Bulletin of Scientific Contribution GEOLOGY

Fakultas Teknik Geologi
UNIVERSITAS PADJADJARAN
homepage: http://jurnal.unpad.ac.id/bsc
p-ISSN: 1693-4873; e-ISSN: 2541-514X

Volume 17, No.1
April 2022

ANALISIS MANAJEMEN TEKNOLOGI PADA KAJI TERAP INA-CABLE BASED TSUNAMETER (INA-CBT)

Gani Soehadi, Sunartono, Fathoni Moehtadi
Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)
Jl. M.H. Thamrin No. 8, Jakarta 10340
Email: *) gani.soehadi@bppt.go.id

ABSTRAK

Ina-Cable Based Tsunameter (Ina-CBT) adalah bagian dari Ina-Tsunami Early Warning System (Ina-TEWS) yang merupakan sistem peringatan dini bencana tsunami. Divisi CBT Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi (BPPT) mendapat penugasan untuk membangun Ina-CBT yang digelar pada beberapa tempat yang berpotensi terjadinya tsunami. Proses pengkajian dan penerapan teknologi Ina-CBT membutuhkan aspek manajemen teknologi terhadap semua sumberdaya di unit-unit kerja Divisi CBT meliputi komponen teknologi yang terdiri dari *Technoware*, *Humanware*, *Infoware* dan *Orgaware* (THIO) serta kemampuan teknologi meliputi kemampuan pemanfaatan, kompilasi, akuisisi dan penciptaan teknologi. Tujuan penelitian adalah pertama, menganalisis penerapan manajemen teknologi dan dibandingkan (*benchmarking*) terhadap institusi lain yang juga menggunakan teknologi CBT, serta kedua, mengkaji faktor-faktor yang perlu ditingkatkan terkait dengan penerapan manajemen teknologinya. Hasil estimasi tingkat kecanggihan komponen *Technoware* menunjukkan secara umum Fasilitas untuk Penggunaan Khusus (*Special Purpose Facilities*) digunakan pada rangkaian jirap Ina-CBT. Estimasi terhadap komponen *Humanware*, *Infoware* dan *Orgaware* menunjukkan tingkat kecanggihan *Reproducing Ability*, *Specifying Facts* dan *Protecting Framework*. Pada aspek kemampuan, unit-unit kerja Divisi CBT memiliki potensi besar untuk memiliki kemampuan pemanfaatan teknologi yang sejajar dengan negara pengguna CBT lain, sedangkan untuk kemampuan kompilasi, kemampuan akuisisi dan kemampuan penciptaan, Divisi CBT BPPT merupakan institusi yang terbaik secara nasional sebagai pengembang CBT terbukti proses Jirapnya telah mencapai Generasi Ke 3.

Kata Kunci: Manajemen Teknologi, Tsunami, *Technoware*, *Humanware*, *Infoware*, *Orgaware*

ABSTRACT

The Ina-Cable Based Tsunameter (Ina-CBT) is part of the Ina-Tsunami Early Warning System (Ina-TEWS). The CBT Division of the Agency for the Assessment and Application of Technology (BPPT) was assigned to build Ina-CBT to be deployed in places that have the potential for tsunamies. Ina-CBT is the result of the process of assessment and application of technology which requires the management of resources or technology management by the work units of the CBT Division covering technology components consisting of Technoware, Humanware, Infoware and Orgaware (THIO) and technology capabilities which include the ability to utilize, compile, acquire and create technology. The research objectives are first, to analyze the application of technology management and compare (benchmarking) against other institutions that also use similar technology, and second, to examine factors that need to be improved related to the application of technology management in the Ina-CBT process. Estimation result shows that the level of sophistication of the Technoware component, in general, Special Purpose Facilities are used in the Ina-CBT development steps. Estimates of the Humanware, Infoware and Orgaware components show the level of sophistication of the Reproducing Ability, Specifying Facts and Protecting Framework. In terms of capabilities, the CBT Division work units have great potential to have technology utilization capabilities that are parallel to other CBT user countries, while for compilation capabilities, acquisition capabilities and creation capabilities, the CBT Division is the

best institution nationally as a proven CBT developer since the development process has reached the 3rd Generation CBT.
Keywords: Manajemen Teknologi, Tsunami, *Technoware, Humanware, Infoware, Orgaware*

PENDAHULUAN

Kebijakan dan Cetak biru Pembangunan Sistem Peringatan Dini Bencana Tsunami secara Nasional telah dirumuskan pada tahun 2010 dengan nama Proyek Indonesia *Tsunami Early Warning System* (Ina-TEWS). Ina-TEWS merupakan proyek nasional yang melibatkan berbagai institusi dalam negeri di bawah koordinasi Kementerian Riset dan Teknologi (Kemen Ristek).

Dengan kejadian tsunami Palu dan Selat Sunda tahun 2018 dimana banyak sistem peralatan peringatan dini tsunami di dekat sumber pembangkit tidak berfungsi dan koordinasi yang lemah di antara instansi yang terlibat di InaTEWS, maka perlu dilakukan upaya penguatan dan pengembangan sistem informasi gempa bumi dan tsunami. Melalui Perpres No. 93 Tahun 2019 tentang Penguatan dan Pengembangan Sistem Informasi Gempa Bumi, upaya-upaya sinergitas semua instansi dalam memperkuat sistem peringatan dini tsunami di Indonesia mendapatkan momentum untuk terus dilakukan dalam upaya mitigasi bencana tsunami.

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Badan Informasi Geospasial (BIG) dan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) merupakan institusi teknis yang melaksanakan operasional pengamatan unsur

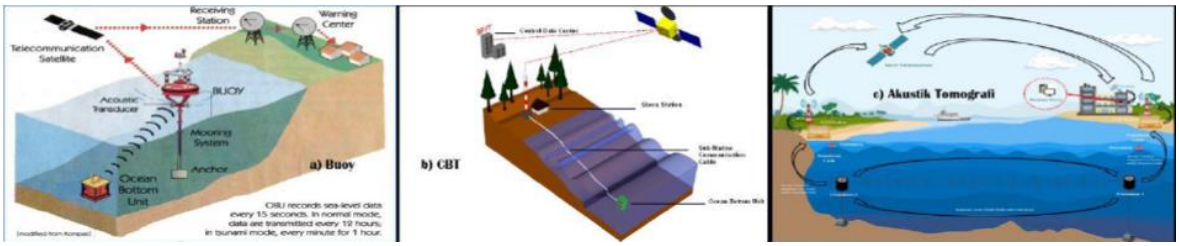
unsur gempa bumi, gerakan kerak bumi dan perubahan permukaan air laut, sedangkan Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset Dan Inovasi Nasional, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Kementerian Dalam Negeri dan Badan Nasional Penanggulangan Bencana melaksanakan peningkatan kewaspadaan dan kesiapsiagaan masyarakat.

Sejalan dengan perkembangan teknologi dan tantangan di lapangan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) mengembangkan Ina TEWS terdiri dari tiga perangkat utama, yaitu (1) *Buoy*, (2) *Cable Based Tsunameter*, dan (3) Akustik Tomografi (BPPT, 2020).

Sebagai salah satu perangkat yang dikembangkan BPPT, Cable Based Tsunameter (CBT) adalah teknologi pendeteksi tsunami berbasis kabel fiber optik yang telah dikembangkan di beberapa negara, seperti Kanada, Jepang, dan Taiwan. Pada saat ini, negara Jepang yang merupakan negara rawan gempa dan tsunami telah melaksanakan kegiatan pengkajian, penerapan dan juga mengoperasikan DONET CBT dan S-NET CBT secara intensif (Takahashi dkk., 2017; Aoi dkk., 2020; Mulia dan Satake, 2020). Indonesia, yang posisinya mirip dengan Jepang, perlu terus memperkuat sistem peringatan dininya seperti penggunaan teknologi CBT ini agar dapat memitigasi dampak bencana alam gempa bumi dan tsunami. Sesuai dengan Perpres 93/2019, maka unit-unit kerja BPPT yang tergabung dalam Divisi CBT mendapat penugasan untuk melaksanakan penggelaran Ina-CBT.

