



PENDIDIKAN, SAINS, DAN TEKNOLOGI INDONESIA MASA DEPAN

Kontribusi ITB untuk Bangsa

Penulis

Irwandy Arif, Djoko Santoso, Akhmaloka, I Nyoman P. Aryantha,
Bambang Riyanto Trilaksono, Tati Latifah Erawati Rajab,
Kadarsah Suryadi, Sigit Puji Santosa, Ade Sjafruddin

Editor

Edy Tri Baskoro, Benyamin Sapiie, Mindriany Syafila,
Wika Maulany Fatimah



Pendidikan, Sains, dan Teknologi
Indonesia Masa Depan
Kontribusi ITB untuk Bangsa

**Pendidikan, Sains, dan Teknologi
Indonesia Masa Depan**
Kontribusi ITB untuk Bangsa

Editor
Edy Tri Baskoro, dkk.

Penulis
Irwandy Arif, dkk.



Hak cipta © pada penulis dan dilindungi Undang-Undang

Hak penerbitan pada ITB Press

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh bagian dari buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit.

*Pendidikan, Sains, dan Teknologi Indonesia Masa Depan:
Kontribusi ITB untuk Bangsa*

Editor	: Edy Tri Baskoro Benyamin Sapiie Mindriany Syafila Wika Maulany Fatimah
Penulis	: Irwandy Arif Djoko Santoso Akhmaloka I Nyoman P. Aryantha Bambang Riyanto Trilaksono Tati Latifah Erawati Rajab Kadarsah Suryadi Sigit Puji Santosa Ade Sjafruddin
Editor bahasa	: Rina Lestari
Desainer	: Ripky
Cetakan I	: 2024
ISBN	: 978-623-297-525-5
e-ISBN	: 978-623-297-526-2 (PDF)



● Gedung STP ITB, Lantai 1,
Jl. Ganesa No. 15F Bandung 40132
📞 +62 22 20469057
🌐 www.itbpress.id
✉️ office@itbpress.id
Anggota Ikapi No. 043/JBA/92
APPTI No. 005.062.1.10.2018

Kata Pengantar

Awal tahun 2024 ini merupakan momentum yang sangat penting dan menentukan bagi bangsa Indonesia untuk memilih pemimpin nasional terbaiknya melalui Pemilu 2024 untuk memimpin Indonesia lima tahun mendatang. Kita sebagai warga negara turut terpanggil untuk menyuksekan Pemilu ini. Kita semua sangat berharap bahwa Pemilu 2024 ini dapat berlangsung dengan baik, jujur, adil, serta bermartabat. Hanya dengan Pemilu bermartabat dan berkualitas yang akan menghasilkan pemimpin bangsa yang amanah untuk membawa Indonesia menuju Indonesia Emas 2045.

Siapapun yang menjadi presiden RI 2024-2029 akan menghadapi tantangan yang tidak mudah dalam mengantarkan Indonesia menjadi negara yang maju, berdaulat, kuat, dan menjadi salah satu negara yang berpendapatan tinggi dengan masyarakat yang sejahtera, adil, dan makmur.

Forum Guru Besar (FGB) ITB dalam menjalankan tugas dan tanggungjawabnya merasa terpanggil untuk memberikan sumbangsih pemikiran dalam menghadapi tantangan-tantangan tersebut. Berkennaan dengan hal itu, FGB ITB menyelenggarakan webinar **Kontribusi ITB untuk Bangsa** (dalam dua seri: 17 dan 24 Januari 2024), dengan tema tentang **Tantangan dan Peluang untuk Menuju Indonesia Emas**, yang dimaksudkan untuk menyampaikan pemikiran FGB ITB kepada Calon Presiden RI 2024. Webinar seri pertama (17 Januari 2024) memberikan fokus pada bidang energi, *carbon capture*, pendidikan, teknologi informasi dan ketahanan pangan. Sedangkan, pada seri kedua (24 Januari 2024), kita berikan fokus pembahasan pada bidang teknologi kesehatan, teknologi transportasi, sistem transporasi publik dan SDM (entrepreneurship).

Buku ini merupakan buah rekomendasi pemikiran FGB ITB yang disampaikan dalam penyelenggaraan kedua Seri Webinar tersebut. Kita berharap bahwa pemikiran dan sumbangsih FGB ITB ini dapat dijadikan pertimbangan dalam menyusun program kerja Presiden RI 2024-2029.

Kami mengucapkan banyak terima kasih kepada Komisi III FGB ITB "Solusi Permasalahan Bangsa" yang diketuai oleh Prof. Ir. Benyamin Sapiie, Ph.D. atas terselenggaranya acara webinar tersebut. Kami juga memberikan apresiasi yang tinggi kepada para pembicara: Prof. Irwandy Arif (Guru Besar Purnabakti FTTM ITB), Prof. Djoko Santoso (Guru Besar Emeritus FTTM ITB), Prof. Akhmaloka (Guru Besar FMIPA ITB), Prof. Bambang Riyanto Trilaksono (Guru Besar STEI ITB), Prof. I Nyoman Pugeg Aryantha (Guru Besar SITH ITB), Prof. Dr. Ir. Tati Latifah Erawati Rajab (STEI ITB), Dr. Ir. Sigit Puji Santosa, MSME., Sc.D. (FTMD ITB), Prof. Dr. Ir. Kadarsah Suryadi, DEA (FTI ITB), dan Prof. Ir. Ade Sjafruddin, M.Sc., Ph.D. (FTSL ITB) atas perkenannya untuk berbagi ilmu dan pemikiran yang kami yakin akan banyak memberikan manfaat bagi masyarakat dan bangsa.

Bandung, 26 Juli 2024

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	v
1 Prof. Dr. Ir. Irwandy Arif, M.Sc. Ketahanan Energi Batubara dan Mineral di Indonesia	1
1.1. Pendahuluan: Kondisi Global dan Komitmen Indonesia.....	2
1.2. Ketahanan Energi Mineral	9
2 Prof (Em ITB). Dr. Ir. Djoko Santoso, M.Sc. Pemanfaatan Teknologi CCS/CCUS untuk Mencapai <i>Net Zero Emission (NZE)</i>	13
2.1. Pendahuluan: <i>Prosperityvs. Sustainability</i>	14
2.2. Upaya Pengurangan Emisi CO ₂	16
2.3. Penggunaan CCS/CCUS.....	18
3 Prof. Akhmaloka, Ph.D. Arah Kebijakan Pendidikan Tinggi Indonesia	25
3.1. Pendahuluan: Cita-Cita Indonesia Emas Tahun 2045	26
3.2. Kondisi Nasional Sumber Daya Manusia Indonesia ..	26
3.3. Rekomendasi untuk Pendidikan Tinggi di Indonesia .	31
4 Prof. I Nyoman P. Aryantha Program Pangan Berbasis Biorenik	33
4.1. Pendahuluan: Kondisi Ketahanan Pangan Indonesia	34
4.2. Usulan Fokus Peningkatan Ketahanan Pangan Indonesia.....	36
4.3. Potensi Pangan Indonesia	37
5 Prof Dr.Ir. Bambang Riyanto Trilaksono. Membangun Kemandirian Teknologi Digital dan AI dalam Mendukung Akselerasi Transformasi Digital Indonesia	43
5.1. Pendahuluan: <i>Digital Competitiveness</i> & <i>AI Readiness Index</i>	44
5.2. Teknologi AI dan Evolusinya	46
5.3. Rekomendasi.....	52
5.4. Inovasi ITB dalam Teknologi Digital & AI.....	56

6	Prof. Dr. Ir. Tati Latifah Erawati Rajab Tantangan Bidang Kesehatan Menuju Indonesia Emas	57
6.1.	Pendahuluan: Penyelenggaraan Layanan Kesehatan Masyarakat.....	58
6.2.	Kondisi Kesehatan di Indonesia dan Tantangannya ..	58
6.3.	Pengembangan Produk Biomedika di Lingkungan ITB.....	64
7	Prof. Dr. Ir. Kadarsah Suryadi., DEA Membangun Ekosistem Entrepreneurship Untuk Mendukung Kemajuan Ekonomi Bangsa	69
7.1.	Pendahuluan: <i>Global Trends</i> dan Kondisi Indonesia ..	70
7.2.	Rekomendasi.....	73
8	Dr. Ir. Sigit Puji Santosa, MSME, Sc.D. Mobilitas Masa Depan Untuk Indonesia Emas 2045	79
8.1.	Pendahuluan: Visi Indonesia Emas 2045 Bidang Transportasi	80
8.2.	Visi Indonesia di Bidang Transportasi	81
8.3.	Isu Bidang Transportasi	82
8.4.	Rekomendasi Solusi	83
9	Prof. Ir. Ade Sjafruddin, M.Sc., Ph.D. Membangun Sistem Transportasi Umum Berkelanjutan	93
9.1.	Pendahuluan: Transportasi Umum di Indonesia	94
9.2.	<i>Stakeholders</i> Angkutan Umum Indonesia	96
9.3.	Perencanaan Transportasi Umum	97
9.4.	<i>Sustainable Transport System and Sustainable Mobility</i>	99
9.5.	Kondisi Transportasi Indonesia dan Dunia Berdasarkan Indeks	102
9.6.	Paradigma Penyelenggaraan Transportasi Abad 21	104
9.7.	<i>A Roadmap to Sustainable Urban Transport System</i> ...	107
9.8.	Catatan Penutup	108
10	Sesi diskusi	111
10.1.	Webinar 17 Januari 2024.....	112
10.2.	Webinar 24 Januari 2024.....	122

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Sumber daya dan cadangan batubara Indonesia	2
Gambar 1.2	Produksi batubara nasional 2020-2024	3
Gambar 1.3	Peta jalan pengembangan dan penggunaan batubara ...	6
Gambar 1.4	Skenario <i>Net Zero Emission</i> (NZE): Proyeksi produksi batubara, ekspor, dan konsumsi domestik 2022-2030-2060.....	8
Gambar 1.5	Pengembangan ekosistem industri baterai kendaraan listrik	9
Gambar 1.6	Potensi aplikasi dari mineral kritis	10
Gambar 1.7	Sumberdaya dan cadangan beberapa mineral kritis	11
Gambar 2.1	Mempromosikan keseimbangan antara kesejahteraan dan keberlanjutan lingkung-an	15
Gambar 2.2	Persentasi sumber energi pembangkit tenaga listrik di Indonesia	16
Gambar 2.3	Persentase sektor penghasil emisi di Indonesia	17
Gambar 2.4	Skematik contoh aplikasi CCS/CCUS	19
Gambar 2.5	Proyek CCS/CCUS di Indonesia	21
Gambar 2.6	Contoh CO ₂ hub di sekitar PLTU Indramayu (290 MW) ..	21
Gambar 2.7	Peta hasil studi kapasitas penyimpanan CO ₂ pada <i>aquifer saline</i> di Asia Tenggara (Maret 2023)	22
Gambar 2.8	Hasil estimasi studi Jogmec di Asia Tenggara	22
Gambar 2.9	Skenario produksi listrik dari pembangkit listrik yang dilengkapi dengan <i>carbon capture</i>	23
Gambar 2.10	Peran CCUS dalam mereduksi emisi dalam sektor energi dalam <i>Sustainable Development Scenario</i>	23
Gambar 3.1	Kondisi bonus demografi dan kualifikasi pendidikan SDM Indonesia	27
Gambar 3.2	Kondisi pertumbuhan ekonomi dan kekuatan industri Indonesia.....	28
Gambar 3.3	Kondisi pendidikan tinggi: disparitas kuantitas dan kualitas perguruan tinggi.....	29
Gambar 3.4	Rekomendasi: diferensiasi misi perguruan tinggi di Indonesia.....	31

Gambar 4.1	Impor pangan berbasis tumbuhan tahun 2020	34
Gambar 4.2	Impor pangan berbasis hewan tahun 2020	34
Gambar 5.1	Kecepatan internet Indonesia dibandingkan dengan dunia dan Uni Emirat Arab	44
Gambar 5.2	Proyeksi ekonomi digital negara-negara ASEAN	45
Gambar 5.3	Analisis SWOT lingkungan digital Indonesia	45
Gambar 5.4	Evolusi teknologi kecerdasan buatan (AI)	47
Gambar 5.5	Strategi nasional AI	48
Gambar 5.6	<i>ICT service chain</i> dan <i>archetype</i>	50
Gambar 5.7	<i>embedded system</i>	51
Gambar 5.8	Jaringan komunikasi (<i>communication networks</i>)	51
Gambar 5.9	Aspek pengembangan teknologi digital	52
Gambar 6.1	Tele-EKG	65
Gambar 6.2	NIVA	65
Gambar 6.3	ELISA Reader	66
Gambar 6.4	Eksoskeleton dan tangan bionik dari Mira Project	67
Gambar 7.1	Elemen kunci untuk mengembangkan ekosistem kewirausahaan	73
Gambar 8.1	Visi Indonesia tahun 2045 untuk bidang transportasi ..	81
Gambar 8.2	Data keamanan transportasi: perbandingan antara Eropa, AS, dan Indonesia	83
Gambar 8.3	Kesiapan EV merah putih	86
Gambar 8.4	Kajian kesiapan KLO Indonesia	88
Gambar 8.5	Kesiapan regulasi tram otonom	88
Gambar 8.6	Kajian pemanfaatan <i>drone logistic</i>	90
Gambar 9.1	<i>Stakeholders</i> transportasi umum	96
Gambar 9.2	Kebutuhan asesmen multikriteria untuk perencanaan transportasi umum	98
Gambar 9.3	Sistem transportasi berkelanjutan	100
Gambar 9.4	Luaran ekonomi dan sosial dari transportasi yang berkelanjutan	100
Gambar 9.5	Indikator SUTI (<i>Sustainable Urban Transport Index</i>) ..	101
Gambar 9.6	Mobilitas yang berkelanjutan: jumlah kendaraan per 1000 penduduk di ASEAN pada 2019 (kiri) dan emisi CO ₂ dari kendaraan di wilayah Asia-Pasifik pada 2018 (kanan)	102
Gambar 9.7	Indeks SUTI untuk kota-kota di Indonesia	103

Gambar 9.8	<i>Urban mobility readiness index</i> pada tahun 2022 untuk beberapa negara ASEAN	104
Gambar 9.9	Pemanfaatan big data dalam transportasi	107
Gambar 9.10	Peta jalan (<i>roadmap</i>) menuju sistem transporasi kota yang berkelanjutan.....	108

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Peta jalan transisi energi menuju 2060 <i>net zero emission</i>	4
Tabel 1.2	Daftar PLTU yang akan pensiun dini	6
Tabel 1.3	PLTU di Indonesia yang telah menggunakan teknologi <i>super critical</i> dan <i>ultra super critical</i>	6
Tabel 1.4	Perbandingan karakteristik teknologi peningkatan efisiensi termal pada PLTU Batubara	7
Tabel 2.1	Distribusi biaya aktivitas CCS/CCUS	20
Tabel 3.1	Produktivitas penelitian 5 perguruan tinggi dalam negeri dan luar negeri.....	30
Tabel 4.1	Simulasi IP 400 padi varietas VUB Super genjah (umur 80–100 hari) pada tanah sawah berstatus rendah N, P, dan K dengan acuan pupuk estándar 250 kg urea, 100 kg SP36, dan 100 kg KCI per hektar	39
Tabel 4.2	Skema dosis pemupukan Urea, SP36, dan KCI per hektar metode IP400 berbasis mikroba Pro Tani	39
Tabel 6.1	Perbandingan jumlah perangkat MRI per 1 juta penduduk Indonesia dengan negara maju.....	60
Tabel 6.2	Jumlah puskesmas per provinsi di Indonesia	62



1

KETAHANAN ENERGI BATUBARA DAN MINERAL DI INDONESIA

Prof. Dr. Ir. Irwandy Arif, M.Sc.

- 
- 1.1. Pendahuluan: Kondisi Global dan Komitmen Indonesia
 - 1.2. Ketahanan Energi Mineral

1.1. PENDAHULUAN: KONDISI GLOBAL DAN KOMITMEN INDONESIA

1.1.1. KONDISI GLOBAL

Dengan dinamika dunia yang terus berubah, terutama dalam hal konsumsi batubara di India dan Cina, permintaan sumber energi global diprediksi akan terus meningkat. Konsumsi energi fosil di kedua negara tersebut, terutama pada tahun 2023, mengalami peningkatan yang signifikan, karena batubara masih menjadi sumber energi utama. *International Energy Agency* (IEA) memperkirakan bahwa India akan mengalami lonjakan permintaan tidak hanya untuk batubara, tetapi juga untuk minyak bumi dan gas alam. IEA juga memproyeksikan bahwa Cina akan mengalami peningkatan permintaan batubara yang signifikan pada tahun 2025, dengan catatan bahwa permintaan global untuk batubara pada tahun 2023 mencapai 8,5 miliar ton dan didominasi oleh negara-negara berkembang.

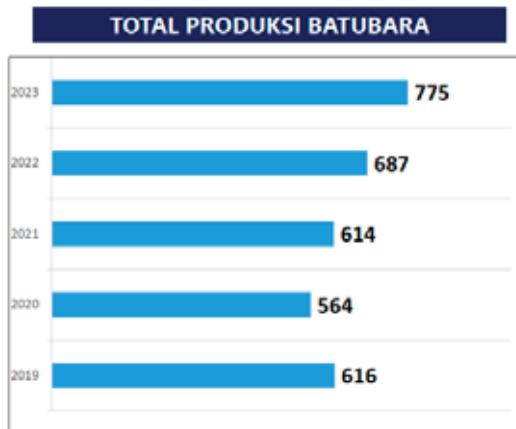
Indonesia dengan sumber daya dan cadangan batubara yang cukup besar, memiliki total sumber daya batubara sekitar 99 miliar ton berdasarkan data dari Badan Geologi tahun 2022 (Gambar 1.1). Jumlah cadangan di Indonesia tercatat sekitar 35 miliar ton dengan perkiraan umur cadangan sekitar 58 tahun, diasumsikan produksi batubara sebesar 600 juta ton per tahun.



Gambar 1.1 Sumber daya dan cadangan batubara Indonesia
Sumber: Badan Geologi, 2022

Namun, cadangan batubara diperkirakan akan mengalami penurunan seiring dengan produksi yang terus tinggi hingga tahun

2045. Batubara utamanya digunakan untuk pemenuhan kebutuhan dalam negeri, terutama untuk listrik, industri semen, dan smelter. Berdasarkan data dari Ditjen Minerba (2023), produksi batubara dari tahun 2019 hingga 2023 terus meningkat setiap tahunnya, dengan total produksi batubara pada tahun 2023 mencapai 775 juta ton, melebihi target sebesar 694 juta ton.



