

**AKSELERASI INOVASI PRODUK LITBANG BERBASIS TEKNOLOGI NANO
MELALUI PENDEKATAN TECHNOPENUERSHIP**

***ACCELERATION OF INNOVATION ON NANO BASED TECHNOLOGY PRODUCT:
AN ANALYTICAL APPROACH OF TECHNOPENUERSHIP***

Lutfah Ariana^{1*}, Mia Rahma Romadona²

^{1*}Pusat Penelitian Kebijakan dan Manajemen Iptek dan Inovasi
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)
Email: lutfah.ariana@lipi.go.id

² Pusat Penelitian Kebijakan dan Manajemen Iptek dan Inovasi
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)
Email: romadona.mia@gmail.com

*Penulis korespondensi: lutfah.ariana@lipi.go.id

ABSTRACT

The challenges that often arise in the dissemination of government R&D are the ability to manage technology products and the gap in technical and business capabilities that have not been able to penetrate the market. Technopreneurship is considered to be an effective framework in integrating entrepreneurial aspects to manage business models of high technology-based R&D products. This study explores how the ability to commercialize R&D results carried out by government R&D institutions can increase the scale of economic impacts. Based on a single case study of LIPI nano technology application products, this study utilizes a technopreneurship framework to uncover the technological capabilities and marketing of start-up companies in building a business model. Exploration of the technopreneurship approach is described in the Knowledge Intensive Entrepreneurship concept to explain the three complementary components, namely technological opportunities, market opportunities and institutional opportunities. The results of the study reveal that the complementarity of research opportunities will determine the success of start-up companies in commercializing nanotechnology products. The existence of a technological capability gap between researchers (researchers) and entrepreneurs (start-up companies) encourages a technopreneurship approach for the next technology policy model.

Keywords: *technopreneurship, start-up, business model, nanotechnology, R&D, technological capability*

ABSTRAK

Tantangan yang sering muncul dalam pemanfaatan hasil litbang pemerintah adalah kemampuan dalam pengelolaan teknologi dan produk, dimana kesenjangan kemampuan teknis dan bisnis menyebabkan hasil litbang belum mampu menembus pasar secara meluas. Technopreneurship dianggap menjadi kerangka yang efektif dalam mengintegrasikan aspek kewirausahaan untuk mengelola model bisnis dari produk litbang berbasis teknologi tinggi. Kajian ini mengeksplorasi bagaimana kemampuan komersialisasi hasil litbang yang dilakukan oleh lembaga litbang pemerintah dapat meningkatkan skala dampak ekonomi. Berbasis studi kasus tunggal (*single case study*) dari produk aplikasi teknologi nano LIPI, kajian ini memanfaatkan kerangka technopreneurship untuk melihat kapabilitas teknologi dan pemasaran perusahaan *start-up* dalam membangun model bisnis yang dijalankannya. Eksplorasi pendekatan technopreneurship diuraikan dalam konsep *Knowledge Intensive Entrepreneurship* (KIE) untuk menjelaskan tiga komponen yang saling melengkapi (*complementary*), yaitu peluang teknologi, peluang pasar dan peluang institusional. Hasil studi mengungkapkan bahwa komplementaritas dari peluang hasil riset akan menentukan keberhasilan perusahaan *start-up* mengkomersialisasikan produk berteknologi nano. Adanya kesenjangan kapabilitas teknologi antara periset (peneliti) dengan pengusaha (*start-up company*) mendorong pendekatan *technopreneurship* dapat diusulkan menjadi model kebijakan teknologi selanjutnya.

Kata kunci: *technopreneurship*, *start-up*, model bisnis, teknologi nano, litbang, kapabilitas teknologi.

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi semakin pesat menyongsong revolusi industri 4.0. Berbagai pihak tak terkecuali kalangan industri membutuhkan kesiapan untuk mampu bersaing di pasar nasional dan global. Tidak hanya inovasi dalam produk, proses, organisasi dan pasar, melainkan kemampuan untuk menjalin kerjasama atau network dengan pihak-pihak penghasil teknologi baru yang lebih efisien dan kompetitif semakin banyak diperlukan. Bagi pengusaha atau kalangan bisnis, jiwa kewirausahaan menjadi aspek yang mutlak diperlukan dalam membangun model bisnis. Berbeda bagi kalangan produsen ilmu pengetahuan, lembaga litbang mengakui masih memiliki keterbatasan dalam komersialisasi hasil litbang dan menangkap peluang pasar yang ada. Dengan kata lain, dengan rezim dan karakter organisasi berbeda, baik pengusaha dan lembaga litbang memiliki arah dan tujuan yang berbeda satu sama lain. Oleh karena itu, untuk mensinergikan potensi keduanya memerlukan peran serta pemerintah dalam membangun ekosistem inovasi yang mendorong peningkatan nilai tambah ekonomi dan kemajuan iptek yang berbasis pada kebutuhan masyarakat.

Lembaga litbang pemerintah sebagai pelaku iptek memiliki peran penting dalam mendorong kemajuan iptek industri nasional. Dalam kerangka meningkatkan kinerja litbang secara berkelanjutan, pemerintah telah menggalakkan kebijakan difusi hasil litbang agar dapat mendukung produktivitas dan daya saing sektor industri. Pada periode 2015-2019, pemerintah melalui Kementerian Ristek-Dikti telah mengeluarkan kebijakan insentif untuk memfasilitasi kolaborasi dan interaksi antara lembaga litbang dan industri melalui beberapa skema program pengembangan teknologi. Melalui skema insentif riset ini diharapkan sinergi akan terjadi

diantara para pelaku iptek dan akan memberikan peluang yang luas agar hasil litbang bisa dimanfaatkan untuk penciptaan ekonomi baru.

Menurut data litbang LIPI pada tahun 2017, dari 500 hasil kegiatan riset LIPI, tidak kurang dari 50 hasil riset telah diintroduksi untuk penggunaannya dan berpotensi untuk dikomersialisasikan di industri, UKM dan masyarakat. Berdasarkan hasil studi PAPPITEK (Kardoyo, dkk, 2018), masih minimnya hasil riset yang dimanfaatkan ini, disebabkan beberapa tantangan yang muncul seperti ketidaksiapan hasil riset yang dilihat dari tingkat kesiapan teknologinya (*Technology Readiness Level* - TRL). Rendahnya TRL pada skala 4-5 mengindikasikan teknologi yang dihasilkan masih dalam skala laboratorium dan belum mencapai skala pilot, sehingga belum siap untuk diadaptasikan ke level produksi berskala besar. Meskipun demikian, inovasi industri tetap diperlukan dalam rangka menjaga keberlanjutan industri agar mampu bersaing di pasar nasional dan global. Dalam kajian tersebut (Kardoyo dkk, 2018), salah satu hal menarik yang perlu digarisbawahi adalah pentingnya aspek kewirausahaan yang masih jarang dimiliki oleh pelaku iptek seperti peneliti atau perekayasa. Menurut Selladuri (2016) kewirausahaan diakui merupakan salah satu faktor penting dalam mendorong identifikasi potensi bisnis dari sebuah pengembangan produk baru. Untuk mengetahui potensi pasar dan segmen pasar dari sebuah hasil litbang diperlukan aspek identifikasi kelayakan teknis dan kelayakan pasar yang pada umumnya dilakukan oleh pelaku bisnis atau wirausahawan.

Di satu sisi, pemerintah mengakui pentingnya mendorong luaran litbang pemerintah untuk berpotensi menjadi inovasi. Di sisi lain, implementasi hasil-hasil litbang ini belum signifikan untuk mendorong daya saing industri lokal dan dampaknya belum dirasakan secara merata. Selama kurun 2015-2019, beberapa Kementerian/Lembaga dan Perguruan Tinggi telah meluncurkan berbagai produk dan teknologi melalui program dan kegiatan untuk mendukung sinergi dan kolaborasi antara lembaga litbang dengan industri. Pada tahun 2017, Kementerian Ristek-Dikti menerbitkan 103 Inovasi yang merupakan integrasi dari hasil litbang dan teknologi di beberapa LPNK. Di sektor pertanian, Kementerian Pertanian setiap tahun berhasil meningkatkan koleksi hasil teknologi pertanian, dan pada tahun 2019 Kementerian ini telah meluncurkan buku tentang 600 teknologi inovatif di sektor terkait. Akan tetapi, banyak hasil-hasil litbang inovatif tersebut masih terkendala berbagai keterbatasan sumberdaya dalam pengelolaan bisnisnya. Menurut Lakitan (2013), untuk menjembatani kesenjangan inovasi antara aktivitas riset dan komersialisasi hasil riset akademik dan lembaga litbang, diperlukan aktivitas *technopreneurship*.

