi samudra, masa depan Indonesia pun akan sangat ditentukan oleh kemampuan kita menguasai ilmu pengetahuan dan teknologi maritim.

Akhir kata, majalah RTB adalah milik semua pihak yang rela meluangkan waktu, pikiran, dan dedikasinya untuk kemajuan riset Indonesia. Kepada para peneliti, mitra industri, perguruan tinggi, dan seluruh pihak yang turut mewujudkan riset yang termuat dalam RTB volume 10 ini, saya mengucapkan terima kasih atas sebesar-besarnya. Ini sekaligus bentuk tanggung jawab kami kepada masyarakat, melalui Dana Abadi Penelitian (DAPL) yang dikelola LPDP dan disalurkan kepada para peneliti-peneliti terpilih, mereka para anak bangsa yang terus bekerja mencurahkan pikiran, waktu, dan tenaga mengurai berbagai persoalan di dunia maritim nasional kita.

Kami berharap berbagai hasil penelitian ini tidak berhenti sampai akhir lembar halaman saja. RTB vol 10 justru sebagai sarana untuk memperkenalkan lebih luas berbagai capaian riset terkemuka kepada khalayak, para pemangku kepentingan, dan industri terkait. Semoga juga dapat menginspirasi riset berikutnya, mendorong perdebatan dan perbaikan. Seperti karya apapun yang dikerjakan dengan sepenuh hati, RTB volume 10 tentu tidak luput dari kekurangan. Kami menyambutnya sebagai bagian dari proses, dan terbuka sepenuhnya atas masukan yang membangun.

Selamat membaca

Direktur Fasilitas Riset LPDP
Ayom Widipaminto

techbrief

RISPRO Technology Brief

VOL.10/JUN/2026

Dr.-Ing Setyo Nugroho
iStow, Teknologi Pembaca Keseimbangan Muatan Kapal Kargo Demi Keselamatan dan Menekan Kerugian

Dr. Edwar Yazid
Senjata Turret Karya Anak Bangsa, Menghadirkan Presisi Tembakan untuk Menjaga Maritim Indonesia

Dr. Eng. Masita Dwi Mandini Manessa S.Si., M.Si., M.Eng.
Shallow Water Mapper, Solusi Memetakan Batimetri Perairan Dangkal Secara Detail

Dr. Ir Manuntun Parullan Hutagaol M.Sc.
Menjernihkan Polemik Keramba Danau Toba dengan Regulasi Berbasis Riset

***Navigasi Biru:
Inovasi Teknologi,
Harmonisasi Ruang,
dan Kedaulatan
Ekonomi Maritim.***



Product & Technology

iStow, Teknologi Pembaca Keseimbangan Muatan Kapal Kargo Demi Keselamatan dan Menekan Kerugian

Apa yang dominan terlintas di pikiran Anda apabila melihat kapal kargo dengan tumpukan kotak raksasa yang berjejal dan menjulang tinggi itu? Megah, teratur, dan sedang membawa barang-barang penting ke pelabuhan tujuan sebelum berakhir di genggamannya kita. Tidak ada yang salah, tetapi kenyataannya jauh lebih rumit.

Data Riset

Judul Riset	Hilirisasi Piranti Lunak Stowage Planning Kapal Berstandar Internasional dalam Rangka Menuju Pasar ASEAN dan Industri 4.0
Ketua Periset	Dr.-Ing Setyo Nugroho
Institusi Riset	Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Mitra Riset	PT DMP Karunia Sejahtera
Jumlah Anggota Riset	2 orang
Jangka Waktu Riset	2 tahun
Nilai Pendanaan LPDP	Rp2.883.958.400
Nilai Kontribusi Mitra	Rp749.940.000

Dengan menghitung stabilitas dan distribusi muatan secara otomatis, iStow membantu kapal berlayar lebih aman, lebih efisien, dan lebih andal.

Dalam dunia pelayaran, persoalannya jauh lebih rumit. Satu kontainer yang diletakkan di tempat yang salah, data berat muatan yang tidak akurat, atau distribusi beban yang tidak seimbang dapat memicu kerusakan, kehilangan muatan, bahkan kecelakaan kapal.

Sejarah pelayaran dunia menunjukkan bahwa masalah pemuatan atau stowage bukanlah persoalan sepele. Pada 2024, sekitar 576 kontainer dilaporkan hilang di laut dari sekitar 250 juta kontainer yang diangkut secara global. Meski jumlah tersebut hanya sekitar 0,0002 persen dari keseluruhan muatan, setiap kontainer yang jatuh ke laut berarti kerugian ekonomi, ancaman keselamatan pelayaran, sekaligus potensi pencemaran lingkungan. World Shipping Council bahkan menegaskan bahwa satu kontainer yang hilang pun tetap dianggap terlalu banyak. Selain kondisi cuaca ekstrem, berbagai investigasi kecelakaan menunjukkan bahwa kesalahan penempatan dan perhitungan muatan menjadi salah satu faktor penting yang berkontribusi terhadap insiden tersebut.

Indonesia sebagai negara kepulauan yang menggantungkan konektivitas logistik pada transportasi laut menghadapi tantangan yang sama. Dalam laporan penelitian Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), kesalahan pemuatan disebut sebagai salah satu penyebab dominan kecelakaan pelayaran di Indonesia. Padahal, perencanaan

pemuatan atau stowage planning merupakan tahapan krusial untuk memastikan stabilitas kapal, kekuatan struktur, serta keselamatan pelayaran secara keseluruhan. Karena itu, organisasi maritim internasional mewajibkan penggunaan perangkat lunak khusus untuk membantu perencanaan muatan kapal secara akurat.

Masalahnya, hampir seluruh perangkat lunak tersebut selama bertahun-tahun berasal dari luar negeri. Industri pelayaran nasional harus mengeluarkan biaya besar untuk membeli, memasang, dan memperoleh layanan sertifikasi dari penyedia asing. Di sisi lain, kebutuhan akan teknologi ini terus meningkat seiring penerapan standar keselamatan internasional. Berangkat dari kondisi tersebut, tim peneliti Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya mengembangkan iStow, perangkat lunak perencanaan pemuatan kapal yang dirancang dan dibangun oleh putra-putri Indonesia. Pengembangan teknologi ini bukan pekerjaan singkat. Fondasinya telah dirintis sejak awal

tahun 2000-an dan terus disempurnakan hingga mampu memenuhi standar industri internasional.

Menciptakan Piranti Lunak Penyelamat Muatan Kapal

Secara sederhana, iStow membantu operator kapal menghitung apakah susunan muatan yang direncanakan sudah aman atau belum. Sistem ini dapat memperkirakan stabilitas kapal, distribusi beban, gaya yang bekerja pada struktur kapal, hingga berbagai parameter keselamatan lainnya secara otomatis dan real-time. Dengan bantuan perangkat lunak proses yang sebelumnya dilakukan secara manual dapat dilakukan lebih

cepat, lebih presisi, dan lebih terdokumentasi.

Riset panjang telah dilakukan oleh tim peneliti sejak 2001 silam. Teknologi terus disempurnakan hingga melahirkan iStow versi terbaru dengan kemampuan visualisasi tiga dimensi, perhitungan stabilitas otomatis, hingga fitur-fitur tambahan yang mendukung operasi kapal modern. Tentunya terlaksananya riset hingga mencapai iStow ini tidak lepas dari dukungan pendanaan RISPRO LPDP. Tim peneliti selain menyempurnakan algoritma utama

juga menambahkan berbagai fitur baru untuk kapal peti kemas, termasuk pengelolaan muatan berbahaya, pertukaran data digital dengan terminal pelabuhan, perhitungan penggunaan crane, serta sistem pengamanan kontainer selama pelayaran. Pengujian dilakukan menggunakan kapal niaga yang benar-benar beroperasi sehingga hasilnya dapat langsung divalidasi oleh industri.

Keunggulan lain dari iStow adalah kemampuannya menyesuaikan kebutuhan pengguna dalam negeri. Karena seluruh kode program dikembangkan sendiri, tim pengembangan dapat melakukan modifikasi dan pengembangan fitur tanpa bergantung pada vendor luar negeri. Hal ini membuka peluang besar bagi Indonesia untuk membangun kemandirian teknologi di sektor maritim.

Hasilnya mulai terlihat. iStow telah digunakan oleh berbagai perusahaan pelayaran nasional, termasuk operator kapal peti kemas, kapal tanker, hingga kapal feri. Perangkat lunak ini juga telah memperoleh sertifikasi

Penyerahan hibah sistem iStow kepada PT PELNI untuk diimplementasikan pada KM Kendhaga Nusantara 11 sebagai bagian dari hilirisasi hasil riset menuju pemanfaatan operasional.

dari sejumlah lembaga klasifikasi internasional serta mendapatkan perlindungan hak kekayaan intelektual. Selain digunakan di industri, versi demo iStow telah dipasang di lembaga pendidikan pelayaran untuk mendukung pembelajaran calon pelaut dan perwira kapal.

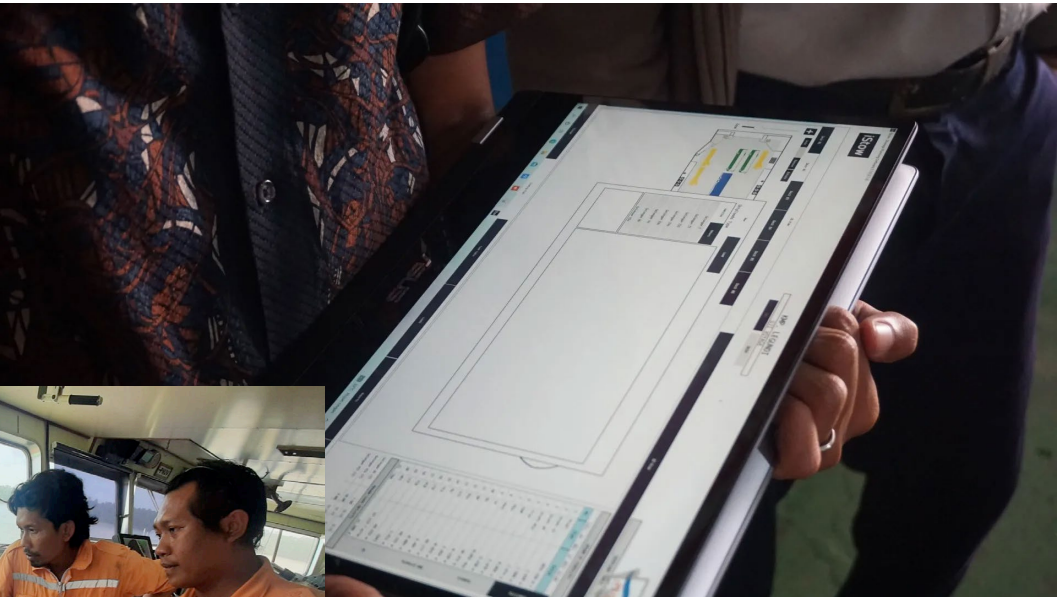
Riset dan Produksi Dalam Negeri

Keunikan iStow terletak pada pengembangannya yang sepenuhnya dilakukan di dalam negeri, sebuah pencapaian penting di tengah dominasi perangkat lunak asing di industri maritim. Seluruh modul iStow dibangun secara mandiri menggunakan pendekatan open source, sehingga pengembangannya tidak bergantung pada vendor luar negeri. Hal ini memberi keleluasaan besar untuk melakukan modifikasi sesuai kebutuhan pengguna serta memastikan biaya produksi dan perawatan tetap efisien. Pada tahap terbarunya, iStow V2 menghadirkan kebaruan teknologi yang signifikan. Salah satu fitur unggulannya adalah visualisasi 3D Hullform yang memungkinkan awak kapal melihat kondisi stabilitas kapal secara lebih intuitif, seakan sedang menyaksikan bentuk kapal secara nyata. Fitur lainnya yaitu Eco Assistant, membantu kapal menemukan posisi trim yang paling hemat bahan bakar, sehingga mengoptimalkan





Proses instalasi dan implementasi perangkat lunak iStow di atas kapal yang meliputi pemasangan sistem, konfigurasi aplikasi, serta pendampingan penggunaan kepada awak kapal.



energi yang berdampak langsung pada pengurangan biaya operasional dan emisi karbon.

iStow V2 juga diperkaya dengan lima modul tambahan yang menjawab kebutuhan di lapangan. Modul IMDG Codes memastikan muatan berbahaya ditempatkan sesuai standar keselamatan internasional, mengurangi risiko kebakaran atau ledakan di laut. Modul BAPLIE memudahkan pertukaran data muatan anta pelabuhan dan perusahaan dengan format global yang sudah baku, sehingga komunikasi dan dokumentasi menjadi lebih cepat dan akurat. Modul Crane Split mengoptimalkan penggunaan crane saat bongkar muat, yang berpengaruh langsung pada kecepatan operasional di pelabuhan. Modul Lashing membantu kru menghitung kekuatan pengikatan muatan agar tetap aman meski kapal menghadapi gelombang besar. Terakhir, modul Auto Stowage menghadirkan kemampuan otomatis dalam

menempatkan muatan, sehingga pekerjaan yang biasanya rumit dan memakan waktu dapat dilakukan dengan lebih cepat dan presisi. Dengan kombinasi fitur-fitur ini, iStow V2 tidak hanya meningkatkan akurasi perencanaan pemuatan kapal, tetapi juga menghadirkan efisiensi, keamanan, dan kenyamanan operasional yang lebih tinggi.

Proses pengembangan iStow V2 dilakukan melalui pendekatan yang terintegrasi, tidak hanya menekankan pada aspek teknis tetapi juga pada uji penerapan nyata dan keterlibatan para pemangku kepentingan. Dari sisi teknis, tim pengembang ITS merancang algoritma baru seperti 3D Hullform untuk perhitungan dan visualisasi bentuk lambung kapal secara tiga dimensi serta Eco Assistant untuk mengoptimalkan

penggunaan bahan bakar melalui pengaturan trim. Kapal MV. Meratus Tomini dipilih sebagai objek uji coba untuk memastikan bahwa fitur-fitur tersebut dapat diaplikasikan dalam kondisi operasional nyata. Uji coba ini penting untuk mengukur akurasi perhitungan dan kemudahan penggunaan di lapangan, sekaligus memvalidasi bahwa perangkat lunak benar-benar dapat membantu kru kapal dalam mengambil keputusan.

Selain uji teknis, pengembangan iStow V2 juga mengedepankan feedback dari calon pengguna. Tim penyusun mengadakan Forum Group Discussion (FGD) dengan berbagai pihak, termasuk BUMN, regulator, hingga perusahaan pelayaran. Forum ini berfungsi sebagai sarana dialog dua arah untuk memastikan

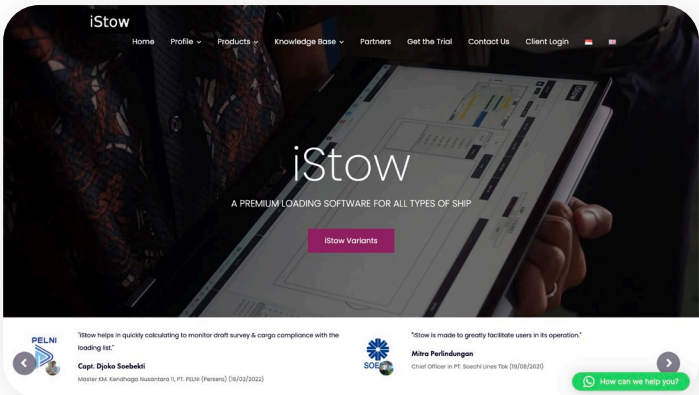
fitur yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan operasional industri, baik dari sisi keselamatan, efisiensi, maupun kepatuhan terhadap regulasi. Dari forum ini pula lahir berbagai perbaikan dan penyesuaian pada modul iStow, seperti penambahan fitur IMDG Codes untuk barang berbahaya dan Crane Split untuk mempercepat bongkar muat.

