

## Sustainable Strategy Management Cable-Based Tsunami Detection Equipment Instrumentation

Warseno<sup>1</sup>, BP Nugroho<sup>2</sup>, I Santoso<sup>3</sup>, T D Tamtomo<sup>1</sup>, B D Soewargono<sup>1</sup>, A Wiratmoko<sup>1</sup>, A Suhendra<sup>1</sup>, Noorish Heldini<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Research Center for Sustainable Production System and Life Cycle Assessment-BRIN, <sup>2</sup>Directorate of Laboratory Management, Research Facilities, and Science Technology Park-BRIN, <sup>3</sup>Directorate of Research, Technology and Innovation Measurement and Indicators-BRIN  
wars001@brin.go.id

### Article History

accepted 02/10/2022

approved 21/10/2022

published 25/11/2022

### Abstract

Indonesia is a country prone to natural disasters, one of which is tsunami. Therefore, it is important for Indonesia to have a cable-based tsunami detection tool namely Indonesia Cable Based Tsunameter (Ina-CBT). The research on tsunami early warning system (TEWS) in Indonesia (InaTEWS), consists of three Ina-TEWS technologies, namely: Buoy (Ina-BUOY), Ina-CBT, and Tomography. Ina-CBT is a tsunami detection technology consisting of sensors that can measure changes in sea level through changes in underwater water pressure caused by a tsunami. Cable Based Tsunameter (CBT) is effective for monitoring potential tsunamis that are not preceded by tectonic earthquakes and allows for detecting the slightest waves from underwater mountain activity. To support the sustainable management of Ina-CBT requires regulatory support as a strategy for sustainable management of Ina-CBT. This study presents the formulation of sustainable management strategies for strengthening the Ina-CBT operating ecosystem and institutionalizing the Ina-CBT instrumentation management system.

**Keywords:** Tsunami, Early Warning System, sustainable management, innovation ecosystem

### Abstrak

Indonesia adalah salah satu negara di dunia yang sering diguncang bencana alam, salah satunya tsunami. Menjadi penting bagi Indonesia untuk memiliki detektor tsunami kabel atau Indonesia Cable Based Tsunameter (Ina-CBT). Pengembangan Teknologi Tsunami Early Warning System di Indonesia (InaTEWS), Teknologi Ina-TEWS terdiri dari: Ina-BUOY, Ina-CBT dan Tomografi. Ina-CBT adalah teknologi sensor deteksi Tsunami yang bekerja mengukur naik atau turunnya permukaan air laut melalui perubahan tekanan air bawah laut. Cable Based Tsunameter (CBT) efektif dalam melacak kemungkinan tsunami yang terjadi akibat gempa tektonik dan dapat mendeteksi perubahan gelombang kecil di bawah permukaan air. Untuk mendukung pengelolaan Ina-CBT yang berkelanjutan, Ina-CBT membutuhkan dukungan dari sisi regulasi. Penelitian ini menyajikan rumusan strategi pengelolaan berkelanjutan untuk penguatan ekosistem pengoperasian Ina-CBT dan pelembagaan sistem pengelolaan instrumentasi Ina-CBT.

**Kata kunci:** Tsunami, Sistem Peringatan Dini, Manajemen berkelanjutan, ekosistem inovasi

Social, Humanities, and Education Studies (SHEs): Conference Series  
<https://jurnal.uns.ac.id/shes>

p-ISSN 2620-9284  
e-ISSN 2620-9292



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

## PENDAHULUAN

Indonesia yang berada di wilayah yang terletak pada “*Pacific ring of fire*” merupakan negara yang sering dilanda bencana termasuk diantaranya adalah bencana tsunami (Onrizal et al., 2020). Tsunami dapat disebabkan letusan gunung berapi serta gempa dan longsor yang terjadi di laut. Di antara hal tersebut, gempa bumi bawah laut menjadi penyebab tsunami yang kerap terjadi di Indonesia. (Hamzah et al., 2000).

Pengalaman bencana besar di tahun 2004 tsunami Aceh, dan Tahun 2018 yang menerpa Lombok, Palu, dan Selat Sunda mengingatkan pentingnya teknologi pendeteksi tsunami berbasis kabel (Ina-CBT) (Febriawan et al., 2020). Pengembangan teknologi *Tsunami Early Warning System* (TEWS) di Indonesia (InaTEWS), terdiri dari tiga teknologi komponen yaitu: Ina-BUOY, Ina-CBT dan Tomografi (Deputi BPPT-Teknologi Pengembangan Sumberdaya Alam, 2020). Ina- BUOY adalah teknologi sistem peringatan dini tsunami yang terdiri dari sensor dasar laut atau *Ocean Bottom Unit* (OBU) dan sensor yang mengirimkan sinyal ke stasiun terapung (Ina-BUOY) yang ditambatkan (mooring). Kajian tentang sistem Ina-BUOY dan sistem peringatan dininya dapat dirujuk dalam berbagai dokumen penelitian terdahulu (Schöne et al., 2010; Steinmetz et al., 2010; Wächter et al., 2012).