Gambar 1.2 Produksi batubara nasional 2020-2024

Sumber: Ditjen Minerba, 2024

Kajian yang dilakukan oleh McKinsey and Co. dalam *Global Energy Perspective* 2023 memperkirakan permintaan global untuk batubara akan mengalami penurunan hingga 85% pada tahun 2050. Hal ini disebabkan oleh pengetatan regulasi lingkungan dan pensiun dini Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di berbagai wilayah dunia. Di masa depan batubara diharapkan dapat dioptimalkan penggunaannya untuk mendukung penurunan emisi karbon melalui penggunaan teknologi bersih (*Clean Coal Technology*).

1.1.2. KONDISI DAN KOMITMEN INDONESIA

Indonesia telah menetapkan peta jalan transisi energi menuju netral karbon pada tahun 2060 dengan mengembangkan energi baru dan terbarukan secara masif. Beberapa langkah strategis, baik dalam hal *supply* maupun *demand*, telah diidentifikasi hingga tahun 2060. Langkah-langkah strategis ini kemudian dituangkan di dalam peta jalan (*roadmap*) transisi energi menuju *net zero emission* (Tabel 1.1).

Salah satu langkah konkret yang diambil untuk meningkatkan penggunaan energi terbarukan sebagai sumber energi listrik di Indonesia adalah dengan melakukan pensiun dini terhadap beberapa PLTU. Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE), terdapat 9 PLTU direncanakan akan dipensiunkan dini dengan total kapasitas 4,8 GW, sehingga diperkirakan dapat menghindarkan emisi gas rumah kaca sebesar 36 juta ton CO₂ pada tahun 2030 (Tabel 1.2).

Tabel 1.1 Peta jalan transisi energi menuju 2060 *net zero emission*

	<i>Target</i>	<i>Supply</i>	<i>Demand</i>
2021 - 2025	2025: Penurunan emisi 231,2 juta ton CO ₂ e	<ul style="list-style-type: none"> Pengembangan Energi Baru Terbarukan (EBT) berdasarkan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) 2021-2030 Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap Percepatan <i>waste to energy</i> Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) skala kecil <i>Cofiring</i> untuk PLTU 	<ul style="list-style-type: none"> Kompor Induksi 8,1 juta Rumah Tangga (RT) Dimethyl ether menggantikan LPG untuk RT Penerapan 300 ribu mobil listrik dan 1,3 juta motor listrik Jaringan gas (Jargas) untuk 5,2 juta Sambungan Rumah (SR) Wajib biodiesel 30% tahun 2025
2026 - 2030	2030: Penurunan emisi 327,9 juta ton CO ₂ e	<ul style="list-style-type: none"> Pengembangan EBT berdasarkan RUPTL PT PLN (Persero) 2021-2030 <i>Pump storage</i> mulai 2025 	<ul style="list-style-type: none"> Kompor induksi untuk 18,1 juta RT 2 juta mobil listrik dan 13 juta sepeda motor listrik Jargas untuk 10,2 juta SR Biofuel di sektor industri dan transportasi menjadi 40% Manajemen Energi dan SKEM untuk 11 peralatan RT
2031 - 2035	2035: Penurunan emisi 388 juta ton CO ₂ e	<ul style="list-style-type: none"> <i>Green Hydrogen</i> dari EBT mulai 2031 <i>Battery Energy Storage System</i> (BESS) masif tahun 2034 Kapasitas terpasang Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) 11 GW pada tahun 2035 	<ul style="list-style-type: none"> Kompor Induksi untuk 28,2 juta RT 9,3 juta mobil listrik dan 51 juta motor listrik Pemanfaatan jargas untuk 15,2 juta SR Penggunaan biofuel dipertahankan 40% Penerapan Manajemen Energi dan Estándar Kinerja Energi Minimum (SKEM)

	Target	Supply	Demand
2036 - 2040	2040: Penurunan emisi 629,4 juta ton CO ₂ e	<ul style="list-style-type: none"> Penggunaan nuklir untuk ketenagalistrikan mulai 2039 Pengembangan <i>Variable Renewable Energy</i> (VRE) berupa PLTS semakin masif, diikuti oleh Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) baik <i>on shore</i> maupun <i>off shore</i> mulai tahun 2037. 	<ul style="list-style-type: none"> CCS untuk sektor semen dan baja mulai dari tahun 2036 Bahan bakar rendah karbon untuk <i>shipping</i> Penggunaan kompor Induksi untuk 37,9 juta RT. 23 juta mobil listrik dan 101 juta sepeda motor listrik Jargas untuk 20,2 juta SR Biofuel di sektor industri dan transportasi dipertahankan 40%
2041 - 2050	2050: Penurunan emisi 1043,8 juta ton CO ₂ e	<ul style="list-style-type: none"> <i>Green hydrogen</i> untuk menggantikan gas alam fosil untuk proses pemanasan suhu tinggi mulai dari tahun 2041 Energi primer dari EBT lebih tinggi daripada total energi primer berbasis fosil 	<ul style="list-style-type: none"> Penggunaan kompor Induksi untuk 46,6 juta RT Penggunaan 50,2 juta mobil listrik dan 163 juta sepeda motor listrik Pemanfaatan jargas untuk 22,7 juta SR Penggunaan <i>biofuel</i> di sektor industri dan transportasi dipertahankan 40%
2051 - 2060	2060: Penurunan emisi 1789 juta ton CO ₂ e	<ul style="list-style-type: none"> Emisi di sektor ketenagalistrikan akan mencapai nol dan emisi 129 juta ton CO₂e di sektor industri dan transportasi Semua pembangkit berasal dari EBT 	<ul style="list-style-type: none"> Penggunaan CCS di Industri 13 juta ton CO₂ Kompor induksi sebesar 54,3 juta 175 juta sepeda motor listrik dan 65 juta mobil listrik Pemanfaatan jargas untuk 22,7 juta SR Proyeksi <i>demand</i> konsumsi listrik 1.942 TWh dan konsumsi listrik per kapita 5.862 kWh/kapita

Selain itu, pemerintah telah menyusun strategi penggunaan batubara di masa depan dengan fokus pada penurunan emisi karbon melalui optimalisasi penggunaan batubara dalam negeri. Upaya ini mencakup penerapan teknologi bersih hingga tahun 2045 (Gambar 1.3). Beberapa teknologi *clean coal* yang dapat diimplementasikan di Indonesia, antara lain adalah *Ultra Super Critical* yang telah diterapkan di beberapa PLTU batubara, serta *Integrated Gasification Combined Cycle* (IGCC). Saat ini, terdapat 13 PLTU di Indonesia yang telah beroperasi menggunakan teknologi *Super Critical* dan *ultra super critical* (Tabel 1.3).

Tabel 1.2 Daftar PLTU yang akan pensiun dini

No.	Nama Pembangkit	Provinsi	DMN (MW)	Tahun Pensiun Natural	Tahun Pensiun Dini	Kumulatif Penurunan Emisi s.d. 2030 (Mton CO ₂)
1	PLTU Suralaya #3,4,5	Banten	1318.2	2055	2028	27.1
2	PLTU Suralaya #8	Banten	590	2045	2029	10.7
3	PLTU Paiton #9	Jawa Timur	615	2045	2029	10.4
4	PLTU Adipala	Jawa Tengah	615	2045	2030	5.4
5	PLTU IPP Paiton #5,6	Jawa Timur	1220	2031	2030	9.0
6	PLTU Bukit Asam #1,2,3	Sumatera Selatan	157.5	2055	2029	0.8
7	PLTU Ombilin #1	Sumatera Barat	90	2055	2029	1.1
8	PLTU Labuhan Angin #1,2	Sumatera Utara	140	2055	2029	0.6
9	PLTU Nagan Raya #1	Aceh	80	2045	2029	1.5

Tabel 1.3 PLTU di Indonesia yang telah menggunakan teknologi *super critical* dan *ultra super critical*

No.	Nama PLTU	Lokasi	Kapasitas (MW)
1	PLTU Cirebon	Cirebon, Jawa Barat	660
2	PLTU Paiton 3	Probolinggo, Jawa Timur	815
3	PLTU Cilacap	Cilacap, Jawa Tengah	660
4	PLTU Adipala	Cilacap, Jawa Tengah	660
5	PLTU Banten/LBE 1	Banten	660
6	PLTU Jawa 7 Unit 1	Serang, Banten	1000
7	PLTU Jawa 8	Cilacap, Jawa Tengah	1000
8	PLTU Jawa Tengah	Batang, Jawa Barat	2 x 950
9	PLTU Jawa 1	Karawang, Jawa Barat	924
10	PLTU Jawa 4	Jepara, Jawa Tengah	2 x 1000
11	PLTU Jawa 5	Suralaya, Banten	1000
12	PLTU Jawa 9-10	Suralaya, Banten	2 x 1000
13	PLTU Indramayu 4	Indramayu, Jawa Barat	1000



Gambar 1.3 Peta jalan pengembangan dan penggunaan batubara

Pada tahun 2050, diperkirakan sekitar 50% dari pembakaran energi fosil, termasuk batubara, akan menggunakan teknologi

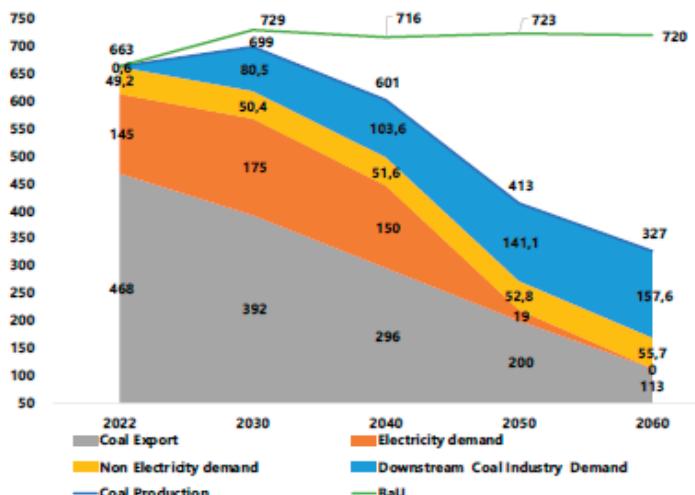
Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS), yakni teknologi untuk menangkap CO₂ yang diemisikan lalu menyimpannya ke dalam formasi geologi. Hal ini dikarenakan penggunaan CCUS dianggap sebagai solusi untuk mengurangi risiko teknis dan finansial dalam mengembangkan energi terbarukan yang sedang berkembang. Berikut ini adalah informasi mengenai bagaimana teknologi, mulai dari *supercritical* hingga *advance ultra-supercritical*, dapat mengurangi emisi CO₂ seiring dengan konsumsi batubara oleh Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) (Tabel 1.4). Saat ini, teknologi CCUS masih memerlukan biaya operasional yang tinggi, berada di kisaran USD 50 hingga di atas USD 100 per MWh. Namun, dengan berkembangnya teknologi di masa depan, maka sangat memungkinkan biaya operasional penggunaan teknologi CCUS akan berkurang.

Tabel 1.4 Perbandingan karakteristik teknologi peningkatan efisiensi termal pada PLTU Batubara

Teknologi	Tingkat Efisiensi (%)	Konsumsi Batubara (g/kWh)	Temperatur Uap (°C)	Intensitas CO ₂ yang dihasilkan (gCO ₂ /kWh)	Tekanan Uap (bar)
<i>Subcritical</i>	~38%	≥380	≤550	≥880	220,89
<i>Supercritical</i>	~42%	340-380	550-600	800-880	250
<i>Ultra-supercritical</i>	~45%	320-340	≥600	740-800	290
<i>Advanced Ultra-supercritical</i>	45-50%	230-320	≥700	670-740	>290

Salah satu program yang sedang dilaksanakan untuk mendukung penurunan emisi karbon pada PLTU adalah program *cofiring* biomassa. *Cofiring* pada PLTU adalah langkah pengurangan penggunaan batubara dengan menggantikan sebagian batubara dengan bahan bakar biomassa, seperti "*pellet*" kayu, sampah cangkang sawit, dan *sawdust*, sambil tetap memperhatikan kualitas bahan bakar sesuai kebutuhan. Di Indonesia, telah terdapat 32 PLTU yang melakukan uji coba *cofiring*, dengan 6 di antaranya telah melakukan implementasi *cofiring* untuk komersil. Pada rentang tahun 2020-2024, digunakan 5,06 juta ton biomassa untuk proses *cofiring*, dan pada rentang tahun 2025 hingga 2035, diproyeksikan kebutuhan biomassa untuk *cofiring* adalah sebesar 9,02 juta ton/tahun. Sedangkan, potensi penurunan emisi dari program *cofiring* sepanjang tahun 2020-2024 adalah 3,97 juta ton CO₂e dan diproyeksikan menjadi 5,94 juta ton CO₂e/tahun pada tahun 2025-2035.

Berdasarkan skenario emisi bersih, pada tahun 2060, produksi batubara diperkirakan akan mencapai sekitar 327 juta ton, dan produksi batubara diperkirakan akan mengalami penurunan mulai tahun 2030 akibat penurunan ekspor dan permintaan listrik. Pada Gambar 1.4, terdapat visualisasi proyeksi produksi dan konsumsi batubara dalam dua skenario, yakni *business as usual* (garis hijau pada gambar), atau tidak ada perubahan, serta skenario *net zero emission* (NZE). Pada scenario NZE, terdapat beberapa strategi yang perlu dilakukan untuk mencapai scenario tersebut. Sebagai contoh, pada bagian hulu, dapat dilakukan substitusi dari energi fosil menjadi *biofuels*, sedangkan pada bagian hilir, dapat dilakukan *cocuring* biomassa, serta penggunaan teknologi pengurangan emisi seperti CCS, CCUS, dan IGCC.



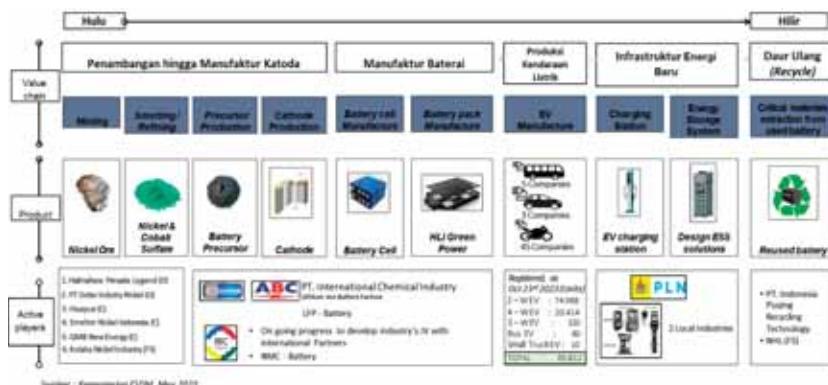
Gambar 1.4 Skenario *Net Zero Emission* (NZE): Proyeksi produksi batubara, ekspor, dan konsumsi domestik 2022-2030-2060

Dalam pengembangannya, peningkatan nilai tambah batubara mencakup pengelolaan batubara menjadi produk turunan, baik sebagai bahan baku industri maupun sumber energi, seperti *dimethyl ether gas synthesis*, *activated carbon*, *metallurgical coal*, *mesoporous carbon*, bahan baku kimia, *graphene*, *carbon fibers*, dan perangkat elektronika, termasuk *nuclear graphite*, elektroda untuk baterai dan superkapasitor, insulasi termal, manajemen termal, dan konduksi termal hingga bahan baku pembangunan konstruksi gedung-gedung. Ada berbagai cara untuk melakukan hilirisasi dari batubara guna mengurangi emisi CO₂.

Berdasarkan penilaian yang dilakukan oleh *International Energy Agency*, faktor eksternal utama yang memengaruhi ketahanan energi batubara adalah ketergantungan pada impor, sedangkan faktor domestik yang diperkirakan paling berpengaruh adalah proporsi penambangan bawah tanah, yang saat ini jumlahnya masih terbatas di Indonesia. Namun, rencana pengembangan tambang bawah tanah kembali sedang dipertimbangkan, terutama di Kalimantan Selatan.

1.2. KETAHANAN ENERGI MINERAL

Pemerintah telah menyusun rencana pengembangan ekosistem baterai dan kendaraan listrik dari tahap penambangan hingga proses daur ulang material, seperti yang terlihat pada Gambar 1.5. Pemerintah Indonesia berfokus pada produksi baterai dan kendaraan listrik, serta pemanfaatan energi matahari. Beberapa mineral kritis diperlukan untuk mendukung kedua ekosistem ini, terutama dalam industri baterai dan energi surya.

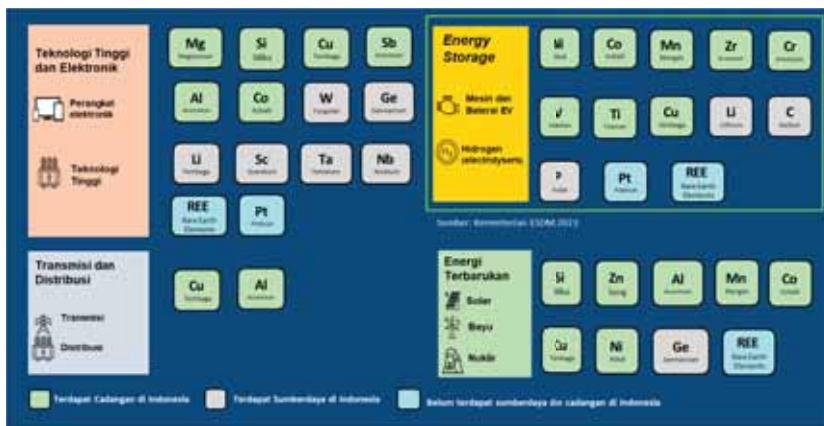


Gambar 1.5 Pengembangan ekosistem industri baterai kendaraan listrik

Dalam upaya memenuhi kebutuhan pengembangan industri baterai dan kendaraan listrik, saat ini diperlukan perhatian lebih mendalam terhadap pengelolaan mineral kritis yang mendukung sektor industri tersebut. Beberapa rencana dapat diterapkan untuk mengoptimalkan pengelolaan dan pemanfaatan mineral kritis di Indonesia. Pertama, meningkatkan dan mengembangkan aktivitas eksplorasi komoditas mineral kritis di Indonesia, seperti nikel, kobalt, aluminium, tembaga, dan pasir karsa atau karsit untuk energi surya,

yang sebelumnya digunakan untuk baterai. Kedua, memberikan fasilitas fiskal untuk mendukung percepatan pengembangan industri mineral kritis. Ketiga, membangun infrastruktur berkelanjutan dan memperhatikan faktor lingkungan dalam mendukung pengelolaan mineral kritis di Indonesia. Keempat, memperkuat kerja sama internasional dan memanfaatkan kolaborasi tersebut untuk pengembangan industri mineral kritis.