Di luar aspek teknis, strategi pemasaran juga diperkuat agar iStow tidak hanya berhenti di tahap riset, tetapi benar-benar mampu masuk ke pasar. Langkah ini diwujudkan melalui partisipasi dalam pameran

iStow membuktikan bahwa teknologi maritim kelas dunia dapat dirancang, dikembangkan, dan disertifikasi oleh putra-putri Indonesia.

berskala internasional, antara lain Marine & Offshore Expo di Batam serta TOC Asia di Singapura, yang menjadi ajang memperkenalkan iStow kepada pasar regional. Selain itu, demo aplikasi dipasang di lembaga pendidikan maritim seperti Politeknik Pelayaran dan Polimarin, sehingga calon pelaut dan praktisi maritim dapat mengenal dan terbiasa menggunakan iStow sejak dini.

Halaman utama website iStow yang menyediakan informasi mengenai varian produk, fitur, mitra, dan layanan perangkat lunak perencanaan pemuatan kapal.



Untuk memperluas jangkauan, tim juga memanfaatkan berbagai saluran digital, termasuk media sosial dan simulasi interaktif seperti iStow VR dan trim heel simulator. Upaya ini tidak hanya membangun kesadaran pasar domestik, tetapi juga membuka peluang penetrasi lebih luas ke pasar internasional.

Dampak Nyata bagi Industri Maritim

Hasil dari riset dan hilirisasi iStow V2 menunjukkan capaian yang nyata. Hingga periode laporan, tercatat tujuh kontrak pembelian telah berhasil diperoleh dari perusahaan pelayaran besar, di antaranya PT Meratus Line dan PT Lautan Mandiri. Selain itu, instalasi demo telah dilakukan di sejumlah politeknik pelayaran sebagai bagian dari strategi edukasi sekaligus promosi. Produk iStow V2 juga telah resmi didaftarkan sebagai Hak Kekayaan Intelektual untuk tiga jenis kapal berbeda, yakni kapal Ferry Roro, kapal tanker, dan kapal peti kemas, menegaskan kepemilikan hak cipta atas teknologi ini. Lebih lanjut, proses sertifikasi internasional dengan DNV, salah satu biro klasifikasi terkemuka dunia sedang berlangsung. Sertifikasi ini diharapkan menjadi tonggak penting dalam meningkatkan kepercayaan pasar global dan memperkuat posisi iStow sebagai perangkat lunak stowage planning yang berdaya saing internasional.

Secara ekonomi, iStow berpotensi

menghemat devisa hingga triliunan rupiah dengan menggantikan perangkat lunak impor yang harganya rata-rata Rp 200 juta per unit. Dengan harga jual iStow Rp 125 juta per unit, proyeksi penjualan dapat mencapai lebih dari 30 miliar rupiah per tahun pada 2025, dengan ROI sekitar 167,5% dan IRR 52,7%. Dari sisi industri, penerapan iStow dapat meningkatkan keselamatan pelayaran, mengurangi risiko kecelakaan, serta memperkuat keandalan konektivitas logistik nasional. Dengan kombinasi inovasi teknologi, strategi pemasaran yang tepat, dan dampak ekonomi yang nyata, iStow V2 bukan hanya menjadi solusi teknis untuk keselamatan pelayaran, tetapi juga bukti kemandirian teknologi maritim Indonesia. Ke depannya, iStow diharapkan tidak hanya mendominasi pasar dalam negeri sebagai produk substitusi impor, tetapi juga menjadi komoditas ekspor unggulan yang membawa nama Indonesia ke industri maritim di dunia.

Ambisi Indonesia menjadi poros maritim dunia harus dibarengi dengan penguasaan teknologi keselamatan pelayaran. Ia bukan lagi pilihan, melainkan kebutuhan. Kehadiran iStow dapat membuktikan bahwa Indonesia bukan sekedar pengguna teknologi, anak bangsa kita telah mampu menciptakan teknologi yang menjawab tantangan dan kebutuhan sekaligus dapat bersaing hingga tingkat global.

Product & Technology

Senjata Turret Karya Anak Bangsa,
Menghadirkan Presisi Tembakan
untuk Menjaga Maritim Indonesia

Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia yang membentang dengan lebih dari 17.000 pulau, Indonesia menghadapi tantangan besar dalam menjaga kedaulatan wilayahnya. Luasnya wilayah perairan membuat laut menjadi jalur strategis sekaligus titik rawan yang harus senantiasa diawasi dari berbagai potensi infiltrasi.

Data Riset

Judul Riset	Rancang Bangun Sistem Turret untuk Kapal Laut
Ketua Periset	Dr. Edwar Yazid
Institusi Riset	Pusat Riset Mekatronika Cerdas Badan Riset dan Inovasi Nasional
Mitra Riset	PT. Sembada Karya Mandiri
Jumlah Anggota Riset	19 orang
Jangka Waktu Riset	2 tahun
Nilai Pendanaan LPDP	Rp3.573.698.000
Nilai Kontribusi Mitra	Rp358.400.000



Di lain sisi, ketergantungan Indonesia pada impor Alat Utama Sistem Persenjataan (alutsista) dari mancanegara membawa tantangan tersendiri. Membeli teknologi dari luar memang menjadi solusi instan untuk menjawab kebutuhan jangka pendek, namun dalam jangka panjang, strategi ini menyimpan berbagai risiko.

Di samping berbiaya tinggi, bersandar pada pemasok luar negeri juga membuat posisi tawar Indonesia rentan didikte oleh konstelasi politik negara produsen. Bayang-bayang embargo, pembatasan pasokan suku cadang, hingga lonjakan harga sepihak dapat terjadi kapan saja. Ketika situasi kritis itu tiba, kesiapan tempur dan taji pertahanan nasional menjadi taruhannya.

Menyadari pentingnya penguasaan teknologi pertahanan dalam menjaga kedaulatan wilayah Indonesia,

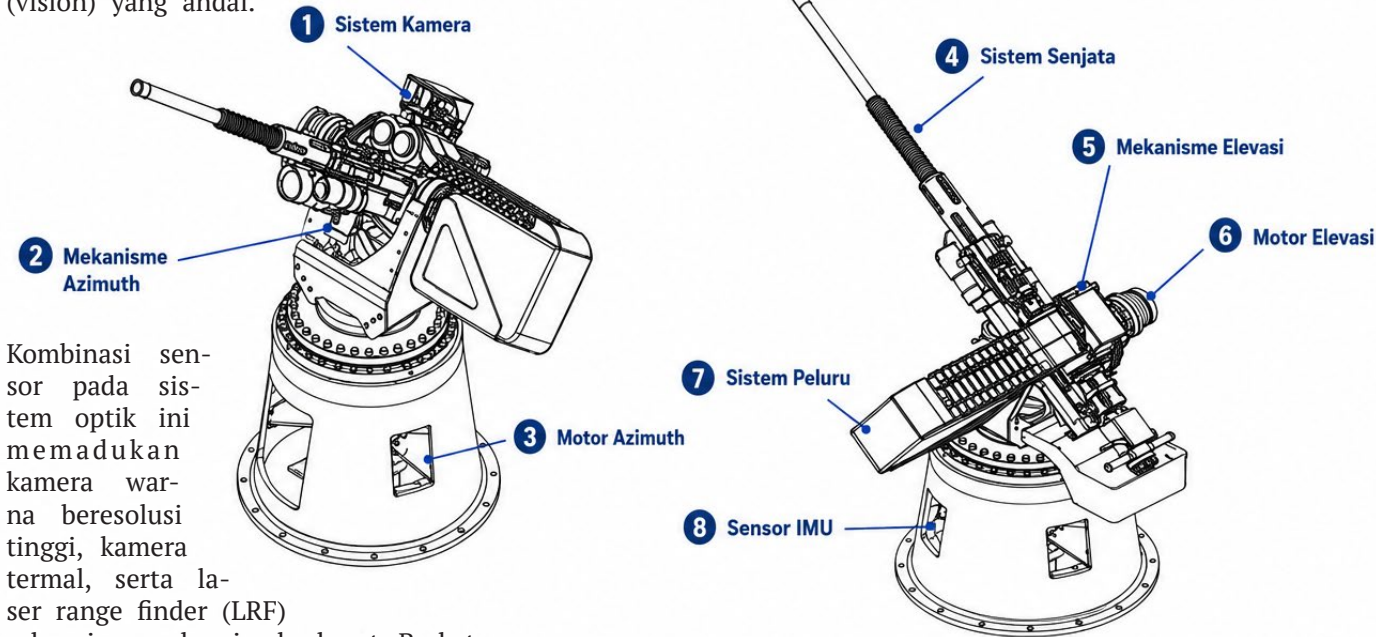
Pusat Riset Mekatronika Cerdas Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) bersama PT Sembada Karya Mandiri mengembangkan prototipe sistem Turret untuk kapal laut. Proyek ini didanai oleh Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) melalui program Riset Inovatif Produktif (RISPRO) Komersial senilai Rp3,57 miliar dan kontribusi mitra sebesar Rp358,4 juta.

Otak Canggih di Tengah Amukan Ombak

Salah satu komponen penting dalam pertahanan maritim modern adalah Turret, bagian vital dari Remote Controlled Weapon System (RCWS) yang memungkinkan pengendalian senjata dari jarak jauh dengan presisi tinggi. Sistem ini umumnya dipasang di kapal perang untuk mendeteksi, mengunci, dan menembak target di laut secara otomatis maupun manual. Masalahnya, menembak target dari atas kapal yang terus bergoyang

dihantam ombak acak bukanlah perkara mudah. Di sinilah peran penting riset yang dipimpin oleh Dr. Edwar Yazid tersebut.

Riset ini melahirkan rancangan baru berupa konstruksi mekanik yang kokoh, stabil, dan mampu bekerja optimal di tengah dinamika ombak laut yang tidak menentu. Sistem ini mengintegrasikan tiga komponen utama. Pertama, mekanisme gerak dua sumbu (two degree of freedom atau 2-DoF) untuk mengatur akurasi arah tembakan secara horizontal dan vertikal. Kedua, sistem stabilisasi mutakhir penahan guncangan. Ketiga, sistem optik (vision) yang andal.



Kombinasi sensor pada sistem optik ini memadukan kamera warna beresolusi tinggi, kamera termal, serta laser range finder (LRF) sebagai pengukur jarak akurat. Berkat peleburan teknologi tersebut, operator kini dapat mengendalikan senjata dengan presisi penuh, bahkan dalam kondisi laut bergelombang tinggi atau saat jarak pandang sangat terbatas akibat cuaca buruk.

Keunggulan lain dari inovasi ini terletak pada integrasi sistem kendali berbasis Human Machine Interface (HMI) dengan Graphical User Interface (GUI) yang ramah pengguna. Desain antarmuka yang intuitif ini memudahkan operator dalam memantau data sensor, mengarahkan laras senjata, hingga mengaktifkan sistem pelacak otomatis.

Melalui sistem stabilisasi, sensor optik, dan pelacakan cerdas, Turret mampu mempertahankan akurasi tembakan bahkan di tengah gelombang laut.

Sinergi ini diperkuat oleh perangkat lunak gun controller besutan mitra industri yang mampu menyinkronkan secara sempurna antara pergerakan fisik mekanik dan komando digital.

Sementara untuk pelacakan target, tim peneliti mengembangkan metode Tracking Learning Detection (TLD) yang telah dioptimalkan melalui multithread processing. Hasilnya, kemampuan lacak objek menjadi jauh lebih cepat, responsif, dan akurat. Sistem pintar ini bahkan mampu mendeteksi kembali

Rancangan konstruksi sistem Turret yang memperlihatkan integrasi subsistem mekanik, optik, sensor, dan persenjataan sebagai inti dari *Remote Controlled Weapon System (RCWS)*.



Fisik prototipe sistem Turret hasil manufaktur yang telah mencapai tahap integrasi subsistem pada Maret 2022.

oleh perangkat tertanam (embedded system). Perangkat ini bekerja dengan sensor posisi (enkoder absolut) serta Inertial Measurement Unit (IMU) untuk membaca arah pergerakan dan orientasi kapal secara langsung (real-time).

Di lain sisi, subsistem optik diperkuat oleh kamera CCD berkemampuan zoom optik hingga 85 kali untuk pengintaian jarak jauh, kamera termal untuk deteksi malam hari atau cuaca buruk, serta perangkat LRF yang mampu mengunci jarak target dengan tingkat akurasi hingga jarak satu meter.

Ketika seluruh subsistem telah matang, langkah pamungkas yang dilakukan adalah integrasi menyeluruh. Sistem Turret ini kemudian dipadukan dengan senjata kaliber 20 mm yang memiliki daya gempur 300 hingga 400 runtuhan peluru per menit, lengkap dengan sistem pengumpan otomatis serta mekanisme peredam hentakan. Per Maret 2022, tingkat kesiapan prototipe ini telah menyentuh angka 95%, menyisakan tahap akhir berupa uji kelaikan skala penuh di lapangan.

Babak Baru Kemandirian Alutsista

Lompatan teknologi ini membawa dampak strategis yang masif dalam peta pertahanan nasional. Kehadiran Turret buatan dalam negeri secara perlahan dapat memangkas

ketergantungan pada pemasok luar negeri sekaligus mematri kedaulatan teknologi militer Indonesia.

Dari sisi ekonomi, potensi hilirisasi produk juga menjanjikan, baik untuk memenuhi kebutuhan pembaruan armada Tentara Nasional Indonesia (TNI) maupun sebagai komoditas ekspor bernilai tinggi ke negara-negara lain. Terlebih lagi, PT Sembada Karya Mandiri sebagai mitra industri telah resmi mengantongi Surat Izin Produksi dari Kementerian Pertahanan khusus untuk lini produk RCWS, menandakan bahwa kesiapan pabrikasi dan payung hukumnya telah berdiri kokoh.

Di balik ketangguhan fisiknya, riset mekatronika pertahanan ini juga menorehkan rekam jejak yang solid di ranah akademis. Keberhasilan proyek dibuktikan melalui lahirnya lima prosiding internasional bereputasi, dua jurnal internasional terindeks Scopus, serta dua paten resmi yang telah terdaftar untuk sistem stabilisasi dan pemantauan Turret. Capaian tersebut menegaskan bahwa inovasi ini tidak sekadar mengejar aspek aplikatif di lapangan, melainkan turut memberikan kontribusi nyata bagi peta perkembangan ilmu pengetahuan mekatronika militer.

Ke depan, setelah melewati rangkaian uji kelaikan final dan sertifikasi resmi, sistem Turret ini berpeluang besar menjadi salah satu pilar penopang teknologi pertahanan nasional. Melalui peleburan teknologi tinggi dan dukungan riset dalam negeri, Indonesia kini melangkah semakin dekat menuju cita-cita kemandirian industri pertahanan. Proyek ini menjadi pembuktian bahwa tangan-tangan kreatif anak bangsa mampu melahirkan teknologi pertahanan yang kompetitif dan siap bersaing di kancah internasional.

Shallow Water Mapper

*Solusi Memetakan Batimetri
Perairan Dangkal Secara Detail*

Sebagai negara dengan luas wilayah perairan mencapai 6,4 juta kilometer persegi atau artinya 70% wilayah Indonesia adalah perairan, penyediaan peta batimetri adalah suatu hal mutlak dalam rangka penguasaan penuh wilayah perairan yang berdaulat. Peta batimetri sendiri adalah gambaran grafis dari topografi atau relief dasar

yang menunjukkan variasi kedalaman perairan laut. Saat ini peta batimetri yang dimiliki Badan Informasi Geospasial hanya untuk skala menengah (1:250.000) di wilayah seluruh Indonesia. Masalahnya, ketersediaan peta batimetri pada skala semi detail (1:50.000 - 1:25.000) hanya tersedia di beberapa wilayah saja.