Ina-CBT adalah teknologi sensor deteksi Tsunami yang bekerja mengukur naik atau turunnya permukaan air laut melalui perubahan tekanan air bawah laut. Data kemudian dikirim melalui kabel yang ditambatkan di dasar laut ke fasilitas dipermukaan, yang kemudian mengirimkan data tersebut ke pusat pemantauan melalui sinyal radio atau satelit (Pradono, 2020). *Cable Based Tsunameter* efektif memantau kemungkinan tsunami yang tidak didahului gempa tektonik dan dapat mendeteksi gelombang terkecil dari aktivitas gunung bawah laut.

BPPT berdasarkan Perpres No 93 Tahun 2019 tentang Penguatan dan Pengembangan Sistem Informasi Gempa Bumi dan Peringatan Dini Tsunami, juga mengembangkan sistem peringatan dini tsunami atau yang lebih dikenal dengan Teknologi Ina-TEWS. BPPT memulai dengan menyusun *Grand Design* Ina-TEWS BPPT 2019 – 2024. Pada tahun 2024 jalur Ina-CBT diharapkan dapat beroperasi dan terpeliharanya peralatan observasi tinggi muka air laut untuk deteksi dini tsunami yang berbasis kabel serat optik-Ina-CBT di 7 (tujuh) lokasi perairan, yaitu: Pulau Sertung (ST), Pulau Sipora (SP), Labuan Bajo (LB), Rokatenda (RT), Selat Makasar (SM), Banda Naira (BN), dan Manado (MND).

Selain itu juga dapat terselenggara penerimaan, kontrol kualitas, permodelan, pemrosesan dan penyediaan data tinggi muka air laut dan notifikasi potensi tsunami untuk peringatan dini tsunami kepada BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) termasuk terpeliharanya infrastruktur manajemen data Ina-TEWS BPPT dan meningkatnya *state of the art* sistem dan/atau subsistem teknologi dalam bidang observasi tinggi muka air laut untuk deteksi tsunami, melalui peningkatan kapasitas SDM, kerjasama regional/ internasional dan hilirisasi teknologi.

Biaya Pemasangan kabel fiber optik bawah laut membutuhkan anggaran yang tidak sedikit, serta biaya perawatan jika ada kendala ditengah instalasi (Clare et al., 2017). Risiko Kerusakan kabel serat optik 65% hingga 75% disebabkan aktivitas penangkapan ikan dan aktivitas pelayaran pada kedalaman di bawah 200 meter. Sedangkan untuk kabel dasar laut yang lebih dalam, setidaknya kerusakan 31% disebabkan karena kondisi alam (Carter et al., 2009).

Pengembangan Ina-CBT di Indonesia merupakan pilihan alternatif mahalnya BUOY dan vandalism terhadap BUOY (Hammam, 2018) . CBT menjadi perangkat yang cocok untuk mendeteksi gempa dasar laut yang menjadi faktor utama pemicu tsunamii di Indonesia. CBT juga dipercaya lebih efisien dalam biaya operasional.

Untuk mengurangi resiko dan Untuk mendukung rencana pembangunan dan operasional Ina-CBT tersebut selain membutuhkan perangkat teknis, juga pentingnya dukungan regulasi atau peraturan perundang-undangan, khususnya terkait penempatan peralatan teknologi Ina-CBT melintasi wilayah daratan dan laut. Kajian ini menggunakan analisa SWOT (*strength, weakness, opportunities, threats* /kekuatan, kelemahan, peluang,