Mineral kritis memiliki potensi yang signifikan untuk berbagai perkembangan industri. Sebagai contoh, industri baterai dan kendaraan listrik, industri energi terbarukan, serta kebutuhan transmisi dan distribusi untuk pembangkit listrik. Contoh lainnya adalah tembaga dan bagaimana unsur ini diperlukan untuk transmisi listrik; lalu aluminium yang digunakan dalam kendaraan listrik; dan beberapa mineral kritis lainnya berperan penting dalam industri teknologi tinggi. Mineral-mineral tersebut termasuk nikel, kobalt, mangan, sirkon, kromium, vanadium, titanium, tembaga, litium, karbon fosfat, platinum, dan logam tanah jarang. Oleh karena itu, dalam peranannya yang beragam, mineral-mineral ini menjadi kunci dalam mencapai energi bersih dan berkelanjutan. Klasifikasi aplikasi mineral kritis dapat dilihat pada Gambar 1.6.



Gambar 1.6 Potensi aplikasi dari mineral kritis

Indonesia memiliki sumber daya dan cadangan mineral kritis yang signifikan. Sebagai contoh, bijih nikel memiliki sumber daya sekitar 17 miliar ton dan cadangan sekitar 5 miliar ton. Diperkirakan cadangan nikel saprolit memiliki umur sekitar 6 tahun, sementara

cadangan nikel limonit memiliki umur sekitar 10 tahun. Potensi ini dapat bertambah jika ditemukan cadangan baru. Sebagian besar kekayaan mineral dan batubara Indonesia, yang mencapai sekitar 3 hingga 4 triliun dolar AS, masih didominasi oleh batubara dengan jumlah lebih dari 2 triliun dolar AS. Sebagai gambaran lebih jelas, referensi **Gambar 17** menggambarkan sebagian kekayaan mineral dan batubara yang dimiliki Indonesia.



Gambar 1.7 Sumberdaya dan cadangan beberapa mineral kritis

Pemerintah telah menetapkan 47 mineral kritis berdasarkan kriteria tertentu, sebagaimana diatur dalam Keputusan Menteri Sumber Daya Manusia Momor 296 Tahun 2023. Beberapa kriteria yang termasuk antara lain bahwa mineral tersebut:

- Merupakan bahan baku industri strategi nasional,
- Memiliki nilai manfaat untuk perekonomian nasional dan pertahanan keamanan negara,
- Belum memiliki pengganti yang layak, serta
- Memiliki risiko tinggi terhadap pasokan.

Langkah ini merupakan kemajuan signifikan untuk merumuskan peta jalan mineral strategis guna mendukung perkembangan industri strategis nasional, terutama dalam teknologi baterai.

Baterai yang akan dikembangkan di Indonesia umumnya adalah tipe NMC 811 (nikel 8, mangan 1, dan kobalt 1). Selain itu, akan ada jenis baterai lain yang sudah digunakan, seperti baterai LFP (litium ferrofosfat), yang telah diterapkan dalam beberapa kendaraan, contohnya Hyundai Ioniq. Selain itu, pengembangan baterai lain

seperti radioaktif dan baterai hidrogen terus berkembang, termasuk dalam upaya untuk mengurangi ukuran dan meningkatkan efisiensi.

Dalam perkembangan teknologi baterai, perusahaan teknologi asal Cina, Betavolt Teknologi, berhasil menciptakan baterai bertenaga nuklir dengan ukuran kecil ($15 \times 5 \times 5$ mm). Baterai ini diklaim memiliki beberapa keunggulan, termasuk ukuran yang kecil dan ringan, masa pakai yang panjang, kapasitas dan umur baterai yang tidak menurun selama siklus pengisian daya, serta kemampuan bekerja di suhu ekstrem, mulai dari -60 hingga 120 derajat Celcius. Baterai tersebut menggunakan 63 isotop nuklir untuk menghasilkan 100 mikrowatt dan tegangan listrik 3V melalui proses peluruhan radioaktif

Langkah pemerintah dalam menetapkan 47 mineral kritis menjadi landasan yang kuat untuk mendukung industri strategis nasional, khususnya dalam sektor teknologi baterai. Pengembangan berbagai jenis baterai, seperti NMC 811, LFP, dan bahkan baterai radioaktif dan hidrogen, mencerminkan komitmen Indonesia untuk terus berinovasi dalam bidang energi dan teknologi. Suksesnya Betavolt Teknologi dari Cina dalam menciptakan baterai nuklir menunjukkan potensi luar biasa dalam menggabungkan teknologi canggih dengan sumber daya yang efisien. Ini bukan hanya langkah maju dalam perkembangan teknologi baterai, tetapi juga menciptakan peluang untuk revolusi dalam penggunaan energi nuklir dalam berbagai perangkat elektronik. Dengan terus berinvestasi dan berinovasi, Indonesia dapat turut menjadi pemain kunci dalam dunia energi dan teknologi yang berkelanjutan.

2

PEMANFAATAN TEKNOLOGI CCS/CCUS UNTUK MENCAPAI *NET ZERO EMISSION(NZE)*

Prof (Em ITB). Dr. Ir. Djoko Santoso, M.Sc.

- 
- 2.1. Pendahuluan: *Prosperity vs. Sustainability*
 - 2.2. Upaya Pengurangan Emisi CO₂
 - 2.3. Penggunaan CCS/CCUS

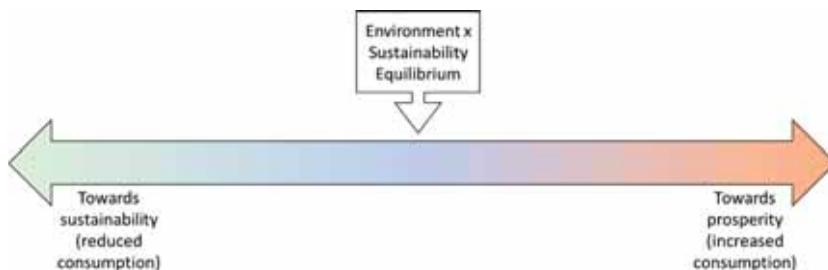
2.1. PENDAHULUAN: *PROSPERITY VS. SUSTAINABILITY*

Indonesia memiliki komitmen untuk mencapai *Net Zero Emission* (NZE) pada tahun 2060. Oleh karena itu, berbagai upaya perlu dilakukan untuk mencapainya, salah satunya adalah dengan memanfaatkan teknologi *Carbon Capture and Storage* (CCS) / *Carbon Capture Utilization and Storage* (CCUS). Teknologi ini digunakan sebagai salah satu langkah penting dalam mencapai NZE karena memiliki potensi untuk mengurangi emisi dalam skala besar, berbeda dengan beberapa alternatif lainnya yang cenderung berlangsung secara bertahap atau membutuhkan rantai produksi dan implementasi yang lebih panjang.

Pada situasi sekarang ini, di mana perekonomian Indonesia sedang tumbuh, Indonesia dihadapkan pada fenomena alamiah untuk mencari keseimbangan antara kesejahteraan (*prosperity*) dan keberlanjutan (*sustainability*). Terlihat bahwa kedua hal ini merupakan tujuan yang seolah-olah berlawanan, mengingat perjalanan untuk mencapai kesejahteraan membutuhkan banyak energi dan sumber daya termasuk menggunakan energi fosil, sehingga menghasilkan banyak emisi CO₂. Akibatnya, terjadi perubahan iklim (*climate change*). Oleh karena itu, semua negara di dunia dituntut untuk menjadi komunitas rendah karbon (*low carbon society*) dan melakukan transisi energi dari sumber energi fosil menjadi sumber energi terbarukan atau memanfaatkan energi yang rendah karbon. Pemanfaatan teknologi CCS dan CCUS mampu memenuhi kebutuhan energi dan menurunkan CO₂ secara bermakna. Dengan kondisi Indonesia saat ini, transisi energi akan membutuhkan upaya dan biaya yang tidak sedikit serta waktu yang tidak singkat. Namun, bila diatur dengan cermat melalui berbagai pendekatan yang sesuai dan melakukan kerja sama lintas bidang, maka pencapaian kesejahteraan tidak akan sama dengan mengorbankan keberlanjutan, sehingga dapat dicapai sebuah titik seimbang antara keduanya (Gambar 2.1).

Berdasarkan data perkembangan Indonesia pada tahun 2023 yang diperoleh dari *International Energy Agency* (IEA, 1923), kemajuan ekonomi Indonesia sejak merdeka hingga saat ini sangat positif dan signifikan. Peningkatan GDP Indonesia mencapai 10 kali lipat sejak kemerdekaan Indonesia pada tahun 1945. Indonesia telah menjadi

salah satu negara dengan ekonomi yang sangat besar. Namun, seiring dengan kemajuan tersebut, ada konsekuensi logis yang timbul. Pertumbuhan ekonomi yang tinggi diiringi oleh penggunaan energi yang besar, dan hal ini berdampak pada peningkatan emisi gas rumah kaca. Indonesia kini menempati peringkat ke-9 sebagai negara penghasil emisi CO₂ tertinggi per kapita di dunia, mencapai 2 ton per individu. Meskipun pencapaian ekonomi yang signifikan telah diraih, tantangan besar muncul terkait dengan dampak lingkungan, khususnya dalam hal emisi karbon. Transformasi menuju tahun 2045 mencakup diversifikasi ekonomi dan pembangunan masyarakat yang didorong oleh pengetahuan, teknologi, dan inovasi. Dalam konteks mencapai target NZE dan pengembangan energi bersih, penting untuk memperhatikan pemanfaatan teknologi CCS dan CCUS sebagai bagian integral dari solusi ini.



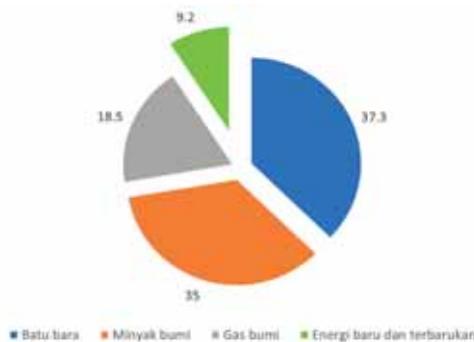
Gambar 2.1 Mempromosikan keseimbangan antara kesejahteraan dan keberlanjutan lingkungan

Selain dari jumlah penduduk, peningkatan konsumsi sumber energi fosil juga dapat dilihat dari besaran GDP. Hal ini tidak hanya berlaku di Indonesia, tapi juga di seluruh dunia. Sebagai contoh, berdasarkan data perbandingan (BP Statistical Review of World Energy, 2017), GDP antara Indonesia (987.5 Miliar 2010 USD) dan Jepang (5986.1 Miliar 2010 USD) yang berbeda hingga sekitar lima kali lipat, emisi CO₂ antara keduanya juga berbeda dengan margin yang jauh, yakni 441.9 Mt CO₂ (Indonesia) dengan 1141.6 Mt CO₂ (Jepang). Dengan kondisi ini, terjadi konsekuensi berupa peningkatan emisi gas rumah kaca. Hal ini yang kemudian menjadi tantangan yang harus diatasi di masa depan, dengan mengupayakan reduksi emisi karbon. Komitmen Indonesia untuk mencapai Net Zero Emisi (NZE) pada tahun 2060 diartikan bahwa jika masih ada emisi karbon pada saat itu, seharusnya dapat diserap oleh lingkungan secara alami.

Dengan demikian, transformasi menuju masa depan yang berkelanjutan menjadi semakin mendesak bagi Indonesia. Meskipun telah mencapai pencapaian ekonomi yang signifikan, Indonesia dihadapkan pada tantangan besar terkait dampak lingkungan, terutama dalam hal emisi karbon. Untuk menjawab tantangan ini, perlu langkah-langkah yang berani dan komprehensif, termasuk diversifikasi ekonomi, pengembangan masyarakat yang didorong oleh inovasi, dan penerapan teknologi bersih seperti CCS dan CCUS. Dengan komitmen untuk mencapai Net Zero Emisi pada tahun 2060, Indonesia menegaskan tekadnya untuk berkontribusi pada upaya global dalam menjaga keberlanjutan lingkungan.

2.2. UPAYA PENGURANGAN EMISI CO₂

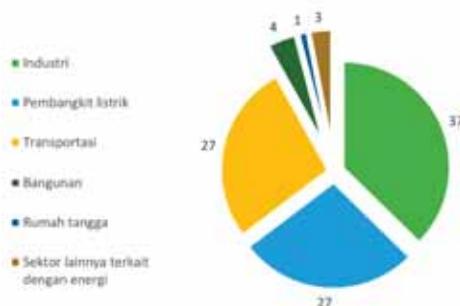
Berdasarkan data dari Buku Panduan Kementerian ESDM tahun 2019 (Gambar 2.2), dari berbagai sumber energi yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik di Indonesia, kontribusi sumber energi fosil, seperti minyak (35%), batubara (37%), dan gas bumi (18.5%) secara kolektif mencapai 90%. Sedangkan energi baru dan terbarukan (*new and renewable energy*) hanya sekitar 9%. Hal ini merupakan tantangan utama yang harus dihadapi.



Gambar 2.2 Persentasi sumber energi pembangkit tenaga listrik di Indonesia

Di sisi lain, dalam hal emisi, berdasarkan laporan dari *Indonesia Climate Transparency Report* (2020) (Gambar 2.3), sektor industri menyumbang sebesar 30%, transportasi 27%, dan pembangkitan tenaga 27%. Oleh karena itu, untuk mencapai penurunan emisi yang signifikan, taktis, dan relatif praktis atau memungkinkan untuk

dilaksanakan sesegera mungkin, maka upaya dapat dikerahkan seperti pada sektor transportasi dan pembangkit listrik. Pada sektor transportasi, upaya seperti transisi sumber energi telah mulai dilakukan, dengan pengembangan teknologi seperti biodiesel, *hybrid*, maupun kendaraan listrik. Terkait pembangkit listrik, penerapan teknologi seperti *Carbon Capture and Storage* (CCS) dapat menjadi solusi yang memungkinkan perpanjangan umur operasional pembangkit berbahan bakar energi fosil, sehingga mencapai efisiensi optimal. Oleh karena itu, perlu diingat bahwa meskipun telah mengadopsi elektrifikasi, semisal untuk kendaraan, penurunan emisi di sumber daya pembangkit juga harus diupayakan, dan inilah peran penting dari CCS/CCUS.



Gambar 2.3 Persentase sektor penghasil emisi di Indonesia

Selanjutnya, hal yang perlu diperhatikan adalah bahwa setiap produk yang dihasilkan harus memiliki jejak karbon seminimal mungkin. Meskipun penggunaan mobil listrik seperti Tesla terlihat sebagai solusi ramah lingkungan, tapi ternyata jejak karbonnya jauh lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan mobil konvensional seperti Mitsubishi Mirage yang masih menggunakan mesin bakar (sumber energi fosil) (Haliburton-Envana, 2020). Hal ini disebabkan oleh tingginya jejak karbon dari komponen-komponen mobil listrik tersebut. Sebagai contoh, produk kertas yang telah menggunakan proses *biomass circling* merupakan langkah luar biasa menuju *net zero emission*. Namun, meskipun demikian, penurunan emisi CO₂ dalam pembuatan kertas pun masih menjadi perhatian, karena ada kemungkinan untuk dihasilkan emisi negatif melalui BECCS (*Bioenergy CCS*). Hal ini juga berimplikasi pada potensi untuk memiliki emisi negatif, yang dapat diperdagangkan. Dengan demikian, nilai

dari produk kertas tersebut dapat meningkat atau emisi karbonnya dapat diperdagangkan, pemikiran ini menjadikan fungsi dari CCS/CCUS semakin penting.

Indonesia telah mengaplikasikan 5 prinsip utama untuk mereduksi jejak karbon dan mencapai NZE (PPSDMA-ESDM, 2023), antara lain:

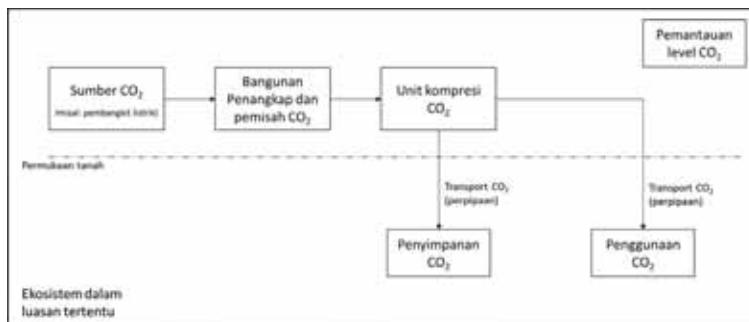
- a. Meningkatkan penggunaan energi baru dan terbarukan (EBT) seperti bioenergi, hidroenergi, solar (matahari), angin, dan panas bumi.
- b. Mengurangi penggunaan sumber energi fosil.
- c. Menggunakan kendaraan elektrik pada sektor transportasi.
- d. Meningkatkan penggunaan alat berbasis listrik di rumah tangga dan industri.
- e. Menggunakan teknologi *carbon capture and storage* (CCS) / *carbon capture, utilization, and storage* (CCUS).

Dahulu, konsep yang dikenal sebagai "*energy mix*" telah menjadi populer, tetapi saat ini telah bergeser menjadi "*energy transition*". Pada dasarnya, keduanya memiliki fokus yang sama, yakni untuk mengombinasikan berbagai sumber energi pada sebuah daerah atau negara untuk memenuhi kebutuhan energinya, termasuk mulai menggunakan energi baru dan terbarukan bersamaan dengan sumber energi fosil. Semakin dipromosikannya konsep "*energy transition*" mengimplikasikan fokus telah beralih untuk meningkatkan penggunaan energi baru dan terbarukan. Pada tahun 2050, proporsi energi baru dan terbarukan diharapkan meningkat dari 23% menjadi 31%. Hal ini menunjukkan arah yang diinginkan untuk mencapai tujuan energi bersih di masa depan. Sementara itu, bagian sisanya masih dapat diisi oleh sumber energi konvensional, dan dengan adanya teknologi CCS dan CCUS, penggunaan sumber energi fosil tetap memiliki kemampuan untuk menurunkan emisi secara optimal.

