

**PERGERAKAN RISET DALAM PENGEMBANGAN TEKNOLOGI  
NANO DI INDONESIA  
STUDI KASUS DI INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG,  
UNIVERSITAS INDONESIA DAN NANO CENTER INDONESIA**

**MOVEMENT RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF  
NANOTECHNOLOGY IN INDONESIA  
CASE STUDY IN BANDUNG TECHNOLOGY INSTITUTE,  
UNIVERSITY OF INDONESIA AND NANO CENTER INDONESIA**

**Nurjaman Gunadi Putra<sup>a</sup>, Sonny Yuliar<sup>b</sup>**

<sup>a</sup> Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi, Deputi Bidang PKT, BPPT, Puspiptek Serpong  
e-mail : nurjaman.gunadi@bppt.go.id

<sup>b</sup> Dosen Program Magister Studi Pembangunan, Sekolah Arsitektur, Perencanaan dan  
Pengembangan Kebijakan, Institut Teknologi Bandung, Bandung  
e-mail : sonnyyuliar@sp.itb.ac.id

**Abstrak**

Perkembangan riset terkait teknologi nano di negara-negara maju mempengaruhi riset teknologi nano di Indonesia. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pergerakan riset nano di Indonesia khususnya di lembaga penelitian dan pengembangan (litbang) dan perguruan tinggi serta melihat perkembangan kebijakan pemerintah Indonesia terkait dengan riset teknologi nano. Metodologi penelitian yang digunakan adalah kualitatif eksploratif dengan pendekatan teori jaringan-aktor (*actor-network theory*) untuk melihat relasi pada aktivitas riset teknologi nano di Institut Teknologi Bandung (ITB), Universitas Indonesia (UI) dan *Nano Center* Indonesia (NCI). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat pergerakan yang berbeda di Institut Teknologi Bandung dan Universitas Indonesia, dimana Institut Teknologi Bandung memilih pendekatan membuat satu pusat riset terkait ilmu nano dan teknologi nano, sedangkan Universitas Indonesia memilih pendekatan membuat beberapa pusat riset yang tersebar di beberapa fakultas. Lain halnya dengan pergerakan riset teknologi nano di *Nano Center* Indonesia yang fokus utamanya adalah menghasilkan produk.

Kata kunci : Teknologi nano, Kebijakan, Riset di perguruan tinggi, Riset di lembaga litbang

**Abstract**

*Development of nano-technology related research in developed countries affect the nano technology research in Indonesia. Therefore, this research was conducted to find out how nano-research movement in Indonesia particularly in research and development agency and university as well as looking at the development of the Indonesia Government policies related to nano-technology research. The research methodology used is qualitative exploratory with actor-network theory approach to see the relation on related research activity at Bandung Technology Institute (ITB), University Of Indonesia (UI) and Nano Center Indonesia (NCI). The results of this research show that there are different movements at the Bandung Institute of technology and the University of Indonesia, where Bandung Institute of technology chose the approach make one related science research center of*

*nano and nano-technology, whereas University of Indonesia chose the approach made some research centers scattered in several faculties. Another case with movement research in nano technology Nano Center Indonesia that its main focus is producing the product.*

*Keywords : Nano-technology, Policy, Research at Universities, Research at Institutes of Research and Development*

Diterima (received) : 16 Januari 2019 , Direvisi (revised) : 26 Maret 2019 ,  
Disetujui (accepted) : 28 Maret 2019

## PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi berbanding lurus dengan perubahan zaman, salah satu buktinya adalah rekayasa dari suatu material yang dapat menghasilkan karakteristik baru dari material tersebut dengan cara memanipulasi ukurannya menjadi sangat kecil melalui pendekatan riset nano. Material berukuran nano adalah material yang memiliki besaran se-per-satu miliar meter ( $10^{-9}$  m). Banyak literatur menunjukkan bahwa pengembangan teknologi nano awal mulanya dilatarbelakangi oleh gagasan dari Richard Feynman yang merupakan salah satu penerima hadiah Nobel Fisika pada tahun 1965 melalui publikasinya *There's Plenty of Room at the Bottom: An Invitation to Enter a New Field of Physics*, dimana konsep dasar yang dipaparkannya adalah '*manipulating and controlling things on a small scale*' dengan mengambil contoh bagaimana memasukkan seluruh 24 volume *Ensiklopedia Britannica* pada sebuah kepala pin. Penggunaan kata 'teknologi nano' secara eksplisit awalnya dicetuskan oleh Professor Taniguchi Kawai dari *Tokyo Science University* pada tahun 1974 dengan menyebut kata teknologi nano untuk menjelaskan ilmu pengetahuan dan teknologi dari upaya proses atau membangun bagian dari material berukuran nano menggunakan mesin *ultra precision*<sup>1,2)</sup>.