Data Riset

Judul Riset	Pengembangan Automatisasi Sistem Pemetaan Kedalaman Perairan Dangkal Tanpa Data Peneruman Berbasis Citra Multispektral untuk Ekosistem Terumbu Karang
Ketua Periset	Dr. Eng. Masita Dwi Mandini Manessa S.Si., M.Si., M.Eng.
Institusi Riset	Direktorat Inovasi dan Riset Berdampak Tinggi Universitas Indonesia (DIRBT UI)
Mitra Riset	Pusat Kelautan Lingkungan Pantai, Badan Informasi Geospasial dan PT. Luwes Inovasi Mandiri
Jumlah Anggota Riset	25 orang
Jangka Waktu Riset	2 tahun
Nilai Pendanaan LPDP	Rp2.587.828.000
Nilai Kontribusi Mitra	Rp417.255.000

Shallow Water Mapper memungkinkan pemetaan batimetri perairan dangkal dari citra satelit tanpa bergantung pada survei lapangan di setiap lokasi.

Kegiatan survei lapangan tim Shallow Water Mapper di Kepulauan Spermonde, Sulawesi Selatan (kiri) dan Kepulauan Seribu, DKI Jakarta (kanan) untuk pengumpulan data batimetri dan karakteristik perairan sebagai dasar pengembangan model estimasi kedalaman berbasis citra satelit.

Ilustrasi satelit WorldView-2, salah satu sumber citra multispektral untuk pengembangan Shallow Water Mapper.



Ada banyak sekali manfaat penting dari kepemilikan peta batimetri yang detail dan lengkap. Terumbu karang misalnya, yang rata-rata tumbuh optimal di perairan dangkal jelas perlu pemetaan identifikasi yang lengkap guna menjaga kelestariannya. Terlebih karena Indonesia menyimpan sekitar 18% dari total seluruh terumbu karang yang ada di planet ini. Navigasi kapal juga sangat mengandalkan peta batimetri meski teknologi saat ini telah mengenal radar, LiDAR (Light Detection and Ranging) dan Global Positioning System (GPS). Perencanaan infrastruktur perairan hingga mitigasi bencana seperti tsunami juga sangat membutuhkan detail peta batimetri di perairan dangkal yang lengkap.

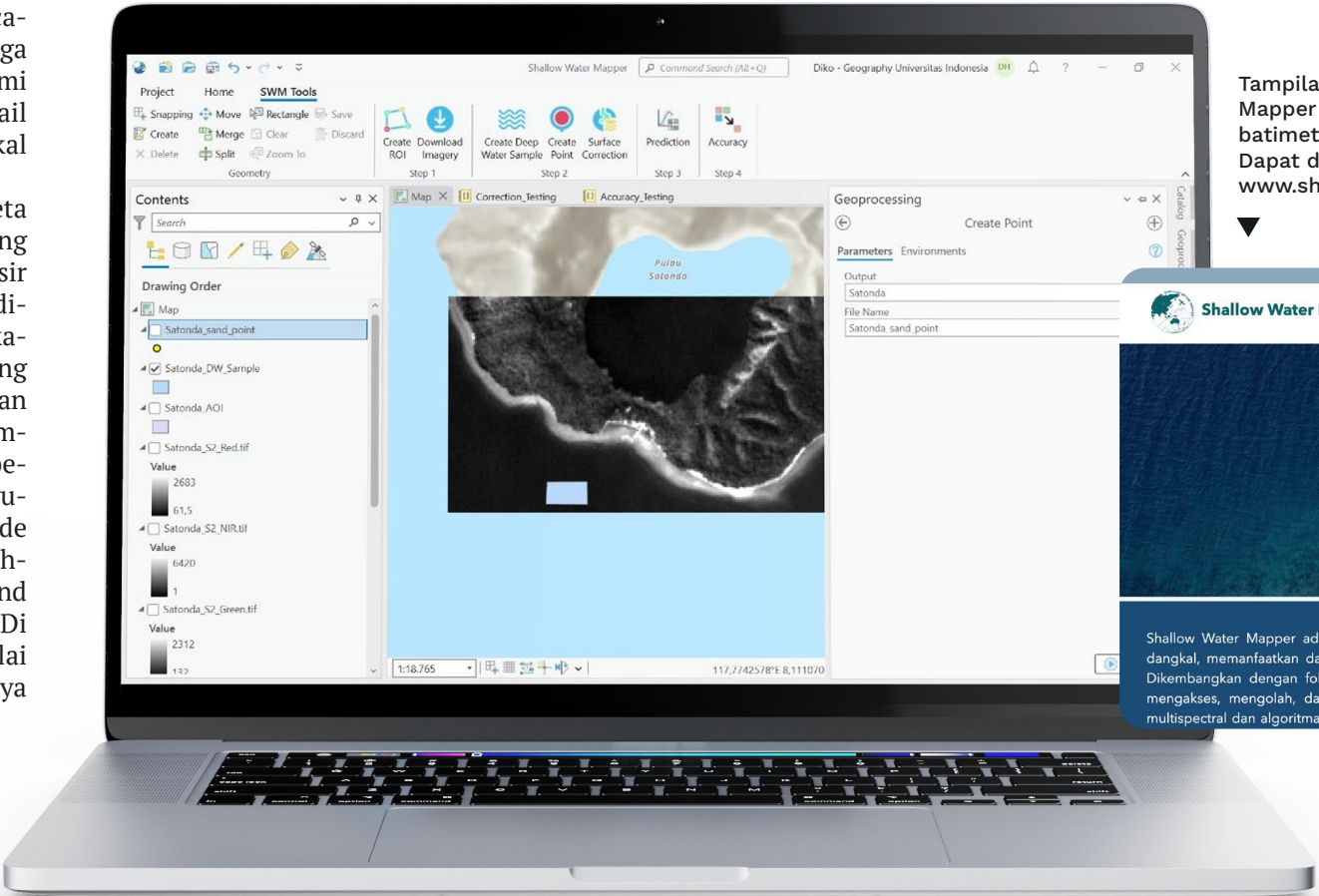
Pada 2019 bahkan cakupan peta pesisir detail baru masih kurang dari 20% dari total wilayah pesisir Indonesia. Metode survei yang dipakai selama ini menggunakan kapal dan echosounder (sonar), yang mahal memakan waktu lama, dan berpotensi merusak wilayah terumbu karang. Metode alternatif sebenarnya sudah ada yaitu menggunakan citra satelit, namun metode konvensional ini tetap membutuhkan data lapangan sebagai ground truth untuk melatih pemodelan. Di sini muncul masalah teknis, mulai dari terumbu karang yang pastinya

sulit dijangkau kapal untuk survei, proses pengumpulan sampel yang mahal, dan wilayah Indonesia sendiri yang luas. Berbagai kondisi inilah yang menghambat penyediaan Peta Lingkungan Laut Nasional maupun Peta Lingkungan Pantai Indonesia yang lengkap dan mutakhir. Pertanyaan besarnya adalah bisakah kedalaman laut dipetakan hanya dari citra satelit tanpa survei lapangan? Tim peneliti Universitas Indonesia yang dipimpin oleh

Tampilan antarmuka Shallow Water Mapper untuk mengolah citra satelit menjadi peta kedalaman perairan dangkal.



Tampilan situs Shallow Water Mapper untuk pemetaan batimetri perairan dangkal. Dapat diakses melalui www.shallowwatermapper.com

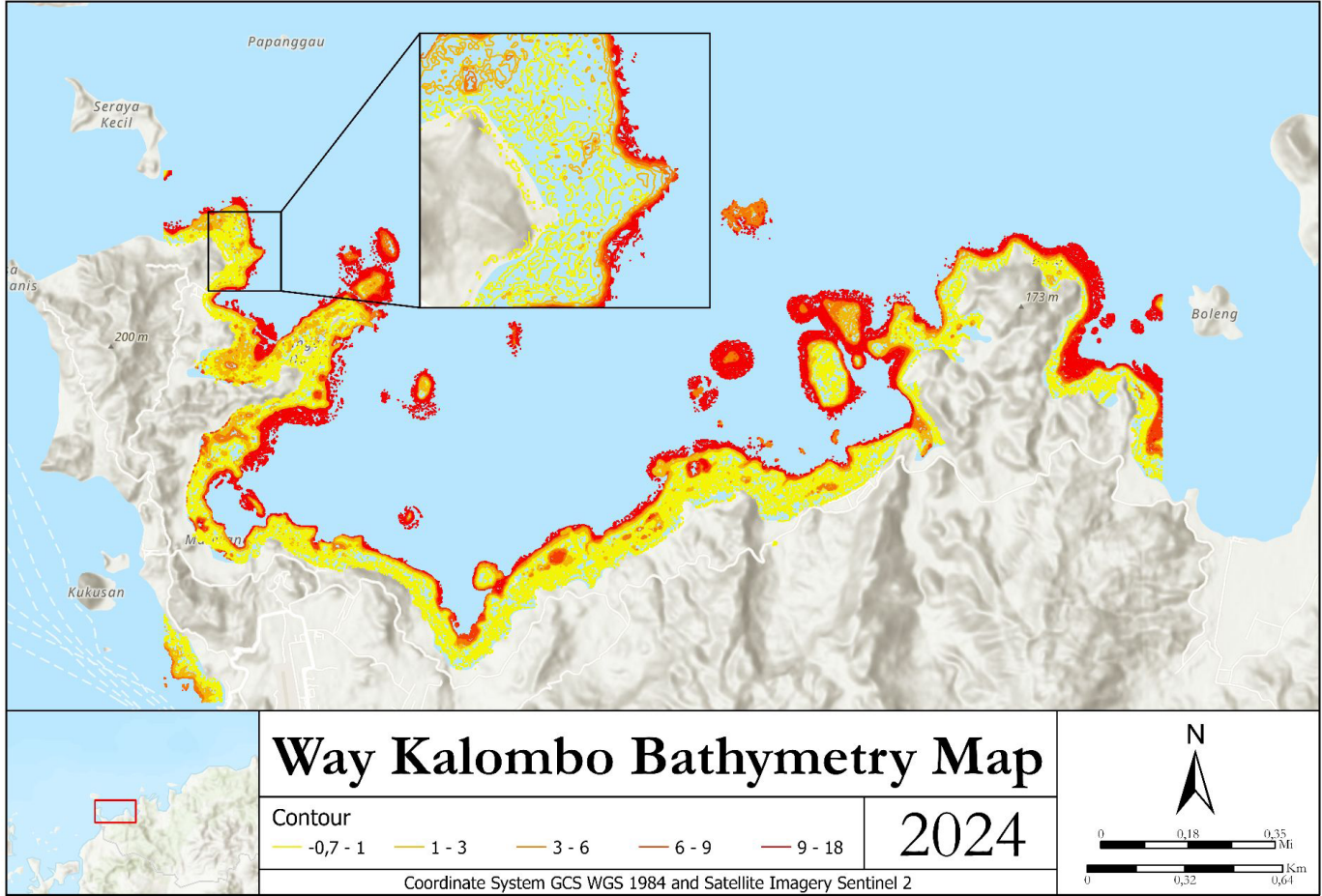


Masita Dwi Mandini Manessa mencoba pendekatan baru. Apabila biasanya model dibuat dari citra satelit dan data kedalaman hasil survei, mereka membalik dengan membuat database simulasi digital yang meniru bagaimana cahaya dipantulkan dari berbagai kondisi terumbu karang Indonesia. Ide yang diusung terdengar sederhana tetapi brilian. Jika sulit mendapatkan data lapangan di wilayah berbahaya, mengapa tidak membuat simulasi yang mewakili kondisi nyata? Dari pertanyaan itu, lahirlah konsep pembangunan database simulasi reflektan perairan dangkal yang merepresentasikan berbagai kondisi terumbu karang Indonesia. Simulasi ini memasukkan faktor-faktor seperti kejernihan air, tingkat kekeruhan, pengaruh sedimen, hingga “noise” yang lazim ditemui dalam data citra satelit.

Dengan basis data ini, model algoritma prediksi kedalaman dapat dikembangkan secara lebih fleksibel dan akurat.

Proses Memetakan Dasar Laut dari Angkasa

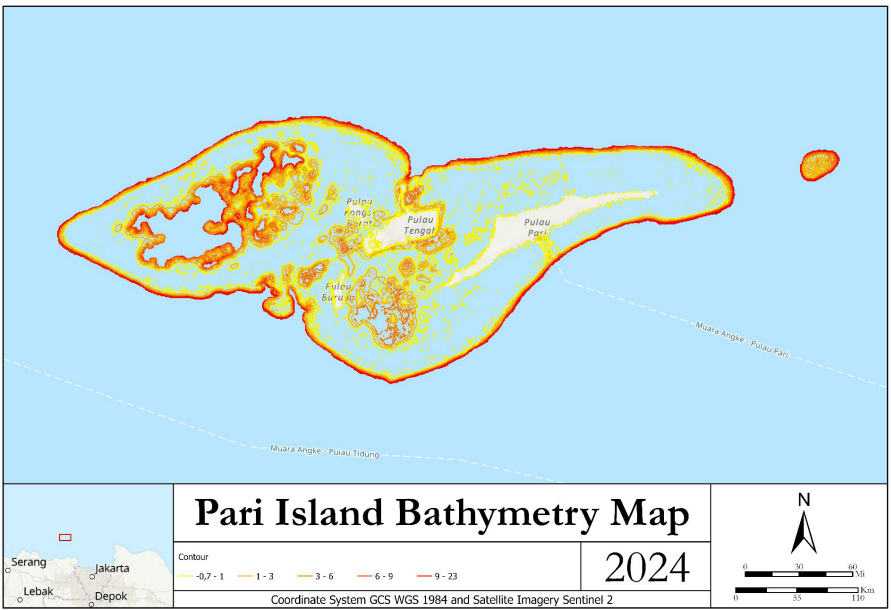
Secara garis besar, ide membangun peta batimetri yang detail dan akurat ini memungkinkan dengan mengandalkan penggunaan citra satelit multispektral resolusi tinggi seperti SPOT 6/7, Pleiades 1A/1B, dan WorldView-2/3. Data citra dikembangkan menjadi model estimasi kedalaman, sehingga sama sekali tidak memerlukan titik survei lapangan. Model ini bekerja dengan basis database simulasi reflektan yang merepresentasikan kondisi nyata perairan terumbu karang di Indonesia, termasuk variabel kualitas air, tingkat kekeruhan, hingga pengaruh sedimen. Hasilnya, model dapat memperkirakan kedalaman perairan dangkal hingga 30 meter dengan detail spasial dua sampai 30 meter, menghasilkan akurasi yang kompetitif bahkan jika dibandingkan dengan survei tradisional. Keunggulan lainnya, model ini bersifat dinamis karena dilengkapi dengan teknologi machine learning yang memungkinkan algoritma terus beradaptasi dan meningkatkan akurasinya seiring bertambahnya data baru. Dengan demikian, semakin sering digunakan di berbagai lokasi, model ini akan semakin cerdas dalam menyesuaikan diri dengan keragaman



▲ Peta batimetri hasil estimasi menggunakan Shallow Water Mapper di Way Kolombo, Lampung (kiri), dan Pulau Pari, Kepulauan Seribu (kanan). Peta menunjukkan variasi kedalaman perairan dangkal yang dihasilkan dari analisis citra satelit multispektral tanpa survei batimetri lapangan.

karakteristik perairan Indonesia. Proses penelitian dilaksanakan secara bertahap dan sistematis agar model yang dihasilkan tetap valid dan relevan digunakan. Tahap pertama adalah pembangunan basis data spektral yang dikembangkan melalui simulasi radiative transfer untuk menghasilkan data reflektan berbagai jenis tutupan dasar laut, termasuk karang, pasir, dan vegetasi dasar. Database ini dilengkapi dengan objek dasar perairan terumbu karang Indonesia yang mencakup variasi kondisi lingkungan seperti tingkat kekeruhan air dan pengaruh gangguan optik. Tahap berikutnya adalah pemodelan spektral untuk menghasilkan algoritma estimasi kedalaman berbasis hubungan empiris antara nilai spektral citra satelit dan kedalaman air. Model kemudian divalidasi menggunakan data aktual dari Badan Informasi Geospasial (BIG) dan Pusat Hidro-Oseanografi

