

MEMBANGUN INOVASI PASCAPANDEMI COVID-19:

**PANDUAN BAGI DOSEN, ILMUWAN INOVATOR,
DAN MAHASISWA**

Didasarkan pada pengalaman melakukan inovasi
dalam bidang teknologi plasma

MUHAMMAD NUR

MEMBANGUN INOVASI PASCAPANDEMI COVID-19:

**PANDUAN BAGI DOSEN, ILMUWAN INOVATOR, DAN
MAHASISWA**

**Didasarkan pada pengalaman melakukan inovasi
dalam bidang teknologi plasma**

MUHAMMAD NUR

MEMBANGUN INOVASI PASCAPANDEMI COVID-19: PANDUAN BAGI DOSEN, ILMUWAN INOVATOR, DAN MAHASISWA

**Didasarkan pada pengalaman melakukan inovasi
dalam bidang teknologi plasma**

MUHAMMAD NUR

Uk. 15,5cm x 23cm (xii + 144 hlm)

ISBN: 978-623-417-456-4 (PDF)



Anggota APPTI 003.151.1.3.2022

Anggota IKAPI 246/Anggota Luar Biasa/JTE/2022

Cetakan Pertama, Tahun 2025

Hak Cipta dilindungi undang-undang

*Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik,
termasuk memfotokopi, merekam atau dengan menggunakan
system penyimpanan, tanpa izin tertulis dari Penulis.*

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga buku ini dapat terselesaikan dengan baik. Buku “*Membangun Inovasi Pascapandemi COVID-19: Panduan Dosen, Ilmuwan, dan Inovator*” ini hadir sebagai refleksi dari perjalanan dunia dalam menghadapi krisis pandemi COVID-19, sekaligus sebagai panduan bagi akademisi, ilmuwan, inovator, dan pengambil kebijakan dalam membangun masa depan yang lebih tangguh berbasis ilmu pengetahuan dan teknologi.

Pandemi COVID-19 telah menjadi momen krusial dalam sejarah modern, yang mengubah banyak aspek kehidupan, termasuk cara kita bekerja, belajar, berinteraksi, dan berinovasi. Krisis ini mempercepat adopsi teknologi digital, memperkuat urgensi riset dalam bidang kesehatan, energi, dan lingkungan, serta membuktikan bahwa sains memiliki peran sentral dalam menavigasi masa-masa sulit. Dalam konteks ini, buku ini mencoba menguraikan bagaimana pandemi menjadi katalisator inovasi, serta bagaimana kita dapat membangun ekosistem inovasi yang berkelanjutan di Indonesia.

Buku ini disusun dalam beberapa bagian utama yang mencakup refleksi atas pandemi sebagai titik balik inovasi, strategi membangun ekosistem inovasi yang kuat, peran akademisi dan industri dalam hilirisasi teknologi, serta arah masa depan ilmu pengetahuan dan teknologi di Indonesia. Berbagai konsep seperti hilirisasi riset, komersialisasi teknologi, dan model bisnis berbasis sains juga dibahas untuk memberikan wawasan yang lebih mendalam kepada para pembaca.

Kami berharap buku ini dapat memberikan inspirasi dan wawasan bagi para akademisi, ilmuwan, serta inovator yang ingin berkontribusi lebih besar dalam membangun masa depan berbasis ilmu pengetahuan dan teknologi. Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan buku ini, baik dalam

bentuk sumbangan pemikiran, riset, maupun dukungan moral. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan memberikan kontribusi bagi perkembangan inovasi di Indonesia.

Semarang, 15 Februari 2025

Muhammad Nur

PENGANTAR

Rektor Universitas Diponegoro

Dengan penuh rasa syukur dan kebanggaan, saya menyambut baik terbitnya buku *Membangun Inovasi Pascapandemi COVID-19: Panduan Dosen, Ilmuwan, Inovator, dan Mahasiswa* yang ditulis oleh Prof. Dr. Muhammad Nur, DEA. Buku ini hadir di tengah momentum penting ketika dunia sedang beradaptasi dengan realitas baru setelah pandemi COVID-19, yang telah mengubah berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam bidang pendidikan, riset, dan inovasi teknologi.

Sebagai perguruan tinggi berbasis riset dan inovasi, Universitas Diponegoro terus berkomitmen untuk mendorong sivitas akademika dalam mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi yang dapat memberikan manfaat nyata bagi masyarakat. Dalam konteks ini, kehadiran buku ini sangat relevan, karena memberikan wawasan mendalam tentang bagaimana dosen, ilmuwan, inovator, dan mahasiswa dapat mengambil peran strategis dalam membangun inovasi yang berkelanjutan.

Penulis, Prof. Dr. Muhammad Nur, DEA, adalah seorang fisikawan plasma terkemuka yang telah membuktikan dedikasi dan kontribusinya dalam pengembangan teknologi ozonasi serta berbagai inovasi berbasis sains dan teknologi. Dengan pengalaman panjang dalam penelitian, pengembangan teknologi, serta komersialisasi inovasi, beliau membagikan panduan yang sangat berharga bagi akademisi dan praktisi yang ingin sukses dalam dunia riset dan inovasi.

Saya berharap buku ini dapat menjadi referensi penting bagi para dosen, peneliti, mahasiswa, serta para inovator dalam mengembangkan gagasan kreatif dan menerapkannya secara nyata untuk kesejahteraan masyarakat. Inovasi tidak hanya menjadi sarana untuk kemajuan ilmu pengetahuan, tetapi juga sebagai pilar utama dalam membangun bangsa yang mandiri dan berdaya saing tinggi di tingkat global.

Akhir kata, saya mengucapkan selamat kepada Prof. Dr. Muhammad Nur, DEA, atas karya yang luar biasa ini. Semoga buku ini dapat menginspirasi lebih banyak akademisi dan inovator dalam membangun ekosistem inovasi yang kuat dan berdampak luas.

Rektor Universitas Diponegoro

Prof. Dr. Suharnomo, SE, MSi

PENGANTAR
Wakil Rektor Bidang Inovasi, Kerja Sama, dan
Komunikasi Publik Universitas Diponegoro

Pandemi COVID-19 telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk di dunia pendidikan tinggi dan inovasi teknologi. Krisis global ini menjadi katalisator bagi lahirnya berbagai solusi kreatif yang mempercepat transformasi digital, kolaborasi akademik, serta pengembangan teknologi yang lebih adaptif. Oleh karena itu, buku *Membangun Inovasi Pascapandemi COVID-19: Panduan Dosen, Ilmuwan, Inovator, dan Mahasiswa* yang ditulis oleh Prof. Dr. Muhammad Nur, DEA, hadir sebagai referensi penting bagi akademisi dan inovator dalam menghadapi era baru pascapandemi.

Sebagai Wakil Rektor yang membidangi inovasi, kerja sama, dan komunikasi publik, saya sangat mengapresiasi upaya Prof. Muhammad Nur dalam berbagi pengalaman serta wawasan yang mendalam mengenai strategi membangun inovasi berbasis riset dan teknologi. Buku ini bukan sekadar teori, tetapi juga panduan praktis bagi para dosen, ilmuwan, mahasiswa, dan pelaku industri yang ingin memahami bagaimana mengembangkan inovasi yang memiliki dampak nyata bagi masyarakat dan dunia usaha.

Inovasi yang sukses tidak hanya bergantung pada kemampuan individu dalam menciptakan teknologi baru, tetapi juga pada ekosistem yang mendukung kolaborasi antara universitas, industri, pemerintah, dan masyarakat. Oleh karena itu, buku ini juga menyoroti pentingnya sinergi antara akademisi dan dunia industri dalam mengakselerasi hilirisasi hasil penelitian.

Saya berharap buku ini dapat menginspirasi lebih banyak akademisi dan inovator muda untuk berani melangkah ke ranah riset terapan, pengembangan teknologi, dan komersialisasi inovasi. Dengan demikian, kita dapat bersama-sama membangun bangsa yang lebih maju, berdaya saing, dan mampu menghadapi tantangan masa depan dengan solusi berbasis ilmu pengetahuan dan teknologi.

Selamat kepada Prof. Dr. Muhammad Nur, DEA, atas kontribusi intelektualnya melalui buku ini. Semoga karya ini menjadi rujukan utama bagi mereka yang ingin berkontribusi dalam menciptakan inovasi yang berkelanjutan dan berdaya guna.

Wakil Rektor Bidang Inovasi, Kerja Sama,
dan Komunikasi Publik
Universitas Diponegoro

Wijayanto, S.IP., M.Si., Ph.D.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
KATA PENGANTAR REKTOR UNIVERSITAS DIPONEGORO	v
KATA PENGANTAR WAKIL REKTOR BIDANG INOVASI, KERJASAMA DAN KOMUNIKASI PUBLIK	vii
DAFTAR ISI.....	ix

Bagian 1: Pandemi sebagai Titik Balik Inovasi

1

Bab 1: Pelajaran dari Pandemi COVID-19	3
1.1. Bagaimana pandemi mendorong percepatan inovasi	3
1.2. Bagaimana pandemi mengubah paradigma ilmu pengetahuan dan teknologi	7
1.3. Peran ilmuwan dan inovator dalam menangani krisis global	9
1.4. Tantangan dan Peluang bagi Akademisi Indonesia dalam Menghadapi Krisis Global	12

Bab 2: Dari Krisis ke Kebangkitan Inovasi	17
2.1. Bagaimana pandemi mempercepat perkembangan teknologi	17
2.2. Contoh Inovasi yang Muncul Selama dan Setelah Pandemi	19
2.3. Mengapa Indonesia Harus Bergerak Lebih Cepat dalam Beradaptasi dan Berinovasi?	23

Bagian 2: Membangun Ekosistem Inovasi di Indonesia.....

31

Bab 3: Ekosistem Inovasi dan Kolaborasi	35
3.1. Apa itu ekosistem inovasi dan mengapa penting bagi Indonesia	35
3.2. Peran Pemerintah, Universitas, dan Industri dalam Inovasi	37

3.3. Membangun Ekosistem Inovasi: Belajar dari Negara Maju dan Relevansinya bagi Indonesia	41
---	----

Bab 4: Peran Perguruan Tinggi dalam Mendorong Inovasi.....	51
4.1. Kampus sebagai pusat riset dan inovasi.....	51
4.2. Membangun Budaya Riset yang Kuat di Universitas	53
4.3. Model Kolaborasi antara Akademisi, Industri, dan Pemerintah.....	56

Bab 5: Dari Penelitian ke Komersialisasi Teknologi	63
5.1. Memahami hilirisasi riset	63
5.2. Strategi hilirisasi riset agar bermanfaat bagi masyarakat.....	55
5.3. Studi kasus sukses hilirisasi riset di Indonesia	59
5.4. Kisah sukses spinoff akademik dan pembelajaran dari negara lain	70

Bagian 3: Inovasi Berbasis Teknologi dan Sains	77
---	-----------

Bab 6: Ilmuwan sebagai Inovator	81
6.1. Transformasi dari Akademisi ke Inovator: Sebuah Perjalanan	81
6.2. Dari akademisi ke wirausaha teknologi	86
6.3. Skill yang dibutuhkan ilmuwan masa depan	89

Bab 7: Model Bisnis Berbasis Teknologi dan Sains.....	93
7.1. Mengembangkan wirausaha berbasis sains dan teknologi.....	93
7.2. Tantangan dan solusi dalam mendirikan perusahaan berbasis riset	96
7.3. Peran modal ventura, inkubator, dan akselerator bagi inovasi akademik	99

Bagian 4: Masa Depan Ilmu dan Teknologi Indonesia 103

Bab 8: Menuju Indonesia sebagai Negara Berbasis

Inovasi..... 109

- 8.1. Peta jalan menuju Indonesia berbasis inovasi dan teknologi..... 109
- 8.2. Kebijakan yang diperlukan untuk mendukung inovasi 111
- 8.3. Peran akademisi dalam membangun bangsa melalui sains..... 113

Bab 9: Membangun Ketahanan Teknologi di Era

Pascapandemi 117

- 9.1. Ketahanan teknologi untuk menghadapi tantangan global ke depan 117
- 9.2. Bagaimana teknologi seperti plasma, ozonisasi, dan AI mendukung industry..... 119
- 9.3. Harapan bagi ilmuwan dan inovator muda di Indonesia 122

Bab 10. Penutup & Rekomendasi 125

- 10.1. Kesimpulan dari perjalanan membangun ekosistem inovasi 125
- 10.2. Langkah konkret bagi akademisi, pemerintah, dan industry..... 126
- 10.3. Ajakan bertindak untuk para ilmuwan dan inovator Indonesia 129

DAFTAR PUSTAKA 131

RIWAYAT SINGKAT PENULIS..... 143

Bagian 1:

Pandemi sebagai Titik Balik Inovasi

Tak ada yang menyangka bahwa pandemi akan menjadi batu ujian terbesar di era modern. Saat dunia dihantam gelombang ketidakpastian, semua sistem yang selama ini dianggap mapan tiba-tiba runtuh. Rantai pasokan terputus, ekonomi terhenti, dan yang paling menyakitkan, jutaan nyawa melayang tanpa bisa dicegah. Namun, justru dalam kekacauan itu, lahir sebuah dorongan luar biasa untuk berinovasi.

Di tengah krisis, manusia dipaksa untuk berpikir ulang tentang cara hidup, bekerja, dan bertahan. Rumah sakit berlomba-lomba mencari teknologi baru untuk mempercepat diagnosis dan pengobatan. Dunia akademik berpacu dengan waktu untuk menemukan vaksin yang efektif. Industri yang sebelumnya berjalan lambat dalam adopsi teknologi digital, kini terpaksa berubah hanya dalam hitungan bulan. Pandemi bukan hanya menciptakan tantangan, tetapi juga menjadi katalisator percepatan inovasi yang luar biasa.

Tiba-tiba, kerja jarak jauh bukan lagi sekadar alternatif, tetapi kebutuhan mutlak. Telemedicine yang dahulu hanya sekadar eksperimen, kini menjadi solusi utama dalam layanan kesehatan. Di sektor pangan, kesadaran akan pentingnya teknologi untuk menjaga keamanan dan kualitas makanan meningkat pesat. Bahkan dalam dunia pendidikan, metode pembelajaran konvensional yang selama ini sulit digeser, kini harus menyesuaikan diri dengan era digital.

Pandemi telah menjadi titik balik yang membuktikan bahwa inovasi bukan sekadar pilihan, tetapi keharusan. Bukan hanya dalam menghadapi krisis, tetapi dalam setiap detik kehidupan manusia, inovasi adalah denyut nadi kemajuan. Jika pandemi mengajarkan sesuatu, itu adalah bahwa ketidakpastian selalu mengintai. Krisis mungkin datang dalam berbagai bentuk—bukan hanya virus, tetapi juga perubahan iklim, disrupsi teknologi, ketimpangan sosial, hingga pergeseran ekonomi global. Mereka

yang bertahan bukanlah yang terkuat atau yang paling mapan, tetapi mereka yang mampu beradaptasi dan terus menciptakan solusi baru.

Sejarah telah membuktikan bahwa peradaban yang besar lahir dari keberanian untuk berubah. Revolusi industri tidak terjadi karena manusia nyaman dengan cara lama, tetapi karena kebutuhan untuk menghasilkan sesuatu yang lebih efisien dan efektif. Era digital berkembang bukan karena teknologi semata, tetapi karena manusia selalu mencari cara baru untuk berkomunikasi, bekerja, dan menciptakan nilai. Inovasi bukan hanya jawaban atas krisis, tetapi juga fondasi untuk membangun masa depan yang lebih baik—masa depan yang lebih cerdas, lebih tangguh, dan lebih berkelanjutan.

Kini, setelah melewati masa-masa sulit, kita menyadari bahwa dunia tidak akan pernah kembali seperti dulu. Teknologi yang berkembang pesat tidak akan surut, pola pikir yang telah berubah tidak akan kembali ke kebiasaan lama, dan harapan masyarakat akan kualitas hidup yang lebih baik akan terus tumbuh. Dalam dunia yang terus bergerak maju, stagnasi adalah kemunduran.

Maka, inovasi bukan lagi sesuatu yang hanya dibutuhkan saat krisis melanda. Ia harus menjadi budaya, menjadi pola pikir, dan menjadi bagian dari keseharian kita. Setiap individu, setiap perusahaan, dan setiap negara yang ingin maju harus menanamkan inovasi sebagai nafas kehidupan. Karena di era ini, hanya mereka yang terus berinovasi yang akan bertahan, berkembang, dan menjadi pemimpin di masa depan.

Bab 1:

Pelajaran dari Pandemi COVID-19

“Karena risiko pandemi di masa mendatang, karena banyaknya nyawa yang hilang, sangat penting bagi kita untuk menggandakan investasi dalam pencegahan dan kesiapsiagaan pandemi. Ada alasan moral untuk itu; ada juga alasan ekonomi untuk itu.”

McKinsey & Company

1.1. Bagaimana pandemi mendorong percepatan inovasi.

Pandemi COVID-19 telah menjadi katalisator yang mendorong percepatan inovasi di berbagai bidang. Sebelum pandemi, banyak inovasi berkembang secara bertahap dengan hambatan birokrasi dan resistensi terhadap perubahan. Namun, situasi krisis yang mendesak memaksa berbagai pihak untuk beradaptasi dan mencari solusi cepat. Dalam dunia kesehatan, misalnya, pengembangan vaksin mRNA yang sebelumnya membutuhkan waktu bertahun-tahun dapat diselesaikan dalam waktu kurang dari satu tahun. Teknologi medis pun mengalami lonjakan, dengan semakin luasnya penggunaan telemedicine yang memungkinkan pasien berkonsultasi tanpa harus datang langsung ke rumah sakit. Selain itu, teknologi plasma dan ozonasi juga dikembangkan lebih lanjut untuk sterilisasi udara, air, dan alat medis guna mengurangi penyebaran patogen.

Selain sektor kesehatan, pandemi juga mempercepat transformasi digital di berbagai bidang. Banyak institusi pendidikan yang sebelumnya enggan mengadopsi pembelajaran daring akhirnya dipaksa untuk beralih ke sistem e-learning dan hybrid learning. Dunia bisnis pun mengalami revolusi, dengan meningkatnya adopsi teknologi cloud computing, kecerdasan buatan, dan blockchain untuk mendukung efisiensi kerja dan keamanan data. Perusahaan yang sebelumnya berbasis konvensional mulai mengalihkan operasional mereka ke digital-first economy,

dengan sistem kerja yang lebih fleksibel dan berbasis teknologi. Kebiasaan masyarakat dalam bertransaksi juga mengalami perubahan drastis, dengan meningkatnya penggunaan e-commerce dan metode pembayaran digital yang mengurangi ketergantungan pada uang tunai.

Di sisi lain, pandemi juga mengajarkan pentingnya ketahanan pangan dan perlindungan lingkungan. Kesadaran akan perlunya sistem penyimpanan dan pengolahan makanan yang lebih higienis mendorong lahirnya inovasi di sektor pertanian dan industri pangan. Teknologi ozon untuk penyimpanan produk hortikultura, misalnya, menjadi solusi yang menjawab kebutuhan pasar akan produk yang lebih tahan lama dan bebas pestisida. Begitu pula dengan pemanfaatan nano-micro bubble ozone dalam pengolahan air bersih dan limbah medis yang semakin mendapat perhatian karena efektivitasnya dalam mengurangi kontaminasi.

Pandemi juga mengubah pola konsumsi dan mendorong pergeseran dalam model bisnis. Banyak startup dan perusahaan besar yang melakukan pivot bisnis untuk menyesuaikan diri dengan kebutuhan pasar yang berubah. Bisnis yang sebelumnya mengandalkan interaksi fisik mulai mengadopsi strategi berbasis digital. Selain itu, munculnya berbagai solusi inovatif di tengah pandemi membuktikan bahwa krisis dapat menjadi peluang bagi para wirausahawan dan inovator yang mampu membaca tren dan kebutuhan pasar dengan cepat.

Namun, inovasi yang terjadi di tengah pandemi juga menghadirkan tantangan. Kecepatan inovasi tidak hanya bergantung pada kemajuan teknologi, tetapi juga kesiapan ekosistem, kebijakan pemerintah, dan kolaborasi lintas sektor. Regulasi yang mendukung serta kesiapan sumber daya manusia dalam menghadapi perubahan teknologi menjadi faktor kunci keberlanjutan inovasi. Jika tidak ada strategi jangka panjang, maka banyak inovasi yang muncul hanya akan bersifat sementara dan sulit untuk diadopsi secara luas.

Pandemi COVID-19 telah membuktikan bahwa inovasi dapat menjadi solusi dalam menghadapi tantangan global. Dari

sektor kesehatan, bisnis, hingga lingkungan, pandemi telah mengubah cara manusia beradaptasi dengan perubahan. Yang terpenting, momentum inovasi yang telah tercipta harus terus dijaga agar tidak hanya menjadi respons terhadap krisis, tetapi juga menjadi bagian dari strategi pembangunan jangka panjang yang berkelanjutan.

Pandemi COVID-19 telah menjadi katalisator yang mendorong percepatan inovasi di berbagai bidang. Sebelum pandemi, banyak inovasi berkembang secara bertahap dengan hambatan birokrasi dan resistensi terhadap perubahan. Namun, situasi krisis yang mendesak memaksa berbagai pihak untuk beradaptasi dan mencari solusi cepat. Dalam dunia kesehatan, misalnya, pengembangan vaksin mRNA yang sebelumnya membutuhkan waktu bertahun-tahun dapat diselesaikan dalam waktu kurang dari satu tahun. Teknologi medis pun mengalami lonjakan, dengan semakin luasnya penggunaan telemedicine yang memungkinkan pasien berkonsultasi tanpa harus datang langsung ke rumah sakit. Selain itu, teknologi plasma dan ozonasi juga dikembangkan lebih lanjut untuk sterilisasi udara, air, dan alat medis guna mengurangi penyebaran patogen.

Selain sektor kesehatan, pandemi juga mempercepat transformasi digital di berbagai bidang. Banyak institusi pendidikan yang sebelumnya enggan mengadopsi pembelajaran daring akhirnya dipaksa untuk beralih ke sistem e-learning dan hybrid learning. Dunia bisnis pun mengalami revolusi, dengan meningkatnya adopsi teknologi cloud computing, kecerdasan buatan, dan blockchain untuk mendukung efisiensi kerja dan keamanan data. Perusahaan yang sebelumnya berbasis konvensional mulai mengalihkan operasional mereka ke digital-first economy, dengan sistem kerja yang lebih fleksibel dan berbasis teknologi. Kebiasaan masyarakat dalam bertransaksi juga mengalami perubahan drastis, dengan meningkatnya penggunaan e-commerce dan metode pembayaran digital yang mengurangi ketergantungan pada uang tunai.

Di sisi lain, pandemi juga mengajarkan pentingnya ketahanan pangan dan perlindungan lingkungan. Kesadaran akan perlunya sistem penyimpanan dan pengolahan makanan yang lebih higienis mendorong lahirnya inovasi di sektor pertanian dan industri pangan. Teknologi ozon untuk penyimpanan produk hortikultura, misalnya, menjadi solusi yang menjawab kebutuhan pasar akan produk yang lebih tahan lama dan bebas pestisida. Begitu pula dengan pemanfaatan nano-micro bubble ozone dalam pengolahan air bersih dan limbah medis yang semakin mendapat perhatian karena efektivitasnya dalam mengurangi kontaminasi.

Pandemi juga mengubah pola konsumsi dan mendorong pergeseran dalam model bisnis. Banyak startup dan perusahaan besar yang melakukan pivot bisnis untuk menyesuaikan diri dengan kebutuhan pasar yang berubah. Bisnis yang sebelumnya mengandalkan interaksi fisik mulai mengadopsi strategi berbasis digital. Selain itu, munculnya berbagai solusi inovatif di tengah pandemi membuktikan bahwa krisis dapat menjadi peluang bagi para wirausahawan dan inovator yang mampu membaca tren dan kebutuhan pasar dengan cepat.

Namun, inovasi yang terjadi di tengah pandemi juga menghadirkan tantangan. Kecepatan inovasi tidak hanya bergantung pada kemajuan teknologi, tetapi juga kesiapan ekosistem, kebijakan pemerintah, dan kolaborasi lintas sektor. Regulasi yang mendukung serta kesiapan sumber daya manusia dalam menghadapi perubahan teknologi menjadi faktor kunci keberlanjutan inovasi. Jika tidak ada strategi jangka panjang, maka banyak inovasi yang muncul hanya akan bersifat sementara dan sulit untuk diadopsi secara luas.

Pandemi COVID-19 telah membuktikan bahwa inovasi dapat menjadi solusi dalam menghadapi tantangan global. Dari sektor kesehatan, bisnis, hingga lingkungan, pandemi telah mengubah cara manusia beradaptasi dengan perubahan. Yang terpenting, momentum inovasi yang telah tercipta harus terus dijaga agar tidak hanya menjadi respons terhadap krisis, tetapi juga menjadi bagian dari strategi pembangunan jangka panjang yang berkelanjutan.

1.2. Bagaimana Pandemi Mengubah Paradigma Ilmu Pengetahuan dan Teknologi

Pandemi COVID-19 telah menjadi momen bersejarah yang mengubah cara manusia memandang ilmu pengetahuan dan teknologi. Sebelum pandemi, inovasi dalam sains dan teknologi sering kali berjalan secara bertahap, dengan proses yang panjang dan regulasi yang ketat. Namun, ketika dunia dihadapkan pada krisis global yang mengancam jutaan nyawa, paradigma ini berubah drastis. Ilmu pengetahuan tidak lagi hanya menjadi sarana eksplorasi akademik atau kepentingan ekonomi, tetapi berubah menjadi kebutuhan mendesak yang menentukan kelangsungan hidup manusia. Dalam situasi ini, pandemi telah mempercepat adopsi teknologi, memaksa ilmuwan dan industri untuk bekerja lebih cepat, serta menantang birokrasi yang selama ini menjadi penghambat inovasi.

Salah satu perubahan paling mencolok terjadi di bidang penelitian medis dan farmasi. Sebelum pandemi, pengembangan vaksin membutuhkan waktu bertahun-tahun, bahkan puluhan tahun, karena melewati berbagai tahap uji klinis dan regulasi ketat. Namun, pandemi membuktikan bahwa dengan kolaborasi global dan pemanfaatan teknologi canggih seperti kecerdasan buatan (AI) dan bioinformatika, vaksin mRNA untuk COVID-19 dapat dikembangkan dalam waktu kurang dari satu tahun. Ini menjadi bukti bahwa dalam kondisi darurat, pendekatan tradisional dalam penelitian harus disesuaikan dengan kebutuhan zaman. Pandemi telah membuktikan bahwa kecepatan dalam inovasi bukanlah ancaman bagi kualitas dan keamanan, melainkan sebuah keharusan dalam menghadapi tantangan global.

Selain itu, paradigma ilmu pengetahuan juga berubah dalam hal keterbukaan dan kolaborasi. Sebelum pandemi, banyak penelitian dilakukan secara eksklusif oleh lembaga tertentu dan hasilnya sering kali dipublikasikan dengan akses terbatas. Namun, dalam menghadapi COVID-19, ilmuwan dari berbagai negara berbagi data secara terbuka, bekerja sama dalam penelitian vaksin,

pengobatan, dan model penyebaran virus. Platform seperti GISAID memungkinkan ilmuwan dari berbagai belahan dunia untuk membagikan data genom virus secara real-time, mempercepat pemahaman tentang mutasi virus dan pengembangannya. Ini menunjukkan bahwa keterbukaan dalam ilmu pengetahuan bukan hanya mempercepat inovasi, tetapi juga meningkatkan efektivitas solusi yang dihasilkan.

Pandemi juga memaksa dunia untuk mengadopsi teknologi digital dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk pendidikan, bisnis, dan pemerintahan. Dalam dunia akademik, pembelajaran yang sebelumnya didominasi oleh metode konvensional beralih ke sistem daring secara besar-besaran. Perguruan tinggi dan sekolah di seluruh dunia harus beradaptasi dengan platform e-learning dan hybrid learning, yang pada akhirnya membuktikan bahwa pendidikan tidak harus terbatas pada ruang kelas fisik. Hal yang sama terjadi di sektor bisnis, di mana model kerja konvensional berubah drastis menjadi sistem kerja jarak jauh (remote working), yang tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga membuka peluang baru dalam manajemen tenaga kerja global.

Dari sisi teknologi medis, pandemi juga mempercepat pengembangan dan implementasi teknologi kesehatan yang sebelumnya berkembang secara lambat. Telemedicine yang sebelumnya hanya menjadi alternatif terbatas, kini menjadi standar dalam layanan kesehatan. Rumah sakit dan klinik di berbagai belahan dunia mengadopsi sistem konsultasi medis berbasis AI dan IoT (Internet of Things) untuk memantau pasien dari jarak jauh, mengurangi risiko penularan, dan meningkatkan efisiensi layanan kesehatan. Teknologi plasma dan ozonasi yang sebelumnya hanya dikenal dalam skala industri tertentu kini mulai digunakan secara luas dalam sterilisasi udara dan alat medis, membuktikan bahwa inovasi teknologi dapat berkembang pesat ketika kebutuhan meningkat.

Lebih jauh lagi, pandemi juga mengguncang konsep positivisme dalam ilmu pengetahuan yang selama ini mendominasi

pemikiran ilmiah modern. COVID-19 menunjukkan bahwa meskipun sains mampu memberikan solusi, ia juga memiliki keterbatasan. Model epidemiologi yang dibuat oleh para ilmuwan sering kali tidak dapat sepenuhnya memprediksi penyebaran virus secara akurat karena banyaknya variabel yang berubah dengan cepat. Ini menegaskan bahwa ilmu pengetahuan tidak selalu bersifat deterministik, melainkan dinamis dan harus terus berkembang dengan pendekatan yang lebih holistik. Pandemi menjadi bukti bahwa pendekatan ilmu pengetahuan harus lebih fleksibel, adaptif, dan terbuka terhadap multidisiplin, termasuk mempertimbangkan faktor sosial, ekonomi, dan psikologis dalam setiap inovasi yang dikembangkan.

Kesimpulannya, pandemi COVID-19 telah merevolusi cara manusia memahami dan menerapkan ilmu pengetahuan serta teknologi. Dari percepatan inovasi dalam kedokteran, perubahan model pendidikan dan bisnis, hingga tantangan terhadap paradigma positivisme dalam sains, pandemi telah menunjukkan bahwa ilmu pengetahuan harus lebih adaptif, inklusif, dan kolaboratif. Ini bukan hanya tentang bagaimana teknologi dapat dikembangkan dengan cepat, tetapi juga bagaimana manusia dapat menggunakan ilmu pengetahuan dengan cara yang lebih efektif dan berkelanjutan. Pandemi mungkin telah membawa krisis, tetapi juga membuka peluang bagi masa depan ilmu pengetahuan yang lebih maju dan responsif terhadap kebutuhan global.

1.3. Peran Ilmuwan dan Inovator dalam Menangani Krisis Global

Pandemi COVID-19 telah membuktikan bahwa dalam menghadapi krisis global, peran ilmuwan dan inovator menjadi sangat krusial. Tanpa kehadiran mereka, dunia akan lebih lama berada dalam ketidakpastian, baik dalam hal penanganan kesehatan, stabilitas ekonomi, maupun adaptasi sosial. Namun, tantangan terbesar bukan hanya pada bagaimana ilmuwan menemukan solusi, tetapi juga pada bagaimana mereka mampu meyakinkan pemerintah,

industri, dan masyarakat luas bahwa inovasi berbasis sains adalah jalan keluar terbaik. Dalam konteks ini, pandemi tidak hanya menuntut para ilmuwan untuk menghasilkan penemuan, tetapi juga untuk menjadi komunikator yang efektif dan pemimpin dalam pengambilan keputusan berbasis data.

Salah satu bukti konkret peran ilmuwan dalam menghadapi pandemi adalah kecepatan pengembangan vaksin COVID-19. Sejak pandemi pertama kali diumumkan, para ilmuwan di berbagai negara berlomba-lomba memetakan genom virus SARS-CoV-2, memahami karakteristiknya, dan mengembangkan vaksin yang efektif. Tanpa penelitian bertahun-tahun di bidang virologi, imunologi, dan bioinformatika, vaksin mRNA seperti Pfizer-BioNTech dan Moderna tidak mungkin dapat dikembangkan dalam waktu kurang dari satu tahun. Ini membuktikan bahwa ilmu pengetahuan yang telah lama dikembangkan di laboratorium akhirnya menunjukkan dampak nyata dalam menyelamatkan jutaan nyawa. Namun, tantangan tidak berhenti di sana. Para ilmuwan juga harus menghadapi skeptisisme masyarakat, misinformasi, dan gerakan anti-vaksin yang dapat menghambat keberhasilan program vaksinasi.

Selain di bidang kesehatan, inovator juga memainkan peran penting dalam menciptakan teknologi yang membantu masyarakat beradaptasi dengan perubahan mendadak akibat pandemi. Dalam dunia kerja, misalnya, para insinyur dan pengembang perangkat lunak menciptakan berbagai platform komunikasi virtual seperti Zoom dan Microsoft Teams yang memungkinkan perusahaan tetap produktif meskipun harus bekerja dari rumah. Teknologi kecerdasan buatan (AI) digunakan untuk memprediksi penyebaran virus, mengoptimalkan distribusi vaksin, dan bahkan mengembangkan algoritma untuk mendeteksi COVID-19 melalui analisis citra paru-paru. Inovator juga menciptakan sistem filtrasi udara berbasis plasma dan ozon yang lebih efektif dalam membunuh virus di ruang tertutup, mempercepat pemulihan industri pariwisata dan perhotelan yang terdampak pandemi.

Namun, peran ilmuwan dan inovator tidak hanya terbatas pada penemuan teknologi. Mereka juga memiliki tanggung jawab untuk memastikan bahwa inovasi mereka dapat diakses secara luas dan digunakan secara efektif. Sebagai contoh, pengembangan vaksin yang cepat harus diikuti dengan strategi distribusi yang tepat. Di sinilah para ilmuwan di bidang kebijakan kesehatan dan ekonomi turut berperan dalam merancang sistem logistik vaksinasi yang efisien, memastikan bahwa negara berkembang tidak tertinggal dalam mendapatkan akses terhadap vaksin. Tanpa kolaborasi antara ilmuwan di berbagai disiplin ilmu, solusi yang ditemukan tidak akan dapat memberikan dampak maksimal.

Selain itu, pandemi juga menunjukkan bahwa ilmuwan dan inovator harus siap menghadapi tantangan politik dan ekonomi yang sering kali menghambat adopsi teknologi baru. Dalam beberapa kasus, penemuan yang berbasis sains justru ditolak oleh sebagian kelompok karena kepentingan ekonomi atau ideologi. Misalnya, beberapa negara awalnya menolak menerapkan kebijakan berbasis data seperti lockdown dan kewajiban masker karena pertimbangan politik, meskipun ilmuwan telah memberikan bukti kuat tentang efektivitasnya dalam mengurangi penyebaran virus. Ini menandakan bahwa peran ilmuwan bukan hanya sebatas menciptakan solusi, tetapi juga meyakinkan para pemangku kebijakan untuk mengambil keputusan yang berbasis sains, meskipun secara politis tidak selalu populer.