Technopreneurship merupakan aktivitas kewirausahaan yang berbasis *technology-intensive*, yang menggabungkan keunggulan teknologi dan ketrampilan/ keahlian kewirausahaan (Selladuri, 2016). *Technopreneur* merupakan pelaku yang menjalankan aktivitas ekonomi melalui penciptaan organisasi baru dan memanfaatkan sumber bahan baru yang belum pernah ada di pasar (Schumpeter, 1934). Perusahaan start-up berbasis litbang berperan penting dalam menerapkan hasil-hasil penelitian, karena mereka memiliki potensi mendorong pertumbuhan yang cepat dan mampu memobilisasi kreativitas individu dan merespon kebutuhan pasar. Dalam aspek penelitian, peran perguruan tinggi/ universitas dan lembaga litbang sangat penting terutama dalam menghasilkan ilmu pengetahuan publik, penelitian dasar dan teknologi generik yang relevan terhadap kebutuhan pengguna, yang layak secara teknis, dan kompetitif secara ekonomi (Lakitan, 2013). Jika hasil-hasil penelitian ini tidak didifusikan dan dimanfaatkan oleh pengguna maka akan menjadi hal yang sia-sia sehingga tidak bisa meningkatkan manfaat bagi sosial dan masyarakat. Oleh karena itu, lembaga litbang perlu untuk membangun sistem transfer teknologi yang efektif untuk pemanfaatannya.

Kajian ini memperdalam kajian sebelumnya (Kardoyo dkk, 2018) tentang “*Technopreneurship* dalam pemanfaatan hasil litbang publik dalam konteks organisasi litbang

pemerintah”. Studi tersebut mengungkapkan bagaimana komplementaritas dari beberapa komponen *technopreneurship* berpengaruh terhadap keberhasilan difusi teknologi hasil litbang kepada industri atau UKM. Studi tersebut juga membandingkan beberapa aplikasi teknologi LIPI dalam kerangka *Knowledge Intensive Entrepreneurship* yang melandasi pemikiran *Technopreneurship* dalam mendorong pemanfaatan hasil riset. Kajian sebelumnya (Kardoyo dkk, 2018) hanya berfokus kepada perspektif pelaku usaha yang berkolaborasi dengan lembaga litbang dan menguraikan tantangan dan peluang dari hasil produk dan teknologi yang akan diterapkan dalam praktik usaha. Namun demikian, integrasi perspektif dari sisi penyedia teknologi dan pengguna teknologi masih terbatas pada aspek bagaimana kompleksitas teknologi itu bisa diadaptasi oleh industri penggunanya. Sedangkan peluang pasar dan institusional melengkapi peluang teknologi hasil litbang untuk mendorong keberlanjutan inovasi dan kinerja perusahaan belum digali lebih lanjut.

Untuk memahami praktik lembaga litbang dalam membangun kapabilitas *technopreneurship*, studi kasus hasil litbang teknologi nano yang dikelola proses komersialisasinya oleh Pusat Inovasi LIPI akan menjadi fokus dalam kajian ini. Produk berbasis teknologi nano saat ini diakui menjadi solusi teknologi baru bagi permasalahan di berbagai sektor, seperti pangan dan kesehatan. Seiring dengan meningkatnya pengetahuan dan gaya hidup masyarakat mengenai kesehatan dan keamanan lingkungan, banyak ilmuwan dan peneliti menggali potensi pengembangan teknologi nano dalam berbagai aplikasi. Sejak 2015, Pusat Inovasi LIPI telah mengembangkan produk berbasis teknologi nano melalui perusahaan *start-up* dalam bentuk produk kosmetik, obat, *nano bubble* untuk irigasi, dan lain sebagainya. Teknologi nano dalam aplikasinya diakui cukup berhasil karena memberikan manfaat dan fungsi produk yang lebih baik.

Beberapa aplikasi produk berbasis nano-teknologi sudah memperoleh banyak pengakuan secara formal, mulai dari paten, lisensi dan desain industri. Akan tetapi, bagaimana mekanisme komersialisasi yang tepat yang perlu dikembangkan oleh Pusat Inovasi dalam mengelola hasil litbang ternyata belum sepenuhnya berjalan dengan efektif. Oleh karena itu, melalui studi kasus dari salah satu produk riset berbasis teknologi nano LIPI, bagaimana peran *entrepreneurship* dalam membangun mitra bisnis dan menciptakan segmen baru di pasar serta ide-ide inovatif yang mampu menangkap peluang hasil riset untuk dikomersialisasikan akan menjadi bahasan utama dalam kajian ini.

Secara ringkas, kajian ini disusun dalam beberapa bagian. Di bagian kedua akan dijelaskan konsep dan pemahaman *technopreneurship* dalam konteks lembaga litbang dan beberapa contoh praktik *technopreneurship* di negara lain. Bagian selanjutnya mengilustrasikan produk teknologi nano hasil litbang LIPI dan akan dijelaskan elaborasi *technopreneurship* dalam konsep *Knowledge Intensive Entrepreneurship*. *Technopreneurship* dan Kinerja Inovasi

Kewirausahaan (*entrepreneurship*) adalah mesin inovasi. Akumulasi pengetahuan “tersembunyi” (*tacit knowledge*) dan budaya wirasausaha merupakan sumberdaya penting untuk menghasilkan kemakmuran dari komersialisasi riset dan mengarahkan pada inovasi teknologi dan penciptaan perusahaan berbasis teknologi baru (Hindle dan Yencken, 2004). Secara umum, peneliti dan akademisi tidak memiliki pengalaman manajerial dan bisnis yang memadai untuk menjalankan perusahaan, oleh karena itu mereka memerlukan partner bisnis dalam proses komersialisasinya. Selain itu, mereka tidak memiliki sumber daya finansial yang cukup sehingga mereka memerlukan bantuan pendanaan. Ada dua faktor yang mempengaruhi peneliti dan akademisi untuk memulai sebuah perusahaan baru. Pertama, adanya insentif yang disediakan pemerintah. Kedua, ketersediaan dukungan/partner untuk menjalankan dan membiayai perusahaan (Walker, 2011). Kedua faktor kompetensi ini diungkap lebih banyak dalam konsep *technopreneurship*.

Apa yang dimaksud dengan technopreneurship? Secara sederhana, *technopreneurship* merupakan pemahaman terhadap aktivitas mengintegrasikan kewirausahaan atau “*entrepreneurship*” dengan teknologi. Aktivitas ini tidak hanya sebagai bentuk dampak dari adanya intervensi teknologi terhadap kegiatan bisnis, melainkan sebagai sebuah proses kemajuan dalam mendukung kehidupan manusia. Proses yang dimaksud melibatkan pemanfaatan perkembangan teknologi dan pengetahuan baru hingga menjadi bentuk inovasi yang dapat mendukung kebutuhan manusia melalui penyediaan produk kreatif/inovatif. Pada umumnya, tujuan utama dari *technopreneurship* adalah komersialisasi inovasi dari hasil litbang melalui paten, lisensi, *start-up*, dan kemitraan antara lembaga litbang dan industri (Grimaldi dkk, 2011). Namun demikian, Markman dkk (2005) menjelaskan bahwa strategi lisensi tergantung pada tahap pengembangan teknologi yang ditawarkan.