Angkatan Laut (Pushidrosal) di sejumlah lokasi perairan yang mewakili kondisi terumbu karang Indonesia. Setelah terbukti valid, model ini diimplementasikan dalam bentuk perangkat lunak Shallow Water Mapper, sebuah plugin yang dapat digunakan dalam perangkat lunak pengolahan data spasial populer seperti ArcGIS dan QGIS. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk secara otomatis mengolah citra multispektral menjadi peta kedalaman, sehingga mempermudah integrasi hasil estimasi ke dalam berbagai analisis spasial. Uji coba di lapangan melalui workshop, Focus Group Discussion (FGD), dan kunjungan instansi menunjukkan bahwa aplikasi ini mampu memberikan hasil yang konsisten pada berbagai kondisi, baik di perairan yang jernih maupun yang memiliki tingkat kekeruhan lebih tinggi. Dengan demikian, produk akhir



yang dihasilkan tidak hanya berupa model, tetapi juga aplikasi praktis yang siap digunakan oleh pemerintah maupun sektor swasta untuk pemetaan batimetri yang lebih efisien. Menghasilkan Shallow Water Mapper yang Siap Digunakan Hasil akhir dari penelitian ini adalah lahirnya aplikasi bernama Shallow Water Mapper. Model ini diimplementasikan dalam bentuk plugin yang dapat digunakan dalam perangkat lunak pengolahan data spasial populer seperti ArcGIS dan QGIS. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk secara otomatis mengolah citra multispektral menjadi peta kedalaman, sehingga mempermudah integrasi hasil estimasi ke dalam berbagai analisis spasial. Uji coba di lapangan melalui workshop, FGD, dan kunjungan instansi menunjukkan bahwa aplikasi ini mampu memberikan hasil yang konsisten pada berbagai kondisi, baik di perairan yang jernih maupun yang memiliki tingkat kekeruhan lebih tinggi. Dengan demikian, produk akhir yang dihasilkan tidak hanya berupa model, tetapi juga aplikasi praktis yang siap digunakan oleh pemerintah maupun

sektor swasta untuk pemetaan batimetri yang lebih efisien. Penelitian yang mendapat pendanaan penuh dari Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) ini tentunya diperuntukkan untuk menghasilkan luaran yang siap pakai. Oleh karena itu pendaftaran hak kekayaan intelektual yang mencakup paten metode pemetaan, hak cipta perangkat lunak, hak cipta atlas peta batimetri, dan merek dagang “Shallow Water Mapper” telah dipenuhi. Produk telah diluncurkan secara resmi dalam acara khusus di Badan Informasi Geospasial (BIG), disertai dengan rangkaian kegiatan lokakarya, pameran di Ocean Week, serta roadshow ke berbagai instansi untuk memperkenalkan aplikasinya. Hasil riset juga telah diterbitkan dalam publikasi ilmiah pada jurnal internasional bereputasi Q1 atau Q2, jurnal nasional terindeks, prosiding konferensi internasional, serta dokumen kerja sama strategis berupa Letter of Intent dengan Pushidrosal dan perjanjian royalti dengan PT Luwes Inovasi Mandiri yang bergerak di bidang produksi komersial alat monitoring, telemetri, SCADA, dan sistem digital. Juga dihasilkan database simulasi reflektan yang

komprehensif sehingga terbuka untuk pengembangan model lanjutan termasuk menjadi referensi penting yang terbuka bagi para peneliti lain di masa mendatang. Dampak Nyata dan Memuka Peluang Besar Dampak penelitian ini signifikan baik dari sisi ilmiah maupun komersial. Secara ilmiah, metode ini membuka jalan bagi pemetaan batimetri yang lebih cepat, murah, dan aman, khususnya di wilayah-wilayah yang sulit dijangkau oleh survei konvensional. Secara komersial, produk ini memiliki potensi besar untuk mengurangi ketergantungan pada perangkat lunak asing yang harganya sangat mahal, seperti EOMAP yang biayanya bisa mencapai miliaran rupiah per tahun per lisensi, dan yang hanya mampu mengolah data resolusi 30 meter. Dengan harga yang lebih kompetitif dan kemampuan mengolah citra resolusi tinggi, Shallow Water Mapper dapat menjadi solusi utama bagi instansi pemerintah, swasta, maupun lembaga penelitian yang membutuhkan data batimetri detail. Ketersediaan teknologi ini juga memiliki dampak strategis bagi kemandirian Indonesia dalam pengelolaan wilayah lautnya. Dengan pemetaan batimetri yang lebih akurat dan terkini, pemerintah dapat merencanakan zonasi wilayah pesisir secara lebih tepat, memantau perubahan ekosistem terumbu karang, mengidentifikasi potensi sumber daya laut, hingga mendukung mitigasi bencana seperti tsunami atau abrasi pantai. Potensi ekspansi pasar juga terbuka luas, mengingat kebutuhan data batimetri tidak hanya di Indonesia tetapi juga di negara-negara kepulauan lain yang menghadapi tantangan serupa.



Mengatasi Kebocoran Tangkapan Ikan Nusantara dengan Fish-Mon

Data Riset

Judul Riset	Sistem Pemantauan Elektronik Hasil Perikanan Tangkap (FISH-MON)
Ketua Periset	Dr. Eng. Muhammad Arif Budiyanto S.T., M.T.
Institusi Riset	Universitas Indonesia
Mitra Riset	PT Lan Industri
Jumlah Anggota Riset	6 orang
Jangka Waktu Riset	2 tahun
Nilai Pendanaan LPDP	Rp2.572.400.000
Nilai Kontribusi Mitra	Rp369.926.136

Asoy, nelayan tradisional di Tanjung Balai Karimun, Kepulauan Riau dibuat pilu. Pada suatu malam di Desember 2019 silam, seluruh tali pancing yang ia pasang di laut rusak berat ditabrak kapal asing besar.

Padahal itu adalah modal utama satu-satunya yang dimiliki Asoy untuk menangkap ikan. Kerusakan alat tangkap itu berarti hilangnya kesempatan memperoleh ikan pada hari itu, bahkan untuk beberapa waktu setelahnya sampai alatnya dapat diperbaiki atau diganti. Dan Asoy tidak bisa melawan, kapal asing tersebut jauh lebih besar dan bertindak agresif.

Di perairan Natuna, Muhammad Daud yang seorang nelayan selama puluhan tahun di sana menceritakan situasi yang tak kalah getir pada 2020. Saat perahu-perahu nelayan Indonesia menurunkan tali pancing secara tradisional, kapal-kapal

Fish-Mon menghadirkan teknologi pengawasan perikanan berbasis AI untuk membantu memastikan setiap hasil tangkapan tercatat secara transparan dan akurat.



asing datang dengan pukat berukuran besar yang menyisir kawasan tangkap. Ikan yang biasanya menjadi sumber penghidupan mereka seolah hilang dalam semalam. Para nelayan kecil ini harus pulang kembali dengan lesu dan kerugian. Tangkapan yang didapat tidak sebanding dengan biaya solar, bekal, dan hari-hari yang telah mereka habiskan di tengah laut.

Kedua cerita tersebut hanyalah secuil dari pola-pola serupa di banyak perairan Indonesia. Inilah wajah nyata dari illegal, unreported, and unregulated fishing, atau IUU Fishing yang menggerogoti laut Indonesia selama ini. Di dalam negeri, Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) memperkirakan kerugian ekonomi akibat IUU Fishing bisa menyentuh Rp 101 triliun per tahun. Yang lebih menampar adalah laporan Global Initiative

Against Transnational Organized Crime pada Desember 2023: Indonesia menduduki peringkat keenam terburuk dari 152 negara dalam penanganan IUU Fishing, turun drastis dari posisi ke-15 pada 2019.

Masalahnya bukan semata soal kapal asing yang lancang masuk ke perairan kita. Riset Indonesia Ocean Justice Initiative pada 2023 mengungkap bahwa lebih dari 30% kapal perikanan industri domestik pun tidak taat pada kewajiban pelaporan elektronik. Manipulasi logbook, alat tangkap terlarang, VMS yang sengaja dimatikan, praktiknya sudah seperti sistem tersendiri yang berjalan dalam kegelapan.

Sementara itu Indonesia yang merupakan negara maritim memang memiliki wilayah laut yang maha luas dengan mencapai 3,25 juta kilometer persegi alias sekitar

63% dari total wilayah keseluruhan negara. Potensi perikanan di dalamnya pun luar biasa besar, dengan estimasi hasil tangkapan lestari mencapai 6,51 juta ton ikan per tahun atau sekitar 8,2% dari potensi perikanan global menurut data KKP pada 2021.

Pertanyaannya kemudian, bagaimana cara mengawasi lautan seluas 3,25 juta kilometer persegi dengan sumber daya manusia yang terbatas?

Selama ini pemerintah bukan hanya tinggal diam, upaya keras mengatasi masalah ini melalui penguatan regulasi, peningkatan pengawasan, hingga pemanfaatan teknologi pemantauan sudah dilakukan. Namun, para pelaku IUUF terus beradaptasi dengan berbagai cara agar tetap luput dari deteksi. Dalam situasi ini, pemantauan perikanan menjadi hal yang sangat



penting. Data yang dihasilkan dari proses pemantauan tidak hanya berfungsi untuk menegakkan aturan, tetapi juga menjadi dasar penentuan batas tangkapan berkelanjutan dan penilaian stok ikan. Sayangnya, praktik pemantauan di Indonesia masih terbatas karena kendala biaya, regulasi, dan resistensi perubahan dari sebagian pelaku.

Melatih AI untuk Mengenali Hasil Tangkapan

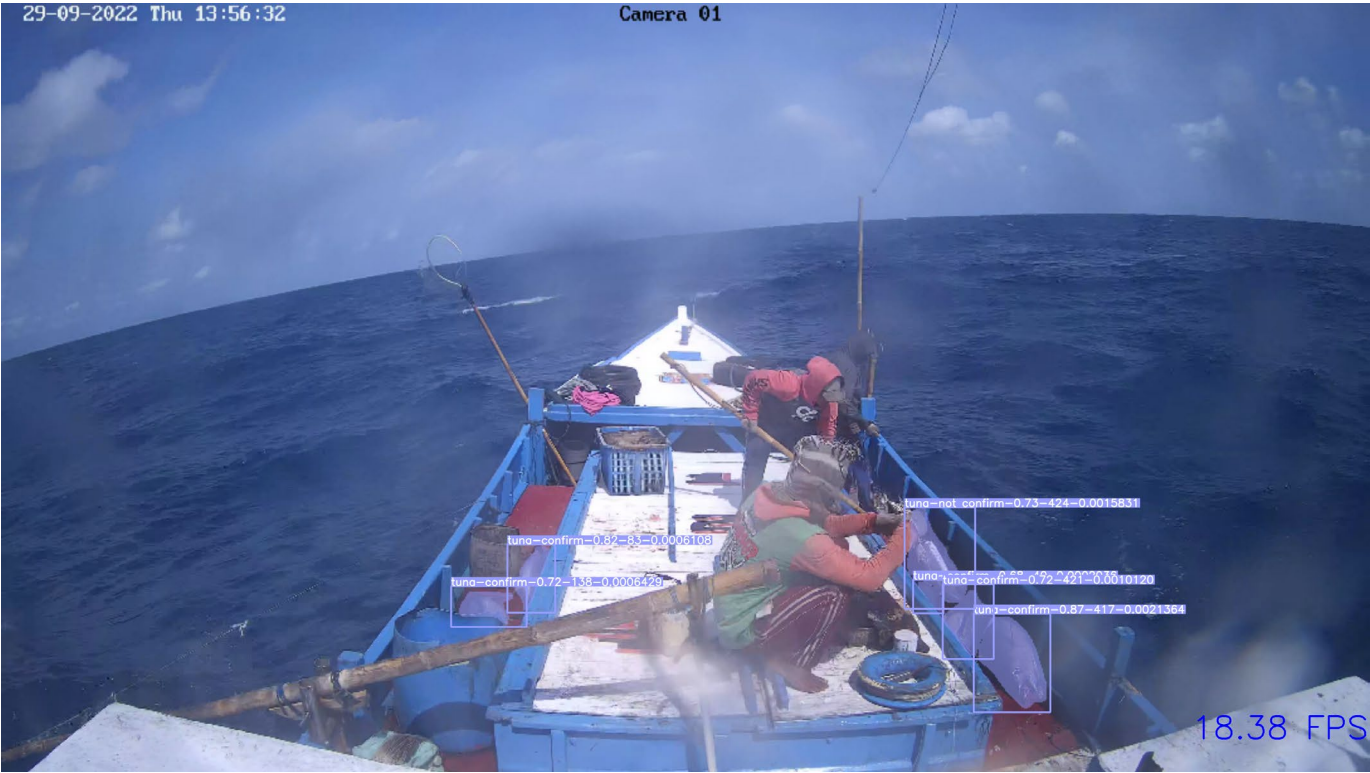
Riset yang dilakukan Dr. Eng. Muhammad Arif Budiyanto dan tim dari Direktorat Inovasi dan Science Techno Park Universitas Indonesia (DISTP UI) berusaha masuk menjawab permasalahan besar ini. Dengan dukungan pendanaan dari LPDP melalui skema Riset Inovatif-Produktif (RISPRO) Invitasi, mengembangkan sesuatu yang mereka sebut Fish-Mon: Sistem Pemantauan Elektronik Hasil Perikanan Tangkap. Penelitian ini dilakukan secara bertahap melalui empat aktivitas utama, yaitu pengumpulan dataset, pembangunan perangkat FVEO, pengembangan model kecerdasan buatan (AI), serta perancangan sistem backend dan dashboard. Pengumpulan dataset menjadi fondasi dari riset ini. Data primer dihimpun melalui rekaman aktivitas penangkapan ikan secara langsung di kapal mitra yang beroperasi di Samudra Indonesia,



dengan fokus pada tiga jenis utama yaitu tuna, tongkol, dan cakalang (TTC). Data sekunder diperoleh dari sumber terbuka seperti YouTube dan FishNetAI. Hingga pertengahan tahun 2023, terkumpul lebih dari 125 ribu citra, di mana sekitar 33 ribu di antaranya telah dianotasi untuk identifikasi spesies ikan. Data ini kemudian diproses dan digunakan untuk melatih algoritma pendeteksi ikan berbasis AI.

Setelah data terkumpul, tim membangun perangkat Fishing Vessel Electronic Observer (FVEO) yang berupa IP Camera (Internet Protocol Camera) dan dipasang di dek kapal yang sedang berlayar di samudera. Perangkat ini terdiri dari dua komponen, yaitu Acquirer yang mengumpulkan data dari sensor seperti GPS, accelerometer, gyro, kompas, dan kamera, serta Uploader yang mengirimkan data tersebut ke server secara periodik.

Survei teknis kapal ikan parengge di Dermaga Garassi, Gowa, Sulawesi Selatan, pada 8 Juli 2023 untuk menilai kesiapan platform kapal sebagai lokasi implementasi dan pengujian prototipe Fish-Mon.



▲ Visual hasil pemantauan Fish-Mon yang menampilkan deteksi otomatis hasil tangkapan ikan menggunakan teknologi kecerdasan buatan (AI) selama operasi penangkapan di laut.

inferensinya mencapai 15 transaksi per menit—cukup cepat untuk memproses apa yang terjadi di dek kapal secara hampir-real time. Hasil pengenalan dari proses di atas meliputi jenis ikan, jumlah, waktu, dan posisi koordinat kapal yang semuanya tersimpan dalam sistem

dan dikirim ke cloud server via jaringan GSM. Di daratan, petugas pengawas bisa memantau seluruh perjalanan kapal dari dashboard berbasis web, lengkap dengan fitur pelacakan rute, statistik tangkapan, dan manajemen akses berbasis peran. Tidak ada lagi ruang untuk manipulasi. Backend mendukung integrasi data sensor kapal dan manajemen pengguna dengan berbagai peran, sementara dashboard Fish-Mon menampilkan data kapal, posisi, sensor, serta hasil analisis dalam bentuk visual yang sederhana. Sistem ini juga menyediakan opsi ekspor data ke Excel untuk memudahkan pembuatan laporan. Melalui desain antarmuka yang ramah pengguna, Fish-Mon dapat digunakan baik oleh nelayan maupun regulator untuk pemantauan langsung.