Riset terkait nano dibedakan menjadi dua yaitu, ilmu nano dan teknologi nano. Ilmu nano adalah studi tentang fenomena dari manipulasi dari material skala atomik, molekular dan makro molekul, dimana terdapat perbedaan sifat yang signifikan dari material tersebut pada skala ukuran yang lebih besar sedangkan teknologi nano adalah bagian dari ilmu pengetahuan dan teknologi yang memiliki karakteristik interdisiplin yang mencakup teknologi informasi, ilmu lingkungan, ilmu hayati, ilmu material dan lainnya pada ukuran skala nano meter, dimana pada ukuran tersebut ditemukan fungsi dan karakteristik baru dari material, hal ini yang menyebabkan keunikan di

ukuran nano tersebut yang diharapkan menjadi inovasi teknologi dalam berbagai bidang industri<sup>3,4)</sup>.

Perkembangan riset terkait teknologi nano di negara-negara maju juga mempengaruhi riset teknologi nano di Indonesia. Hal ini dibuktikan dengan adanya perkumpulan peneliti dan penggiat teknologi nano yang diberi nama Masyarakat Nano Indonesia (MNI) sejak tahun 2005. Selain itu muncul juga berbagai pusat riset yang salah satu fokus risetnya terkait dengan ilmu nano dan teknologi nano. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pergerakan riset nano di Indonesia khususnya di lembaga penelitian dan pengembangan (litbang) dan perguruan tinggi. Selain itu, dilihat pula perkembangan kementerian atau lembaga pemerintah Indonesia yang sudah memiliki konsen terhadap riset teknologi nano.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Blok Bangunan

Richard Feynman pada tahun 1959 berhipotesis bahwa atom dan molekul dapat dimanipulasi layaknya membuat "blok-blok bangunan". Miller *et al* menggunakan istilah blok bangunan untuk menjelaskan material nano yang dapat diatur dan dimanipulasi untuk berbagai aplikasi. Analogi ini digunakan untuk dapat memahami teknologi nano. Menurut para ilmuwan teknologi nano, ada beberapa variasi dari material nano dalam membangun material kompleks, devais dan sistem, dimana atom menjadi unit dasarnya.<sup>5)</sup>

Material nano dengan ukuran 1 sampai dengan 100 nanometer memiliki karakteristik yang unik pada ukurannya. Pembuatan atau fabrikasi dari material nano dapat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu *top-down* dan *bottom-up*, pendekatan *top-down* dilakukan dengan cara membuat serbuk material yang berukuran nano melalui metode *Lithography* maupun metode lainnya. Sedangkan pendekatan *bottom-up* dilakukan menyusun

dan mengontrol atom-atom dan molekul sehingga menjadi ukuran material nano. Salah satu teknik dengan pendekatan *bottom-up* ini disebut dengan "*positional assembly*" dimana dilakukan pemindahan atom yang memungkinkan pengaturan dari atom tersebut <sup>5)</sup>.

### Teknologi Nano dari Perspektif Kebijakan

Teknologi nano mendapat perhatian dari berbagai kalangan pada dekade awal tahun 2000-an hingga kini dan semakin banyak dikaji oleh peneliti dari banyak negara termasuk Indonesia. Aplikasi dari teknologi nano dapat ditemui dalam berbagai sektor industri seperti industri elektronik, industri pertanian, industri energi dan lainnya. Peluang industri dari berbagai hasil riset nano ini membuat banyak negara menjadikan riset nano sebagai salah satu prioritas dalam kegiatan penelitian dan pengembangan di negaranya masing-masing <sup>6)</sup>.

Seperti halnya Amerika Serikat yang membuat *National Nanotechnology Initiative (NNI)*, Iran dengan *Iran Nanotechnology Innovation Council*, China yang menyusun *Fundamentals of Nanotechnology Manufacturing Major Research Program* dan Jepang yang memasukkan riset nano sebagai salah bagian dari dokumen prioritas pengembangan iptek dalam dokumennya yang diberi judul *2nd, 3rd, 4th Science and Technology Basic Plan*.

### Kerangka Kebijakan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi

Pemerintah memiliki kewenangan untuk membuat suatu kebijakan terkait dengan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di negaranya. Secara umum terdapat banyak contoh kebijakan terkait dengan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Dimana kebijakan suatu negara memiliki struktur yang jelas. Khusus untuk kebijakan ilmu pengetahuan dan teknologi, terdapat beberapa kategori dan indikator yang dibuat untuk menggambarkan kebijakan iptek di suatu negara. Selain itu, terdapat pula kerangka kebijakan ilmu pengetahuan, teknologi dan inovasi (iptekin) di negara Iran yang dimana menitik beratkan pada dua komponen penting yaitu institusi dan aktivitas dari kerangka kebijakan tersebut <sup>7,8,9)</sup>.