Dalam konteks inovasi teknologi, pandemi juga memperlihatkan betapa pentingnya investasi jangka panjang dalam penelitian dan pengembangan. Banyak dari solusi yang akhirnya menyelamatkan dunia dari dampak terburuk pandemi berasal dari riset fundamental yang telah dilakukan bertahun-tahun sebelumnya. Contohnya, teknologi vaksin mRNA yang menjadi terobosan dalam pandemi ini sebenarnya telah diteliti sejak dekade 1990-an, tetapi baru menemukan momentumnya saat krisis terjadi. Ini membuktikan bahwa tanpa dukungan yang konsisten terhadap riset dasar, dunia akan selalu berada dalam posisi reaktif terhadap krisis,

bukan proaktif. Oleh karena itu, pandemi memberikan pelajaran berharga bahwa sains harus selalu didukung, bahkan ketika manfaatnya belum terlihat secara langsung.

Selain menghadapi pandemi, ilmuwan dan inovator juga memiliki tanggung jawab dalam menyiapkan dunia menghadapi tantangan global lainnya di masa depan, seperti perubahan iklim, ketahanan pangan, dan polusi lingkungan. Pelajaran dari pandemi menunjukkan bahwa solusi berbasis sains dapat memberikan dampak yang besar jika diadopsi dengan cepat dan diterapkan secara luas. Sebagai contoh, teknologi ozonasi yang telah terbukti efektif dalam sterilisasi udara selama pandemi dapat dikembangkan lebih lanjut untuk aplikasi dalam pengolahan limbah medis dan industri makanan, membantu menciptakan ekosistem yang lebih sehat dan berkelanjutan.

Pandemi COVID-19 telah membuktikan bahwa ilmuwan dan inovator bukan sekadar pengamat dalam krisis global, melainkan aktor utama yang menentukan bagaimana dunia merespons dan bertahan. Mereka bukan hanya pencipta teknologi, tetapi juga komunikator, pemimpin, dan penggerak perubahan. Namun, agar peran mereka benar-benar optimal, dibutuhkan ekosistem yang mendukung, baik dari segi regulasi, pendanaan, maupun keterbukaan masyarakat terhadap sains. Pelajaran dari pandemi ini seharusnya menjadi dasar bagi dunia untuk lebih menghargai, mendukung, dan mempercayai ilmu pengetahuan dalam menghadapi tantangan global di masa depan.

1.4. Tantangan dan Peluang bagi Akademisi Indonesia dalam Menghadapi Krisis Global

Pandemi COVID-19 telah mengungkap berbagai tantangan yang dihadapi oleh akademisi Indonesia dalam kontribusinya terhadap penanganan krisis global. Namun, di balik tantangan tersebut, terdapat peluang besar bagi akademisi untuk memainkan peran yang lebih signifikan dalam membangun ketahanan bangsa terhadap ancaman serupa di masa depan. Dunia akademik dituntut

untuk lebih adaptif, inovatif, dan berorientasi pada solusi nyata yang dapat diterapkan langsung di masyarakat.

Salah satu tantangan utama yang dihadapi akademisi Indonesia adalah minimnya dukungan terhadap riset dan inovasi. Selama bertahun-tahun, penelitian di Indonesia kerap terkendala oleh keterbatasan pendanaan, birokrasi yang berbelit, serta rendahnya investasi dari sektor industri. Dalam situasi pandemi, hal ini semakin terlihat ketika banyak penelitian harus bersaing untuk mendapatkan sumber daya yang terbatas, sementara negara-negara lain dengan dukungan riset yang kuat mampu menghasilkan solusi lebih cepat, seperti pengembangan vaksin dan teknologi kesehatan. Tanpa ekosistem riset yang kuat, akademisi Indonesia berisiko tertinggal dalam kompetisi global, dan pada akhirnya hanya menjadi konsumen inovasi dari luar negeri ketimbang sebagai pencipta.

Selain itu, tantangan lainnya adalah kurangnya sinergi antara akademisi, industri, dan pemerintah. Di banyak negara maju, respons terhadap pandemi melibatkan kerja sama erat antara perguruan tinggi, laboratorium penelitian, dan sektor swasta dalam mengembangkan solusi berbasis sains. Sebaliknya, di Indonesia, akademisi sering kali beroperasi secara terpisah dari dunia industri, sehingga hasil penelitian sulit untuk diadopsi dan dikomersialisasikan. Akibatnya, banyak inovasi dari kampus yang hanya berhenti di tingkat publikasi ilmiah tanpa memberikan dampak nyata bagi masyarakat. Pandemi menjadi pengingat bahwa ilmu pengetahuan tidak hanya harus dikembangkan di laboratorium, tetapi juga harus diimplementasikan dalam kehidupan nyata melalui inovasi teknologi dan kebijakan berbasis data.

Di sisi lain, tantangan besar lainnya adalah kurangnya budaya literasi sains di masyarakat. Selama pandemi, misinformasi dan hoaks menyebar lebih cepat dibandingkan dengan informasi ilmiah yang akurat. Akademisi di Indonesia dihadapkan pada dilema antara berfokus pada penelitian atau menjadi komunikator yang harus meluruskan kesalahpahaman publik tentang sains. Hal

ini menegaskan bahwa akademisi tidak cukup hanya berperan sebagai peneliti, tetapi juga sebagai edukator yang dapat menjelaskan ilmu pengetahuan dengan cara yang mudah dipahami oleh masyarakat. Di negara-negara maju, peran ilmuwan dalam komunikasi publik sangat kuat, dengan banyak akademisi yang aktif di media sosial atau berpartisipasi dalam pembuatan kebijakan. Di Indonesia, peran ini masih lemah, sehingga ruang publik sering kali dikuasai oleh narasi yang tidak berbasis sains.

Meskipun tantangan-tantangan tersebut cukup besar, pandemi juga membuka peluang bagi akademisi Indonesia untuk bertransformasi dan meningkatkan kontribusinya secara global. Salah satu peluang yang muncul adalah percepatan digitalisasi dalam dunia akademik. Pandemi memaksa perguruan tinggi untuk mengadopsi teknologi digital dalam pembelajaran dan penelitian, membuka akses yang lebih luas bagi akademisi untuk berkolaborasi dengan peneliti di luar negeri. Dengan adanya platform digital, akademisi Indonesia kini lebih mudah mengikuti konferensi internasional, berbagi data penelitian, dan menjalin kerja sama lintas negara tanpa terbatas oleh hambatan geografis.

Selain itu, pandemi juga memberikan momentum bagi akademisi untuk mengembangkan riset yang lebih aplikatif dan berdampak langsung bagi masyarakat. Selama pandemi, banyak penelitian tentang ventilator lokal, alat deteksi COVID-19, dan teknologi sterilisasi berbasis ozon mulai dikembangkan oleh akademisi Indonesia. Ini menunjukkan bahwa jika diberikan kesempatan dan dukungan yang cukup, akademisi Indonesia mampu menciptakan solusi berbasis sains yang dapat bersaing dengan teknologi luar negeri. Oleh karena itu, momentum ini seharusnya menjadi titik awal bagi perguruan tinggi dan lembaga riset di Indonesia untuk lebih fokus pada penelitian yang berorientasi pada implementasi, bukan hanya pada publikasi semata.

Peluang lainnya adalah meningkatnya kebutuhan akan kebijakan berbasis sains di pemerintahan. Pandemi menunjukkan betapa pentingnya data dan penelitian dalam pengambilan

keputusan. Akademisi di Indonesia kini memiliki kesempatan lebih besar untuk berperan sebagai penasihat kebijakan dalam bidang kesehatan, ekonomi, dan lingkungan. Jika akademisi mampu membangun kepercayaan dengan pemerintah dan masyarakat, maka mereka dapat lebih terlibat dalam proses pembuatan kebijakan yang berbasis pada bukti ilmiah, bukan sekadar opini atau tekanan politik.

Namun, agar peluang ini dapat dimanfaatkan dengan maksimal, perguruan tinggi dan lembaga riset di Indonesia perlu melakukan reformasi struktural dalam sistem riset dan pengembangan inovasi. Pendekatan interdisipliner harus diperkuat, karena tantangan global seperti pandemi tidak dapat diselesaikan oleh satu bidang ilmu saja. Akademisi di bidang kesehatan, teknologi, ekonomi, dan sosial harus bekerja sama untuk menghasilkan solusi yang komprehensif. Selain itu, kolaborasi dengan sektor industri harus lebih ditingkatkan agar penelitian dapat dikomersialisasikan dan memberikan manfaat nyata bagi masyarakat.

Kesimpulannya, pandemi COVID-19 menjadi momen refleksi bagi akademisi Indonesia tentang peran mereka dalam menghadapi krisis global. Meskipun masih menghadapi berbagai tantangan, mulai dari minimnya dukungan riset, kurangnya sinergi dengan industri, hingga rendahnya literasi sains di masyarakat, pandemi juga membuka peluang besar untuk beradaptasi dan meningkatkan relevansi penelitian akademik di tingkat nasional maupun global. Dengan memanfaatkan teknologi digital, memperkuat riset aplikatif, dan mendorong keterlibatan dalam kebijakan publik, akademisi Indonesia dapat memainkan peran yang lebih besar dalam membangun ketahanan bangsa terhadap krisis di masa depan. Namun, untuk mencapai hal ini, dibutuhkan perubahan paradigma dalam dunia akademik, dari sekadar menghasilkan publikasi menuju menghasilkan inovasi yang benar-benar berdampak bagi kehidupan masyarakat.

Bab 2: **Dari Krisis ke Kebangkitan Inovasi**

Untuk mengajukan pertanyaan-pertanyaan baru, kemungkinan-kemungkinan baru, untuk memandang masalah-masalah lama dari sudut pandang baru, diperlukan imajinasi kreatif dan menandai kemajuan nyata dalam sains.

Albert Einstein

2.1. Bagaimana Pandemi Mempercepat Perkembangan Teknologi

Sejarah membuktikan bahwa krisis sering kali menjadi katalisator utama bagi kemajuan teknologi. Pandemi COVID-19 yang melanda dunia pada awal 2020 bukan sekadar krisis kesehatan, tetapi juga menjadi momentum transformasi di berbagai bidang. Dalam situasi darurat yang menuntut respons cepat, dunia menyaksikan akselerasi inovasi dalam skala yang belum pernah terjadi sebelumnya.

Sebelum pandemi, banyak teknologi yang sudah tersedia namun belum diadopsi secara luas karena berbagai kendala, mulai dari ketidakpercayaan publik, regulasi yang belum siap, hingga resistensi terhadap perubahan. Namun, begitu dunia menghadapi tantangan besar yang mengancam kehidupan dan ekonomi global, hambatan-hambatan tersebut runtuh dengan sendirinya. Pandemi menjadi semacam "uji coba besar" bagi teknologi, mempercepat penerimaan dan implementasinya secara masif.

Salah satu contoh paling nyata adalah dalam bidang kesehatan. Teknologi medis yang sebelumnya membutuhkan waktu bertahun-tahun untuk dikembangkan dan diadopsi, kini mengalami lonjakan pesat. Pengembangan vaksin, yang biasanya memakan waktu satu dekade atau lebih, tiba-tiba bisa dipersingkat menjadi kurang dari dua tahun, seperti yang terjadi dengan vaksin mRNA dari Pfizer-BioNTech dan Moderna. Bukan hanya itu, metode

diagnosis berbasis kecerdasan buatan (AI), sistem telemedicine, serta teknologi pelacakan berbasis big data menjadi andalan dalam upaya memitigasi penyebaran virus.

Di luar sektor kesehatan, pandemi juga mempercepat digitalisasi di berbagai lini kehidupan. Jika sebelum 2020 pertemuan daring dan kerja jarak jauh masih dianggap sekadar alternatif, kini menjadi standar baru. Platform seperti Zoom, Google Meet, dan Microsoft Teams mengalami lonjakan penggunaan yang luar biasa. Dunia akademik, yang awalnya lebih mengandalkan pembelajaran tatap muka, dipaksa beradaptasi dengan sistem pembelajaran daring (online learning). Bahkan, industri manufaktur dan logistik mulai mengadopsi otomatisasi dan robotika untuk mengurangi ketergantungan pada tenaga manusia dalam kondisi darurat.

Krisis yang melanda juga memunculkan inovasi di sektor ekonomi dan keuangan. Digitalisasi pembayaran dan transaksi menjadi keniscayaan di tengah pembatasan sosial. Teknologi blockchain dan sistem keuangan terdesentralisasi mulai mendapatkan perhatian lebih luas karena menawarkan keamanan dan transparansi dalam transaksi di era yang penuh ketidakpastian.

Semua ini menunjukkan bahwa pandemi bukan hanya sekadar tragedi global, tetapi juga menjadi titik balik bagi percepatan inovasi. Krisis memaksa manusia untuk berpikir lebih cepat, beradaptasi lebih dinamis, dan mengembangkan solusi yang sebelumnya mungkin masih tertunda. Dalam perspektif ini, pandemi tidak hanya membawa dampak negatif, tetapi juga membuka peluang bagi era baru inovasi yang lebih progresif.

Namun, pertanyaannya kini adalah: apakah momentum ini akan terus berlanjut, atau akan kembali melambat ketika keadaan mulai stabil? Jawaban atas pertanyaan ini bergantung pada bagaimana kita, sebagai ilmuwan, inovator, dan pengambil kebijakan, mampu menjaga semangat inovasi yang telah lahir dari krisis ini.

2.2. Contoh Inovasi yang Muncul Selama dan Setelah Pandemi

Pandemi COVID-19 bukan hanya menjadi tantangan global tetapi juga melahirkan berbagai inovasi yang mempercepat perubahan di berbagai sektor. Dari bidang kesehatan hingga ekonomi digital, krisis ini memaksa manusia untuk menemukan solusi yang lebih efisien dan berkelanjutan. Beberapa inovasi yang lahir selama dan setelah pandemi menunjukkan bagaimana adaptasi cepat terhadap keadaan darurat dapat melahirkan teknologi dan sistem baru yang tetap relevan bahkan setelah pandemi berakhir.

1. Teknologi Vaksin mRNA dan Terobosan Medis

Salah satu inovasi paling menonjol yang muncul selama pandemi adalah pengembangan vaksin berbasis mRNA. Sebelum pandemi, penelitian mengenai teknologi mRNA masih dalam tahap awal dan belum pernah digunakan secara luas untuk vaksinasi manusia. Namun, dengan kebutuhan mendesak untuk menangani COVID-19, perusahaan seperti Pfizer-BioNTech dan Moderna berhasil mengembangkan dan mendistribusikan vaksin mRNA dalam waktu kurang dari dua tahun. Teknologi ini membuka jalan bagi pengembangan vaksin masa depan yang lebih cepat dan lebih fleksibel, termasuk untuk penyakit lain seperti kanker dan HIV.

Selain itu, terapi berbasis antibodi monoklonal juga mengalami perkembangan pesat sebagai alternatif pengobatan bagi pasien yang terinfeksi. Metode ini telah membuka jalan bagi pengembangan terapi regeneratif dan imunoterapi yang lebih canggih.

2. Telemedicine dan Digitalisasi Layanan Kesehatan

Pembatasan mobilitas selama pandemi mempercepat adopsi layanan kesehatan digital atau telemedicine. Sebelum pandemi, layanan konsultasi medis jarak jauh masih terbatas penggunaannya, terutama karena faktor regulasi dan kebiasaan masyarakat. Namun, dengan lonjakan kebutuhan selama pandemi, platform seperti Halodoc, Alodokter (di Indonesia), serta Teladoc dan Amwell (di

luar negeri) mengalami pertumbuhan eksponensial.

Teknologi kecerdasan buatan (AI) juga mulai diterapkan dalam diagnosis penyakit, pemantauan pasien jarak jauh, dan pengelolaan rumah sakit. Bahkan, beberapa rumah sakit mulai menerapkan robot untuk mendistribusikan obat, mendisinfeksi ruangan, dan membantu tenaga medis dalam menangani pasien.

3. Zeta Green: Teknologi Plasma untuk Sanitasi Udara dan Ruangan

Salah satu inovasi yang berkembang di Indonesia selama pandemi adalah Zeta Green, sebuah teknologi berbasis plasma yang dikembangkan oleh Center for Plasma Research. Teknologi ini dirancang untuk mendisinfeksi udara dalam ruangan dengan menggunakan plasma dingin dan ozon, yang efektif dalam membunuh virus, bakteri, dan patogen lainnya.

Zeta Green menjadi solusi penting dalam mengurangi penyebaran COVID-19, terutama di ruang publik seperti rumah sakit, kantor, pusat perbelanjaan, dan transportasi umum. Teknologi ini memiliki keunggulan dalam membersihkan udara tanpa residu kimia, sehingga lebih aman bagi kesehatan manusia dan lingkungan.

Dalam konteks pasca-pandemi, teknologi seperti Zeta Green masih terus dikembangkan untuk keperluan sanitasi udara di berbagai sektor, termasuk industri makanan dan farmasi, yang membutuhkan lingkungan steril.

4. Teknologi Ozonisasi untuk Produk Hortikultura

Selain inovasi di bidang sanitasi udara, *Center for Plasma Research* (CPR) juga mengembangkan teknologi ozonisasi untuk penyimpanan produk hortikultura. Teknologi ini menjadi sangat relevan selama pandemi, karena rantai pasok pangan mengalami gangguan, dan kebutuhan akan penyimpanan produk segar yang lebih tahan lama semakin meningkat.

Ozonisasi bekerja dengan menggunakan gas ozon untuk menghilangkan mikroba, jamur, dan pestisida dari permukaan buah

dan sayuran. Teknologi ini memperpanjang masa simpan produk hortikultura tanpa bahan kimia, sehingga menjaga kualitas dan kesegaran lebih lama.

Selama pandemi, banyak petani dan distributor mengalami kesulitan dalam mendistribusikan produk hortikultura karena pembatasan mobilitas. Dengan adanya teknologi ozonisasi, produk dapat bertahan lebih lama, mengurangi risiko pembusukan, dan meningkatkan efisiensi rantai pasok.

Komersialisasi teknologi ini melalui Spinoff Business PPT Dipo Technology, yang didirikan berdasarkan tahapan riset yang harus dikomersialkan oleh CPR, menjadi salah satu inovasi yang mendukung ketahanan pangan selama pandemi dan terus berkembang setelahnya. Teknologi ini tidak hanya bermanfaat dalam situasi pandemi tetapi juga memberikan solusi jangka panjang bagi sektor pertanian dan industri makanan.

5. Sistem Kerja Hybrid dan Digitalisasi Bisnis

Pandemi telah mengubah cara orang bekerja secara permanen. Jika sebelumnya sistem kerja jarak jauh (remote work) hanya diterapkan dalam skala kecil, kini banyak perusahaan yang mulai mengadopsi model kerja hybrid, yaitu kombinasi antara bekerja dari rumah dan bekerja di kantor.

Platform kolaborasi seperti Zoom, Microsoft Teams, Google Meet, dan Slack berkembang pesat untuk memenuhi kebutuhan komunikasi dan produktivitas tim yang tersebar di berbagai lokasi. Bahkan, perusahaan-perusahaan besar seperti Twitter, Facebook, dan Google mengadopsi kebijakan kerja fleksibel jangka panjang sebagai bagian dari strategi bisnis mereka pasca-pandemi.

6. E-Commerce dan Digital Payment

Dengan adanya pembatasan sosial dan lockdown di berbagai negara, sektor e-commerce mengalami pertumbuhan pesat. Perusahaan seperti Amazon, Tokopedia, Shopee, dan Bukalapak mencatat lonjakan transaksi yang signifikan karena masyarakat

mulai beralih ke belanja online.

Bersamaan dengan pertumbuhan e-commerce, sistem pembayaran digital juga berkembang dengan pesat. Metode pembayaran tanpa kontak (contactless payment) menggunakan QR code dan dompet digital seperti GoPay, OVO, Dana, serta sistem seperti Apple Pay dan Google Pay menjadi semakin populer. Pandemi mempercepat pergeseran menuju ekonomi tanpa uang tunai (cashless economy) yang lebih efisien dan aman.

7. Inovasi dalam Keberlanjutan dan Energi Bersih

Pandemi juga meningkatkan kesadaran terhadap keberlanjutan (sustainability) dan pentingnya teknologi ramah lingkungan. Selama lockdown, banyak kota mengalami peningkatan kualitas udara akibat berkurangnya polusi. Hal ini mendorong banyak negara untuk mempercepat transisi menuju energi bersih.

Investasi dalam energi terbarukan, seperti tenaga surya dan baterai listrik, meningkat tajam setelah pandemi. Selain itu, muncul inovasi dalam material ramah lingkungan, seperti kemasan biodegradable dan plastik berbasis tanaman, untuk mengurangi dampak lingkungan dari konsumsi yang meningkat selama pandemi.

Pandemi COVID-19 telah membuktikan bahwa dalam krisis selalu ada peluang untuk inovasi. Banyak teknologi dan sistem yang sebelumnya berkembang secara perlahan tiba-tiba mengalami percepatan adopsi dalam hitungan bulan. Sementara beberapa inovasi bersifat sementara sebagai respons terhadap keadaan darurat, banyak yang tetap bertahan dan membentuk paradigma baru dalam berbagai sektor.

8. Revolusi di Sektor Pendidikan dengan Pembelajaran Daring

Sektor pendidikan menjadi salah satu yang paling terdampak selama pandemi, tetapi juga mengalami inovasi yang luar biasa. Universitas dan sekolah yang sebelumnya mengandalkan pembelajaran tatap muka dipaksa untuk beradaptasi dengan model pembelajaran daring (online learning).

Platform seperti Google Classroom, Zoom, dan Moodle menjadi tulang punggung sistem pembelajaran daring. Selain itu, muncul pula berbagai inisiatif pendidikan berbasis teknologi seperti kursus online berbasis MOOC (Massive Open Online Courses) yang semakin berkembang, memungkinkan akses pendidikan yang lebih luas bagi masyarakat global.

Di beberapa negara, AI mulai digunakan untuk mengembangkan sistem pembelajaran adaptif, yang memungkinkan materi pelajaran disesuaikan dengan kemampuan dan gaya belajar masing-masing siswa.

Inovasi seperti Zeta Green dan teknologi ozonisasi untuk produk hortikultura, yang dikembangkan oleh CPR menjadi contoh bagaimana pandemi mendorong komersialisasi teknologi yang dapat terus bermanfaat di masa depan. Krisis yang pernah menghambat justru menjadi batu loncatan bagi berbagai inovasi yang kini semakin mapan dan berkembang.

Kini, tantangan berikutnya adalah bagaimana memastikan inovasi-inovasi ini terus berkembang dan memberikan manfaat jangka panjang bagi masyarakat global. Pandemi mungkin telah berlalu, tetapi dampak inovatif yang ditinggalkannya akan terus membentuk dunia di masa depan.

2.3. Mengapa Indonesia Harus Bergerak Lebih Cepat dalam Beradaptasi dan Berinovasi?

Dunia bergerak cepat, lebih cepat dari yang pernah kita bayangkan. Teknologi berkembang pesat, bisnis berubah drastis, dan pola kehidupan masyarakat mengalami transformasi besar-besaran. Negara yang lambat beradaptasi akan tertinggal, sementara yang cepat menangkap peluang akan menjadi pemimpin.

Indonesia, dengan segala potensinya, berada di persimpangan. Kita punya populasi besar, sumber daya melimpah, dan ekosistem bisnis yang terus berkembang. Namun, jika kita tidak segera beradaptasi dan berinovasi, kita hanya akan menjadi penonton di panggung global.

1. Perubahan Cepat dan Ancaman Ketertinggalan

Dunia terus bergerak dengan kecepatan yang belum pernah terjadi sebelumnya. Kemajuan teknologi, perubahan pola konsumsi, dan pergeseran ekonomi global telah menciptakan dinamika baru yang menuntut setiap individu, perusahaan, dan negara untuk beradaptasi dengan cepat. Mereka yang gagal membaca perubahan akan tertinggal, bahkan hilang dari persaingan. Kita sudah melihat banyak contoh nyata bagaimana perusahaan raksasa yang dulu mendominasi pasar akhirnya runtuh karena tidak mampu menyesuaikan diri dengan perkembangan zaman.

Ambil contoh industri teknologi. Dahulu, beberapa perusahaan elektronik dan telekomunikasi besar menguasai pasar global. Namun, seiring munculnya inovasi baru, banyak dari mereka akhirnya tenggelam karena terlalu lama mempertahankan model bisnis lama. Mereka terlambat dalam berinovasi, tidak cukup gesit dalam memahami kebutuhan konsumen, dan akhirnya kalah dari pesaing yang lebih cepat beradaptasi. Hal yang sama terjadi di berbagai industri lain, dari ritel hingga otomotif, di mana perubahan tren dan kebutuhan pasar dapat mengubah peta persaingan dalam waktu singkat.

Di tingkat negara, tantangannya tidak jauh berbeda. Negara yang lambat beradaptasi akan kehilangan daya saing di panggung global. Persaingan ekonomi saat ini tidak lagi hanya soal siapa yang memiliki sumber daya alam terbanyak, tetapi lebih kepada siapa yang mampu menciptakan inovasi dan memanfaatkannya dengan efektif. Negara-negara yang unggul dalam inovasi dan teknologi terus melesat maju, sementara yang masih terpaku pada model lama semakin tertinggal.

Indonesia berada di persimpangan jalan. Dengan populasi yang besar, sumber daya yang melimpah, dan ekosistem bisnis yang berkembang, Indonesia sebenarnya memiliki modal yang kuat untuk menjadi pemain utama dalam perekonomian global. Namun, jika kita tidak segera beradaptasi, kita hanya akan menjadi pasar bagi negara lain, bukan pemain yang menentukan arah perkembangan ekonomi dunia.

Saat ini, revolusi industri 4.0 telah mengubah banyak aspek kehidupan, mulai dari cara bekerja, cara berbisnis, hingga cara kita berkomunikasi. Teknologi seperti kecerdasan buatan, otomatisasi, dan ekonomi digital telah menjadi pilar utama dalam pembangunan berbagai negara. Jika Indonesia tidak segera menyesuaikan diri dengan perubahan ini, maka kita akan kehilangan peluang besar untuk menjadi bagian dari masa depan ekonomi global.

Oleh karena itu, Indonesia tidak boleh hanya berjalan mengikuti arus, tetapi harus mengambil langkah proaktif untuk beradaptasi dan berinovasi. Kita tidak cukup hanya bertahan dalam kompetisi ini—kita harus berani maju dan menciptakan perubahan. Dengan kebijakan yang mendukung, investasi yang tepat, serta semangat inovasi yang kuat, Indonesia memiliki peluang besar untuk menjadi salah satu kekuatan ekonomi dan teknologi dunia di masa depan. Namun, semua itu hanya bisa terjadi jika kita bergerak cepat, bukan hanya menunggu atau mengikuti tren, tetapi menjadi pencipta tren itu sendiri.

2. Apa yang Menghambat?

Indonesia memiliki potensi besar untuk menjadi pusat inovasi, tetapi masih banyak hambatan yang membuat perkembangan inovasi terasa lambat. Salah satu kendala utama adalah **regulasi yang tidak lincah**. Banyak kebijakan yang belum mampu mengikuti perkembangan zaman. Ketika inovasi bergerak cepat, regulasi sering kali tertinggal dan justru menjadi penghambat. Misalnya, banyak startup teknologi di Indonesia yang kesulitan berkembang karena aturan yang membatasi ruang gerak mereka. Jika regulasi tidak segera diperbarui agar lebih fleksibel dan mendukung ekosistem inovasi, banyak ide brilian akan terhambat sebelum benar-benar bisa diterapkan.

Selain itu, akses teknologi yang belum merata juga menjadi tantangan besar. Kota-kota besar mungkin sudah menikmati internet cepat dan infrastruktur digital yang memadai, tetapi bagaimana dengan daerah terpencil? Masih banyak wilayah di Indonesia yang

kesulitan mendapatkan akses internet yang stabil, apalagi fasilitas teknologi yang lebih canggih. Ketimpangan ini membuat inovasi sulit berkembang secara merata, karena hanya sebagian kecil masyarakat yang benar-benar bisa mengakses dan memanfaatkan teknologi terbaru.

Tidak hanya itu, minimnya investasi dalam riset dan pengembangan (R&D) juga menjadi penghambat utama. Negara-negara maju mengalokasikan dana besar untuk penelitian dan inovasi, sedangkan di Indonesia, anggaran untuk sektor ini masih jauh dari cukup. Akibatnya, banyak penelitian hanya berhenti di atas kertas dan tidak pernah benar-benar diwujudkan menjadi produk atau solusi yang bisa digunakan oleh masyarakat. Tanpa dukungan finansial yang cukup, para peneliti dan inovator sulit untuk mengembangkan ide-ide mereka menjadi sesuatu yang berdampak besar.

Di sisi lain, inovasi tidak bisa berjalan sendiri. Kurangnya kolaborasi antara akademisi, industri, dan pemerintah juga menjadi kendala. Inovasi seharusnya lahir dari sinergi antara berbagai pihak—kampus memiliki riset dan tenaga ahli, industri memiliki pengalaman produksi dan pasar, sementara pemerintah memiliki peran dalam menciptakan regulasi yang mendukung. Sayangnya, di Indonesia, kolaborasi ini masih belum optimal. Banyak penelitian di kampus yang tidak tersambung dengan kebutuhan industri, sementara pemerintah juga belum maksimal dalam menjembatani kerja sama antara kedua pihak tersebut.

Terakhir, budaya takut gagal masih menjadi penghalang besar bagi banyak inovator di Indonesia. Banyak orang enggan mencoba hal baru karena takut gagal, padahal inovasi selalu lahir dari serangkaian eksperimen dan kegagalan yang berulang. Di banyak negara maju, kegagalan dianggap sebagai bagian dari proses belajar, tetapi di Indonesia, kegagalan masih sering dianggap sebagai sesuatu yang memalukan. Jika mindset ini tidak diubah, sulit bagi kita untuk menciptakan ekosistem inovasi yang berani mengambil risiko dan berkembang lebih jauh.

Dengan berbagai hambatan ini, inovasi di Indonesia masih menghadapi banyak tantangan. Namun, bukan berarti tidak ada jalan keluar. Jika regulasi bisa lebih fleksibel, akses teknologi lebih merata, investasi dalam R&D ditingkatkan, kolaborasi diperkuat, dan budaya takut gagal dihilangkan, maka Indonesia akan semakin siap untuk menjadi negara yang inovatif dan kompetitif di tingkat global.

3. Peluang Besar di Depan Mata

Indonesia memiliki peluang besar untuk menjadi pusat inovasi, terutama jika kita mampu memanfaatkan potensi yang sudah ada. Salah satu modal utama yang dimiliki adalah bonus demografi. Generasi muda Indonesia dikenal sebagai kelompok yang kreatif, adaptif, dan cepat dalam menguasai teknologi. Dengan dukungan yang tepat, mereka dapat menjadi motor penggerak inovasi di berbagai sektor. Jika pendidikan dan ekosistem kerja mendukung, generasi ini bukan hanya akan menjadi konsumen teknologi, tetapi juga pencipta solusi yang membawa perubahan.

Selain itu, pasar domestik yang kuat menjadi keunggulan tersendiri. Dengan populasi lebih dari 270 juta jiwa, Indonesia memiliki pangsa pasar yang besar untuk produk dan teknologi baru. Ini berarti inovator dan pelaku usaha memiliki peluang luas untuk mengembangkan produk yang tidak hanya bisa sukses di dalam negeri, tetapi juga berpotensi untuk merambah pasar internasional. Jika inovasi diarahkan pada kebutuhan masyarakat, potensi pasar yang besar ini bisa menjadi fondasi yang kuat bagi pertumbuhan ekonomi berbasis teknologi.

Di sisi lain, dunia saat ini semakin fokus pada teknologi hijau dan keberlanjutan. Indonesia memiliki peluang besar untuk menjadi pionir dalam inovasi berbasis energi terbarukan dan teknologi ramah lingkungan. Salah satu contohnya adalah teknologi ozonisasi, yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai sektor seperti pangan dan pengolahan limbah. Dengan pemanfaatan teknologi ini, Indonesia tidak hanya bisa meningkatkan efisiensi dan

keberlanjutan industri, tetapi juga berkontribusi dalam menjaga lingkungan untuk generasi mendatang.

Terakhir, ekosistem startup yang berkembang pesat menjadi indikator bahwa inovasi di Indonesia terus bergerak ke arah yang positif. Saat ini, banyak startup lokal yang mulai menarik perhatian investor global. Kehadiran modal ventura dan inkubator bisnis semakin membuka peluang bagi pengusaha muda untuk mengembangkan ide-ide kreatif mereka menjadi bisnis yang berkelanjutan. Jika ekosistem ini terus diperkuat dengan kebijakan yang mendukung, Indonesia dapat menjadi salah satu pusat inovasi digital dan teknologi di kawasan Asia, bahkan dunia.

Dengan semua modal yang sudah dimiliki, tantangan utama Indonesia bukan terletak pada ketersediaan sumber daya, tetapi pada kecepatan dalam mengambil langkah nyata. Jika kita bisa bergerak cepat, berkolaborasi, dan memanfaatkan peluang ini dengan baik, bukan tidak mungkin Indonesia akan menjadi pusat inovasi yang diperhitungkan di tingkat global.

4. Apa yang Harus Kita Lakukan?

Agar tidak tertinggal, kita harus berani melakukan perubahan. Beberapa langkah konkret yang bisa diambil adalah: Regulasi yang fleksibel menjadi kunci utama dalam mendorong inovasi. Pemerintah perlu menciptakan kebijakan yang adaptif, bukan malah menjadi penghambat bagi perkembangan teknologi dan bisnis baru. Saat ini, banyak inovasi yang mandek karena terbentur regulasi yang ketinggalan zaman. Jika aturan dapat lebih cepat menyesuaikan diri dengan perkembangan industri, para inovator akan lebih leluasa dalam mengembangkan solusi baru yang bermanfaat bagi masyarakat.

Selain regulasi yang mendukung, investasi dalam riset dan pengembangan (R&D) juga harus ditingkatkan. Negara-negara maju telah lama menjadikan R&D sebagai pilar utama dalam kemajuan teknologi dan ekonomi mereka. Indonesia tidak bisa terus bergantung pada teknologi impor jika ingin bersaing secara global.

Dengan investasi yang cukup, para peneliti dan inovator lokal dapat menciptakan teknologi yang lebih relevan dengan kebutuhan dalam negeri, sekaligus meningkatkan daya saing Indonesia di kancah internasional.

Namun, inovasi tidak bisa berjalan sendiri. Kolaborasi antara akademisi, industri, dan pemerintah harus diperkuat. Kampus-kampus memiliki sumber daya manusia dan penelitian, industri memiliki pengalaman dalam produksi dan pemasaran, sementara pemerintah memiliki peran dalam menciptakan kebijakan yang mendukung. Jika ketiga elemen ini bisa bekerja sama dengan baik, ekosistem inovasi akan berkembang lebih cepat dan lebih kuat.

Di sisi lain, inovasi juga sangat bergantung pada kualitas sumber daya manusia. Oleh karena itu, pendidikan berbasis teknologi harus menjadi prioritas. Generasi muda perlu dibekali keterampilan yang sesuai dengan perkembangan zaman, seperti pemrograman, kecerdasan buatan, dan kewirausahaan digital. Dengan begitu, mereka tidak hanya menjadi pekerja, tetapi juga bisa menjadi pencipta solusi yang berdampak luas bagi masyarakat.