Technopreneurship dijalankan oleh technopreneur, yaitu pengusaha yang menggunakan teknologi secara kreatif, inovatif, dinamis, berani tampil beda dan mengambil jalan yang belum dijelajahi dan sangat bersemangat mengenai pekerjaan mereka (Selladuri, 2016). Dalam perspektif berbeda (Tabel 1), *technopreneur* didefinisikan sebagai orang yang menghilangkan batasan ekonomis dengan mengenalkan produk baru, melayani, menciptakan bentuk baru organisasi dan menggali material mentah baru, sehingga bisa dikatakan sebagai orang yang mampu menggunakan kesempatan dan menciptakan keberhasilan dari sumber daya yang ada.

Pemahaman mengenai *technopreneurship* sendiri muncul secara beragam. Selladuri (2016) berpendapat bahwa *technopreneurship* adalah kemampuan enterpreneur dalam menggunakan teknologi dalam usahanya atau produknya. Senada dengan definisi ini, Selvarani dan Venusamy (2015) menjelaskan *technopreneurship* sebagai konsep teknologi intensif yaitu adanya teknologi dan entrepreneurship. Di samping itu entitas *technopreneurship* ditandai dengan adanya keterhubungan pelaku iptek dan bisnis seperti ilmuwan, perekayasa dan sektor bisnis yang bertujuan untuk realisasi pengembangan dan penelitian (Okorie dkk, 2014). Dalam rangka mencapai faktor keberhasilan *technopreneurship*, diperlukan adanya proses *technological corporate* dan *entrepreneursip* dalam teknologi aktif perusahaan (Dolatabadi dan Meigounpoory, 2013). Berbagai definisi *technopreneur* dari beberapa ahli dapat dideskripsikan sebagai berikut (Tabel 1).

Tabel 1 Batasan dan definisi technoprenuer

No	Definisi <i>technoprenuer</i>	Sumber
1.	Seseorang yang merombak tatanan ekonomi yang ada (<i>creative destruction</i>) dengan mengenalkan produk dan jasa baru melalui penciptaan bentuk organisasi baru dan eksploitasi sumber daya baru. Seorang <i>technoprenuer</i> mengambil resiko dengan membentuk bisnis atau perusahaan baru yang memiliki peluang keberhasilan tinggi.	Schumpeter, 1934
2.	<i>Technoprenuer</i> bisa dibedakan dari kemampuannya untuk mengakumulasi dan pengelolaan pengetahuan sebagaimana kemampuan untuk memobilisasi sumber daya untuk mencapai bisnis spesifik atau tujuan sosial lainnya.	Kuemmerle, 2002
3.	<i>Technoprenuer</i> merupakan sosok yang tegas, “ <i>imaginative deviator</i> ” dalam perubahan metode dan praktik bisnis yang sudah berkembang sebelumnya, secara konstan mencari	Baumol, 2002

peluang untuk melakukan komersialisasi produk, teknologi, proses dan tatanan baru.

4. *Technopreneur* berbeda dari logika tradisi awam wirausahawan, tradisi awam dari kebenaran, kebenaran dari kebiasaan umum dan kebiasaan umum dari hal yang belum tentu ada kebenarannya (*nonsense*), akan tetapi *technopreneur* lebih berfokus kepada keberagaman ide dari sekelompok dan disiplin bidang. Manuel Cereijo, 2002

Sumber: penulis (dari berbagai sumber), 2020

Seorang *technopreneur* diharapkan memiliki keterampilan dalam menerapkan kreativitas, merespon tantangan, dan mencari solusi yang tidak biasa (Selladuri, 2016). Oleh karena itu, *technopreneurship* akan mendukung *technopreneur* untuk menjalankan proses sintetik dalam bidang teknologi, yang terkandung didalamnya proses inovasi secara ilmiah namun bernilai ekonomi (Fowosire, Idreis, dan Elijah, 2017). Aspek inilah yang menjadi penting untuk diperhatikan ketika suatu hasil litbang akan diterapkan kepada pengguna industri, dimana keselarasan antara pelaku litbang dan pelaku industri harus memenuhi konsepsi *technopreneurship* secara seimbang.

Di dalam kajian ini, *technopreneurship* difokuskan pada keterhubungan tiga elemen yaitu ilmuwan/peneliti, insinyur/ perekayasa dan aktivitas bisnis yang bertujuan untuk mengimplementasikan hasil penelitian dan pengembangan iptek dalam sehingga bernilai ekonomi dalam dunia bisnis. Sedangkan pelaku yang menjadi *technopreneur* diidentifikasi dari konfigurasi pemahaman dan pengetahuan akan teknologi tinggi yang didapatkan dari keterampilan bisnis yang relevan terkait dengan keuangan dan data, serta pengalaman dalam prestasi perusahaan teknologi. Pengelolaan proses bisnis ini tidak hanya memacu kepada cara berpikir tradisional, karakteristik *technopreneur* yang diamati juga mencakup pemahaman dalam pemanfaatan teknik dan teknologi yang dianggap sebagai bagian dari inovasi. Proses *technopreneurship* terkait dengan inovasi teknologi dipahami dalam bentuk teknologi yang dapat dimanfaatkan sebagai sistem teoritis dan pengetahuan serta keterampilan operasional oleh perusahaan, proses produksi, dan pengiriman produk serta layanan sehingga dapat didefinisikan dan diwujudkan dalam bentuk personal, bahan, fasilitas, peralatan, dan prosedur serta proses fisik (Fowosire, Idris, & Opoola, 2017).

Sebagai contoh, *technopreneurship* di Nigeria telah dikembangkan sejak tahun 1988 yang secara signifikan dapat meningkatkan pengembangan UMKM. *Technopreneurship* telah banyak diakui sebagai karakteristik yang menjadi manifestasi pada produk dan proses inovasi bagaimana teknologi diadopsi untuk dapat di terima pasar sehingga berdampak pada pertumbuhan ekonomi masyarakat. Bahkan, pemerintah dan industri dapat menciptakan platform pada orang-orang kreatif dan memberikan dana dan memberikan imbalan untuk mendorong inovasi dengan kegiatan penelitian dan pengembangan teknologi (Cukier, 2006).

Menurut Molt (1972) ada tiga kunci menjaga kemampuan mengubah daya saing dan meningkatkannya sebagai tiga karakteristik secara simultan, diantaranya: (i) efisiensi yang secara optimal digunakan untuk menciptakan struktur yang baik, stabil, rutin dan produk berkualitas tinggi dan rendah biaya dengan teknologi yang memadai; (ii) *adaptability* sebagai bentuk lain dari inovasi teknologi, dan metode yang merubah proses rutin yang sesuai dengan kebutuhan teknologi, terkait juga inovasi proses berdasarkan pengetahuan untuk meningkatkan kualitas produk atau layanan; dan (iii) *flexibility* yang merupakan kemampuan organisasi bereaksi pada hal yang penting yang berada diluar dugaan secara cepat untuk tetap menjaga aktivitas rutin dari kebutuhan pasar.

Produk Litbang berbasis Teknologi nano

Pertumbuhan ekonomi dengan adanya inovasi ekonomi yang cepat akan membantu kemajuan bisnis dari industri manufaktur seperti pengolahan makanan, tekstil & garmen, retail IT, sektor pertanian dan lain sebagainya. Sektor industri ini membutuhkan inovasi mengenai kreativitas suatu produk, kualitas inovasi terkait dengan harga standar produk yang terjangkau, dan budaya paten pada produk inovasi untuk melindungi dan menjaga aspek keamanan produknya. Secara umum, kreativitas mencakup aspek kognitif, afektif, pribadi, motivasi, sosial dan lingkungan. Aspek kognitif dan afektif memiliki peran penting dalam proses pengembangan pengetahuan dasar, persepsi, orisinalitas, kompleksitas, keterbukaan pikiran, kemandirian dan kemampuan mengamnil resiko pada kegiatan *technopreneurship*.

Selama beberapa dekade terakhir, teknologi nano semakin diakui menjadi teknologi revolusioner yang telah banyak mengubah berbagai sektor. Teknologi nano merupakan teknologi berskala nanometer dan banyak berkaitan dengan ilmu atom, molekul, atau makromolekul dengan ukuran mendekati 1 – 100 nm untuk menghasilkan material dengan properti baru. Teknologi nano telah membawa revolusi industri baru baik bagi negara maju dan negara berkembang sehingga mereka banyak melakukan investasi dalam pengembangan teknologi ini (Qureshi dkk, 2012). Selain itu, teknologi nano menawarkan banyak peluang untuk pengembangan dan penerapan struktur, material, dan sistem dengan properti baru di berbagai area seperti pertanian, makanan dan obat-obatan.