Berdasarkan beberapa literatur tersebut, maka dibuat sintesis dari kerangka kebijakan terkait dengan pengembangan ilmu pengetahuan, teknologi dan inovasi (iptekin)/

*science, technology and innovation (STI)* seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1.  
Sintesis Kerangka Kebijakan Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Inovasi (iptekin)/ *Science, Technology and Innovation (STI)*

No.	Kategori kebijakan	Indikator kebijakan
1.	<i>Instrument</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kebijakan</li> <li>• Perangkat legalitas</li> <li>• Struktur organisasi</li> <li>• Mekanisme Operasional</li> </ul>
2.	<i>Science, Technology and Innovation (STI) Inputs</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sumber daya manusia</li> <li>• Infrastruktur litbang</li> <li>• Pendanaan litbang</li> </ul>
3.	<i>Science, Technology and Innovation (STI) Outputs</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Publikasi Ilmiah</li> <li>• Paten</li> <li>• Produk</li> <li>• Pasar</li> </ul>

### METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metodologi penelitian eksploratif yang menggunakan pendekatan teori jaringan-aktor (*actor-network theory*) untuk melihat relasi dari aktor manusia dan non-manusia pada aktivitas riset terkait teknologi nano dengan metode studi kasus di Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi di Institut Teknologi Bandung (ITB), Pusat penelitian teknologi nano di Universitas Indonesia (UI) dan *Nano Center* Indonesia (NCI). Pemilihan tiga studi kasus atau studi multi kasus di atas dilakukan dengan pendekatan *purposeful sampling* <sup>10,11)</sup>.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A) Pergerakan Aktor Terkait Riset Teknologi Nano di Indonesia

##### a) Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi, Institut Teknologi Bandung.

Terdapat kelompok keahlian dalam riset teknologi nano di Institut Teknologi Bandung:

1. Kelompok *Nano science* salah satunya fokus di Komputasi/ Teoritis
2. Kelompok *Nano material*

3. Kelompok *Nano medicine*
4. Kelompok *Nano bio*
5. Kelompok *Nano device* salah satunya fokus di bidang Teknologi Membran

**Pergerakan Riset Tekait Penulisan Artikel Ilmiah di PPNN-ITB**

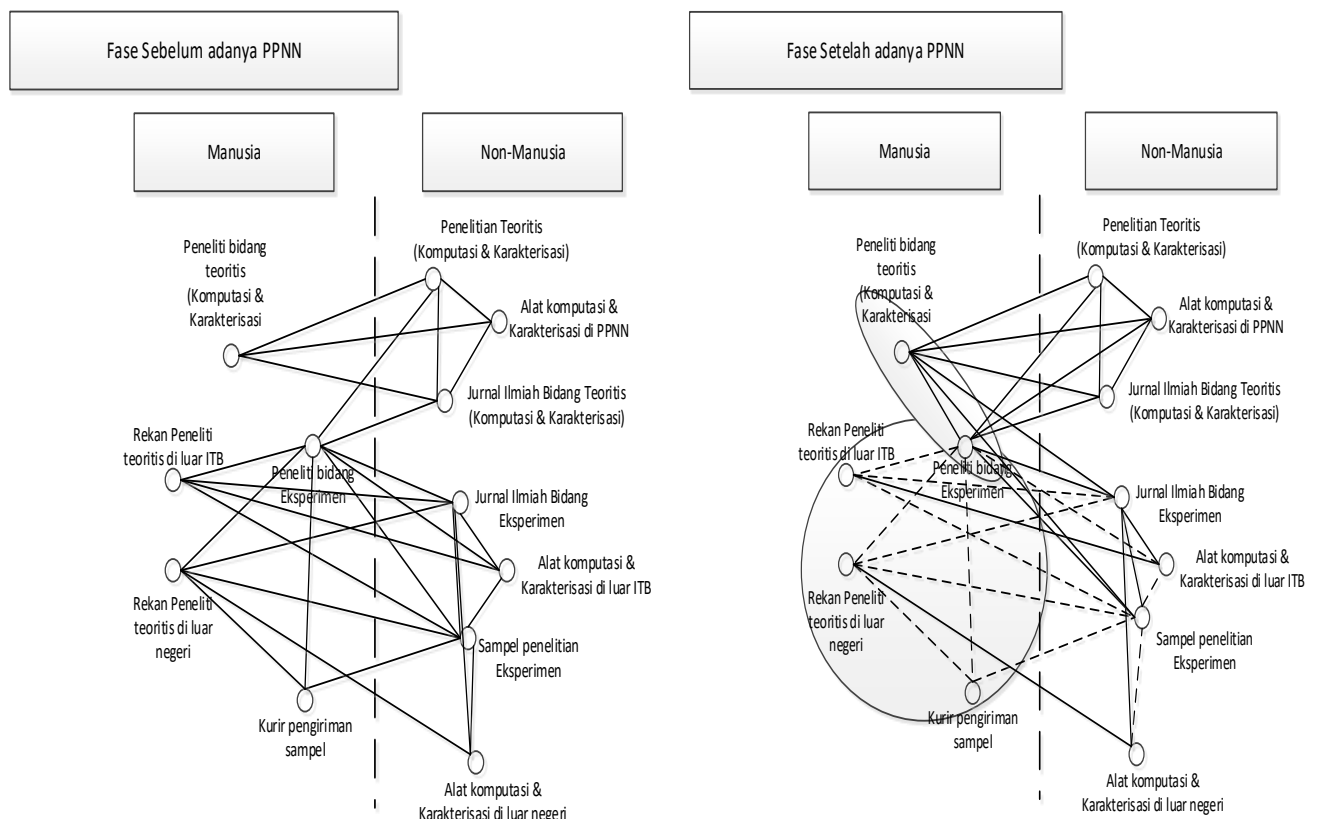
Para peneliti yang tergabung di PPNN-ITB memiliki mitra peneliti dalam setiap artikel ilmiah, jika diklasifikasikan menurut kategori tahap riset nano menurut Lux yaitu *nanomaterial*, *nanointermediate* dan *nano-enabled products*.<sup>12)</sup> Serta tingkatan aplikasi teknologi nano menurut Miller *et al*, maka beberapa riset yang dilakukan oleh peneliti PPNN-ITB<sup>5,12)</sup>.