Terakhir, mindset tentang kegagalan harus diubah. Di Indonesia, masih banyak orang yang takut gagal dan menganggap kegagalan sebagai akhir dari segalanya. Padahal, di negara-negara maju, kegagalan justru dianggap sebagai bagian dari proses belajar. Jika kita ingin menciptakan budaya inovasi yang kuat, kita harus mendorong keberanian untuk mencoba, bereksperimen, dan belajar dari setiap kesalahan. Hanya dengan cara itulah kita bisa bergerak maju dan menciptakan perubahan yang nyata.

Bagian 2:

Membangun Ekosistem Inovasi di Indonesia

Indonesia memiliki potensi besar untuk menjadi pusat inovasi dunia. Dengan populasi lebih dari 270 juta jiwa, negara ini memiliki kekuatan demografi yang luar biasa, dengan jutaan anak muda yang siap berkreasi dan berinovasi. Namun, tantangan yang ada juga tidak sedikit. Mulai dari keterbatasan riset, akses pendanaan yang masih terbatas, hingga kebijakan yang belum sepenuhnya mendukung perkembangan inovasi secara optimal.

1. Menciptakan Budaya Inovasi

Inovasi bukan hanya tentang menciptakan teknologi baru, tetapi juga soal cara berpikir. Budaya inovasi harus dibangun sejak dini, baik di sekolah, universitas, hingga lingkungan kerja. Kurikulum pendidikan harus lebih mendorong kreativitas dan pemecahan masalah, bukan hanya sekadar menghafal teori. Anak-anak muda Indonesia perlu diberikan ruang untuk bereksperimen, bertanya, dan mencoba hal-hal baru tanpa takut gagal.

Salah satu contoh sukses adalah banyaknya startup berbasis teknologi yang kini tumbuh di Indonesia. Gojek, Tokopedia, dan Bukalapak adalah bukti bahwa anak bangsa mampu menciptakan solusi berbasis inovasi yang memiliki dampak besar. Namun, inovasi tidak hanya harus datang dari sektor digital. Bidang kesehatan, pertanian, energi, dan manufaktur juga memerlukan sentuhan inovatif agar mampu bersaing di tingkat global.

2. Kolaborasi antara Akademisi, Industri, dan Pemerintah

Salah satu kunci sukses dalam membangun ekosistem inovasi adalah sinergi antara akademisi, industri, dan pemerintah. Universitas harus lebih aktif dalam menghasilkan riset yang aplikatif dan sesuai dengan kebutuhan industri. Perusahaan juga perlu membuka diri terhadap hasil riset akademik, sehingga inovasi yang dihasilkan tidak hanya berhenti di jurnal ilmiah, tetapi benar-

benar diimplementasikan dalam dunia nyata.

Pemerintah memiliki peran besar dalam menciptakan regulasi yang mendukung inovasi. Misalnya, dengan memberikan insentif pajak bagi perusahaan yang menginvestasikan dana untuk riset dan pengembangan, atau menciptakan zona-zona khusus bagi startup dan perusahaan berbasis teknologi agar mereka bisa berkembang dengan lebih cepat.

3. Pendanaan dan Akses terhadap Modal

Inovasi membutuhkan dukungan finansial. Banyak inovator muda di Indonesia memiliki ide brilian, tetapi terkendala modal untuk mengembangkan produknya. Oleh karena itu, ekosistem pendanaan harus diperkuat. Venture capital, angel investor, dan skema pendanaan pemerintah harus lebih terbuka bagi inovator lokal.

Selain itu, pemerintah juga bisa mengembangkan program hibah riset yang lebih mudah diakses oleh akademisi dan pelaku usaha. Dengan demikian, para inovator tidak perlu menghabiskan energi mereka hanya untuk mencari dana, tetapi bisa lebih fokus dalam mengembangkan solusi inovatif yang berdampak luas.

4. Mendukung Komersialisasi Inovasi

Salah satu tantangan besar dalam inovasi di Indonesia adalah kesenjangan antara riset dan komersialisasi. Banyak penelitian bagus di universitas yang akhirnya hanya berhenti sebagai laporan akademik karena tidak ada skema yang jelas untuk membawa hasil riset tersebut ke industri.

Oleh karena itu, diperlukan lebih banyak lembaga atau inkubator bisnis yang bisa membantu para peneliti dan inovator mengubah ide mereka menjadi produk yang dapat dipasarkan. Selain itu, perlindungan hak kekayaan intelektual juga harus diperkuat agar para inovator merasa aman dalam mengembangkan karyanya tanpa takut dicuri atau disalahgunakan pihak lain.

5. Menjadikan Indonesia sebagai Pusat Inovasi Global

Jika semua elemen ekosistem inovasi bisa berjalan dengan baik, bukan tidak mungkin Indonesia akan menjadi pusat inovasi global. Dengan sumber daya alam yang melimpah, talenta yang luar biasa, serta dukungan teknologi yang semakin berkembang, Indonesia memiliki peluang besar untuk bersaing dengan negara-negara lain di bidang inovasi.

Namun, semua ini membutuhkan kerja sama dan komitmen dari berbagai pihak. Pemerintah harus lebih proaktif dalam menciptakan kebijakan yang mendukung inovasi. Akademisi harus lebih giat dalam menghasilkan riset yang aplikatif. Industri harus lebih terbuka terhadap hasil riset dan berani mengambil risiko dalam mendukung inovasi. Dan yang paling penting, masyarakat harus mulai mengadopsi pola pikir inovatif dalam kehidupan sehari-hari.

Jika kita bisa membangun ekosistem inovasi yang kuat, bukan hanya Indonesia yang akan maju, tetapi juga dunia akan melihat bahwa negeri ini bukan hanya kaya akan budaya dan alam, tetapi juga sebagai rumah bagi inovasi yang mengubah dunia.

Bab 3:

Menciptakan Ekosistem Inovasi yang Berkelanjutan

“Apa kalkulus inovasi? Kalkulus inovasi sebenarnya cukup sederhana: Pengetahuan mendorong inovasi, inovasi mendorong produktivitas, produktivitas mendorong pertumbuhan ekonomi.”

William Brody (lahir 1944), Ilmuwan

3.1. Apa itu ekosistem inovasi dan mengapa penting bagi Indonesia.

Bayangkan sebuah hutan yang subur dan beragam. Di dalamnya, berbagai tanaman, hewan, mikroba, serta unsur alam lainnya hidup dalam harmoni, saling menopang dan berkembang bersama. Begitu pula dengan ekosistem inovasi-sebuah sistem yang terdiri dari berbagai elemen yang saling berinteraksi untuk menghasilkan terobosan baru yang membawa manfaat bagi masyarakat. Di dalam ekosistem ini, ada akademisi yang meneliti, industri yang mengembangkan produk, pemerintah yang mendukung kebijakan, serta masyarakat yang menjadi pengguna sekaligus penggerak perubahan.

Di negara-negara maju, ekosistem inovasi sudah seperti hutan hujan tropis yang kaya-subur, dinamis, dan terus berevolusi. Namun di Indonesia, ekosistem ini masih dalam tahap pertumbuhan. Beberapa bagian sudah mulai tumbuh subur, tetapi ada pula yang masih gersang dan membutuhkan perhatian lebih. Padahal, inovasi adalah kunci untuk membawa Indonesia menuju daya saing global, memperkuat industri berbasis teknologi, dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Sejatinya, inovasi bukan sekadar tentang menciptakan sesuatu yang baru, melainkan tentang bagaimana sebuah ide dapat diimplementasikan dan membawa dampak luas. Banyak inovasi cemerlang lahir di laboratorium atau dalam pikiran brilian para ilmuwan, tetapi tanpa ekosistem yang mendukung, ide-ide itu hanya

akan menjadi sekadar konsep. Di sinilah pentingnya sebuah sistem yang mampu menghubungkan berbagai pihak dalam rantai inovasi—agar penelitian tidak hanya berakhir sebagai jurnal ilmiah, tetapi juga bisa menjadi produk nyata yang digunakan oleh masyarakat.

Di Indonesia, tantangan dalam membangun ekosistem inovasi cukup kompleks. Salah satunya adalah masih lemahnya kolaborasi antara akademisi, industri, dan pemerintah. Banyak riset yang dilakukan di perguruan tinggi, tetapi sering kali tidak memiliki jalur yang jelas untuk dikomersialisasikan. Di sisi lain, industri masih cenderung mengandalkan teknologi impor daripada mengembangkan teknologi sendiri. Pemerintah, meskipun telah menginisiasi berbagai program pendanaan dan regulasi, sering kali masih menghadapi kendala birokrasi yang menghambat laju inovasi.

Namun, tantangan ini bukanlah alasan untuk berhenti. Justru, inilah saatnya membangun ekosistem yang lebih kuat dan berkelanjutan. Kita bisa belajar dari negara-negara yang telah sukses dalam membangun ekosistem inovasi mereka. Salah satu kuncinya adalah membangun koneksi yang erat antara universitas, industri, dan pemerintah—sebuah konsep yang dikenal sebagai *Triple Helix Model*. Dalam model ini, universitas menjadi pusat riset dan pengembangan, industri sebagai pihak yang mengadopsi dan mengembangkan teknologi, sementara pemerintah berperan sebagai regulator dan fasilitator.

Selain itu, keberlanjutan ekosistem inovasi juga bergantung pada keberadaan *entrepreneurial mindset*—pola pikir kewirausahaan yang tidak hanya berani mengambil risiko, tetapi juga mampu melihat peluang di tengah tantangan. Di sinilah pentingnya membangun budaya inovasi sejak dini, baik di lingkungan akademik maupun dalam dunia industri. Perguruan tinggi harus mulai mengajarkan mahasiswanya bukan hanya untuk menjadi pekerja, tetapi juga pencipta lapangan kerja berbasis teknologi.

Pemerintah juga harus terus berperan sebagai enabler, bukan

sekadar regulator. Insentif pajak bagi perusahaan yang berinvestasi dalam riset dan pengembangan, program akselerasi bagi startup berbasis teknologi, serta kebijakan yang mendukung komersialisasi inovasi lokal adalah beberapa langkah yang bisa mempercepat pertumbuhan ekosistem inovasi di Indonesia.

Namun, pada akhirnya, ekosistem inovasi yang berkelanjutan bukan hanya soal regulasi, dana riset, atau kemitraan strategis. Yang paling penting adalah membangun mentalitas inovatif di setiap lapisan masyarakat. Masyarakat yang inovatif tidak hanya sekadar menunggu perubahan, tetapi aktif menciptakan solusi. Dengan ekosistem yang sehat, kita tidak hanya menjadi pengguna teknologi, tetapi juga pencipta dan pemimpin di era industri berbasis pengetahuan ini.

Ini adalah tantangan sekaligus peluang bagi Indonesia. Jika kita mampu membangun ekosistem inovasi yang berkelanjutan, maka kita tidak hanya akan mengejar ketertinggalan, tetapi juga menciptakan lompatan besar menuju masa depan yang lebih maju dan mandiri.

3.2. Peran Pemerintah, Universitas, dan Industri dalam Inovasi

Bayangkan sebuah kapal besar yang berlayar menuju samudra luas. Agar kapal ini dapat melaju dengan stabil dan mencapai tujuan, dibutuhkan kerja sama antara tiga elemen penting: nahkoda yang menentukan arah, awak kapal yang memastikan semua sistem berjalan dengan baik, dan tenaga penggerak yang membuat kapal terus bergerak. Dalam dunia inovasi, kapal ini adalah ekosistem inovasi, sedangkan pemerintah, universitas, dan industri adalah tiga elemen yang harus bekerja sama agar inovasi bisa berkembang dan berdampak nyata.

1. Pemerintah: Sang Nahkoda yang Menentukan Arah

Pemerintah memiliki peran sebagai pemimpin yang mengarahkan jalannya inovasi. Tanpa regulasi yang jelas, insentif

yang mendukung, serta kebijakan yang berpihak pada riset dan teknologi, inovasi di sebuah negara akan sulit berkembang. Pemerintah ibarat nahkoda yang mengendalikan arah kapal agar tidak terombang-ambing di lautan kebingungan.

Di banyak negara maju, peran pemerintah sangat strategis dalam mendorong inovasi. Misalnya, di Korea Selatan, pemerintah memberikan dana besar untuk riset dan pengembangan (R&D), serta menjalin kemitraan erat dengan sektor industri agar hasil riset bisa segera dikomersialisasikan. Di Indonesia, peran pemerintah dalam inovasi mulai terlihat dengan adanya pendanaan riset seperti LPDP dan BRIN, serta regulasi yang mendukung pengembangan startup berbasis teknologi. Namun, masih banyak tantangan yang harus diatasi, seperti birokrasi yang rumit dan kurangnya kesinambungan kebijakan.

Lebih dari sekadar memberikan dana riset, pemerintah juga harus menciptakan ekosistem yang kondusif bagi inovasi. Salah satu caranya adalah dengan mempercepat perizinan bagi perusahaan berbasis teknologi, memberikan insentif pajak bagi industri yang berinvestasi dalam R&D, serta melindungi hak kekayaan intelektual agar inovator merasa aman dalam mengembangkan ide-idenya.

2. Universitas: Laboratorium Pengetahuan dan Kreativitas

Jika pemerintah adalah nahkoda, maka universitas adalah awak kapal yang menjaga sistem tetap berjalan. Universitas berfungsi sebagai pusat riset dan pengembangan ilmu pengetahuan, tempat di mana ide-ide baru lahir dan diuji. Namun, tanpa jembatan yang menghubungkan hasil riset dengan dunia industri, banyak inovasi yang hanya berhenti di atas kertas atau sekadar menjadi publikasi ilmiah tanpa dampak nyata.

Universitas harus mulai mengubah paradigma bahwa riset bukan hanya untuk kepentingan akademik, tetapi juga harus memberikan solusi bagi dunia nyata. Di sinilah pentingnya konsep *entrepreneurial university*, di mana perguruan tinggi tidak hanya mencetak sarjana, tetapi juga inovator dan wirausahawan berbasis teknologi.

Banyak universitas di dunia yang telah sukses menjadi pusat inovasi. Misalnya, Massachusetts Institute of Technology (MIT) tidak hanya menghasilkan riset berkualitas, tetapi juga mendorong mahasiswanya untuk mendirikan startup teknologi. Bahkan, banyak perusahaan besar seperti Dropbox dan Qualcomm lahir dari kampus ini. Indonesia juga memiliki potensi besar dalam bidang ini. Universitas harus lebih aktif membangun inkubator bisnis, menjalin kerja sama dengan industri, serta memberikan ruang bagi mahasiswa dan dosen untuk mengembangkan teknologi yang dapat dipasarkan.

Selain itu, budaya inovasi harus mulai ditanamkan sejak dini. Mahasiswa tidak boleh hanya diajarkan untuk menjadi pekerja di industri, tetapi juga harus dibekali keterampilan untuk menjadi pencipta teknologi. Seminar, kompetisi startup, dan program magang di perusahaan berbasis teknologi adalah langkah-langkah yang dapat mempercepat transformasi universitas menjadi pusat inovasi.

3. Industri: Mesin Penggerak Inovasi

Jika pemerintah adalah nahkoda dan universitas adalah awak kapal, maka industri adalah mesin yang membuat kapal terus bergerak. Industri memiliki peran krusial dalam mengadopsi dan mengembangkan inovasi agar bisa digunakan oleh masyarakat luas.

Tanpa keterlibatan industri, inovasi hanya akan menjadi teori tanpa aplikasi nyata. Industri harus berani mengambil peran lebih besar dalam mendukung riset dan pengembangan. Salah satu caranya adalah dengan membangun pusat R&D di dalam perusahaan, menjalin kerja sama dengan universitas, serta berinvestasi dalam teknologi baru.

Namun, realitanya, banyak industri di Indonesia yang masih lebih suka mengadopsi teknologi dari luar negeri daripada mengembangkan inovasi sendiri. Ini menjadi tantangan besar karena ketergantungan pada teknologi asing membuat daya saing industri nasional menjadi lemah. Oleh karena itu, industri perlu

lebih aktif dalam mendukung inovasi lokal.

Contohnya, perusahaan besar seperti Apple dan Tesla selalu berinvestasi besar dalam riset dan pengembangan teknologi mereka sendiri, sehingga mereka selalu menjadi pemimpin di industri masing-masing. Indonesia bisa meniru pendekatan ini dengan mendorong perusahaan dalam negeri untuk berani berinvestasi dalam inovasi, baik dengan bekerja sama dengan universitas maupun membangun tim riset internal yang kuat.

4. Sinergi yang Kuat: Kunci Ekosistem Inovasi yang Berjalan Lancar

Ketiga elemen ini—pemerintah, universitas, dan industri—tidak bisa bekerja sendiri-sendiri. Mereka harus saling terhubung dan bekerja sama dalam satu ekosistem yang solid. Jika salah satu elemen lemah, inovasi akan sulit berkembang.

Salah satu contoh sukses dari sinergi ini adalah Silicon Valley di Amerika Serikat. Pemerintah AS memberikan dukungan penuh dalam bentuk regulasi yang ramah bagi startup, universitas seperti Stanford dan Berkeley menjadi pusat riset dan penyedia talenta, sementara industri besar seperti Google, Apple, dan Facebook terus berinovasi dan menciptakan teknologi baru.

Indonesia bisa membangun ekosistem serupa dengan memperkuat kolaborasi antara pemerintah, universitas, dan industri. Jika ini bisa terwujud, bukan tidak mungkin dalam beberapa tahun ke depan Indonesia akan menjadi pusat inovasi yang mampu bersaing di tingkat global.

Sebagai bangsa yang besar, kita tidak boleh hanya menjadi pasar bagi teknologi asing. Kita harus menjadi pencipta teknologi, menjadi inovator yang mampu memberikan solusi bagi dunia. Dan untuk mewujudkan itu, sinergi antara pemerintah, universitas, dan industri harus semakin erat, berjalan beriringan seperti kapal besar yang menuju masa depan penuh harapan.

3.3. Membangun Ekosistem Inovasi: Belajar dari Negara Maju dan Relevansinya bagi Indonesia

Inovasi telah menjadi pilar utama dalam pembangunan ekonomi di banyak negara maju. Silicon Valley di Amerika Serikat, misalnya, dikenal sebagai pusat inovasi teknologi yang menghasilkan raksasa industri seperti Google, Apple, dan Tesla. Keberhasilan ekosistem inovasi di sana bukan sekadar kebetulan, melainkan hasil dari kombinasi kebijakan yang mendukung, pendanaan yang kuat, serta budaya kewirausahaan yang berkembang.

Sedikit berbeda dengan Silicon Valley di Eropa dijumpai Polygone Scientifique di Grenoble, Prancis, adalah salah satu contoh ekosistem inovasi yang berkembang pesat di Eropa. Berbeda dengan Silicon Valley, yang didorong oleh modal ventura dan ekosistem startup swasta, Polygone Scientifique lebih berfokus pada kolaborasi antara lembaga penelitian, industri, dan pemerintah dalam inovasi teknologi tinggi.

1. Keunggulan Polygone Scientifique Grenoble

Polygone Scientifique di Grenoble, Prancis, merupakan salah satu pusat inovasi teknologi terkemuka di Eropa. Berbeda dengan Silicon Valley yang berkembang pesat berkat dominasi modal ventura dan budaya startup, Polygone Scientifique lebih menekankan pada sinergi antara lembaga penelitian, industri, dan pemerintah untuk menciptakan ekosistem inovasi yang berbasis riset.

Sebagai hub riset dan teknologi tinggi, Polygone Scientifique menjadi rumah bagi berbagai laboratorium penelitian terkemuka, seperti CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) yang berfokus pada energi alternatif dan teknologi nuklir, serta Institut Laue-Langevin, fasilitas neutron paling kuat di dunia yang digunakan untuk penelitian fisika material dan struktur atom. Selain itu, di kawasan ini juga terdapat ESRF (European Synchrotron Radiation Facility), sebuah fasilitas canggih yang memanfaatkan sinar-X untuk mengungkap struktur material

hingga tingkat atom, mendukung penelitian di bidang fisika material, biologi, dan kimia.

Namun, berbeda dengan Silicon Valley yang lebih didominasi oleh inovasi perangkat lunak dan kecerdasan buatan, Grenoble lebih menitikberatkan pada pengembangan teknologi hijau dan mikroelektronika hemat energi. Tidak hanya itu, perbedaan lainnya terletak pada sumber pendanaan. Jika Silicon Valley berkembang melalui investasi besar dari perusahaan teknologi dan modal ventura, maka ekosistem di Grenoble didukung oleh pendanaan pemerintah, Uni Eropa, serta berbagai kebijakan insentif pajak untuk penelitian dan pengembangan (R&D).

Selain memiliki keunggulan dalam riset, Grenoble juga mendorong integrasi antara universitas dan industri. Grenoble INP (Institut Polytechnique de Grenoble) dan Université Grenoble Alpes memainkan peran penting dalam mencetak tenaga ahli di bidang sains dan teknologi, yang kemudian berkontribusi langsung dalam industri seperti STMicroelectronics, Schneider Electric, dan Soitec. Dengan demikian, inovasi yang dihasilkan tidak hanya bertumpu pada pengembangan teori, tetapi juga memiliki dampak nyata dalam dunia industri.

Dukungan pemerintah yang kuat terhadap inovasi menjadikan Grenoble sebagai contoh bagaimana kolaborasi antara riset akademik, industri, dan kebijakan publik dapat menciptakan ekosistem inovasi yang berkelanjutan. Sementara Silicon Valley berkembang dalam ekosistem yang lebih berbasis pasar dan kewirausahaan swasta, Grenoble menawarkan model yang lebih terstruktur dengan orientasi pada riset fundamental dan industri berbasis teknologi tinggi.

Jika Indonesia ingin mengembangkan ekosistem inovasi yang kuat, maka model seperti Polygone Scientifique dapat menjadi inspirasi. Dengan membangun sinergi antara universitas, industri, dan pemerintah serta berfokus pada teknologi strategis seperti energi hijau dan mikroelektronika, Indonesia dapat menciptakan ekosistem inovasi yang berdaya saing global

2. Sinergi Akademisi dan Industri: Grenoble sebagai Pusat Riset dan Inovasi Teknologi di Eropa

Grenoble, sebuah kota di tenggara Prancis yang terletak di kaki Pegunungan Alpen, telah lama dikenal sebagai pusat riset dan inovasi teknologi di Eropa. Kota ini tidak hanya menjadi rumah bagi institusi akademik terkemuka seperti Grenoble INP (Institut Polytechnique de Grenoble) dan Université Grenoble Alpes, tetapi juga merupakan ekosistem di mana industri teknologi tinggi dan penelitian akademik berkolaborasi erat untuk menciptakan inovasi yang berdampak global.

3. Fondasi Akademik dan Riset Kuat

Grenoble INP dan Université Grenoble Alpes telah menjadi pusat pendidikan dan penelitian yang menarik ribuan ilmuwan, insinyur, dan mahasiswa dari seluruh dunia. Kedua institusi ini memiliki reputasi tinggi dalam bidang fisika, teknik, dan ilmu material, menjadikannya tempat ideal bagi penelitian mutakhir. Grenoble juga memiliki European Synchrotron Radiation Facility (ESRF), yang merupakan salah satu fasilitas pencahayaan sinchrotron paling canggih di dunia, serta Institut Laue-Langevin (ILL) yang berfokus pada penelitian neutron.

Kolaborasi antara akademisi dan industri telah menjadi landasan utama dalam pengembangan teknologi di Grenoble. Banyak proyek penelitian di universitas dan institut riset mendapat dukungan dari industri, baik dalam bentuk pendanaan, kemitraan penelitian, maupun transfer teknologi.

4. Sinergi dengan Industri Teknologi Tinggi

Grenoble menjadi tempat berkembangnya banyak perusahaan teknologi tinggi, baik yang berskala internasional maupun startup inovatif. Beberapa perusahaan yang menjalin kemitraan erat dengan institusi akademik di Grenoble meliputi:

STMicroelectronics, salah satu pemimpin dunia dalam bidang semikonduktor, memiliki pusat penelitian dan

pengembangan di Grenoble yang bekerja sama dengan universitas dan institut riset.

Schneider Electric, perusahaan global di bidang manajemen energi dan otomasi, memanfaatkan keahlian akademisi Grenoble dalam pengembangan teknologi hemat energi. Selain itu di kota tersebut ada Soitec, perusahaan yang berfokus pada material semikonduktor inovatif, bekerja sama dengan laboratorium riset di Grenoble untuk menciptakan solusi teknologi baru.

Keberadaan ekosistem ini menciptakan siklus inovasi yang berkelanjutan, di mana hasil penelitian akademik dapat langsung diaplikasikan ke dalam industri, sementara kebutuhan industri memicu riset-riset baru di perguruan tinggi.

5. Sejarah Panjang Ilmuwan Grenoble dan Tradisi Inovasi

Grenoble memiliki sejarah panjang dalam dunia ilmu pengetahuan dan teknologi. Sejak Pada abad ke-19, kota ini menjadi pusat perkembangan teknik sipil dan hidrodinamika, dipelopori oleh para ilmuwan seperti Henry Darcy, yang terkenal dengan hukum Darcy dalam bidang hidrogeologi.

Pada abad ke-20, Grenoble semakin berkembang sebagai pusat riset, terutama dalam bidang fisika dan teknologi material. Louis Néel, seorang fisikawan yang bekerja di Grenoble, memenangkan Hadiah Nobel Fisika pada tahun 1970 atas kontribusinya dalam bidang magnetisme.

Pada tahun 1950-an dan 1960-an, pemerintah Prancis mendukung investasi besar dalam riset teknologi tinggi di Grenoble, yang mengarah pada pendirian berbagai laboratorium dan fasilitas penelitian, termasuk CEA-Leti, institut penelitian yang fokus pada mikroelektronika dan nanoteknologi. Sejak saat itu, Grenoble menjadi hub utama bagi ilmuwan dan insinyur yang bekerja dalam bidang teknologi canggih.

6. Mengapa Grenoble Menjadi Pusat Riset Eropa?

Ada beberapa faktor utama yang menjadikan Grenoble

sebagai salah satu pusat riset dan inovasi teknologi terdepan di Eropa.

Di kota tersebut telah terjalin kombinasi antara akademisi dan industri yang kuat. Keberadaan institusi akademik berkualitas tinggi serta perusahaan teknologi besar menciptakan lingkungan yang ideal bagi riset dan inovasi.

Selain itu, kota dan ekosistem inovasi di Grenoble mendapat dukungan pemerintah dan kebijakan riset yang progresif. Pemerintah Prancis telah lama menginvestasikan sumber daya besar dalam pengembangan riset dan teknologi di Grenoble, termasuk melalui pendanaan proyek riset dan pembangunan infrastruktur canggih.

Selanjutnya, ekosistem startup telah berjalan dengan baik dan sangat dinamis Grenoble juga dikenal sebagai pusat startup berbasis teknologi, dengan banyak inkubator dan akselerator yang membantu perusahaan rintisan berkembang melalui kolaborasi dengan akademisi dan industri. Kota yang juga menyimpan nama besar dalam bidang sains dan teknologi tersebut membawa nama besar Universitas Joseph Fourier (UJF, bahasa Prancis: Université Joseph Fourier, juga dikenal sebagai Grenoble I) adalah universitas Prancis yang terletak di kota Grenoble dan berfokus pada bidang sains, teknologi, dan kesehatan. Universitas ini sekarang menjadi bagian dari Université Grenoble Alpes. Nama besar dan ekosistem yang telah terbentuk membawa Fasilitas Penelitian Bertaraf Internasional ke kota tersebut. Di Grenoble kita menemukan keberadaan European Synchrotron Radiation Facility (ESRF),

Institut Laue-Langevin (ILL), dan CEA-Leti memberikan akses bagi para peneliti dan industri terhadap teknologi paling mutakhir dalam bidang fisika, material, dan mikroelektronika.

Grenoble didukung oleh keberadaannya yang sangat strategis. Kota tersebut terletak di tengah Eropa dengan akses mudah ke pusat-pusat industri besar seperti Paris, Swiss, dan Jerman, Grenoble menjadi tempat yang strategis bagi kolaborasi internasional.

Grenoble adalah contoh sukses bagaimana akademisi dan industri dapat bekerja sama untuk menciptakan inovasi teknologi yang berkelanjutan. Dengan fondasi akademik yang kuat, dukungan industri yang masif, serta fasilitas riset bertaraf internasional, kota ini terus menjadi pusat keunggulan dalam riset dan teknologi di Eropa. Ke depan, Grenoble diperkirakan akan terus memimpin dalam bidang teknologi semikonduktor, energi terbarukan, dan kecerdasan buatan, memperkuat posisinya sebagai Silicon Valley versi Prancis.

7. Dukungan Pemerintah dan Uni Eropa

Keberhasilan Grenoble sebagai pusat inovasi teknologi tidak lepas dari dukungan penuh pemerintah Prancis dan Uni Eropa. Berbeda dengan ekosistem inovasi yang bergantung pada investasi swasta atau modal ventura, Grenoble berkembang dengan dorongan kuat dari kebijakan negara yang pro-riSET dan inovasi.

Pemerintah Prancis, misalnya, telah menerapkan berbagai kebijakan untuk mendukung pengembangan teknologi, salah satunya melalui Bpifrance (Badan Investasi Publik Prancis). Lembaga ini menyediakan pendanaan bagi startup dan perusahaan berbasis teknologi agar dapat berkembang tanpa harus terlalu bergantung pada investor swasta. Selain itu, pemerintah juga memberikan insentif pajak khusus bagi perusahaan yang berinvestasi dalam penelitian dan pengembangan (R&D). Dengan adanya skema ini, industri lebih terdorong untuk menciptakan inovasi baru karena biaya riset menjadi lebih ringan.

Namun, dukungan untuk Grenoble tidak hanya datang dari dalam negeri. Uni Eropa juga turut berperan besar dalam membangun ekosistem inovasi di kawasan ini. Melalui program Horizon Europe, Uni Eropa menggelontorkan dana besar untuk penelitian dan pengembangan teknologi di berbagai bidang, termasuk energi bersih, mikroelektronika, dan kesehatan. Program ini tidak hanya membantu pendanaan proyek-proyek riset, tetapi juga membuka peluang kolaborasi antara ilmuwan, universitas, dan

industri dari berbagai negara di Eropa.

Dengan kombinasi dukungan dari pemerintah Prancis dan Uni Eropa, Grenoble terus berkembang sebagai salah satu pusat teknologi terkemuka di Eropa. Pendekatan ini menunjukkan bahwa inovasi tidak hanya bergantung pada pasar dan investasi swasta, tetapi juga dapat tumbuh subur dengan kebijakan yang tepat dan dukungan finansial dari negara. Model seperti ini bisa menjadi inspirasi bagi Indonesia dalam membangun ekosistem inovasi yang berkelanjutan dan berdaya saing global.

8. Fokus pada Teknologi Hijau dan Energi Terbarukan

Grenoble sering dijuluki sebagai "Ibukota Hijau Eropa", dan bukan tanpa alasan. Kota ini telah menjadi pusat penelitian dan inovasi dalam berbagai teknologi ramah lingkungan, mulai dari energi bersih, mikroelektronika hemat energi, hingga pengembangan baterai untuk kendaraan listrik. Sementara banyak kota lain di dunia masih mencari solusi untuk mengurangi jejak karbon, Grenoble justru telah lebih dahulu melangkah dengan mengembangkan teknologi yang tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga efisien dan berkelanjutan.

Di jantung inovasi ini, Polygone Scientifique berperan sebagai pusat riset dan pengembangan material baru yang mendukung revolusi energi terbarukan. Salah satu fokus utamanya adalah menciptakan panel surya dengan efisiensi tinggi, yang memungkinkan konversi energi matahari menjadi listrik dengan lebih optimal. Selain itu, di kawasan ini juga dikembangkan baterai litium generasi baru, yang tidak hanya lebih tahan lama, tetapi juga lebih aman dan cepat dalam pengisian daya—sebuah teknologi yang sangat krusial bagi kendaraan listrik masa depan.

Namun, inovasi di Polygone Scientifique tidak berhenti di situ. Para peneliti di sini juga bekerja keras dalam mengembangkan semikonduktor efisiensi tinggi, yang dapat mengurangi konsumsi energi perangkat elektronik tanpa mengorbankan performa. Berbeda dengan banyak pusat inovasi lain yang masih berfokus pada

peningkatan daya komputasi, Grenoble memilih pendekatan yang lebih berkelanjutan, yakni memastikan bahwa teknologi masa depan tidak hanya canggih, tetapi juga hemat energi dan ramah lingkungan.

Dengan berbagai inovasi ini, Grenoble menunjukkan bahwa kemajuan teknologi tidak harus bertentangan dengan kelestarian lingkungan. Sebaliknya, dengan pendekatan yang tepat, teknologi justru bisa menjadi solusi untuk menciptakan dunia yang lebih hijau dan berkelanjutan. Model seperti ini bisa menjadi inspirasi bagi banyak negara, termasuk Indonesia, dalam mengembangkan ekosistem inovasi yang tidak hanya maju secara ekonomi, tetapi juga bertanggung jawab terhadap lingkungan.

Tabel 1. Perbandingan dengan Silicon Valley		
Aspek	Polygone Scientifique, Grenoble	Silicon Valley, AS
Model	Berbasis riset akademik	Startup dan modal
Ekosistem	dan industri	ventura
Pendanaan	Dominasi dana publik & Uni Eropa	Modal ventura dan swasta
Fokus	Energi hijau, fisika	AI, perangkat lunak,
Teknologi	material, mikroelektronik	media digital
Pemain Utama	CEA, STMicroelectronics, ESRF	Google, Apple, Tesla, Meta
Dukungan	Sangat kuat melalui	Lebih banyak
Pemerintah	kebijakan industri	inisiatif swasta

Polygone Scientifique Grenoble adalah contoh keberhasilan model inovasi berbasis riset dan industri dengan dukungan kuat dari pemerintah dan Uni Eropa. Meskipun berbeda dengan Silicon Valley dalam pendekatan dan struktur pendanaannya, ekosistem Grenoble tetap menjadi salah satu yang terdepan di Eropa dalam pengembangan teknologi tinggi, terutama di bidang fisika material, mikroelektronika, dan energi hijau.

Jika Indonesia ingin mengembangkan ekosistem inovasi serupa, pendekatan yang menekankan kolaborasi antara universitas, industri, dan pemerintah, serta fokus pada teknologi strategis, dapat menjadi model yang menarik untuk diadopsi.

Salah satu faktor utama yang membentuk ekosistem inovasi di negara maju adalah kolaborasi erat antara universitas, industri, dan pemerintah. Model Triple Helix yang dikembangkan di banyak negara maju memungkinkan adanya sinergi antara ketiga elemen ini, menciptakan lingkungan yang kondusif bagi pengembangan teknologi baru. Contohnya, MIT (Massachusetts Institute of Technology) memiliki hubungan erat dengan industri dan startup, di mana banyak penelitian yang dilakukan oleh akademisi langsung diadopsi oleh dunia bisnis untuk dikomersialisasikan.

Selain itu, ketersediaan modal ventura dan dana riset yang besar juga menjadi faktor kunci. Di Silicon Valley, banyak startup yang mendapatkan pendanaan dari investor yang berani mengambil risiko tinggi. Bandingkan dengan Indonesia, di mana akses terhadap pendanaan masih menjadi tantangan besar bagi inovator dan startup lokal. Meski kini mulai berkembang berbagai program inkubasi dan akselerasi startup, namun jumlah dan skala pendanaannya masih belum bisa menyaingi negara-negara maju.