2.3. PENGGUNAAN CCS/CCUS

CCS dan CCUS merupakan teknologi yang diilustrasikan dalam Gambar 2.4. Pabrik atau kegiatan lain yang menggunakan bahan bakar fosil, termasuk pembangkit listrik, ditangkap dan dikumpulkan

emisinya untuk kemudian di-*transport* dan dialirkan ke bawah permukaan tanah untuk penyimpanan dan/atau pemanfaatan. Perusahaan-perusahaan di sektor perminyakan dapat memanfaatkan teknologi ini untuk meningkatkan produksi minyak dan gas melalui metode seperti peningkatan pemulihan minyak atau gas (*enhanced oil recovery*). Dengan demikian, diharapkan kita dapat mengurangi jejak karbon dari semua produksi yang dihasilkan.



Gambar 2.4 Skematic contoh aplikasi CCS/CCUS

Sumber: CO₂RC, dengan penyesuaian

Penerapan CCS dan CCUS, sebagaimana diperlihatkan oleh pengalaman di lapangan, tidaklah mudah dan dihadapkan pada berbagai tantangan. Meski begitu, hasilnya cenderung lebih optimal. Sebagai ilustrasi, pada tahun 2012 ITB memulai aktivitas pembelajaran CCS/CCUS menggunakan dana dari Jepang melalui proyek SATREPS. Dari dana ini, dipelajari pilot CCS dan CCUS di area Gundih, Jawa Tengah. Data lapangan yang telah dikumpulkan untuk karakterisasi kondisi di bawah permukaan. Pilot proyek ini diharapkan dengan teknologi tersebut, dapat mengurangi emisi hingga 3 juta ton CO₂ dalam 10 tahun dan meningkatkan produksi gas sebesar 14 BSCF, atau kira-kira setara dengan 60 juta dolar dalam kurun waktu yang sama. Meskipun biaya yang diperlukan untuk mengaplikasikan teknologi ini tinggi (Tabel 2.1), masih terdapat keyakinan bahwa biaya dapat ditekan dengan upaya seperti pengembangan teknologi, sistem insentif, membuat hub CCS/CCUS, dan kerja sama antarnegara dalam bentuk pembagian biaya (*cost sharing*). Kerja sama internasional dalam pembagian biaya menjadi mungkin karena dampak CO₂ merupakan masalah global yang memerlukan kolaborasi lintas negara. Sebagai contoh, Jepang memberikan pendanaan karena telah berhasil menurunkan emisi CO₂ melalui Indonesia. Kesadaran

akan pentingnya penanganan karbon dioksida secara global semakin memperkuat intensitas kerja sama global.

Tabel 2.1 Distribusi biaya aktivitas CCS/CCUS

Kegiatan CCS/CCUS	Penangkapan (capture)	Transport	Penyimpanan (Storage)
Biaya (USD/tCO ₂)	45.92	0.95	15.93
Proporsi terhadap total	73.12%	1.52%	25.36%

Sumber: Study on the Potential for Promoting Carbon Dioxide Capture, Utilization, and Storage (CCUS) in ASEAN Countries Vol. II Asia CCUS Network – ERIA, 2022

Kegiatan terkait CCS/CCUS yang telah dilakukan di Indonesia mencapai sekitar 15 proyek (Gambar 2.5), dengan delapan di antaranya dijalankan oleh ITB. Hal ini menunjukkan tingkat pengalaman yang cukup signifikan. Beberapa penelitian dan proyek lainnya yang sedang dijalankan oleh ITB bersamaan dengan industri dan mitra internasional antara lain:

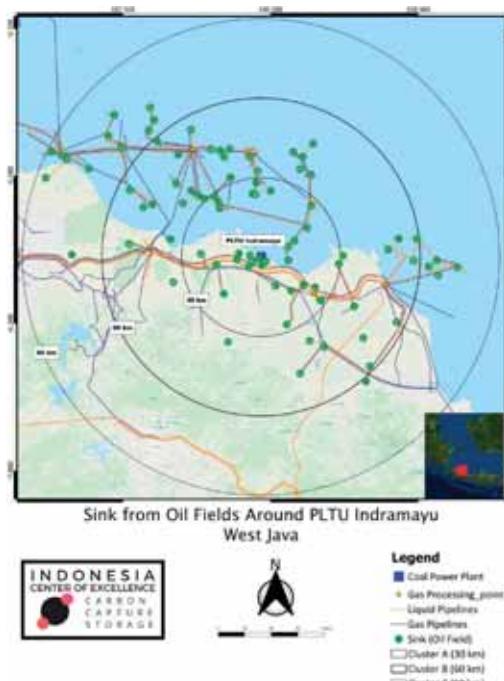
- a. Studi Bersama (*joint study*) CCS untuk Bahan Bakar Bersih Amonia di Kalimantan Timur dan Sulawesi Tengah.
- b. Studi Dekarbonisasi untuk program reduksi emisi gas rumah kaca.
- c. Studi Kelayakan CCUS/EGR di Lapangan Tangguh: Evaluasi G&G, Simulasi Reservoir, Fasilitas Permukaan dan Studi Ekonomi.
- d. Sumber CO₂ Indonesia: pemetaan sumur minyak dan basis data spasial.
- e. Studi kelayakan CCS Abadi dan Sakakemang.
- f. Study peninjauan peta potensi sumber CO₂ dari pembangkit listrik yang menggunakan batubara di Pulau Jawa.

Salah satu contoh lokasi lokasi yang “potensial” berdasarkan tinjauan sepintas sebagai potensi sumber CO₂ dari pembangkit listrik yang menggunakan batubara di Pulau Jawa terdapat di Indramayu, Jawa Barat. Letak pembangkit tersebut dikelilingi oleh beberapa lapangan migas sebagai lokasi penyimpanan (Gambar 2.6). Menurut proyeksi *International Energy Agency* terkait Indonesia, penggunaan energi fosil masih akan berlanjut dalam jangka waktu yang signifikan (2070). Oleh karena itu, rencana untuk mem-pensiun dini-kan pembangkit listrik perlu dikaji dengan baik, mengingat kebutuhan yang masih tinggi. Dengan adanya hub sumber CO₂ di sekitar area Pembangkit Listrik tenaga Uap (PLTU) yang masih menggunakan batubara, merupakan salah satu keuntungan apabila ke depannya ingin menurunkan emisi

karbon dari PLTU dengan menggunakan teknologi seperti CCS/CCUS. Persaingan yang dihadapi oleh Indonesia, terutama di Asia Tenggara, semakin ketat karena negara-negara maju di sekitarnya tertarik untuk menyimpan karbon dioksida di negara-negara tersebut. Inisiatif penelitian oleh pihak Jepang, Halliburton dan Jogmec, terutama di Asia Tenggara, telah menghasilkan pemetaan potensi CCS dan CCUS di Indonesia, khususnya di wilayah Jawa dan Sumatra (Gambar 2.7 dan Gambar 2.8).



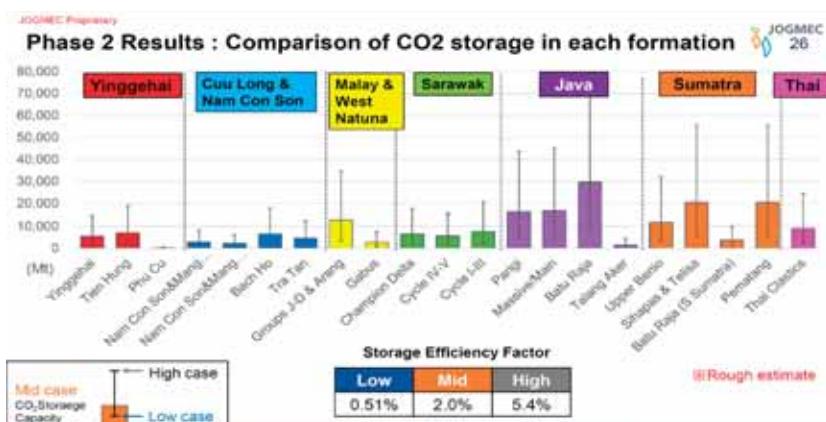
Gambar 2.5 Proyek CCS/CCUS di Indonesia



Gambar 2.6 Contoh CO₂ hub di sekitar PLTU Indramayu (290 MW)

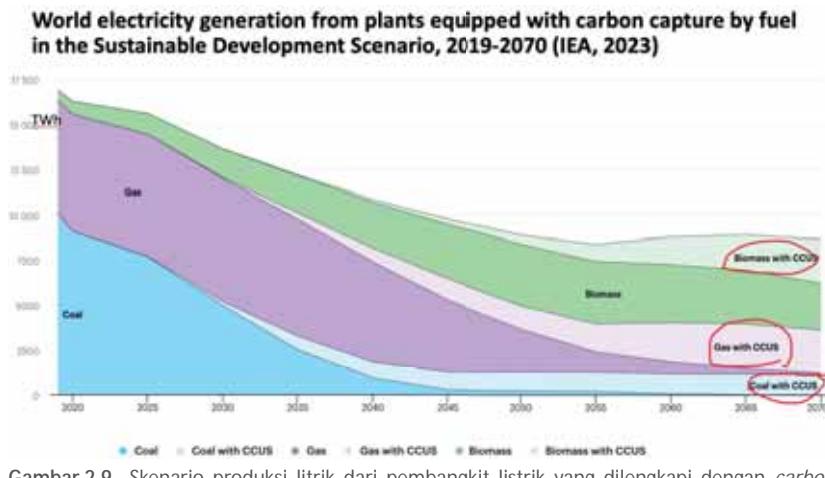


Gambar 2.7 Peta hasil studi kapasitas penyimpanan CO_2 pada *aquifer saline* di Asia Tenggara (Maret 2023)



Gambar 2.8 Hasil estimasi studi Jogmec di Asia Tenggara

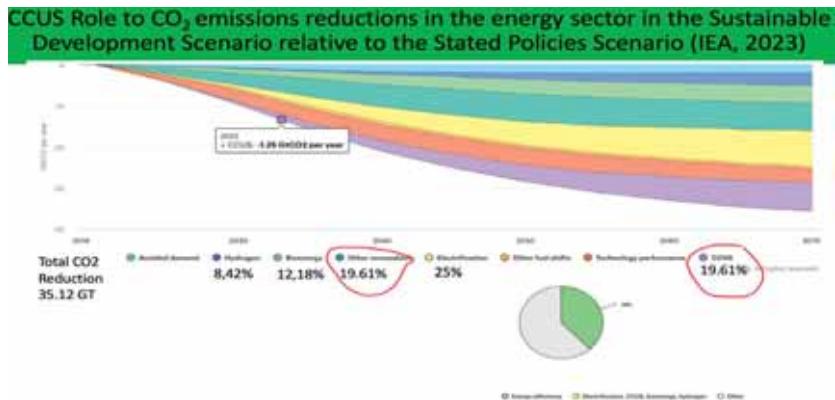
Di sisi lain, harus dipertimbangkan ketersediaan tempat yang memadai untuk menyimpan CO_2 , yakni kapasitas tempat penyimpanan CO_2 yang kita miliki. Selain itu, jika kita ingin menginjeksikan CO_2 ke dalam *reservoir* *aquifer* air payau (*saline aquifer*), cadangan kita juga cukup besar. Gambar 2.9 menunjukkan bahwa proyeksi dari *International Energy Agency* untuk mencapai *net zero emission* pada tahun 2070. Meskipun masih ada penggunaan batubara, penggunaan gas masih cukup signifikan. Kemudian, dengan penggunaan teknologi CCUS, kita dapat menghasilkan emisi negatif.



Gambar 2.9 Skenario produksi listrik dari pembangkit listrik yang dilengkapi dengan *carbon capture*

Sumber: International Energy Agency, 2023

Di sisi lain, pentingnya teknologi CCUS ini terlihat dari fakta bahwa energi terbarukan, seperti bioenergi, mampu menurunkan emisi hingga 19,6% atau 20%. Hal yang menarik, CCS juga dapat menurunkan emisi hingga 20%. Ini menjadi sangat penting bagi kemajuan kita (Gambar 2.10).



Gambar 2.10 Peran CCUS dalam mereduksi emisi dalam sektor energi dalam *Sustainable Development Scenario*

Sumber: International Energy Agency, 2023

Skema yang disusun oleh International Energy Agency menunjukkan bahwa dari tahun 2020 dengan emisi sebesar 33,6 gigaton, menuju net zero pada tahun 2070. Tahapan demi tahapan telah disusun, termasuk penyimpanan CO₂. Pada tahun 2050, emisi tinggal

9,4 juta ton, di mana sebagian besar dihasilkan dari CCS. Dengan demikian, gambaran dari riset tahun 2020 menunjukkan bahwa kemajuan energi kita tergantung pada kemajuan ilmu pengetahuan kita. Dari era pra-industri, era batubara, hingga era minyak dan gas, kita harus mempertimbangkan penggunaan teknologi CCUS dan perdagangan karbon untuk menghadapi tantangan global ini.

3

ARAH KEBIJAKAN PENDIDIKAN TINGGI INDONESIA

Prof. Akhmaloka, Ph.D.

- 
- 3.1. Pendahuluan: Cita-Cita Indonesia Emas Tahun 2045
 - 3.3. Rekomendasi untuk Pendidikan Tinggi di Indonesia
 - 3.2. Kondisi Nasional Sumber Daya Manusia Indonesia

3.1. PENDAHULUAN: CITA-CITA INDONESIA EMAS TAHUN 2045

Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi telah menyusun *white paper* mengenai *Grand Design* Pendidikan Tinggi di Indonesia hingga tahun 2045, kemudian diterbitkan dalam bentuk buku yang berjudul "Pengembangan Pendidikan Tinggi Menuju Indonesia Emas", yang disusun secara kolaboratif dengan tim yang beragam.

Buku ini membahas tentang latar belakang, kondisi saat ini, dan rekomendasi arah kebijakan dalam konteks pendidikan tinggi di Indonesia. Dalam latar belakang, dijabarkan kondisi pendidikan tinggi di Indonesia secara umum serta suasanya dalam skala global. Pemahaman mendalam tentang status quo ini penting untuk menyusun rekomendasi yang relevan dan efektif. Setelah itu, dipertimbangkan berbagai faktor yang memengaruhi kebijakan pendidikan tinggi, termasuk tren global, perkembangan teknologi, serta tantangan dan peluang di tingkat nasional. Akhirnya, buku ini akan menawarkan rekomendasi konkret mengenai arah kebijakan yang harus diambil untuk meningkatkan kualitas dan relevansi pendidikan tinggi di Indonesia menuju masa depan yang lebih baik.

Tujuan buku ini adalah untuk secara konstruktif mempertanyakan peran pendidikan tinggi dalam mewujudkan cita-cita Indonesia Emas tahun 2045, yang bertepatan dengan 100 tahun kemerdekaan Republik Indonesia. Dalam konteks ini, pemahaman bahwa pendidikan adalah tulang punggung bagi pembentukan Sumber Daya Manusia (SDM) yang berkualitas sangatlah penting. Tidak dapat dipungkiri bahwa Indonesia Emas tidak akan terwujud tanpa SDM yang unggul. Oleh karena itu, pertanyaan mendasar yang muncul adalah bagaimana peran pendidikan tinggi dapat mendukung pencapaian cita-cita Indonesia tersebut.

3.2. KONDISI NASIONAL SUMBER DAYA MANUSIA INDONESIA

Saat meninjau kondisi nasional dan pendidikan tinggi Indonesia saat ini, terdapat beberapa isu penting yang perlu dipertimbangkan.

Data statistik yang diterbitkan oleh lembaga statistik pada tahun 2023 menggambarkan populasi Indonesia yang mencapai jutaan penduduk. Di antara mereka, terdapat kelompok usia produktif yang diperkirakan akan mencapai puncak pada tahun 2030 (Gambar 3.1).



Gambar 3.1 Kondisi bonus demografi dan kualifikasi pendidikan SDM Indonesia

Dalam menggambarkan kondisi SDM di Indonesia, data menunjukkan bahwa sebagian besar tenaga kerja, sekitar 70%, memiliki latar belakang pendidikan lulusan SMA ke bawah, atau bahkan tidak pernah menyelesaikan pendidikan dasar (Gambar 3.1). Sekitar 25% merupakan lulusan SMA, sementara hanya 13% yang memiliki pengalaman pendidikan di perguruan tinggi, dari jenjang D-1 hingga S-3. Di Indonesia, jumlah individu yang mencapai tingkat pendidikan tertinggi, yaitu S-3, kurang dari 50.000 orang dari total populasi sekitar 270 juta jiwa. Angka pengangguran mencapai 7,9 juta, dan ada sekitar 4 juta lulusan SMA setiap tahunnya yang mencari pekerjaan, sehingga jumlah pencari kerja bisa mencapai 12 juta orang per tahun. Pertanyaan penting yang kemudian muncul adalah seberapa siap pasar kerja Indonesia dalam menghadapi tantangan ini.

Dari segi ekonomi, pertumbuhan ekonomi Indonesia rata-rata berkisar antara 4% hingga 5%, meskipun sempat mengalami penurunan hingga negatif dua persen pada tahun 2020 akibat pandemi Covid-19 (Gambar 3.2). Namun, pertanyaannya adalah apakah pertumbuhan tersebut sudah cukup untuk menjadikan Indonesia sebagai negara maju. Ada pendapat yang menyatakan bahwa pertumbuhan ekonomi di kisaran 5% akan tetap membuat Indonesia terjebak dalam *Middle Income Trap*, tapi jika pertumbuhan ekonomi dapat melebihi 7%, baru kemudian Indonesia dapat melepaskan diri dari jebakan tersebut. Meskipun demikian, kekuatan industri Indonesia tercermin dari nilai

ekspor yang lebih besar daripada impor, meskipun komoditas ekspor masih didominasi oleh komoditas dengan nilai tambah yang rendah (Gambar 3.2). Sebaliknya, impor Indonesia masih mencakup banyak barang-barang modal, alat kesehatan, dan bahan baku obat. Hal ini menunjukkan bahwa Indonesia masih bergantung pada impor untuk memenuhi kebutuhan pokok.