Menjaga Nelayan Kita, Dukungan Agar Ikan Tidak Terus Dicuri
Hasil riset menunjukkan bahwa Fish-Mon berhasil mencapai target sesuai indikator yang ditetapkan.



► Instalasi kamera FVEO pada kapal penelitian sebagai perangkat utama Fish-Mon untuk merekam aktivitas penangkapan ikan selama operasi di laut.

Dengan pengawasan yang lebih cerdas, praktik illegal, unreported, and unregulated fishing dapat ditekan sekaligus mendukung pengelolaan sumber daya ikan yang berkelanjutan.

Dokumen kebutuhan sistem telah tersusun lengkap, perangkat FVEO telah dibuat dan diuji di kapal, serta model AI telah dilatih menggunakan lebih dari 15 ribu data terpilih dari dataset yang ada. Sistem backend berbasis cloud dan on-premise juga sudah berfungsi dengan baik, sementara draft standar sistem pemantauan berhasil disusun. Tidak hanya itu, tim riset juga telah melaksanakan Focus Group Discussion (FGD) untuk memperoleh masukan dari pemangku kepentingan, sehingga hasil riset ini semakin relevan dengan kebutuhan lapangan. Dukungan penting datang dari mitra strategis PT Len Industri yang berkontribusi dalam bentuk pendanaan dan dukungan teknis. Kontribusi finansial mencapai lebih dari Rp 369 juta, digunakan untuk membangun backend system, dashboard, sistem GIS, serta proses quality assurance. Seluruh rencana yang telah disepakati berhasil terealisasi sepenuhnya, menandakan adanya sinergi kuat antara tim riset dan mitra industri. Secara keseluruhan, Fish-Mon telah menghasilkan dua prototipe FVEO, yaitu Mark 1 yang diuji langsung di kapal dan Mark 2 yang diuji terbatas di laboratorium. Model AI berbasis YOLOv7 juga menunjukkan kinerja yang

▼ Observasi lapangan di tempat pendaratan ikan dilakukan untuk mendukung pengembangan sistem Fish-Mon melalui pengumpulan informasi mengenai hasil tangkapan dan aktivitas perikanan.



menjanjikan dengan akurasi tinggi dalam mendeteksi spesies ikan. Sementara itu, sistem backend dan dashboard sudah dapat diakses melalui tautan publik, membuka peluang pemanfaatan lebih luas. Keberhasilan ini membuktikan bahwa integrasi AI dalam sistem pemantauan perikanan bukan hanya memungkinkan, tetapi juga efektif dalam menghadapi praktik IUUF. Ke depan, pengembangan Fish-Mon dapat diarahkan pada peningkatan akurasi model, perluasan cakupan jenis ikan yang dapat dideteksi, serta integrasi dengan kebijakan perikanan nasional. Dengan demikian, Fish-Mon berpotensi menjadi sistem pemantauan nasional berbasis teknologi AI yang tidak hanya membantu pemerintah menekan praktik IUUF, tetapi juga mendukung kelestarian sumber daya laut Indonesia. Komunitas lokal, lembaga pemerintah, penegak hukum, dan sumber daya teknologi pengawasan harus berjalan bersama, bersinergi untuk mengatasi IUU Fishing secara modern dan efektif. Fish-Mon adalah salah satu wujud nyata dari sinergi itu, teknologi dalam negeri, dikembangkan oleh peneliti Indonesia, didanai oleh lembaga Indonesia, untuk melindungi laut Indonesia. Nelayan yang pulang dengan palka kosong itu mungkin belum merasakan langsung manfaatnya hari ini. Tapi jika Fish-Mon berhasil melewati seluruh tahapan hingga ke tangan pengawas perikanan dan operator kapal, hari-hari di mana laut bisa dicuri tanpa jejak akan semakin sempit.

Product & Technology

Membaca Dasar Laut dalam Sekejap: Inovasi Radar X-Band untuk Menjaga Produktivitas Pelabuhan

Data Riset

Judul Riset	Teknologi Penentuan Kedalaman Dasar Laut Secara Cepat Melalui Inversi Citra Radar X-Band Untuk Peningkatan Produktivitas Pelabuhan
Ketua Periset	Dr. Andreas Wijaya S.Si., M.Si.
Institusi Riset	Bahari Berjaya Indonesia
Mitra Riset	PT. Radar Telekomunikasi Indonesia
Jumlah Anggota Riset	3 orang
Jangka Waktu Riset	2 tahun
Nilai Pendanaan LPDP	Rp2.593.783.000
Nilai Kontribusi Mitra	Rp655.100.000

Demonstrasi teknologi radar X-Band kepada para pemangku kepentingan.



Salah satu contoh kasus terjadi di Pelabuhan Belawan. Sebuah kapal kargo berkapasitas 2.000 kontainer terpaksa berlayar dengan lambung setengah kosong hanya karena kolam pelabuhan mendangkal sedalam dua meter. Kendala tersebut membawa efek domino, bukan hanya kerugian materi, namun juga tersendatnya pasokan logistik.

Proses pendangkalan ini bekerja bak tantangan tak terlihat yang bisa terjadi secara perlahan melalui sedimentasi harian, atau muncul tiba-tiba akibat dinamika arus laut yang sulit diprediksi. Fenomena ini tidak hanya menghambat aktivitas pelabuhan, tetapi juga membayangi

keamanan infrastruktur vital lepas pantai, seperti anjungan minyak dan gas bumi.

Kondisi di Blok Pangkah misalnya. Aliran sedimen yang dibawa oleh Sungai Bengawan Solo membuat kapal-kapal operasional kerap mengalami kesulitan bergerak saat air surut. Lebih dari itu, pergeseran dasar laut ini perlahan mengikis lapisan tanah hingga mengekspos pipa bawah laut yang sebelumnya terkubur aman. Situasi tersebut tentu meningkatkan risiko kerusakan fisik yang fatal. Pada titik inilah, pengawasan kedalaman laut secara konsisten dan berkala menjadi sebuah kebutuhan mutlak.

Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia dengan belasan ribu pulau, perairan laut adalah urat nadi utama Indonesia. Namun, potensi strategis ini kian berkurang nilainya akibat ancaman pendangkalan kolam pelabuhan. Di beberapa pelabuhan besar, berkurangnya kedalaman membuat kapal kargo tak bisa beroperasi penuh.



Instalasi radar X-Band di kawasan pesisir sebagai bagian dari pengumpulan data gelombang permukaan laut untuk pemetaan kedalaman perairan.

Selama ini riak gelombang yang tertangkap radar dianggap sebagai noise. Kini, melalui inovasi Radar X-Band, pola riak tersebut justru menjadi kunci untuk membaca kedalaman dasar laut secara cepat.

Dari Navigasi Kapal ke Pemetaan Dasar Laut

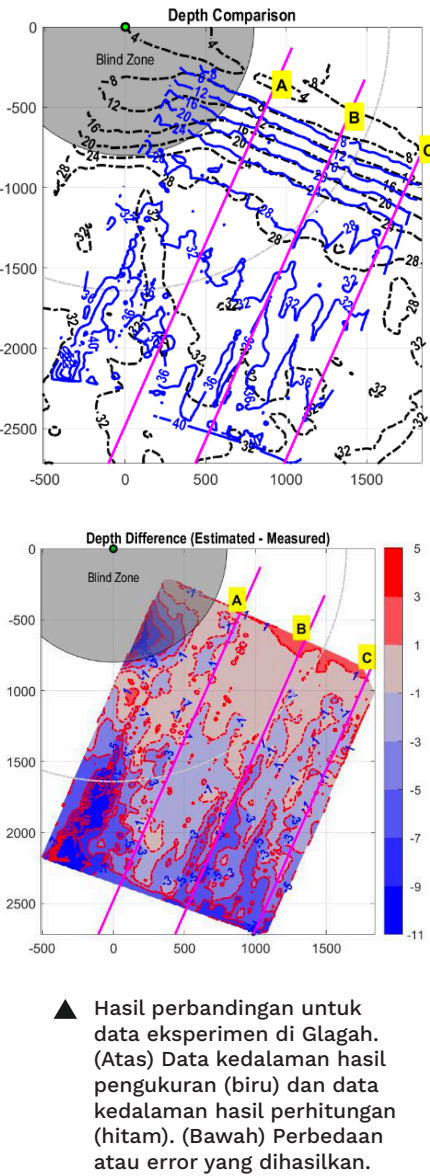
Pemetaan kedalaman laut (batimetri) lewat metode konvensional seperti echo-sounding maupun penginderaan jauh satelit atau radar udara memakan waktu lama, biaya tinggi, serta memiliki keterbatasan. Akibatnya, pelabuhan sering terlambat mengantisipasi pergeseran lumpur bawah laut yang bergerak dinamis. Menghadapi tantangan tersebut, sebuah kolaborasi strategis riset antara PT. Bahari Berjaya Indonesia dan PT. Radar Telekomunikasi Indonesia berhasil melahirkan inovasi pertama di Indonesia, menyulap radar navigasi kapal (Radar X-Band) menjadi alat pembaca dasar laut.

Penelitian ini berlangsung selama dua tahun dengan pendanaan dari program Riset Inovatif Produktif Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP RISPRO) Komersial senilai Rp3,24 miliar, termasuk kontribusi mitra sebesar Rp655,1 juta. Radar X-Band sejatinya adalah alat standar navigasi untuk mendeteksi kapal lain atau cuaca buruk. Selama ini, riak gelombang permukaan laut yang tertangkap radar sering dianggap sebagai "noise" atau gangguan visual. Namun, di tangan para peneliti, gangguan tersebut justru menjadi bongkah emas informasi. Secara hukum fisika, gelombang laut yang bergerak dari laut

dalam menuju perairan dangkal akan mengalami perubahan panjang dan tinggi gelombang karena bergesekan dengan dasar laut. Dengan algoritma khusus (metode inversi citra), pola perubahan riak di permukaan yang ditangkap radar dalam radius 2 hingga 3 kilometer tersebut diekstrak, diolah, dan seketika diterjemahkan menjadi peta kedalaman dasar laut tiga dimensi yang akurat. Inovasi Radar X-Band bukan sekedar menambahkan perangkat baru pada sistem yang sudah ada sebelumnya, melainkan ini adalah pengembangan sistem pemrosesan data radar menjadi peta kedalaman laut yang lebih akurat, fungsional, dan tentunya siap digunakan di lapangan. Sementara di tingkat global pemanfaatan Radar X-band untuk memantau dasar laut masih terbatas, kini riset ini di Indonesia bisa dibilang adalah yang pertama dilakukan secara komprehensif. Uji Ketangguhan di Laut Lepas Perjalanan inovasi ini dimulai dari langkah krusial menyempurnakan purwarupa dan merancang perangkat lunak. Perangkat inilah yang bertugas menerjemahkan sinyal mentah radar menjadi peta kedalaman laut (batimetri), yang kemudian diintegrasikan ke dalam sistem kontrol industri serta tampilan visual yang mudah dipahami.

Uji ketangguhan teknologi ini kemudian dibawa langsung ke lautan lepas di tiga lokasi dengan karakter ombak berbeda, Pesisir Glagah (2021), Pelabuhan Pengambengan di Bali dan Pelabuhan Patimban (2022). Pemilihan tempat ini sengaja dilakukan demi menantang keandalan radar di berbagai lanskap perairan, mulai dari wilayah selat hingga laut semi-tertutup. Di Patimban, tim peneliti bahkan sengaja melakukan pengujian di bawah guyuran hujan lebat demi menguji sejauh mana curah hujan mempengaruhi ketajaman mata radar dalam membaca dasar laut. Setelah uji fisik tuntas, ruang diskusi dibuka bersama calon pengguna potensial seperti Pusat Hidro-Oseanografi Angkatan Laut (Pushidrosal), Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), serta Badan Keamanan Laut (Bakamla) guna menyelaraskan fitur produk dengan kebutuhan nyata di lapangan sebelum resmi dilepas ke pasar. Sembari mematangkan performa teknis, perlindungan hukum atas kekayaan intelektual pun

kokoh disiapkan melalui pendaftaran paten dan draf kesepakatan lisensi bersama mitra industri. Meski proses sertifikasi formal di Badan Standardisasi Nasional (BSN) sempat menemui tantangan birokrasi karena kategori produknya tergolong inovasi, tim peneliti tetap melakukan pengujian terhadap parameter-parameter teknis relevan demi menjamin mutu dan keamanan inovasi ini.



Siap Masuk Industri
Ikhtiar panjang riset akhirnya berbuah manis dengan lahirnya purwarupa sistem pembaca kedalaman laut berbasis radar X-band yang sepenuhnya siap diproduksi. Langkah menuju hilirisasi pun kian mantap seiring rampungnya penyusunan dokumen produksi dan strategi pemasaran. Di panggung akademik, inovasi ini telah mendapat pengakuan global melalui publikasi ilmiah di konferensi internasional bergengsi, ISOPE 2022. Komitmen komersialisasinya pun diperkuat lewat pendaftaran paten sederhana serta penandatanganan kesepakatan lisensi resmi antara pengembang dan mitra industri. Satu keunggulan yang menjadi daya tawar utama riset ini adalah sifatnya yang adaptif. Sistem ini terbukti mampu bersanding dengan radar navigasi yang sudah terpasang di kapal-kapal sehingga mengurangi kebutuhan investasi perangkat keras tambahan. Kehadiran teknologi ini membawa angin segar yang mengubah peta efisiensi di berbagai sektor maritim. Bagi operator pelabuhan, sistem ini menawarkan kemudahan memantau kedalaman air secara berkala tanpa harus berulang kali mengerahkan kapal survei konvensional. Penghematan waktu dan biaya operasional pun menjadi sangat signifikan. Sementara agenda pengerukan lumpur dapat dijadwalkan secara presisi demi mencegah risiko kapal kandas. Manfaat serupa turut dirasakan oleh industri minyak dan gas lepas pantai. Radar ini dapat diandalkan untuk mengawasi koridor pipa bawah laut, mendeteksi laju sedimentasi, hingga memetakan pergeseran struktur dasar laut yang berpotensi mengancam keamanan infrastruktur vital. Di luar urusan operasional harian, data kedalaman yang

terhimpun secara konsisten ini akan menjadi pondasi kokoh bagi para perencana wilayah pesisir untuk menyusun model sedimentasi dan merancang bangunan pantai yang jauh lebih akurat. Sementara itu, dari segi bisnis, rampungnya dokumen produksi dan strategi pemasaran menjadi sinyal kuat bahwa inovasi ini siap bertarung di pasar maritim, baik dalam skala nasional maupun internasional. Dilengkapi dengan perlindungan paten yang solid, produk ini tidak hanya memperkuat posisinya sebagai karya asli anak bangsa, tetapi juga membuka peluang ekspor yang menjanjikan ke mancanegara.

Menjaga Kedaulatan di Balik Riak Samudra
Dalam peta besar mewujudkan visi Indonesia sebagai poros maritim dunia, kemampuan mengawasi dan mengelola alur laut dengan modal teknologi mandiri adalah sebuah langkah strategis yang mutlak. Kehadiran sistem radar X-band pembaca kedalaman ini, di samping menawarkan kecepatan dalam menghimpun data batimetri, juga mendukung kemandirian teknologi dan memperkuat daya saing sektor maritim nasional. Jika adopsi teknologi ini diperluas, bentang laut kita akan bertransformasi menjadi ruang yang jauh lebih aman. Kapal-kapal dapat bersandar di pelabuhan dengan tenang, anjungan lepas pantai terlindungi dari ancaman kerusakan bawah air, dan pembengkakan biaya operasional dapat dipangkas secara masif. Lebih dari itu, pencapaian ini menjadi bukti sahih bahwa ketika dunia riset, kekuatan industri, dan dukungan negara melebur dalam satu visi, mampu menghasilkan terobosan yang menjawab kebutuhan riil di lapangan.