Salah satu studi kasus menarik datang dari Jerman yang sukses membangun ekosistem inovasi berbasis industri manufaktur. Dengan konsep "Industry 4.0," Jerman mendorong digitalisasi dalam sektor industri melalui integrasi teknologi seperti Internet of Things (IoT) dan kecerdasan buatan (AI). Keberhasilan Jerman ini didukung oleh kebijakan pemerintah yang mendorong adopsi teknologi dan pelatihan tenaga kerja berbasis keterampilan digital. Indonesia dapat belajar dari pendekatan ini untuk meningkatkan daya saing industri manufakturnya melalui teknologi yang lebih modern.

Sementara itu, di Jepang, inovasi lebih banyak berkembang dari dalam perusahaan melalui pendekatan kaizen—prinsip perbaikan terus-menerus yang memungkinkan perusahaan seperti

Toyota dan Sony terus berinovasi. Budaya kerja disiplin dan orientasi jangka panjang telah menjadi fondasi bagi ekosistem inovasi di sana. Tantangan bagi Indonesia adalah bagaimana menanamkan budaya inovatif ini di berbagai sektor, bukan hanya di perusahaan besar, tetapi juga di UMKM dan industri kreatif.

Namun, ekosistem inovasi di negara maju tidak selalu bisa langsung diterapkan di Indonesia. Setiap negara memiliki tantangan dan keunikannya sendiri. Sebagai contoh, infrastruktur digital di Indonesia masih perlu diperkuat, terutama di luar kota-kota besar. Selain itu, regulasi yang mendukung inovasi, seperti perlindungan hak kekayaan intelektual dan kebijakan insentif bagi peneliti dan startup, perlu diperbaiki agar lebih menarik bagi investor dan inovator.

Beberapa langkah sudah mulai diambil, seperti pembentukan kawasan teknologi seperti Bandung Techno Park dan BPPT Science & Technology Park. Namun, perlu ada lebih banyak inisiatif serupa yang tersebar di berbagai daerah agar inovasi tidak hanya terpusat di kota-kota besar. Selain itu, universitas di Indonesia harus lebih aktif dalam berkolaborasi dengan industri agar riset akademik dapat lebih banyak diterapkan dalam dunia nyata.

Pada akhirnya, membangun ekosistem inovasi yang kuat di Indonesia memerlukan sinergi berbagai pihak. Pemerintah harus menciptakan kebijakan yang mendukung, universitas harus lebih terbuka terhadap kolaborasi industri, dan pelaku bisnis harus lebih berani mengambil risiko dalam investasi inovasi. Dengan strategi yang tepat, Indonesia bukan tidak mungkin menjadi pusat inovasi di Asia Tenggara dalam beberapa dekade mendatang.

Bab 4:

Peran Perguruan Tinggi dalam Mendorong Inovasi

“Jika Anda menilik sejarah, inovasi tidak hanya datang dari pemberian insentif kepada orang-orang; inovasi datang dari penciptaan lingkungan tempat ide-ide mereka dapat saling terhubung.”

Steven Johnson (lahir 1968), Penulis sains

4.1. Kampus sebagai pusat riset dan inovasi.

Perguruan tinggi merupakan tempat lahirnya berbagai gagasan dan inovasi yang mampu mengubah dunia. Kampus bukan hanya tempat menuntut ilmu, tetapi juga menjadi pusat riset dan inovasi yang mendorong perubahan di berbagai bidang, mulai dari teknologi, kesehatan, hingga sosial ekonomi. Keberadaan perguruan tinggi yang aktif dalam penelitian dan pengembangan menciptakan lingkungan yang kondusif bagi inovator untuk mengeksplorasi ide-ide baru yang kemudian dapat diimplementasikan dalam kehidupan nyata.

Dalam sejarahnya, banyak inovasi besar lahir dari universitas. Misalnya, teknologi internet yang kita gunakan saat ini bermula dari penelitian di universitas-universitas ternama di Amerika Serikat. Begitu juga dengan teknologi kedokteran, seperti vaksin dan terapi gen, yang dikembangkan melalui riset panjang di laboratorium kampus sebelum akhirnya bisa dimanfaatkan oleh masyarakat luas. Universitas juga memiliki peran strategis dalam membangun ekosistem inovasi yang melibatkan mahasiswa, dosen, industri, dan pemerintah dalam sebuah kolaborasi yang saling menguntungkan.

Sebagai pusat riset, kampus memiliki sumber daya manusia yang unggul dalam bidang akademik dan penelitian. Dosen dan mahasiswa bekerja sama dalam berbagai proyek ilmiah untuk menemukan solusi atas berbagai tantangan yang dihadapi

masyarakat. Melalui laboratorium, pusat penelitian, dan inkubator bisnis, kampus mendorong mahasiswa dan peneliti untuk berani mencoba hal-hal baru, mengembangkan teknologi, serta menciptakan produk yang inovatif.

Salah satu contoh sukses peran perguruan tinggi dalam inovasi adalah Massachusetts Institute of Technology (MIT) yang telah melahirkan banyak perusahaan teknologi terkemuka seperti Dropbox, Bose, dan Moderna. Model kolaborasi antara akademisi, mahasiswa, dan industri yang diterapkan di MIT menjadi contoh bagaimana kampus dapat berperan sebagai katalisator inovasi yang berdampak luas.

Di Indonesia, berbagai perguruan tinggi juga mulai menunjukkan kontribusinya dalam inovasi. Sebagai contoh, Universitas Diponegoro dengan Center for Plasma Research telah mengembangkan teknologi ozon untuk berbagai aplikasi, mulai dari pengolahan limbah hingga penyimpanan produk hortikultura. Inovasi ini tidak hanya berdampak pada dunia akademik, tetapi juga bermanfaat bagi industri dan masyarakat luas.

Agar kampus dapat terus berkembang sebagai pusat inovasi, diperlukan dukungan dari berbagai pihak. Pemerintah perlu menyediakan regulasi dan pendanaan yang mendukung riset dan inovasi. Industri harus terbuka untuk bekerja sama dengan akademisi agar hasil penelitian dapat dikomersialisasikan dengan baik. Sementara itu, mahasiswa dan dosen harus terus membangun budaya inovasi yang tidak takut untuk mencoba hal baru, meskipun penuh tantangan.

Pada akhirnya, perguruan tinggi tidak hanya bertugas mencetak lulusan yang siap kerja, tetapi juga harus mampu menciptakan individu yang siap berinovasi dan berkontribusi bagi kemajuan bangsa. Dengan semangat riset dan inovasi yang terus berkembang, kampus dapat menjadi motor penggerak perubahan yang membawa dampak positif bagi masyarakat dan dunia.

4.2. Membangun Budaya Riset yang Kuat di Universitas

Perguruan tinggi memiliki peran penting dalam menciptakan budaya riset yang kuat sebagai fondasi utama dalam mendorong inovasi. Budaya riset yang berkembang dengan baik akan menghasilkan ide-ide segar, solusi atas berbagai tantangan, serta kontribusi signifikan bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Namun, membangun ekosistem riset yang kokoh bukanlah tugas yang sederhana. Diperlukan komitmen dari berbagai pihak, termasuk akademisi, mahasiswa, industri, serta pemerintah, agar riset tidak hanya menjadi kegiatan akademik semata, tetapi juga mampu menciptakan dampak nyata bagi masyarakat.

Salah satu faktor utama dalam membangun budaya riset yang kuat di universitas adalah keberadaan sistem pendukung yang memadai. Kampus perlu menyediakan fasilitas penelitian yang lengkap, akses terhadap jurnal ilmiah terkini, serta dukungan pendanaan yang berkelanjutan. Tanpa infrastruktur yang memadai, para peneliti akan mengalami kesulitan dalam melakukan eksplorasi ilmiah secara optimal. Selain itu, universitas juga perlu mendorong kolaborasi antara fakultas dan disiplin ilmu yang berbeda agar riset yang dilakukan semakin multidisiplin dan relevan dengan kebutuhan zaman.

Selain dukungan infrastruktur, lingkungan akademik yang kondusif juga menjadi faktor kunci dalam membentuk budaya riset yang kuat. Kampus harus mampu menciptakan atmosfer yang mendorong rasa ingin tahu, kebebasan berpikir, serta keberanian untuk mencoba hal-hal baru. Salah satu caranya adalah dengan membiasakan mahasiswa dan dosen untuk aktif dalam diskusi ilmiah, seminar, serta forum riset yang memungkinkan pertukaran gagasan secara terbuka. Dengan demikian, inovasi tidak hanya berasal dari individu, tetapi juga tumbuh dari interaksi dan sinergi antarpeneliti.

Tidak kalah pentingnya adalah sistem insentif yang dapat memotivasi para akademisi untuk lebih giat dalam melakukan penelitian. Banyak perguruan tinggi yang mulai menerapkan

kebijakan penghargaan bagi dosen yang aktif menulis jurnal, menghasilkan paten, atau menciptakan produk inovatif. Selain itu, kesempatan untuk memperoleh dana hibah penelitian juga harus diperluas, sehingga semakin banyak akademisi yang terdorong untuk mengembangkan riset berkualitas tinggi. Jika universitas mampu memberikan penghargaan yang sepadan bagi para peneliti, maka minat terhadap riset akan semakin meningkat.

Dukungan terhadap riset juga perlu diperluas hingga ke level mahasiswa. Universitas harus membangun ekosistem yang membuat mahasiswa merasa tertarik dan nyaman dalam melakukan penelitian. Program seperti student research grants, inkubator inovasi, serta bimbingan riset dari dosen yang berpengalaman dapat menjadi langkah efektif untuk menanamkan budaya riset sejak dini. Jika mahasiswa terbiasa dengan pola pikir ilmiah dan metode penelitian yang baik sejak di bangku kuliah, maka mereka akan lebih siap untuk berkontribusi dalam inovasi di dunia kerja maupun industri.

Lebih jauh lagi, perguruan tinggi perlu menjalin kerja sama erat dengan dunia industri dan sektor pemerintah. Hasil-hasil penelitian yang dikembangkan di universitas harus dapat diimplementasikan dalam dunia nyata, sehingga riset tidak berhenti di atas kertas atau hanya sekadar menjadi koleksi publikasi. Kemitraan dengan sektor industri memungkinkan transfer teknologi yang lebih cepat, sementara kerja sama dengan pemerintah dapat memastikan bahwa riset yang dilakukan relevan dengan kebutuhan pembangunan nasional.

Pada akhirnya, membangun budaya riset yang kuat di universitas bukan hanya tentang meningkatkan jumlah penelitian yang dilakukan, tetapi juga tentang bagaimana riset tersebut dapat memberikan dampak yang luas. Dengan membangun ekosistem yang mendukung, mendorong kreativitas, serta memperkuat kerja sama lintas sektor, perguruan tinggi dapat menjadi motor penggerak inovasi yang mampu menjawab tantangan zaman dan memberikan manfaat nyata bagi masyarakat.

Salah satu contoh nyata dari upaya membangun budaya riset yang kuat adalah Center for Plasma Research (CPR) di Universitas Diponegoro. Sebagai pusat unggulan riset di bidang fisika plasma, CPR telah menjadi wadah bagi para akademisi dan mahasiswa untuk mengembangkan penelitian yang inovatif. Keberadaan laboratorium dengan peralatan canggih, akses terhadap jurnal ilmiah internasional, serta kolaborasi dengan berbagai institusi nasional maupun global menjadi faktor utama dalam mendukung aktivitas riset di pusat ini. Dengan fasilitas yang terus diperbarui, para peneliti di CPR memiliki kesempatan lebih besar untuk melakukan eksperimen dan mengembangkan aplikasi teknologi plasma yang relevan dengan berbagai sektor, mulai dari kesehatan, lingkungan, hingga industri pangan.

Selain dukungan infrastruktur, lingkungan akademik di CPR juga dirancang untuk mendorong budaya riset yang kolaboratif. Setiap minggu, para peneliti dan mahasiswa rutin mengadakan diskusi ilmiah, seminar internal, serta presentasi hasil penelitian. Interaksi yang intens antara dosen, peneliti senior, dan mahasiswa memungkinkan transfer pengetahuan yang lebih efektif serta memunculkan ide-ide baru yang inovatif. Atmosfer akademik yang terbuka seperti ini menjadi elemen kunci dalam membangun kreativitas serta semangat eksplorasi di kalangan akademisi.

Selain itu, CPR aktif mengajukan proposal penelitian ke berbagai lembaga pendanaan, baik dari dalam negeri seperti Kemenristek/BRIN maupun dari luar negeri melalui kerja sama dengan institusi global. Dengan adanya dukungan finansial yang berkelanjutan, riset yang dilakukan di CPR dapat berkembang lebih jauh dan memiliki daya saing tinggi di tingkat internasional.

Lebih dari sekadar menghasilkan publikasi ilmiah, CPR juga berorientasi pada aplikasi riset yang dapat diimplementasikan di dunia industri. Salah satu contoh nyata adalah inovasi teknologi plasma untuk pengolahan limbah dan peningkatan kualitas udara melalui pemanfaatan ozon. Hasil penelitian yang dikembangkan di laboratorium CPR telah berhasil diuji coba dalam skala industri dan

menunjukkan potensi besar dalam mendukung keberlanjutan lingkungan. Kemitraan dengan perusahaan serta instansi pemerintah memungkinkan riset yang dilakukan di CPR dapat langsung berdampak pada permasalahan nyata di masyarakat.

Selain bekerja sama dengan industri, CPR juga aktif dalam program pengabdian kepada masyarakat. Melalui berbagai pelatihan dan workshop, CPR berupaya untuk memperkenalkan teknologi plasma kepada kalangan lebih luas, termasuk UMKM dan pelaku industri kecil yang dapat memanfaatkan inovasi ini untuk meningkatkan daya saing produk mereka. Dengan demikian, penelitian yang dilakukan di CPR tidak hanya bermanfaat bagi kalangan akademisi, tetapi juga menjadi solusi nyata bagi tantangan yang dihadapi masyarakat.

Keberhasilan CPR dalam membangun budaya riset yang kuat menunjukkan bahwa ekosistem riset yang efektif membutuhkan kombinasi antara fasilitas yang memadai, lingkungan akademik yang kondusif, dukungan pendanaan yang berkelanjutan, serta kolaborasi dengan berbagai pihak. Dengan strategi yang tepat, perguruan tinggi dapat menjadi pusat inovasi yang tidak hanya melahirkan pengetahuan baru, tetapi juga memberikan dampak nyata bagi perkembangan teknologi dan kesejahteraan masyarakat.

4.3. Model Kolaborasi antara Akademisi, Industri, dan Pemerintah

Dalam era persaingan global yang semakin ketat, inovasi menjadi kunci utama bagi kemajuan suatu negara. Namun, inovasi yang berkelanjutan tidak bisa lahir dari satu pihak saja. Diperlukan kerja sama yang erat antara akademisi, industri, dan pemerintah untuk menciptakan ekosistem inovasi yang solid dan berdampak luas. Kolaborasi antara ketiga sektor ini menjadi model yang efektif dalam menghasilkan riset yang tidak hanya berorientasi pada publikasi ilmiah, tetapi juga dapat diimplementasikan secara nyata di dunia industri dan memberikan manfaat bagi masyarakat.

Perguruan tinggi sebagai pusat keilmuan memiliki peran

utama dalam mengembangkan ide-ide inovatif yang berbasis penelitian. Namun, agar hasil riset dapat diadopsi dan diterapkan di dunia nyata, keterlibatan industri menjadi faktor yang sangat penting. Industri memiliki kebutuhan untuk terus berkembang dan mencari solusi yang lebih efisien serta ramah lingkungan. Oleh karena itu, kemitraan antara akademisi dan industri dapat mempercepat proses transformasi teknologi dari laboratorium ke skala produksi. Sebagai contoh, dalam bidang teknologi plasma, riset yang dilakukan di laboratorium perguruan tinggi telah berhasil dimanfaatkan oleh industri untuk pengolahan limbah dan penyimpanan hasil pertanian agar lebih tahan lama dan bebas pestisida.

Selain peran akademisi dan industri, pemerintah juga memegang peranan krusial dalam mendukung ekosistem inovasi. Regulasi yang kondusif, insentif pajak bagi perusahaan yang berinvestasi dalam riset dan pengembangan (R&D), serta pendanaan untuk proyek-proyek penelitian menjadi faktor utama yang dapat memperkuat kolaborasi ini. Dengan adanya dukungan kebijakan yang jelas dan keberlanjutan pendanaan dari pemerintah, para akademisi dapat lebih fokus dalam mengembangkan penelitian yang aplikatif, sementara industri lebih terdorong untuk mengadopsi teknologi baru tanpa risiko yang terlalu besar.

Salah satu model kolaborasi yang sukses diterapkan di berbagai negara adalah konsep *triple helix*, di mana perguruan tinggi, industri, dan pemerintah bekerja secara sinergis untuk menciptakan inovasi. Model ini memungkinkan hasil penelitian tidak hanya dikembangkan berdasarkan kebutuhan akademik semata, tetapi juga disesuaikan dengan permintaan pasar dan kebijakan pemerintah. Dengan demikian, inovasi yang dihasilkan memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan dapat menjadi solusi bagi permasalahan sosial yang lebih luas.

Di Indonesia, beberapa perguruan tinggi telah menerapkan model ini dengan baik, salah satunya adalah Center for Plasma Research (CPR) Universitas Diponegoro. Melalui berbagai kerja

sama dengan industri dan dukungan dari pemerintah, CPR telah berhasil mengembangkan teknologi berbasis plasma yang dapat diterapkan di berbagai sektor, seperti pengolahan air bersih, sterilisasi alat kesehatan, hingga peningkatan ketahanan pangan. Keberhasilan ini tidak terlepas dari keterlibatan aktif industri yang tertarik untuk mengembangkan hasil riset ke tahap produksi dan dukungan kebijakan dari pemerintah dalam mempercepat adopsi teknologi ini.

Agar model kolaborasi ini semakin optimal, diperlukan keterbukaan antar pihak dalam berbagi sumber daya dan informasi. Perguruan tinggi harus lebih aktif menjalin komunikasi dengan industri agar penelitian yang dilakukan dapat lebih relevan dengan kebutuhan pasar. Sebaliknya, industri juga perlu lebih terbuka dalam memberikan masukan serta mendukung pendanaan bagi riset yang berpotensi menghasilkan inovasi yang bermanfaat bagi bisnis mereka. Sementara itu, pemerintah perlu memastikan bahwa regulasi yang dibuat dapat mendorong kolaborasi ini, misalnya dengan memberikan kemudahan birokrasi dalam perizinan atau memberikan subsidi bagi industri yang menggunakan teknologi berbasis riset dalam negeri.

Pada akhirnya, model kolaborasi antara akademisi, industri, dan pemerintah merupakan strategi yang tidak hanya menguntungkan bagi masing-masing pihak, tetapi juga berdampak besar pada kemajuan ekonomi dan sosial. Dengan sinergi yang baik, perguruan tinggi tidak hanya menjadi pusat keilmuan, tetapi juga motor utama dalam menciptakan inovasi yang dapat membawa perubahan nyata bagi masyarakat dan industri. Jika kolaborasi ini terus diperkuat, Indonesia memiliki peluang besar untuk menjadi pemain utama dalam inovasi global dan mempercepat pertumbuhan ekonomi berbasis teknologi.

Salah satu contoh kolaborasi antara pusat riset di universitas dengan perusahaan adalah antara Center for Plasma Research (CPR) Universitas Diponegoro dan PT Dipo Technolog. Kedua intitas ini memiliki hubungan yang erat dan saling menguatkan dalam

pengembangan teknologi berbasis plasma, khususnya dalam aplikasi ozonasi. CPR, sebagai pusat riset unggulan di Indonesia, berfokus pada inovasi dan pengembangan ilmu pengetahuan di bidang fisika plasma, sementara PT Dipo Technology menjadi jembatan yang membawa hasil riset tersebut ke dunia industri dan masyarakat luas.

Kemitraan ini bukan sekadar kolaborasi akademik dan bisnis biasa, tetapi lebih dari itu—sebuah simbiosis yang mempertemukan keunggulan riset dengan kebutuhan industri. PT Dipo Technology, sebagai spin-off dari penelitian CPR, lahir dari semangat untuk menjembatani hasil penelitian agar dapat diterapkan dalam skala komersial. Salah satu inovasi unggulan yang dikembangkan adalah teknologi ozonasi untuk penyimpanan produk hortikultura, yang mampu menjaga kualitas produk tetap segar, higienis, bebas pestisida, dan lebih tahan lama.

Hubungan ini menjadi contoh nyata bagaimana perguruan tinggi tidak hanya berperan sebagai pusat ilmu pengetahuan, tetapi juga sebagai motor penggerak inovasi yang dapat dimanfaatkan oleh industri. PT Dipo Technology, dengan dukungan riset dari CPR, terus mengembangkan solusi berbasis plasma untuk berbagai sektor, termasuk pertanian, lingkungan, dan kesehatan. Ini membuktikan bahwa hasil riset tidak harus berhenti di jurnal ilmiah, tetapi dapat berkembang menjadi solusi nyata yang berdampak luas.

Bagi perusahaan lain yang tertarik bekerja sama dengan periset perguruan tinggi, model kemitraan seperti CPR dan PT Dipo Technology ini menjadi inspirasi. Dengan memanfaatkan keahlian akademisi, industri dapat mengakses teknologi mutakhir yang lebih efisien dan inovatif. Sementara itu, bagi periset, keterlibatan industri membuka peluang untuk melihat bagaimana hasil penelitian mereka dapat diimplementasikan secara nyata dan memberikan manfaat ekonomi maupun sosial.

Kemitraan seperti ini tidak hanya menguntungkan kedua belah pihak, tetapi juga mendorong ekosistem inovasi yang lebih maju di Indonesia. Perusahaan yang ingin tumbuh dan beradaptasi

dengan perkembangan teknologi seharusnya melihat perguruan tinggi sebagai mitra strategis, bukan sekadar tempat mencari tenaga kerja. Dengan pendekatan yang tepat, kolaborasi antara dunia akademik dan industri bisa menjadi kunci untuk menciptakan teknologi yang berdaya guna dan memiliki daya saing tinggi di pasar global.

Center for Plasma Research (CPR) Universitas Diponegoro dan PT Dipo Technology telah membuktikan bahwa riset tidak hanya berhenti di laboratorium, tetapi juga bisa melahirkan solusi nyata bagi berbagai kebutuhan industri dan masyarakat. Melalui kemitraan yang kuat antara akademisi dan dunia usaha, mereka telah mengembangkan berbagai produk berbasis teknologi ozon yang kini telah siap digunakan secara komersial.

Salah satu inovasi unggulan yang dihasilkan adalah teknologi penghilangan mikroorganisme dalam ruangan. Dengan memanfaatkan ozon sebagai agen sterilisasi alami, sistem ini mampu membunuh bakteri, virus, dan jamur tanpa meninggalkan residu berbahaya. Teknologi ini sangat relevan, terutama di era yang semakin menuntut standar kebersihan tinggi, baik di rumah sakit, laboratorium, perkantoran, hingga ruang publik.

Selain itu, CPR dan PT Dipo Technology juga mengembangkan sistem ozonasi untuk produk hortikultura. Teknologi ini dirancang untuk memperpanjang umur simpan buah dan sayuran, menjaga kesegarannya, serta menghilangkan residu pestisida yang berbahaya bagi kesehatan. Inovasi ini menjadi solusi bagi petani dan pelaku industri pangan yang ingin menjaga kualitas produk mereka tanpa bergantung pada bahan kimia sintetis.

Tak hanya itu, mereka juga berhasil merancang aplikasi ozon konsentrasi tinggi untuk pengolahan limbah industri. Limbah yang dihasilkan dari berbagai sektor industri sering kali mengandung bahan berbahaya yang sulit diurai dengan metode konvensional. Teknologi ozonasi hadir sebagai solusi ramah lingkungan, mampu mengoksidasi polutan dan mengurangi dampak pencemaran tanpa menimbulkan limbah sekunder. Dengan cara ini,

industri dapat lebih mudah memenuhi regulasi lingkungan tanpa harus mengeluarkan biaya besar untuk sistem pengolahan limbah yang kompleks.

Keberhasilan CPR dan PT Dipo Technology dalam menghadirkan teknologi ini menjadi bukti bahwa kolaborasi antara riset akademik dan industri dapat menghasilkan inovasi yang bermanfaat bagi banyak sektor. Dengan terus mengembangkan teknologi berbasis plasma dan ozon, mereka tidak hanya menciptakan produk unggulan, tetapi juga membuka peluang bagi industri lain untuk mengadopsi solusi yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

Bab 5:

Dari Penelitian ke Komersialisasi Teknologi

“Inovasi adalah dorongan yang tak henti-hentinya untuk mendobrak status quo dan mengembangkan sesuatu yang baru, yang jarang dilakukan orang.”

Steven Jeffes, Pakar bisnis

5.1. Memahami Konsep Hilirisasi Riset

Indonesia memiliki banyak penelitian luar biasa yang lahir dari perguruan tinggi dan lembaga riset. Namun, sering kali hasil riset tersebut hanya berhenti sebagai publikasi akademik tanpa benar-benar memberikan manfaat nyata bagi masyarakat dan industri. Padahal, jika ditindaklanjuti dengan baik, penelitian bisa menjadi solusi inovatif yang berdampak luas. Inilah yang disebut sebagai *hilirisasi riset*—proses mengubah hasil penelitian menjadi produk atau teknologi yang dapat digunakan secara luas.

Hilirisasi riset bukan sekadar menerjemahkan jurnal ilmiah ke dalam bentuk produk, melainkan sebuah perjalanan panjang yang melibatkan berbagai tahapan penting. Mulai dari validasi teknologi, pengembangan produk, kerja sama dengan industri, hingga strategi pemasaran agar produk tersebut bisa diterima oleh pasar. Dalam banyak kasus, penelitian cenderung terhenti di laboratorium karena kurangnya dukungan untuk melanjutkan ke tahap komersialisasi. Hal ini menjadi tantangan besar bagi para akademisi dan inovator di Indonesia.

Bayangkan jika penelitian tentang energi terbarukan, teknologi kesehatan, atau inovasi pangan hanya tersimpan di jurnal tanpa pernah sampai ke tangan masyarakat. Potensi besar yang ada dalam penelitian tersebut tidak akan memberikan dampak sosial maupun ekonomi. Hilirisasi riset memungkinkan penelitian akademik tidak hanya menjadi sekadar teori, tetapi benar-benar menjadi solusi nyata yang bisa diakses oleh masyarakat dan industri.

Negara-negara maju seperti Amerika Serikat, Jerman, dan Jepang telah membangun ekosistem riset yang kuat dengan menekankan hilirisasi sebagai bagian dari siklus penelitian. Hasilnya? Mereka mampu menciptakan inovasi-inovasi besar yang mendorong pertumbuhan ekonomi dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Indonesia pun memiliki potensi yang sama, asalkan ada strategi yang matang dan dukungan yang memadai.

Dapat dipahami bahwa salah satu hambatan terbesar dalam hilirisasi riset di Indonesia adalah minimnya jembatan antara dunia akademik dan industri. Banyak peneliti yang kesulitan dalam mengakses pendanaan, memahami kebutuhan pasar, atau membangun jaringan dengan industri. Oleh karena itu, diperlukan sinergi yang kuat antara perguruan tinggi, pemerintah, dan sektor swasta agar hasil riset dapat berkembang lebih jauh.

Selain itu, penting bagi para akademisi untuk memiliki mindset kewirausahaan (*entrepreneurial mindset*). Dengan memahami aspek bisnis, seorang peneliti dapat lebih mudah mengidentifikasi peluang dan tantangan dalam membawa hasil risetnya ke pasar. Inkubator bisnis, startup berbasis riset, serta program pendanaan inovasi dari pemerintah maupun swasta bisa menjadi jalan keluar bagi para peneliti yang ingin membawa inovasinya ke level yang lebih tinggi.

Hilirisasi riset adalah kunci untuk memastikan bahwa penelitian tidak hanya menjadi deretan angka dalam jurnal, tetapi benar-benar membawa perubahan di dunia nyata. Dengan dukungan yang tepat, strategi yang matang, serta kemauan untuk berkolaborasi, Indonesia memiliki peluang besar untuk menjadikan riset sebagai motor penggerak inovasi dan ekonomi. Saatnya kita tidak hanya menjadi bangsa yang pandai meneliti, tetapi juga bangsa yang mampu mengaplikasikan hasil penelitian untuk menciptakan masa depan yang lebih baik.

Hilirisasi riset bukan sekadar menerjemahkan jurnal ilmiah ke dalam produk, tetapi lebih dari itu, melibatkan berbagai aspek seperti validasi teknologi, pengembangan produk, kerja sama

dengan industri, serta strategi pemasaran. Dalam banyak kasus, hasil riset sering kali terhenti di laboratorium karena tidak ada dukungan yang cukup untuk melanjutkannya ke tahap pengembangan lebih lanjut. Oleh karena itu, perlu strategi yang matang agar penelitian tidak hanya menjadi sekadar laporan ilmiah, tetapi bisa menjadi solusi nyata bagi permasalahan di masyarakat.

5.2. Strategi Hilirisasi Riset agar Bermanfaat bagi Masyarakat

1. Memahami Kebutuhan Pasar dan Masyarakat

Sebuah inovasi akan berhasil jika sesuai dengan kebutuhan masyarakat atau industri. Oleh karena itu, sejak awal perancangan riset, para peneliti sebaiknya sudah mempertimbangkan aspek kebutuhan pasar. Contohnya, penelitian tentang teknologi ozon untuk penyimpanan hortikultura yang saya kembangkan di Center for Plasma Research, Universitas Diponegoro, diarahkan untuk menjawab tantangan utama dalam industri pertanian, yaitu perpanjangan masa simpan produk tanpa menggunakan bahan kimia berbahaya.

2. Kolaborasi dengan Industri dan Pemerintah

Tidak semua peneliti memiliki keahlian dalam bisnis atau pemasaran, sehingga penting untuk menjalin kerja sama dengan pihak industri atau pemerintah. Salah satu contoh sukses adalah penelitian tentang padi biofortifikasi yang dikembangkan oleh tim peneliti di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Teknologi ini dikembangkan bersama dengan industri pangan untuk menghasilkan beras dengan kandungan gizi lebih tinggi yang dapat membantu mengatasi masalah gizi buruk di Indonesia.

3. Penguatan Hak Kekayaan Intelektual (HKI)

Salah satu tantangan besar dalam hilirisasi riset adalah perlindungan terhadap inovasi. Tanpa perlindungan paten atau hak kekayaan intelektual lainnya, inovasi yang dihasilkan bisa dengan

mudah ditiru oleh pihak lain tanpa memberikan manfaat ekonomi bagi peneliti dan institusinya. Misalnya, penelitian di Institut Teknologi Bandung (ITB) tentang baterai lithium berbasis material lokal berhasil mendapatkan paten dan menarik minat investor untuk dikembangkan lebih lanjut.

4. Pendanaan dan Inkubasi Teknologi

Tidak semua hasil penelitian langsung siap dikomersialisasikan. Dalam banyak kasus, perlu ada pendanaan tambahan untuk pengembangan skala industri. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan adalah melalui program inkubasi bisnis berbasis teknologi. Contohnya, Techno Park di berbagai perguruan tinggi seperti Universitas Gadjah Mada (UGM) dan Institut Pertanian Bogor (IPB) yang membantu mempercepat hilirisasi riset melalui pendampingan bisnis dan akses ke pasar.

5. Membangun Start-up Berbasis Teknologi

Saat ini, semakin banyak peneliti yang memilih jalur start-up untuk membawa inovasinya ke pasar. Spin-off business PT Dipo Technology adalah contoh bagaimana penelitian di laboratorium dapat berkembang menjadi bisnis yang berkelanjutan. Dalam kasus ini, teknologi ozonasi yang awalnya hanya berupa eksperimen di laboratorium kini telah diaplikasikan dalam industri hortikultura untuk meningkatkan daya tahan produk pertanian.

6. Edukasi dan Kesadaran Masyarakat

Hilirisasi riset tidak hanya tentang aspek teknologi dan bisnis, tetapi juga bagaimana inovasi tersebut bisa diterima oleh masyarakat. Salah satu contoh menarik adalah inovasi alat sterilisasi air berbasis ultraviolet yang dikembangkan oleh peneliti di Universitas Airlangga. Meskipun secara teknologi alat ini sangat efektif, namun butuh edukasi kepada masyarakat agar memahami manfaatnya dan mau menggunakannya secara luas.

Suatu pagi di kampus, di ruang laboratorium yang penuh dengan alat-alat eksperimen, seorang dosen muda duduk termenung di depan hasil penelitian yang telah bertahun-tahun ia kembangkan. Ia menatap grafik spektrum yang terpampang di layar komputernya—hasil dari penelitian panjang tentang teknologi ozonasi yang ia yakini bisa merevolusi cara penyimpanan produk hortikultura agar lebih higienis, bebas pestisida, dan tahan lama. Namun, pertanyaannya adalah: bagaimana menjadikan temuan ini lebih dari sekadar publikasi ilmiah? Bagaimana caranya agar teknologi ini dapat diadopsi oleh industri dan memberikan manfaat nyata bagi masyarakat?

1. Dari Laboratorium ke Dunia Nyata

Sebagian besar inovasi besar di dunia lahir dari perguruan tinggi. Di dalamnya, ilmuwan dan peneliti bekerja tanpa lelah, mencari solusi atas berbagai tantangan di dunia nyata. Namun, tidak semua hasil penelitian berhasil keluar dari tembok akademik dan menjelma menjadi produk komersial. Ada jurang lebar antara publikasi jurnal dan dunia industri, dan menjembatani keduanya membutuhkan lebih dari sekadar keahlian teknis.

Langkah pertama dalam perjalanan ini adalah menyadari bahwa penelitian yang kita lakukan memiliki potensi ekonomi. Banyak peneliti yang berpikir bahwa tugas mereka selesai setelah jurnal mereka terbit. Padahal, publikasi hanya awal dari perjalanan panjang menuju komersialisasi. Menyadari bahwa suatu penelitian dapat menjadi solusi bagi dunia industri adalah titik balik penting. Inovasi hanya bernilai ketika bisa diterapkan dan memberikan manfaat nyata.

Salah satu contoh yang menarik adalah kisah sekelompok mahasiswa dan dosen di sebuah universitas teknologi yang mengembangkan material nano untuk penyaringan air. Awalnya, penelitian ini hanya ditujukan untuk mendapatkan publikasi dan hibah penelitian. Namun, ketika mereka mulai berinteraksi dengan perusahaan air minum dan komunitas yang kekurangan air bersih,

mereka sadar bahwa temuan mereka bisa mengubah hidup banyak orang. Dari sini, perjalanan mereka berubah dari sekadar eksperimen di laboratorium menjadi pengembangan produk yang bisa diproduksi massal.

2. Memulai Perusahaan Teknologi: Jalan yang Tidak Mudah, tetapi Mungkin

Membangun startup berbasis teknologi dari universitas bukanlah perkara mudah. Ada tantangan birokrasi, pendanaan, hingga membangun tim yang solid. Namun, ada banyak jalur yang bisa ditempuh untuk mempermudah langkah ini. Salah satunya adalah melalui program inkubasi bisnis yang disediakan oleh universitas atau pemerintah.