Pada tahun 2019, BPPT telah melakukan pemasangan Ina-CBT di 2 (dua) lokasi, yaitu di Pulau Sertung (Banten) sepanjang 2,6 km dan di Pulau Sipora (Sumatera Barat) sepanjang 7,5 km. Kemudian pada tahun 2021 dilakukan pemasangan Ina-CBT di 2 (dua) lokasi yaitu di Labuan Bajo (NTT) dan Rokatenda (NTT) serta pemeliharaan Ina-CBT di Pulau Sipora. Penggunaan teknologi CBT ini sangat potensial untuk terus dikembangkan karena dengan penggunaan kabel fiber optik memungkinkan data dalam jumlah sangat besar dikirimkan dari dasar laut ke server pada kecepatan cahaya sehingga data dapat segera dianalisis dan dikirimkan ke pemegang otoritas untuk pembuatan keputusan yang kemudian disebarkan ke masyarakat.

Dalam melakukan pengkajian dan penerapan Ina-CBT, dibutuhkan kemampuan penguasaan teknologi tersebut oleh perekayasa BPPT. Selain itu, juga diperlukan ketersediaan fasilitas yang lengkap dan memadai untuk pengembangannya, sehingga manajemen teknologi pada Divisi CBT perlu dilakukan seoptimal mungkin untuk dapat menghasilkan produk CBT sesuai dengan spesifikasi yang telah direncanakan.



Gambar 1. Sistem Pemantauan Peringatan Dini Tsunami Berbasis Teknologi: a)Buoy, b) *Cable-based Tsunameter (*CBT), dan c)Akustik tomografi (BPPT, 2020)

Untuk itu, rumusan permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimanakah penerapan manajemen teknologi di unit-unit kerja Divisi CBT BPPT selama ini dan faktor - faktor apa saja yang perlu diperhatikan dalam usaha meningkatkan pengelolaan teknologi terkait dengan penerapan manajemen teknologi di unit-unit kerja tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

Manajemen Teknologi

Manajemen teknologi didefinisikan sebagai pengelolaan dan pengeksploitasian kemampuan teknologi yang mengalami perubahan secara kontinyu (Cetindamar dkk., 2009). Kemampuan bersifat dinamis atau operasional (Helfat dan Peteraf, 2003). Kemampuan dinamis akan membangun dan mengintegrasikan kemampuan operasional yang didefinisikan sebagai "kegiatan bersifat rutin (atau kumpulan dari beberapa kegiatan rutin) yang - bersamaan dengan aliran input - dikombinasikan dengan sekumpulan opsi keputusan manajemen organisasi untuk menghasilkan output yang telah direncanakan (Winter, 2000). Oleh karena itu, kemampuan teknologi terdiri dari kemampuan dinamis dan juga kemampuan operasional berupa kumpulan rutinitas/aktivitas untuk mengeksekusi dan mengkoordinasikan berbagai penugasan dalam rangka mengelola teknologi di organisasi.

Terdapat lima proses generik untuk manajemen teknologi yaitu identifikasi, seleksi, akuisisi, eksploitasi dan proteksi yang secara umum diterima dan digunakan dalam operasionalisasi suatu organisasi (Unsal dan Cetindamar, 2015).

Untuk itu, tantangan bagi manajer yang ingin mengintegrasikan teknologi ke dalam bisnisnya secara lebih efektif adalah memastikan bahwa masalah proses manajemen teknologi harus terkandung dalam proses dan aktivitas bisnis lain yang relevan. Misalnya, manajemen teknologi harus menjadi masalah yang dipertimbangkan dalam strategi bisnis, manajemen rantai pasok, dan proses pengembangan produk baru. Manfaat utama dari model proses manajemen teknologi adalah menyediakan kerangka kerja konseptual yang dapat digunakan untuk menyatukan semua aktivitas yang terpisah-pisah sehingga secara keseluruhannya merupakan aktivitas manajemen teknologi di perusahaan bersama sama, serta memungkinkan adanya assessmen dan pengelolaan yang menyeluruh dari aspek aspek penting dari bisnis.

Berdasarkan fungsi manajemen tersebut, maka ruang lingkup penerapan manajemen teknologi menjadi sangat luas, mulai dari perencanaan teknologi sampai dengan operasional dan pengawasan teknologi dalam rangka mencapai nilai tambah yang lebih besar untuk memenuhi kebutuhan dan harapan pengguna produk. Pada Gambar 2, Adiwinanto (2008) menyatakan bahwa proses transformasi input menjadi output sangat membutuhkan peran teknologi. Teknologi itu sendiri digambarkan sebagai suatu kesatuan dari dua elemen penyusun yaitu komponen teknologi dan kemampuan teknologi.

Komponen Teknologi

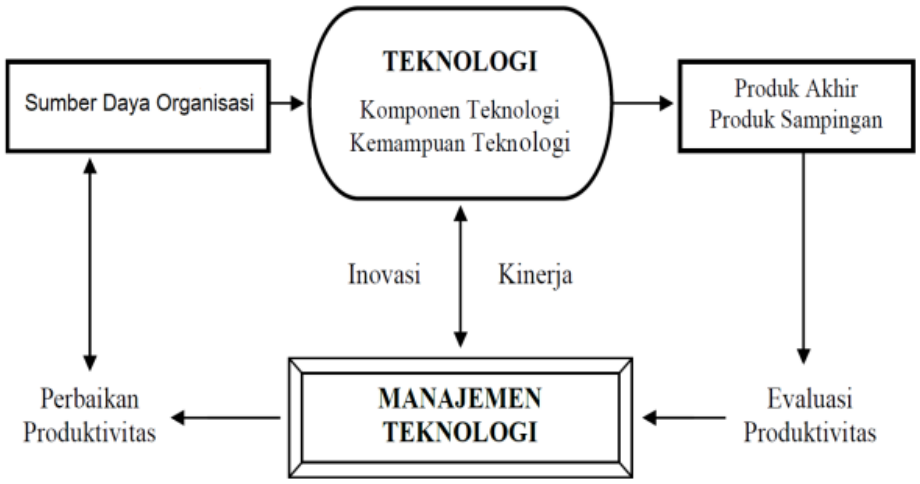
Teknologi perlu untuk dipahami secara utuh agar dapat dikelola dengan benar. Oleh karena itu, teknologi tidak lagi dapat diperlakukan sebagai "barang" atau sederhananya sebagai "*black box*". Untuk itu perlu langkah dekomposisi komponen teknologi menjadi unsur-unsur sebagai berikut (Smith dan Sharif, 2007):

- *Technoware*: Komponen ini disebut juga perangkat keras (fisik) seperti mesin, komputer, perlengkapan, peralatan, alat pengangkut dan lain-lain yang memberdayakan manusia dan mengendalikan transformasi input menjadi output.
- *Humanware*: Komponen ini berwujud kemampuan manusia seperti keterampilan, pengetahuan, keahlian dan kreativitas dalam

mengelola ketiga komponen teknologi lainnya. Komponen perangkat manusia berkontribusi terhadap pemanfaatan sumber daya organisasi dan teknologi untuk keperluan produktif.

- *Infoware*: Komponen ini berwujud dokumen fakta seperti *website* di internet, program aplikasi, cetak-biru, petunjuk operasional, pemeliharaan dan perbaikan, dimana komponen tersebut memberikan kemampuan untuk pembelajaran dengan cepat dan efisien dalam hal waktu dan sumberdaya.
- *Orgaware*: Komponen ini berwujud kerangka kerja organisasi seperti metode, prosedur, keterkaitan, jejaring dan praktik organisasi yang berfungsi untuk mengkoordinasikan semua aktivitas produksi di organisasi untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan.

Keempat komponen teknologi (*Technoware*, *Humanware*, *Infoware*, *Orgaware*) berinteraksi secara dinamis dan diperlukan secara bersamaan untuk keberhasilan kinerja organisasi. Kepentingan relatif dari empat komponen teknologi tergantung, bagaimanapun, pada jenis transformasi dan kompleksitas operasional.