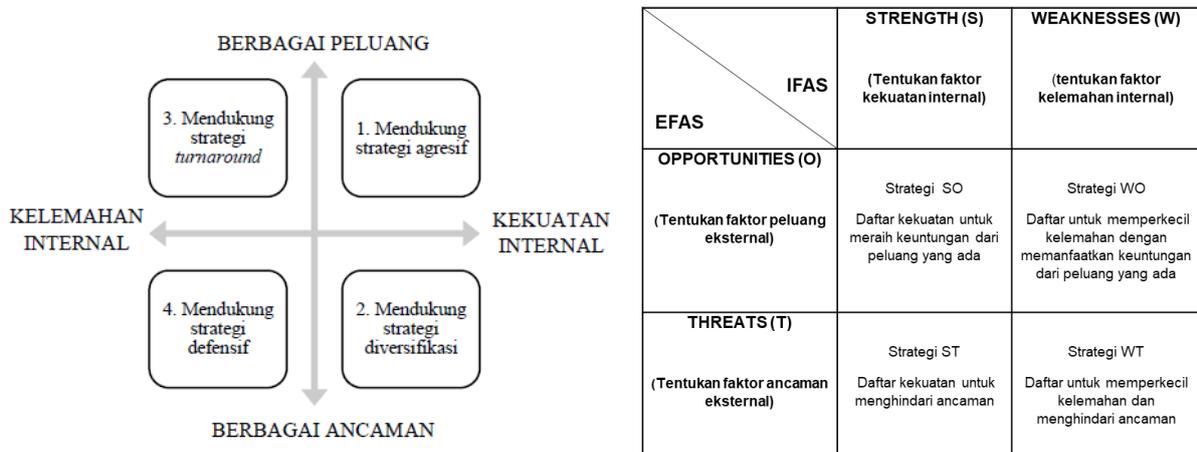
atau ancaman) dalam menyusun strategi penguatan ekosistem pengoperasian dan pelebagaan sistem pengelolaan instrumentasi alat deteksi tsunami berbasis kabel atau Ina-CBT yang bersinergi dan berkelanjutan.

**METODE**

Penelitian menggunakan metode penelitian dengan pendekatan deskriptif-kualitatif. Penelitian deskriptif adalah penelitian dengan menggambarkan suatu gejala, peristiwa, dan peristiwa yang sedang terjadi (Sudjana, 2005). Teknik pengumpulan data data primer, diperoleh dengan wawancara dengan instansi terkait, yaitu Telkom University, Bandung, Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI Bandung. Pengumpulan data sekunder, diperoleh dari studi literatur (dokumen resmi pemerintah, buku, artikel jurnal, catatan internal organisasi dan lain sebagainya).

Peneliti menggunakan Metode SWOT dalam menganalisis data, hal ini dilakukan dengan mengidentifikasi faktor yang beragam secara sistematis hingga dapat merumuskan strategi penguatan ekosistem, pengoperasian dan pelebagaan sistem pengelolaan Ina-CBT yang bersinergi dan berkelanjutan (Rangkuti, 2014). Faktor-faktor yang diidentifikasi pada analisis SWOT meliputi faktor strategis internal yang terdiri dari kekuatan dan kelemahan serta faktor strategis eksternal yang terdiri dari peluang dan ancaman.

Dari hasil analisis data tersebut kemudian disusun matrik untuk menentukan 4 langkah strategi, yaitu : (1) Strategi S-O, memanfaatkan seluruh kekuatan internal untuk merebut dan memanfaatkan peluang eksternal sebesar besarnya, (2) Strategi S-T, menggunakan kekuatan internal dimiliki untuk mengatasi ancaman eksternal, (3) Strategi WO, berdasarkan pemanfaatan peluang eksternal dengan cara meminimalkan kelemahan internal, (4) Strategi WT, didasarkan kegiatan bersifat defensif dan berusaha meminimalkan kelemahan internal serta menghindari ancaman eksternal.



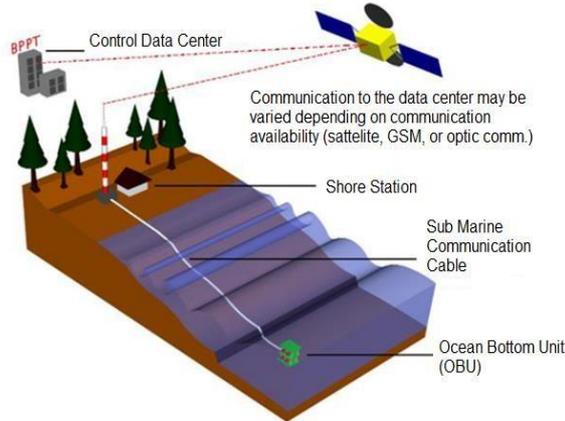
Gambar 1. Diagram Analisis SWOT (Rangkuty Freddy (2014))

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

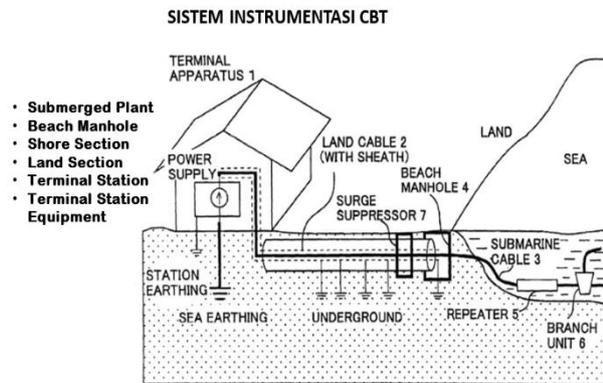
**A. Gambaran Umum Alat Dekteksi Tsunami Berbasis Kabel – Ina-CBT**