Sebagai contoh, di banyak universitas besar, sudah ada ekosistem yang mendukung dosen dan mahasiswa untuk mendirikan perusahaan berbasis teknologi. Program-program ini menawarkan pendampingan, akses ke investor, hingga fasilitas untuk mengembangkan produk lebih lanjut. Salah satu kisah sukses di bidang ini adalah seorang profesor yang mengembangkan teknologi plasma untuk sterilisasi alat medis. Awalnya, proyek ini hanya berupa penelitian dasar yang didanai oleh hibah pemerintah. Namun, setelah berpartisipasi dalam program inkubasi bisnis, ia berhasil mendapatkan pendanaan dari investor dan akhirnya mendirikan perusahaan yang sekarang memasok alat sterilisasi ke berbagai rumah sakit di dalam dan luar negeri.

3. Dari Prototype ke Pasar

Setelah menyadari potensi bisnis dari penelitian, langkah berikutnya adalah mengembangkan prototipe yang bisa diuji oleh industri atau konsumen. Di sinilah tantangan besar muncul: bagaimana memastikan bahwa teknologi yang awalnya hanya diuji di laboratorium bisa diterapkan dalam skala industri?

Salah satu pendekatan yang sering digunakan adalah dengan bekerja sama dengan mitra industri sejak tahap awal. Ini bisa

dilakukan melalui proyek bersama, lisensi teknologi, atau bahkan pendanaan dari perusahaan yang tertarik. Dengan keterlibatan industri sejak awal, proses adaptasi teknologi ke dunia nyata bisa lebih cepat dan lebih sesuai dengan kebutuhan pasar.

Namun, tidak semua startup teknologi memiliki kemewahan bekerja sama dengan industri sejak awal. Dalam banyak kasus, startup harus berjalan sendiri dengan mencari pendanaan dari berbagai sumber, seperti hibah inovasi, angel investor, atau venture capital. Inilah titik di mana seorang ilmuwan harus mulai berpikir layaknya seorang entrepreneur: memahami pasar, menghitung biaya produksi, menentukan strategi pemasaran, hingga membangun jaringan bisnis.

4. Berani Melangkah ke Dunia Baru

Membawa penelitian ke tahap komersialisasi adalah perjalanan yang penuh tantangan, tetapi juga penuh peluang. Banyak ilmuwan yang enggan keluar dari zona nyaman akademik, padahal inovasi yang mereka hasilkan bisa memiliki dampak yang jauh lebih besar jika dikomersialisasikan. Kuncinya adalah keberanian untuk melangkah, membangun tim yang kuat, dan memahami bahwa dunia bisnis memiliki logika yang berbeda dari dunia akademik.

Jika kita hanya berhenti di publikasi, maka manfaat dari penelitian kita hanya akan terbatas di dunia akademik. Namun, jika kita berani melangkah ke dunia industri, maka inovasi kita bisa benar-benar mengubah dunia. Itulah esensi dari komersialisasi teknologi: mengubah teori menjadi aksi, dan mengubah laboratorium menjadi solusi nyata bagi masyarakat.

5.3. Studi Kasus Sukses Hilirisasi Riset di Indonesia

1. Pengembangan Vaksin Merah Putih

Salah satu contoh sukses hilirisasi riset di bidang kesehatan adalah pengembangan vaksin COVID-19 dalam negeri, Vaksin Merah Putih. Tim peneliti dari Universitas Airlangga dan Lembaga

Biologi Molekuler Eijkman bekerja sama dengan industri farmasi untuk memastikan vaksin ini dapat diproduksi dalam jumlah besar dan digunakan oleh masyarakat luas.

2. Teknologi Pengolahan Limbah Medis Berbasis Plasma

Di Center for Plasma Research, kami mengembangkan teknologi pengolahan limbah medis menggunakan teknologi plasma untuk menghancurkan patogen berbahaya tanpa menghasilkan polusi sekunder. Teknologi ini sudah mulai diadopsi oleh beberapa rumah sakit dan puskesmas di Indonesia sebagai solusi ramah lingkungan dalam menangani limbah medis.

3. Padi Sidenuk – Varietas Unggul Tahan Kekeringan

Para peneliti di IPB berhasil mengembangkan varietas padi unggul bernama Sidenuk yang tahan terhadap kekeringan dan menghasilkan panen lebih tinggi dibanding varietas konvensional. Teknologi ini sangat bermanfaat bagi petani di daerah dengan curah hujan rendah dan sudah diterapkan di berbagai wilayah pertanian di Indonesia.

Hilirisasi riset merupakan langkah penting agar penelitian yang dilakukan di laboratorium tidak hanya berakhir sebagai publikasi akademik, tetapi juga memberikan manfaat nyata bagi masyarakat. Dengan memahami kebutuhan pasar, menjalin kerja sama dengan industri, memperkuat hak paten, serta memanfaatkan program inkubasi bisnis, peneliti dapat mempercepat proses komersialisasi inovasi mereka. Keberhasilan hilirisasi riset di Indonesia menunjukkan bahwa dengan strategi yang tepat, hasil penelitian dapat menjadi solusi nyata bagi permasalahan yang dihadapi masyarakat dan industri.

5.4. Kisah sukses spinoff akademik dan pembelajaran dari negara lain.

Inovasi yang lahir dari ruang-ruang laboratorium tidak

boleh hanya berakhir sebagai laporan penelitian atau sekadar mengisi jurnal ilmiah. Jika ingin memberikan dampak nyata, inovasi itu harus keluar dari pagar universitas dan masuk ke dalam kehidupan masyarakat. Tapi, bagaimana caranya?

Mari kita lihat bagaimana beberapa negara di Asia berhasil mengubah penelitian akademik menjadi kekuatan ekonomi yang luar biasa.

1. Korea Selatan: Dari Ruang Lab ke Konglomerat Teknologi

Tiga puluh tahun yang lalu, siapa yang membayangkan bahwa Korea Selatan akan menjadi raksasa teknologi dunia? Dulu, negara ini lebih dikenal sebagai eksportir produk tekstil dan manufaktur murah. Namun, pemerintah Korea Selatan memiliki visi jauh ke depan. Mereka membangun ekosistem inovasi yang kuat dengan mendorong universitas untuk menghasilkan teknologi yang bisa dikomersialisasi.

Salah satu contoh sukses adalah KAIST (Korea Advanced Institute of Science and Technology). Universitas ini memiliki budaya riset yang berorientasi pada pasar. Salah satu spin-off terkenal adalah **Park Systems**, perusahaan yang bergerak di bidang mikroskopi nanoteknologi. Didirikan oleh alumni KAIST, perusahaan ini kini menjadi pemimpin dunia dalam teknologi Atomic Force Microscopy (AFM), teknologi yang digunakan dalam riset material nano.

Tak hanya itu, industri semikonduktor Korea Selatan yang kini mendominasi dunia juga berawal dari riset-riset akademik. Samsung dan SK Hynix, misalnya, banyak berkolaborasi dengan universitas dalam mengembangkan teknologi chip canggih.

2. China: Revolusi Teknologi dari Kampus ke Pasar

Jika ada negara yang bisa disebut sebagai "mesin inovasi," China adalah salah satunya. Selama dua dekade terakhir, pemerintah China menginvestasikan triliunan yuan untuk riset dan pengembangan, dengan harapan agar teknologi lokal bisa

menyaingi dominasi Barat.

Universitas-universitas seperti Tsinghua dan Peking University menjadi pusat kelahiran banyak startup teknologi. Salah satu contoh sukses adalah **DJI**, perusahaan drone terbesar di dunia, yang lahir dari laboratorium Universitas Sains dan Teknologi Hong Kong. Frank Wang, pendirinya, awalnya hanya seorang mahasiswa yang bereksperimen dengan drone kecil. Namun, dengan dukungan universitas dan kebijakan pemerintah yang mendorong hilirisasi teknologi, DJI berkembang menjadi raksasa industri yang mendominasi pasar drone global.

Tak hanya itu, Huawei dan Alibaba juga memiliki akar akademik yang kuat. Banyak teknologi yang dikembangkan di laboratorium universitas kini menjadi tulang punggung ekonomi digital China.

3. Thailand: Dari Riset ke Industri Pertanian Modern

Thailand mungkin tidak seagresif Korea Selatan atau China dalam inovasi teknologi tinggi, tetapi negara ini punya kisah sukses tersendiri, terutama dalam sektor agritech dan kesehatan.

Chulalongkorn University dan Kasetsart University, misalnya, telah melahirkan berbagai teknologi pertanian yang kini digunakan luas oleh petani Thailand. Salah satu contohnya adalah pengembangan benih padi tahan kekeringan yang kini diekspor ke berbagai negara Asia. Teknologi ini awalnya hanya hasil penelitian akademik, namun berkat dukungan inkubator bisnis universitas, kini telah dikomersialisasi dalam skala besar.

Selain itu, startup bioteknologi di Thailand juga mulai berkembang pesat. Sebuah perusahaan bernama Baiya Phytopharm, spin-off dari Chulalongkorn University, berhasil mengembangkan vaksin COVID-19 berbasis teknologi tanaman tembakau.

4. Malaysia: Mendorong Komersialisasi di Sektor Bioteknologi

Malaysia sadar bahwa untuk menjadi negara maju, riset harus bisa menghasilkan produk yang bisa dijual di pasar. Karena

itu, pemerintah Malaysia aktif membangun ekosistem inovasi dengan mendukung universitas-universitas agar lebih banyak menghasilkan startup berbasis teknologi.

Salah satu contoh menarik adalah Bionexus, program yang didirikan oleh pemerintah untuk mendukung startup bioteknologi hasil dari riset akademik. Berkat program ini, Malaysia kini memiliki perusahaan seperti Duopharma Biotech, yang awalnya hanya proyek penelitian di Universiti Malaya, namun kini telah berkembang menjadi produsen farmasi terbesar di negara itu.

Selain itu, Universiti Teknologi Malaysia (UTM) juga aktif dalam mengembangkan teknologi pengolahan air dan limbah yang kini telah digunakan secara luas, tidak hanya di Malaysia tetapi juga diekspor ke negara lain.

5. Jepang: Tradisi Riset yang Menghasilkan Industri Kelas Dunia

Jika kita berbicara tentang negara yang sukses menghubungkan dunia akademik dengan industri, Jepang adalah salah satu contoh terbaik. Negara ini telah lama memiliki budaya riset yang kuat, dan perusahaan-perusahaan besar seperti Sony, Toyota, dan Honda memiliki hubungan yang sangat erat dengan universitas.

Salah satu spin-off akademik yang menarik adalah **PeptiDream**, perusahaan farmasi yang berfokus pada pengembangan peptida untuk pengobatan kanker dan penyakit langka. Perusahaan ini lahir dari riset di University of Tokyo dan kini menjadi salah satu perusahaan bioteknologi paling sukses di Jepang.

Selain itu, Jepang juga memiliki model yang unik dalam mengembangkan teknologi berbasis universitas, yaitu melalui skema kemitraan antara pemerintah, universitas, dan industri. Universitas Kyoto, misalnya, telah menghasilkan banyak startup berbasis riset, terutama di bidang energi terbarukan dan robotika.

Kisah sukses dari berbagai negara di Asia menunjukkan bahwa tidak ada inovasi yang berdiri sendiri. Keberhasilan dalam

mengubah riset akademik menjadi produk yang bernilai ekonomi bukanlah hasil dari kerja individu semata, melainkan buah dari ekosistem yang mendukung. Terdapat beberapa pola yang tampak berulang di negara-negara yang berhasil mengembangkan teknologi mereka dari laboratorium ke pasar.

Salah satu faktor yang paling menonjol adalah dukungan pemerintah dan kebijakan yang jelas. Negara-negara seperti Korea Selatan, China, dan Malaysia telah menunjukkan bahwa kebijakan yang mendukung hilirisasi riset memainkan peran kunci dalam keberhasilan spin-off akademik. Insentif pajak bagi startup berbasis teknologi, program pendanaan riset, serta regulasi yang mempermudah transfer teknologi dari universitas ke industri adalah beberapa langkah yang mereka terapkan. Di Korea Selatan, misalnya, pemerintah secara aktif menghubungkan universitas dengan perusahaan melalui program-program pendanaan berbasis inovasi. Sementara itu, di China, kebijakan strategis seperti *Made in China 2025* mendorong universitas untuk menciptakan teknologi yang dapat memperkuat daya saing industri nasional.

Namun, kebijakan yang mendukung saja tidak cukup. Diperlukan pula budaya inovasi di kampus, yang menjadi fondasi bagi lahirnya teknologi yang siap dikomersialisasikan. Kampus yang mampu menciptakan atmosfer riset yang berorientasi pasar cenderung lebih produktif dalam menghasilkan spin-off. KAIST di Korea Selatan dan Tsinghua University di China adalah contoh nyata bagaimana universitas dapat menjadi inkubator bagi perusahaan-perusahaan teknologi besar. Di kampus-kampus seperti ini, mahasiswa dan peneliti didorong untuk berpikir tidak hanya sebagai ilmuwan, tetapi juga sebagai inovator dan wirausahawan. Dengan demikian, hasil riset mereka tidak hanya mengendap di perpustakaan akademik, tetapi juga menemukan jalannya ke dunia industri.

Lebih dari itu, kolaborasi dengan industri menjadi kunci utama dalam mempercepat proses komersialisasi teknologi. Banyak penelitian yang memiliki potensi besar tetapi gagal mencapai pasar

karena tidak ada jembatan yang menghubungkan peneliti dengan dunia bisnis. Negara-negara seperti Jepang telah lama memahami hal ini. Universitas di Jepang, seperti Kyoto University dan University of Tokyo, aktif menjalin kerja sama dengan perusahaan besar untuk memastikan bahwa hasil riset mereka dapat langsung diadaptasi ke dalam sektor industri. Dengan pendekatan seperti ini, teknologi yang dikembangkan di laboratorium tidak hanya bersifat akademik, tetapi juga memiliki nilai ekonomi yang nyata.

Dari berbagai kisah di atas, terlihat jelas bahwa keberhasilan sebuah inovasi tidak hanya ditentukan oleh kecemerlangan ide atau kehebatan teknologi itu sendiri. Ia membutuhkan lingkungan yang mendukung, kebijakan yang berpihak, budaya inovasi yang kuat, serta jembatan yang menghubungkan akademisi dengan dunia bisnis. Jika semua elemen ini dapat diintegrasikan dengan baik, maka peluang untuk membawa penelitian ke tahap komersialisasi akan semakin terbuka lebar.

Indonesia memiliki potensi besar untuk menempuh jalur yang sama. Dengan semakin berkembangnya kebijakan riset dan inovasi, serta semakin banyaknya universitas yang mulai aktif dalam kewirausahaan teknologi, peluang bagi para peneliti untuk membawa hasil risetnya ke pasar semakin nyata. Kini, pertanyaannya bukan lagi *apakah kita bisa?*, tetapi *apan kita akan memulai?*

Indonesia memiliki potensi besar untuk mengikuti jejak negara-negara ini. Dengan semakin berkembangnya kebijakan riset dan inovasi, serta semakin banyaknya universitas yang aktif dalam kewirausahaan teknologi, peluang bagi para peneliti untuk membawa hasil risetnya ke pasar semakin terbuka lebar.

Bagian 3: **Ilmuwan, Wirausaha Sains, dan Ketahanan Teknologi**

Di era digital yang serba cepat ini, peran ilmuwan tidak lagi terbatas pada penelitian di laboratorium atau publikasi jurnal ilmiah. Mereka kini ditantang untuk menjadi inovator yang mampu menerjemahkan penemuan mereka ke dalam solusi praktis yang bermanfaat bagi masyarakat luas. Transformasi dari ilmuwan menjadi wirausaha sains atau *technopreneur* menjadi semakin relevan, terutama dalam membangun ketahanan teknologi suatu negara.

Mari kita bayangkan seorang peneliti muda bernama Andi. Setelah bertahun-tahun meneliti di laboratorium, Andi berhasil menemukan metode baru untuk mengolah limbah plastik menjadi bahan bakar ramah lingkungan. Penemuan ini memiliki potensi besar untuk mengatasi masalah lingkungan sekaligus menyediakan sumber energi alternatif. Namun, tanpa kemampuan untuk mengkomersialisasikan temuannya, inovasi Andi mungkin hanya akan menjadi laporan penelitian yang tersimpan di perpustakaan.

Di sinilah pentingnya membangun ilmuwan yang berjiwa inovator. Ilmuwan seperti Andi perlu dibekali dengan keterampilan kewirausahaan agar mampu membawa hasil penelitiannya ke pasar. Mereka harus memahami bagaimana mengidentifikasi peluang bisnis, mengembangkan model bisnis yang tepat, dan berkolaborasi dengan berbagai pihak untuk mewujudkan inovasinya. Sebagai contoh, di Indonesia, program studi seperti BioEntrepreneurship di Indonesia International Institute for Life Sciences (i3L) dirancang untuk mengembangkan keterampilan manajemen dan kemampuan bisnis bagi ilmuwan, sehingga mereka dapat menjadi pemimpin bisnis yang mampu menggabungkan manfaat sains dan inovasi ke dalam perusahaan.

Namun, menjadi wirausaha sains bukanlah hal yang mudah. Diperlukan pemahaman mendalam tentang model bisnis berbasis teknologi dan sains. Model bisnis ini berbeda dengan bisnis

tradisional karena berfokus pada inovasi teknologi sebagai inti dari produk atau layanan yang ditawarkan. Misalnya, perusahaan rintisan di bidang bioteknologi mungkin memerlukan investasi besar untuk penelitian dan pengembangan sebelum produk mereka siap dipasarkan. Oleh karena itu, pemahaman tentang strategi pendanaan, hak kekayaan intelektual, dan regulasi yang berlaku menjadi krusial.

Selain itu, kolaborasi dengan berbagai pihak, seperti pemerintah, industri, dan institusi penelitian lainnya, menjadi kunci sukses dalam mengembangkan model bisnis berbasis teknologi. Di negara-negara maju, seperti Amerika Serikat dan Jerman, terdapat ekosistem yang mendukung kolaborasi antara akademisi dan industri, sehingga inovasi dapat lebih cepat diimplementasikan dan memberikan dampak nyata bagi masyarakat. Di Indonesia, upaya serupa mulai terlihat dengan adanya inkubator bisnis dan program pendanaan untuk startup berbasis teknologi.

Kisah sukses dari para *technopreneur* di Indonesia juga dapat menjadi inspirasi. Misalnya, Nadiem Makarim, pendiri Gojek, berhasil memanfaatkan teknologi untuk menciptakan solusi transportasi yang inovatif dan memberikan dampak signifikan bagi perekonomian Indonesia. Contoh lain adalah William Tanuwijaya, pendiri Tokopedia, yang berhasil membangun platform e-commerce terkemuka di Indonesia dengan memanfaatkan teknologi digital.

Indonesia memiliki sejumlah ilmuwan yang berhasil mentransformasikan penemuan mereka menjadi inovasi yang berdampak luas melalui *technopreneurship*. Salah satunya adalah Tri Mumpuni, seorang peneliti yang fokus pada pengembangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Melalui Institut Bisnis dan Ekonomi Kerakyatan (IBEKA), yang didirikannya bersama suaminya, Iskandar Budisaroso Kuntoadji, Tri Mumpuni telah berhasil membangun lebih dari 60 pembangkit listrik mikrohidro di berbagai desa terpencil di Indonesia, memberikan akses listrik kepada ribuan masyarakat pedesaan. Atas dedikasinya, ia dianugerahi Ramon Magsaysay Award pada tahun 2011.

Contoh lainnya adalah Tyovan Ari Widagdo, seorang inovator muda asal Wonosobo. Pada tahun 2015, ia mendirikan Bahaso.com, sebuah platform pembelajaran bahasa asing berbasis aplikasi daring. Hanya dalam dua tahun, Bahaso berhasil mendapatkan suntikan dana sebesar US\$500 ribu, menunjukkan potensi besar dari inovasi yang lahir dari kalangan akademisi.

Kisah-kisah ini menunjukkan bahwa dengan semangat kewirausahaan dan dukungan yang tepat, ilmuwan dari perguruan tinggi di Indonesia dapat menciptakan inovasi yang tidak hanya berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan, tetapi juga memberikan dampak nyata bagi masyarakat luas.

Dengan membekali ilmuwan dengan keterampilan kewirausahaan dan membangun ekosistem yang mendukung, kita dapat menciptakan lebih banyak inovator yang mampu membawa perubahan positif bagi masyarakat. Inilah langkah penting dalam membangun ketahanan teknologi dan memastikan bahwa penemuan ilmiah tidak hanya berhenti di atas kertas, tetapi juga memberikan manfaat nyata bagi kehidupan sehari-hari.

Bab 6:

Membangun Ilmuwan yang Berjiwa Inovator

“Inovasi sebaiknya dapat dimulai dari yang kecil, pada awalnya membutuhkan sedikit uang, sedikit orang, dan hanya pasar yang kecil dan terbatas”.

Peter F. Drucker (Educator)

Ada masa ketika seorang dosen atau ilmuwan cukup hanya dengan mengajar di kelas, melakukan penelitian, lalu menerbitkan jurnal ilmiah. Itu sudah dianggap cukup. Namun, zaman berubah. Dunia tidak lagi hanya butuh ilmu, tetapi juga solusi nyata dari ilmu tersebut. Di sinilah peran seorang ilmuwan tidak boleh berhenti hanya pada batas akademik. Ia harus bertransformasi menjadi innovator-seseorang yang mampu menjembatani teori dengan realitas, menjadikan ilmu sebagai pendorong perubahan nyata dalam kehidupan masyarakat.

6.1. Transformasi dari Akademisi ke Inovator: Sebuah Perjalanan

Transformasi ini bukanlah sekadar tren, tetapi sebuah keniscayaan. Sejarah menunjukkan bahwa kemajuan peradaban lahir dari ilmuwan yang tidak hanya berpikir di dalam laboratorium, tetapi juga berani melangkah ke dunia nyata. Kita bisa belajar dari tokoh-tokoh besar seperti Thomas Edison yang tidak hanya mengembangkan teori listrik tetapi juga menciptakan teknologi yang mengubah dunia, atau di era modern, Elon Musk yang menggabungkan riset fisika dengan inovasi teknologi yang merevolusi industri transportasi dan energi.

Sebagai seorang dosen dan ilmuwan, kita tidak boleh hanya menjadi "penonton" atas perubahan zaman. Kita harus ikut menciptakan perubahan itu. Sains yang kita dalami harus lebih dari sekadar angka dan formula dalam jurnal-ia harus menjelma menjadi inovasi yang menyentuh kehidupan banyak orang.

1. Ilmu yang Bernilai adalah Ilmu yang Berdampak

Ilmu yang hebat bukan hanya yang dipublikasikan, tetapi juga yang bisa diimplementasikan. Sayangnya, banyak riset hebat di universitas yang akhirnya hanya menjadi tumpukan laporan atau artikel yang hanya dibaca oleh segelintir akademisi. Padahal, jika penelitian tersebut dikembangkan lebih lanjut, dikolaborasikan dengan industri, dan dijadikan inovasi, dampaknya bisa luar biasa.

Sebagai contoh, dalam bidang energi dan lingkungan, banyak riset tentang teknologi plasma yang bisa digunakan untuk pengolahan limbah, pertanian, hingga kesehatan. Namun, tanpa keberanian untuk mengembangkan lebih lanjut, teknologi ini hanya akan berakhir sebagai teori. Dengan berpikir sebagai inovator, seorang ilmuwan bisa mencari cara agar teknologi tersebut bisa diadopsi oleh industri, membantu petani, rumah sakit, atau masyarakat luas.

2. Membangun Mentalitas Inovator

Bertransformasi menjadi inovator tidak berarti harus meninggalkan dunia akademik, melainkan menyeimbangkan penelitian, pengajaran, dan penerapan dalam kehidupan ilmiah. Inovasi bukanlah sekadar hasil akhir dari sebuah penelitian, tetapi juga cara berpikir, sikap, dan keberanian untuk melampaui batasan yang ada. Seorang ilmuwan sejati bukan hanya mencari pengetahuan baru, tetapi juga berupaya agar pengetahuan tersebut membawa manfaat bagi masyarakat luas.

Salah satu fondasi utama dalam membangun mentalitas inovator adalah keberanian mengambil risiko. Dunia akademik sering kali menawarkan kenyamanan—sebuah lingkungan yang terstruktur, dengan jalur penelitian yang jelas, serta penghargaan yang diberikan atas publikasi dan kutipan. Namun, inovasi tidak lahir dari zona nyaman. Seorang ilmuwan yang ingin menjadi inovator harus berani menghadapi ketidakpastian. Berbagai eksperimen yang dilakukan mungkin tidak selalu membuahkan hasil sesuai harapan, tetapi di dalam kegagalan itu terdapat

pelajaran yang justru menjadi batu loncatan menuju keberhasilan. Mentalitas ini yang membedakan antara sekadar peneliti dan inovator sejati.

Selain itu, inovasi tidak dapat berdiri sendiri di menara gading akademik. Kolaborasi dengan industri menjadi elemen kunci dalam memastikan bahwa penelitian tidak hanya berakhir sebagai teori, tetapi juga memiliki aplikasi nyata di dunia nyata. Dunia industri membawa perspektif yang berbeda—perspektif kebutuhan pasar, tantangan teknis yang harus dipecahkan, serta potensi dampak ekonomi dari sebuah inovasi. Ilmuwan yang berorientasi pada inovasi harus berani membuka diri, menjalin kemitraan dengan berbagai pihak, dan memahami bagaimana penelitiannya dapat menjadi solusi bagi tantangan industri dan masyarakat.

Di balik setiap inovasi besar, ada visi jangka panjang yang menjadi pemandu. Seorang ilmuwan inovator harus berpikir jauh ke depan, melihat bagaimana riset yang dilakukan saat ini dapat memberikan dampak dalam satu atau dua dekade ke depan. Dalam dunia yang terus berubah dengan cepat, ilmuwan tidak hanya harus mengikuti perkembangan zaman, tetapi juga mampu mengantisipasi tantangan yang akan muncul. Apakah penelitian yang sedang dilakukan dapat membantu mengatasi krisis energi? Bagaimana teknologi yang sedang dikembangkan dapat berkontribusi terhadap keberlanjutan lingkungan? Pertanyaan-pertanyaan seperti inilah yang harus senantiasa muncul dalam benak seorang inovator.

Lebih dari sekadar menemukan masalah, seorang inovator harus memiliki mentalitas pemecah masalah. Ilmu pengetahuan yang hanya berfokus pada teori dan eksplorasi tanpa berpikir tentang solusinya akan kehilangan daya guna dalam kehidupan nyata. Oleh karena itu, dalam setiap penelitian, seorang ilmuwan harus selalu berpikir tentang bagaimana hasil temuannya dapat memberikan dampak yang konkret. Teknologi bukan hanya tentang seberapa canggihnya sebuah penemuan, tetapi seberapa besar manfaatnya bagi manusia.

Dunia saat ini berkembang dengan kecepatan yang luar

biasa. Teknologi dan tren global berubah dengan cepat, menghadirkan peluang baru bagi mereka yang mampu memanfaatkannya. Ilmuwan inovatif tidak cukup hanya bertahan dengan paradigma lama, tetapi harus terus belajar, beradaptasi, dan bahkan menjadi pionir dalam pemanfaatan teknologi baru. Kecerdasan buatan, Internet of Things, nanoteknologi, hingga energi terbarukan—semua ini bukan sekadar fenomena, tetapi juga peluang bagi ilmuwan untuk menciptakan terobosan yang lebih besar. Mereka yang berani mengambil langkah lebih cepat dan memanfaatkan tren global akan menjadi pelopor perubahan.

Menjadi inovator bukan hanya tentang kepintaran, tetapi juga keberanian, ketekunan, dan ketajaman dalam melihat peluang. Ilmu pengetahuan bukanlah sesuatu yang harus dikurung dalam jurnal dan laboratorium, melainkan harus bergerak, berkembang, dan memberikan dampak nyata. Seorang ilmuwan sejati adalah mereka yang tidak hanya mencari kebenaran, tetapi juga berani menerjemahkan pengetahuannya menjadi sesuatu yang bermanfaat bagi dunia.

3. Motivasi untuk Ilmuwan Masa Depan

Menjadi ilmuwan inovator bukanlah sekadar pilihan, tetapi sebuah tanggung jawab. Negara kita, Indonesia, membutuhkan lebih banyak ilmuwan yang tidak hanya hebat di atas kertas, tetapi juga mampu menciptakan perubahan nyata. Dengan populasi yang besar dan tantangan yang kompleks, kita memerlukan solusi berbasis sains untuk pertanian, energi, kesehatan, hingga lingkungan. Dan solusi itu hanya bisa lahir dari ilmuwan yang memiliki semangat inovasi.

Jangan takut untuk bermimpi besar. Ilmu pengetahuan tidak berkembang dari batasan yang sudah ada, tetapi dari keberanian untuk membayangkan kemungkinan-kemungkinan baru yang belum pernah terpikirkan sebelumnya. Sejarah mencatat bahwa setiap kemajuan besar dalam sains dan teknologi selalu dimulai dari seseorang yang berani bermimpi di luar batas zamannya. Dari

Galileo yang menentang dogma demi memperkenalkan konsep baru tentang tata surya, hingga Einstein yang mengubah cara kita memahami ruang dan waktu—mereka adalah orang-orang yang tidak hanya mengikuti arus, tetapi menantang batasan yang ada.

Jangan takut untuk mencoba hal baru. Inovasi lahir bukan dari stagnasi, tetapi dari eksperimen, kegagalan, dan keberanian untuk mencoba kembali. Dalam dunia penelitian, tidak ada kegagalan yang benar-benar sia-sia, karena setiap kesalahan membawa kita selangkah lebih dekat pada solusi yang lebih baik. Seorang ilmuwan sejati tidak hanya mencari jawaban, tetapi juga bertanya lebih dalam dan menggali kemungkinan baru. Setiap percobaan yang gagal adalah batu loncatan menuju keberhasilan yang lebih besar.

Jadilah bagian dari generasi ilmuwan yang tidak hanya menulis sejarah, tetapi juga menciptakan masa depan. Dunia tidak hanya membutuhkan akademisi yang memahami teori, tetapi juga inovator yang mampu menerjemahkan teori menjadi solusi nyata. Tantangan global semakin kompleks—krisis energi, perubahan iklim, ketahanan pangan, kesehatan, dan teknologi masa depan menuntut para ilmuwan untuk berpikir lebih dari sekadar publikasi dan penghargaan akademik. Sains harus hadir di tengah masyarakat, menjadi kekuatan yang mengubah dunia ke arah yang lebih baik.

Jangan biarkan ketakutan akan kegagalan menghambat langkahmu. Sains tidak berkembang dalam kepastian, tetapi dalam ketidakpastian yang dijelajahi dengan keberanian. Setiap ide baru mungkin akan ditentang, setiap hipotesis baru mungkin akan diragukan, tetapi inovasi lahir dari mereka yang tidak takut untuk terus melangkah.

Saat ini, kamu sedang berada dalam jalur yang akan membentuk masa depan. Apa yang kamu teliti, apa yang kamu ciptakan, dan bagaimana kamu memandang dunia akan menentukan bagaimana dunia ini berkembang. Jadilah ilmuwan yang tidak hanya meneliti, tetapi juga memberi dampak. Jangan puas hanya dengan menulis jurnal ilmiah, tetapi pikirkan bagaimana

penelitianmu bisa mengubah kehidupan banyak orang.

Masa depan tidak datang dengan sendirinya, ia diciptakan oleh mereka yang berani bermimpi, berani mencoba, dan berani bertahan meskipun menghadapi tantangan besar. Maka, bangunlah keberanian itu dalam dirimu. Jadilah ilmuwan yang tidak hanya mengikuti jejak, tetapi yang menciptakan jejak baru. Ilmuwan yang tidak hanya menjadi saksi perubahan, tetapi yang menjadi penggerak perubahan itu sendiri.

Anda adalah bagian dari masa depan. Anda adalah bagian dari perubahan. Anda adalah ilmuwan yang akan membentuk dunia yang lebih baik. Jadi, bermimpilah setinggi mungkin, bertindaklah seberani mungkin, dan buktikan bahwa ilmu pengetahuan adalah kekuatan terbesar yang dimiliki manusia untuk menciptakan masa depan yang lebih gemilang.

Sebagaimana kata Albert Einstein, *“Ilmu tanpa agama adalah buta, dan agama tanpa ilmu adalah lumpuh.”* Tetapi saya ingin menambahkan: Ilmu tanpa inovasi adalah sia-sia, dan inovasi tanpa ilmu adalah berbahaya. Maka, marilah kita menjadi ilmuwan yang tidak hanya berpikir, tetapi juga bertindak. Sebab, masa depan bangsa ini ada di tangan kita.

6.2. Menanamkan mindset wirausaha di kalangan akademisi.

Berpuluh-puluh tahun, akademisi telah terbiasa berada dalam lingkungan yang nyaman, dikelilingi oleh teori, jurnal ilmiah, dan eksperimen di laboratorium. Namun, dunia telah berubah. Penelitian tidak lagi cukup jika hanya berakhir di atas kertas atau dalam konferensi akademik. Ilmuwan masa kini tidak hanya dituntut untuk memahami sains, tetapi juga harus mampu membawa temuannya ke dunia nyata, memberikan manfaat langsung kepada masyarakat, dan bahkan menciptakan peluang ekonomi baru. Di sinilah pentingnya menanamkan mindset wirausaha di kalangan akademisi—sebuah cara berpikir yang menggabungkan ketajaman ilmiah dengan keberanian berinovasi dan keberanian mengambil risiko.

Bayangkan jika Thomas Edison hanya puas dengan konsep dasar lampu pijar tanpa pernah berpikir untuk memproduksi dan memasarkannya. Atau jika para ilmuwan yang menemukan internet hanya berhenti pada makalah-makalah teknis tanpa pernah mengembangkan ekosistem yang menjadikannya bagian tak terpisahkan dari kehidupan kita. Dunia saat ini tidak hanya dibangun oleh ilmuwan, tetapi oleh mereka yang memiliki jiwa inovator dan wirausaha. Ilmu pengetahuan menjadi lebih bermakna ketika ia keluar dari dinding laboratorium dan menjadi solusi nyata bagi kehidupan.

Namun, ada tantangan besar yang perlu diatasi. Banyak akademisi yang masih ragu untuk terjun ke dunia bisnis dan industri. Mereka khawatir bahwa berwirausaha akan menghilangkan esensi akademik mereka, atau bahwa mencari keuntungan bertentangan dengan nilai-nilai keilmuan. Padahal, berwirausaha tidak berarti mengorbankan integritas akademik. Sebaliknya, ini adalah cara untuk memperluas dampak dari penelitian yang telah dilakukan. Seorang ilmuwan dengan mindset wirausaha bukanlah seseorang yang hanya mengejar keuntungan, tetapi seseorang yang ingin melihat pengetahuannya diimplementasikan dalam kehidupan nyata, membantu lebih banyak orang, dan memberikan solusi bagi tantangan zaman.

Salah satu kunci utama dalam menanamkan mindset wirausaha di kalangan akademisi adalah keberanian untuk berpikir di luar batas tradisional. Akademisi terbiasa dengan metodologi yang kaku, proses yang panjang, dan aturan yang ketat. Dunia bisnis, di sisi lain, bergerak cepat dan menuntut fleksibilitas. Ilmuwan yang ingin menjadi inovator harus bisa menyeimbangkan keduanya. Mereka perlu memahami bahwa penelitian tidak harus selalu menunggu "sempurna" sebelum bisa diterapkan. Banyak inovasi besar lahir dari eksperimen yang terus disempurnakan dalam prosesnya.