Sebelum Mangrove Habis, MOMENTS Menemukan Titik Kritis Menyelamatkan Pesisir Kita

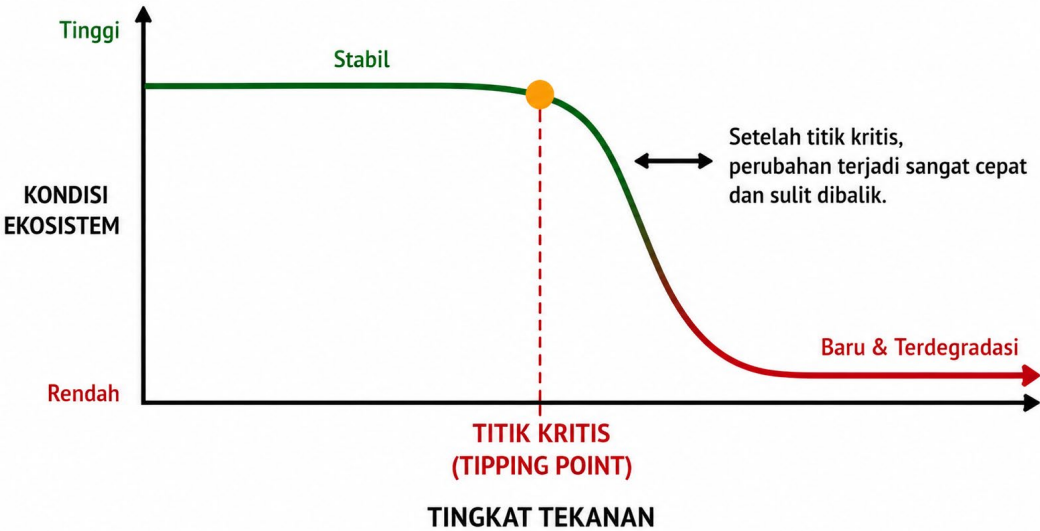
Data Riset

Judul Riset	MONitoring Mangrove ExteNT & Services (MOMENTS): What is controlling Tipping Points?
Ketua Periset	Prof Mohammad Basyuni S.Hut, M.Si, Ph.D
Institusi Riset	Universitas Sumatera Utara
Jumlah Anggota Riset	3 orang
Jangka Waktu Riset	3 tahun
Nilai Pendanaan LPDP	Rp1.447.624.673

Mangrove tidak pernah protes. Ia tidak mogok makan, tidak mungkin turun ke jalan, tidak pula mengirim surat ke kementerian. Ketika ekosistemnya terancam, ia hanya diam, sampai tiba-tiba, dalam waktu yang lebih cepat dari yang bisa kita bayangkan, ia rusak begitu parah hingga hampir tidak bisa dipulihkan. Lalu bencana satu per satu datang seperti abrasi, hilangnya biota laut, rusaknya terumbu karang, termasuk mempercepat perubahan iklim karena karbon yang terlepas dari mangrove.

Itulah yang dalam dunia sains disebut tipping point, titik di mana sebuah sistem melampaui batas toleransinya dan bergeser ke kondisi yang berbeda secara fundamental. Indonesia menyimpan hutan mangrove terluas di dunia. Ia adalah penjaga garis pantai, penyerap karbon biru yang jauh lebih efisien dari hutan daratan, dan rumah bagi beragam biota yang menopang ekonomi nelayan pesisir. Tapi dalam beberapa dekade terakhir, tekanan datang dari segala penjuru, seperti konversi lahan untuk tambak yang tidak terencana, eksploitasi berlebihan, dan kenaikan muka air laut yang pelan tapi pasti. Pertanyaannya bukan lagi apakah mangrove terancam. Pertanyaan

Mangrove tidak runtuh dalam semalam. Ia melewati titik kritis yang sering luput kita sadari. MOMENTS hadir untuk menemukan batas itu sebelum semuanya terlambat.



Tiga Lapis Kebaruan Menangani Krisis Mangrove
Yang membedakan MOMENTS dari riset mangrove konvensional bukan cuma skalanya, melainkan caranya memandang masalah. Ada setidaknya tiga lapis kebaruan yang ditawarkan. Pertama, konsep Windows of Opportunity atau "jendela waktu" yang menentukan apakah bibit mangrove punya peluang untuk bertahan. Selama ini, program restorasi banyak yang berujung kegagalan bukan karena kurang pohon ditanam, melainkan karena waktu tanam dan kondisi gelombang serta kadar salinitas tidak diperhitungkan. MOMENTS menawarkan pemahaman bahwa ada momen-momen tertentu di mana kondisi alam membuka ruang bagi bibit untuk tumbuh—dan di luar jendela itu, seberapa banyak pun bibit yang ditanam, hasilnya tidak akan maksimal.
Kedua, perluasan sistem pemantauan berbasis satelit melalui Global Mangrove Watch. Dengan citra dari Sentinel-1 dan drone, perubahan luas mangrove kini bisa dipantau setiap bulan. Ini memungkinkan perbedaan yang sebelumnya sulit dilakukan: mana yang hanya fluktuasi musiman, dan mana

Ilustrasi konsep tipping point pada ekosistem mangrove. Setelah tekanan lingkungan melampaui titik kritis, kondisi ekosistem dapat mengalami degradasi secara cepat dan jauh lebih sulit dipulihkan.



Eksperimen di rumah kaca menjadi tahap awal penelitian MOMENTS dalam memahami respons bibit mangrove terhadap tekanan lingkungan sebagai dasar pengembangan model restorasi.

Tim peneliti melakukan survei lapangan di kawasan mangrove untuk mengumpulkan data kondisi ekosistem dalam penelitian MOMENTS.

yang merupakan tren degradasi jangka panjang yang perlu segera ditangani.
Ketiga, dan ini yang paling jarang dibicarakan, adalah penggunaan komunitas makrozoobentos sebagai indikator keberhasilan restorasi. Siput, kepiting kecil, dan biota benthik lainnya ternyata tidak bohong: kehadiran dan komposisi mereka mencerminkan apakah sebuah ekosistem mangrove benar-benar pulih secara fungsional, atau hanya tampak hijau di permukaan sementara fungsinya masih kosong. Ini adalah koreksi penting terhadap cara kita selama ini menilai keberhasilan restorasi.



Dari Rumah Kaca ke Citra Satelit
Di laboratorium rumah kaca, tim MOMENTS menanam bibit mangrove dalam kondisi yang dikontrol ketat, lalu mengeksposnya pada berbagai kombinasi tekanan: gelombang, erosi, dan variasi kadar garam. Data yang dikumpulkan sangat detail, seperti panjang akar, laju pertumbuhan, tingkat kematian. Dari sini, model dinamis dibangun untuk memprediksi pada kondisi seperti apa sebuah ekosistem akan melewati titik kritisnya.

Berlanjut ke lapangan, tim penelitian turun ke tiga wilayah, Sumatera Utara, Bali, dan Aceh. Mereka mengukur stok karbon, menganalisis keanekaragaman biota benthik, dan mengamati dinamika hidrologi. Salah satu temuan yang paling mengusik asumsi lama muncul dari sini: restorasi bisa mengembalikan jumlah spesies, tapi komposisi komunitasnya sering berbeda dengan mangrove alami. Artinya, angka biodiversitas saja tidak cukup sebagai tolok ukur. Yang dibutuhkan adalah pemahaman tentang keutuhan fungsi ekosistem, sekaligus hal itulah yang membuat indikator

makrozoobentos menjadi begitu relevan.
Pada tingkat lanjut yang paling luas, citra satelit Sentinel-1 dan drone dipadukan untuk memetakan perubahan mangrove secara hampir real-time. Data spasial ini tidak berdiri sendiri, ia diintegrasikan dengan informasi sosial-ekonomi masyarakat pesisir setempat. Hasilnya adalah gambaran yang lebih realistis: solusi restorasi yang tidak hanya secara ekologis masuk akal, tapi juga tidak menutup mata terhadap kenyataan kehidupan komunitas yang bergantung pada ekosistem itu.

Sebelum mangrove benar-benar hilang, masih ada jendela kesempatan untuk penyelamatkannya. Yang dibutuhkan adalah data, sains, dan keberanian untuk bertindak.

Potensi Mengguyur Rekening Petani Tambak

Salah satu capaian MOMENTS yang paling langsung terasa manfaatnya di lapangan adalah pengembangan model silvofishery, yaitu integrasi tambak dan mangrove dalam satu sistem yang saling menopang. Ini bukan ide baru, tapi MOMENTS memberinya landasan kuantitatif yang selama ini tidak

ada. Simulasi ekonomi yang dilakukan tim menunjukkan bahwa kombinasi budidaya udang windu dan kepiting bakau dalam sistem silvofishery adalah yang paling menguntungkan secara finansial, dengan potensi keuntungan rata-rata Rp85 juta per hektar per tahun. Hasil kalkulasi yang memperhitungkan kondisi ekosistem ini nyata. Pendekatan yang sekaligus menjawab dilema yang selama ini membuat konservasi mangrove sulit diterima masyarakat pesisir, bahwa menjaga mangrove berarti mengorbankan pendapatan. MOMENTS membuktikan sebaliknya bahwa ekologi dan ekonomi tidak harus saling memakan, asal pengelolaannya berbasis bukti. Di sisi kebijakan, tim juga mengembangkan model valuasi jasa ekosistem mangrove yang mengukur nilai finansial dari perlindungan

pesisir, cadangan karbon, dan potensi perikanan. Dengan adanya angka-angka ini, argumen untuk berinvestasi dalam restorasi menjadi jauh lebih mudah dibawa ke meja negosiasi dengan pemerintah maupun investor swasta.

Tiga Tahun yang Menghasilkan MOMENTS

Hingga tahun ketiga penelitian berjalan, luaran MOMENTS sudah terbilang substansial. Sejumlah artikel telah dipublikasikan di jurnal bereputasi Q1 internasional. Satu bab buku tentang keanekaragaman mangrove turut ditulis sebagai kontribusi akademis yang lebih tahan lama. Policy brief yang secara eksplisit menghubungkan agenda restorasi mangrove dengan pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs) juga telah tersusun sebagai jembatan antara temuan sains dan ruang pengambilan kebijakan. Yang tidak kalah penting adalah peluncuran situs web interaktif yang menyajikan data pemantauan mangrove secara terbuka sehingga bisa diakses oleh peneliti, pembuat kebijakan, maupun masyarakat umum. Ini bukan sekadar laporan akhir yang tersimpan di rak arsip; ini adalah infrastruktur data yang terus hidup. Dari sisi pengembangan kapasitas manusia, proyek ini juga meninggalkan jejak yang panjang. Peneliti Indonesia mendapatkan



transfer teknologi langsung dari mitra di Inggris, mulai dari operasional drone hingga pemodelan spasial berbasis satelit. Mahasiswa sarjana dan magister dilibatkan langsung dalam proses riset, menjadikan MOMENTS sebagai ruang belajar bagi generasi ilmuwan pesisir berikutnya. Jaringan kolaborasi juga meluas ke Jepang dan sejumlah negara Asia Tenggara lainnya, memperkuat posisi Indonesia sebagai salah satu pusat riset mangrove terkemuka di dunia. MOMENTS telah membuktikan bahwa pengelolaan mangrove tidak bisa dilihat dari satu sisi saja. Ada dimensi ekologi yang harus dijaga, dimensi sosial yang harus diberdayakan, dan dimensi ekonomi yang bisa dimaksimalkan. Dengan adanya model prediksi tipping point, kerusakan bisa diantisipasi lebih

dini. Dengan data satelit real-time, kebijakan dapat disusun berdasarkan bukti. Dengan argumen ekonomi yang kuat, investor dan pemerintah akan lebih yakin untuk berinvestasi pada restorasi. Jika diimplementasikan lebih luas, model yang lahir dari MOMENTS bisa menjadi cetak biru pengelolaan ekosistem pesisir Asia Tenggara. Indonesia tidak hanya menjadi negara dengan hutan mangrove terluas, tetapi juga pelopor dalam inovasi pengelolaan berbasis sains. Pada akhirnya, menjaga mangrove berarti menjaga masa depan. Akar-akar yang menancap di lumpur menyimpan jawaban untuk ketahanan pangan, perlindungan pesisir, dan pengendalian iklim. Melalui kolaborasi, sains, dan komitmen, tipping point bukanlah akhir, melainkan awal bagi keberlanjutan.

▲ Perubahan tutupan vegetasi mangrove di lokasi restorasi berdasarkan citra satelit Google Earth periode 2014–2022, memperlihatkan perkembangan kawasan dari sebelum restorasi hingga terbentuknya tegakan mangrove yang semakin rapat.



Data Riset

Judul Riset	Rancang Bangun Prototipe Floating Ocean Current Power Plant (FOCPP) dengan Ducted Turbine Berbasis Bantalan Magnetik untuk Pulau-Pulau Kecil Indonesia
Ketua Periset	Wulfilia Maxmilian Rumaherang ST., M.Sc., Ph.D.
Institusi Riset	Universitas Pattimura
Mitra Riset	NZ-Mates PT. Sarana Multi Infrastruktur
Jumlah Anggota Riset	3 orang
Jangka Waktu Riset	1 tahun
Nilai Pendanaan LPDP	Rp500.000.000
Nilai Kontribusi Mitra	In Kind



Product & Technology

Dari Selat Haya untuk Kemandirian Energi Baru:

Rancang Bangun Floating Ocean Current Power Plant (FOCPP)

G eliat perubahan iklim akibat pemanasan global kian menuntut aksi nyata demi menekan emisi gas rumah kaca. Indonesia sendiri telah mematok target ambisius memangkas emisi hingga 31% secara mandiri pada tahun 2030 dan 43,2% dengan dukungan internasional, serta bertekad mencapai net zero emission di tahun 2060 sesuai ratifikasi Paris Agreement.

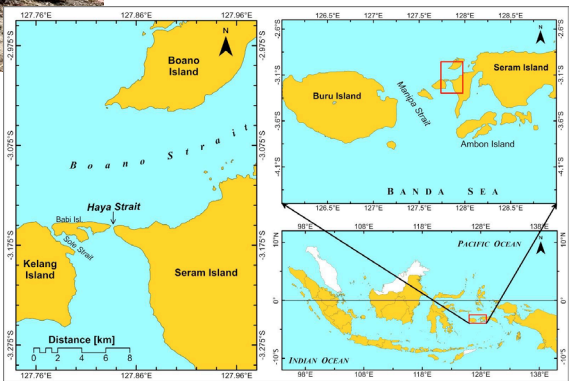
Cetak biru transisi energi pun digelar dengan mendongkrak porsi Energi Baru Terbarukan (EBT) hingga 31% pada tahun 2030, sebuah langkah yang selaras dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG) untuk menghadirkan energi bersih yang terjangkau. Di antara berbagai sumber EBT, energi arus pasang surut menjadi opsi potensial. Sebagai negara maritim, pergerakan massa air akibat gaya gravitasi bulan dan matahari menyimpan potensi energi arus laut yang diperkirakan mencapai 17,9 GW.



Perakitan komponen utama prototipe FOCPP, mulai dari pemasangan sistem ducted turbine hingga pembangunan platform terapung.



Lokasi pengujian prototipe FOCPP di Selat Haya. Merupakan selat sempit di antara Pulau Seram dan Pulau Babi dengan arus pasang surut yang kuat.