Ina-CBT adalah bagian dari Ina-TEWS (*Indonesia Tsunami Early Warning System*) merupakan Alat deteksi tsunami berbasis kabel–Ina-CBT yaitu serangkaian kegiatan sebelum, saat dan sesudah terjadi bencana yang dilakukan untuk mencegah, mengurangi, menghindari dan memulihkan diri dari dampak bencana. BPPT telah melakukan riset pendahuluan dan persiapan kerjasama sistem CBT ini sejak tahun 2011. Sistem CBT terdiri atas unit sensor dasar laut (*ocean bottom unit/OBU*) yang dihubungkan ke stasiun pantai (*shore station*) melalui kabel serat optik dasar laut. Data kemudian disimpan, diproses, dan

secara otomatis dikirimkan melalui satelit komunikasi *Inmarsat* atau *Iridium* ke *Read Down Station* (RDS) milik BPPT pada periode waktu yang telah terjadwal. Pada kondisi normal, stasiun pantai CBT mengirimkan data dalam rentang 1 jam, sedangkan jika terjadi tsunami, siklus pengiriman data menjadi setiap 1 menit karena CBT memiliki stasiun pantai sehingga data yang dikirim bisa jauh lebih banyak (Sasono dalam (Howe et al., 2020)).



Gambar 2. Skema/konfigurasi sistem Ina-CBT



Gambar 3. Sistem Instrumentasi CBT

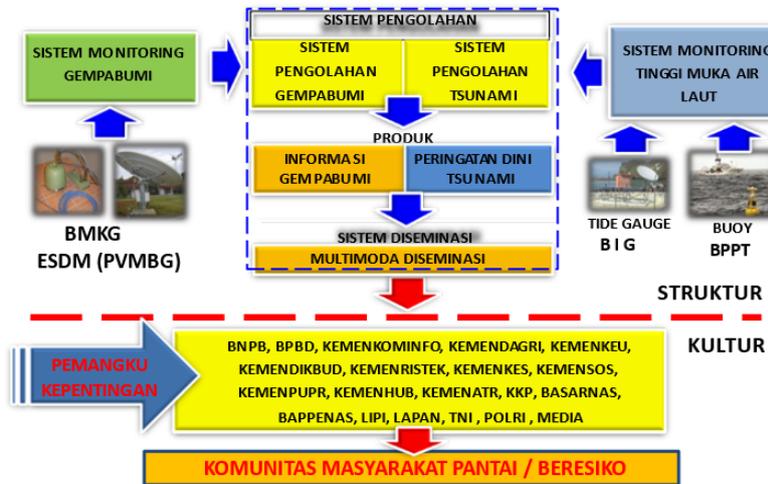
## B. Analisis Peraturan Perundang-Undangan Ina-CBT

### 1. Dasar pengembangan dan pengelolaan Ina-CBT

UU No 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana menjadi landasan hukum bagi penyelenggaraan penanggulangan bencana, mengatur landasan nilai, kelembagaan, hingga distribusi kewenangan. Di dalamnya diatur penyelenggaraan penanggulangan bencana, meliputi tahapan pra-bencana, tanggap darurat, pasca-bencana. Tahapan pra bencana menurut Pasal 34, yaitu situasi tidak terjadi bencana dan situasi potensi terjadinya bencana. Tata cara melaksanakan tahapan prabencana diatur PP No 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana, dan Perpres No 87 Tahun 2020 tentang Rencana Induk Penanggulangan Bencana (RIPB) Tahun 2020-2044.