Perhatian masyarakat yang semakin tinggi terhadap produk-produk ramah lingkungan dan kesadaran akan *product knowledge* yang dikonsumsi mendorong pengembangan teknologi yang luar biasa. Semakin tingginya perhatian konsumen tentang kualitas makanan dan kesehatan telah mendorong peneliti untuk menemukan bagaimana meningkatkan kualitas makanan karena nilai nutrisi produk makanan dianggap semakin menurun. Permintaan terhadap material berbasis partikel nano telah memberi peluang baru bagi industri untuk menghasilkan produk yang memiliki kandungan penting untuk kesehatan dan partikel nano ditemukan tidak berbahaya (*non-toxic*) untuk diaplikasikan dalam industri makanan (Roselli dkk, 2003). Teknologi nano menawarkan solusi makanan yang lengkap dari manufaktur, teknologi proses hingga ke pengemasan. Oleh karena itu, banyak organisasi ilmiah, peneliti dan industri berlomba-lomba mengembangkan teknik baru, metode dan produk mutakhir yang mengarahkan pada penerapan teknologi nano seperti di industri makanan (Dasgupta dkk, 2015).

Produk litbang berbasis teknologi nano yang dihasilkan LIPI telah banyak diminati industri, seperti *Ultrafine Bubble Generator* (LUTOR) atau *Nano Bubble Generator*, teknologi *Impulse Magnetizer* untuk pembuatan produk baterai, sistem deteksi penyakit tanaman berbasis *Deep Learning*, produk makanan kaleng dan produk-produk pangan fungsional seperti *Pro Barz*, *Banana Flakes* (*Bafle*), dan lainnya. Bahkan, saat ini LIPI juga telah mengembangkan masker menggunakan teknologi khusus sehingga dihasilkan material nanokomposit dalam ukuran nano untuk mencegah penularan Covid-19. Selain itu, produk *nano ozomist* untuk disinfektan juga sudah diaplikasikan di berbagai perkantoran dan perusahaan di berbagai daerah.

Technopreneurship dan Knowledge Intensive Entrepreneursip (KIE)

Untuk mewujudkan ekonomi berbasis pengetahuan menjadi inovasi berkelanjutan, kolaborasi antara teknologi dan kewirausahaan (*enterpreneursip*) menjadi hal penting dalam memainkan peran strategis untuk peningkatan daya saing industri. Untuk mengetahui kerangka dasar dari struktur dan mekanisme *technopreneursip*, Radosevic dkk (2010) menjelaskan

sebuah kerangka pendekatan yang dikenal dengan *Knowledge Intensive Entrepreneurship* (KIE). Berbeda dari pemahaman klasik tentang kewirausahaan (*entrepreneurship*), KIE menempatkan perhatiannya pada dua hal yaitu:

1. pengetahuan - yang berhubungan dengan ilmu pengetahuan, teknologi, desain, dan aktivitas kreatif hingga pendidikan dan keahlian tinggi.
2. sistem inovasi - yang menaungi, mendukung dan berinteraksi dengan *entrepreneur*.

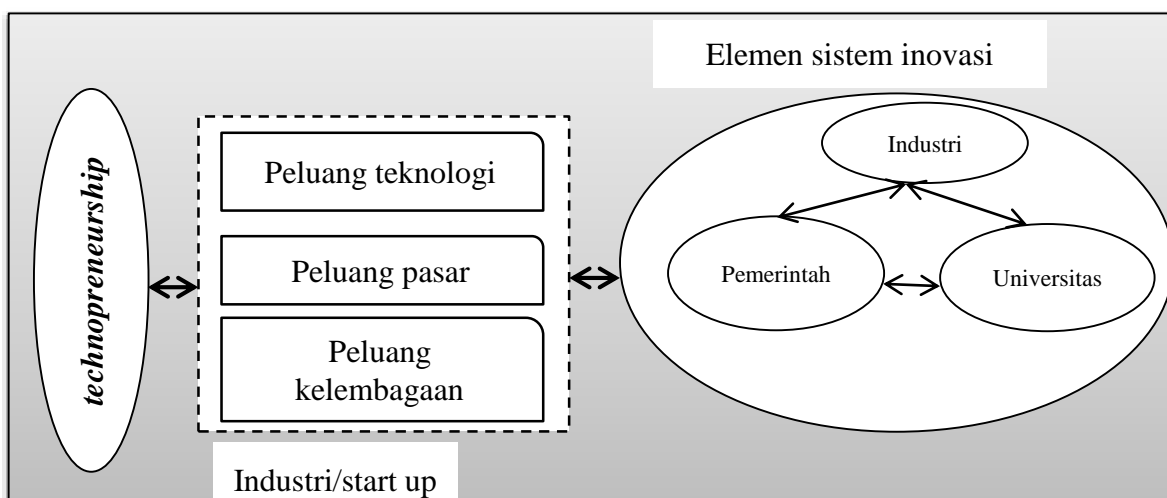
KIE didefinisikan sebagai proses pembelajaran baru dari organisasi yang mendorong munculnya pengetahuan atau manfaat baru. Transformasi atau penggabungan dari *knowledge* yang sudah ada dan menjadi pemecah masalah melalui sistem inovasi dan jaringan pengetahuan. Bagaimana aktivitas *technopreneurship* digambarkan dalam kerangka KIE, studi ini akan mengeksplorasi beberapa aspek yang terkait dengan rezim pengetahuan dalam bentuk aktivitas ilmiah, peluang teknologi, akumulasi teknologi baru, dan karakteristik dari knowledge base. Aktivitas ini dijalankan oleh organisasi atau perusahaan yang melakukan pembelajaran dan pemecahan masalah.

Analisis KIE berfokus pada integrasi tiga pilar yang terdiri dari pendekatan *Schumpeterian*, sistem inovasi dan teori ekonomi evolusioner (Malerba dan McKelvey, 2017). Dalam pilar pertama, pendekatan Schumpeterian menjelaskan cara pandang entrepreneur yang memanfaatkan peluang menciptakan produk baru melalui inovasi, teknologi dan potensi pasar untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi. Dalam menghadapi ketidakpastian, *entrepreneur* berusaha mengembangkan kombinasi baru, mengadaptasi perubahan, mengambil resiko, menciptakan keseimbangan-keseimbangan baru dengan mengarahkan proses inovasi yang lebih besar, dan bahkan menciptakan *creative destruction*.

Dalam pilar kedua, sistem inovasi memfokuskan pada aspek hubungan, jejaring dan elemen dari sistem inovasi. Aktivitas pembelajaran dan pemecahan masalah dilakukan melalui optimalisasi kapabilitas internal dan memanfaatkan sistem inovasi dan jejaring pengetahuan. Jejaring pengetahuan diyakini sangat bermanfaat dalam memberikan akses informasi, meningkatkan kapabilitas dan memberikan alternatif solusi terutama dalam pengembangan varietas produk dan teknologi dan menghadapi seleksi pasar. Selanjutnya, pada pilar terakhir, teori mengenai *evolutionary economics* menitikberatkan pada peran penting pengetahuan baik dalam aspek pengembangan, difusi, dan pemanfaatan terhadap proses penciptaan ekonomi dan proses ko-evolusi. Ketiga pilar ini yang menjadi landasan utama dalam mengkaji aspek *technopreneurship* dalam pemanfaatan hasil litbang, dimana peluang teknologi harus bersinergi dengan proses interaksi antar pelaku yang bersifat evolutif.

Menurut Radosevic dkk (2010), kerangka konseptual *Knowledge-Intensive Entrepreneurship* (KIE) menjelaskan entitas pelaku perusahaan atau *technopreneur* harus memiliki beberapa karakteristik sebagai berikut.