Gambar 2. Manajemen Teknologi dan Transformasi Input Menjadi Output (Adiwinanto, 2008)

Tabel 1. Kriteria Pemberian Skor Derajat Kecanggihan Komponen Teknologi

Tingkat Kecanggihan Komponen Teknologi				Skala		
Technoware	Humanware	Infoware	Orgaware	L		U
Manual Facilities	Operating Abilities	Familiarizing Facts	Striving Framework	1	2	3
Powered Facilities	Setting-Up Abilities	Describing Facts	Tie-Up Framework	2	3	4
General Purpose Facilities	Repairing Abilities	Specifying Fact	Venturing Framework	3	4	5
Special Purpose Facilities	Reproducing Abilities	Utilizing Facts	Protecting Framework	4	5	6
Automatic Facilities	Adaptation Abilities	Comprehending Facts	Stabilizing Frameworks	5	6	7
Computerized Facilities	Improving Abilities	Generalizing Facts	Prospecting Framework	6	7	8
Integrated Facilities	Innovation Abililities	Assessing Facts	Leading Frameworks	7	8	9

Kemampuan Teknologi

Ketersediaan keempat komponen teknologi adalah suatu keharusan tetapi bukan sebagai kondisi yang cukup untuk menghadapi persaingan. Kemampuan teknologi juga penting. Kapabilitas teknologi sering disalahartikan dengan kemampuan melakukan penelitian dan pengembangan (R&D) saja. Meskipun hal tersebut penting, aspek yang paling penting adalah kemampuan untuk mengelola perubahan teknologi. Suatu perusahaan di negara berkembang dapat memperoleh komponen teknologi yang disebutkan di atas dengan dua

cara - baik dengan mengimpor (transfer) atau mengembangkan secara lokal. Namun, untuk menggunakan teknologi impor atau untuk mengembangkan komponen teknologi asli, pengalaman dalam "melakukan" dan "pembelajaran institusional" perlu diakumulasikan yang akan menghasilkan derajat kemampuan teknologi yang berbeda. Kemampuan teknologi suatu perusahaan secara garis besar dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis, sebagai berikut (Sharif, 1993):

- Kemampuan Memanfaatkan Teknologi meliputi: pengoperasian, pemantauan, dan pemeliharaan komponen teknologi untuk kegiatan transformasi;
- Kemampuan Mengkompilasi Teknologi meliputi: menjalankan semua fasilitas fisik yang diperlukan, mengkoordinasikan penawaran dan permintaan, dan mobilisasi (penanganan dan penyimpanan) semua sumber daya;
- Kemampuan Mengakuisisi Teknologi mencakup peningkatan semua komponen teknologi melalui: mencari, memilih, menegosiasikan, dan mengatur pengadaan secara tepat waktu; dan
- Kemampuan Menciptakan Teknologi meliputi: mendefinisikan kebutuhan yang didorong pasar, mengembangkan produk dan proses baru, membangun prototipe dan fasilitas peningkatan skala untuk pengujian, dan mengatur pendanaan modal ventura untuk implementasi inovasi.

METODE

Jenis data pada penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer didapat dari hasil pengamatan, wawancara dan penilaian yang dilakukan oleh perwakilan unit-unit kerja BPPT
(*expert judgement*) terhadap perangkat teknologi dan kemampuan teknologi di unit kerja BPPT. Data sekunder diperoleh dari laporan-laporan periodik manajemen dan website resmi unit kerja, instansi terkait, jasa fasilitas internet, tulisan dan buku yang terkait dengan penelitian ini.

Analisis manajemen teknologi di unit-unit kerja BPPT menggunakan metode "*Science and Technological Management Information System*" atau STMIS. Metode STMIS merupakan metode yang berguna untuk mengetahui tingkat kecanggihan perangkat komponen dan kemampuan teknologi (Baihaki dkk., 2010). STIMIS merupakan metode pembobotan dengan melakukan penilaian pada indikator komponen dan indikator kemampuan teknologi. Melalui indikator tersebut, metode STMIS digunakan untuk mengetahui posisi teknologi unit-unit kerja BPPT dengan posisi teknologi yang menjadi acuan (*Benchmark*) dan untuk menjawab peluang teknologi yang mungkin masih dapat dimanfaatkan oleh pihak manajemen unit kerja BPPT.

Analisis komponen teknologi bertujuan untuk menilai status teknologi pengembangan Ina-CBT. Indikator komponen teknologi dihasilkan melalui estimasi tingkat kecanggihan komponen teknologi di unit kerja BPPT menurut kondisi nyata dan dibandingkan terhadap kegiatan pengkajian dan penerapan CBT baik di Indonesia maupun di tingkat internasional, seperti di Jepang, Taiwan dan Kanada (Kawaguchi, Kaneda & Araki, 2008; Fujiwara, Hishiki, Katayama, 2010; Hsiao dkk., 2014; Schmidt dkk., 2019). Kisaran bobot yang diberikan adalah 1 sampai dengan 9 dengan kategori rendah untuk nilai 1-3, sedang untuk nilai 4–6 dan tinggi untuk nilai 7–9 seperti disajikan pada Tabel 1.

Berikutnya, analisis kemampuan teknologi juga dilakukan dengan mengestimasi menurut kondisi nyata dan acuan praktik terbaik di dunia terhadap faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kemampuan teknologi yaitu kemampuan pemanfaatan, kemampuan kompilasi, kemampuan akuisisi dan kemampuan penciptaan. Kriteria pemeringkatan untuk melakukan penilaian kemampuan teknologi disajikan pada Tabel 2 (Adiwinanto, 2008).

Hasil penilaian tersebut selanjutnya diolah dengan metode *Mann-Whitney* untuk mengetahui kondisi perangkat dan kemampuan teknologi Divisi CBT BPPT bila dibandingkan dengan pihak lain yang juga menggunakan teknologi tersebut. Pembandingan tersebut dimaksudkan untuk mengetahui faktor apa saja yang perlu dikembangkan guna meningkatkan fungsi manajemen teknologi pada pembangunan Ina-CBT. Alur pemikiran operasional manajemen teknologi tersaji pada Gambar 2.

Metoda *Mann-Whitney*

Metode Mann-Whitney digunakan untuk membandingkan kondisi nyata komponen teknologi di BPPT terhadap kondisi di pihak lain yang telah memilik praktik terbaik yaitu Jepang.

Metode ini juga digunakan dalam menganalisis ada-tidaknya perbedaan signifikan antara kemampuan teknologi yang dimiliki unit kerja pada Divisi CBT dengan kemampuan teknologi pihak Jepang (Sriwidadi, 2011).

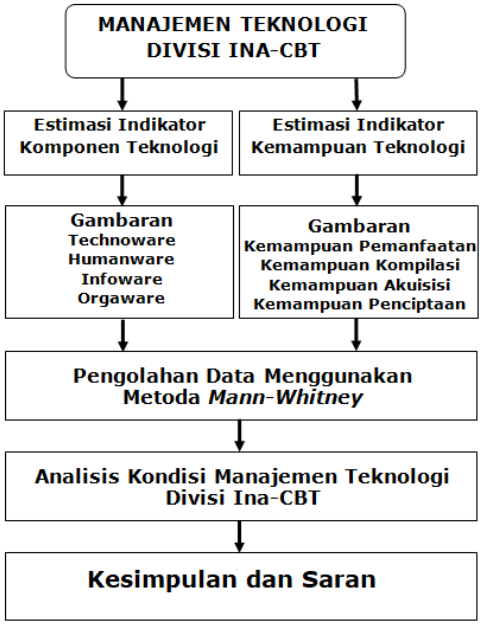
Berdasarkan hasil pengolahan data dengan metode Mann-Whitney, ketentuannya adalah sebagai berikut:

- bila nilai probabilitas<α (α=0,05) maka H0 ditolak dan H_1 diterima artinya ada perbedaan antara nilai yang diamati dengan nilai acuan.
- bila nilai probabilitas>α (α=0,05) maka H1 ditolak dan H_0 diterima artinya tidak ada perbedaan antara nilai yang diamati dengan nilai acuan.

Apabila H_1 ditolak berarti kondisi komponen teknologi di unit-unit kerja Divisi CBT saat ini sama dengan kondisi yang ada di pihak Jepang.