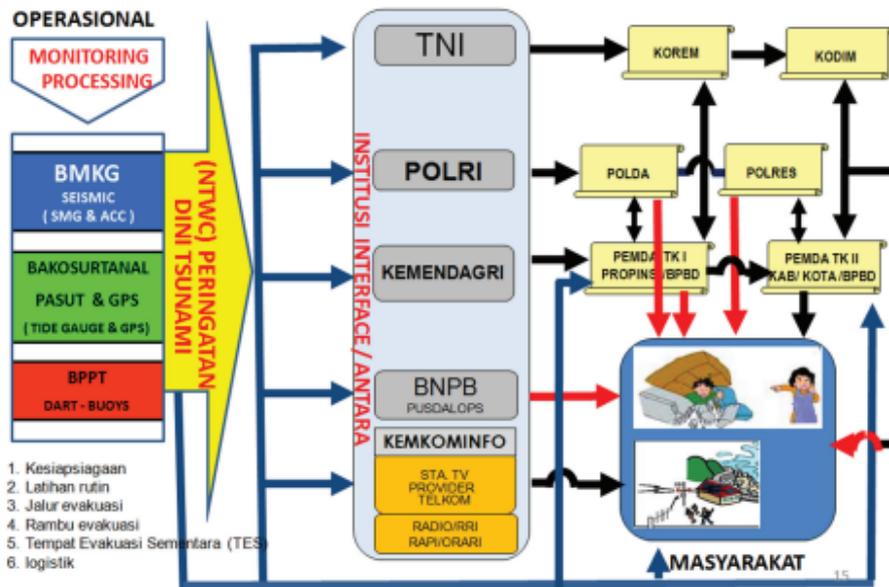
Secara historis upaya mitigasi bencana perlu terintegrasi dan sinergi antar institusi untuk diterapkan di Indonesia. Presiden RI telah mengeluarkan Perpres No. 93 Tahun 2019 sejak terjadinya bencana besar yang menimpa Lombok, Palu dan Selat sunda pada 2018. Perpres tersebut mengatur 2 (dua) komponen besar yaitu komponen struktur infrastruktur teknologi dan komponen kultur pemahaman dan informasi masyarakat. Komponen struktur melaksanakan rangkaian kegiatan penyediaan dan penyebaran informasi gempa bumi dan peringatan dini tsunami harus dilakukan secara **berkoordinasi** dan **bersinergi**, sehingga hasilnya menjadi **produk bersama** antar institusi/lembaga.

Sistem kerja kedua komponen di atas, digambarkan bagan berikut ini :



Gambar 5. Alur Cara Kerja Komponen Struktur dan Kultur InaTEWS Menurut Perpres No 93 Tahun 2019  
Sumber: Muhmmad Elyas, 2021

BPPT melalui Perpres No 93 Tahun 2019, diberikan amanah pengembangan sistem peringatan dini tsunami atau Teknologi Ina-TEWS. Informasi sekilas tentang Ina-TEWS dapat digambarkan:



Gambar 6. Alur Ina-TEWS dari BMKG ke Institusi interface  
Sumber: BNPB, 2012

## 2. Penempatan Lokasi CBT

Ina-CBT memanfaatkan pulau-pulau terluar untuk penempatan alat dan dipasang dari lokasi sumber pembangkit yang berjarak maksimum 25 Km. Untuk memilih lokasi yang tepat sesuai kriteria penempatan CBT, pemilihan lokasi dalam wilayah pesisir atau pulau-pulau kecil, perlu memperhatikan aspek lingkungan dan aspek perencanaan nasional. Dasar hukum yang terkait antara lain: UU No 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah, UU No 59 Tahun 1990 Tentang Konservasi Sumber Daya Alam, UU No 25 Tahun 2004 tentang Sistem Perencanaan Pembangunan Nasional, UU Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil No 27 Tahun 2007 (diubah dengan UU No 1 Tahun 2014), dan UU Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup No 32 Tahun 2009.

### 3. Penggelaran kabel bawah laut

Penataan alur pipa dan kabel bawah laut di Indonesia didasarkan pada UU No 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja dengan tujuan menata ruang wilayah laut Indonesia agar bisa dimanfaatkan secara optimal. Kurang dari 1 tahun sejak pembentukannya, Tim Nasional Penataan Alur Pipa dan Kabel Bawah Laut telah menyepakati dan menyusun jalur pipa dan kabel dasar laut. Terdiri dari 43 segmen pipa dan 217 segmen alur pipa dasar laut serta 209 main hole yang berada di pantai, termasuk lokasi titik keluar-masuk kabel (*landing station*) yang tersebar di Batam, Manado, Kupang dan Jayapura.