Berdasarkan penelusuran dari beberapa artikel ilmiah yang mewakili berbagai peneliti dari disiplin ilmu yang berbeda, diperoleh fakta bahwa mayoritas riset terkait teknologi nano di Pusat penelitian nanosains dan nanoteknologi (PPNN)-ITB menggunakan pendekatan *bottom-up* dalam perakitan material berukuran nano. Lalu terkait rantai nilai yang dikemukakan *Lux Research*, riset yang dilakukan para peneliti dari PPNN-ITB terdapat pada tahap *nanomaterial* dan *nanointermediate*. Sedangkan terkait dengan pendanaan riset, diperoleh fakta bahwa riset

terkait ilmu nano dan teknologi nano yang dilakukan oleh para peneliti di PPNN-ITB dibiayai oleh berbagai pihak, seperti pemerintah Indonesia melalui Kemenristekdikti atau dana riset kelompok keahlian di Institut Teknologi Bandung. Selain itu, terdapat pula pemberi dana yang berasal dari pemerintah negara lain, seperti hasil penelusuran yang tersaji pada tabel 1 di atas, berbagai institusi yang merupakan bagian dari pemerintah negara Jepang banyak mendanai riset-riset terkait teknologi nano di ITB.

**Pergeseran Sebelum dan Sesudah Adanya PPNN-ITB**

Terdapat pergeseran relasi dari peneliti nano di ITB pada fase sebelum adanya PPNN-ITB dan fase setelah adanya PPNN-ITB. Hal yang paling terlihat adalah peran dari aktor non-manusia seperti alat-alat karakterisasi, dimana sebelum adanya PPNN-ITB, para peneliti nano ITB menjalin relasi dengan para peneliti bidang komputasi/ karakterisasi di berbagai tempat, baik di ITB maupun di luar ITB.



Gambar 1. Pola kerja sama antara peneliti teoritis dan eksperimen sebelum dan setelah adanya PPNN ITB

Adanya PPNN-ITB membuat relasi antara peneliti teoritis (komputasi dan karakterisasi) yang berasal dari teknik fisika ITB dan peneliti eksperimen dari berbagai sekolah/ fakultas di ITB terjalin, sedangkan relasi peneliti eksperimen ITB dan peneliti teoritis di luar ITB menjadi melemah.

### **Interaksi Peneliti Nano di ITB dengan Industri**

Keterlibatan industri pada riset teknologi nano sangat terasa, pada bagian sebelumnya dijelaskan mengenai perkembangan riset teknologi nano diikuti pula oleh perkembangan aplikasi dari produk-produk akhir yang mengandung teknologi nano. Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi (PPNN) ITB pun menyadari hal tersebut, terbukti dengan dibuatnya bagan tingkatan riset dari dasar, terapan dan industri. Namun secara kelembagaan, keterlibatan industri pada riset teknologi nano yang dilakukan PPNN ITB belum terlihat, alasannya dikarenakan teknologi nano masih termasuk dalam *emerging technology*, sehingga risetnya masih fokus pada riset dasar dan terapan/aplikasi.