HASIL PENELITIAN

Estimasi tingkat kecanggihan teknologi di unit kerja Divisi CBT BPPT menggunakan metode skoring berdasarkan kajian subyektif terhadap kriteria komponen *Technoware, Humanware, Infoware,* dan *Orgaware.* Berikut adalah hasil perhitungan berbasis Median untuk agregasi tingkat kecanggihan komponen teknologi dari unit-unit kerja BPPT yang disajikan pada Tabel 3.



Gambar 3. Alur Pemikiran Operasional

Tabel 2. Kriteria Pemeringkatan Kemampuan Teknologi untuk Pengembangan CBT

Peringkat	Kriteria
0	Tidak memiliki kemampuan
1	Di bawah pengembang lainnya secara nasional
2	Sama dengan pengembang lainnya secara nasional
3	Pengembang terbaik secara nasional
4	Sama dengan pengembang lainnya secara internasional

Tabel 3. Agregasi Tingkat Kecanggihan Komponen Teknologi Unit Kerja BPPT

Komponen	Lower Level	Upper Level	Tingkat Kecanggihan
Technoware	4	6	*Special Facility*
Humanware	4	6	*Reproducing Ability*
Infoware	3	5	*Specifying Facts*
Orgaware	4	6	*Protecting Framework*

Analisis Komponen *Technoware*

Analisis komponen *Technoware* didasarkan pada tingkat kecanggihan perangkat keras yang berhubungan langsung dengan proses pengkajian dan penerapan (Jirap) teknologi Ina-CBT, mulai dari *Desktop Study*, Survey, Desain Rekayasa, Pembuatan Model, Desain Proses Manufaktur dan Pengujian sehingga menghasilkan produk akhir yang siap untuk digelar. Analisis ini dilakukan dengan melakukan estimasi tingkat kecanggihan terhadap peralatan atau mesin utama yang digunakan di unit-unit kerja Divisi CBT BPPT. Kondisi perangkat teknologi yang terdapat di unit-unit kerja Divisi CBT masih dalam keadaan yang relatif cukup baik untuk proses Jirap Ina-CBT. Kondisi tersebut tercermin pada tingkat kecanggihan perangkat teknologi yang berada pada kategori sedang (mesin serba guna atau *general facility* hingga mesin khusus atau *special purpose facility*). *General facility* adalah mesin dan peralatan untuk operasional secara umum dan operasi sepenuhnya dilakukan oleh operator, sedangkan *special facility* adalah mesin dan peralatan dengan operasi khusus dan pengendalian operasi sepenuhnya dilakukan oleh operator.

Tahap *desktop study* merupakan tahap awal proses Jirap Ina-CBT. Pada tahap ini semua unit kerja menggunakan mesin dan peralatan dengan kategori fasilitas serba guna atau *General Facility*, misalkan komputer atau laptop, jaringan komputer dan internet (nilai 3 sampai dengan 5) yang digunakan untuk melakukan pencarian bahan kepustakaan misalnya artikel ilmiah, dokumen manual dan berbagai dokumen terkait *Standard Operating Procedures* serta melakukan kajian untuk Jirap CBT.

Pada tahapan berikutnya, penggunaan mesin dan peralatan telah disesuaikan dengan kompetensi dan penugasan yang diberikan terhadap masing-masing unit kerja. Misalnya: Survey karakteristik laut dalam untuk penggelaran kabel dan OBU. Survey di laut dangkal dan di pantai untuk mendapatkan karakteristik topography pantai dalam rangka pembangunan *Landing Station*. Berikutnya adalah kegiatan desain rekayasa (termasuk pemodelan) yang dilakukan oleh seluruh unit kerja dan dilanjutkan dengan kegiatan pengujian. Adapun berbagai fasilitas yang digunakan pada tahapan tersebut menggunakan mesin dan peralatan yang termasuk fasilitas khusus atau *Special Purpose Facility* dengan penilaian 4 sampai dengan 6. Khusus untuk tahapan setelah desktop study ini, terdapat beberapa unit yang membutuhkan peningkatan kualitas dari fasilitasnya seperti fasilitas fisik untuk pemodelan tsunami serta perangkat dari fasilitas pengujian *Electromagnetic Compatibility*.

Berdasarkan nilai median dari estimasi terhadap komponen *Technoware* didapatkan hasil nilai 4 sampai dengan 6 yang berarti bahwa komponen Technoware yang digunakan adalah termasuk fasilitas khusus atau *Special Purpose Facility*. Selanjutnya dilakukan perbandingan (*benchmarking*) terhadap fasilitas yang dimiliki oleh institusi luar negeri seperti Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC) di Jepang yang memiliki mesin dan peralatan sejenis namun sudah masuk dalam kategori fasilitas terpadu atau *Integrated Facility* (JAMSTEC, 2021).

Selain itu, hasil pengolahan data dengan menggunakan metode *Mann-Whitney* memperoleh nilai probabilitas sebesar 0,004 pada taraf nyata 0,05 atau H_0 ditolak, yang berarti terdapat kesenjangan antara kondisi perangkat teknologi pada unit kerja Divisi CBT dengan acuan *benchmarking* sehingga harapan dari manajemen BPPT adalah meningkatkan kualitas fasilitas Jirap agar dapat mencapai tingkat Integrated Faciltity.

Analisis Komponen *Humanware*

Perangkat manusia dianalisis berdasarkan tahapan pekerjaan (seperti yang dilakukan pada perangkat Technoware) karena kegiatan Jirap Ina-CBT di setiap unit kerja BPPT dilakukan menggunakan sistem tata kerja kerekayasaan (STKK) berupa tim terdiri dari Troika (Kepala Program, Chief Engineer dan Project Manager), Group Leader, Leader dan Engineering Staff, sehingga untuk kelancaran dan tercapainya target kegiatan dalam STKK juga merupakan hasil kerja satu tim. Adapun proses pendugaan tingkat kecanggihan perangkat manusia dilakukan mulai dari tingkat unit kerja yang kemudian diagregasi ke tingkat BPPT berdasarkan nilai mediannya.

Pada tahapan kegiatan *Desktop Study*, Survey, Pengambilan Sampel, Pemodelan dan Testing, unit-unit kerja Divisi CBT BPPT telah memiliki kemampuan mengelola dan mereproduksi atau *Reproducing Ability* (nilai 4 sampai dengan 6) dengan menggunakan peralatan produksi yang telah disediakan oleh unit kerjanya seperti komputer dan peralatan produksi lainnya. Tahapan kegiatan tersebut juga mensyaratkan SDM tim perekayasa untuk bekerja berdasarkan SOP tertentu yang memang harus diikuti secara konsisten berdasarkan kaidah-kaidah kerekayasaan.

Untuk melakukan kegiatan Jirap Ina-CBT, perangkat manusia telah mampu melakukan pekerjaan sesuai arahan atasan.

Khusus untuk tahap desain rekayasa, SDM tim perekayasa telah mampu untuk menyempurnakan dan berinovasi atau *Innovating Ability* (nilai 7 sampai dengan 8) dengan peralatan produksi yang digunakan. Misalnya, tim perekayasa mampu menganalisis kekurangan sistem CBT yang pernah dibangun sebelumnya (baik dalam maupun luar negeri) untuk kemudian melakukan perbaikan, pengembangan dan berinovasi dalam rangka menghasilkan sistem Ina-CBT yang lebih baik daripada generasi Ina-CBT sebelumnya.

Berdasarkan nilai median dari estimasi terhadap komponen *Humanware* didapatkan hasil nilai 4 sampai dengan 6 yang berarti bahwa perangkat SDM memiliki kemampuan mengelola dan mereproduksi atau *Reproducing Ability*. Selanjutnya dilakukan perbandingan (*benchmarking*) terhadap kemampuan *Humanware* dari JAMSTEC dan National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED) di Jepang, dimana institusi-institusi tersebut telah memiliki sejarah panjang dalam melakukan kegiatan litbang Jirap, serta mengoperasikan dan melakukan pemeliharaan *Cable Based Tsunameter* sehingga kemampuan *Humanware*nya sudah termasuk dalam kategori *Innovating Ability* (JAMSTEC, 2021; NIED, 2020). Dari hasil pengolahan data dengan menggunakan metode *Mann-Whitney* diperoleh nilai probabilitas sebesar 0,0035 (*Lower Level*) dan 0,0105 (*Upper Level*) pada taraf nyata 0,05 atau H_0 ditolak, yang berarti terdapat kesenjangan antara kondisi perangkat *Humanware* pada unit kerja Divisi CBT dengan acuan *benchmarking* sehingga harapan dari manajemen Divisi CBT agar SDM di unit kerja dapat lebih meningkatkan kemampuan dalam melakukan improvisasi (penyempurnaan) dan berinovasi pada proses Jirap Ina-CBT.