Selain itu, akademisi harus mulai melihat industri dan dunia bisnis sebagai mitra, bukan ancaman. Banyak perusahaan besar

yang justru sangat bergantung pada penelitian ilmiah untuk mengembangkan produk dan layanan mereka. Kolaborasi antara akademisi dan industri dapat menciptakan simbiosis yang saling menguntungkan—peneliti mendapatkan sumber daya dan akses untuk mengembangkan inovasi lebih jauh, sementara industri mendapatkan solusi berbasis sains yang dapat diterapkan secara luas.

Membangun mentalitas wirausaha juga berarti berani mengambil risiko. Akademisi terbiasa dengan dunia yang penuh kepastian—hipotesis diuji dengan metode yang jelas, hasil dipublikasikan berdasarkan data yang kuat. Dunia inovasi tidak selalu seperti itu. Terkadang, keberhasilan datang dari serangkaian kegagalan yang panjang. Ilmuwan yang berjiwa inovator harus belajar menerima ketidakpastian, berani mencoba, dan tidak takut gagal. Setiap kesalahan bukanlah akhir, tetapi bagian dari proses menuju sesuatu yang lebih besar.

Namun, tantangan terbesar dalam menanamkan mindset wirausaha di kalangan akademisi mungkin bukan datang dari luar, melainkan dari diri sendiri. Rasa nyaman di lingkungan akademik sering kali membuat seseorang enggan melangkah keluar. Padahal, dunia luar penuh dengan peluang yang menunggu untuk dieksplorasi. Banyak penelitian yang memiliki potensi besar untuk menjadi solusi nyata, tetapi tidak pernah sampai ke tangan masyarakat karena para ilmuwannya terlalu ragu untuk melangkah lebih jauh.

Maka, saatnya akademisi melihat diri mereka bukan hanya sebagai pencari ilmu, tetapi juga sebagai pencipta masa depan. Penelitian bukan sekadar untuk memenuhi syarat kenaikan jabatan akademik atau menambah daftar publikasi, tetapi untuk menjawab kebutuhan dunia yang terus berkembang. Akademisi dengan jiwa wirausaha adalah mereka yang tidak hanya puas dengan menemukan sesuatu, tetapi juga memastikan bahwa temuannya benar-benar bermanfaat bagi banyak orang.

Dunia membutuhkan lebih banyak ilmuwan yang berani

bermimpi besar, berani melangkah keluar dari zona nyaman, dan berani mengubah pengetahuannya menjadi sesuatu yang memiliki dampak nyata. Saatnya akademisi menjadi inovator, bukan hanya peneliti. Saatnya ilmu pengetahuan tidak hanya menjadi teori, tetapi menjadi kekuatan yang menggerakkan perubahan dunia.

6.3. Skill yang dibutuhkan ilmuwan masa depan.

Ilmu pengetahuan berkembang dengan pesat. Dunia berubah lebih cepat daripada sebelumnya, dan tantangan yang dihadapi manusia semakin kompleks. Seorang ilmuwan di abad ke-21 tidak cukup hanya memahami teori dan melakukan eksperimen di laboratorium. Ia harus menjadi lebih dari sekadar seorang akademisi yang mengumpulkan data dan menerbitkan jurnal. Seorang ilmuwan masa depan harus memiliki jiwa inovator—seseorang yang tidak hanya menemukan pengetahuan baru, tetapi juga mampu mengubahnya menjadi solusi nyata yang bermanfaat bagi masyarakat.

Salah satu keterampilan utama yang harus dimiliki oleh ilmuwan masa depan adalah kemampuan berpikir kritis dan kreatif. Ilmuwan tidak boleh terjebak dalam rutinitas penelitian yang hanya berfokus pada eksplorasi akademik tanpa mempertimbangkan dampaknya. Mereka harus mampu melihat permasalahan dari berbagai sudut pandang, mengajukan pertanyaan yang tidak biasa, dan mencari solusi yang inovatif. Kreativitas tidak datang dari ruang kosong, melainkan dari kemampuan menghubungkan ide-ide lama dengan cara baru. Sejarah telah membuktikan bahwa inovasi terbesar sering kali lahir dari keberanian untuk berpikir di luar kebiasaan.

Namun, berpikir kreatif saja tidak cukup. Ilmuwan masa depan juga harus memiliki keberanian untuk mengambil risiko. Inovasi selalu datang dengan ketidakpastian. Tidak semua ide akan berhasil, dan tidak semua eksperimen akan memberikan hasil sesuai harapan. Tetapi kegagalan bukanlah akhir, melainkan bagian dari proses pembelajaran. Ilmuwan harus berani mencoba hal baru,

menghadapi tantangan dengan optimisme, dan tidak takut untuk keluar dari zona nyaman. Dunia tidak membutuhkan lebih banyak ilmuwan yang hanya bermain aman—dunia membutuhkan pionir yang berani menghadapi ketidakpastian dan membawa perubahan.

Selain keberanian, kemampuan komunikasi yang baik juga menjadi keterampilan yang sangat penting. Ilmuwan yang hebat bukan hanya mereka yang bisa memahami konsep-konsep rumit, tetapi juga mereka yang mampu menjelaskannya dengan cara yang mudah dipahami oleh orang lain. Inovasi tidak akan berdampak jika hanya tersimpan di dalam jurnal ilmiah atau dipahami oleh segelintir akademisi. Seorang ilmuwan harus bisa menjangkau masyarakat, industri, dan pemerintah, meyakinkan mereka tentang pentingnya ide-ide baru, serta menginspirasi orang lain untuk berkolaborasi dan mendukung inovasi yang dihasilkan.

Dalam dunia yang semakin digital, penguasaan teknologi juga menjadi kebutuhan mutlak bagi ilmuwan masa depan. Big data, kecerdasan buatan, komputasi kuantum, dan berbagai kemajuan teknologi lainnya kini menjadi bagian tak terpisahkan dari riset ilmiah. Ilmuwan yang mampu memanfaatkan teknologi ini akan memiliki keunggulan dalam menemukan solusi yang lebih cepat, lebih akurat, dan lebih efisien. Tidak cukup hanya memahami teori dasar dalam bidang tertentu, ilmuwan masa depan harus selalu memperbarui keterampilannya, mengikuti perkembangan teknologi terbaru, dan terus belajar sepanjang hayat.

Tidak kalah penting, ilmuwan masa depan harus memiliki etos kerja dan integritas yang tinggi. Ilmu pengetahuan adalah ladang yang menuntut dedikasi dan ketekunan. Inovasi besar tidak lahir dalam semalam. Mereka membutuhkan kerja keras bertahun-tahun, pengorbanan, dan ketekunan untuk terus mencoba meskipun menghadapi berbagai tantangan. Namun, kerja keras saja tidak cukup tanpa adanya integritas. Ilmuwan harus menjunjung tinggi etika penelitian, tidak memanipulasi data demi publikasi, dan selalu berpegang pada kebenaran ilmiah. Dunia sains tidak membutuhkan lebih banyak orang pintar yang tidak jujur, tetapi lebih banyak

orang yang berkomitmen pada kejujuran dan kontribusi nyata bagi masyarakat.

Lebih dari itu, ilmuwan masa depan harus memiliki jiwa kepemimpinan dan kolaborasi. Era individualisme dalam sains sudah berakhir. Riset dan inovasi kini dilakukan dalam tim lintas disiplin yang melibatkan berbagai bidang keahlian. Seorang ilmuwan harus mampu bekerja sama dengan orang lain, menghargai perspektif yang berbeda, dan membangun jaringan kolaborasi yang kuat. Kepemimpinan dalam sains bukan berarti menjadi seorang pemimpin formal, tetapi bagaimana seorang ilmuwan mampu menggerakkan timnya, menginspirasi rekan-rekannya, dan membawa visi besar menuju realitas.

Dunia sains adalah dunia yang penuh tantangan, tetapi juga penuh peluang. Ilmuwan masa depan tidak boleh hanya menjadi pengamat perubahan, tetapi harus menjadi agen perubahan itu sendiri. Mereka harus memiliki rasa ingin tahu yang besar, semangat pantang menyerah, dan visi yang jauh ke depan. Jika ilmu pengetahuan selama ini menjadi kekuatan yang mengubah dunia, maka di tangan ilmuwan yang berjiwa inovator, dunia akan berubah ke arah yang lebih baik, lebih berkelanjutan, dan lebih manusiawi.

Jadilah ilmuwan yang tidak hanya mencari jawaban, tetapi juga menciptakan solusi. Jangan hanya menjadi pemikir, tetapi juga pembaharu. Jangan hanya bermimpi tentang masa depan, tetapi jadilah bagian dari mereka yang menciptakan masa depan itu sendiri.

Bab 7:

Model Bisnis Berbasis Teknologi dan Sains

“Sama seperti energi yang merupakan dasar kehidupan itu sendiri, dan ide adalah sumber inovasi, demikian pula inovasi adalah percikan penting dari semua perubahan, peningkatan, dan kemajuan manusia”.

Ted Levitt, ekonom

7.1. Mengembangkan wirausaha berbasis sains dan teknologi.

Dalam dunia yang semakin dipenuhi oleh inovasi, model bisnis berbasis teknologi dan sains menjadi pilar penting dalam pembangunan ekonomi. Kemajuan ilmiah tidak lagi terbatas pada jurnal akademik atau laboratorium riset, tetapi telah menjadi fondasi bagi lahirnya perusahaan-perusahaan berbasis teknologi yang mampu mengubah cara kita hidup dan bekerja. Di bab ini, kita akan menggali lebih dalam bagaimana mengembangkan wirausaha berbasis sains dan teknologi, memahami tantangannya, serta menemukan strategi sukses untuk menjembatani hasil riset ke dalam dunia industri.

1. Mimpi Besar yang Dimulai dari Laboratorium

Setiap inovasi besar selalu berawal dari ide sederhana yang kemudian berkembang menjadi sesuatu yang luar biasa. Bayangkan seorang ilmuwan yang menghabiskan waktu bertahun-tahun di laboratorium, melakukan eksperimen, mencatat hasil, dan menguji teori. Dari eksperimen kecil ini, sering kali lahir penemuan yang dapat mengubah kehidupan manusia. Misalnya, revolusi komputasi dimulai dari penelitian di universitas, sebelum akhirnya berkembang menjadi industri miliaran dolar yang melahirkan perusahaan seperti Apple dan Microsoft.

Namun, satu tantangan utama dalam dunia sains adalah bagaimana mengubah hasil penelitian menjadi produk yang bisa dimanfaatkan oleh masyarakat luas. Di sinilah peran model bisnis

berbasis teknologi menjadi sangat penting. Seorang ilmuwan atau inovator perlu memahami bagaimana membawa penemuan mereka keluar dari dinding laboratorium dan menjadikannya solusi nyata yang dapat diakses oleh publik.

2. Menemukan Nilai dalam Inovasi

Langkah pertama dalam mengembangkan bisnis berbasis sains adalah menemukan nilai dalam inovasi yang dihasilkan. Sebuah penemuan bisa sangat revolusioner, tetapi tanpa manfaat yang jelas bagi pasar, ia akan tetap menjadi sekadar teori yang tersimpan di jurnal akademik. Oleh karena itu, penting bagi inovator untuk bertanya: siapa yang membutuhkan teknologi ini? Apa masalah yang bisa diselesaikan? Seberapa besar dampaknya dalam kehidupan sehari-hari?

Misalnya, dalam dunia kesehatan, teknologi seperti CRISPR untuk pengeditan gen telah membuka peluang baru dalam pengobatan penyakit genetik. Tetapi sebelum dapat diadopsi secara luas, teknologi ini harus melalui serangkaian uji klinis, regulasi, serta menemukan model bisnis yang berkelanjutan agar bisa dijangkau oleh masyarakat.

3. Dari Ide ke Prototipe: Memvalidasi Konsep

Setelah menemukan nilai dari inovasi, langkah berikutnya adalah membangun prototipe. Ini adalah tahap krusial di mana sebuah ide diuji dalam skala kecil sebelum dikembangkan lebih lanjut. Seorang ilmuwan atau inovator perlu mengadopsi pendekatan eksperimental yang sama seperti yang mereka lakukan di laboratorium: mencoba, mengamati, dan menyempurnakan.

Banyak startup berbasis teknologi dimulai dengan membangun prototipe dan mengujinya dengan pengguna awal. Misalnya, dalam industri energi terbarukan, panel surya berbasis perovskite awalnya hanya konsep di laboratorium sebelum akhirnya diuji di lingkungan nyata dan mendapatkan perhatian dari investor.

4. Menghadapi Tantangan di Pasar

Salah satu tantangan terbesar dalam membangun bisnis berbasis teknologi adalah menjembatani kesenjangan antara riset dan kebutuhan pasar. Banyak inovator terjebak dalam ‘valley of death’, yaitu fase di mana teknologi mereka masih membutuhkan pembiayaan tambahan untuk berkembang tetapi belum cukup menarik bagi investor karena belum ada bukti komersial yang kuat.

Untuk mengatasi ini, banyak perusahaan rintisan berbasis sains mulai menggandeng mitra industri, universitas, atau bahkan lembaga pemerintah untuk mendapatkan pendanaan awal. Pendekatan ini memungkinkan mereka untuk mengembangkan produk hingga tahap yang lebih matang sebelum akhirnya mencari pendanaan dari modal ventura atau investor swasta.

5. Mengembangkan Model Bisnis yang Berkelanjutan

Setelah teknologi terbukti dan ada pasar yang jelas, inovator harus memikirkan bagaimana model bisnis yang berkelanjutan. Beberapa pertanyaan utama yang harus dijawab meliputi: Apakah produk ini akan dijual langsung ke konsumen atau melalui mitra bisnis? Apakah akan menggunakan model langganan, lisensi, atau penjualan satu kali? Bagaimana strategi pemasaran dan distribusi agar bisa menjangkau pasar yang lebih luas?

Sebagai contoh, banyak perusahaan perangkat lunak berbasis kecerdasan buatan memilih model langganan (Software as a Service) untuk memastikan aliran pendapatan yang stabil. Sementara itu, dalam dunia farmasi, banyak inovasi dijual melalui lisensi kepada perusahaan besar yang memiliki jaringan distribusi lebih luas.

6. Menjalinkan Kemitraan dan Membangun Ekosistem

Sebuah perusahaan berbasis teknologi tidak bisa berjalan sendiri. Keberhasilan sering kali ditentukan oleh kemampuannya untuk menjalin kemitraan dengan berbagai pihak, termasuk universitas, pemerintah, investor, dan pelaku industri lainnya.

Misalnya, Tesla tidak hanya bergantung pada teknologi

baterai mereka sendiri, tetapi juga membangun jaringan mitra yang luas untuk memastikan kelangsungan bisnisnya, mulai dari pemasok bahan baku hingga jaringan pengisian daya kendaraan listrik.

Di Indonesia, beberapa startup berbasis teknologi telah mulai menggandeng universitas untuk melakukan riset bersama dan mempercepat pengembangan teknologi yang dapat diterapkan di industri.

7. Mengubah Ilmu Menjadi Dampak Nyata

Mengembangkan bisnis berbasis sains dan teknologi bukanlah perjalanan yang mudah, tetapi juga bukan hal yang mustahil. Dengan memahami bagaimana menemukan nilai dari inovasi, membangun prototipe, menghadapi tantangan di pasar, serta mengembangkan model bisnis yang berkelanjutan, inovator dapat menjadikan ide-ide mereka sebagai solusi nyata yang bermanfaat bagi masyarakat.

Dunia membutuhkan lebih banyak wirausaha berbasis teknologi dan sains yang berani mengambil risiko dan membawa perubahan. Dengan pendekatan yang tepat, inovasi bukan hanya bisa menjadi sumber pengetahuan, tetapi juga kekuatan ekonomi yang menggerakkan masa depan.

7.2. Tantangan dan solusi dalam mendirikan perusahaan berbasis riset.

Di dunia yang semakin kompetitif ini, inovasi berbasis teknologi dan sains menjadi kunci bagi keberlanjutan bisnis dan kemajuan ekonomi. Namun, mendirikan perusahaan berbasis riset bukanlah perjalanan yang mudah. Ada banyak tantangan yang harus dihadapi, mulai dari validasi teknologi, pendanaan, hingga penetrasi pasar. Tapi di balik itu, ada juga solusi yang dapat menjadi jalan bagi para inovator untuk mengubah hasil riset menjadi bisnis yang berkelanjutan dan berdampak luas.

1. Dari Laboratorium ke Pasar: Perjalanan yang Tidak Lurus

Bayangkan seorang ilmuwan yang menghabiskan bertahun-tahun meneliti suatu teknologi baru. Hasil risetnya menjanjikan solusi bagi masalah lingkungan, kesehatan, atau industri. Namun, bagaimana cara membawa temuan ini keluar dari laboratorium dan menjadikannya produk yang bisa digunakan oleh masyarakat? Perjalanan ini tidak selalu lurus dan penuh dengan hambatan.

Banyak ilmuwan dan peneliti berpikir bahwa teknologi yang baik akan langsung diterima pasar. Namun, kenyataannya tidak sesederhana itu. Perusahaan berbasis teknologi dan sains membutuhkan strategi yang matang, tidak hanya dalam pengembangan produk, tetapi juga dalam memahami kebutuhan pasar, regulasi, serta membangun kepercayaan publik.

2. Tantangan Mendirikan Perusahaan Berbasis Riset

Salah satu tantangan terbesar dalam membangun bisnis berbasis riset adalah *gap* antara penelitian dan kebutuhan industri. Banyak inovasi gagal menembus pasar karena tidak sesuai dengan permintaan industri atau terlalu sulit untuk diterapkan dalam skala besar. Tantangan lainnya termasuk keterbatasan modal, sulitnya mendapatkan dukungan investor, serta kompleksitas regulasi yang harus dipatuhi sebelum produk bisa dipasarkan.

Selain itu, para inovator sering kali menghadapi kendala dalam membangun tim yang tepat. Seorang peneliti mungkin memiliki pemahaman mendalam tentang teknologi yang dikembangkan, tetapi tidak memiliki keahlian dalam manajemen bisnis, pemasaran, atau keuangan. Inilah mengapa kolaborasi antara ilmuwan, pengusaha, dan investor menjadi sangat penting.

3. Menemukan Solusi: Jalan Menuju Keberlanjutan

Meski penuh tantangan, ada berbagai cara untuk menjembatani kesenjangan antara inovasi dan pasar. Salah satunya adalah melalui program inkubasi dan akselerasi bisnis yang dirancang khusus untuk perusahaan berbasis teknologi. Program-

program ini menyediakan mentorship, akses ke jaringan investor, serta bimbingan dalam mengembangkan strategi bisnis yang solid.

Pendekatan lain yang sering berhasil adalah model *spin-off* dari universitas atau pusat riset. Dalam model ini, penelitian yang telah divalidasi dikembangkan lebih lanjut dengan dukungan dari institusi akademik sebelum dilepaskan ke pasar sebagai perusahaan mandiri. Model ini telah terbukti berhasil di berbagai negara maju, di mana universitas berperan aktif dalam mendukung kewirausahaan berbasis sains.

Selain itu, pengembangan strategi pemasaran yang efektif juga menjadi kunci sukses. Produk berbasis teknologi sering kali membutuhkan edukasi pasar sebelum bisa diterima secara luas. Oleh karena itu, membangun narasi yang kuat tentang manfaat teknologi serta menunjukkan dampak nyata kepada calon pengguna menjadi sangat penting.

4. Inspirasi dari Perusahaan Berbasis Riset yang Sukses

Beberapa perusahaan besar saat ini bermula dari inovasi di laboratorium. Tesla, misalnya, lahir dari keinginan untuk menciptakan kendaraan listrik yang efisien, tetapi suksesnya tidak hanya bergantung pada keunggulan teknologi, melainkan juga pada strategi bisnis yang agresif dan inovatif. Contoh lainnya adalah perusahaan-perusahaan bioteknologi yang berhasil membawa riset medis ke dalam industri farmasi dengan pendekatan yang holistik dan berorientasi pasar.

Di Indonesia, ada semakin banyak contoh perusahaan berbasis teknologi yang mulai menembus pasar global. Dari startup di bidang agritech hingga solusi berbasis kecerdasan buatan (AI), kita melihat bagaimana inovasi dapat diubah menjadi bisnis yang berkelanjutan dengan strategi yang tepat.

5. Menyatukan Ilmu dan Bisnis

Mendirikan perusahaan berbasis teknologi dan sains memang tidak mudah, tetapi dengan pendekatan yang tepat, tantangan dapat

diatasi. Kunci utama adalah memahami bahwa riset tidak bisa berdiri sendiri tanpa strategi bisnis yang matang. Kolaborasi antara akademisi, pengusaha, dan investor menjadi fondasi utama dalam membangun ekosistem inovasi yang kuat.

Untuk para inovator, keberanian untuk melangkah keluar dari zona nyaman laboratorium sangatlah penting. Dunia membutuhkan solusi berbasis sains, dan dengan strategi yang tepat, inovasi dapat berkembang menjadi bisnis yang berdampak besar bagi masyarakat dan dunia.

7.3. Peran modal ventura, inkubator, dan akselerator bagi inovasi berbasis akademik.

Dalam era yang ditandai dengan revolusi teknologi dan percepatan inovasi, dunia bisnis telah berubah secara drastis. Model bisnis tradisional yang dulu didominasi oleh aset fisik dan tenaga kerja kini mulai digeser oleh model berbasis ilmu pengetahuan dan teknologi. Inovasi akademik yang lahir dari kampus dan pusat penelitian bukan lagi sekadar wacana akademik, tetapi telah menjadi fondasi bagi banyak perusahaan rintisan yang tumbuh menjadi raksasa industri.

1. Dari Laboratorium ke Pasar

Banyak inovasi sains yang memiliki potensi besar sering kali terkunci di dalam laboratorium dan hanya berakhir dalam jurnal ilmiah atau paten yang tidak dimanfaatkan. Kendala utama bagi para ilmuwan adalah bagaimana mengubah temuan mereka menjadi produk yang dapat digunakan oleh masyarakat luas. Dalam perjalanan dari ide ke pasar, mereka membutuhkan ekosistem yang mendukung, mulai dari pendanaan hingga pembimbingan dalam strategi bisnis.

Di sinilah model bisnis berbasis teknologi dan sains menemukan relevansinya. Model ini tidak hanya mengandalkan keunggulan produk secara teknis, tetapi juga strategi yang mampu membawa inovasi tersebut ke tangan pengguna. Untuk mewujudkan

hal ini, terdapat tiga pilar utama yang memainkan peran krusial: modal ventura, inkubator, dan akselerator.

2. Modal Ventura: Nyawa bagi Inovasi Berisiko Tinggi

Modal ventura telah menjadi kekuatan utama dalam mendukung bisnis berbasis teknologi dan sains. Berbeda dengan perbankan yang cenderung menghindari risiko tinggi, modal ventura justru mencari peluang di sektor-sektor yang belum terbukti, tetapi memiliki potensi besar. Banyak perusahaan raksasa teknologi saat ini—seperti Google, Tesla, dan Moderna—berawal dari suntikan modal ventura yang berani mengambil risiko.

Bagi startup berbasis sains, mendapatkan pendanaan dari modal ventura bukan hanya soal uang. Para investor ini juga membawa jaringan, pengalaman, serta strategi yang dapat membantu inovator memahami dinamika pasar. Mereka sering kali berperan sebagai mentor dan pemandu, membantu perusahaan rintisan dalam memahami bagaimana membangun bisnis yang berkelanjutan.

Namun, mendapatkan pendanaan dari modal ventura bukanlah perkara mudah. Para investor ingin melihat bukti bahwa inovasi tersebut memiliki keunggulan yang sulit ditiru, dapat berkembang dengan cepat, dan memiliki pasar yang cukup besar. Oleh karena itu, ilmuwan dan inovator perlu mampu menceritakan kisah inovasi mereka dalam bahasa bisnis, bukan hanya dalam bahasa ilmiah.

3. Inkubator: Menjembatani Akademisi dengan Dunia Usaha

Banyak akademisi yang memiliki gagasan luar biasa, tetapi menghadapi kesulitan ketika harus mengubahnya menjadi bisnis. Inkubator hadir sebagai solusi dengan menyediakan lingkungan yang kondusif bagi para inovator untuk mengembangkan ide mereka menjadi produk nyata.

Sebuah inkubator biasanya menawarkan berbagai layanan, seperti ruang kerja bersama, akses ke laboratorium, pendampingan bisnis, hingga bantuan dalam mencari pendanaan awal. Di lingkungan ini, ilmuwan tidak hanya berkutat dengan eksperimen,

tetapi juga mulai belajar memahami pasar, regulasi, dan strategi pemasaran.

Inkubator sering kali berafiliasi dengan universitas atau lembaga penelitian, yang memungkinkan adanya transfer teknologi dari akademisi ke dunia industri. Banyak startup teknologi besar bermula dari program inkubasi, di mana mereka mendapatkan bimbingan intensif hingga siap untuk melangkah ke tahap komersialisasi.

4. Akselerator: Mempercepat Pertumbuhan dan Skala Bisnis

Jika inkubator berfokus pada tahap awal pengembangan startup, akselerator hadir untuk mempercepat pertumbuhan bisnis yang sudah memiliki produk awal. Program akselerasi biasanya berlangsung dalam jangka waktu tertentu—misalnya tiga hingga enam bulan—dan memberikan dukungan dalam bentuk pendanaan, pelatihan bisnis, serta akses ke jaringan industri yang luas.

Dalam akselerator, startup diberi tantangan untuk mempercepat validasi pasar, memperbaiki model bisnis, dan mempersiapkan diri untuk mendapatkan pendanaan lebih lanjut. Salah satu contoh akselerator yang sukses adalah Y Combinator, yang telah melahirkan perusahaan-perusahaan teknologi besar seperti Airbnb, Dropbox, dan Reddit.

Di dalam program akselerasi, para inovator tidak hanya didorong untuk berpikir sebagai ilmuwan, tetapi juga sebagai pengusaha. Mereka belajar tentang strategi pertumbuhan, optimasi produk, dan bahkan seni meyakinkan investor dalam presentasi singkat (pitching). Proses ini sering kali melelahkan, tetapi bagi mereka yang berhasil, manfaatnya bisa luar biasa.

5. Membangun Ekosistem yang Mendukung

Tidak semua negara memiliki ekosistem yang mendukung bisnis berbasis sains dan teknologi. Di banyak tempat, birokrasi yang rumit, kurangnya akses ke modal, serta minimnya kesadaran pasar menjadi tantangan bagi para inovator. Oleh karena itu, kolaborasi

antara pemerintah, akademisi, industri, dan investor menjadi sangat penting.

Pemerintah dapat berperan dengan menyediakan kebijakan yang mendukung, seperti insentif pajak bagi startup berbasis teknologi, pendanaan riset yang diarahkan untuk komersialisasi, serta kebijakan yang mempercepat proses perizinan. Sementara itu, universitas perlu membuka diri terhadap industri dan memberikan peluang bagi dosen serta mahasiswa untuk mengembangkan startup berbasis inovasi mereka.

Di sisi lain, investor juga perlu memahami bahwa investasi di sektor ini membutuhkan kesabaran lebih, karena hasilnya sering kali tidak instan. Namun, bagi mereka yang berani mengambil risiko, bisnis berbasis teknologi dan sains menawarkan peluang keuntungan yang sangat besar di masa depan.

6. Dari Ilmuwan ke Pengusaha Teknologi

Model bisnis berbasis teknologi dan sains bukan lagi sekadar konsep, tetapi telah menjadi kenyataan yang mengubah dunia. Inovasi yang lahir dari laboratorium kini dapat menjelma menjadi perusahaan yang berdampak besar pada ekonomi dan kehidupan manusia. Namun, perjalanan dari ide ke pasar tidaklah mudah.

Peran modal ventura, inkubator, dan akselerator sangat krusial dalam membantu ilmuwan dan inovator mengatasi tantangan bisnis. Mereka tidak hanya memberikan pendanaan, tetapi juga bimbingan, jaringan, dan strategi untuk memastikan bahwa inovasi tersebut dapat bertahan dan berkembang di pasar.

Bagi para akademisi yang ingin melihat penemuan mereka berdampak lebih luas, memahami model bisnis berbasis sains adalah langkah awal yang sangat penting. Ilmu pengetahuan tidak boleh hanya berhenti di dalam jurnal dan paten, tetapi harus bergerak maju untuk menjadi solusi nyata bagi masyarakat.

Dan di sinilah letak tantangan sekaligus peluang besar bagi generasi inovator berikutnya: bagaimana mengubah pengetahuan menjadi kekuatan yang membentuk masa depan.

Bagian 4:

Masa Depan Ilmu dan Teknologi Indonesia

Indonesia memiliki potensi besar dalam pengembangan ilmu dan teknologi, terutama karena kekayaan sumber daya alam yang melimpah dan jumlah sumber daya manusia (SDM) yang terus berkembang. Dengan populasi yang besar dan semakin banyaknya lulusan perguruan tinggi di bidang sains dan teknologi, Indonesia seharusnya mampu menjadi pusat inovasi yang kompetitif di tingkat global. Namun, meskipun memiliki potensi yang besar, laju perkembangan ilmu dan teknologi di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan yang perlu segera diatasi agar tidak tertinggal dari negara-negara lain.

Salah satu tantangan utama adalah kurangnya infrastruktur riset yang memadai. Banyak laboratorium di perguruan tinggi dan lembaga penelitian masih menghadapi keterbatasan dalam hal pendanaan, peralatan, serta akses terhadap teknologi mutakhir. Sebagai akibatnya, banyak penelitian yang dilakukan di Indonesia tidak dapat mencapai tingkat lanjut karena keterbatasan fasilitas. Selain itu, akses terhadap bahan baku penelitian, perangkat lunak analisis data, dan jurnal ilmiah internasional juga masih terbatas. Jika infrastruktur riset tidak segera diperbaiki, maka daya saing ilmuwan Indonesia dalam menghasilkan inovasi akan semakin tertinggal dibandingkan negara-negara dengan ekosistem riset yang lebih maju.

Selain itu, kesenjangan antara riset akademik dan industri masih menjadi masalah yang belum terselesaikan. Banyak hasil penelitian dari perguruan tinggi yang berpotensi memberikan manfaat besar bagi industri, tetapi sayangnya tidak diimplementasikan secara nyata. Salah satu penyebabnya adalah kurangnya komunikasi dan sinergi antara universitas dan dunia usaha. Industri sering kali menganggap riset akademik terlalu teoritis dan kurang aplikatif, sementara akademisi menghadapi kendala dalam mendapatkan dukungan dari sektor bisnis. Akibatnya,

banyak hasil penelitian hanya berakhir sebagai publikasi ilmiah tanpa pernah dikomersialisasikan atau diadopsi oleh industri. Jika kolaborasi ini tidak diperbaiki, Indonesia akan terus bergantung pada teknologi asing dan kehilangan peluang untuk membangun industri berbasis inovasi dalam negeri.

Di sisi lain, regulasi dan kebijakan yang ada saat ini masih kurang mendukung percepatan inovasi. Proses birokrasi yang panjang dan berbelit sering kali menghambat para peneliti dan inovator dalam mengembangkan serta memasarkan produk berbasis riset mereka. Perizinan untuk produksi, pengujian, hingga sertifikasi produk berbasis teknologi sering kali membutuhkan waktu yang sangat lama, sehingga banyak inovasi yang akhirnya kehilangan momentum pasar. Selain itu, regulasi terkait hak kekayaan intelektual juga belum optimal dalam melindungi dan memberikan insentif bagi peneliti untuk terus berinovasi. Tanpa adanya reformasi kebijakan yang lebih fleksibel dan pro-inovasi, Indonesia akan kesulitan untuk menciptakan ekosistem riset dan teknologi yang lebih kompetitif.

Tantangan lainnya adalah rendahnya investasi dalam penelitian dan pengembangan (R&D). Hingga saat ini, persentase anggaran riset terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia masih jauh lebih kecil dibandingkan negara-negara maju. Banyak perusahaan swasta di Indonesia yang masih enggan berinvestasi dalam riset dan lebih memilih untuk mengimpor teknologi dari luar negeri. Di sisi lain, pendanaan dari pemerintah juga masih terbatas dan sering kali tidak dialokasikan secara optimal. Padahal, di negara-negara maju, R&D menjadi tulang punggung dalam membangun daya saing industri serta menciptakan produk-produk inovatif yang mampu menembus pasar global. Jika investasi dalam riset dan pengembangan tidak segera ditingkatkan, maka Indonesia akan terus menjadi negara konsumen teknologi daripada produsen.

Untuk menghadapi tantangan-tantangan ini, diperlukan komitmen kuat dari semua pihak, baik pemerintah, akademisi, maupun sektor industri. Infrastruktur riset harus terus ditingkatkan

agar para ilmuwan memiliki fasilitas yang memadai dalam mengembangkan inovasi. Selain itu, perlu dibangun ekosistem yang lebih kondusif bagi kolaborasi antara perguruan tinggi dan dunia usaha agar hasil penelitian dapat lebih cepat diimplementasikan dalam skala industri. Reformasi regulasi yang lebih fleksibel juga sangat dibutuhkan agar inovasi dapat berkembang tanpa hambatan birokrasi yang berlebihan. Di atas semua itu, peningkatan investasi dalam riset dan pengembangan harus menjadi prioritas nasional agar Indonesia dapat benar-benar bersaing dalam era ekonomi berbasis pengetahuan.

Meskipun demikian, peluang besar juga terbuka, terutama dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya inovasi teknologi dalam berbagai sektor, seperti energi terbarukan, pertanian berbasis teknologi, dan teknologi plasma untuk lingkungan serta kesehatan.

Untuk mewujudkan masa depan ilmu dan teknologi yang lebih maju, perguruan tinggi di Indonesia harus mengalami transformasi yang signifikan. Salah satu langkah utama dalam transformasi ini adalah meningkatkan kolaborasi dengan industri. Universitas harus lebih proaktif dalam menjalin kerja sama dengan dunia usaha agar riset yang dilakukan tidak hanya berakhir sebagai publikasi akademik, tetapi juga dapat diimplementasikan dalam dunia industri. Dengan adanya sinergi yang kuat antara perguruan tinggi dan sektor industri, hasil penelitian dapat lebih cepat dihilirisasi dan memberikan manfaat nyata bagi masyarakat serta meningkatkan daya saing teknologi nasional.

Selain itu, perguruan tinggi juga perlu mendorong kewirausahaan berbasis teknologi. Akademisi dan mahasiswa harus diberikan kesempatan serta dukungan untuk tidak hanya menjadi peneliti, tetapi juga inovator dan entrepreneur. Melalui program inkubasi bisnis, pendampingan startup, serta akses terhadap modal ventura, mahasiswa dan dosen dapat mengembangkan hasil riset mereka menjadi produk atau layanan yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Dengan cara ini, kampus dapat menjadi pusat inovasi yang melahirkan berbagai perusahaan berbasis teknologi yang mampu

bersaing di tingkat global.

Tidak kalah penting, pendanaan riset yang berkelanjutan harus menjadi prioritas dalam pengembangan ilmu dan teknologi di Indonesia. Sumber pendanaan tidak hanya bergantung pada anggaran pemerintah, tetapi juga harus melibatkan sektor swasta, lembaga donor, serta venture capital. Dengan adanya skema pendanaan yang lebih variatif dan fleksibel, para peneliti memiliki kesempatan yang lebih besar untuk mengembangkan proyek mereka hingga tahap komersialisasi. Pendanaan yang berkelanjutan juga akan memastikan bahwa riset yang dilakukan tidak terhenti di tengah jalan akibat keterbatasan sumber daya.