1. Merupakan perusahaan baru yang independen
2. Inovatif baik dari segi produk, proses, sampai dengan inovasi radikal dan inkremental.
3. Fokus pada pengembangan intensitas pengetahuan (*knowledge intensive*);
4. Memanfaatkan peluang inovatif



Sumber: dikembangkan dari Radosevic, dkk, 2010)

Gambar 1. Kerangka *Knowledge Intensive Entrepreneurship*

Pendekatan KIE ini menghubungkan aspek-aspek *entrepreneurship* dengan pendekatan sistem inovasi sektoral (Gambar 1). *Technological opportunities*, *market opportunities*, dan *institutional opportunities* merupakan bentuk peluang yang muncul dalam hubungan antara *entrepreneurship* dan elemen sistem inovasi sektoral.

METODE PENELITIAN

Untuk memahami konsep *technopreneurship* secara empirik, studi ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan studi kasus (Yin, 1998) dari pengembangan produk teknologi nano yang dikelola oleh salah satu tenant Pusat Inovasi, di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Sebagai lembaga pemerintah yang memiliki otoritas ilmiah yang sangat kuat, LIPI berperan sebagai sumber iptek dan mendiseminasikan hasil-hasil risetnya kepada pengguna secara tepat. Dalam hal ini, pelaku *technopreneurship* adalah pengguna hasil litbang untuk pengembangan kegiatan bisnis dan inovasi.

Pemanfaatan hasil litbang LIPI yang masuk dalam kategori teknologi yang telah teralihkan diharapkan dapat menciptakan dan mengembangkan pengusaha/wirausahawan/*entrepreneur* baru. Selanjutnya *technopreneur* ini akan membentuk atau mengembangkan perusahaan baru; dan teknologi yang dilisensikan ke industri yaitu teknologi LIPI yang diserahkan ke pihak industri untuk dimanfaatkan dan menghasilkan license fee atau royalti.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi dan wawancara mendalam dengan beberapa pihak terkait seperti Pusat Inovasi LIPI, peneliti yang menciptakan hasil riset teknologi nano, pengelola sekaligus pengusaha yang mengembangkan produk berbasis teknologi nano, dan beberapa pihak lain yang terkait. Beberapa informan kunci yang menjadi subyek dari sumber informasi ditentukan dari beberapa kriteria, diantaranya hasil litbang prospektif (*advanced research*), tingkat pemanfaatan, loyalitas pengguna/ perusahaan (*start-up company*), pengembangan produk baru dan tingkat inovasi (*knowledge intensive product*). Studi kasus ini hanya mengambil satu contoh aktivitas *technopreneurship* dari hasil litbang untuk mendapatkan gambaran komprehensif dan terfokus mengenai karakteristik produk litbang dan perusahaan pengguna yang menjadi bagian dalam keberhasilan pemanfaatan hasil litbang tersebut.

Analisis aktivitas kewirausahaan (*entrepreneurship*) yang dijalankan oleh pelaku industri teknologi nano, studi ini mengadopsi konsep sistem inovasi untuk menggambarkan proses jejaring (*networking*) di antara pelaku-pelaku yang terlibat dalam pengembangan produk baru dan terbentuknya segmen pasar yang diinginkan. Selain itu, analisis ini akan melihat aspek

komplementaritas dari peluang teknologi, peluang kelembagaan dan peluang pasar dalam mempengaruhi aktivitas *networking* untuk menghasilkan kinerja kewirausahaan khususnya inovasi dan perolehan nilai ekonomi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

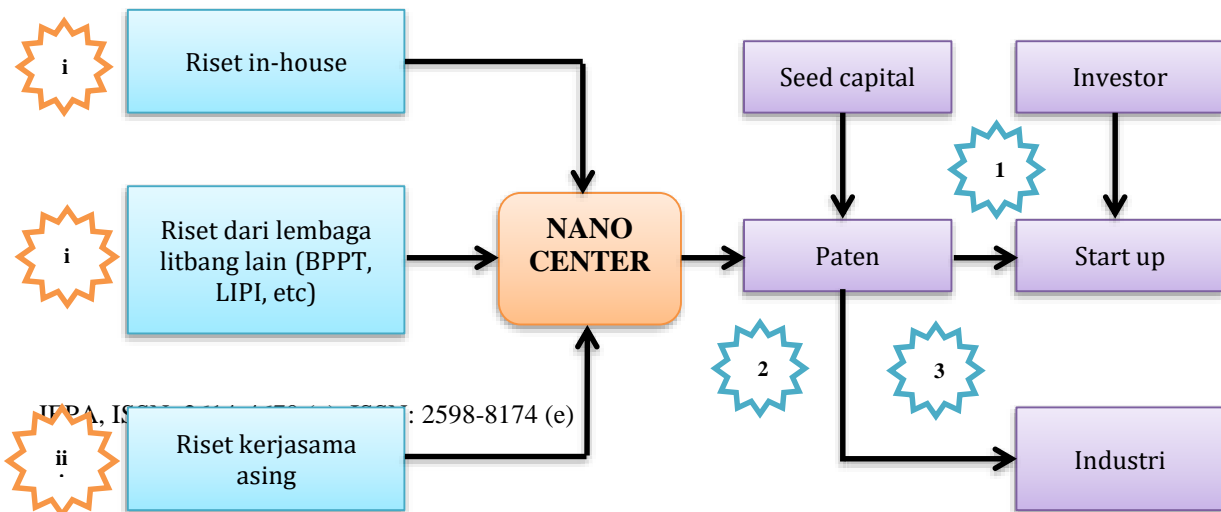
Studi Kasus Nano Center Indonesia (NCI)

Skema teknologi bagi perusahaan *start-up* yang dikembangkan oleh Pusat Inovasi LIPI bertujuan untuk implementasi skala industri dan komersialisasi hasil-hasil Litbang LIPI. Bentuk kerjasama antara LIPI dan perusahaan *start-up* dilakukan melalui pembentukan sebuah konsorsium PT Nanotech Indonesia. Konsorsium inovasi tersebut selanjutnya bertugas mengembangkan hasil-hasil riset LIPI dengan menghubungkannya dengan kebutuhan industri dan pengembangan *start-up* teknologi.

Potensi pengembangan produk berbasis teknologi nano semakin banyak diminati industri. Selama kurun sepuluh tahun terakhir, berbagai aplikasi teknologi nano sudah diterapkan pada perusahaan elektronik, kosmetik medis, farmasi, industri makanan, tekstil dan lain-lain. Nano Center Indonesia (NCI) merupakan perusahaan *start-up* yang berdiri sejak tahun 2012 dan berfungsi sebagai inkubator bisnis teknologi berbasis riset pada bidang teknologi nano yang dihasilkan oleh LIPI. Tahun 2014, Nano Center Indonesia (NCI) melakukan pengembangan database ilmuwan teknologi nano Indonesia yang selanjutnya menjadi sumber partner strategis di bidang tersebut. Penemuan dari partner strategis ini selanjutnya menjadi bagian penting dari proses inkubasi pada *entrepreneur* Nano Center Indonesia (NCI). Untuk memfasilitasi mekanisme kelembagaan dan organisasi, NCI mendirikan badan usaha berbadan hukum dengan melibatkan beberapa investor.

Pengembangan produk teknologi nano telah dilakukan PT. Nanotech Indonesia sejak 2015, dan hingga saat ini telah menghasilkan tujuh start up teknologi di berbagai bidang, seperti herbal, jasa analisa, energi terbarukan, properti, material/bahan baku, dan media digital. Skema pengembangan bisnis (Gambar 2) dilakukan dengan melakukan invensi-invensi yang sesuai dengan potensi industri dan pasar serta mengandalkan beberapa sumber kolaborasi, seperti 1) riset internal (*in-house research*), 2) riset dari lembaga-lembaga litbang dan perguruan tinggi, dan 3) riset kerjasama luar negeri.

Pengembangan invensi menjadi usaha berskala industri dilakukan dengan proses inkubasi seperti penyempurnaan produk dan status HKI, melakukan pencarian pasar dan investor sampai pada tahap mengembangkan badan usaha untuk menjalankan aktivitas bisnis. Tiga skema dalam pengembangan skala bisnis dilakukan melalui 1) pengembangan perusahaan *start up*, 2) melakukan proses lisensi pada perusahaan pengguna teknologi, dan 3) melalui kontrak dan kerjasama riset dengan industri dengan mendanai dan fasilitas riset hingga proses invensi.