Analisis Komponen *Infoware*

Komponen infoware yang digunakan adalah: (i) aplikasi ICT (modul, SOP/panduan); (ii) SOP/Panduan terkait peralatan proses operasi; (iii) SOP/Panduan terkait jaminan kualitas layanan; dan (iv) Informasi fasilitas infrastruktur (Laboratorium, Kantor dan Jaringan). Dalam hal ini, manajemen BPPT mampu menyediakan informasi terkait prosedur kerja, peralatan kerja serta kebijakan-kebijakan terkait proses tranformasi bahan baku menjadi produk jadi (Ina-CBT) yang dapat diakses oleh SDM.

Berdasarkan estimasi terhadap perangkat *Infoware* khusus aplikasi ICT (dalam bentuk modul, SOP/Panduan), maka didapatkan hasil sebagai berikut: kemampuan *Infoware* khusus aplikasi ICT berada dalam tingkat *Utilizing Facts* yaitu informasi yang memungkinkan penggunaan fasilitas litbang jirap secara efektif dengan nilai 4 sampai dengan 6. Di sisi lain, untuk komponen *Infoware* SOP/Panduan terkait peralatan proses operasi dan jaminan kualitas pelayanan serta informasi fasilitas infrastruktur memiliki tingkat *Specifying Facts* (nilai 4 sampai dengan 5) atau informasi yang memungkinkan untuk memilih (menyeleksi) dan memasang (menginstalasi) fasilitas.

Dari hasil estimasi terhadap perangkat *Infoware* menghasilkan nilai median sebesar dari 3 sampai dengan 5. Median tersebut memberi arti bahwa perangkat informasi pada unit-unit kerja BPPT yang terlibat dalam kegiatan litbang Jirap Ina-CBT memiliki kemampuan yang memungkinkan untuk menyeleksi/memilih mesin dan memasang/menginstall peralatan produksi secara efektif. Perangkat informasi tersebut antara lain: spesifikasi mesin/peralatan, tata letak, diagram alir, spesifikasi komponen bahan baku, sketsa teknik, *blueprint* teknik, dan perincian fabrikasi.

Selanjutnya dilakukan perbandingan (*benchmarking*) terhadap kemampuan *Infoware* yang dimiliki oleh JAMSTEC dan NIED di Jepang yang telah memiliki berbagai komponen *Infoware* baik aplikasi ICT maupun SOP/Panduan terkait peralatan proses operasi dan jaminan kualitas pelayanan serta informasi fasilitas infrastruktur dan pemberian layanan ke seluruh dunia termasuk juga ke Indonesia), dimana komponen *Infoware* tersebut diestimasi tingkat kecanggihannya sudah masuk dalam kategori Informasi Untuk Penilaian atau *Asessing Facts* (JAMSTEC, 2021; NIED, 2020).

Kemudian, dari hasil pengolahan data dengan menggunakan metode *Mann-Whitney* diperoleh nilai probabilitas sebesar 0,016 pada taraf nyata 0,05 atau H_0 ditolak, yang berarti terdapat kesenjangan antara kondisi perangkat *Infoware* di unit kerja Divisi CBT dengan acuan *benchmarking* sehingga harapan dari manajemen unit kerja BPPT adalah berharap agar komponen *Infoware*nya menjadi informasi yang bersifat *State of the arts* dan terkait langsung (atau mampu memberikan penilaian) terhadap berbagai

fasilitas untuk tujuan litbang Jirap Ina-CBT sehingga dapat menghasilkan output yang lebih presisi dan efisien khususnya pada proses desain rekayasanya.

Analisis Komponen *Orgaware*

Komponen *Orgaware* dengan aspek Struktur organisasi dan hubungan antar bagian, Fasilitas Kerja dan Perencanaan Peningkatan Kompetensi Organisasi berdasarkan estimasi/pendugaan memiliki tingkat kecanggihan berupa Kerangka Kerja Perlindungan atau *Protecting Framework* (dengan nilai mulai dari 4 sampai dengan 6). Hal ini dikarenakan unit-unit kerja Divisi CBT BPPT telah memiliki sistem manajemen yang baku, diakui pihak ketiga, mampu mengidentifikasi kebutuhan yang potensial dan jaringan kerjasama yang terus berkembang dengan Pusat Pelayanan Teknologi BPPT (atau organisasi eksternal) dalam upaya untuk memasarkan produk-produk yang dihasilkan dari kegiatan litbang jirap. Khusus untuk aspek Manajemen Mutu, unit-unit kerja BPPT memiliki tingkat kecanggihan orgaware yang termasuk pada Kerangka Kerja Pemantapan atau *Stabilizing Framework* (dengan nilai dari 5 sampai dengan 7) karena organisasi memiliki jaringan kerjasama yang terus berkembang dan telah mampu memantapkan bentuk kompetitifnya melalui peningkatan pangsa pasar serta kualitas dan variasi layanan dan produk secara berkelanjutan. Hal tersebut dibuktikan dengan pemberlakuan sistem manajemen mutu yang baku, misalnya penggunaan SNI ISO/IEC 17025:2008 dan 17025:2005 dan telah memperoleh akreditasi dari KAN yang menunjukkan pemenuhan persyaratan dokumen dan rekaman wajib dalam klausul ISO/IEC 17025. Secara keseluruhan, perangkat *Orgaware* menghasilkan nilai median sebesar dari 4 sampai dengan 6 atau *Protecting Framework*.

Selanjutnya dilakukan perbandingan (*benchmarking*) terhadap kemampuan *Orgaware* yang dimiliki oleh JAMSTEC dan NIED di Jepang untuk pelaksanaan litbang Jirap serta invensi dan inovasinya, maka tingkatan komponen Orgaware JAMSTEC dan/atau NIED mencapai tingkatan Kerangka Kerja Kepemimpinan atau *Leading Framework* (JAMSTEC, 2021; NIED, 2020), dimana:

- JAMSTEC dan NIED telah menjadi *world leader* dalam IPTEK di bidang kebumian dan kelautan (*Marine-Earth Science And Technology*) serta kebencanaan.
- Dengan menjadi *world leader* berarti JAMSTEC dan NIED sudah memiliki perencanaan (termasuk rencana aksi) pada berbagai periode waktu dalam rangka mengantisipasi perkembangan IPTEK dan kemungkinan terjadinya bencana.
- JAMSTEC dan NIED memiliki fasilitas dengan sofistikasi yang tinggi dan mampu dalam penciptaan teknologi secara mandiri melalui proses litbang jirap dengan tingkatan yang sangat tinggi, dan fokus penuh pada penelitian dasar serta memiliki manajemen organisasi yang sangat professional.
- JAMSTEC dan NIED memiliki akses kerjasama dengan organisasi publik/swasta terkemuka (misalnya: NEC Jepang), akses keuangan dari lembaga finansial baik nasional dan internasional serta menjadi lembaga rujukan baik untuk pendidikan, pelatihan maupun untuk litbang jirapnya.

Selain itu, dari hasil pengolahan data dengan menggunakan metode *Mann-Whitney* diperoleh nilai probabilitas sebesar 0,015 pada taraf nyata 0,05 atau H_0 ditolak, yang berarti terdapat kesenjangan antara kondisi perangkat *Infoware* di unit kerja Divisi CBT dengan acuan *benchmarking* sehingga harapan dari manajemen unit kerja adalah agar komponen *Orgaware*nya dapat memiliki kemampuan kerangka kerja kepemimpinan misalnya dengan melakukan perencanaan untuk peningkatan kompetensi organisasi, fasilitas kerja dan hubungan kerja antar unit.