Gambar 3.2 Kondisi pertumbuhan ekonomi dan kekuatan industri Indonesia

Dengan jumlah perguruan tinggi mencapai 3.000 hingga kisaran 4.000, perguruan tinggi Indonesia memiliki sebaran yang tidak merata: lebih dari 2.000 perguruan tinggi berlokasi di Pulau Jawa (Gambar 3.3). Di samping itu, kualitas pendidikan tinggi juga tidak merata, dengan hanya 3,39% perguruan tinggi yang memiliki akreditasi A atau unggul, sementara sekitar 61% masih memiliki akreditasi C atau di bawahnya. Meskipun terdapat perguruan tinggi yang terakreditasi baik atau sangat baik, serta beberapa terakreditasi unggul, masih terdapat ketimpangan yang signifikan antardaerah. Sebagai contoh, perguruan tinggi yang terakreditasi A di Papua masih belum terlihat, sementara di Sumatra jumlahnya masih minim. Di Jawa, meskipun terdapat 77 perguruan tinggi yang unggul, seperti Institut Teknologi Bandung, tantangan kualitas pendidikan tinggi masih tetap ada.

Jumlah program studi dari perguruan tinggi Indonesia mencapai hampir 30.000 pada tahun 2021, dengan 22% di antaranya terkait dengan bidang *engineering* dan MIPA, serta sekitar 13% terkait dengan bidang kesehatan. Sedangkan program studi lainnya mencakup pendidikan, pertanian, sosial humaniora, agama, seni, dan ekonomi, yang secara keseluruhan mencakup 65%. Meskipun bidang sosial humaniora memiliki kontribusi yang penting, kebutuhan tenaga kerja dalam bidang sains, teknik, pertanian, dan pendidikan justru mencapai 70%. Hal ini menyebabkan ketidakseimbangan antara jumlah

program studi dengan kebutuhan pasar kerja, di mana bidang seperti teknik dan sains memiliki permintaan yang tinggi sementara jumlah lulusannya tidak sesuai. Dengan demikian, masalah pengangguran sarjana di Indonesia sering kali terjadi karena ketidaksesuaian antara kebutuhan pasar kerja dengan lulusan yang dihasilkan.



Gambar 3.3 Kondisi pendidikan tinggi: disparitas kuantitas dan kualitas perguruan tinggi

Data pada Tabel 3.1 menunjukkan produktivitas penelitian dari lima perguruan tinggi terkemuka di Indonesia. Dari 200 peneliti terbaik di setiap perguruan tinggi, misalnya di ITB, hanya terdapat 1 orang peneliti dengan H-indeks antara 40-49, dan 168 peneliti dengan indeks antara 10-19. Di UI dan Universitas Airlangga, terdapat beberapa peneliti dengan indeks tertinggi, meskipun dengan nama yang berunsur Barat, menandakan kolaborasi dengan dosen internasional. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa peneliti Indonesia dengan indeks tertinggi cenderung berada di ITB. Perbandingan dengan universitas di negara tetangga, seperti Malaysia, Thailand, dan Singapura, menunjukkan bahwa produktivitas peneliti Indonesia masih tertinggal jauh, dengan beberapa universitas Malaysia bahkan memiliki peneliti dengan indeks di atas 100. Hal ini menunjukkan bahwa tantangan untuk meningkatkan produktivitas riset di Indonesia sangatlah besar, terutama dalam memperkuat kolaborasi internasional dan meningkatkan kualitas penelitian.

Dalam lingkup perguruan tinggi, regulasi dan kebijakan sering kali mengalami perubahan yang membuat suasana menjadi tidak stabil. Sebelumnya, hanya beberapa perguruan tinggi negeri memiliki status badan hukum, sedangkan sekarang hampir semua perguruan tinggi diperbolehkan untuk memiliki status badan hukum. Implikasi sebenarnya dari status perguruan tinggi badan hukum belum jelas,

karena sering kali tidak ada pengaturan yang jelas. Sebagai contoh, fakultas kedokteran kini dapat dibuka di berbagai universitas tanpa aturan yang pasti, sehingga banyak universitas yang sebelumnya fokus pada pendidikan guru sekarang memiliki fakultas kedokteran. Ketidakpastian ini menciptakan kebingungan dan ketidakpastian di kalangan perguruan tinggi.

Tabel 3.1 Produktivitas penelitian 5 perguruan tinggi dalam negeri dan luar negeri

H-Index	Perguruan Tinggi Dalam Negeri					Perguruan Tinggi Luar Negeri				
	UI	IPB	ITB	UGM	Unair	UM	UPM	UKM	CHULA	NUS
>100	-	-	-	-	-	1	-	-	3	17
90-99	-	-	-	-	-	-	-	1	2	9
80-89	-	-	-	-	-	1	2	-	-	18
70-79	-	-	-	-	-	5	1	-	-	29
60-69	1	-	-	-	1	9	4	2	3	40
50-59	-	-	-	-	1	17	11	11	3	80
40-49	2	1	1	-	-	28	24	9	11	7
30-39	2	-	5	1	2	78	77	47	44	-
20-29	21	4	26	9	17	61	81	130	134	-
10-19	174	157	168	190	101	-	-	-	-	-
1-9	-	38	-	-	78	-	-	-	-	-
Rentang	63-10	48-9	45-10	34-10	60-8	122-25	89-23	90-20	108-20	169-49
Dosen	4799	3246	2983	4802	3472	2403	2238	2837	3384	4268

Untuk mencapai status Negara Maju, Indonesia perlu mengejar perkembangan ilmu dan teknologi di masa depan, termasuk dalam bidang seperti kecerdasan buatan (*artificial intelligence*), bioteknologi, nanoteknologi, dan material baru. Meskipun demikian, di sisi lain, kondisi perguruan tinggi Indonesia masih perlu diperbaiki agar dapat memenuhi tuntutan tersebut dan ikut serta dalam perebutan inovasi dan kemajuan teknologi global.

Perkembangan nasional di Indonesia mengalami perubahan yang signifikan, di mana terjadi pembentukan Mega Kota di berbagai wilayah, seperti Bandung, Bogor, Jakarta, dan sekitarnya yang akan meluas hingga mencakup kota-kota lain seperti Cirebon dan daerah-daerah sekitarnya. Pembentukan Mega Kota ini menghadirkan tantangan baru terutama dalam ketersediaan lapangan kerja, pangan, energi, serta infrastruktur kesehatan dan lainnya. Selain itu, masalah kesehatan mental juga semakin mendapat perhatian karena tingginya tingkat stres dan tekanan yang dirasakan oleh masyarakat dalam menghadapi perubahan ini.

Perkembangan pesat di Indonesia menuntut adanya penguatan pendidikan karakter yang tidak boleh diabaikan. Sebagai contoh,

Singapura telah mengadopsi kurikulum yang menekankan pentingnya kompetensi lulusan dalam pembelajaran sepanjang hayat. Selain menghasilkan SDM yang unggul, perguruan tinggi juga harus memperhatikan nilai-nilai moral dan etika. Oleh karena itu, perhatian terhadap moral dan etika turut menjadi hal yang esensial dalam pendidikan.

3.3. REKOMENDASI UNTUK PENDIDIKAN TINGGI DI INDONESIA

Berdasarkan kondisi sumber daya manusia Indonesia dan kondisi pendidikan tinggi di Indonesia, rekomendasi yang diberikan adalah untuk melakukan diferensiasi misi perguruan tinggi di Indonesia. Dari rekomendasi ini, terdapat 5 poin yang ditekankan (Gambar 3.4).



Gambar 3.4 Rekomendasi: diferensiasi misi perguruan tinggi di Indonesia

Rekomendasi utama adalah perlunya diferensiasi misi di antara perguruan tinggi. Selama ini, kejelasan mandat untuk institusi seperti ITB telah menjadi pertanyaan, oleh karena itu, disarankan untuk membuat diferensiasi misi yang lebih jelas. Misalnya, universitas penelitian dapat fokus pada inovasi dan kemajuan teknologi, sementara universitas pendidikan dapat memusatkan perhatian pada pelatihan tenaga kerja khususnya dalam pendidikan vokasi. Disarankan juga pendirian Politeknik di sentra-sentra industri seperti Morowali untuk memenuhi kebutuhan tenaga kerja lokal. Selain itu, universitas profesi dapat dikembangkan untuk memastikan bahwa setiap profesi, termasuk guru, memiliki pendidikan yang khusus

dan berkualitas. Dengan diferensiasi misi yang jelas, diharapkan perguruan tinggi dapat lebih efektif dalam memenuhi kebutuhan masyarakat dan pembangunan nasional.

Langkah kedua adalah mempertimbangkan pendirian Institut Teknologi baru yang fokus pada pendidikan vokasi atau penguatan perguruan tinggi yang telah ada, terutama dalam bidang STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art, and Math/Sains: Teknologi, Rekayasa, Seni, dan Matematika*). Langkah ketiga adalah melakukan penataan regulasi dan alokasi anggaran yang sesuai dengan mandat perguruan tinggi, terutama dalam hal penekanan pada riset. Alokasi anggaran harus disesuaikan dengan mandat masing-masing perguruan tinggi, sehingga kebijakan pengelolaannya dapat diatur secara efektif.

4

PROGRAM PANGAN BERBASIS BIORENIK

Prof. I Nyoman P. Aryantha

- 
- 4.1. Pendahuluan: Kondisi Ketahanan Pangan Indonesia
 - 4.2. Usulan Fokus Peningkatan Ketahanan Pangan Indonesia
 - 4.3. Potensi Pangan Indonesia

4.1. PENDAHULUAN: KONDISI KETAHANAN PANGAN INDONESIA

Fakta mengenai ketahanan pangan saat ini menjadi sorotan penting. Menurut laporan BPS, setiap tahun Indonesia mengimpor pangan berbasis tumbuhan dengan nilai mencapai Rp26 triliun pada tahun 2020, dan impor beras mencapai 3 juta ton (Gambar 4.1). Tak kalah signifikan, impor pangan berbasis hewan juga mencapai angka yang tinggi, mencapai tidak kurang dari 33 triliun rupiah pada tahun 2020 (Gambar 4.2).



Gambar 4.1 Impor pangan berbasis tumbuhan tahun 2020
 (sumber: BPS Statistics Indonesia, 2020)



Gambar 4.2 Impor pangan berbasis hewan tahun 2020
 (sumber: BPS Statistics Indonesia, 2020)

Ironisnya, sebagai negara yang terletak di kawasan tropis dan menerima sinar matahari sepanjang tahun, produksi pangan berbasis tumbuhan seharusnya tidak pernah terhenti, karena faktanya, fotosintesis terjadi sepanjang tahun. Secara geologis, Indonesia dilalui oleh *Ring of Fire* yang menyebabkan banyaknya gunung berapi yang menyumbangkan mineral, menjadikan tanahnya subur. Di samping itu, Indonesia tidak memiliki musim seperti di negara-

negara empat musim, sehingga produksi pangan seharusnya berjalan terus sepanjang tahun. Secara budaya, Indonesia dikenal sebagai bangsa agraris, dengan kekayaan sumber daya hayati yang sering kali menjadi kebanggaan. Seharusnya, berbagai sumber pangan dari hewan maupun tumbuhan dapat menjadi pilihan yang melimpah untuk memenuhi kebutuhan pangan.

Koordinasi menjadi isu sentral dalam konteks ketahanan pangan di Indonesia. Yang menarik untuk diperhatikan adalah kurangnya keberadaan Kementerian khusus yang bertanggung jawab secara eksklusif terhadap pengelolaan pangan. Padahal, pangan merupakan aspek kehidupan yang sangat vital. Dalam analogi kehidupan, algoritma yang mengatur kehidupan dimulai dari proses pencernaan dan metabolisme di mana nutrisi menjadi *input* yang menghasilkan energi untuk berbagai aktivitas tubuh. Namun, di tingkat kebijakan, kita seolah-olah mengabaikan pentingnya regulasi yang terpusat untuk mengelola aspek vital ini. Koordinasi yang efektif dari hulu ke hilir dalam rantai pasok pangan menjadi krusial untuk memastikan efisiensi dan efektivitas dalam pengelolaan pangan secara menyeluruh. Tanpa koordinasi yang baik, risiko penyusutan hasil panen setelah pascapanen menjadi tinggi, di mana lebih dari 40% produk pertanian kita terbuang. Oleh karena itu, keberadaan sebuah lembaga yang memiliki kewenangan dan tanggung jawab terpusat dalam mengoordinasikan segala aspek pangan menjadi sangat penting untuk meminimalkan pemborosan dan meningkatkan efisiensi dalam rantai pasok pangan nasional.

Selama ini, peran Menteri Pertanian tampaknya diandalkan untuk mengurus masalah pangan, padahal sebenarnya pertanian hanya mengelola sebagian kecil dari rantai pasok pangan, terutama dalam aspek hulu seperti pengadaan bahan baku. Bahkan dalam hal tersebut pun tidak seluruhnya, karena sebagian bahan baku pangan berasal dari hasil tangkapan ikan dan sumber daya alam lainnya. Sedangkan dalam aspek hilir seperti penanganan pascapanen, penyimpanan, pengolahan, dan distribusi, tanggung jawab ini cenderung dititipkan pada kementerian lain. Oleh karena itu, dengan mengelola rantai pasok pangan secara terpusat dari hulu ke hilir, efisiensi dalam koordinasi program, penghematan biaya, dan efektivitas pengelolaan pangan secara menyeluruh dapat ditingkatkan. Dalam konteks

kelembagaan, hal ini menjadi sangat penting untuk dipertimbangkan oleh pemerintah yang akan datang, dengan harapan bahwa pemimpin yang terpilih akan memprioritaskan permasalahan ini untuk peningkatan kesejahteraan pangan di Indonesia.

4.2. USULAN FOKUS PENINGKATAN KETAHANAN PANGAN INDONESIA

Berdasarkan pertimbangan mengenai kondisi ketahanan pangan Indonesia saat ini dan potensi keuntungan geografis Indonesia, dapat diusulkan lima fokus yang harus dilakukan oleh pemerintah untuk meningkatkan ketahanan pangan.

Pertama, penegakan aturan dalam rantai pasok pangan harus menjadi prioritas. Hal ini mencakup penegakan disiplin yang ketat untuk mencegah praktik penimbunan pangan dan impor yang tidak diperlukan, yang sering kali dipengaruhi oleh oknum-oknum yang mencari keuntungan pribadi. Dengan penegakan aturan yang kuat, dapat memastikan distribusi pangan yang adil dan merata, serta mengurangi potensi krisis pangan di masa depan.

Kedua, ketahanan pangan harus dibangun berdasarkan pada kemandirian di tingkat rumah tangga. Artinya, pemerintah perlu mendukung program-program yang memungkinkan setiap keluarga untuk menjadi mandiri dalam pemenuhan pangan mereka sendiri. Hal ini mencakup program-program pertanian skala kecil yang dapat dikelola oleh masyarakat lokal, termasuk pendidikan dan pelatihan untuk meningkatkan kemampuan rumah tangga dalam mengelola sumber daya dan memproduksi pangan secara mandiri.

Ketiga, pemerintah harus memprioritaskan pembangunan infrastruktur penampungan hasil panen di tingkat lokal. Hal ini melibatkan pembangunan silo dan gudang penyimpanan lainnya di desa-desa dan daerah pedesaan, sehingga dapat memastikan ketersediaan pangan yang stabil dan terjamin sepanjang tahun. Dengan infrastruktur yang memadai, dapat menghindari masalah penimbunan pangan dan memastikan distribusi yang efisien dan merata ke seluruh masyarakat.

Keempat, stok pangan yang sudah ada harus diolah di tingkat lokal oleh Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM). Dengan demikian, dapat meminimalkan biaya transportasi dan mengurangi potensi penyalahgunaan dalam distribusi pangan. Selain itu, pengolahan pangan lokal juga dapat memberikan nilai tambah ekonomis bagi komunitas setempat, serta membantu memperkuat daya saing produk-produk lokal di pasar.

Kelima, pemerintah perlu aktif terlibat dalam sektor pengolahan pangan melalui pendirian perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di bidang tersebut. Dengan demikian, negara dapat memastikan kontrol dan pengawasan yang lebih besar terhadap industri pengolahan pangan, serta memastikan bahwa kepentingan nasional dan kesejahteraan masyarakat menjadi prioritas utama dalam pengelolaan pangan secara keseluruhan.

Ini adalah lima usulan untuk pemerintah yang akan datang dalam upaya meningkatkan ketahanan pangan dan memastikan ketersediaan pangan yang cukup dan berkualitas bagi seluruh rakyat Indonesia.

4.3. POTENSI PANGAN INDONESIA

Pembahasan mengenai pengembangan potensi pangan diawali dengan pengenalan istilah "biorenik", yang merujuk pada mikroba. Kehidupan di bumi didominasi oleh mikroba, yang merupakan elemen utama dalam peta kehidupan. Dalam hierarki kehidupan ini, mikroba menjadi komponen yang sangat signifikan. Di antara dua kelompok besar, yaitu makhluk makro (hewan dan tumbuhan), mikroba menonjol sebagai entitas yang meresap ke dalam setiap aspek kehidupan. Oleh karena itu, sangatlah ironis jika potensi mikroba tidak dimanfaatkan secara maksimal dalam kehidupan manusia, mengingat perannya yang esensial dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan berbagai proses kehidupan.

Banyak alternatif komoditas mikroba yang belum tersentuh untuk bahan pangan, perlu diberdayakan di masa depan. Proses produksi biomassanya tidak membutuhkan ruang yang besar, berlangsung singkat, dan lebih menguntungkan lagi, bahan bakunya berupa

produk samping atau limbah, sehingga dapat menghasilkan banyak produk samping sebagai skema ekonomi sirkular dari pemanfaatan limbah-limbah tersebut untuk pengadaan pangan.

4.3.1. SINGKONG SEBAGAI ALTERNATIF SUMBER KARBOHIDRAT

Fokus utama terarah pada pangan karbohidrat dan protein, karena dalam konteks ini, pangan tersebut menjadi pangan utama. Meskipun terdapat pangan fungsional, vitamin, mineral, dan lain sebagainya, karbohidrat dan protein tetap menjadi fokus utama dalam aspek pangan.