Tersebar luas dari perairan Bali, Nusa Tenggara, Sulawesi, Kalimantan, Maluku, hingga Kepulauan Aru, kepadatan daya arus laut ini sangat menjanjikan untuk dimanfaatkan menjadi pembangkit listrik yang andal. Di samping memiliki kepadatan daya yang tinggi, arus pasang surut juga memiliki tingkat prediktabilitas tinggi, dan ramah lingkungan.

Menyiasati Gesekan, Melipatgandakan Aliran

Kendati potensinya melimpah, pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (PLTAL) di tanah air masih tergolong minim. Sementara itu, di kancah global, teknologi yang marak digunakan adalah horizontal axis tidal current turbine (turbin arus aksial horizontal) yang terbagi menjadi dua tipe yaitu bare axial turbine (tanpa saluran) dan ducted turbine (dengan saluran/diffuser). Studi menunjukkan bahwa penambahan lorong pemusat arus (duct) mampu mendongkrak kecepatan aliran air hingga 2,65 kali lipat dan menaikkan efisiensi daya secara signifikan hingga 50%, bahkan di wilayah berarus lambat sekalipun.

Sayangnya, model turbin konvensional kerap terbentur tantangan teknis yakni kehilangan energi hingga 20,8% akibat gaya gesek mekanis pada bagian

bantalan (bearing). Di samping itu, biaya investasi model tersebut juga terbilang cukup tinggi berkisar antara USD1.970 hingga USD2.150 per kW.

Tantangan rumit inilah yang dijawab oleh tim peneliti Universitas Pattimura yang diketuai Wulfilla Maxmilian Ruhmaherang. Didanai oleh program RISPRO LPDP sebesar Rp500 juta, tim ini melahirkan prototipe floating ocean current power plant (FOCPP) dengan ducted turbine berbasis bantalan magnetik.

Platform terapung tambat FOCPP mengintegrasikan ducted turbine, gearbox planetary helical, dan bantalan magnetik. Penggunaan bantalan magnetik berhasil menghilangkan gesekan mekanis sepenuhnya tanpa memerlukan pelumas sehingga meningkatkan kinerja turbin secara signifikan. Mekanisme platform tersebut juga memungkinkan turbin berputar secara alami mengikuti arah arus pasang surut tanpa membutuhkan motor pengarah tambahan. Guna menjamin keselamatan dan mempermudah perawatan, komponen listrik dan mekanisme hidrolik ditempatkan di atas platform, sehingga meminimalkan risiko pekerjaan bawah air.

Menjinakkan Arus Maluku

Prototipe FOCPP diuji langsung di Selat Haya, Kabupaten Seram Bagian Barat, Maluku, yang dikenal memiliki kecepatan arus bebas hingga 2,5 m/s. Proses instalasi teknologi FOCPP di lapangan dilakukan melalui empat tahapan krusial mulai dari pemasangan turbin di platform katamaran, penambatan dengan empat jangkar, penyambungan transmisi ke rumah daya, hingga integrasi sistem pengukuran. Parameter yang diamati meliputi kecepatan arus, putaran turbin, torsi, dan tegangan listrik.

Hasil uji lapangan mencatatkan performa memukau. Penerapan ducted turbine mampu mempercepat aliran air hingga 1,66 kali lipat dibandingkan dengan kecepatan arus bebas di sekitarnya. Lompatan kecepatan ini berdampak positif bagi sistem pembangkit. Efisiensi hidrokinetik yang meningkat membuat periode kerja aktif generator bertambah signifikan, yakni

Pengujian di Selat Haya menunjukkan bahwa FOCPP mampu meningkatkan kecepatan aliran pada turbin hingga 1,66 kali lipat sehingga memperpanjang durasi operasi generator secara signifikan.

berkisar antara 17–19 jam per hari atau setara 6.205–6.936 jam per tahun. sebuah angka durasi operasional yang sangat tinggi untuk kategori energi terbarukan, yang secara otomatis melipatgandakan pasokan energi listrik bersih bagi masyarakat pesisir Maluku.

Melalui simulasi penskalaan berbasis peta batimetri, turbin berdiameter terbesar (5,5 meter) diproyeksikan mampu menghasilkan daya hingga 80,4 kW dengan produksi energi tahunan menyentuh 498,88 MWh. Jika dikembangkan ke dalam sistem jaringan (array) yang terdiri dari 120 unit turbin, kapasitas terpasang totalnya dapat mencapai 4,459 MW dengan pasokan energi tahunan menembus 141.145,6 MWh. Guna menjamin efisiensi tertinggi dan menekan dampak ekologis, formasi tata letak ini disusun dengan mempertimbangkan kedalaman perairan serta kelancaran jalur navigasi laut.

Dari Prototipe ke Skala Industri Kegiatan penelitian ini telah berhasil memenuhi target luaran utama dengan hasil yang signifikan. Di sektor hilirisasi, telah siap dikembangkan sebuah prototipe FOCPP berbasis ducted turbine dengan teknologi bantalan magnetik standar industri, didukung

dokumen spesifikasi teknis hasil uji laboratorium dan lapangan.

Di bidang akademis, riset ini memberikan sumbangsih ilmiah lewat publikasi di dua jurnal internasional bereputasi (Quartile Q1 dan Q2). Luaran riset ini juga diperkuat oleh kepemilikan paten industri untuk desain dan konstruksi ducted turbin berukuran optimal, mekanisme manuver turbin, serta sistem bantalan magnetik. Mengutamakan material domestik, proyek ini mencatatkan nilai TKDN melebihi 70%, sekaligus menjadi bukti kemandirian teknologi nasional.

Menilik aspek ekonominya, kalkulasi riset ini mengindikasikan potensi pendapatan dari produksi energi tahunan mencapai kisaran Rp204,94 miliar, berbanding dengan kebutuhan investasi awal minimal Rp189,60 miliar. Berdasarkan analisis arus kas, break-even power diproyeksikan berada pada angka 4,491 MW dengan payback period selama kurang lebih 4,74 tahun. Indikator-indikator ini menegaskan kelayakan finansial pro-

berbasis bantalan magnetik mampu mengoptimalkan pemanfaatan energi arus laut. Dengan karakteristik kecepatan aliran yang tinggi dan kontinuitas operasi generator yang panjang, sistem ini menawarkan solusi konkret bagi pemenuhan kebutuhan listrik di wilayah kepulauan terpencil. Secara teknologi, aspek kemudahan pemeliharaan, keamanan operasional, serta dominasi komponen domestik memberikan nilai strategis bagi ketahanan energi nasional. Nilai tambah ini diperkuat oleh analisis finansial yang menunjukkan kelayakan investasi tinggi, membuka peluang besar bagi implementasi skala komersial.

Riset ini merupakan sumbangsih nyata bagi upaya transisi energi dan target net zero emission Indonesia. Dengan dorongan regulasi, pendanaan berkelanjutan, dan kemitraan strategis, inovasi ini siap menjadi pilar ketahanan energi masa depan sekaligus motor penggerak kesejahteraan bagi masyarakat di beranda pesisir kita.



yek, yang tentunya akan semakin akseleratif apabila didukung oleh kepastian regulasi serta stimulus insentif dari pihak pemerintah.

Hasil pengujian lapangan di Selat Haya mengonfirmasi bahwa performa floating ocean current power plant dengan ducted turbine



Dokumentasi pengujian lapangan FOCPP di Selat Haya, Maluku, yang menampilkan tim peneliti (kiri) dan prototipe pembangkit listrik tenaga arus laut saat beroperasi di perairan (kanan).

Policy/Model

Regulasi Merestorasi Danau Maninjau

Jalan Tengah antara Kelestarian dan Kesejahteraan Warga

Air adalah urat nadi kehidupan. Dalam bingkai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), restorasi ekosistem air tawar seperti danau memegang peranan krusial karena beririsan langsung dengan pengentasan kemiskinan, penyediaan air bersih, energi terbarukan, hingga menjaga keseimbangan ekologis.

Sebagai salah satu dari 840 danau di Indonesia, Danau Maninjau di Sumatera Barat memikul beban berat. Danau ini bukan sekadar tumpuan hidup bagi pariwisata, pembangkit listrik (PLTA), dan bahan baku air bersih, tetapi juga menjadi pusat budidaya ikan melalui Keramba Jaring Apung (KJA). Sayangnya, densitas KJA yang tak terkendali telah mengubah wajah Maninjau. Status mutu airnya kini berada di level tercemar berat, mengancam

keberadaan ikan endemik bernilai ekonomi tinggi seperti ikan bada dan rinuak. Berangkat dari kondisi yang memprihatinkan ini, sebuah upaya restorasi terpadu mutlak diperlukan. Peneliti hadir membawa solusi konkret, mengendalikan KJA ramah lingkungan, memangkas limbah budidaya, sekaligus memfasilitasi transformasi mata pencaharian peternak ikan ke lahan darat serta penguatan regulasi.



Data Riset

Judul Riset	Model Restorasi Bencana Kerusakan Danau Maninjau Untuk Ketahanan Air
Ketua Periset	Prof. Dr. Ir Hafrijal Syandri MS
Institusi Riset	Universitas Bung Hatta Padang
Mitra Riset	Dinas Perikanan dan Ketahanan Pangan Kabupaten Agam Provinsi Sumatera Barat
Jumlah Anggota Riset	3 orang
Jangka Waktu Riset	2 tahun
Nilai Pendanaan LPDP	Rp433.390.000
Nilai Kontribusi Mitra	Rp43.500.500

Restorasi Danau Maninjau bukan sekadar mengurangi keramba jaring apung, melainkan membangun keseimbangan baru antara kelestarian lingkungan dan kesejahteraan masyarakat.

Implementasi model budidaya ikan berbasis LEISA di sempadan Danau Maninjau sebagai bagian dari pengembangan sistem budidaya perikanan yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.



Implementasi budidaya lele berbasis bioflok melalui penebaran benih pada kolam terpal semi bioflok

Mengurai Akar Masalah di Balik Riak Air Maninjau

Selama empat dekade terakhir, sektor perikanan budidaya tumbuh masif dan menyumbang 3,1% PDB nasional, 21% PDB pertanian, serta membuka lapangan kerja bagi 6,4 juta jiwa. Namun, kesuksesan ekonomi ini menyisakan rapor merah bagi ekologi jika tidak dibarengi prinsip ramah lingkungan. Di Danau Maninjau, KJA menjadi salah satu penyumbang terbesar pencemaran air. Limbah pakan dan kotoran ikan yang terakumulasi memicu lonjakan kadar nitrogen (N)

dan fosfor (P). Bayangkan saja, setiap ton produksi ikan mas berpotensi melepaskan hingga 52 kg nitrogen dan 19 kg fosfor ke perairan. Celakanya, ikan di danau tersebut hanya menyerap sekitar 20-30% nutrisi dari pakan, sementara sisanya mengendap menjadi racun. Akumulasi nutrisi berlebih ini memicu eutrofikasi, sebuah fenomena ledakan alga (algal blooming) yang menghabiskan cadangan oksigen terlarut dan berujung pada kematian massal ikan. Di samping faktor teknis seperti sedimentasi dan daya dukung beban pencemaran,

ada juga faktor non-teknis lainnya seperti lemahnya regulasi, perilaku sosial, dan keterbatasan alternatif mata pencaharian bagi untuk meningkatkan ekonomi warga. Jika praktik budidaya intensif tanpa pengendalian seperti yang terjadi di Danau Maninjau terus berlanjut di berbagai danau, maka akan memicu peningkatan signifikan terhadap pemanasan global dan kerusakan lingkungan.

Selanjutnya, dari sisi teknologi hijau, tim riset mengembangkan beberapa inovasi antara lain penggunaan alat penampung limbah KJA untuk menjaring sisa pakan, pembangunan bendungan ekologi penyerap nutrisi, serta penerapan sistem budidaya multitrofik. Melalui sistem multitrofik, limbah dari satu organisme diolah secara alami menjadi sumber energi bagi organisme lain di sekitarnya.

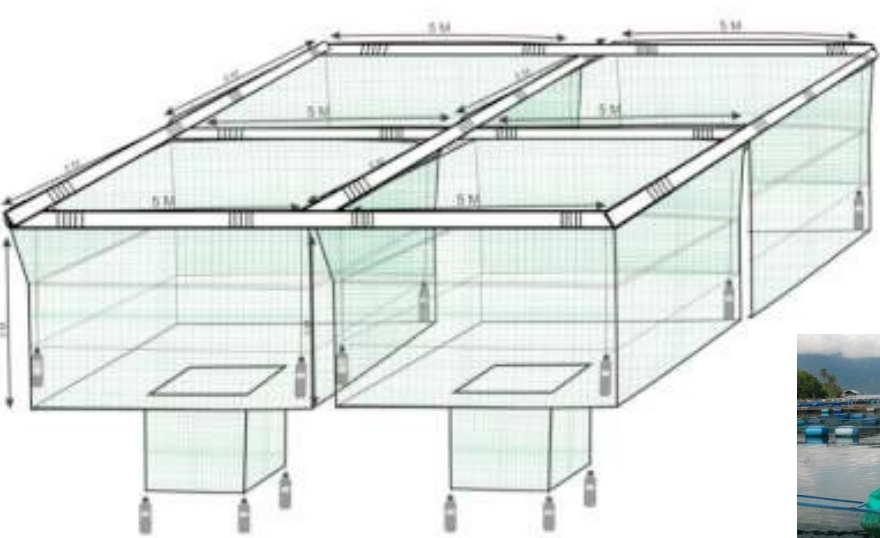
lele dumbo menjadi salah satu capaian signifikan yang terbukti efisien memangkas biaya operasional sekaligus mempercepat masa panen sehingga lebih menguntungkan peternak.

Dampak positifnya pun mulai terlihat nyata. Secara ekologis, beban pencemaran di lokasi uji coba berangsur menurun seiring dialihkannya sebagian KJA ke lahan darat. Hal tersebut memberi ruang baru bagi ekosistem danau dan lingkungan sekitarnya untuk memulihkan diri. Tak hanya itu, dari sisi sosial-ekonomi, warga pesisir kini menikmati pundi-pundi pendapatan alternatif yang lebih menjanjikan.

Keberhasilan ini terwujud berkat sinergi erat bersama Dinas Perikanan dan Ketahanan Pangan Kabupaten Agam, yang memastikan hasil riset ini langsung diintegrasikan ke dalam kebijakan daerah.

Restorasi Danau Maninjau adalah jalan panjang yang menuntut konsistensi antara sains, kebijakan, dan partisipasi aktif masyarakat. Pendekatan holistik ini menjadi bukti nyata bahwa penyelamatan danau prioritas nasional bukan lagi sekadar wacana, melainkan aksi riil yang siap direplikasi di berbagai penjuru Nusantara. Melalui inovasi regulasi yang kuat dan pemberdayaan ekonomi yang tepat sasaran, kolaborasi ini akan menghasilkan harmoni antara kelestarian lingkungan dan kesejahteraan masyarakat secara berkelanjutan.

Desain alat penampung limbah KJA dan implementasi pemasangan jaring penampung pada keramba di Danau Maninjau sebagai bagian dari teknologi budidaya ikan ramah lingkungan.



Tiga Pilar Strategi Berbasis Sains

Merespons krisis tersebut, Tim Peneliti dari Universitas Bung Hatta Padang bergerak melalui dukungan pendanaan Riset Inovatif Produktif (RISPRO) Kebijakan/Tata Kelola LPDP senilai Rp433,39 juta dan dukungan kontribusi mitra sebesar Rp43,5 juta. Tim riset kemudian merumuskan sebuah model restorasi berbasis sains dan teknologi yang bertumpu pada tiga pilar utama yaitu regulasi, teknologi hijau, dan transformasi ekonomi.

Dari aspek regulasi, tim peneliti menyusun rancangan Peraturan Bupati Agam yang mengatur status trofik, baku mutu kualitas air, dan daya dukung beban pencemaran KJA. Kebijakan ini menetapkan batas tegas terkait zonasi dan kuota jumlah KJA demi keberlanjutan danau.