### 4. Perijinan

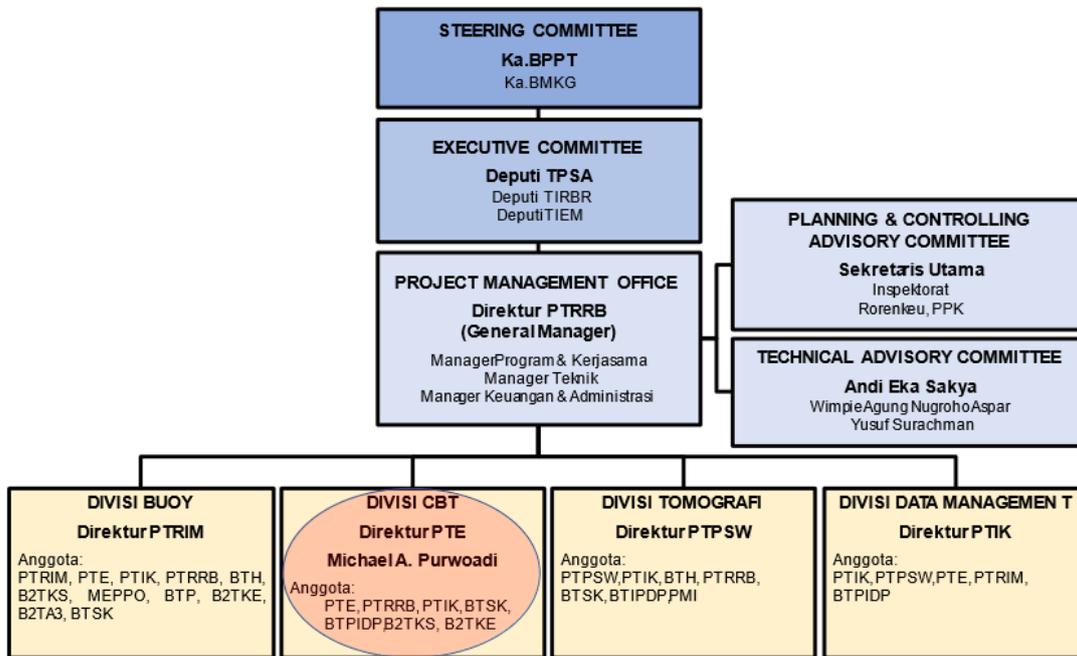
Izin lokasi merupakan amanat PP No 32 Tahun 2019 tentang Rencana Tata Ruang Laut (RTRL), sebagai acuan dan kendali pemerintah yang memastikan keberlanjutan wilayah perairan. Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan No 54 Tahun 2020 menjelaskan tentang Izin Lokasi, Izin Pengelolaan, dan Izin Lokasi di wilayah Laut, berisi penjelasan bahwa pelaku usaha yang melakukan pemanfaatan ruang atau pemanfaatan sumber daya di wilayah perairan dan wilayah yurisdiksi secara menetap dan terus menerus selama paling singkat 30 hari diwajibkan untuk memiliki izin lokasi, izin pengelolaan, atau izin lokasi di laut.

Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan Nomor 24/Permen-Kp/2019, mengatur izin lokasi diberikan berdasarkan rencana zonasi, meliputi rencana zonasi KSN, KSNT, wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil, serta rencana pengelolaan kawasan dan zonasi kawasan konservasi. Sedangkan Keputusan Menteri Kelautan Dan Perikanan No 14 Tahun 2021, kedepannya dapat lebih menertibkan pengaturan alur pipa dan/atau kabel bawah laut.

## C. ANALISIS KELEMBAGAAN PENGELOLAAN ALAT DETEKSI TSUNAMI BERBASIS KABEL

Ina-CBT diwujudkan melalui program Ina-TEWS BPPT, menggunakan konsep *Pentahelix* (pemerintah, industri, akademisi, media, dan komunitas). Pasal 13 Perpres No 93 Tahun 2019 mengatur Lembaga pemerintah non-kementerian tentang penyelenggaraan urusan pemerintahan di bidang pengkajian dan penerapan teknologi pada bidang penguatan dan pengembangan Sistem Informasi Gempa Bumi serta Teknologi Peringatan Dini Tsunami.

Untuk menjalankan tugas tersebut, BPPT membentuk struktur organisasi dalam bentuk Project Management Office (PMO) Ina-TEWS yang bertugas dalam integrasi pengamatan *deep sea level* tsunami melalui teknologi sistem peringatan dini tsunami yang diselenggarakan oleh lembaga negara dalam hal ini BMKG. Selain itu PMO juga bertugas dalam bidang inovasi teknologi observasi gempa bumi, *deep sea level* tsunami, *cable based tsunameter*, dan peralatan observasi laut lainnya, melaksanakan tes komunikasi terjadwal, dan memastikan ketersediaan data *deep sea level* tsunami dan jaringan komunikasi yang optimal dan siap beroperasi.



Gambar 7. Struktur PMO Ina-TEWS BPPT

Sumber: Sasono, 2020

**D. ANALISIS S-W-O-T**

Analisis S-W-O-T mengidentifikasi faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam perumusan strategis. Hasil analisis SWOT sebagai berikut:

<p><b>IFAS</b></p> <p><b>EFAS</b></p>	<p><b>Kelebihan (S)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Ina-CBT teknologi pertama di Indonesia yang dapat mendeteksi tsunami lebih akurat.</li> <li>(2) Perpres 39 tahun 2019, sebagai dasar Ina-TEWS;</li> <li>(3) Grand Design Ina-TEWS BPPT 2019 – 2024;</li> <li>(4) Anggaran (DIPA BPPT);</li> <li>(5) SDM cukup memadai secara jumlah atau kualitasnya.</li> <li>(6) Balai yang mendukung testing, analisis, modeling dan desain rekayasa;</li> <li>(7) Kerjasama dengan industri terkait pengadaan fiber optic, pengujian-pengujian penggelaran, dan penyedia kapal memasang kabel fiber optik.</li> </ol>	<p><b>Kelemahan (W)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Perpres 93 tahun 2019 belum mengatur detail terkait penggelaran kabel tsunami.</li> <li>(2) Grand design yang disusun kurang fokus dan tidak dapat dilaksanakan;</li> <li>(3) Pemodelan tidak optimal;</li> <li>(4) Biaya pemeliharaan dan perbaikannya cukup mahal.</li> <li>(5) Stakeholder yang terlibat masih sangat sedikit sehingga dalam pengembangannya sangat lambat.</li> </ol>
	<p><b>Peluang (O)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Pengetahuan mengenai bencana tsunami yang masih membutuhkan kajian rinci dan mendalam bekerjasama dengan beberapa negara telah membangun sistem untuk mendeteksi dan memonitor bencana tsunami.</li> <li>(2) Memiliki konsep peringatan dini tsunami yang terorganisir dengan baik.</li> </ol>	<p><b>Strategi (SO)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menyusun peta kebencanaan.</li> <li>• meningkatkan kerjasama research pengembangan Ina-CBT dan peningkatan kualitas SDM.</li> <li>• Menyusun peraturan kerjasama komponen struktur untuk penguatan dan pengembangan sistem informasi gempa bumi dan peringatan dini tsunami.(naskah akademis)</li> <li>• Penguatan roadmap kegiatan dan anggaran pembangunan dan pengoperasian Ina-CBT 2020-2024.</li> </ul>
<p><b>Ancaman (T)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Pengadaan infrastruktur untuk pemodelan sub-sistem cable base tsunameter masih import.</li> </ol>	<p><b>Strategi (ST)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penyusunan SOP (Standard Operating Procedure) pengoperasian instrumentasi Ina-CBT di PMO.</li> </ul>	<p><b>Strategi (WT)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menyusun sistem manajemen pengkajian dan penerapan Ina-CBT</li> </ul>

<p>(2) Meningkatkan kemampuan laboratorium uji sub-sistem;</p> <p>(3) Kerjasama antar institusi dalam pengembangan cable base tsunameter sangat minim; dan</p> <p>(4) Target waktu pencapaian diperpanjang.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meningkatkan kemampuan SDM dalam pengembangan teknologi Ina-CBT.</li> <li>• Meningkatkan fasilitas laboraotium yang sesuai standar uji sub-sistem.</li> <li>• Menyusun perencanaan kebutuhan SDM pengelola Ina-CBT.</li> <li>• Menjalin kerjasama dengan negara yang memiliki best practice dalam pengembangan dan penerapan CBT.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menyusun petunjuk teknis pelembagaan (nilai-nilai, komunikasi/sosialisasi, keteladan) pengoperasian Ina-CBT</li> </ul>
---	---	---

Sumber : hasil analisis, 2021

### SIMPULAN

Pengembangan dan pengoperasian instrumentasi Ina-CBT membutuhkan ekosistem pengembangan yang optimal. Untuk memperkuat Ina-CBT dan mengacu pada permasalahan, temuan kajian yang telah dilakukan perlu membutuhkan strategi yang tepat, yaitu dengan merekomendasikan strategi, kebijakan dan langkah kunci pembangunan dan pengoperasiannya, sebagai berikut:

**Strategi Pertama**, berfokus pada *Penguatan Ekosistem Pengoperasian InaCBT*, yaitu; (1) Penguatan regulasi *InaCBT* melalui penyusunan peraturan kerjasama komponen struktur, penyusunan naskah akademis dan Penguatan roadmap kegiatan serta anggaran pembangunan dan pengoperasian InaCBT 2020-2024 dalam kerangka pengembangan teknologi sistem informasi gempa bumi dan teknologi peringatan dini tsunami, (2) *Pengaturan penggelaran kabel bawah laut untuk InaCBT* melalui penyusunan peraturan khusus (*lex specialis*) jalur kabel bawah laut untuk BMH (*beach main hole*) dan lokasi *landing stations* untuk InaCBT serta menyusun SOP (*Standard Operating Procedure*) penggelaran kabel bawah laut InaCBT.