*... kan dia masih termasuk apa yang dimaksud emerging technology, jadi ilmu yang masih bayi, masih mulai berkembang, jadi walaupun ada irisan dengan aplikasi, ...mungkin belum luas amat, jadi sekarang pada dasarnya masih di level antara dasar dan aplikasi, belum sampai ke pada industri ya.*

### **b) Nano Center Indonesia**

Awal mula *Nano Center* Indonesia dibuat adalah untuk menghimpun para peneliti nano yang ada di lembaga penelitian dan pengembangan (litbang) milik pemerintah dan di perguruan tinggi dalam satu naungan yang bernama Masyarakat Nano Indonesia (MNI). Terdapat 3 fase utama dalam pergerakan riset teknologi nano di NCI yaitu:

1. Orientasi riset – Fase sebelum adanya konsep *platform*
2. Orientasi riset – Fase menuju konsep *platform*
3. Orientasi riset – Fase setelah adanya konsep *platform*

### **Pergerakan Riset Terkait Penulisan Artikel Ilmiah di NCI**

Hasil penelusuran pola riset berdasarkan artikel ilmiah yang dihasilkan oleh para peneliti mitra *Nano Center* Indonesia. Terdapat dua peneliti mitra dari *Nano Center*

Indonesia yang berhasil ditelusuri jejak artikel ilmiahnya, yaitu peneliti yang berlatar belakang disiplin ilmu biomaterial dan disiplin ilmu metalurgi. Penelusuran artikel ilmiah menjadi dasar untuk membedah fakta-fakta yang ada di balik riset teknologi nano yang dilakukan oleh para peneliti mitra *Nano Center* Indonesia. Konsep pembentukan material nano yang dilakukan oleh peneliti mitra NCI menggunakan pendekatan *bottom-up* untuk riset-riset yang dilakukan. Sedangkan terkait rantai nilai, penelitian yang dilakukan ada pada tahap *nanomaterial* dan *nanointermediate*. Riset-riset yang dilakukan oleh para peneliti mitra NCI didanai oleh pemerintah Indonesia melalui pembiayaan Intensif Sistem Inovasi Nasional yang ada di Kemenristekdikti, serta ada pula pendanaan yang diberikan oleh *Japan Society for the Promotion of Science* (JSPS).

### **c) Universitas Indonesia**

Terdapat kelompok-kelompok riset terkait teknologi nano di Universitas Indonesia

1. Kelompok Fisika material
2. Kelompok Teknik Elektro
3. Kelompok Teknik Metalurgi dan Material

### **Pergerakan Riset Terkait Penulisan Artikel Ilmiah di Universitas Indonesia**

Berdasarkan penelusuran artikel ilmiah yang dihasilkan peneliti dari teknik metalurgi dan material UI yang membahas tentang material nano, riset dilakukan bersama para peneliti lembaga penelitian dan pengembangan (litbang) seperti LIPI, dimana peneliti LIPI tersebut memiliki keterkaitan dengan *Nano Center* Indonesia. Penelusuran artikel ilmiah yang dihasilkan oleh para peneliti di Universitas Indonesia terkait dengan tema teknologi nano, diperoleh fakta bahwa kerja sama riset teknologi nano di Universitas Indonesia cukup beragam. Proses pembentukan material pada riset-riset yang dilakukan oleh peneliti di UI menggunakan pendekatan yang beragam seperti *top-down* pada riset terkait dengan *p-n junction*, sedangkan riset lainnya menggunakan pendekatan *bottom-up*. Lalu jika dipetakan menggunakan pendekatan konsep rantai nilai, maka riset yang dilakukan oleh peneliti-peneliti UI ada pada tahap nanomaterial.

Selain itu, pihak pemberi dana yang ada dibalik riset-riset teknologi nano yang dilakukan oleh para peneliti di UI pun hampir serupa dengan yang ada di ITB maupun NCI, dimana terdapat peran pemerintah Indonesia baik itu dana riset internal UI,

Kemenristekdikti maupun instansi lainnya, begitu pula terdapat pendanaan yang diberikan oleh pemerintah Jepang melalui *Japan Society for the Promotion of Science*, hal ini dikarenakan ada beberapa peneliti teknologi nano di UI yang merupakan alumni dari salah satu perguruan tinggi di Jepang. Relasi antara peneliti Indonesia dengan Jepang cukup banyak ditemukan pada riset terkait teknologi nano.

### **Keterlibatan Industri dalam Riset Teknologi Nano di Universitas Indonesia**

Riset teknologi nano di Universitas Indonesia memang belum terintegrasi menjadi satu kesatuan, namun terkait keterlibatan industri, Universitas Indonesia memiliki pendekatan yang berbeda, dimana terdapat kerja sama yang lebih nyata dengan industri. Kerja sama yang dilakukan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) dengan Pertamina serta kerja sama Departemen Teknik Elektro dengan Mochtar Riady merupakan salah satu contohnya.