Selain itu, pendidikan di perguruan tinggi harus semakin berbasis interdisipliner dan teknologi. Kurikulum harus disesuaikan dengan kebutuhan masa depan, menekankan pendekatan multidisipliner yang menggabungkan berbagai bidang ilmu, seperti fisika plasma, kecerdasan buatan (AI), dan bioteknologi. Dengan pendekatan ini, lulusan perguruan tinggi tidak hanya memiliki keahlian dalam satu bidang tertentu, tetapi juga mampu berpikir secara holistik dan inovatif dalam menyelesaikan berbagai tantangan di dunia nyata. Hal ini akan menghasilkan SDM yang lebih adaptif terhadap perubahan zaman dan mampu menciptakan solusi berbasis teknologi yang lebih kompleks dan efektif.

Mewujudkan Indonesia sebagai Produsen Teknologi: Strategi Menuju Kemandirian Inovasi

Indonesia memiliki potensi besar untuk menjadi produsen teknologi, bukan hanya sebagai konsumen. Dengan jumlah penduduk yang besar, sumber daya alam yang melimpah, serta talenta-talenta muda berbakat di bidang sains dan teknologi, Indonesia seharusnya mampu bertransformasi menjadi negara inovatif yang menghasilkan teknologi sendiri. Namun, untuk mencapai tujuan ini, dibutuhkan strategi yang tepat agar ekosistem inovasi dapat berkembang secara berkelanjutan dan memberikan dampak nyata bagi perekonomian nasional.

Salah satu langkah utama yang harus dilakukan adalah mendorong kebijakan nasional yang mendukung inovasi. Pemerintah perlu menciptakan regulasi yang mempermudah investasi dalam riset dan pengembangan (R&D), baik oleh industri swasta maupun institusi akademik. Insentif fiskal, seperti pengurangan pajak bagi perusahaan yang berinvestasi dalam inovasi, akan menjadi daya tarik bagi industri untuk lebih serius dalam mengembangkan teknologi lokal. Selain itu, kebijakan yang memfasilitasi transfer teknologi dari luar negeri ke dalam negeri juga perlu diperkuat agar industri dalam negeri bisa semakin kompetitif di pasar global.

Selain kebijakan yang mendukung, ekosistem start-up berbasis teknologi juga harus diperkuat agar daya saingnya meningkat. Di banyak negara maju, perusahaan rintisan (start-up) berbasis riset telah menjadi ujung tombak inovasi. Oleh karena itu, Indonesia harus memastikan bahwa start-up yang berorientasi teknologi memiliki akses yang mudah terhadap pendanaan, mentor industri, serta fasilitas laboratorium yang memadai. Dengan adanya dukungan ekosistem yang kondusif, lebih banyak inovator lokal dapat mengembangkan solusi teknologi yang tidak hanya memenuhi kebutuhan domestik, tetapi juga mampu bersaing di kancah internasional.

Lebih jauh, ekosistem riset nasional juga perlu dirancang agar lebih fleksibel dan kompetitif. Saat ini, banyak riset yang dilakukan di perguruan tinggi dan lembaga penelitian masih terhambat oleh birokrasi yang kaku serta keterbatasan akses terhadap pendanaan global. Untuk mengatasi hal ini, Indonesia perlu membuka peluang bagi peneliti dan inovator untuk berkolaborasi secara global, baik dengan universitas, lembaga riset, maupun industri internasional. Dengan adanya fleksibilitas dalam sistem riset, para peneliti dapat lebih mudah mengakses dana hibah dari luar negeri serta mempercepat hilirisasi hasil riset menjadi produk yang dapat dikomersialkan.

Selain itu, pembangunan kawasan teknologi dan science

park juga harus diperbanyak dan dimaksimalkan fungsinya. Science park di berbagai negara telah terbukti menjadi pusat inovasi yang menghubungkan akademisi, industri, dan pemerintah dalam satu ekosistem yang sinergis. Di Indonesia, keberadaan kawasan seperti ini masih terbatas dan sering kali belum didukung dengan infrastruktur serta kebijakan yang optimal. Oleh karena itu, pembangunan kawasan teknologi harus didesain sebagai pusat penelitian dan inkubasi bisnis yang memberikan fasilitas lengkap bagi start-up dan perusahaan berbasis teknologi. Dengan demikian, para inovator memiliki ruang untuk mengembangkan ide, melakukan uji coba produk, hingga membawa inovasinya ke pasar.

Dengan menerapkan strategi-strategi ini secara konsisten, Indonesia dapat beranjak dari sekadar menjadi pasar teknologi menuju negara yang mandiri dalam menciptakan inovasi. Kemandirian teknologi tidak hanya akan meningkatkan daya saing nasional, tetapi juga berkontribusi pada ketahanan ekonomi serta menjadikan Indonesia sebagai pemain utama dalam era revolusi industri 4.0 dan masa depan teknologi global.

Bab 8:

Menuju Indonesia sebagai Negara Berbasis Inovasi

*"Jangan pernah memberitahu orang bagaimana melakukan sesuatu.
Beri tahu mereka apa yang harus dilakukan dan mereka akan
mengejutkanmu dengan kecerdikan mereka."*

- George Patton

8.1. Peta jalan menuju Indonesia berbasis inovasi dan teknologi.

Indonesia memiliki potensi besar untuk menjadi negara berbasis inovasi dan teknologi. Dengan populasi yang besar, sumber daya alam yang melimpah, serta semakin banyaknya talenta muda yang memiliki minat di bidang sains dan teknologi, peluang untuk menjadi bangsa yang mandiri dalam inovasi sangat terbuka lebar. Namun, untuk mewujudkannya, diperlukan strategi yang terstruktur dan konsisten dalam membangun ekosistem inovasi yang kuat serta mendukung pertumbuhan industri berbasis teknologi.

Salah satu langkah awal yang harus dilakukan adalah merancang peta jalan (roadmap) inovasi nasional yang jelas dan berorientasi jangka panjang. Pemerintah perlu menetapkan prioritas dalam bidang-bidang strategis yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan, seperti energi terbarukan, teknologi kesehatan, kecerdasan buatan, hingga manufaktur cerdas. Dengan adanya arah yang jelas, berbagai pemangku kepentingan—baik pemerintah, akademisi, maupun industri—dapat bekerja sama dalam menciptakan inovasi yang memiliki dampak nyata bagi masyarakat dan ekonomi nasional.

Selain memiliki peta jalan yang jelas, ekosistem riset dan pengembangan (R&D) juga perlu diperkuat. Saat ini, Indonesia masih menghadapi tantangan dalam hal pendanaan riset yang relatif kecil dibandingkan dengan negara-negara maju. Oleh karena itu, perlu ada kebijakan yang mendorong investasi lebih besar dalam

penelitian dan pengembangan, baik dari pemerintah maupun sektor swasta. Insentif bagi industri yang berinvestasi dalam riset juga dapat menjadi solusi agar semakin banyak inovasi yang lahir dari kolaborasi antara akademisi dan dunia usaha.

Tidak hanya itu, penguatan industri start-up berbasis teknologi juga menjadi kunci penting. Negara-negara seperti Amerika Serikat, Korea Selatan, dan Tiongkok telah membuktikan bahwa perusahaan rintisan dapat menjadi motor penggerak inovasi. Oleh karena itu, Indonesia perlu membangun ekosistem yang mendukung pertumbuhan start-up, mulai dari kemudahan akses permodalan, pendampingan bisnis, hingga kemitraan dengan perusahaan besar. Dengan ekosistem yang kondusif, start-up teknologi dalam negeri akan semakin berkembang dan dapat bersaing di tingkat global.

Selanjutnya, pembangunan infrastruktur inovasi seperti science park dan kawasan teknologi harus dipercepat. Di berbagai negara maju, science park berfungsi sebagai pusat inovasi yang menghubungkan penelitian akademik dengan dunia industri. Di Indonesia, keberadaan science park masih perlu diperbanyak dan didukung dengan fasilitas yang memadai agar bisa menjadi tempat inkubasi bagi inovasi-inovasi yang berpotensi dikomersialisasikan. Selain itu, kawasan industri berbasis teknologi juga perlu dikembangkan untuk menarik investasi dan mempercepat transfer teknologi.

Lebih dari sekadar infrastruktur dan kebijakan, budaya inovasi juga harus ditanamkan sejak dini. Pendidikan yang menekankan kreativitas, pemecahan masalah, dan kewirausahaan berbasis teknologi harus mulai diterapkan di sekolah-sekolah dan perguruan tinggi. Selain itu, kolaborasi antara dunia pendidikan dan industri juga perlu diperkuat agar lulusan perguruan tinggi tidak hanya menjadi pencari kerja, tetapi juga mampu menciptakan lapangan kerja berbasis inovasi.

Dengan strategi yang terencana dan dukungan dari semua pihak, Indonesia memiliki peluang besar untuk menjadi negara yang

berbasis inovasi dan teknologi. Transformasi ini bukan hanya akan meningkatkan daya saing nasional, tetapi juga membawa Indonesia menuju era ekonomi berbasis pengetahuan yang lebih berkelanjutan dan mandiri.

8.2. Kebijakan yang Diperlukan untuk Mendukung Inovasi

Untuk menjadikan Indonesia sebagai negara berbasis inovasi, kebijakan yang mendukung perkembangan teknologi dan riset harus menjadi prioritas utama. Tanpa regulasi yang jelas dan strategi yang berkesinambungan, inovasi sulit berkembang dan cenderung hanya menjadi proyek jangka pendek. Oleh karena itu, diperlukan kebijakan yang dapat mempercepat pertumbuhan ekosistem inovasi, mulai dari pendanaan riset hingga kemudahan bagi industri dalam mengembangkan teknologi baru.

Salah satu kebijakan penting yang harus diterapkan adalah insentif bagi penelitian dan pengembangan (R&D). Saat ini, investasi dalam R&D di Indonesia masih tergolong rendah dibandingkan dengan negara-negara lain yang telah sukses membangun ekosistem inovasi. Untuk mendorong lebih banyak pihak terlibat dalam riset, pemerintah perlu memberikan insentif pajak bagi perusahaan yang berinvestasi dalam pengembangan teknologi. Selain itu, program hibah riset untuk perguruan tinggi dan institusi penelitian juga harus diperbesar agar semakin banyak inovasi yang bisa dihasilkan dan dikomersialisasikan.

Selain insentif bagi riset, kemudahan regulasi bagi start-up dan perusahaan berbasis teknologi juga sangat diperlukan. Banyak inovasi yang lahir dari start-up berbasis teknologi, namun sayangnya, mereka sering menghadapi berbagai kendala administratif dan perizinan yang rumit. Untuk mempercepat pertumbuhan sektor ini, pemerintah harus menciptakan regulasi yang lebih fleksibel, misalnya dengan mempercepat proses perizinan untuk produk inovatif, serta memberikan perlindungan hukum bagi inovator dan hak kekayaan intelektual mereka. Dengan demikian, lebih banyak wirausahawan teknologi akan terdorong

untuk menciptakan solusi inovatif tanpa terbebani birokrasi yang berbelit.

Tak hanya itu, pembangunan ekosistem inovasi yang terintegrasi juga perlu didorong melalui kebijakan pembangunan kawasan teknologi dan science park. Di banyak negara maju, science park telah terbukti menjadi pusat inovasi yang menghubungkan akademisi, industri, dan pemerintah dalam satu ekosistem yang sinergis. Di Indonesia, keberadaan science park masih perlu diperbanyak dan diperkuat fungsinya agar dapat benar-benar menjadi wadah bagi inovasi berkembang dari tahap penelitian hingga ke pasar. Dengan kebijakan yang mendukung pengembangan kawasan ini, industri berbasis teknologi akan memiliki tempat untuk berkembang, sekaligus mempercepat hilirisasi hasil riset.

Di sisi lain, kebijakan yang memperkuat kolaborasi antara perguruan tinggi, industri, dan pemerintah juga menjadi kunci penting dalam mendukung inovasi. Saat ini, banyak riset yang dilakukan di kampus, namun tidak sampai ke tahap aplikasi karena kurangnya sinergi dengan dunia usaha. Pemerintah perlu menciptakan skema yang memungkinkan perusahaan untuk berinvestasi dalam penelitian yang dilakukan oleh universitas, serta memperkuat peran pusat penelitian dalam menjembatani kebutuhan industri dengan inovasi yang dihasilkan oleh akademisi. Dengan kolaborasi yang lebih erat, riset tidak lagi hanya menjadi sekadar publikasi ilmiah, tetapi juga bisa menghasilkan produk dan teknologi yang bermanfaat bagi masyarakat.

Terakhir, pendidikan juga harus bertransformasi agar lebih mendukung lahirnya generasi inovatif. Kurikulum pendidikan, mulai dari sekolah dasar hingga perguruan tinggi, harus dirancang untuk menumbuhkan pola pikir kreatif, kritis, dan berbasis teknologi. Selain itu, program kewirausahaan berbasis inovasi perlu diperbanyak, sehingga generasi muda tidak hanya siap menjadi tenaga kerja, tetapi juga mampu menciptakan peluang kerja baru melalui inovasi. Dengan kebijakan yang berpihak pada inovasi

dalam pendidikan, Indonesia akan memiliki lebih banyak SDM unggul yang siap membawa perubahan di berbagai sektor.

Dengan menerapkan kebijakan-kebijakan ini secara konsisten, Indonesia bisa membangun fondasi yang kuat untuk menjadi negara berbasis inovasi. Kombinasi antara dukungan regulasi, insentif bagi riset, pembangunan ekosistem inovasi, dan transformasi pendidikan akan mempercepat langkah Indonesia menuju kemandirian teknologi. Jika semua pihak bergerak bersama, bukan tidak mungkin Indonesia bisa menjadi salah satu pemain utama dalam revolusi industri global.

8.3. Peran Akademisi dalam Membangun Bangsa melalui Sains dan Teknologi

Akademisi memiliki peran sentral dalam membangun bangsa melalui sains dan teknologi. Sebagai pencipta pengetahuan dan inovasi, akademisi tidak hanya bertugas melakukan riset, tetapi juga menjadi penghubung antara teori dan penerapan nyata di masyarakat. Dalam ekosistem inovasi, mereka berperan sebagai motor penggerak yang memastikan ilmu pengetahuan berkembang dan memberikan dampak positif bagi pembangunan nasional.

Salah satu peran utama akademisi adalah menghasilkan riset yang relevan dan aplikatif. Penelitian yang dilakukan di perguruan tinggi harus mampu menjawab tantangan yang dihadapi oleh masyarakat dan industri. Misalnya, riset di bidang energi terbarukan dapat membantu mengurangi ketergantungan Indonesia pada bahan bakar fosil, sementara penelitian di sektor kesehatan dapat menghasilkan solusi untuk penyakit tropis yang banyak ditemukan di negara ini. Dengan demikian, riset yang dilakukan akademisi tidak hanya menghasilkan publikasi ilmiah, tetapi juga memiliki nilai guna yang tinggi bagi kemajuan bangsa.

Selain itu, akademisi juga berperan dalam mentransfer ilmu dan teknologi kepada industri. Salah satu tantangan besar dalam ekosistem inovasi di Indonesia adalah kurangnya sinergi antara dunia akademik dan dunia usaha. Banyak hasil riset yang berpotensi

besar, tetapi tidak sampai ke tahap komersialisasi karena minimnya kolaborasi dengan industri. Oleh karena itu, akademisi perlu lebih aktif menjalin kerja sama dengan perusahaan dan pemerintah untuk memastikan bahwa inovasi yang dihasilkan dapat diterapkan dalam skala luas dan berdampak nyata pada perekonomian nasional.

Tak hanya dalam penelitian, akademisi juga memiliki tugas penting dalam mempersiapkan sumber daya manusia yang unggul. Melalui sistem pendidikan yang berkualitas, akademisi membentuk generasi muda agar siap menghadapi tantangan zaman. Kurikulum yang berbasis pada pemecahan masalah, kreativitas, dan kewirausahaan teknologi perlu diperkuat agar lulusan perguruan tinggi tidak hanya siap bekerja, tetapi juga mampu menciptakan solusi inovatif bagi masyarakat. Dengan demikian, akademisi tidak hanya mencetak sarjana, tetapi juga melahirkan inovator yang mampu membawa perubahan.

Di samping itu, akademisi juga memiliki tanggung jawab dalam menyebarluaskan ilmu pengetahuan kepada masyarakat. Melalui berbagai kegiatan seperti seminar, pelatihan, dan publikasi populer, akademisi dapat mengedukasi masyarakat tentang berbagai perkembangan teknologi yang dapat meningkatkan kualitas hidup. Misalnya, akademisi di bidang pertanian dapat membantu petani mengadopsi teknologi pertanian cerdas, sementara peneliti di bidang lingkungan dapat memberikan solusi untuk mengatasi polusi dan perubahan iklim. Dengan keterlibatan aktif akademisi, masyarakat dapat lebih memahami manfaat teknologi dan lebih siap menghadapi era digital.

Terakhir, akademisi juga harus berperan sebagai pemikir strategis dalam perumusan kebijakan nasional. Pemerintah membutuhkan masukan berbasis riset dalam membuat kebijakan yang berkelanjutan dan berbasis pada data ilmiah. Akademisi dapat berkontribusi dalam memberikan rekomendasi kebijakan di berbagai bidang, seperti energi, kesehatan, industri, dan pendidikan. Dengan keterlibatan akademisi dalam proses pengambilan keputusan, kebijakan yang dihasilkan akan lebih efektif dan

berbasis pada kebutuhan nyata bangsa.

Dengan berbagai peran ini, akademisi memiliki kontribusi besar dalam membangun Indonesia sebagai negara berbasis inovasi. Melalui riset yang aplikatif, kolaborasi dengan industri, pengembangan sumber daya manusia, edukasi masyarakat, dan kontribusi dalam kebijakan, akademisi dapat menjadi pilar utama dalam percepatan transformasi bangsa menuju masa depan yang lebih maju. Jika peran ini terus diperkuat, bukan tidak mungkin Indonesia akan menjadi negara yang mandiri dalam sains dan teknologi, serta mampu bersaing di kancah global.

Bab 9:

Membangun Ketahanan Teknologi di Era Pascapandemi

“Kemajuan teknologi didasarkan bagaimana membuatnya cocok sehingga anda tidak benar-benar menyadarinya, hingga menjadi bagian keseharian dalam hidup”

- Bill Gates, Inovator

9.1. Ketahanan teknologi untuk menghadapi tantangan global ke depan.

Pandemi COVID-19 telah mengajarkan dunia bahwa ketahanan teknologi bukan sekadar keunggulan, tetapi sebuah kebutuhan. Krisis global ini memaksa masyarakat, industri, dan pemerintah untuk beradaptasi dengan cepat, menunjukkan betapa pentingnya teknologi dalam menjaga keberlanjutan kehidupan. Dari sistem kesehatan berbasis kecerdasan buatan hingga platform kerja jarak jauh, peran teknologi semakin dominan dalam berbagai sektor. Namun, seiring dengan berakhirnya pandemi, muncul tantangan baru: bagaimana memastikan ketahanan teknologi di masa depan?

Pertama, ketahanan teknologi harus dibangun di atas fondasi inovasi yang berkelanjutan. Pandemi mempercepat perkembangan berbagai solusi digital, seperti layanan berbasis cloud, Internet of Things (IoT), dan kecerdasan buatan. Namun, tanpa inovasi yang berkelanjutan, kemajuan ini bisa mandek atau bahkan tertinggal. Oleh karena itu, investasi dalam riset dan pengembangan harus terus ditingkatkan agar teknologi dapat merespons tantangan baru, mulai dari perubahan iklim hingga krisis energi.

Selain itu, ketahanan teknologi juga sangat bergantung pada infrastruktur digital yang tangguh. Pandemi menunjukkan bahwa konektivitas adalah tulang punggung aktivitas ekonomi dan sosial. Negara yang memiliki akses internet yang stabil dan cepat mampu beradaptasi lebih baik dibandingkan negara dengan infrastruktur digital yang lemah. Maka dari itu, pemerataan akses digital menjadi

agenda penting agar tidak ada kesenjangan dalam pemanfaatan teknologi, terutama bagi masyarakat di daerah terpencil.

Di sisi lain, keamanan siber menjadi faktor krusial dalam membangun ketahanan teknologi. Seiring dengan meningkatnya penggunaan teknologi digital, ancaman siber juga semakin kompleks. Serangan ransomware, kebocoran data, dan disinformasi menjadi tantangan besar bagi individu, perusahaan, dan pemerintah. Oleh karena itu, sistem keamanan siber harus diperkuat melalui kebijakan yang ketat, edukasi masyarakat tentang keamanan digital, serta kolaborasi antarnegara dalam menghadapi ancaman siber global.

Selain aspek teknis, faktor manusia juga tidak boleh diabaikan. Ketahanan teknologi tidak hanya soal perangkat keras dan perangkat lunak, tetapi juga tentang kesiapan sumber daya manusia dalam mengadopsi dan mengembangkan teknologi. Oleh sebab itu, peningkatan keterampilan digital menjadi keharusan. Program pelatihan dan pendidikan harus dirancang agar masyarakat tidak hanya menjadi pengguna teknologi, tetapi juga mampu menciptakan dan mengelolanya secara mandiri.

Lebih jauh lagi, kolaborasi menjadi kunci dalam memperkuat ketahanan teknologi. Tidak ada satu negara atau institusi pun yang mampu bertahan sendirian di era digital. Kolaborasi antara pemerintah, akademisi, dan industri perlu diperkuat agar tercipta ekosistem inovasi yang solid. Model kerja sama ini telah terbukti sukses dalam pengembangan vaksin COVID-19, yang melibatkan banyak pihak dalam waktu singkat. Hal serupa dapat diterapkan dalam pengembangan solusi teknologi lainnya.

Pada akhirnya, ketahanan teknologi bukanlah sesuatu yang bisa dibangun dalam semalam. Ini adalah proses berkelanjutan yang membutuhkan visi jangka panjang, kebijakan yang adaptif, serta partisipasi aktif dari seluruh elemen masyarakat. Jika dikelola dengan baik, teknologi tidak hanya menjadi alat untuk bertahan di tengah krisis, tetapi juga menjadi pendorong utama bagi kemajuan peradaban di masa depan.

9.2. Bagaimana teknologi seperti plasma, ozonisasi, dan AI dapat mendukung masa depan industri.

Pandemi telah mengajarkan dunia bahwa ketahanan industri tidak hanya bergantung pada sumber daya manusia dan rantai pasok yang stabil, tetapi juga pada kemampuan teknologi dalam menghadapi tantangan global. Dalam menghadapi krisis kesehatan, perubahan iklim, dan disrupsi ekonomi, inovasi menjadi kunci utama agar industri tetap beradaptasi. Teknologi seperti plasma, ozonisasi, dan kecerdasan buatan (AI) kini bukan hanya sekadar alat bantu, tetapi juga fondasi bagi masa depan industri yang lebih tangguh dan berkelanjutan.

Salah satu teknologi yang semakin mendapat perhatian di era pascapandemi adalah plasma dingin. Teknologi ini telah menunjukkan potensi besar dalam berbagai sektor, mulai dari kesehatan hingga pertanian. Kemampuannya dalam menonaktifkan mikroorganisme berbahaya tanpa merusak bahan yang terkena paparan menjadikannya solusi inovatif untuk berbagai tantangan industri. Dengan kemajuan penelitian dan pengembangannya, plasma dingin kini menjadi salah satu teknologi yang layak dipertimbangkan untuk meningkatkan kualitas hidup manusia secara lebih luas.

Dalam dunia kesehatan, plasma dingin telah menjadi alat sterilisasi yang efektif dan ramah lingkungan. Dibandingkan dengan metode sterilisasi konvensional yang sering kali menggunakan bahan kimia atau panas tinggi, plasma dingin mampu menonaktifkan virus, bakteri, dan jamur dengan cara yang lebih cepat dan tanpa meninggalkan residu berbahaya. Oleh karena itu, rumah sakit dan fasilitas medis mulai mengadopsi teknologi ini untuk mensterilkan alat-alat bedah, permukaan ruangan, bahkan luka pasien. Tak hanya itu, dalam pengobatan, plasma dingin juga telah dikembangkan untuk mempercepat penyembuhan luka kronis dan luka bakar, karena efeknya yang dapat merangsang regenerasi sel tanpa efek samping yang merugikan.

Selain kesehatan, industri pangan juga merasakan manfaat

besar dari plasma dingin. Teknologi ini digunakan untuk memperpanjang umur simpan produk tanpa mengubah rasa, tekstur, atau nilai gizinya. Misalnya, buah-buahan dan sayuran yang telah diproses dengan plasma dingin memiliki daya tahan lebih lama terhadap pembusukan karena bakteri dan jamur penyebab kerusakan telah dieliminasi. Hal ini memberikan keuntungan bagi produsen makanan dalam mengurangi limbah pangan dan meningkatkan kualitas produk yang sampai ke tangan konsumen. Bahkan, dalam proses pengolahan daging dan produk susu, plasma dingin mampu mengurangi risiko kontaminasi tanpa perlu tambahan bahan pengawet kimia, sehingga makanan menjadi lebih sehat dan aman dikonsumsi.

Tak hanya di bidang kesehatan dan pangan, plasma dingin juga berperan penting dalam sektor pertanian. Salah satu tantangan utama dalam pertanian modern adalah serangan hama dan penyakit yang dapat merusak hasil panen dalam waktu singkat. Metode perlindungan tanaman yang umum digunakan saat ini masih bergantung pada pestisida kimia, yang tidak hanya mahal tetapi juga berisiko mencemari lingkungan. Di sinilah plasma dingin menawarkan solusi yang lebih ramah lingkungan. Dengan memaparkan benih atau tanaman muda ke plasma dingin, daya tahan tanaman terhadap hama dan penyakit dapat ditingkatkan secara alami, sehingga penggunaan pestisida bisa dikurangi.

Lebih lanjut, teknologi plasma dingin juga berkontribusi dalam meningkatkan efisiensi pemanfaatan air dan pupuk di bidang pertanian. Proses plasma dapat mengaktifkan molekul air dan mengubah struktur nutrisi dalam tanah sehingga lebih mudah diserap oleh tanaman. Akibatnya, hasil panen menjadi lebih optimal dengan penggunaan sumber daya yang lebih efisien. Inovasi ini sangat relevan terutama di wilayah yang menghadapi tantangan kekeringan dan degradasi lahan pertanian akibat perubahan iklim.

Meskipun potensinya besar, tantangan dalam adopsi teknologi ini masih ada. Biaya investasi awal dan pemahaman yang masih terbatas tentang aplikasi plasma dingin menjadi hambatan

utama. Oleh karena itu, diperlukan sinergi antara akademisi, industri, dan pemerintah untuk mempercepat riset serta penerapan teknologi ini di berbagai sektor. Dengan dukungan yang tepat, plasma dingin dapat menjadi solusi masa depan yang tidak hanya meningkatkan ketahanan industri, tetapi juga menjaga kesehatan manusia dan kelestarian lingkungan.

Di era pascapandemi, dunia membutuhkan inovasi yang tidak hanya efektif tetapi juga berkelanjutan. Plasma dingin adalah salah satu teknologi yang mampu menjawab tantangan ini, memberikan solusi yang lebih bersih, aman, dan efisien dalam berbagai aspek kehidupan. Dengan terus berkembangnya penelitian dan penerapan di industri, masa depan plasma dingin terlihat semakin menjanjikan—membantu membangun ketahanan teknologi di dunia yang terus berubah.

Seiring dengan itu, ozonisasi juga menjadi teknologi unggulan dalam menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan aman. Ozon dikenal sebagai agen oksidasi yang sangat kuat, mampu menonaktifkan mikroorganisme berbahaya serta menguraikan zat kimia beracun dalam air dan udara. Di sektor industri, teknologi ozonisasi telah digunakan untuk meningkatkan keamanan pangan, memperpanjang masa simpan produk hortikultura, serta mengurangi penggunaan bahan kimia dalam proses sterilisasi. Bahkan, dalam pengolahan limbah medis dan domestik, ozonisasi telah terbukti sebagai metode yang lebih ramah lingkungan dibandingkan teknik konvensional.

Namun, perkembangan teknologi tidak berhenti di situ. Kecerdasan buatan (AI) semakin mempercepat transformasi industri dengan otomatisasi dan analisis data yang lebih cerdas. AI membantu meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi limbah, dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Dalam industri kesehatan, misalnya, AI telah digunakan untuk menganalisis citra medis guna mendeteksi penyakit lebih awal, sementara dalam industri manufaktur, AI membantu merancang sistem produksi yang lebih adaptif terhadap perubahan pasar.

Dengan AI, industri dapat merespons tantangan lebih cepat dan mengoptimalkan sumber daya yang ada.

Meskipun teknologi telah membawa banyak manfaat, tantangan tetap ada. Salah satunya adalah kesiapan industri dalam mengadopsi inovasi ini. Banyak perusahaan masih menghadapi kendala dalam hal investasi awal, integrasi teknologi, serta kebutuhan akan tenaga kerja yang terampil. Oleh karena itu, dibutuhkan kolaborasi antara akademisi, industri, dan pemerintah untuk menciptakan ekosistem inovasi yang mendukung penerapan teknologi secara luas.

Ke depan, membangun ketahanan industri di era pascapandemi tidak hanya berarti kembali ke kondisi normal, tetapi juga menciptakan paradigma baru dalam cara kita bekerja, berproduksi, dan berinovasi. Dengan menggabungkan teknologi seperti plasma, ozonisasi, dan AI, industri tidak hanya akan bertahan, tetapi juga berkembang lebih maju dan berkelanjutan. Inovasi bukan lagi pilihan, melainkan kebutuhan untuk menghadapi masa depan yang penuh ketidakpastian dengan lebih percaya diri.

9.3. Harapan bagi ilmuwan dan inovator muda di Indonesia.

Pandemi COVID-19 telah menjadi pengingat bahwa sains dan inovasi bukan sekadar aktivitas laboratorium atau tulisan akademik, tetapi juga penentu ketahanan sebuah bangsa. Di saat dunia terguncang oleh krisis kesehatan, teknologi hadir sebagai penyelamat—dari pengembangan vaksin hingga digitalisasi layanan publik. Kini, ketika dunia memasuki era pascapandemi, Indonesia menghadapi tantangan baru: bagaimana memastikan ketahanan teknologi yang berkelanjutan dan membuka peluang lebih besar bagi ilmuwan serta inovator muda.

1. Mengubah Krisis Menjadi Peluang

Di tengah ketidakpastian global, ilmuwan dan inovator muda di Indonesia memiliki peran strategis dalam membangun ekosistem teknologi yang tangguh. Pandemi telah membuktikan

bahwa keterbatasan dapat menjadi pemicu inovasi. Misalnya, banyak riset lokal yang sebelumnya kurang mendapat perhatian kini berkembang pesat karena urgensi situasi. Ventilator produksi dalam negeri, teknologi desinfeksi berbasis plasma, serta platform digital kesehatan menjadi bukti bahwa kreativitas dan keberanian berinovasi adalah kunci dalam menghadapi tantangan besar. Oleh karena itu, masa depan bukan hanya milik mereka yang sekadar cerdas, tetapi juga yang berani mengambil risiko dan beradaptasi dengan perubahan.

2. Mendorong Kemandirian Teknologi

Namun, tantangan terbesar yang masih dihadapi adalah ketergantungan pada teknologi impor. Banyak komponen utama dalam industri teknologi dan riset masih berasal dari luar negeri, yang sering kali menghambat produksi serta pengembangan dalam negeri. Untuk itu, generasi ilmuwan muda harus lebih berani mengeksplorasi potensi lokal, baik dalam pengembangan material, energi terbarukan, maupun kecerdasan buatan. Dengan adanya kebijakan pemerintah yang semakin mendukung riset independen serta startup berbasis teknologi, kini adalah waktu yang tepat untuk meneguhkan kemandirian teknologi Indonesia.

3. Membangun Jembatan antara Akademisi dan Industri

Selanjutnya, inovasi tidak boleh hanya berhenti di laboratorium atau jurnal ilmiah. Salah satu tantangan terbesar bagi ilmuwan muda adalah bagaimana mengubah ide menjadi produk nyata yang berdampak luas. Di sinilah pentingnya kolaborasi antara akademisi dan industri. Dengan membangun jembatan yang kuat antara riset dan kebutuhan pasar, inovasi akan lebih cepat berkembang dan memiliki daya saing global. Selain itu, pengusaha dan investor juga perlu didorong untuk lebih terbuka terhadap hasil riset lokal agar inovasi tidak hanya menjadi sekadar prototipe, tetapi benar-benar bisa diimplementasikan.

4. Mengembangkan Mentalitas Pemenang

Lebih dari sekadar dukungan kebijakan dan pendanaan, ketahanan teknologi juga ditentukan oleh mentalitas para inovatornya. Ilmuwan muda Indonesia harus memiliki keberanian untuk keluar dari zona nyaman, belajar dari kegagalan, dan terus beradaptasi dengan perkembangan global. Jika Jepang dan Korea Selatan bisa membangun ekosistem teknologi yang kuat dalam beberapa dekade, maka Indonesia juga memiliki potensi yang sama—asal memiliki mentalitas pemenang yang tidak mudah menyerah.

5. Harapan bagi Generasi Muda

Era pascapandemi bukanlah akhir dari krisis, melainkan awal dari babak baru bagi dunia teknologi. Ilmuwan dan inovator muda Indonesia memiliki peluang besar untuk membawa perubahan, asalkan mereka siap menghadapi tantangan dengan semangat pantang menyerah. Dengan mengubah krisis menjadi peluang, mendorong kemandirian teknologi, memperkuat sinergi dengan industri, dan mengembangkan mentalitas yang tangguh, masa depan teknologi Indonesia akan lebih cerah. Kini, pertanyaannya bukan lagi *apakah kita bisa bersaing?*, tetapi *seberapa jauh kita ingin melangkah?*

Bab 10.

Penutup & Rekomendasi

“Teknologi bukanlah apa-apa. Hal yang penting adalah kamu memiliki keyakinan terhadap orang lain, dimana mereka pada dasarnya baik dan pintar, dan jika kamu memberikan mereka peralatan, mereka akan melakukan hal yang menakjubkan dengan alat-alat itu”

- Steve Jobs

10.1. Kesimpulan dari perjalanan membangun ekosistem inovasi.

Perjalanan membangun ekosistem inovasi bukanlah jalan yang lurus dan mulus. Sebaliknya, ia penuh dengan tantangan, pembelajaran, dan titik balik yang membentuk arah perkembangan. Dari sekadar gagasan hingga menjadi solusi nyata yang diterapkan di dunia industri dan masyarakat, proses ini mengajarkan bahwa inovasi bukan hanya soal teknologi, tetapi juga tentang bagaimana membangun ekosistem yang mendukung pertumbuhan berkelanjutan.

Pada awalnya, inovasi sering dianggap sebagai hasil kerja individu yang brilian. Namun, seiring waktu, menjadi jelas bahwa inovasi yang berdampak luas tidak bisa berdiri sendiri. Kolaborasi menjadi kunci. Dengan membangun jejaring antara akademisi, industri, dan pemerintah, sebuah inovasi bisa berkembang dari sekadar konsep menjadi solusi yang bisa diadopsi secara luas. Oleh karena itu, membangun ekosistem inovasi berarti menciptakan sinergi antara berbagai pemangku kepentingan agar inovasi tidak hanya lahir, tetapi juga tumbuh dan berkelanjutan.