Meningkatkan kemandirian pangan karbohidrat dapat dilakukan dengan mengembangkan penyiapan pangan berbasis singkong di tingkat rumah tangga. Konsep ini mencakup upaya untuk menghasilkan mi instan menggunakan singkong sebagai bahan dasar tanpa melalui proses pembuatan tepung. Biasanya, pembuatan mi melibatkan penggunaan tepung yang memerlukan energi dan waktu untuk proses pengeringan serta penambahan air kembali untuk membuat mi. Namun, dengan inovasi ini, diharapkan efisiensi energi dan waktu dapat ditingkatkan karena tidak memerlukan proses pembuatan tepung. Teknologi ini telah dikembangkan di ITERA dan diharapkan dapat didukung oleh pemerintah untuk diperluas di masyarakat pedesaan, sehingga dapat menjadi kontribusi nyata dalam meningkatkan kemandirian pangan karbohidrat di Indonesia.

Kehadiran mi instan sebagai salah satu makanan instan yang paling banyak dikonsumsi di Indonesia menjadi landasan yang kuat untuk mengembangkan solusi pangan baru berbasis singkong. Dengan hampir 13 miliar sajian mi instan yang disajikan setiap tahun dapat menjadi solusi penghematan, menyadari bahwa sebagian besar bahan baku untuk mi instan saat ini masih diimpor dari gandum, dengan nilai impor yang mencapai lebih dari 32 triliun rupiah setiap tahunnya. Memanfaatkan singkong sebagai bahan baku untuk mi instan bukan hanya akan memberikan pilihan yang lebih berkelanjutan, tetapi juga berpotensi untuk memakmurkan petani singkong di dalam negeri. Hal ini akan membantu meningkatkan kemandirian pangan karbohidrat kita. Selain itu, tidak hanya bagian

umbinya yang dapat dimanfaatkan, tetapi juga daun singkong dapat menjadi sumber pangan protein nabati.

4.3.2. REDUKSI PUPUK UNTUK KETAHANAN IKLIM

Dalam konteks pangan pokok, yang saat ini didominasi oleh konsumsi nasi di Indonesia, perubahan iklim menjadi ancaman serius terhadap produktivitas pertanian di masa depan. Oleh karena itu, pentingnya efisiensi pemupukan menjadi isu sentral dalam dunia pertanian, terutama pada tanaman padi, sebagai sumber utama karbohidrat bagi masyarakat.

Tabel 4.1 Simulasi IP 400 padi varietas VUB Super genjah (umur 80-100 hari) pada tanah sawah berstatus rendah N, P, dan K dengan acuan pupuk standar 250 kg urea, 100 kg SP36, dan 100 kg KCl per hektar

Siklus tanam ke-# dan varietas	Produksi GKG	Hasil jerami kering**	Kontribusi dan defisit dosis Urea (kg)	Kontribusi dan surplus dosis SP36 (kg)	Kontribusi dan surplus dosis KCl (kg)
	(t/ha)	(t/ha)			
Siklus-1, Batang Piaman	7*	10,5	151,2 (-98,8)	116,55 (+16,55)	177,45 (+77,45)
Siklus-2, Batang Lembang	7,8	11,7	168,48 (-81,52)	129,87 (+29,87)	197,73 (+97,73)
Siklus-3, Pajajaran	8,0	12,0	172,8 (-77,2)	133,2 (+33,2)	202,8 (+102,8)
Siklus-4, Inpari 13	8,0	12,0	172,8 (-77,2)	133,2 (+33,2)	202,8 (+102,8)

* Pada siklus penanaman pertama, jerami diperoleh dari proses penanaman konvensional sebelumnya dengan varietas unggul super genjah

** 1 ton jerami kering diperkirakan mengandung (rata-rata) unsur N setara Urea, P setara SP36, dan K setara KCl masing-masing 14,4 ; 11,1 ; dan 16,9 kg

Tabel 4.2 Skema dosis pemupukan Urea, SP36, dan KCl per hektar metode IP400 berbasis mikroba Pro Tani

Jadwal	Usia (hari)	Urea (kg)	SP36 (kg)	KCl (kg)	Mikroba Pro-Tani (L)
1	1-7	25	-	-	50
2	10-14	25	25	25	50
3	20-30	25	-	-	50
4	40-50	25	-	-	50

Salah satu usulan untuk mengatasi hal ini adalah dengan mengembangkan konsep reduksi pemakaian pupuk anorganik melalui pemanfaatan jerami sebagai bahan organik. Perhitungan menunjukkan bahwa penggunaan pupuk organik hasil biorenik dapat menggantikan pupuk anorganik dengan estimasi sebagai berikut:

pupuk urea sekitar 150 kg per hektar, pupuk fosfat setara SP36 sekitar 116 kg per hektar, dan pupuk kalium sekitar 177 kg per hektar (Tabel 4.1). Ketiga jenis pupuk inilah yang biasanya disubsidi oleh pemerintah dengan biaya yang besar, tetapi sering kali disalahgunakan atau dijual ke perusahaan karena harga non-subsidi yang lebih tinggi. Dengan menerapkan teknologi biorenik, hasil penelitian menunjukkan bahwa skema pemupukan yang lebih efisien dapat dilakukan dengan menggunakan 100 kg urea per hektar dengan empat kali *scheduling* pemupukan, serta 25 kg SP36, 25 kg KCL, dan sisanya pupuk mikroba yang diberdayakan secara mandiri oleh petani (Tabel 4.2). Penelitian ini telah dilakukan di beberapa kabupaten di Jawa Barat dan Lampung, dan hasilnya menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan dengan pemakaian pupuk anorganik penuh. Harapannya, implementasi teknologi biorenik ini dapat menjadi pertimbangan pemerintah dalam kebijakan pertanian yang akan datang.

4.3.3. PENINGKATAN PRODUKTIVITAS LAHAN MENGGUNAKAN PANEN 4 SIKLUS

Dalam upaya meningkatkan produktivitas lahan, dikembangkan konsep siklus panen empat kali setahun dikenal sebagai teknologi IP400. Sebelumnya, panen hanya dilakukan dua kali dalam setahun akibat proses pengolahan yang memakan waktu yang lama. Namun, dengan menggunakan teknologi biorenik, proses pembusukan jerami berhasil dipercepat sehingga jerami dapat dimanfaatkan sebagai pupuk.

Dengan menerapkan skema tersebut, yaitu melakukan empat kali panen dalam setahun, terutama pada lahan sawah yang memiliki sistem irigasi yang baik, diharapkan dapat menggandakan produktivitas lahan. Dengan demikian, diperkirakan kebutuhan beras yang saat ini sekitar 35 juta ton per tahun akan berpotensi menciptakan surplus yang signifikan. Hal ini membuka peluang bagi Indonesia untuk menjadi eksportir beras utama di dunia.

Inovasi hulu-hilir yang juga dapat diupayakan dalam pertanian padi adalah dalam proses panen. Paradigma panen yang selama ini diterapkan cenderung mengutamakan padi yang telah matang sempurna, hingga bulir berwarna kuning dan keras. Namun, sebagian

produk padi kita dimanfaatkan untuk dijadikan tepung. Dalam hal ini, padi yang masih belum matang sempurna sebenarnya dapat langsung dipanen untuk dijadikan bahan tepung, sehingga prosesnya lebih singkat dan nilai nutrisinya dapat lebih terjaga. Konsep ini telah didukung dengan pengembangan nutrisikal berbasis padi muda, yang dikenal dengan istilah “padi matang susu”.

4.3.4. VARIASI SUMBER PROTEIN UNTUK MENJAGA KEMANDIRIAN PANGAN

Dalam rangka menjaga kemandirian pangan, terutama pangan, ada saran untuk memperkaya varian protein masa depan dengan memanfaatkan mikoprotein, yaitu protein yang berasal dari jamur. Efisiensi produksi protein dari jamur diketahui sangat tinggi, di mana diperkirakan hampir 50% dari produk biomassa protein dapat dihasilkan dari *input* bahan baku, sementara hanya 2% *input* pakan dapat dikonversi menjadi daging dalam sistem peternakan konvensional. Konsep ini menawarkan potensi untuk meningkatkan efisiensi industri pangan, di mana teknologi budi daya jamur telah merakyat dan dapat diimplementasikan dalam berbagai skala, termasuk skala industri besar.

Selain itu, ada peluang untuk memanfaatkan fasilitas *indoor* dalam industri besar untuk memproduksi mikoprotein secara massal, yang dapat meningkatkan produksi protein secara signifikan dalam waktu singkat. Konsep ini memberikan gambaran tentang bagaimana produksi daging dari jamur dapat menjadi alternatif yang menarik, di mana dalam waktu seminggu, produksi daging yang setara dengan 1600 ekor sapi dapat dihasilkan. Hal ini menunjukkan potensi besar dalam memenuhi kebutuhan protein masyarakat secara efisien dan berkelanjutan. Oleh karena itu, penting bagi pihak terkait, termasuk perusahaan BUMN, untuk mempertimbangkan pengembangan pabrik-pabrik produksi daging dari jamur sebagai solusi untuk masa depan industri pangan.

Pengembangan mikoprotein memiliki potensi untuk menghasilkan berbagai produk hilir yang beragam, dengan banyak perusahaan di seluruh dunia, termasuk Singapura, mulai tertarik dengan bidang ini. Oleh karena itu, perlu diprogramkan oleh pemerintah melalui BUMN-

nya untuk mendorong perkembangan ini. Konsep daging berbasis mikoprotein menjadi penting bagi kesehatan masyarakat, terutama karena penyakit kardiovaskular saat ini menjadi pembunuh nomor satu di dunia, di mana sebagian besar penyebabnya adalah lemak tak jenuh yang terdapat dalam daging. Hal ini menunjukkan perlunya pertimbangan serius dalam menciptakan alternatif pangan yang lebih sehat dan berkelanjutan bagi masyarakat.

Pengembangan protein autotrof, yang dapat dibudidayakan di lingkungan akuatik, menawarkan potensi besar yang perlu dimanfaatkan. Dengan luasnya potensi lahan perairan garis pantai, kita memiliki kesempatan untuk mengoptimalkan produksi protein autotrof ini. Protein autotrof adalah protein yang dihasilkan melalui proses fotosintesis oleh alga, baik dalam bentuk mikro maupun makro. Konsep ini sangat sejalan dengan prinsip CCS (*Carbon Capture and Storage*), di mana produksi protein akan menyertakan proses fotosintesis yang menghasilkan protein tanpa kalah dengan produk daging hewan. Bahkan, beberapa spesies alga memiliki kandungan protein yang lebih tinggi daripada daging hewan. Contoh produk yang dihasilkan dari autotrof ini adalah Nori, yang telah menjadi produk budaya masyarakat Jepang dengan perkembangan yang sangat signifikan. Oleh karena itu, perlunya kita untuk mempertimbangkan pemanfaatan potensi ini dalam mengembangkan sumber protein yang lebih berkelanjutan dan bernutrisi.

Perkembangan teknologi *Smart Farming* belakangan ini menjadi aspek penting yang harus diperhatikan oleh pemerintah dalam upaya pemenuhan pangan masa depan. Teknologi produksi pangan berbasis *indoor* perlu digalakkan khususnya untuk sayuran dan jenis pangan lainnya.

Di samping itu, pemerintah memiliki tanggung jawab untuk mengawali kemajuan riset berbasis teknologi kultur sel dalam mengembangkan inovasi protein sintetik. Hal ini menjadi penting karena teknologi kultur sel hewan telah berkembang secara signifikan dalam skala riset.

5

MEMBANGUN KEMANDIRIAN TEKNOLOGI DIGITAL DAN AI DALAM MENDUKUNG AKSELERASI TRANSFORMASI DIGITAL INDONESIA

Prof. Dr. Ir. Bambang Riyanto Trilaksono

- 
- 5.1. Pendahuluan: *Digital Competitiveness & AI Readiness Index*
 - 5.2. Teknologi AI dan Evolusinya
 - 5.3. Rekomendasi
 - 5.4. Inovasi ITB dalam Teknologi Digital & AI

5.1. PENDAHULUAN: *DIGITAL COMPETITIVENESS & AI READINESS INDEX*

Berdasarkan *World Digital Competitiveness Ranking* yang menilai berbagai aspek seperti pengetahuan teknologi dan kesiapan masa depan, Indonesia menempati posisi ke-45 dari 54 kriteria yang dinilai. Kondisi serupa juga dilaporkan oleh situs IMD, di mana Indonesia menempati peringkat ke-47 dalam laporan *Digital Skills Gap Index* yang disusun oleh Wiley, yang mengindikasikan seberapa besar kesenjangan antara keterampilan digital dan kebutuhan dalam teknologi digital. Hal ini menunjukkan tingkat kompetitivitas digital yang masih rendah bagi Indonesia.

Dari segi infrastruktur, kDari segi infrastruktur, etika melihat kecepatan akses *internet mobile* dan *broadband* tetap, Indonesia berada di bawah rata-rata dunia, terutama jika dibandingkan dengan Uni Emirat Arab (Gambar 5.1). Meskipun demikian, dalam pasar digitalnya, Indonesia setidaknya menempati posisi yang cukup baik di antara negara-negara ASEAN. Bahkan, termasuk salah satu yang tertinggi, terutama jika dikaitkan dengan proyeksi dalam beberapa tahun ke depan (Gambar 5.2).



Gambar 5.1 Kecepatan internet Indonesia dibandingkan dengan dunia dan Uni Emirat Arab

Menurut Oxford *Insight* dalam konteks Government AI Readiness Index di Asia Timur, Indonesia menempati peringkat kedelapan, berada di bawah Malaysia dan Thailand. Penilaian ini didasarkan pada sejumlah kriteria, termasuk data, infrastruktur teknologi pemerintah, sektor teknologi, dan aspek lainnya yang kemudian diuraikan ke dalam beberapa subsektor. Menurut AI Readiness Index dari 12 negara yang disurvei, Indonesia menempati posisi ke-10. Penilaian ini dilakukan dengan mempertimbangkan aspek infrastruktur, data, keterampilan,

etika AI, dan integrasi. Hasilnya menunjukkan bahwa Indonesia masih memiliki tingkat kesiapan yang cukup rendah dalam hal tersebut. Meskipun demikian, Indonesia memiliki kekuatan di bidang digital *startup*. Beberapa *startup* telah mencapai status dekakon dan unicorn. Dua di antaranya adalah Bukalapak dan eFishery, yang didirikan oleh alumni ITB.

Projected gross merchandise value (GMV) in 2025 (billion US\$)

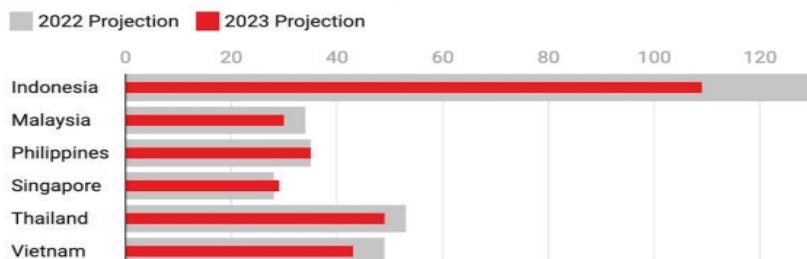


Chart: JP/Vincent Fabian Thomas • Source: e-Economy SEA report • Created with [Datawrapper](#)

Gambar 5.2 Proyeksi ekonomi digital negara-negara ASEAN



Gambar 5.3 Analisis SWOT lingkungan digital Indonesia

Berdasarkan data-data tersebut, dapat dirangkum beberapa kelemahan, kekuatan, ancaman, dan peluang (SWOT) untuk lingkungan digital Indonesia (Gambar 5.3). Ancaman datang dari banjir produk ICT dari luar negeri, serta keberadaan strategi nasional teknologi digital yang konsisten di negara lain dan infrastruktur

ICT yang lebih baik di negara maju. Namun, Indonesia memiliki peluang karena telah memiliki visi terkait *e-commerce*, *e-government*, dan *e-society*, didukung oleh bonus demografi dan pertumbuhan ekonomi digital yang cepat. Di sisi lain, terdapat perkembangan baru dalam teknologi digital seperti *Internet of Things*, *blockchain*, *digital twin*, realitas virtual (*virtual reality*), realitas tertambah (*augmented reality*), kecerdasan buatan (*artificial intelligence*), informasi kuantum, robotika, dan lainnya, yang memberikan peluang terbuka bagi daya saing Indonesia sejauh dilakukan dengan strategi yang tepat.

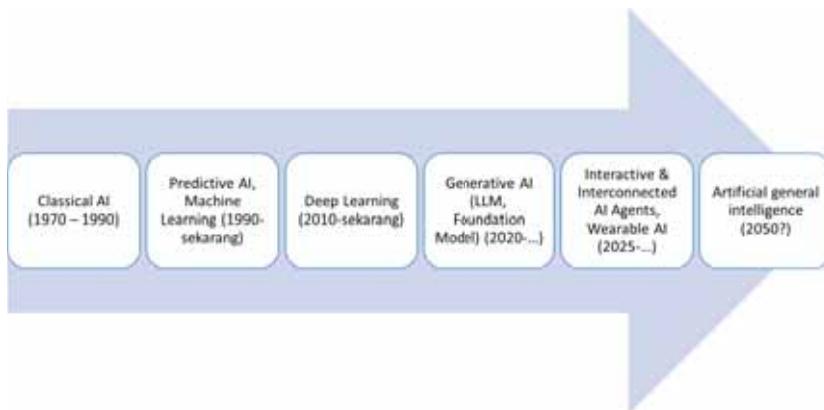
5.2. TEKNOLOGI AI DAN EVOLUSINYA

AI, singkatan dari *Artificial Intelligence*, merupakan bidang ilmu yang bertujuan menghasilkan komputer yang lebih ‘cerdas’ daripada yang dapat dihasilkan saat ini, mendekati kemampuan manusia dalam memecahkan masalah, *perceiving*, *acting*, *learning*, *understanding*, dan *reasoning*, serta mampu mengolah data yang tidak pasti. Meskipun masih dalam pengembangan, AI sudah hadir di berbagai aspek kehidupan sehari-hari, seperti Google Translate, iPhone Siri, pengubahan foto dan video dengan bantuan AI, sistem perekомендasi Amazon, pengenalan wajah, *chat bot*, dan *drone* yang dilengkapi dengan AI, serta diterapkan dalam berbagai bidang lainnya.