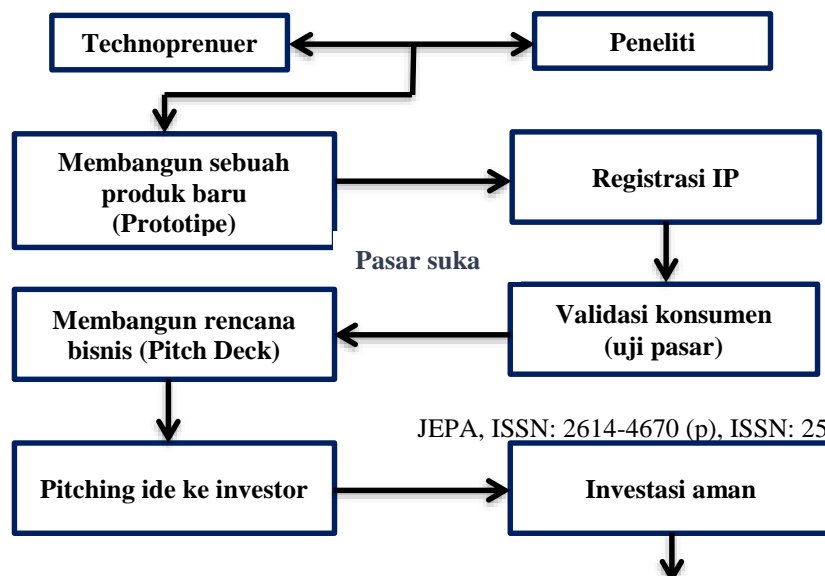


Gambar 2 Model komersialisasi nano inovasi

Inkubator Nano Center Indonesia (NCI) memiliki tanggung jawab dalam mengembangkan start up sebelum masuk ke dalam industri. Beberapa perusahaan start up teknologi yang telah dikembangkan NCI diantaranya:

1. PT Nanotech Herbal Indonesia; didirikan tahun 2013 untuk menghasilkan produk-produk herbal dengan menggunakan teknologi nano. Tahun 2017, aset penjualan mencapai Rp 7 Milyar dengan produk-produk unggulan Nano Propolis, Nano Chitosan, Colina (*collagen spirulinan*), jasa processing nano herbal, dan sebagainya
2. PT Sinergi Nanotech Indonesia; Perusahaan start up yang bergerak di bidang jasa analisis kegagalan (*failure analysis*), jasa turunan lainnya seperti *Remaining Life Assessment* (RLA), pengujian material, dan lain-lain. Mitra bisnis yang sudah dimiliki diantaranya seperti PT PLN, Indonesia Power, Pupuk Kujang, Slumberger, Kyora-ku dll.
3. PT Smartek Sinergi Indonesia; Berdiri tahun 2017, untuk mengembangkan implementasi pembangkit energi terbarukan dengan menggunakan mini wind turbin (1000 watt). Beberapa proyek telah dikerjakan seperti pemasangan turbin angin dan solar panel di Pulau Kapo Sumbar, SMK di Lombok, Kantor Gubernur Bali, dan perumahan-perumahan warga.

Aktivitas NCI sebagai *strategic partner* Pusat Inovasi LIPI bertujuan untuk memudahkan proses komersialisasi hasil litbang LIPI kepada pelaku usaha/bisnis. Aktivitas *technopreneurship* yang telah dijalankan dapat digambarkan kedalam 7 aktivitas bisnis utama, antara lain (i) menseleksi produk hasil litbang yang memiliki potensi pasar dan bermuatan teknologi, (ii) menemukan peneliti yang memiliki produk dengan tingkat kesiapan teknologi (*Technology Readiness Level/TRL*) 4 sampai 5 disertai calon pengusaha/pebisnis untuk membuat kesepakatan kerjasama, (iii) membuat prototipe produk yang sesuai dengan kebutuhan dan diterima oleh pasar, (iv) membuat *pilot project*, (v) menemukan peluang investor untuk melakukan proses bisnis sampai pada produksi massal, hingga bisa dipasarkan ke masyarakat (lebih detil lihat Gambar 3).



Gambar 3 Bisnis Model Nano Center

Pemahaman *technopreneurship* yang melekat pada aktivitas bisnis tersebut selanjutnya diuraikan melalui kerangka *Knowledge Intensive Entrepreneurship* (KIE) untuk menganalisis tiga peluang pemanfaatan produk berbasis teknologi nano, yaitu teknologi, pasar dan kelembagaan (*institutional*). Aktivitas inovasi yang dijalankan oleh peneliti LIPI dalam bidang teknologi nano diwujudkan ke dalam model bisnis karena hasil riset tersebut memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi dan memiliki peluang pasar yang cukup luas. Untuk melihat bagaimana interaksi dari elemen aktor inovasi ini dapat dijelaskan melalui pemanfaatan peluang-peluang sebagai berikut.

Peluang Teknologi

Pengembangan pengetahuan mengenai aplikasi teknologi nano dilakukan dengan melakukan interaksi dan pembelajaran internal di perusahaan NCI secara intensif. Aktivitas pembelajaran tersebut diprakarsai oleh peneliti senior LIPI yang telah lama menekuni penelitian dan pengembangan teknologi nano di Jepang. Melalui interaksi jejaring dengan komunitas teknologi nano baik individu maupun organisasi litbang, perusahaan start-up ini mampu berkembang secara cepat dalam sepuluh tahun terakhir. Peluang teknologi nano yang cukup besar dan belum banyak ditemukan aplikasinya di industri tepat guna, NCI mengembangkan manajemen perusahaan *start-up* yang ditujukan untuk mendukung skema pemanfaatan hasil litbang teknologi nano dalam memenuhi kebutuhan pasar.

Pengembangan pengetahuan juga dilakukan melalui kerjasama riset dengan industri. Dengan database ilmuwan teknologi nano Indonesia, NCI mengeksplorasi kebutuhan riset oleh industri dengan melakukan kerjasama riset dan melibatkan ilmuwan teknologi nano yang terkait dengan kompetensi tersebut. Data base ilmuwan teknologi nano terus dikembangkan untuk menjembatani interaksi jejaring dan sinergi antara investor dan industri penggunaannya. NCI dalam hal ini menjadi entitas intermediary yang menghubungkan sumber daya iptek dengan sektor industri. Untuk menemukan ide inovasi yang lebih beragam, NCI melakukan

pengembangan potensi hasil-hasil riset dari ilmuwan dan lembaga riset dalam kerangka pemanfaatan hasil riset teknologi nano untuk industri.

Peluang Pasar

Industri modern mulai memiliki ketertarikan dalam pengembangan produk-produk berbasis teknologi nano. Ekonomi berbasis *lifestyle* yang berkembang memberikan potensi pada munculnya industri-industri moderen dengan produk-produk yang memiliki kandungan teknologi tinggi dan menjamin preferensi pengguna dengan prinsip-prinsip ilmiah. Produk makanan fungsional misalnya berkembang pesat dengan konten iptek yang dikandung ssemakin tinggi. Hal ini meyakinkan pengguna bahwa produk yang dikembangkan tersebut dapat memenuhi kebutuhan dan menjamin keamanan dari pengguna. Produk-produk yang dikembangkan melalui aplikasi teknologi nano diminati oleh investor karena kandungan ilmu dan teknologi yang dimiliki dipercaya menjamin kualitas produk yang lebih baik. Aplikasi teknologi nano yang dikembangkan NCI, khususnya untuk produk pigmen industri cat, produk makanan fungsional seperti propolis, cukup berhasil menembus pasar karena konsumen telah membuktikan manfaat dari khasiat produk berbasis teknologi nano yang dikandung. Ke depan produk-produk dengan teknologi nano akan semakin berkembang dan diminati pasar.