### **B) Kebijakan eksisting riset teknologi nano di Indonesia**

#### **a) Perkembangan kebijakan terkait riset teknologi nano**

Perkembangan riset terkait teknologi nano di Indonesia sudah menjadi perhatian pemerintah sejak tahun 2005. Ada beberapa kementerian yang membuat suatu kebijakan mengenai teknologi nano baik secara eksplisit maupun implisit. Hal ini diperkuat oleh pernyataan salah satu peneliti LIPI yang merupakan pendiri dari Masyarakat Nano Indonesia (MNI) di bawah ini:

*....Ristek itu ngeluarin material maju, lanjut dan nanoteknologi, nah itu 2005  
... memang yang pertama itu ristek dulu, dari ristek kemudian kementerian pertanian, perindustrian ...*

Pada tahun 2005-2006, Kementerian Negara Riset dan Teknologi melalui dokumen agenda riset nasionalnya (2006-2009) mencantumkan berbagai riset nano dalam sub riset pengembangan teknologi industri pertahanan dan keamanan. Selanjutnya pada dokumen agenda riset nasional pada tahun 2010-2014, terdapat agenda riset nasional baru yang diberi tema 'material maju' (*Advanced Material*). Selain masuk dalam agenda riset nasional, Kementerian Riset dan Teknologi membuat suatu program bantuan riset yang salah satu

tema prioritas yang dibiayainya adalah tema teknologi material yaitu Program Insentif Riset Sistem Inovasi Nasional (Insinas) yang dimulai pada tahun 2012 dan hingga tahun 2018 ini. Berdasarkan penelusuran melalui dokumen pedoman program Insinas khususnya tema riset teknologi material. Perkembangan Kementerian Riset dan Teknologi yang sekarang berubah nama menjadi Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (Ristekdikti) terhadap riset terkait teknologi nano terus berlangsung hingga kini. Hasil rapat kerja nasional Ristekdikti menghasilkan 9 tema ilmu pengetahuan, teknologi dan inovasi (iptekin) yang menjadi prioritas dalam pengembangan industri 4.0, dimana salah satunya adalah bioteknologi dan teknologi nano.

Setelah Kementerian riset dan teknologi mencantumkan material maju sebagai salah satu agenda riset nasional pada tahun 2006, kemudian diikuti oleh Kementerian Perindustrian melalui Pusat penelitian dan pengembangan teknologi industri - Badan penelitian dan pengembangan industri pada tahun 2008 menyusun satu dokumen yang berjudul '*Road map pengembangan teknologi industri berbasis nanoteknologi*'. Dokumen tersebut membahas pula isu-isu strategis pada riset teknologi nano seperti berbagai resiko dari teknologi nano maupun isu standarisasi teknologi nano. Meski sudah disusun secara komprehensif, dokumen '*Road map pengembangan teknologi industri berbasis nanoteknologi*' ini tidak ada kelanjutannya hingga saat ini. Selang 2 tahun setelah dokumen '*Road map pengembangan teknologi industri berbasis nanoteknologi*' yang disusun oleh Kementerian Perindustrian, Kementerian Pertanian melalui Badan penelitian dan pengembangan (Balitbang) menyusun *roadmap* yang mengarah pada pengolahan pangan.

Selanjutnya pada dokumen Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional (RIPIN) Tahun 2015-2035, riset terkait teknologi nano masuk dalam beberapa industri prioritas menurut Kementerian Perindustrian seperti industri tekstil, industri hulu agro, industri farmasi dan industri ICT. Instansi lain yang sudah memberi perhatian lebih pada riset teknologi nano adalah Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral dengan pemberian dana untuk riset material maju dan teknologi nano pada kurun waktu tahun 2008-2013. Berikutnya Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) yang membangun fasilitas laboratorium karakteristik untuk riset teknologi nano seperti peralatan AFM, PSA, SEM, dan lainnya pada tahun 2011. Dilanjutkan oleh

Badan Standarisasi Nasional (BSN) yang menyusun Rancangan Standar Nasional Indonesia (RSNI) Nanoteknologi. Kemudian LIPI dengan dokumen strategi pengembangan Material maju dan teknologi nano pada tahun 2012<sup>13)</sup>.