**Strategi Kedua**, berfokus pada *Pelembagaan Sistem Pengelolaan Instrumentasi InaCBT*, yaitu; (1) *Penguatan kelembagaan InaCBT* dengan menyusun SOP (*Standard Operating Procedure*) pengoperasian instrumentasi InaCBT di lingkungan pengkajian dan penerapan. (PMO), penyusunan perencanaan kebutuhan SDM pengelola InaCBT dan, menjalin kerjasama dengan negara yang memiliki *best practice* dalam pengembangan dan penerapan CBT. (2) *Pelembagaan pengelolaan instrumentasi InaCBT* dengan menyusun sistem manajemen pengkajian dan penerapan InaCBT dan petunjuk teknis pelembagaan (nilai-nilai, komunikasi/sosialisasi, keteladan) pengoperasian InaCBT.

### DAFTAR PUSTAKA

- Carter, L., Burnett, D., Drew, S., Marle, G., Hagadorn, L., & ... (2009). *Submarine Cables and the Oceans: Connecting the World, at 8 (UNEP-WCMC Biodiversity Series No. 31, ICPC/UNEP-WCMC (2009). Query date: 2022-11-23 01:30:18.*
- Clare, M., Vardy, M., Cartigny, M., Talling, P., & ... (2017). Direct monitoring of active geohazards: Emerging geophysical tools for deep-water assessments. *Near Surface ...*, Query date: 2022-11-23 01:15:49. <https://doi.org/10.3997/1873-0604.2017033>
- Deputi BPPT-Teknologi Pengembangan Sumberdaya Alam. (2020). *Grand Design Penguatan Dan Pengembangan Indonesia Tsunami Early Warning System 2019-2024*. Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi.
- Febriawan, H. K., Haryadi, Y., Rahadian, R., & Muljawan, D. (2020). PROSEDUR SURVEI PEMETAAN BAWAH LAUT UNTUK PERENCANAAN PEMASANGAN SISTEM KABEL LAUT INDONESIA CABLE BASE TSUNAMIMETER (INA-CBT). *Oseanika*, 1(2), 34–47.
- Hammam, R. (2018). *Lebih Akurat dari BUOY, BPPT Siapkan Alat Deteksi Tsunami Berbasis Kabel Laut* [, <https://www.bppt.go.id/berita-bppt/lebih-akurat-dari-buoy-bppt-siapkan-alat-deteksi-tsunami-berbasis-kabel-laut>,].
- Hamzah, L., Puspito, N., & Imamura, F. (2000). Tsunami catalog and zones in Indonesia. *Journal of Natural Disaster ...*, Query date: 2022-11-23 00:52:54. [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jnds/22/1/22\\_1\\_25/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jnds/22/1/22_1_25/_article/-char/ja/)

- Howe, B., Angove, M., Arcas, D., & ... (2020). SMART Subsea Cables for Observing the Ocean and Earth: Update. *AGU Fall Meeting ...*, Query date: 2022-11-23 01:55:30. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2020AGUFMS059...04H/abstract>
- Onrizal, Auliah, N., & Mansor, M. (2020). Mitigation and adaptation on tsunami catastrophes in Indonesia through education and geodetic networks. *AIP Conference Proceedings*, Query date: 2022-11-23 00:46:37. <https://doi.org/10.1063/5.0003013>
- Pradono, M. (2020). Kajian Kerentanan Fasilitas Darat Ina-CBT terhadap Guncangan Gempabumi. *Jurnal Alami: Jurnal Teknologi Reduksi Risiko ...*, Query date: 2022-11-23 01:07:39. <https://103.224.137.27/index.php/Alami/article/view/4041>
- Rangkuti, F. (2014). *Analisis SWOT: teknik membedah kasus bisnis cara perhitungan bobot rating dan OCAI*. senayan.iain-palangkaraya.ac.id. [http://senayan.iain-palangkaraya.ac.id/index.php?p=show\\_detail&id=12109&keywords=](http://senayan.iain-palangkaraya.ac.id/index.php?p=show_detail&id=12109&keywords=)
- Schöne, T., Pandoe, W., Mudita, I., Roemer, S., Iligner, J., & ... (2010). GPS water level measurements in Indonesia—Contribution to Indonesia’s Tsunami Early Warning System. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci ...*, Query date: 2022-11-23 01:04:52.
- Steinmetz, T., Raape, U., Teßmann, S., & ... (2010). Tsunami early warning and decision support. ... *Hazards and Earth ...*, Query date: 2022-11-23 01:03:47. <https://nhess.copernicus.org/articles/10/1839/2010/>
- Sudjana, N. (2005). Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif-Kualitatif dan R&D. *Bandung: PT Remaja Rosdakarya*, Query date: 2022-11-23 01:46:24.
- Wächter, J., Babeyko, A., Fleischer, J., & ... (2012). Development of tsunami early warning systems and future challenges. ... *Hazards and Earth ...*, Query date: 2022-11-23 01:05:48. <https://nhess.copernicus.org/articles/12/1923/2012/>