Pengembangan aktivitas inovasi bidang teknologi nano tidak lepas dari kerja sama dengan investor. Pengembangan NCI diharapkan menjadi pusat dari pengembangan aktivitas bisnis/industri yang didukung dari aktivitas litbang teknologi nano di Indonesia. Sebagai perusahaan *start-up*, NCI memanfaatkan skema-skema pembiayaan dari pemerintah seperti dana anggaran riset dari Kementerian Ristek-Dikti untuk mengatasi keterbatasan sumber daya finansial dalam pengembangan aktivitas inovasi. Selain itu, skema insentif dan dana kompetitif dari pendanaan asing juga menjadi peluang baru dalam membuka peluang pasar produk yang lebih luas.

Peluang kelembagaan

Pengembangan teknologi nano untuk mendukung aktivitas industri masih terbatas dalam penerapannya. Salah satu isu yang mengemuka adalah besarnya investasi yang dibutuhkan dalam pengembangan teknologi nano di tingkat industri. Di lihat dari sisi duungan kelembagaan, skema program komersialisasi produk berbasis teknologi nano ini belum dikaji secara kelayakan bisnis dan teknisnya secara lengkap oleh lembaga litbang. Padahal di sisi pengguna, pengembangan teknologi nano saat ini masih perlu mendapatkan pendampingan dan dukungan untuk membangun kapasitas menyerap (*absorptive capacity*) aplikasi teknologi baru ini. Salah satu upaya yang telah diinisiasi Pusat Inovasi LIPI adalah memberikan insentif untuk perusahaan *start-up* yang berminat untuk mengembangkan hasil litbang LIPI menjadi inovasi. Dukungan pembiayaan untuk inkubasi teknologi sebelum dipasarkan menjadi langkah penting dalam mendukung model bisnis hasil litbang.

Skema inkubator yang dikelola oleh Pusat Inovasi telah banyak melahirkan perusahaan *start-up* yang akhirnya mandiri dan dapat mengembangkan usahanya secara berkelanjutan. Dukungan kebijakan pemerintah melalui pemberian insentif untuk memotivasi perusahaan *start-up /tenant* tersebut banyak dimanfaatkan untuk aktifitas pengembangan produk dan menemukan segmen pasar yang tepat. Keberadaan Pusat Inovasi sendiri dirasakan cukup strategik dalam mendorong hasil-hasil penelitian agar bisa menemukan peluang pasar, dimana upaya ini perlu mendapat dukungan dari *enterpreuner* eksternal yang bisa menjalankan bisnisnya secara mandiri.

Sinergi peluang dalam *Technopreneurship*

Pengembangan hasil litbang teknologi nano sudah banyak digunakan dalam berbagai produk inovatif, dan peluang ini didukung oleh sinergi aspek komplementaritas. Komplementaritas antara peluang teknologi dan pasar mengacu pada bagaimana peluang teknologi yang dihasilkan dari hasil litbang mampu memunculkan peluang pasar dan sebaliknya. Dengan kata lain, sebuah hasil riset seperti teknologi nano akan menjadi bermanfaat dan dapat dinikmati masyarakat jika tersedia peluang pasar yang sesuai dengan kebutuhan produk tersebut. Adanya kebutuhan pasar akan suatu produk yang memiliki nilai tambah tinggi akan mendorong pengembangan proses teknologi nano yang dilakukan oleh litbang LIPI melalui *start-upnya* Nano Center (NCI).

Muatan teknologi nano pada beberapa produk yang dihasilkan oleh Nano Center diupayakan agar mampu menjawab permintaan pasar. Peluang pasar ini pada prosesnya berkembang seiring dengan pengetahuan masyarakat/konsumen mengenai teknologi produk yang dituntut semakin efisien dan efektif dalam memberikan manfaat kesehatan. Pada satu sisi, dinamika gaya hidup yang lebih sehat dan menuntut konten teknologi yang lebih tinggi terus berkembang dengan cepat. Di sisi lain, teknologi nano yang ada terus dikembangkan sesuai dengan kebutuhan pasar untuk aplikasi produk yang tepat sasaran/pasar.

Peluang teknologi dan peluang kelembagaan dalam aktivitas technopreneurship menjadi salah satu bagian komplementaritas lainnya, dimana kedua peluang ini akan memberikan banyak dampak terhadap proses implementasi hasil riset sebelum diproduksi secara massal. Kerjasama LIPI dengan Nano Center untuk menghasilkan beberapa produk berbasis teknologi nano menjadi gambaran keterhubungan yang saling melengkapi antar aspek permintaan pasar dan aspek institutional serta sebaliknya. Adapun komplementaritas antara peluang pasar dan peluang kelembagaan dan sebaliknya digambarkan sebagai hubungan yang terkait dengan kebijakan khusus yang menyangkut pemanfaatan hasil litbang untuk industrialisasi.

Sampai saat ini, proses pengembangan kerjasama antara kedua belah pihak masih menemui beberapa tantangan, khususnya bagi pengguna hasil litbang atau pelaku usaha, yaitu terkait proses komersialisasi yang sering terhambat dengan aspek pendanaan *pilot project*, manajemen pemasaran, dan kendala dalam menemukan kesepakatan (titik temu) dari para investor. Meskipun beberapa tantangan telah dapat dijawab oleh Nano Center dengan beberapa produk yang telah berhasil sampai pada tahap komersialisasi seperti nano propolis, dan produk-produk lainnya, teknologi nano belum sepenuhnya dapat dikomersialisasikan dan masih terkendala dalam proses *pilot projectnya*.

Lakitan (2013) menegaskan bahwa lembaga litbang memerlukan kapasitas pengembangan penelitian dalam meningkatkan dan menciptakan teknologi yang relevan dibutuhkan, reliabel dan mampu secara ekonomis berkompetisi dalam bisnis. Di dalam studi sebelumnya (Kardoyo dkk, 2018), dijelaskan mengenai aspek regulasi dalam skema difusi dan komersialisasi hasil litbang dinilai belum cukup jelas bagi sebagian pengusaha atau *entrepreneur* yang akan menjalankan. Meskipun lembaga litbang mengakui telah berupaya membuat mekanisme royalti sebagai bentuk pengelolaan hasil litbang dan bentuk apresiasi terhadap hak atas kekayaan intelektual yang telah dihasilkan (Kardoyo dkk, 2018), kegiatan komersialisasi ini masih dianggap belum cukup signifikan. Hal ini dikarenakan kapasitas Pusat Inovasi sebagai *Technology Transfer Office* (TTO) belum disertai dengan regulasi baku yang dapat menjadi referensi untuk manajemen bisnisnya. Selain itu, masih lemahnya kendali lembaga litbang terhadap proses bisnis yang dijalankan oleh pengusaha pengguna masih menjadi keterbatasan tersendiri dalam pengelolaan sumberdaya dan birokrasi di organisasi pemerintah.

Untuk mendorong hasil litbang dapat diterima konsumen dan pasar secara meluas, maka dukungan pemerintah secara tidak langsung sangat diperlukan terutama dalam menegakkan kebijakan untuk menumbuhkan ekosistem inovasi yang kondusif terhadap *technopreneurship*. Intervensi pemerintah dalam bentuk infrastruktur “*intangible*” akan mendorong munculnya mentalitas *technopreneurship* (Lakitan, 2013) dari perusahaan *start-up*. Peran pemerintah dalam menumbuhkan jiwa *technopreneurship* telah banyak dilakukan dengan memberikan stimulus berupa insentif. Namun demikian, jika intervensi tersebut tidak disertai dengan dukungan dari aspek lain, maka tidak akan diperoleh hasil yang memuaskan. Lakitan (2013) menjelaskan aspek *intangible* sangat penting dalam mendorong *technopreneurship*, seperti akses terhadap ide-ide baru, role model, forum informal, peluang berbasis kebutuhan, jaringan pengaman, akses ke pasar yang lebih besar dan kepemimpinan. Namun demikian, Venkataraman (2004) mengungkapkan faktor *intangible* ini akan menyebabkan ketergantungan pelaku *technopreneurship* bergantung kepada fasilitas yang diberikan pemerintah.