Instansi lain yang juga memiliki keterkaitan dengan riset teknologi nano adalah Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM), terutama terkait dengan regulasi produk nano seperti kosmetik dan obat-obatan. Pada dokumen Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 28 Tahun 2017 tentang rencana strategis BPOM tahun 2015-2019 dalam bagian perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Menurut peneliti bidang Farmasi dan Medika di Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), kondisi regulasi yang merupakan kewenangan BPOM belum dibuat, akan tetapi produk nano dari negara lain mudah sekali masuk

ke Indonesia, hal ini sesuai dengan pernyataannya di bawah ini:

*...apalagi dengan sekarang Badan POM belum aware isitilahnya open regulation untuk nano itu sendiri, belum, ini baru apa ya, penjajakan, mereka mau bikin apa ya, regulasinya karena walaupun kosmetik itu ikut, harus ikut aturan eropa, itu yang berat banget...*

#### b) Analisis Kebijakan dengan Kerangka Kebijakan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi

Berdasarkan kondisi kebijakan eksisting yang telah dibahas pada bagian sebelumnya, maka kebijakan-kebijakan tersebut dimasukkan dalam kerangka kerja kebijakan ilmu pengetahuan dan teknologi. Berikut kebijakan terkait ilmu pengetahuan dan teknologi di Indonesia khususnya mengenai pengembangan riset teknologi nano.

Tabel 2.  
Kebijakan yang Terkait dengan Pengembangan Teknologi Nano di Indonesia

No.	Kategori kebijakan	Indikator kebijakan	Kondisi di Indonesia
1.	<i>Instrument</i>	Kebijakan	Ada beberapa kementerian dan lembaga yang membuat kebijakan terkait teknologi nano, baik memasukkan dalam tema riset prioritas ataupun pembuatan fasilitas riset. Dokumen program, <i>roadmap</i> , rencana strategis
		Perangkat legalitas Struktur organisasi Mekanisme Operasional	Tidak ada organisasi khusus yang fokus mengelola riset teknologi nano Masing-masing instansi lakukan mekanisme operasionalnya sendiri, baik berupa kurun waktu dokumen atau lainnya.
2.	<i>STI Input</i>	Sumber daya manusia Infrastruktur litbang	Terdapat ratusan doktor nano yang dihimpun oleh Masyarakat Nano Indonesia Laboratorium-laboratorium di perguruan tinggi dan Lembaga Litbang sudah memiliki fasilitas terkait alat karakterisasi (observasi) dan alat sintesis (proses) Akan tetapi untuk membuat produk dalam skala massal, belum dapat dilakukan karena masing-masing laboratorium belum mengarah pada riset industri.
		Pendanaan litbang	Pendanaan bersumber dari dana pemerintah ,bantuan negara lain dan bantuan dari perusahaan (baik BUMN ataupun Swasta)
3.	<i>STI Output</i>	Publikasi Ilmiah	Perguruan tinggi seperti ITB dan UI menjadikan tema riset nano sebagai tema riset prioritas, hal ini untuk mendukung publikasi ilmiah insitusinya
		Paten	Selain publikasi, ada beberapa peneliti yang sudah menghasilkan paten terkait dengan riset di bidang teknologi nanonya, akan tetapi tidak diketahui lebih jauh apakah paten awal atau paten yang sudah berupa aplikasi. Akan tetapi pengembangan paten menjadi aplikasi pun banyak dikembangkan oleh industri di Indonesia.
		Produk	Berdasarkan kebijakan-kebijakan terkait riset teknologi nano, masih pada taraf bahwa riset teknologi merupakan salah satu tema riset yang di prioritaskan, tadi ada regulasi yang khusus mengharuskan riset teknologi nano yang menghasilkan produk. Akan tetapi <i>Nano Center</i> Indonesia yang salah satu lembaga yang orientasi risetnya adalah menghasilkan produk
		Pasar	Belum ada yang secara khusus membahas terkait pasar dari riset teknologi nano. Meskipun pada dokumen <i>roadmap</i> yang disusun Kementerian Perindustrian sudah dijelaskan potensi

No.	Kategori kebijakan	Indikator kebijakan	Kondisi di Indonesia
			pengembangan teknologi nano (menunjukkan beberapa sektor industri), akan tetapi realisasinya belum ada. Fakta yang ada, banyak produk teknologi nano dari luar negeri yang sudah masuk dan dipasarkan di Indonesia

Berdasarkan data pada tabel 2 di atas, terlihat bahwa potensi sumber daya manusia terutama terkait kompetensi peneliti Indonesia yang sudah banyak riset terkait teknologi nano belum dapat dijumpai oleh pemerintah baik dalam hal pembangunan relasi dengan pihak industri yang sebenarnya dapat diberi peran penting dalam pengembangan teknologi nano. Selain itu, peran pemerintah selaku pembuat kebijakan belum dapat membuat kebijakan secara menyeluruh yang dapat menjadi 'payung' bagi berbagai instansi pemerintah yang telah lebih dahulu konsen terkait potensi pengembangan teknologi nano.

Akhirnya kondisi ini menyebabkan riset teknologi nano masih ada pada tataran pemenuhan publikasi bagi para peneliti baik itu di perguruan tinggi dan lembaga penelitian dan pengembangan (litbang).