Sementara dari segi transformasi ekonomi, guna mengurangi tekanan terhadap danau, sebagian pembudidaya KJA dialihkan ke budidaya lahan darat yang menerapkan metode Low External Input Sustainable Agriculture (LEISA) dan teknologi bioflok untuk komoditas lele dumbo. Teknologi ini terbukti efisien memangkas biaya pakan dan mempercepat masa panen tanpa mencemari danau.

Dari Laboratorium Menuju Dampak Nyata

Dari kerja keras di lapangan, riset ini sukses menelurkan berbagai luaran konkret. Mulai dari draf regulasi Peraturan Bupati Agam, buku karakteristik sosial-ekonomi rumah tangga perikanan KJA, hingga cetak biru teknologi budidaya ramah lingkungan seperti sistem multitrofik dan metode LEISA. Penerapan teknologi bioflok untuk

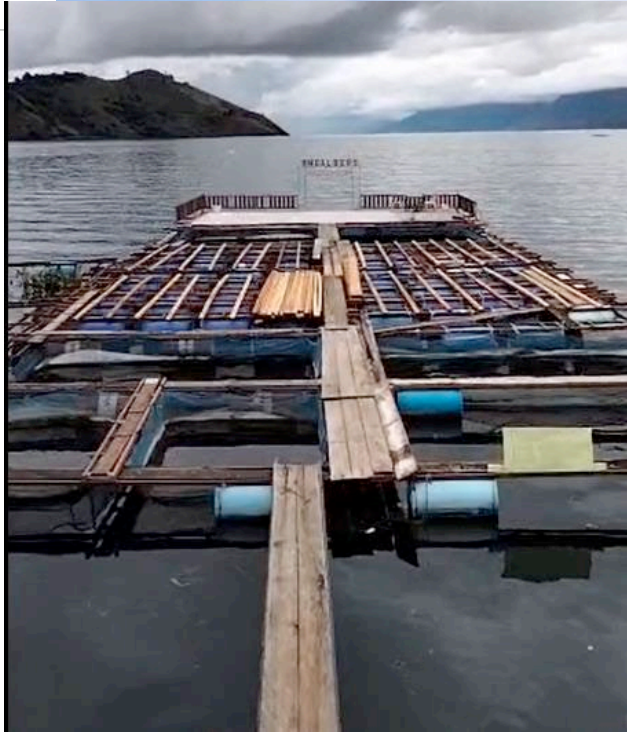
Policy/Model

Menjernihkan Polemik Keramba Danau Toba dengan Regulasi Berbasis Riset

Danau Toba selalu punya cara untuk memukau siapa saja. Hamparan airnya yang biru berpadu megah dengan dinding-dinding kaldera yang hijau menjulang. Tak heran jika pemerintah menyematkan status destinasi wisata super prioritas bagi kawasan seluas 125 ribu hektare ini. Namun, di balik keindahan Danau Toba, riak konflik pemanfaatan ruang airnya sempat mengancam urat nadi perekonomian warga lokal.

Data Riset

Judul Riset	Resolusi Konflik Dalam Penggunaan Sumberdaya Alam Danau Toba Menuju Pengembangan Perikanan Dan Pariwisata Internasional
Ketua Periset	Dr. Ir Manuntun Parulian Hutagaol MSc
Institusi Riset	Pusat Kajian Resolusi Konflik LPPM IPB
Jumlah Anggota Riset	5 orang
Jangka Waktu Riset	2 tahun
Nilai Pendanaan LPDP	Rp899.990.000
Nilai Kontribusi Mitra	Rp100.000.000



▲
Unit SiMOSAT terpasang di tepian Sungai Poso sebagai sistem pemantauan migrasi sidat berbasis sensor hidroakustik secara real-time.



Danau Toba terjebak dalam dilema: menjaga kelestarian lingkungan demi pariwisata atau mempertahankan Keramba Jaring Apung sebagai penopang ekonomi ribuan masyarakat.

Proses pembangunan area makan terapung sebagai implementasi hasil riset pengembangan model integrasi Keramba Jaring Apung (KJA) dan pariwisata di kawasan Danau Toba.

Kondisi awal kawasan KJA di Desa Tongging, Kabupaten Karo, sebelum pembangunan kawasan wisata berbasis riset.

Selama bertahun-tahun, Danau Toba terjebak dalam dilema klasik memilih kelestarian lingkungan untuk pariwisata atau mempertahankan budidaya perikanan lewat sistem Keramba Jaring Apung (KJA) demi menggerakkan perekonomian masyarakat.

Adapun aktivitas budidaya perikanan KJA Toba terbukti memiliki efek berganda pada ekonomi daerah dan nasional lewat pembukaan dan perluasan lapangan kerja, kontribusi pendapatan daerah, pajak, serta mendatangkan devisa bagi negara.

Merujuk Data Gabungan Perusahaan Makanan Ternak (GPMT) Sumut 2020, nilai ekonomi budidaya ikan nila KJA Toba mencapai Rp3,5 triliun dengan capaian produksi sebesar 80.941 ton dan serapan



tenaga kerja sebanyak 12.300 orang. Sementara data badan Pusat Statistik (BPS) menyebut pada 2020 volume ekspor nila dari kawasan Danau Toba mencapai 12,29 ribu ton atau senilai USD78,44 juta.

Mencari Benang Merah di Balik Keruhnya Air

Titik balik ketegangan pelaku industri pariwisata dan pembudidaya ikan yang menggantungkan hidup dari KJA memuncak pada tahun 2017. Kala itu, kualitas air Danau Toba yang terus menurun menjadi sorotan tajam publik. Aktivitas budidaya perikanan lewat Keramba Jaring Apung (KJA) dianggap sebagai sumber utama pencemaran perairan danau.

Dianggap tidak layak untuk standar wisata internasional, Pemerintah Provinsi Sumatera Utara mengambil langkah tegas melalui penerbitan Surat Keputusan Gubernur Sumatra Utara Nomor 188.44/213/KPTS/2017. Kebijakan tersebut memangkas kuota produksi ikan KJA dari yang awalnya mencapai 70.000 ton per tahun, menjadi hanya 10.000 ton saja.

Keputusan ini tentu saja menimbulkan kekhawatiran serius di kalangan nelayan. Pemangkas ruang gerak KJA berpotensi membuat usaha ribuan nelayan kecil dan pelaku industri perikanan Toba gulung tikar karena skala produksi yang menurun drastis.

Di tengah dilema yang tak kunjung usai, Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) hadir membawa secercah harapan. Melalui program Pendanaan Riset Inovatif Produktif (RISPRO), LPDP mengucurkan dana sebesar Rp899.990.000 ditambah dukungan mitra sebesar Rp100.000.000 untuk mendanai riset komprehensif yang dipimpin

Kunjungan lapangan tim IPB, DKP Provinsi Sumatera Utara, DKP Kabupaten Dairi, dan Asosiasi KJA Kabupaten Dairi dalam rangka implementasi hasil riset pengelolaan budidaya perikanan berkelanjutan di Danau Toba.



Temuan riset mendorong lahirnya revisi kebijakan yang meningkatkan kuota budidaya perikanan dari 10.000 menjadi 60.000 ton per tahun dengan tetap memperhatikan daya dukung danau.



oleh Dr. Ir. Manuntun Parulian Hutagaol, M.Sc. dari Institut Pertanian Bogor (IPB) selama dua tahun dari 2020 sampai dengan 2022.

Penelitian ini bertujuan mencari kebenaran ilmiah dan merumuskan solusi agar sektor pariwisata dan budidaya perikanan di kawasan Danau Toba dapat hidup berdampingan tanpa mengorbankan kelestarian lingkungan. Fokus penelitian juga mencakup identifikasi sumber pencemaran, perhitungan kapasitas daya dukung perairan, serta perumusan strategi pengendalian pencemaran secara holistik.

Fakta Lapangan yang Mengubah Narasi

Memasuki tahun pertama penelitian, tim IPB langsung bergerak memetakan kondisi riil perairan. Hasil laboratorium membenarkan bahwa kualitas air Danau Toba memang telah merosot dari status mesotropik menjadi eutropik (mengalami pengayaan nutrisi yang berlebih). Namun, kejutan besar muncul saat sumber pencemaran diurai satu demi satu.

Fakta ilmiah membuktikan KJA bukanlah sumber pencemar perairan Danau Toba satu-satunya, bahkan bukan penyumbang limbah yang paling dominan. Predikat penyumbang pencemaran terbesar justru datang dari limbah domestik permukiman dan hotel-hotel di

sekitar kawasan danau, disusul oleh aktivitas ekonomi darat lainnya. Temuan lainnya, sektor KJA melibatkan ribuan nelayan kecil serta dua perusahaan besar, dengan nilai penjualan ikan di tingkat usaha tani mencapai sekitar Rp5 triliun per tahun.

Hasil riset menegaskan menjaga keberlanjutan Danau Toba tidak cukup hanya dengan mengurangi jumlah ikan di KJA. Pengendalian limbah dari semua sumber pencemar menjadi kunci perbaikan kualitas air. Pendekatan ini menuntut keterlibatan aktif semua pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, pelaku usaha, dan masyarakat.

Temuan riset mendorong lahirnya revisi kebijakan yang meningkatkan kuota budidaya perikanan dari 10.000 menjadi 60.000 ton per tahun dengan tetap memperhatikan daya dukung danau.

Pengelolaan yang efektif memerlukan kelembagaan ko-manajemen, sistem perizinan yang ketat, pemantauan kualitas air yang konsisten, dan penerapan teknologi pengendalian limbah yang tepat guna.

Lebih jauh lagi, analisis kapasitas daya dukung aktual perairan yang dilakukan tim riset menunjukkan angka yang melegakan. Danau Toba ternyata masih mampu menampung aktivitas budidaya ikan pada kisaran 33.810 hingga 101.435 ton per tahun. Atas dasar perhitungan tersebut, tim periset merekomendasikan angka optimal budidaya ikan di kuota 67.623 ton per tahun, jauh di atas batas 10.000 ton yang ditetapkan oleh Pemda.

Berbekal data sains yang sah ini, tim peneliti menyusun draf naskah akademik untuk merevisi kebijakan tersebut. Hasil penelitian juga dipublikasikan di berbagai jurnal nasional maupun internasional untuk memperkuat rekomendasi. Hasilnya tak sia-sia. Rekomendasi ini sukses mendorong terbitnya dua SK Gubernur Sumatera Utara (GUBSU) yang baru yakni SK GUBSU Nomor 188.24/210/KPTS/2023 tentang Status trofik Danau Toba Oligotrofik menjadi Mesotrofik dan SK GUBSU Nomor 188.24/211/KPTS/2023 tentang Daya Dukung dan Daya Tampung Budidaya Perikanan dari 10.000 ton per tahun

menjadi 60.000 ton per tahun. Napas lega pun kembali berembus di dada ribuan nelayan Toba.

Buah Manis Kolaborasi

Memasuki tahun kedua penelitian, fokus riset bergeser pada pengembangan formula integrasi antara aktivitas budidaya perikanan dengan sistem KJA dan pariwisata. Prinsipnya, kedua sektor ini bisa saling mendukung. Melalui pendekatan zonasi yang tepat, keramba ikan dapat bertransformasi menjadi magnet wisata yang tak kalah memikat. Namun, kolaborasi ini tetap dilakukan dengan hati-hati demi menjaga produktivitas budidaya dan kenyamanan wisatawan. Dari hasil komparasi berskala domestik

dan internasional, tim riset merumuskan empat opsi model strategis mulai dari sentra kuliner berbasis hasil keramba, event wisata tahunan, destinasi wisata edukasi-ekologi, hingga eco village kampung KJA hijau.

Dari empat opsi yang ada, model pengembangan kawasan kuliner berbasis hasil KJA dinilai sebagai pilihan paling realistis. Strateginya adalah memposisikan KJA sebagai pemasok bahan baku segar bagi restoran di sekitar Danau Toba sekaligus sebagai atraksi wisata. Langkah konkret dimulai lewat kolaborasi bersama Restoran Galbers di Desa Tongging, Kabupaten Karo.

Melalui sentuhan riset dan renovasi yang dimulai akhir 2022, restoran ini disulap menjadi restoran apung yang menyatu secara apik dengan area KJA. Resmi beroperasi pada Mei 2023, pengunjung resto apung itu bisa menikmati lanskap Toba dari sudut pandang yang berbeda, berjalan di atas dermaga terapung, berfoto di spot-spot estetik, hingga merasakan serunya berinteraksi langsung memberi pakan ikan peliharaan nelayan. Di sudut-sudut restoran, terpasang papan edukasi yang menjelaskan mekanisme ekosistem danau dan cara menjaga kelestariannya. Ikan yang disajikan di atas meja pelanggan pun dijamin kesegarannya karena diambil langsung dari keramba.

Antusiasme publik terhadap resto apung tercatat positif. Survei terhadap 210 responden menunjukkan skor kepuasan yang tinggi terhadap model integrasi ini. Pengunjung tidak hanya merasa terhibur, tetapi juga mendapatkan kesadaran baru tentang pentingnya menjaga kelestarian Danau Toba. Pasca-implementasi model kawasan kuliner berbasis produk KJA di desa Tongging, tercatat jumlah



Penambahan area memancing di kawasan Resto Galbers memperluas aktivitas wisata sekaligus mendukung implementasi model integrasi perikanan budidaya dan pariwisata di Danau Toba.



Pengunjung menikmati spot foto di Resto Galbers, Desa Tongging, Kabupaten Karo, yang dikembangkan sebagai bagian dari model integrasi KJA dan pariwisata berbasis riset di Danau Toba.

pengunjung melonjak pesat hingga 100% khususnya pada akhir pekan dan hari libur. Lonjakan pengunjung juga diikuti dengan kenaikan pendapatan sebesar 75%. Keberhasilan ini bahkan mulai memicu ketertarikan para pemilik restoran lain di kawasan Danau Toba untuk mengadopsi konsep serupa.

Secara keseluruhan, hasil penelitian Tim IPB ini tak hanya berhasil mendorong penerbitan revisi kebijakan terkait budidaya perikanan dan status trofik Danau Toba. Namun juga melahirkan konsep model integrasi KJA dengan pariwisata, implementasi terbatas melalui media video, serta penyusunan panduan pemberdayaan masyarakat berbasis Eco – Edu Tourism yang berwawasan lingkungan.

Di samping itu, riset ini juga menghasilkan dua artikel di jurnal ilmiah bereputasi, policy brief strategis tentang sektor perikanan dan kelautan, hingga Hak Kekayaan Intelektual (HKI) atas buku panduan pemberdayaan masyarakat berbasis fish farming di Danau Toba.

Tantangan awal dalam riset seperti pemilihan lokasi, penentuan mitra, dan perizinan berhasil diatasi melalui kerja sama lintas pihak, terutama dukungan dari Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sumatera Utara.

Implementasi model di Desa Tongging menjadi bukti nyata bahwa integrasi KJA dan pariwisata potensial dalam menggerakkan roda perekonomian daerah sekaligus mendukung pelestarian lingkungan Danau Toba. Kolaborasi lintas sektor dapat menciptakan solusi berkelanjutan yang menjaga keseimbangan antara kepentingan ekonomi dan ekologi di kawasan wisata unggulan Indonesia ini. Keduanya bisa berjalan beriringan, seirama dengan riak air Toba yang menghidupi.

Jelajahi Edisi Lainnya

dari RISPRO Tech Brief!



Temukan kisah-kisah inspiratif dari dunia riset dan inovasi karya anak bangsa dalam setiap edisinya.

Akses selengkapnya di:

s.kemenu.go.id/risprotechbrief





Lembaga Pengelola
Dana Pendidikan

RISPRO TECHNOLOGY BRIEF
VOL.10/JUN/2026



Gedung Danadyaksa Cikini

Jalan Cikini Raya No.91A-D,
Menteng, Jakarta Pusat,
DKI Jakarta – 10330



LPDP Kementerian
Keuangan RI



lpdp_ri



lpdp_ri



lpdp.kemenkeu.go.id



LPDP RI



134