Selain kolaborasi, faktor lain yang tidak kalah penting adalah keberanian untuk beradaptasi. Tidak semua ide langsung berhasil saat pertama kali diterapkan. Banyak inovasi harus melewati tahapan uji coba, evaluasi, bahkan kegagalan sebelum

menemukan bentuk yang tepat. Dalam hal ini, fleksibilitas dalam menghadapi perubahan serta keberanian untuk mencoba pendekatan baru menjadi elemen penting dalam ekosistem inovasi yang tangguh.

Selanjutnya, aspek komersialisasi juga menjadi tantangan tersendiri. Inovasi yang hebat tidak selalu langsung diterima pasar. Oleh sebab itu, pendekatan strategis dalam mengenalkan dan membangun kepercayaan terhadap teknologi baru sangat diperlukan. Edukasi pasar, uji coba di skala industri, serta dukungan regulasi yang jelas menjadi faktor yang menentukan apakah inovasi bisa benar-benar diadopsi secara luas atau tidak.

Berdasarkan perjalanan panjang ini, ada beberapa rekomendasi yang bisa menjadi panduan bagi siapa saja yang ingin membangun ekosistem inovasi. Pertama, penting untuk membangun komunitas inovator yang aktif, di mana berbagi ide dan pengalaman menjadi budaya yang kuat. Kedua, perlu ada dukungan dari kebijakan yang mendorong kolaborasi antara perguruan tinggi, industri, dan pemerintah. Ketiga, kesiapan untuk menghadapi perubahan dan kegagalan harus menjadi bagian dari mentalitas inovator, karena justru dari kegagalan itulah inovasi sejati dapat lahir.

Pada akhirnya, inovasi bukan sekadar tentang menemukan sesuatu yang baru, tetapi juga tentang bagaimana menciptakan dampak nyata bagi masyarakat. Membangun ekosistem inovasi adalah perjalanan panjang yang membutuhkan komitmen, keberanian, dan kerja sama. Dengan pemahaman ini, kita dapat terus mendorong lahirnya inovasi yang tidak hanya mengubah industri, tetapi juga membawa manfaat yang lebih luas bagi dunia.

10.2. Langkah konkret bagi akademisi, pemerintah, dan industri.

Inovasi dan pengembangan teknologi telah menjadi tulang punggung kemajuan dalam berbagai bidang, mulai dari kesehatan, lingkungan, hingga industri. Namun, keberhasilan sebuah inovasi

tidak hanya ditentukan oleh kehebatan teknologi itu sendiri, tetapi juga oleh bagaimana teknologi tersebut diterima dan diterapkan di masyarakat. Untuk mencapai hal ini, diperlukan sinergi antara akademisi, pemerintah, dan industri dalam membangun ekosistem inovasi yang kuat dan berkelanjutan.

Bagi akademisi, peran utama mereka tidak hanya sebatas menghasilkan penelitian dan publikasi ilmiah. Lebih dari itu, akademisi harus mampu menjembatani ilmu pengetahuan dengan kebutuhan nyata di lapangan. Penelitian yang aplikatif dan berbasis masalah menjadi kunci agar inovasi tidak hanya berhenti di laboratorium, tetapi benar-benar dapat diadopsi oleh masyarakat dan industri. Selain itu, kolaborasi lintas disiplin dan kemitraan dengan sektor lain harus semakin diperkuat agar hasil riset memiliki dampak yang lebih luas.

Di sisi lain, pemerintah memiliki tanggung jawab dalam menciptakan regulasi dan kebijakan yang mendukung inovasi. Regulasi yang jelas dan berpihak pada pengembangan teknologi akan mendorong para inovator untuk terus berkarya tanpa terhambat oleh birokrasi yang rumit. Selain itu, pemerintah juga perlu menyediakan insentif, baik dalam bentuk pendanaan riset, program inkubasi, maupun kemudahan perizinan bagi startup dan perusahaan berbasis teknologi. Dengan demikian, inovasi dapat berkembang lebih cepat dan memberikan manfaat nyata bagi masyarakat.

Sementara itu, industri sebagai pihak yang memiliki peran dalam implementasi dan komersialisasi inovasi harus lebih terbuka terhadap perkembangan teknologi. Kerja sama dengan akademisi dalam bentuk riset bersama atau uji coba produk dapat menjadi langkah strategis dalam mengurangi risiko penerapan teknologi baru. Selain itu, industri juga dapat berperan dalam mempercepat hilirisasi inovasi dengan membangun ekosistem bisnis yang mendukung, termasuk membangun rantai pasok yang kuat dan memberikan akses pasar bagi produk-produk inovatif.

Pada akhirnya, keberlanjutan sebuah inovasi tidak bisa

bertumpu pada satu pihak saja. Diperlukan sinergi antara akademisi sebagai pencipta ilmu, pemerintah sebagai fasilitator kebijakan, dan industri sebagai penggerak penerapan teknologi. Dengan kolaborasi yang erat, inovasi tidak hanya menjadi konsep di atas kertas, tetapi benar-benar dapat diimplementasikan dan memberikan dampak nyata bagi masyarakat serta kemajuan bangsa.

Salah satu teknologi yang terlihat keberhasilannya dan berasal dari inovasi perguruan tinggi oleh ilmuwan Indonesia adalah teknologi plasma ozon. Teknologi ozon telah menunjukkan potensi luar biasa dalam meningkatkan kualitas dan ketahanan produk hortikultura. Dari berbagai penelitian dan implementasi yang telah dilakukan, jelas bahwa pemanfaatan ozon dalam rantai pasok pangan tidak hanya menjanjikan peningkatan masa simpan tetapi juga keamanan konsumsi yang lebih baik. Namun, untuk memastikan adopsi teknologi ini secara luas, perlu ada sinergi antara akademisi, pemerintah, dan industri.

Pertama, bagi akademisi, penelitian tentang teknologi ozon harus terus dikembangkan. Masih banyak aspek yang perlu dieksplorasi, seperti optimalisasi dosis ozon untuk berbagai jenis produk, dampaknya terhadap kandungan nutrisi, serta metode integrasi dengan teknologi penyimpanan lainnya. Selain itu, akademisi juga berperan penting dalam menyebarluaskan hasil penelitian kepada masyarakat dan industri melalui publikasi ilmiah, seminar, serta pelatihan berbasis komunitas.

Selanjutnya, pemerintah memiliki peran strategis dalam mendorong pemanfaatan teknologi ozon melalui regulasi yang mendukung dan insentif bagi industri. Standarisasi penggunaan ozon untuk pangan perlu diperjelas agar pelaku usaha tidak ragu dalam mengadopsinya. Selain itu, skema subsidi atau insentif pajak bagi usaha yang menerapkan teknologi hijau seperti ozonasi dapat menjadi pemicu adopsi lebih luas di sektor pertanian dan perdagangan.

Di sisi lain, industri sebagai pengguna utama teknologi ini harus lebih proaktif dalam mengimplementasikan hasil riset ke

dalam operasional bisnis mereka. Investasi dalam teknologi ozon bukan hanya sekedar meningkatkan efisiensi penyimpanan, tetapi juga membuka peluang pasar yang lebih luas, terutama untuk produk ekspor yang menuntut standar kualitas tinggi. Kolaborasi dengan akademisi dan dukungan dari pemerintah akan mempercepat proses ini, memastikan bahwa inovasi benar-benar dapat diterapkan dalam skala industri yang lebih besar.

Pada akhirnya, keberhasilan adopsi teknologi ozon dalam sektor pangan sangat bergantung pada kolaborasi yang erat antara tiga pilar utama: akademisi sebagai pencipta ilmu, pemerintah sebagai regulator, dan industri sebagai penggerak utama penerapan teknologi. Dengan kerja sama yang solid, kita dapat memastikan bahwa teknologi ini tidak hanya menjadi inovasi laboratorium, tetapi benar-benar memberikan dampak nyata bagi ketahanan pangan, keberlanjutan lingkungan, dan peningkatan daya saing industri hortikultura Indonesia di kancah global.

10.3. Ajakan bertindak untuk para ilmuwan dan inovator Indonesia.

Ilmu pengetahuan dan inovasi adalah dua sisi mata uang yang tak terpisahkan. Di satu sisi, ilmu pengetahuan mengungkap kebenaran tentang alam semesta, sementara di sisi lain, inovasi menerjemahkan pengetahuan itu menjadi solusi nyata bagi masyarakat. Indonesia, sebagai negara dengan kekayaan sumber daya alam dan manusia yang melimpah, memiliki potensi besar untuk menjadi pusat inovasi global. Namun, potensi ini hanya akan menjadi wacana jika tidak diiringi dengan tindakan nyata.

Oleh karena itu, langkah pertama yang harus kita ambil adalah **mengubah pola pikir**. Ilmuwan Indonesia harus berani melampaui batasan akademik yang sering kali terlalu teoritis. Dunia tak hanya membutuhkan pengetahuan, tetapi juga penerapannya. Setiap riset yang dilakukan harus memiliki orientasi yang jelas: apakah akan berkontribusi dalam pengembangan industri, kebijakan publik, atau peningkatan kualitas hidup masyarakat?

Selain itu, kolaborasi harus diperkuat. Zaman telah berubah, dan inovasi tak lagi bisa berjalan sendiri-sendiri. Dosen, mahasiswa, peneliti, dan pelaku industri perlu bersinergi dalam ekosistem yang saling mendukung. Kampus tidak boleh menjadi menara gading, melainkan harus menjadi pusat keunggulan yang menjawab tantangan zaman. Jika Jepang bisa membangun industri berbasis riset, mengapa Indonesia tidak?

Kemudian, peran pemerintah dan dunia usaha juga tak boleh diabaikan. Dukungan regulasi, insentif, serta keberanian industri dalam mengadopsi teknologi dalam negeri adalah faktor kunci. Ilmuwan tidak bisa berjuang sendirian. Kebijakan yang mendukung hilirisasi riset harus diperkuat, agar inovasi tidak berhenti di laboratorium, melainkan sampai ke tangan masyarakat.

Selanjutnya, budaya kegagalan harus diubah. Terlalu sering kita takut mencoba karena khawatir gagal. Padahal, di balik setiap kegagalan ada pembelajaran yang membawa kita lebih dekat ke keberhasilan. Inovasi bukan tentang menciptakan sesuatu yang sempurna dalam sekali percobaan, melainkan tentang terus memperbaiki dan menyempurnakan.

Terakhir, kita semua harus memiliki visi besar. Ilmuwan Indonesia harus mulai berpikir jauh ke depan, tidak hanya mengikuti tren, tetapi menciptakan tren. Teknologi ozonasi, kecerdasan buatan, energi terbarukan, bioteknologi—semuanya adalah ladang subur bagi masa depan Indonesia. Jika kita tidak mulai sekarang, kapan lagi?

Sebagai penutup, mari kita bersama-sama membangun ekosistem inovasi yang lebih kuat. Menjadi ilmuwan bukan sekadar gelar, tetapi tanggung jawab. Ilmu pengetahuan bukan sekadar alat, tetapi komitmen untuk membawa perubahan. Masa depan ada di tangan kita—mari kita ciptakan!

DAFTAR PUSTAKA

BAB 1

- Agarwal, S., Punj, N. S., Sonbhadra, S. K., Tanveer, M., & Nagabhushan, P. (2020). "Unleashing the power of disruptive and emerging technologies amid COVID-19: A detailed review." arXiv preprint arXiv:2005.11507.
- Heinrich, T., & Yang, J. (2022). "Innovation in times of COVID-19." arXiv preprint arXiv:2212.14159.
- Universitas Riau. (2020). "Penerapan Inovasi dan Teknologi pada Masa Pandemi COVID-19." Universitas Riau.
- Universitas Gadjah Mada. (2022). "Pandemi COVID-19 dan Dampaknya Terhadap Ekonomi Digital." Fakultas Ekonomika dan Bisnis UGM.
- Institut Teknologi Bandung. (2020). "Dampak Positif Pandemi COVID-19 Bagi Akselerasi Transformasi Digital." Institut Teknologi Bandung.
- Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. (2020). "Pandemi COVID-19 Pacu Inovasi Teknologi Layanan Kesehatan." Direktorat Jenderal Aplikasi Informatika.
- Lemhannas RI. (2022). "FGD Tentang Adaptasi Teknologi dan Inovasi Guna Menghadapi Krisis Global." Lemhannas RI.
- Universitas Indonesia. (2020). "Kolaborasi & Pemanfaatan Teknologi, Kunci Tangani Krisis Iklim Dunia." Universitas Indonesia.
- Aulya, G. N., & Asikin, M. (2020). "Dampak Pandemi COVID-19 terhadap Sistem Pembelajaran Daring." Jurnal Cahaya Mandalika, 2(1), 1-10.
- Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia. (2008). "Puncak Peringatan Hari Kebangkitan Teknologi Nasional ke-13." Kementerian Sekretariat Negara RI.

BAB 2

- Hamdani, N. A. (2023). "Innovation Development of Small Business in Indonesia." *Journal of Eastern European and Central Asian Research*, 10(1), 151-161.
- Cadeddu, S., Donovan, J., Topple, T., de Waal, G., & Masli, E. (2020). *Frugal Innovation and the New Product Development Process: Insights from Indonesia*. Routledge.
- Asian Development Bank. (2020). *Innovate Indonesia: Unlocking Growth through Technological Transformation*.
- Hidayat, R. (2023). "Cultural Innovation in Indonesia as a Development of the Creative Economy." *Jurnal Ekonomi, Bisnis & Entrepreneurship*, 18(1), 87-99.
- Parhusip, H. A. (2017). "Innovating Mathematics by Research Approaches in Indonesia from Middle Schools to Undergraduates." *arXiv preprint arXiv:1711.04630*.
- Wijayanti, R., Berliana, N. G., Nadhiroh, I. M., Aminullah, E., Kusnandar, Fizzanty, T., Handayani, T., Rahmaida, R., Laili, N., Kusbiantono, & Handoko, L. T. (2012). "The Correlation between Structural Capital and Innovation in Indonesian Manufacturing Industry." *arXiv preprint arXiv:1207.6428*.
- Lewis, B., Patunru, A., & Sparrow, R. (Eds.). (2023). *Bulletin of Indonesian Economic Studies*. Taylor & Francis.
- Hidayat, R. (2023). "Public Sector Innovation in Local Government and Its Impact on Development Performance: Evidence from Indonesia." *Journal of Public Administration Research and Theory*, 33(1), 45-62.
- Suyanto, M. (2023). *Directing of Oscar Winners and Box Office*. Andi Yogyakarta.
- Putra, B. (2006). *Planet Digital: Maneuver CDMA di Indonesia*. Logicom Publications

BAB 3

- Bey Machmudin. (2023). *"KIJB 2023 Ciptakan Ekosistem Berkelanjutan."* Jabarprov.go.id. Diakses dari <https://jabarprov.go.id>.
- Bappeda DKI Jakarta. (2023). *"Bincang Riset dan Inovasi: Pengarusutamaan dan Pembangunan Ekosistem Riset dalam Penyusunan Kebijakan Publik di Jakarta."* Bappeda.jakarta.go.id. Diakses dari <https://bappeda.jakarta.go.id>.
- CNBC Indonesia. (2023). *"Menciptakan Ekosistem Berkelanjutan bagi Cendekia-Wirausaha."* CNBCIndonesia.com. Diakses dari <https://www.cnbcindonesia.com>.
- Ceklis Satu. (2023). *"Beyond Rankings: Membangun Ekosistem Inovasi Indonesia yang Berdaulat."* CeklisSatu.com. Diakses dari <https://ceklissatu.com>.
- Geti Indonesia. (2023). *"Bisnis Digital: Membangun Ekosistem Berkelanjutan dan Inovatif."* Geti.id. Diakses dari <https://geti.id>.
- Kompasiana. (2023). *"Inovasi Berkelanjutan untuk Ekosistem Digital Pendidikan yang Relevan."* Kompasiana.com. Diakses dari <https://www.kompasiana.com>.
- Widina Management. (2023). *"Fokus, Cara Kerja, dan Prinsip Membangun Ekosistem Inovasi."* Widinamanagement.com. Diakses dari <https://widinamanagement.com>.
- Wiradinata, M. A., & Malik, A. (2024). "Inovasi dan Teknologi untuk Mendukung Pembangunan Ekonomi Berkelanjutan di Era Digital Indonesia." *Jurnal Media Akademik*, 2(12).
- Bangsawan, G. (2024). "Peran Inovasi Berkelanjutan dalam Transformasi Ekonomi Kepulauan yang Inklusif." *Jurnal Archipelago*, 3(1), 41-54.
- Andriyati, Y., & Zulaikha, S. (2024). "Membangun Startups Incubator untuk Membentuk Ekosistem Startups yang Inovatif dan Kompetitif." *Journal Economic Excellence Ibnu Sina*, 2(4), 176-189.

- Wardani, D. K., & Apriani, D. (2023). "Strategi Keberlanjutan Inovasi Daerah di Kota Bandung." *Matra Pembaruan*, 7(2), 125-135.
- Yawson, R. M. (2021). "The Ecological System of Innovation: A New Architectural Framework for a Functional Evidence-Based Platform for Science and Innovation Policy." *arXiv preprint arXiv:2106.15479*.
- Misra, S., & Wilson, D. (2023). "Thriving Innovation Ecosystems: Synergy Among Stakeholders, Tools, and People." *arXiv preprint arXiv:2307.04263*.

BAB 4

- Saefuddin, A. (2014). "Perguruan Tinggi, Peran Pemerintah dan Pengembangan Blue Economy." *Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan*, 1(3), 135-142.
- Kusharto, C. M. (2017). "Peran Perguruan Tinggi dalam Menghasilkan Inovasi dan Inovasi Produktif Menuju Pembangunan Berkelanjutan: Catatan dari Berbagai Sumber." *Institut Pertanian Bogor*.
- Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. (2021). "Inovasi Perguruan Tinggi Kunci Kemajuan Bangsa." *Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia*.
- Badan Riset dan Inovasi Nasional. (2024). "Peran Penting Perguruan Tinggi dalam Mengembangkan Inovasi untuk Akselerasi." *Kompas.com*.
- Universitas Katolik Parahyangan. (2019). "Pentingnya Peran Perguruan Tinggi dalam Pengembangan Ristek Nasional." *unpar.ac.id*.
- Universitas Pendidikan Indonesia. (2023). "Merdeka Belajar, Kampus Merdeka: Mendorong Inovasi dan Kolaborasi dalam Pendidikan Tinggi." *dit-mawa.upi.edu*.
- Badan Riset dan Inovasi Nasional. (2024). "Peran Perguruan Tinggi, Penggerak Utama Pengembangan Inovasi." *brin.go.id*.

BAB 5

- Etzkowitz, H. (2000).** "The Dynamics of Innovation: From National Systems and 'Mode 2' to a Triple Helix of University–Industry–Government Relations." *Research Policy*, 29(2), 109-123. Artikel ini membahas model Triple Helix yang menggambarkan interaksi antara universitas, industri, dan pemerintah dalam mendorong inovasi. Model ini relevan untuk memahami bagaimana negara-negara seperti Korea Selatan dan China mengembangkan ekosistem inovasi mereka.
- Eun, J.-H., Lee, K., & Wu, G. (2006).** "Explaining the 'University-run Enterprises' in China: Origins, Drivers and Growth." *World Development*, 34(7), 1181-1193. Penelitian ini mengulas fenomena perusahaan yang didirikan dan dijalankan oleh universitas di China, yang dikenal sebagai "university-run enterprises." Studi ini memberikan wawasan tentang bagaimana universitas di China berperan langsung dalam komersialisasi hasil penelitian mereka.
- Chen, K., & Kenney, M. (2007).** "Universities/Research Institutes and Regional Innovation Systems: The Cases of Beijing and Shenzhen." *World Development*, 35(6), 1056-1074. Artikel ini membahas peran universitas dan institusi penelitian dalam sistem inovasi regional di China, dengan fokus pada Beijing dan Shenzhen. Studi ini menyoroti bagaimana kolaborasi antara akademisi dan industri mendorong komersialisasi teknologi.
- Ministry of Knowledge Economy. (2008).** "Korea's Industrial Development Policy: Past, Present and Future." *Government of South Korea*. Publikasi ini memberikan gambaran tentang kebijakan pengembangan industri Korea Selatan, termasuk strategi untuk mendorong inovasi dan komersialisasi teknologi melalui kolaborasi antara universitas, industri, dan pemerintah.

- Small and Medium Business Administration. (2009).** "SME Policy of Korea." *Government of South Korea*. Dokumen ini menjelaskan kebijakan Korea Selatan dalam mendukung usaha kecil dan menengah (UKM), termasuk inisiatif untuk mendorong spin-off akademik dan komersialisasi hasil penelitian.
- Ma, W. (2007).** "The University of Tokyo: The Challenges of Remaining a Top Research University." *Asia Pacific Education Review*, 8(3), 448-457. Artikel ini membahas tantangan yang dihadapi oleh Universitas Tokyo dalam mempertahankan posisinya sebagai universitas riset terkemuka, termasuk upaya dalam mendorong komersialisasi teknologi dan spin-off akademik.
- Kroll, H., & Liefner, I. (2008).** "Spin-off Enterprises as a Means of Technology Commercialization in a Transforming Economy—Evidence from Three Universities in China." *Technovation*, 28(5), 298-313. Penelitian ini mengeksplorasi peran spin-off universitas sebagai sarana komersialisasi teknologi di China, dengan studi kasus dari tiga universitas terkemuka.
- Odagiri, H., & Goto, A. (1996).** "Technology and Industrial Development in Japan: Building Capabilities by Learning, Innovation, and Public Policy." *Oxford University Press*. Buku ini mengulas perkembangan teknologi dan industri di Jepang, termasuk peran kebijakan publik dan pembelajaran dalam mendorong inovasi dan komersialisasi teknologi.
- Shim, J. (1998).** "The Korean Economic System: Governments, Big Business and Financial Institutions." *Ashgate Publishing*. Buku ini membahas sistem ekonomi Korea Selatan, termasuk peran pemerintah, konglomerat besar, dan institusi keuangan dalam mendorong inovasi dan komersialisasi teknologi.
- World Bank. (2000).** "China's Management of Enterprise Assets: The State as Shareholder." *World Bank Publications*.

Laporan ini menganalisis bagaimana China mengelola aset perusahaan milik negara, termasuk strategi untuk mendorong spin-off akademik dan komersialisasi teknologi.

BAB 6

- Grant, A. M. (2016). *Originals: How Non-Conformists Move the World*. Viking. Buku ini membahas bagaimana individu-individu yang berpikir kreatif dan non-konformis dapat mempengaruhi dunia dengan ide-ide inovatif mereka.
- Nyaribo, W. M. (2014). "Factors Influencing Research Productivity in Kenyan Universities." *International Journal of Education and Research*, 2(6), 1-14. Artikel ini meneliti faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas penelitian di universitas-universitas Kenya, termasuk kebijakan manajemen, bimbingan peneliti senior, seminar penelitian, dan beban kerja.
- Zimmerer, T. W. (1996). *Entrepreneurship and New Venture Formation*. Prentice Hall. Buku ini menguraikan konsep kewirausahaan, termasuk penerapan kreativitas dan inovasi untuk memecahkan masalah dan memanfaatkan peluang yang dihadapi setiap hari.
- Suttmeier, R. P., Cao, C., & Simon, D. F. (2006). "China's Innovation Challenge and the Remaking of the Chinese Academy of Sciences." *Innovation*, 4(1-2), 101-128.
- Gao, X., & Xu, J. (2011). "The Status Quo of Independent Innovation Researches of Enterprise and Analysis Therefore: Based on Five Perspectives." *Science Research Management*, 32(2), 1-9.
- Lazonick, W. (2004). "Indigenous Innovation and Economic Development: Lessons from China's Leap into the Information Age." *Industry and Innovation*, 11(4), 273-297.
- Nian, L. Y. (2000). "National Innovation System: A New Analytical Framework." *Studies of Science of Science*, 18(4), 71-75.

Lai, K. P. Y. (2013). "Systems of Innovation: Case Study on How Traditional Chinese Medicine Build Knowledge and Capability through Collaborations." PhD thesis, University of Manchester.

BAB 7

Etzkowitz, H. (2017). "The Triple Helix: University–Industry–Government Innovation and Entrepreneurship." *Studies in Science of Science*, 25(4), 71-80.

Wang, R., & Mao, K. (2023). "How does bank competition affect trade-mode transformation? Evidence from Chinese export enterprises." *Journal of Multinational Financial Management*, 100825.

Zhou, Z., & Li, Z. (2023). "Corporate digital transformation and trade credit financing." *Journal of Business Research*, 160, 113793.

Gao, J., Siddik, A. B., Abbas, S. K., Hamayun, M., Masukujjaman, M., & Alam, S. S. (2023). "Impact of E-commerce and digital marketing adoption on the financial and sustainability performance of MSMEs during the COVID-19 pandemic: An empirical study." *Sustainability*, 15(2), 1594.

Amiri, A. M., Kushwaha, B. P., & Singh, R. (2023). "Visualisation of global research trends and future research directions of digital marketing in small and medium enterprises using bibliometric analysis." *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 30(3), 621-641.

Hervé, A., Schmitt, C., & Baldegger, R. (2021). "Digitalization, Entrepreneurial Orientation & Internationalization of Micro-, Small-, and Medium-Sized Enterprises." *Technology Innovation Management Review*, 11(2), 16-25.

Le Dinh, T., Vu, M. C., & Ayayi, A. (2018). "Towards a Living Lab for Promoting the Digital Entrepreneurship Process." *International Journal of Entrepreneurship*, 22(1), 1-17.

- Kitsios, F., & Kamariotou, M. (2022). "Digital Innovation and Entrepreneurship Transformation through Open Data Hackathons: Design Strategies for Successful Start-up Settings." *International Journal of Information Management*, 62, 102433.
- Guo, Y., Wang, L., & Chen, Y. (2020). "Green Entrepreneurial Orientation and Green Innovation: The Mediating Effect of Supply Chain Learning." *SAGE Open*, 10(1), 2158244019898798.
- Kumar, S. A. N., & Vinay, K. B. (2011). "Technology Business Incubators – India's Rejuvenating Scenario in Entrepreneurship Development." *Journal of Information, Knowledge and Research in Business Management and Administration*, 1(2), 9-14.

BAB 8

- Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional (2020). "Rencana Induk Pemajuan Iptek dan Inovasi Nasional 2020-2045."
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia (2018). "Making Indonesia 4.0: Peta Jalan Indonesia dalam Menghadapi Revolusi Industri Keempat."
- Badan Riset dan Inovasi Nasional (2022). "Merancang Peta Jalan Riset dan Inovasi."
- Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia (2020). "Peta Jalan 'Indonesia Digital Nation' untuk Mewujudkan Birokrasi Digital."
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2024). "Peta Jalan Transformasi Teknologi Kesehatan."
- Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia (2021). "Peta Jalan Indonesia Digital untuk Mendukung Generasi Muda Menjadi Game Changer di Era Digital."
- Badan Riset dan Inovasi Nasional (2024). "Peran Perguruan Tinggi: Penggerak Utama Pengembangan Inovasi."

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia (2023). "Membangun Techno Park di Perguruan Tinggi: Menghubungkan Pendidikan dan Inovasi Teknologi."

Kementerian Koordinator Bidang Pembangunan Manusia dan Kebudayaan Republik Indonesia (2025). "Optimalisasi Sistem Produksi Ilmu Pengetahuan melalui Pengembangan Ekosistem Riset."

Otoritas Jasa Keuangan (2024). "Peta Jalan Pengembangan dan Penguatan Inovasi Teknologi Sektor Keuangan, Aset Keuangan Digital, dan Aset Kripto 2024-2028."

BAB 9

Agarwal, S., Pun, N. S., Sonbhadra, S. K., Tanveer, M., Nagabhushan, P., Soundra Pandian, K. K., & Saxena, P. (2020). "Unleashing the Power of Disruptive and Emerging Technologies amid COVID-19: A Detailed Review." *arXiv preprint arXiv:2005.11507*. Artikel ini membahas bagaimana teknologi disruptif dan emerging dapat digunakan untuk mengatasi tantangan yang muncul selama pandemi COVID-19 dan pentingnya membangun ketahanan teknologi untuk masa depan.

Nur, M. (2021). "Teknologi Plasma Ozon: Penyimpanan Pasca Panen Hortikultura." *mf.fsm.undip.ac.id*. Artikel ini menjelaskan penerapan teknologi plasma ozon dalam penyimpanan produk hortikultura pascapanen untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam industri pertanian.

GITS.ID. (2024). "Penerapan AI dalam Mengurangi Limbah Manufaktur." *gits.id*. Artikel ini membahas bagaimana penerapan kecerdasan buatan dalam industri manufaktur dapat membantu mengurangi limbah dan meningkatkan efisiensi produksi.

- Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia. (2021). "Akselerasi Transformasi Digital dan Pemulihan Ekonomi." *setneg.go.id*. Artikel ini menyoroti pentingnya transformasi digital dalam pemulihan ekonomi pascapandemi dan peluang bagi inovator muda untuk berkontribusi dalam pengembangan teknologi di Indonesia.
- Lembaga Ketahanan Nasional Republik Indonesia. (2022). "Disrupsi Teknologi Pasca Pandemi Covid-19." *lemhannas.go.id*. Artikel ini membahas dampak disrupsi teknologi setelah pandemi dan pentingnya peran ilmuwan serta inovator muda dalam menghadapi tantangan global ke depan.

BAB 10

- Fontana, A. (2015). "Membangun Ekosistem Inovasi Indonesia." *Diskusi Panel Inovasi Nasional*. Artikel ini membahas pentingnya kolaborasi antara pemerintah, akademisi, dan industri dalam membangun ekosistem inovasi yang berkelanjutan di Indonesia.
- Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. (2024). "Making Indonesia 4.0: Langkah Menuju Era Digital dan Otomatisasi." *komdigi.go.id*. Artikel ini menguraikan program-program unggulan seperti pelatihan dan pendidikan yang dapat diadopsi oleh akademisi, pemerintah, dan industri untuk mendorong transformasi digital dan otomatisasi di Indonesia.
- Pemerintah Kota Kendal. (2024). "Peran Pemerintah dan Masyarakat dalam Mendorong Inovasi Teknologi di Desa." *gondoharum.kendalkab.go.id*. Artikel ini menyoroti langkah-langkah konkret yang dapat diambil oleh pemerintah dan masyarakat, seperti pemberian insentif dan penyediaan infrastruktur, untuk mendorong inovasi teknologi di tingkat desa.

- Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia. (2021). "Akselerasi Transformasi Digital dan Pemulihan Ekonomi." *setneg.go.id*. Artikel ini menekankan pentingnya peran ilmuwan dan inovator dalam mempercepat transformasi digital dan pemulihan ekonomi Indonesia pascapandemi.
- Lembaga Ketahanan Nasional Republik Indonesia. (2022). "Disrupsi Teknologi Pasca Pandemi Covid-19." *lemhannas.go.id*. Artikel ini mengajak para ilmuwan dan inovator untuk beradaptasi dengan disrupsi teknologi yang terjadi setelah pandemi dan berkontribusi dalam pembangunan nasional.

RIWAYAT SINGKAT PENULIS

Prof. Dr. Muhammad Nur, DEA adalah seorang fisikawan plasma terkemuka di Indonesia yang aktif dalam penelitian dan inovasi teknologi plasma. Saat ini, beliau mengelola Center for Plasma Research di Universitas Diponegoro dan telah berkontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi ozonasi untuk berbagai aplikasi, termasuk pengolahan air limbah, penyimpanan hortikultura, dan bidang medis.

Beliau menyelesaikan pendidikan Sarjana (S1) di Universitas Gadjah Mada, Indonesia, dalam bidang fisika. Setelah itu, beliau melanjutkan studi ke jenjang Magister (DEA) dan Doktor (Ph.D.) di Université Joseph Fourier, Grenoble, Prancis, dengan fokus penelitian dalam bidang fisika plasma.

Selain sebagai akademisi dan peneliti, Prof. Muhammad Nur juga pernah menjabat sebagai Dekan Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro dan Wakil Rektor Bidang Kerjasama dan Pengembangan, serta memegang berbagai posisi strategis lainnya di universitas. Dalam perannya sebagai pejabat akademik, beliau turut mendorong penguatan riset dan inovasi di bidang fisika dan teknologi plasma.

Sebagai seorang inovator, beliau mendirikan Spinoff Business PT Dipo Technology, yang berfokus pada penerapan teknologi ozon untuk meningkatkan daya tahan dan keamanan pangan. Berbagai hasil penelitian dan inovasinya telah mendapatkan pengakuan luas, baik di tingkat nasional maupun internasional, serta menghasilkan publikasi ilmiah dan paten.

Beliau juga berperan dalam membimbing mahasiswa dan dosen dalam mengembangkan karier akademik dan kewirausahaan berbasis inovasi. Saat ini, Prof. Muhammad Nur terus mengembangkan pendekatan interdisipliner dalam penerapan teknologi plasma untuk keberlanjutan dan kesejahteraan masyarakat.

Pandemi COVID-19 bukan sekadar krisis kesehatan global, tetapi juga pemicu percepatan inovasi di berbagai bidang. Buku ini membahas bagaimana pandemi mengubah lanskap ilmu pengetahuan dan teknologi serta peran akademisi, ilmuwan, dan inovator dalam membangun ketahanan teknologi untuk masa depan.

Dunia menyaksikan percepatan riset, seperti pengembangan vaksin mRNA, adopsi telemedicine, dan digitalisasi bisnis melalui AI, cloud computing, dan blockchain. Perguruan tinggi beradaptasi dengan pembelajaran daring, sementara inovasi seperti teknologi ozonisasi untuk pangan dan nano-micro bubble ozone dalam pengolahan air berkembang sebagai solusi pascapandemi.

Ekosistem inovasi yang kuat memerlukan sinergi akademisi, industri, dan pemerintah melalui Triple Helix Model. Kebijakan yang mendukung riset, keberanian industri dalam investasi teknologi, serta universitas yang berorientasi pada hilirisasi produk menjadi kunci sukses. Model ekosistem inovasi dari Silicon Valley dan Polygone Scientifique diangkat sebagai contoh yang bisa diadaptasi untuk mempercepat perkembangan teknologi di Indonesia.

Buku ini juga menyoroti pentingnya kewirausahaan berbasis sains dan teknologi. Peran modal ventura, inkubator, dan akselerator menjadi krusial agar inovasi tidak berhenti di laboratorium tetapi bisa dikomersialisasikan. Studi kasus teknologi plasma, ozonisasi, dan AI di Indonesia memberikan gambaran nyata tentang penerapan inovasi dalam skala industri.

Bagian akhir buku ini mengulas peta jalan Indonesia menuju negara berbasis inovasi, termasuk kebijakan strategis dan reformasi pendidikan sains serta teknologi. Rekomendasi konkret diberikan bagi akademisi, industri, dan pemerintah untuk memperkuat ekosistem inovasi guna menjadikan Indonesia pusat sains dan teknologi di Asia.

Buku ini bukan sekadar analisis dampak pandemi, tetapi juga panduan praktis bagi dosen, ilmuwan, dan inovator yang ingin membangun masa depan berbasis inovasi.

Penyuntingan oleh
UPT PERPUSTAKAAN DAN
UNDIP PRESS

**UNDIP
PRESS**



Komplek Kampus Pusat UNDIP,
Jalan. Prof. Sudarto, S.H., Tembalang,
Kota Semarang