Dalam bidang *Artificial Intelligence* (AI), terdapat beberapa bidang utama, di antaranya adalah *computer vision* yang bertujuan meniru kemampuan indra mata manusia, pengolahan bahasa alami atau *natural language processing* yang saat ini dikenal sebagai *large language model* (LLM) seperti ChatGPT, aplikasi dalam bidang robotics baik di darat, udara, maupun bawah air, serta pemanfaatan dalam *big data analytics* untuk mengekstrak pengetahuan atau kecenderungan dari data yang sangat besar.

Setelah perkembangan *Machine Learning* dan *Deep Learning* dalam tiga dekade terakhir, dalam beberapa tahun terakhir berkembang *Generative AI*. *Generative AI* adalah sebuah teknologi AI yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan data baru dari *input* berupa teks, gambar, audio, atau video. Teknologi ini mampu menciptakan data baru dalam bentuk teks, seperti yang dilakukan oleh model ChatGPT,

atau mengubah teks menjadi gambar, video, seperti yang diamati dalam beberapa alat generative AI.



Gambar 5.4 Evolusi teknologi kecerdasan buatan (AI)

Evolusi AI diilustrasikan dalam diagram yang menunjukkan perkembangan dari AI klasik, *machine learning*, *deep learning*, hingga *generative AI* (Gambar 5.4). *Deep Learning* dan *Generative AI* didasarkan pada pemahaman tentang cara kerja otak manusia dan pada masa depan diperkirakan akan mengarah pada kemunculan *artificial general intelligence* yang mendekati kemampuan kecerdasan manusia, sebagaimana visi yang diusung oleh pendiri OpenAI. Dalam beberapa tahun ke depan, AI diharapkan akan saling berinteraksi diantara mereka dan bahkan mungkin digunakan di dalam tubuh manusia.

5.2.1. STRATEGI NASIONAL

Strategi nasional di bidang AI (Gambar 5.5) diluncurkan pada Juli 2020, yang dikembangkan secara kolaboratif dan melibatkan banyak pihak. Strategi ini dibangun dalam lima bidang prioritas: pelayanan kesehatan, reformasi birokrasi, pendidikan dan riset, ketahanan pangan dan mobilitas, serta kota cerdas. Strategi tersebut ditopang oleh empat pilar utama, yaitu etika dan kebijakan AI, infrastruktur dan data, pengembangan talenta dan riset, serta inovasi industri.



Gambar 5.5 Strategi nasional AI

Dalam strategi nasional untuk ekonomi digital, Kementerian Koordinator Bidang Ekonomi Republik Indonesia telah menerbitkan sebuah buku putih. Dokumen tersebut secara khusus menyoroti beberapa aspek penting, seperti visi/rencana ke depan, infrastruktur, pengembangan sumber daya manusia, iklim bisnis, keamanan siber, pendanaan riset dan inovasi, investasi, serta kebijakan dan regulasi. Namun, terdapat beberapa area di mana intervensi pemerintah masih belum mencukupi. Beberapa tantangan yang dihadapi tiap sektor antara lain:

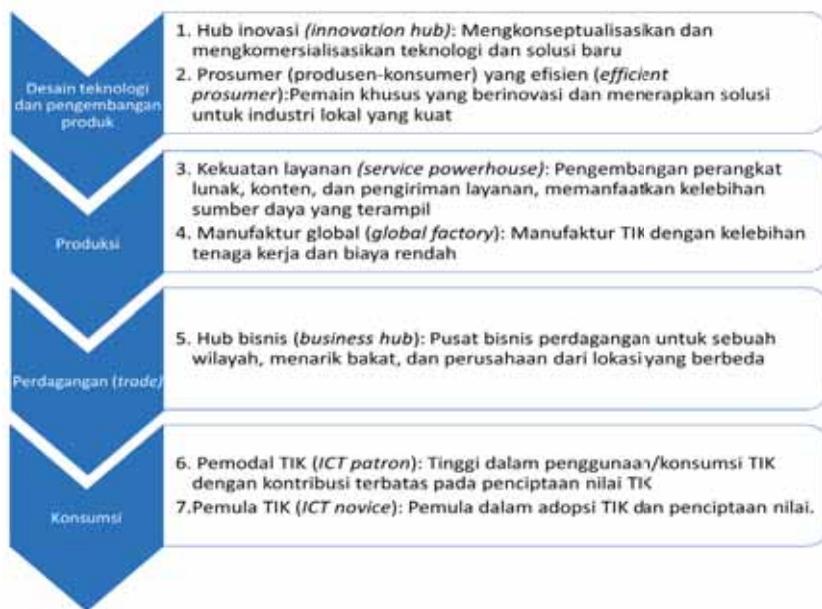
1. Visi
 - Inisiatif yang tumpang tindih dan pengusahaan sinergi yang terbatas.
 - Terdapat beberapa rencana jalan digital (misalnya 20+ rencana jalan); rencana jalan ini akan menjadi rencana utama untuk ekonomi digital.

2. Infrastruktur
 - a. Konektivitas yang kurang optimal (peringkat ke-3 dari segi kecepatan internet).
 - b. Ekosistem pusat data & *cloud* yang belum berkembang.
 - c. Penetrasi perangkat yang rendah (hanya 18% rumah tangga memiliki akses ke komputer).
3. Sumber daya manusia
 - a. Tenaga ahli Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) yang tidak mencukupi (0,8% dari total angkatan kerja).
 - b. Kesenjangan dalam sistem pendidikan dasar (#72 peringkat PISA).
 - c. Setengah dari pekerjaan yang ada diperkirakan membutuhkan peningkatan keterampilan.
4. Iklim bisnis dan keamanan siber
 - a. Digitalisasi yang terbatas (hanya 30% bisnis mengadopsi web).
 - b. Jakarta menjadi ekosistem *startup* yang kurang menarik.
 - c. Kurangnya kebijakan dan prosedur keamanan siber.
5. Penelitian, inovasi, dan pengembangan bisnis
 - a. Peringkat rendah (#75) dibandingkan dengan rekan sejawat pada Indeks Inovasi Global.
 - b. Komitmen yang tidak mencukupi untuk riset & pengembangan (misalnya anggaran riset & pengembangan, jumlah peneliti, insentif).
6. Pendanaan dan investasi
 - a. Belanja sektor pemerintah dan swasta yang rendah untuk TIK (Indonesia 1% terhadap PDB dibandingkan dengan rata-rata *benchmark* 3%).
 - b. Bagian rendah investasi FDI dan VC sebagai % dari PDB.
7. Kebijakan dan peraturan
 - a. Peringkat rendah pada kualitas kebijakan dan peraturan (misalnya WDC, NRI, WGI, G5).
 - b. Absennya regulator TIK independen.
 - c. Kesenjangan kebijakan & regulasi utama di seluruh pilar ekonomi digital (DE).
 - d. Indonesia hanya memiliki 7 dari ± 30 kunci intervensi ekonomi digital.

5.2.2. PENDEKATAN STRATEGI NASIONAL UNTUK MENUJU INDONESIA DIGITAL

Strategi nasional ekonomi digital Indonesia melibatkan *digital government*, *digital business*, *digital industry*, dan *digital society*, sehingga cakupannya cukup luas ketika berbicara tentang strategi nasional dalam ranah digital.

Oleh karena itu, dapat diusulkan satu pendekatan dalam memperbarui strategi nasional dalam teknologi digital, yaitu dengan mengidentifikasi posisi Indonesia dalam perspektif *ICT value chain and archetypes* (Gambar 5.6).

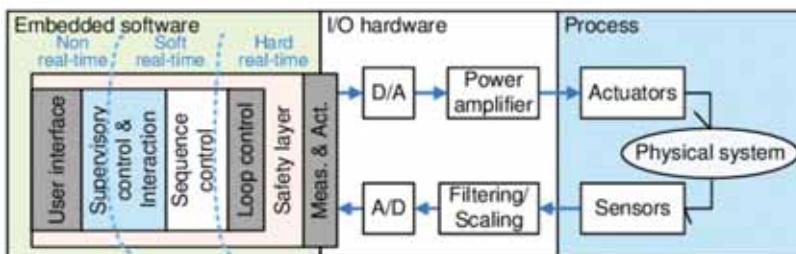


Gambar 5.6 *ICT service chain and archetype*

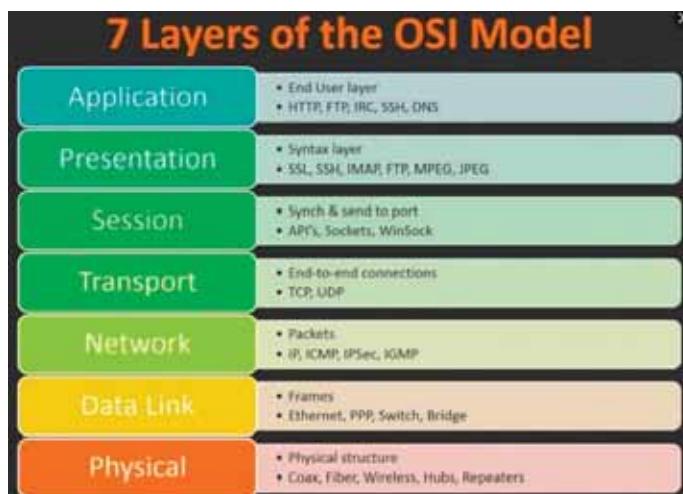
Langkah ini melibatkan kategorisasi apakah Indonesia termasuk dalam *Innovation Hub*, *Service Powerhouse*, *Efficient Prosumer*, *Global Factory*, *Business Hub*, atau *ICT Patron* dan *ICT Novice*. Setelah identifikasi pengelompokan ini dilakukan, langkah selanjutnya adalah mengembangkan strategi yang sesuai dengan kategori tersebut dan merumuskan kebijakan serta langkah-langkah selanjutnya dalam peta jalan strategis. Sebagai contoh, dalam pandangan saya saat ini, Indonesia tampaknya berada dalam kategori *ICT Patron*, tapi pada

masa depan perlu dipertimbangkan rencana yang lebih strategis apakah Indonesia ingin berperan sebagai *Business Hub* atau bahkan sebagai bagian dari *Global Factory*, yang akan memerlukan strategi tersendiri.

Dalam pengembangan strategi nasional digital, penting untuk memahami konsep yang dikenal sebagai *digital technology stack* atau tumpukan teknologi digital. Hal ini melibatkan pemahaman posisi industri kita dalam berbagai level teknologi, seperti di dalam komputer, *embedded systems* (Gambar 5.7), atau jaringan komunikasi (Gambar 5.8). Dengan mengamati *technology stack* ini, kita dapat menentukan peran kita dalam berbagai level teknologi tersebut.



Gambar 5.7 *embedded system*



Gambar 5.8 Jaringan komunikasi (*communication networks*)

Dalam bidang kecerdasan buatan (AI), kita mengenal konsep *AI software stack*, *AI hardware stack*, *AI technology component stack*, dan *AI system on-chip design stack*. Setiap stack ini memiliki karakteristik

tersendiri. Penting bagi Indonesia untuk memahami di mana kita akan berperan di masa depan dalam masing-masing *stack* tersebut. Sedangkan dalam pengembangan teknologi digital, terdapat banyak aspek yang perlu dipertimbangkan, seperti talenta digital, riset, dan inovasi (Gambar 5.9). Selain itu, penting juga untuk mengembangkan industri digital, mengadopsi teknologi digital, menciptakan ekosistem inovasi, dan merumuskan kebijakan yang sesuai dari pemerintah. Faktor-faktor lain yang berpengaruh termasuk iklim bisnis, investasi teknologi, keamanan siber, serta transparansi. Namun, infrastruktur tetap menjadi inti dari teknologi digital.



Gambar 5.9 Aspek pengembangan teknologi digital

5.3. REKOMENDASI

Berdasarkan pembahasan mengenai strategi nasional dan pendekatannya, maka dapat diberikan rekomendasi sebagai berikut.

1. Visi & Strategi Nasional

- Visi & Strategi transformasi digital yang komprehensif, dinamis, terintegrasi, dan berkelanjutan.
- Penyusunan peta jalan membangun kemandirian dalam teknologi digital berdasarkan identifikasi *digital value chain & archetypes*.

- Kebijakan yang mendukung kemandirian dlm teknologi digital dan percepatan transformasi digital.
1. Investasi Teknologi Digital
 - Investasi dalam infrastruktur digital (*networks, super-computer cluster, cloud, data center, edge computing*, perangkat lunak).
 - *Grand challenges*
 - Skema PPP (public private partnerships) dalam mendukung ekosistem inovasi dan industri digital.
 2. Riset dan Inovasi Teknologi Digital
 - Fasilitasi ekosistem inovasi.
 - Pemetaan dan pembangunan pusat unggulan yang bersinergi.
 - Pengembangan dan manfaatan *technology stack*.
 - Memprioritaskan *Open Source* (*Open SW, Open HW, Open Firmware*).
 3. Talenta Digital
 - Pembelajaran ICT di sekolah.
 - PT dengan fokus teknologi digital.
 - *Computational thinking & AI mindset*.
 - ICT *iteration/course/training/workshop* di pemerintah & swasta.
 4. Ekosistem Inovasi
 - Penguatan ekosistem inovasi digital.
 - Penguatan riset dan pengembangan teknologi digital.
 5. Industri Digital
 - Menetapkan kebijakan pengembangan industri digital.
 - Menyusun pengembangan industri digital sesuai dengan *technology stack*.
 - Industri 4.0/5.0 di industri manufaktur prioritas (elektronika, makanan-minuman, otomotif, tekstil, kimia).
 6. Ekonomi Terdigitalisasi
 - Menetapkan sektor prioritas (energi, *smart agriculture*, kesehatan, ketahanan pangan, maritim, transportasi, *smart city, e-government*).
 7. *Microelectronics*
 - Pembangunan microelectronics design.
 - Pengembangan industri semikonduktor.
 - Spesifik dalam bidang *microelectronics*, alangkah baiknya bila Indonesia ke depan dapat membangun desain

mikroelektronika atau desain chip dan mengembangkan industri semikonduktor, mengingat bahwa teknologi semikonduktor merupakan teknologi dasar dari semua perkembangan teknologi digital.

8. *Quantum Information*

- Pengembangan kapasitas dan kapabilitas dalam quantum security, quantum communication dan quantum computing
- Terkait dengan perkembangan dalam bidang Quantum Information, kiranya dapat dikembangkan kapasitas dan kapabilitas, misalnya dalam bidang Quantum security, Quantum communication, dan dalam jangka yang lebih panjang, yaitu Quantum computing.

9. Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*)

- Computer vision, natural language processing, big data analytics, robotics, generative AI.
- Infrastruktur (HPC) & data, talenta, riset & inovasi industri.
- Energi, pangan, kesehatan, layanan publik, smart city & mobility, industri prioritas, pendidikan dan riset, kebencanaan, dan pertahanan-keamanan (hankam).
- Dalam bidang Artificial Intelligence, terdapat beberapa bidang di mana kita dapat mengembangkan teknologinya, seperti Computer Vision, Natural Language Processing, pengembangan Large Language Model berbahasa Indonesia, Big Data Analytics, Robotics, dan Generative AI. Namun, untuk mencapai pengembangan AI yang maju, kita memerlukan High Performance Computing, seperti Graphical Processing Unit (GPU), serta governance yang tepat terhadap data. Selain itu, SDM atau talenta dan riset serta inovasi juga menjadi faktor penting dalam mendukung ekosistem inovasi dalam bidang AI. Dalam penerapannya, AI dapat diterapkan pada berbagai bidang praktis dalam kehidupan kita, termasuk energi, pangan, kesehatan, layanan publik, smart city, smart mobility, industri prioritas seperti tekstil, otomotif, kimia, makanan dan minuman, serta dalam penanggulangan bencana dan keamanan pertahanan.

10. Keamanan Siber (*Cybersecurity*)

- Perlu legal framework keamanan data.
- Peningkatan kapasitas dan kapabilitas dalam mengidentifikasi

- aspek dan risiko kritis dan memproteksi dan mendeteksi events/incidents keamanan.
- Mencakup keamanan aplikasi, jaringan, komputer, dan perangkat keras (*hardware*)
 - Dalam bidang cyber security, diperlukan sebuah legal framework yang memastikan keamanan data, meningkatkan kapasitas dan kapabilitas dalam mengidentifikasi aspek dan risiko kritis, serta melindungi data dan mendeteksi peristiwa atau insiden yang terkait dengan keamanan. Selain itu, perlu peningkatan dalam cyber security yang mencakup berbagai aspek, mulai dari keamanan informasi dan aplikasi, hingga keamanan jaringan, komputer, dan bahkan keamanan perangkat keras (*hardware*). Di Indonesia, studi tentang keamanan perangkat keras masih terbatas, sehingga kita banyak mengandalkan produk hardware dari luar negeri. Namun, hal ini juga menimbulkan pertanyaan tentang aspek keamanan yang dapat mengancam kedaulatan negara.
11. Jaringan (*Networks*)
- Peningkatan kecepatan jaringan (*mobile & fixed broadband*).
 - Akses jaringan di daerah terpencil dan 3T.
12. Industri Perangkat Keras (*hardware/HW*) dan perangkat lunak (*software/SW*)
- Percepatan industri HW/SW .
 - Penguatan ekosistem industri.
13. Industri Laptop
- Akselerasi industri laptop dan gadget dg TKDN tinggi dan *value chain*-nya.
 - Local brand & local OEM (*Original Equipment Manufacturer*).
 - Indonesia sebagai hub OEM & ODM (*Original Design Manufacturer*) ASEAN.
 - Industri yang terkait dengan laptop dan *gadget* membutuhkan akselerasi khusus dengan meningkatkan tingkat kandungan dalam negeri. Perlu adanya pembangunan *value chain*, seperti pengembangan merek lokal (*local brand*) dan desain lokal (*local OEM*). Selain itu, Indonesia juga memiliki potensi untuk menjadi pusat produksi (hub) untuk *Original Design Manufacturer* (ODM) dan *Original Equipment Manufacturer* (OEM) dalam industri laptop ini.