## SIMPULAN

Terdapat pergerakan-pergerakan terkait riset teknologi nano di perguruan tinggi (Institut Teknologi Bandung dan Universitas Indonesia) serta beberapa peneliti lembaga penelitian dan pengembangan yang menginisiasi Nano Center Indonesia. Pengembangan riset teknologi nano di Institut Teknologi Bandung dan Universitas Indonesia terutama pada tema riset teknologi nano sebagai salah satu fokus riset unggulan di perguruan tinggi tersebut, sehingga tidak heran keluaran utama dari riset teknologi nano di Institut Teknologi Bandung dan Universitas Indonesia masih pada tahap publikasi. Pendekatan yang berbeda dilakukan oleh para peneliti yang berasal dari lembaga penelitian dan pengembangan (litbang)/ Lembaga pemerintah non kementerian (LPNK) seperti Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) serta Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) yang menginisiasi *Nano Center* Indonesia. Fokus dari *Nano Center* Indonesia adalah membuat produk terkait teknologi nano yang idenya berasal dari invensi-invensi mitra peneliti yang tergabung di *Nano Center* Indonesia.

Selain itu, terdapat beberapa kementerian dan lembaga yang telah menghasilkan kebijakan terkait riset teknologi nano di Indonesia seperti: (1) Kementerian riset dan teknologi (kini menjadi

Kementerian riset, teknologi dan pendidikan tinggi), (2) Kementerian Perindustrian, (3) Kementerian pertanian, (4) Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, (5) Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), (6) Badan Standarisasi Nasional (BSN) dan (7) LIPI. Pada kebijakan-kebijakan yang dihasilkan oleh kementerian dan lembaga tersebut masih fokus pada pengembangan riset teknologi nano, sedangkan tidak banyak keterlibatan industri yang disinggung pada kebijakan-kebijakan tersebut. Pada roadmap pengembangan teknologi industri berbasis teknologi nano yang dihasilkan Kementerian perindustrian sudah disebutkan industri-industri prioritas dalam pengembangan teknologi nano di Indonesia, akan tetapi hingga kini tidak ada kelanjutan dari dokumen tersebut.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada para narasumber penelitian dari ITB, UI, LIPI, BPPT dan NCI serta kepada Pusat pembinaan, pendidikan dan pelatihan (Pusbindiklat) Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi sebagai pemberi dana beasiswa serta Institut Teknologi Bandung (ITB) sebagai pemberi dana bantuan penulisan jurnal.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Chen, H., and Rocco, M.,C., *Mapping nanotechnology innovations and knowledge-Global and Longitudinal Patent and Literature Analysis*. Springer Science Business Media, 2009.
2. Selin, C., *Expectations and the Emergence of Nanotechnology*. Science Technology Human Values- SAGE PUBLICATION 32: 196, 2007.
3. Royal Society, *Nanoscience and nanotechnologies: Opportunities and uncertainties*. London: Royal Society, 2004.
4. OECD, *The Impacts of Nanotechnology on Companies: Policy Insights from Case Studies*, OECD Publishing, 2010.
5. Miller, J.,C., et al., *The handbook of Nanotechnology – Business, Policy and*



- Intellectual Property Law*. John Willey & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey, 2005.
6. Porter, A.L., Youtie, J., Shapira, P., Schoeneck, D.J., *Refining search terms for nanotechnology*. Journal of Nanoparticle Research. 2008.
  7. Sagasti, F., *Science, Technology and Innovation Policy Instruments (STPI). Keynote address at the UNESCO Global Observatory on Science, Technology and Innovation Policy Instruments*. Paris, October 19th. Power Point File, 2011.
  8. United Nations Conference on trade and development (UNCTAD), *Science, Technology & Innovation Policy Review – Islamic Republic of Iran*. United Nations Publication – UNCTAD/DTL/STICT/2016/3, 2016.
  9. Salami, R., and Soltanzadeh, J., *Comparative Analysis for Science, Technology and Innovation Policy; Lessons Learned from Some Selected Countries (Brazil, India, China, South Korea and South Africa) for Other LdCs Like Iran*. Journal of Technology Management & Innovation Volume 7 Issue 1, 2012.
  10. Yuliar, S., *Tata kelola teknologi, Perspektif teori jaringan-aktor*. Penerbit ITB, 2009.
  11. Creswell, J.W., *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches*. California: SAGE Publication, Inc., 2013.
  12. Lux Research. *Nanotechnology Commercialization –Industry and Environmental Impacts - Woodrow Wilson International Center for Scholars, Project on Emerging Nanotechnologies, Workshop on Nanotechnology Lifecycle Assessment –October 2-3*, Presented by Michael Holman, Senior Analyst, Lux Research – Pdf File, 2006.
  13. Rochman, N.T., *Nanotechnology R&D and commercialization in Indonesia- 'Critical issues and strategies'*, 2016.

(halaman ini sengaja dikosongkan)