Analisis Kemampuan Teknologi

Analisis kemampuan teknologi dilakukan dengan memberi penilaian terhadap empat hal yang terkait dengan kemampuan teknologi antara lain yaitu kemampuan pemanfaatan, kemampuan kompilasi, kemampuan akuisisi dan kemampuan penciptaan yang dimiliki oleh unit kerja BPPT dengan dilihat dari keadaan umum kegiatan Jirap CBT baik di Indonesia maupun di tingkat internasional, seperti di Jepang, Kanada dan Taiwan. Hasil penilaian terhadap komponen kemampuan teknologi di unit-unit kerja Divisi CBT secara menyeluruh dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Penilaian Kemampuan Teknologi

Kemampuan Teknologi	BPPT	Benchmark (JAMSTEC/ NIED)
Kemampuan Pemanfaatan Teknologi	4	5
Kemampuan Kompilasi Teknologi	3	5
Kemampuan Akuisisi Teknologi	3	4
Kemampuan Penciptaan Teknologi	3	5
Median	3	5

Hasil pengolahan data untuk penilaian kemampuan teknologi, pada kolom pengamatan (BPPT) terdapat nilai median sebesar 3. Median tersebut memberi arti bahwa kemampuan teknologi yang dimiliki Unit Kerja BPPT saat ini berada pada posisi terbaik secara nasional sebagai pengembang CBT. Bila dilakukan *benchmarking* terhadap JAMSTEC Jepang, manajemen BPPT menginginkan agar dapat memiliki kemampuan teknologi sebaik pihak Jepang yang mampu melaksanakan kegiatan Jirap, mengoperasikan dan melakukan pemeliharaan CBT secara berkelanjutan.

Analisis Kemampuan Pemanfaatan Teknologi

Analisis kemampuan pemanfaatan teknologi bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan pihak manajemen unit kerja BPPT dalam mengendalikan kegiatan operasional, pengawasan dan pemeliharaan komponen teknologi dalam proses produksi dan aktivitas pendukung lainnya. Kemampuan pemanfaatan terdiri dari: kemampuan dalam menggunakan dan mengendalikan komponen teknologi, serta kemampuan untuk merencanakan kegiatan (perencanaan, penjadwalan, desain rekayasa, pembuatan model, manufaktur peralatan, integrasi dan pengujian), serta kemampuan untuk melaksanakan perbaikan preventif dengan rutin. BPPT juga telah memiliki pengalaman dalam penggelaran CBT.

Kegiatan penggunaan dan pengendalian terhadap komponen teknologi dilakukan oleh pegawai unit kerja dalam organisasi tata kerja kerekayasaan. Kegiatan perencanaan dan penjadwalan produksi dilakukan oleh Troika dan pengimplementasiannya dilaksanakan oleh para Group Leader, Leader dan Engineering Staff. Pelaksanaan kegiatan perbaikan preventif dilakukan jika terjadi kendala atau kerusakan pada perangkat teknologi.

Sejauh ini unit-unit kerja BPPT telah memiliki kemampuan pemanfaatan teknologi karena pada saat ini, Divisi CBT BPPT merupakan satu satunya institusi yang melakukan Jirap CBT di Indonesia yang telah mencapai Generasi ke tiga dan telah direncanakan untuk digelar. Sebelumnya, BPPT dan ITB pernah bekerjasama melakukan Jirap CBT yang digelar di wilayah segmen Megathrust Mentawai-Siberut pada 25 Juli 2020.

Berdasarkan hasil pengamatan, kemampuan pemanfaatan teknologi yang dimiliki unit kerja BPPT berada pada posisi sama dengan pengguna teknologi lainnya dalam mengembangkan CBT secara internasional seperti Jepang, Taiwan dan Kanada, dalam artian BPPT telah berpengalaman dalam menggelar Ina-CBT (G1 dan G2) serta ke depannya akan terus direncanakan penggelaran Ina-CBT generasi berikutnya. Untuk menjaga keberlanjutannya, perlu dilakukan pengoperasian dan pemeliharaan Ina-CBT secara periodik. Oleh karena itu, fasilitas BPPT perlu ditingkatkan antara lain: kapal riset, kendaraan bawah laut otonom, peralatan untuk riset dasar laut, fasilitas uji fisik gempa bumi dan tsunami, perangkat komputer (workstation) dan aplikasi untuk pemodelan dan simulasi gempa bumi dan tsunami.

Analisis Kemampuan Kompilasi Teknologi

Analisis kemampuan kompilasi teknologi bertujuan untuk mengetahui bagaimana kemampuan pihak manajemen unit kerja BPPT dalam mengoptimalkan pengalaman untuk meningkatkan kinerja teknologi yang digunakan. Analisis ini mencakup kegiatan penyediaan seluruh fasilitas yang dibutuhkan, kemampuan membuat prosedur operasional dengan baik dan mobilisasi semua sumber daya dalam proses produksi serta aktivitas pendukung lainnya.

Untuk kemampuan kompilasi teknologi, BPPT merupakan institusi yang terbaik secara nasional sebagai pengguna teknologi dalam mengembangkan CBT karena pada saat ini proses Jirapnya telah mencapai Generasi Ke 3 dimana pengelolaan fasilitas, prosedur operasional dan mobilisasi sumberdaya manusia telah berjalan dengan baik sehingga mampu melakukan penggelaran Ina-CBT sebanyak 2 generasi. Diharapkan agar posisi

sebagai yang terdepan saat ini secara nasional kedepannya akan dapat ditingkatkan pada minimal tingkat kemampuan yang sejajar dengan negara-negara lain pengguna teknologi CBT. Dengan berada di posisi tersebut, kemampuan unit kerja BPPT diharapkan akan menjadi maksimal dan kinerjanya dapat berjalan secara optimal.

Kegiatan yang berhubungan dengan penyediaan seluruh fasilitas yang dibutuhkan di unit kerja BPPT sepenuhnya ditentukan oleh Pimpinan Unit Kerja dan Troika organisasi kerekayasaan. Para Group Leader dan Leader selaku pihak yang bertanggung jawab mengoperasikan fasilitas memberikan laporan tentang jenis fasilitas yang dibutuhkan kepada Troika untuk kemudian didiskusikan bersama Pimpinan Unit Kerja. Upaya pembuatan prosedur operasional yang terdapat di unit kerja dan fasilitasnya sejauh ini sudah berjalan dengan baik. Proses pembuatan prosedur tersebut disesuaikan dengan rekomendasi kegiatan desain rekayasa dan uji coba (dalam bentuk Program Manual) yang dikeluarkan oleh Troika. Kegiatan mobilisasi sumber daya yang ada di unit kerja BPPT selama ini sudah berjalan baik, utamanya dalam pelaksanaan kegiatan operasional.

Analisis Kemampuan Akuisisi Teknologi

Analisis kemampuan akuisisi teknologi bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan pihak manajemen unit kerja dalam melakukan perubahan dengan mencari dan mengakuisisi teknologi dari pihak lain, termasuk dalam hal kegiatan pembaruan atau memperbaiki semua komponen teknologi melalui pencarian, seleksi, negosiasi dan penyusunan waktu pembelian.

Untuk kemampuan akuisisi teknologi, BPPT merupakan institusi yang terbaik secara nasional sebagai pengguna teknologi dalam mengembangkan CBT karena pada saat ini proses Jirapnya telah mencapai Generasi Ke 3. Diharapkan agar posisi ini dapat ditingkatkan pada minimal tingkat kemampuan yang sejajar dengan negara-negara lain pengguna teknologi CBT. Hal ini disebabkan oleh adanya beberapa teknologi CBT yang berbeda karakteristiknya yang perlu disesuaikan dengan kondisi geografis dimana CBT akan digelar. Selain itu faktor lainnya seperti kemudahan dalam melakukan penggelaran dan ketersediaan anggaran juga ikut menentukan jenis teknologi CBT yang dipilih. Dengan memiliki kemampuan yang minimal sejajar dengan negara lain, maka kegiatan untuk menghasilkan berbagai kekayaan intelektual (paten, desain rangkaian elektronika) dapat dilakukan secara maksimal.