Dalam studi kasus NCI, peran Pusat Inovasi dalam menginiasiasi peluang teknologi nano untuk membuka pasar baru telah memberikan motivasi besar terhadap pelaku *start-up* yang akan menjadi *technopreneur* dalam berbagai produk aplikasinya. Peran peneliti LIPI dalam mendiseminasikan pengetahuan produk teknologi nano dan kapasitas menyerap dari pelaku *start-up* harus diiringi dengan peran kepemimpinan dalam membangun kelembagaan bisnis. Kolaborasi yang baik dari kedua pelaku tersebut akan berdampak kepada keberlanjutan model bisnis dan pengembangan inovasi dalam jangka panjang. Dalam hal ini, Pusinov LIPI memiliki peran penting tidak hanya dalam mengintroduksi teknologi nano untuk berbagai aplikasi, melainkan memberikan dukungan insentif kepada perusahaan *start-up* melalui proses inkubasi. Mekanisme ini telah memberikan manfaat yang cukup signifikan bagi para pelaku *start-up* sehingga mereka membuat sebuah kelembagaan resmi yang saat ini dikenal dengan Nano Center Indonesia.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam rangka mendorong pemanfaatan hasil litbang kepada pengguna secara berkelanjutan, dukungan *technopreneurship* tidak bisa dihindarkan lagi, dengan kata lain harus terus dimotivasi dan difasilitasi dengan baik. Bagaimanapun, banyak aspek dari *technopreneurship* harus diperhatikan dengan hati-hati dan dikaji secara komprehensif untuk benar-benar bisa memahami tantangan di setiap fase pengembangan *technopreneurship*. Oleh karena itu, lembaga litbang perlu memperhatikan peningkatan kapasitas lembaga litbang secara berkelanjutan terutama dalam menciptakan teknologi yang sesuai dengan kebutuhan, layak secara teknis dan kompetitif secara ekonomi. Sebagai contoh adalah studi kasus dari salah satu tenant Pusat Inovasi LIPI yang bergerak dalam bisnis produk berbasis teknologi nano.

Dari hasil analisis komponen *Knowledge Intensive Entrepreneurship* yang mendukung keberhasilan *technopreneurship*, peluang teknologi dan pasar dari produk riset berbasis teknologi nano memiliki prospek dan keuntungan ekonomi yang cukup tinggi. Akan tetapi, jika dikaji dari segi kelembagaan yang dikembangkan saat ini, mekanisme kelembagaan yang dikembangkan masih belum menghubungkan integritas sisi hulu hingga hilir terutama peran Pusat Inovasi hanya bertindak sebagai agen/fasilitator hasil riset. Kapasitas lembaga yang akan mengkomersialisasikan hasil riset masih sangat terbatas, terutama dalam mengembangkan perangkat kebijakan dan indikator nilai tambah ekonomi yang bisa menjadi “*return of research investment*” bagi lembaga penelitian. Pusat Inovasi ke depan perlu merancang model bisnis untuk hasil riset, sehingga bagi pengguna industri akan mudah mengikuti “aturan main” yang

diberlakukan dalam rantai ekonomi yang akan dikembangkan di pasar. Sampai saat ini, masih banyak dikeluhkan bahwa pemanfaatan hasil riset dari lembaga litbang hanya menetapkan pembagian royalti berdasarkan proporsi. Akan tetapi, lembaga litbang belum melakukan monitoring dan evaluasi terhadap keberhasilan yang dicapai oleh perusahaan tenant dalam ukuran yang baku dan dipatuhi secara formal.

DAFTAR PUSTAKA

- Baumol. (2002). Entrepreneurship, Innovation and Growth: The David Goliath Symbiosis, *Journal of Entrepreneurial Finance and Business Ventures*
- Cereijo, M. (2002). Technopreneurship, www.amigospais-guaracabuya.org
- Cukier, K., N. (2006). Hero with a Thousand Faces: Innovative Entrepreneurship and Public Policy. Report of the 6th Annual Rueschlikon Conference on Information Policy, Swiss Re, Zurich.
- Dolatabadi, R.V., Meigounpoory, M.R. (2013). Effective Determinants of Corporate Nano-Technopreneurship Process in Active Technological Knowledge Base Firms. *International Journal of Academic Research in Economics and Management Sciences*, September 2013, 2(5)
- Dasgupta, N., Ranjan, S., Mundekkad, D., Ramalingam, C., Shanker, R., and Kumar, A. (2015). Nanotechnology in agrofood: from field to plate. *Food Res. Int.* 69, 381–400. doi: 10.1016/j.foodres.2015.01.005
- Fowosire, R., Idris, A., & Elijah, O. (2017). Technopreneurship: A view of technology innovations and entrepreneurship. *Global Journal of Researches in Engineering: Electrical and Electronic Engineering*, 17(7). 41-47.
- Grimaldi, R., Kenney, M., Siegel, DS, Wright, M. (2011). 30 years after Bayh–Dole: Reassessing academic entrepreneurship. *Research Policy*, 40:1045-57
- Gupta, A., Eral, H. B., Hatton, T. A., and Doyle, P. S. (2016). Nanoemulsions: formation, properties and applications. *Soft Matter* 12, 2826–2841. doi: 10.1039/c5sm02958a
- Hindle, K., Yencken, J. (2004). Public research commercialisation, entrepreneurship and new technology based firms: an integrated model. *Technovation*, 24:793-803
- Kardoyo, H., Handoyo, S., Ariana, L., Romadona, M.R., (2017). Pemanfaatan Hasil Litbang Pemerintah untuk Menumbuhkan Technopreneurship. Laporan Seri PAPPITTEK 2018. Jakarta.
- Kuemmerle, W. (2002). Home base and knowledge management in international new ventures, *Journal of Business Venturing*, 17(2), 99-122
- Lakitan, B. (2013). Technopreneurship as a Strategic Mechanism for Commercializing University-Created Technology. Conference paper. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/273634674>
- Malerba, F., & McKelvey, M. (2017). Knowledge-Intensive Entrepreneurship and Future Research Directions. *Innovation Systems, Policy and Management*, 433–463. doi:10.1017/9781108529525.016
- Markman, G.D., Phan, P.H., Balkin, D.B., Gianiodis, P.T. (2005). Entrepreneurship and university-based technology transfer. *Journal of Business Venturing*. 20:241-63

- Molt, P.E. (1972). Characteristics of effective organization. Harper and Row publisher.
- Okorie, N.N, Kwa, D.Y, Olusunle , S.O.O. (2014). Technopreneurship: An urgent need in the material world for sustainability in Nigeria, *European Scientific Journal*, October 2014, 10(30)
- Qureshi, A. M., Swaminathan, K., Karthikeyan, P., Ahmed, K. P., Sudhir, and Mishra, U. K. (2012). Application of nanotechnology in food and dairy processing: an overview. *Pak. J. Food Sci.* 22, 23–31
- Radosevic, S., Yoruk , E., Edquist, C., and Zabala, J.M. (2012). Innovation Systems and Knowledge-intensive entrepreneurship: Analytical Framework and Guidelines for Case Study Research. Circle. Lund University.
- Rai, M., Yadav, A., and Gade, A. (2009). Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. *Biotechnol. Adv.* 27, 76–83. doi: 10.1016/j.biotechadv.2008.09.002
- Roselli, M., Finamore, A., Garaguso, I., Britti, M. S., and Mengheri, E. (2003). Zinc oxide protects cultured enterocytes from the damage induced by *Escherichia coli*. *J. Nutri.* 133, 4077–4082
- Schumpeter. 1934. The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest and the Business Cycle, *Journal of Comparative Research in Anthropology and Sociology*, 3 (2)
- Selladuri, M. (2016). Conceptual framework on technopreneurship. *SELP Journal of Social Science*, 7(27). 93-87.
- Selvarani, A., Venusamy, K. (2015). A Study of Technopreneurship in Small and Medium Industry. Technopreneurship as a Firm Strategy: links to innovation, creation and performance, *International Journal of Management*, 6(1), January (2015), pp. 385-392
- Venkataraman S. (2004). Regional transformation through technological entrepreneurship. *Journal of Business Venturing*. 19:153–67
- Walker, K. (2012). The Technopreneurship Process: Academic Entrepreneur University Spin-offs. *RIThink* 2012; 2:11-22
- Yin, R., K. (2014). Case Study Research Design and Methods (5th ed.) Thousand Oaks, CA: Sage