Kemampuan unit kerja dalam mengidentifikasi sumber–sumber teknologi dilakukan oleh Troika organisasi kerekayasaan setelah mendapat laporan tentang komponen teknologi yang dibutuhkan dari para Group Leader dan Leader. Upaya negosiasi untuk memperoleh/mengejar teknologi telah dilakukan dengan baik oleh pihak manajemen unit kerja. Hal tersebut tercermin dari keinginan untuk selalu berusaha menjalin hubungan dengan institusi yang berpengalaman mengembangkan teknologi deteksi dini tsunami (termasuk CBT) di negara maju.

Untuk menganalisis teknologi yang ditawarkan akan disesuaikan dengan perkembangan situasi yang ada seperti keuntungan sosial-ekonomi, politik dan kebijakan pemerintah. Untuk mendapatkan komponen teknologi yang baru, pimpinan unit kerja bersama Troika mempelajari data dan informasi yang digunakan dalam proses Jirap untuk kemudian menterjemahkannya ke dalam rancangan fasilitas yang dibutuhkan.

Analisis Kemampuan Penciptaan Teknologi

Analisis kemampuan penciptaan teknologi bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan pihak manajemen dalam melakukan adaptasi dan inovasi dengan mengembangkan teknologi baru. Analisis kemampuan penciptaan ini meliputi pengembangan produk, proses dan teknik yang baru; membangun *prototype* dan pengembangan model; serta penyusunan modal untuk implementasi inovasi.

Kemampuan penciptaan teknologi yang dimiliki BPPT saat ini berada pada posisi terbaik secara nasional sebagai pengguna teknologi dalam mengembangkan CBT terbukti proses Jirapnya yang telah mencapai Generasi Ke 3. Diharapkan BPPT dapat memiliki kemampuan teknologi yang minimal sejajar dengan negara-negara lain dalam proses Jirap CBT, dimana setelah terbangun dan digelar, BPPT juga mampu melakukan uji komunikasi (dan pemeliharaan) saat tahap operasional untuk memastikan datanya dapat digunakan setiap saat. Dengan memiliki kemampuan yang minimal sejajar dengan negara lain, maka kegiatan untuk menghasilkan berbagai kekayaan intelektual (paten, desain rangkaian elektronika) dapat dilakukan secara maksimal.

Negara-negara yang menjadi acuan pihak BPPT

adalah negara yang telah mampu mengoperasikan dan memelihara teknologi CBT dalam sistem peringatan dini tsunami (TEWS). Hal yang sangat beralasan karena teknologi CBT yang digunakan tersebut dapat memenuhi tuntutan kebutuhan yang ada di negara itu. Salah satu tuntutan tersebut adalah setiap peristiwa yang menyebabkan terjadinya *typical* atau *atypical tsunami* harus dapat dideteksi segera setelah kejadian. Kemudian, data terkait peristiwa tersebut dan kejadian ikutannya (misalnya: perubahan tekanan, kecepatan arus dan kolom air laut) harus segera dikirim ke Command Center untuk dianalisis untuk selanjutnya dapat diambil keputusan apakah peristiwa tersebut menyebabkan terjadinya tsunami atau tidak.

Kemampuan dalam pengembangan produk, proses dan teknik yang baru sudah dapat dilakukan di unit-unit kerja BPPT. Hal tersebut diperlihatkan dengan upaya pihak manajemen untuk menguji coba setiap jenis komponen baku Ina-CBT antara lain: peralatan elektronik, kabel Fiber Optik, dan *Canister* untuk *Ocean Bottom Unit* guna menghasilkan produk jadi (Ina-CBT) dengan kualitas terbaik. Kemampuan unit kerja BPPT dalam membangun *prototype* dan pengembangan model Ina-CBT sudah menunjukkan hasil yang baik. Hal ini terbukti dengan kinerja unit-unit kerja BPPT yang telah berhasil membangun Ina-CBT Generasi 1 sampai dengan Generasi 3 dengan berbasis pada hasil desain rekayasa dan pengujian yang telah dilaksanakan.

Hasil pengolahan data dengan menggunakan metode *Mann-Whitney* memperoleh nilai probabilitas sebesar 0,032 pada taraf nyata 0,05. Oleh karena itu, H_0 ditolak dan H_1 diterima yang berarti terdapat perbedaan antara kemampuan

teknologi pada unit-unit kerja Divisi CBT dengan pihak JAMSTEC/NIED. Perbedaannya adalah pada pengalaman panjang dalam pembangunan, pengoperasian dan pemeliharaan CBT oleh JAMSTEC/NIED dan dengan didukung penuh oleh pihak pemerintah dan industrinya. Kombinasi antara pengalaman dan pengetahuan tersebut menjadikan Jepang sebagai negara terkemuka di dunia dalam penerapan teknologi CBT untuk mendeteksi bencana tsunami.

KESIMPULAN

Manajemen teknologi pada proses Jirap Ina-CBT yang diterapkan oleh unit-unit kerja BPPT telah berjalan cukup baik dimana tingkat kecanggihan untuk masing-masing komponen adalah sebagai berikut:

Komponen *Technoware* berada pada level *Special Purpose Facility*, yaitu penggunaan mesin/peralatan untuk operasional khusus (dengan tujuan tertentu) dan pengendalian operasi sepenuhnya dilakukan oleh operator

- Komponen *Humanware* berada pada level *Reproducing Ability*, yaitu kemampuan dalam mengelola/ mereproduksi mesin dan peralatan produksi
- Komponen *Infoware* pada level *Specifying Facts*, yaitu kemampuan yang memungkinkan untuk melakukan pemilihan (menseleksi) dan pemasang (menginstall) fasilitas produksi, antara lain berupa spesifikasi mesin dan peralatan, tata letak, diagram alir, spesifikasi bahan mentah, sketsa teknik, blueprint teknik, perincian fabrikasi.
- Komponen *Orgaware* pada level *Protecting Frameworks*, yaitu kemampuan dalam mengetahui produk lain, kebutuhan lain atau pasar yang baru dan memutuskan untuk memproduksi dan memasarkan dengan menggunakan jaringan yang telah disiapkan dengan baik dimana semuanya itu adalah berdasarkan pengalaman dan reputasi yang dicapai selama fase kerangka kerja penjelajahan (*Venturing Frameworks*). Pada tahap Protecting Frameworks, organisasi sudah memiliki jaringan kerjasama yang terus berkembang, memiliki sistem manajemen yang baku, diakui pihak ketiga, serta mampu mengidentifikasi kebutuhan yang potensial

Tingkat kecanggihan tersebut di atas masih dapat ditingkatkan karena pada integrasi keempat komponen teknologi di unit-unit kerja BPPT, untuk pengembangan dan pengendalian komponen *Technoware* dilakukan oleh komponen *Humanware*, berdasarkan acuan dari *Infoware*, dan dalam kerangka pengaturan dan pengelolaan oleh *Orgaware*. Hal ini menyatakan bahwa komponen *Humanware* merupakan komponen yang terpenting dalam mengendalikan komponen teknologi lainnya.

Pada aspek kemampuan pemanfaatan teknologi, BPPT merupakan satu-satunya institusi yang melakukan proses Jirap Ina-CBT di Indonesia dan kemampuan tersebut dapat disejajarkan dengan kemampuan negara lain seperti Jepang, Taiwan dan Kanada. Hal tersebut disebabkan BPPT telah memiliki pengalaman dalam menggelar Ina-CBT (G1 dan G2), sehingga pengalaman tersebut dapat digunakan untuk melakukan proses Jirap Ina-CBT generasi berikutnya.

Selain itu, pengalaman penggelaran Ina-CBT Generasi 1 dan 2 serta proses Jirap untuk membangun Ina-CBT Generasi 3 yang sedang dilaksanakan saat ini telah membuktikan bahwa pengelolaan fasilitas, prosedur operasional dan mobilisasi sumberdaya manusia di unit-unit kerja BPPT telah berjalan dengan baik.

Untuk aspek kemampuan akuisisi teknologi, BPPT merupakan institusi yang handal secara nasional. Pada akusisi teknologi, BPPT mampu melakukan pemilihan terhadap beberapa teknologi CBT dari pengembang lainnya dari negara lain (Jepang, Kanada, Taiwan) yang berbeda karakteristiknya dan perlu disesuaikan dengan kondisi geografis dimana CBT akan digelar. Selain itu faktor lainnya seperti kemudahan dalam melakukan penggelaran dan ketersediaan anggaran juga ikut menentukan jenis teknologi CBT yang dipilih. Dengan kemampuan akuisisi teknologi tersebut, unit-unit kerja BPPT telah dapat mengembangkan Ina-CBT yang sesuai dengan karakteristik geografi dan geologi dasar laut di Indonesia untuk implementasi sistem peringatan dini tsunami.

Untuk aspek kemampuan penciptaan teknologi, BPPT merupakan institusi yang terbaik secara nasional dimana kinerja tersebut didukung oleh ketersediaan sumberdaya manusia yang sangat mumpuni dan fasilitas yang dimiliki. Kompetensi SDM dan dukungan fasilitas tersebut diwujudkan dalam proses Jirap terutama dalam aspek desain rekayasa dan pengujian terhadap Ina-CBT.

SARAN

Peningkatan manajemen teknologi pada proses Jirap Ina-CBT perlu terus dilakukan oleh pihak manajemen BPPT dalam proses pembelajaran dan pengimplementasiannya untuk memastikan tercapainya kualitas produk akhir Ina-CBT sesuai spesifikasi yang direncanakan.

Berdasarkan kondisi yang ada di unit kerja, peningkatan manajemen teknologi dapat dilakukan dengan cara antara lain sebagai berikut:

- Upaya pengembangan tingkat kecanggihan perangkat *Technoware* dari fasilitas (mesin dan peralatan) yang berkategori *special purpose* hingga menjadi fasilitas terpadu perlu mempertimbangkan apakah proses pengembangan tersebut dilakukan melalui kegiatan alih teknologi atau pengembangan teknologi lokal. Terdapat beberapa unit kerja yang memerlukan peningkatan komponen *Technoware* antara lain fasilitas uji fisik gelombang tsunami dan fasilitas peningkatan untuk uji EMC

  Peningkatan kemampuan *Humanware* di unit unit kerja yang terlibat di proses Jirap Ina CBT perlu dilakukan secara berkelanjutan, karena sumber daya manusia (SDM) merupakan komponen yang terpenting dalam mengendalikan komponen teknologi lainnya. Upaya peningkatan kemampuan tersebut dapat dilakukan antara lain dengan i)pembelajaran dalam melakukan perubahan; dan ii)pembelajaran dalam melakukan kegiatan operasional. Proses pembelajaran tersebut dapat dilaksanakan melalui pelatihan dalam kegiatan operasional (*on the job training*) atau pelatihan khusus di luar kegiatan operasional (*off the job training*)
- Upaya yang dapat diterapkan dalam rangka meningkatkan pemanfaatan komponen *Infoware* adalah dengan menyediakan informasi terkini dalam Website resmi organisasi, penyediaan semua SOP dan Panduan yang dibutuhkan pada proses Jirap Ina-CBT pada semua fasilitas dan memperkuat pengelolaan ilmu pengetahuan secara terstruktur melalui *Knowledge Management System* sehingga seluruh pengetahuan, keterampilan dan pengalaman pegawai yang menjadi sumber informasi dapat di akses oleh pegawai lainnya. Selain itu juga dibutuhkan peningkatan kualitas program aplikasi dalam rangka mencapai tingkat penguasaan desain rekayasa yang unggul, simulasi model dan pengujian Ina-CBT dalam rangka menghasilkan produk sesuai dengan spesifikasi yang telah direncanakan.
- Upaya yang perlu diperhatikan dalam rangka meningkatkan kualitas *Orgaware* di unit-unit kerja adalah penataan dan perbaikan manajemen organisasi secara terus menerus.

DAFTAR PUSTAKA

Adiwinanto, T. 2008. Analisis Manajemen Teknologi Proses Di Pabrik Biodiesel Skala Percontohan Balai Rekayasa Disain Dan Sistem Teknologi. *Skripsi*. Institut Pertanian. Bogor.

Alkadri, dkk, 1999. Manajemen Teknologi untuk Pengembangan Wilayah. PPKTPW, BPPT.

Aoi, S., Asano, Y., Kunugi, T., Kimura, T., Uehira, K., Takahashi, N., Ueda, H., Shiomi, K., Matsumoto, T., Fujiwara, H.

2020. MOWLAS: NIED Observation Network For Earthquake, Tsunami And Volcano. *Earth, Planets and Space.* Vol 72:126

Baihaki, Daryanto, A., Hermawati, W. 2010. Kajian Strategi Bisnis Dan Teknologi Produksi Bihun Jagung Untuk Meningkatkan Inovasi Dan Daya Saing PT. Subafood Pangan Jaya. *Jurnal Manajemen Dan Agribisnis.* Vol 7:132-145.

BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi). 2020. Grand Design Penguatan dan Pengembangan Ina-TEWS 2019-2024.

Cetindamar, D., Wasti, N., Beyhan, B. 2012. Technology Management Tools And Techniques: Factors Affecting Their Usage And Their Impact On Performance. *International Journal of Innovation and Technology Management*. Vol 9, No. 5.

Fujiwara, N., Hishiki, K., Katayama, T. 2010. Ocean-Bottom Seismographic Observation Systems. NEC Technical Journal Vol 5:56- 60.

Helfat, C., Peteraf, M. 2003. The Dynamic Resource-Based View: Capability Lifecycles. *Strategic Management Jornal*. Vol 24: 997- 1010.

Hsiao, NC., Lin, TW., Hsu, SK., Kuo, KW., Shin, TC., Leu, PL. 2014. Improvement of Earthquake Locations with the Marine Cable Hosted Observatory (MACHO) offshore NE Taiwan. Marine Geophysical Research. Vol 35: 327-336.

JAMSTEC (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology). 2021. Forward to Integrated Understanding of the Oceans, the Earth, Life, Humanity, and Create the Future of the Earth by Co-Creation with Society. www.jamstec.go.jp

Kawaguchi, K., Kaneda, Y., Araki, E. 2008. The DONET: A real-time seafloor research infrastructure for the precise earthquake and tsunami monitoring. *Proceedings of Oceans'08 MTS/IEEE Kobe/Techno-Ocean '08.* Kobe, Japan.

Mulia, IE., Satake, K. 2020. Developments of Tsunami Observing Systems in Japan. Frontiers in Earth Science. Vol 8:145. doi:10.3389/feart.2020.00145.

NIED (National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience). 2020. Science for Resilience. NIED Integrated Report.

http://www.bosai.go.jp/introduction/open/evaluation/annual.html

Sriwidadi, T., 2011. Penggunaan Uji Mann Whitney Pada Analisis Pengaruh Pelatihan Wiraniaga Dalam Penjualan Produk Baru. *Binus Business Review* Vol 2:751-762.

Schmidt, D., Wilcock, W., LeVeque, R., Gonzales, F., Cram, G., Manalang, D., Harrington, M., Roland, E., Bodin, P. 2019. Earthquake and Tsunami Early Warning on The Cascadia Subduction Zone: A Feasibility Study for an Offshore Geophysical Monitoring Network. University of Washington. Seattle.

Sharif, N. 1993. Technology Management Indicators for Developing Countries. *TDRI Quarterly Review*. Vol 8:17-24

Smith, R., Sharif, N. 2007. Understanding And Acquiring Technology Assets For Global Competition. *Technovation*. Vol 27:643-649.

Takahashi, T., Imai, K., Isibashi, M., Sueki, K., Obayashi, R., Tanabe, T., Tamazawa, F., Baba, T., Kaneda, Y. 2017. Real-Time Tsunami Prediction System Using DONET. *Journal of Disaster Research* Vol 12:766-774

Unsal, E., Cetindamar, D. 2015. Technology Management Capability: Definition And Its Measurement. *European International Journal of Science and Technology.* Vol 4:181-196.

Winter, S. 2000. The satisficing principle in capability learning. *Strategic Management Journal.* Vol 21: 981-996.