5.4. INOVASI ITB DALAM TEKNOLOGI DIGITAL & AI

Inovasi dari Institut Teknologi Bandung (ITB) dalam teknologi digital dan Kecerdasan Buatan (AI) dapat diringkas sebagai berikut: pertama, ITB telah mengembangkan teknologi semikonduktor dan menghasilkan berbagai *chip*. Selanjutnya, dalam bidang kuantum, ITB melakukan penelitian terkait dengan komunikasi kuantum, kriptografi kuantum, dan komputasi kuantum. Di sektor kesehatan, ITB menciptakan Niva untuk deteksi dini penyakit kardiovaskular. Selain itu, ITB juga menghasilkan produk terkait jaringan komunikasi seperti Radar cuaca, Radar trainer, dan Radar pasif, serta menginisiasi pengembangan Radar GCI dan Esa Radar. Kerja sama dengan PT Inka menghasilkan tram listrik otomatis yang menggunakan Kecerdasan Buatan. ITB juga mengembangkan berbagai jenis robot, baik darat, bawah air, maupun udara. Di bidang keamanan siber, ITB mengembangkan teknologi *blockchain* dan produk terkait keamanan data dan jaringan. ITB juga terlibat dalam desain dan fabrikasi laptop. Selain itu, ITB menghasilkan produk terkait metaverse, model SmartCity, dan indeks Smart City. Lab *e-learning* ITB juga menggunakan teknologi realitas virtual. Terakhir, ITB menghasilkan produk AI dalam bidang *computer vision*, pengolahan bahasa alami, dan analisis *big data*. Secara ringkas, ITB dengan sumber daya manusianya dan rekam jejak dalam pendidikan, riset dan inovasi di bidang bidang IT dan AI siap berperan dan berkontribusi penting dalam mendukung transformasi digital Indonesia.

6

TANTANGAN BIDANG KESEHATAN MENUJU INDONESIA EMAS

Prof. Dr. Ir. Tati Latifah Erawati Rajab

- 
- 6.1. Pendahuluan: Penyelenggaraan Layanan Kesehatan Masyarakat
 - 6.2. Kondisi Kesehatan di Indonesia dan Tantangannya
 - 6.3. Pengembangan Produk Biomedika di Lingkungan ITB

6.1. PENDAHULUAN: PENYELENGGARAAN LAYANAN KESEHATAN MASYARAKAT

Pada tahun 2024, Kementerian Kesehatan telah merumuskan sebuah rencana strategis untuk mendorong masa depan kesehatan Indonesia melalui transformasi digital. Dokumen tersebut menitikberatkan pada strategi transformasi digital kesehatan hingga tahun 2045, dengan penekanan pada pentingnya data dan fakta dalam pengambilan keputusan serta integrasi program-program kesehatan. Langkah ini diharapkan akan menjadi pendorong utama peningkatan kesehatan masyarakat. Hal ini menjadi sangat penting mengingat bahwa kesehatan masyarakat adalah hal yang fundamental dan berdampak langsung pada berbagai aspek kehidupan, termasuk ekonomi, produktivitas, pendidikan, lingkungan, kehidupan keluarga, dan kualitas hidup masyarakat secara keseluruhan.

Tanggung jawab negara dalam penyelenggaraan layanan kesehatan masyarakat telah diatur dengan jelas dalam Undang-Undang Dasar. Pasal 34 ayat 3 menegaskan bahwa negara bertanggung jawab atas penyediaan fasilitas pelayanan kesehatan yang layak. Selain itu, Undang-Undang No. 17 Tahun 2023 Pasal 6 hingga Pasal 16, menetapkan bahwa pemerintah pusat dan daerah memiliki tanggung jawab untuk merencanakan, mengatur, menyelenggarakan, membina, dan mengawasi upaya kesehatan yang bermutu, aman, efisien, merata, dan terjangkau oleh masyarakat. Meskipun demikian, terdapat kesenjangan antara teori dan praktik yang menunjukkan perlunya evaluasi lebih lanjut. Dalam konteks ini, penting untuk menganalisis data saat ini guna mengidentifikasi kondisi sebenarnya yang mungkin menjadi alasan mengapa implementasi masih belum memadai.

6.2. KONDISI KESEHATAN DI INDONESIA DAN TANTANGANNYA

6.2.1. TANTANGAN INFRASTRUKTUR KESEHATAN DI INDONESIA

Data BPS tahun 2023 menunjukkan bahwa Indonesia masih memiliki layanan dan fasilitas kesehatan yang tergolong minim. Dengan

populasi lebih dari 270 juta di 38 provinsi dan pertumbuhan sebesar 1,1%, sekitar 60% berada di Jawa. Populasi aktif antara 20 hingga 50 tahun mencapai 120 juta, sementara jumlah rumah sakit hanya sekitar 3.000 dan puskesmas lebih dari 10.000. Hal ini memunculkan pertanyaan apakah infrastruktur kesehatan saat ini sudah memadai dan cukup untuk memberikan pelayanan kesehatan yang prima kepada masyarakat. Dengan rasio dokter hanya sebesar 0,7 per 1.000 penduduk, dan jumlah spesialis yang juga rendah, yaitu 3 per 1.000 penduduk, serta jumlah penyakit dalam yang terbatas. Perbandingan dengan negara-negara tetangga seperti Singapura (2,3 per 1.000 penduduk) dan Malaysia (1,5 per 1.000 penduduk) menunjukkan bahwa Indonesia masih memiliki kekurangan dalam jumlah dokter. Hal ini menyebabkan sebagian masyarakat Indonesia memilih untuk berobat ke negara-negara tetangga yang memiliki akses pelayanan kesehatan yang lebih baik. Dibandingkan dengan negara-negara maju lainnya seperti Korea, Jepang, Jerman, Cina, dan Amerika Serikat, Indonesia masih jauh tertinggal dalam rasio dokter per penduduk. Dengan rata-rata dunia sebesar 1,7 dokter per 1.000 penduduk, Indonesia masih berada di bawah standar tersebut.

Indonesia memiliki lebih dari 3.000 rumah sakit, tetapi jumlah tempat tidur yang tersedia masih terbatas. Dengan rasio tempat tidur rumah sakit hanya sebesar 1,17 per 1.000 penduduk, Indonesia jauh tertinggal dibandingkan dengan negara-negara lain. Singapura memiliki rasio tempat tidur sebesar 2,5, Malaysia 1,9, dan Filipina 1,0. Sedangkan negara maju seperti Korea Selatan memiliki rasio 12,4, Jepang 13, dan Jerman 8. Bahkan Cina, sebagai negara dengan populasi terbesar di dunia, memiliki rasio tempat tidur sebesar 3. Dibandingkan dengan rata-rata dunia sebesar 2,9, Indonesia masih sangat jauh dalam hal ketersediaan tempat tidur rumah sakit. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk meningkatkan investasi dalam infrastruktur kesehatan, termasuk penambahan jumlah tempat tidur rumah sakit, guna memenuhi kebutuhan masyarakat akan pelayanan kesehatan yang memadai.

6.2.2. KETERSEDIAAN TEKNOLOGI KESEHATAN

Keadaan teknologi tinggi dalam sektor kesehatan, terutama dalam hal MRI (*Magnetic Resonance Imaging*). Meskipun teknologi MRI penting

untuk diagnosis dan penanganan penyakit, Indonesia masih memiliki akses yang terbatas dengan hanya 1,1 MRI per 1 juta penduduk (Tabel 6.1). Perbandingannya dengan negara-negara maju sangat mencolok; misalnya, Jepang memiliki rasio MRI sebesar 55,21, Jerman 34,7, dan Amerika Serikat 40,4. Keterbatasan akses terhadap teknologi tinggi ini menunjukkan bahwa Indonesia masih memiliki banyak pekerjaan yang harus dilakukan untuk meningkatkan infrastruktur kesehatan dan memberikan pelayanan kesehatan yang berkualitas kepada masyarakat.

Tabel 6.1 Perbandingan jumlah perangkat MRI per 1 juta penduduk Indonesia dengan negara maju

Negara	Jumlah Perangkat MRI per 1 Juta Penduduk
Indonesia (KemKes 2023)	1,11
Jepang	55,21
Jerman	34,71
USA	40,44

Data dari ASPAKI menunjukkan bahwa pada tahun 2022, sebanyak 88% dari alat kesehatan yang digunakan masih merupakan produk impor. Ini merupakan data terakhir yang tersedia, yang mencakup periode lima tahun sebelumnya. Meskipun nilai impor alat kesehatan telah meningkat dari 8 triliun menjadi 40 triliun, tetapi masih terdapat ketergantungan yang signifikan terhadap impor. Namun, perlu dicatat bahwa Indonesia juga memiliki ekspor alat kesehatan yang cukup signifikan, dengan nilai mencapai 16 triliun. Hal ini terjadi terutama karena respons terhadap pandemi COVID-19 yang memicu peningkatan produksi dan ekspor alat kesehatan seperti jarum suntik, masker, dan APD. Meskipun demikian, data juga menunjukkan bahwa ketergantungan terhadap impor juga terjadi pada sektor obat-obatan, di mana sekitar 90% dari produk obat yang digunakan masih bersumber dari luar negeri.

6.2.3. MENINGKATNYA KLAIM KESEHATAN DAN TANTANGAN DI ERA BPJS: PANDANGAN KE DEPAN

Sejak Januari 2014, Indonesia telah menerapkan program Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) yang bertujuan untuk memberikan perlindungan kesehatan bagi seluruh rakyat Indonesia.

Pada tahun 2023, data dari BPJS menunjukkan bahwa jumlah klaim yang diajukan mencapai lebih dari 34,7 triliun rupiah. Delapan penyakit utama yang menjadi fokus klaim tersebut adalah jantung, kanker, stroke, gagal ginjal, penyakit darah, hemofilia, talasemia, leukemia, dan sirosis. Penyakit jantung menempati peringkat pertama dengan jumlah klaim sebesar 17,6 triliun rupiah. Dibandingkan dengan tahun sebelumnya, klaim untuk delapan penyakit ini meningkat sebesar 44,4%. Hal ini menimbulkan pertanyaan tentang bagaimana menghadapi tren kenaikan klaim yang terus meningkat dan bagaimana menangani kebutuhan perawatan kesehatan yang semakin meningkat bagi individu yang sakit.

Pengalaman pandemi COVID-19 telah menjadi titik tolak penting bagi kesadaran kita akan pentingnya meningkatkan kewaspadaan dan tindakan antisipatif dalam menghadapi masalah kesehatan masyarakat. Lebih dari sekadar menanggapi kejadian yang terjadi, kita perlu memanfaatkan kemajuan teknologi dalam bidang kesehatan untuk memperkuat pendekatan preventif. Dengan memanfaatkan teknologi kesehatan yang terus berkembang, seperti penggunaan perangkat pintar atau *smart equipment* serta layanan konsultasi jarak jauh, kita dapat meningkatkan upaya deteksi dini dan pencegahan penyakit. Dengan demikian, kita dapat meminimalkan kebutuhan akan tindakan kuratif yang memakan biaya dan sumber daya lebih besar. Melalui aplikasi *online* dan komunikasi jarak jauh dengan para pakar, kita dapat menyediakan akses kepada kepakaran yang diperlukan di tempat-tempat yang sulit dijangkau. Semua ini merupakan refleksi dari pembelajaran dari pandemi COVID-19 yang mendorong kita untuk menjadi lebih cerdas dalam menjaga kesehatan, sehingga diharapkan ke depannya kita dapat mengurangi dampak dari bencana kesehatan yang mungkin terjadi.

Indonesia perlu merancang suatu program yang realistik, solid, dan terintegrasi dalam upaya mengejar ketinggalan di berbagai sektor industri dalam negeri, termasuk jumlah rumah sakit, dokter, dan bidang lainnya. Program ini harus memiliki dampak luas dan mampu meningkatkan semua aspek dari hulu ke hilir secara sinkron. Namun, saat ini masih terdapat kekurangan dalam menjelaskan jalur, aplikasi, serta sumber pendanaan yang jelas. Perencanaan harus dimulai dari titik yang tepat, dengan alokasi dana yang jelas dan sumber pendanaan

yang terukur. Program ini harus dapat diimplementasikan secara realistik agar mampu menyediakan layanan kesehatan yang merata di seluruh wilayah, menjamin kecukupan dan kesejahteraan tenaga medis, serta mendorong perkembangan industri farmasi dalam negeri untuk mengikuti perkembangan teknologi kesehatan dunia.

Indonesia saat ini memiliki lebih dari 10.000 Puskesmas yang berperan sebagai garda terdepan dalam menyediakan layanan kesehatan di seluruh wilayah (Tabel 6.2). Dengan meningkatkan fasilitas dan menambah tanggung jawab Puskesmas, seperti memberikan layanan *medical checkup*, kita dapat mengangkat standar pelayanan Puskesmas ke tingkat yang lebih baik. Salah satu langkah yang dapat diambil adalah dengan meningkatkan kelas Puskesmas agar dapat menyediakan layanan *medical checkup* minimal. Hal ini dapat dicapai dengan mengintegrasikan Puskesmas ke dalam jaringan informasi Nasional, sehingga layanan *medical checkup* dapat tersedia secara merata di seluruh Indonesia. Mengoptimalkan fasilitas Puskesmas ini merupakan langkah yang dapat dilakukan secara bertahap, seperti dalam program lima tahunan menuju Indonesia Emas 2045. Dengan demikian, masyarakat Indonesia dapat mendapatkan akses lebih baik terhadap layanan *medical checkup*, yang merupakan impian kita semua dalam meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan.

Tabel 6.2 Jumlah puskesmas per provinsi di Indonesia

No	Provinsi	Jumlah Puskesmas
1	ACEH	360
2	SUMATERA UTARA	615
3	SUMATERA BARAT	279
4	RIAU	234
5	JAMBI	207
6	SUMATERA SELATAN	345
7	BENGKULU	179
8	LAMPUNG	315
9	KEPULAUAN BANGKA BELITUNG	64
10	KEPULAUAN RIAU	93
11	DKI JAKARTA	315
12	JAWA BARAT	1080
13	JAWA TENGAH	879
14	D.I. YOGYAKARTA	121
15	JAWA TIMUR	971
16	BANTEN	245
17	BALI	120
18	NUса TENGGARA BARAT	175
19	NUса TENGGARA TIMUR	421
20	KALIMANTAN BARAT	247
21	KALIMANTAN TENGAH	205
22	KALIMANTAN SELATAN	237

No	Provinsi	Jumlah Puskesmas
23	KALIMANTAN TIMUR	187
24	SULAWESI UTARA	198
25	SULAWESI SELATAN	469
26	SULAWESI TENGGARA	293
27	GORONTALO	93
28	SULAWESI BARAT	98
29	MALUKU	222
30	MALUKU UTARA	147
31	PAPUA	437
32	PAPUA BARAT	162
33	SULAWESI TENGAH	215
34	KALIMANTAN UTARA	56

6.2.4. PENINGKATAN FASILITAS DAN PERAN PUSKESMAS DALAM MENINGKATKAN LAYANAN KESEHATAN

Dari Aceh hingga Papua, jumlah Puskesmas di seluruh Indonesia beragam. Salah satu provinsi dengan jumlah Puskesmas terbanyak adalah Jawa Barat, yang memiliki 1.080 Puskesmas. Namun, meskipun jumlahnya banyak, fasilitas di Puskesmas tidak selalu merata. Untuk meningkatkan layanan kesehatan yang lebih baik, kita dapat mengambil contoh dari transformasi yang berhasil dilakukan dalam sektor transportasi, seperti pada kereta api. Dulu, persepsi terhadap kereta api cenderung negatif, tetapi dengan kebijakan dan transformasi yang dilakukan, kini kita dapat menikmati layanan kereta api dengan lebih baik. Hal serupa dapat diterapkan pada Puskesmas dengan memberikan perhatian dan investasi yang lebih besar dalam meningkatkan fasilitas dan layanan. Dengan memberikan dorongan dan sumber daya yang memadai, Puskesmas dapat mengalami perubahan positif yang akan memberikan manfaat besar bagi masyarakat dalam mendapatkan layanan kesehatan yang lebih baik.

Program *medical checkup* memiliki potensi untuk menjadi pendorong utama dalam meningkatkan berbagai kegiatan terkait dengan kesehatan dari hulu ke hilir. Bayangkan jika program ini diterapkan di 38 provinsi di Indonesia, menjadi pusat untuk memantau kesehatan masyarakat secara luas melalui platform *online*. Ini akan memungkinkan Menteri Kesehatan untuk mendapatkan informasi yang terkini secara langsung, serta menjadi pusat konsultasi bagi pakar kesehatan secara *remote*. Program ini juga dapat berperan sebagai konsultan dalam memperbaiki pola hidup sehat, merespons wabah penyakit dengan lebih cepat, dan mendeteksi penyakit secara

dini. Selain manfaat kesehatan, program ini juga memiliki potensi untuk mengurangi beban biaya kesehatan yang ditanggung oleh BPS dan BPJS, serta menciptakan peluang kerja baru bagi tenaga medis di seluruh Indonesia. Jika kebutuhan akan alat kesehatan dapat ditetapkan lima tahun sebelumnya, ini akan memberikan kesempatan bagi industri dan lembaga penelitian untuk mengembangkan peralatan kesehatan yang dibutuhkan, dengan potensi pasar sebanyak 10.000 unit. Ini tentu akan menarik minat banyak industri untuk memanfaatkannya dalam mengembangkan inovasi kesehatan.

Untuk meningkatkan keamanan bangsa, ketergantungan pada impor alat kesehatan harus dikurangi sebanyak mungkin. Ini dapat dicapai melalui program yang bertujuan untuk mengatasi ketergantungan tersebut dengan meningkatkan kegiatan industri dalam negeri. Kolaborasi antara industri dan lembaga riset dapat membantu dalam memenuhi kebutuhan lokal dan mengurangi impor bahan baku obat-obatan. Selain itu, peningkatan kemampuan industri dalam negeri dalam melakukan riset dan eksplorasi kekayaan hayati Indonesia juga penting untuk mengurangi ketergantungan pada luar negeri dalam hal kesehatan.

6.3. PENGEMBANGAN PRODUK BIOMEDIKA DI LINGKUNGAN ITB

Program teknik biomedika di ITB tidak hanya terfokus pada bidang elektro, tetapi juga mencakup berbagai disiplin ilmu lainnya seperti mesin, fisika, farmasi, kimia, dan bidang terkait yang relevan. Hal ini menunjukkan bahwa program ini memiliki cakupan yang luas dan multidisiplin, sehingga memungkinkan mahasiswa untuk mendapatkan pemahaman yang holistik dalam mengintegrasikan teknologi dengan ilmu kesehatan. Dengan demikian, program ini dapat menghasilkan lulusan yang memiliki pengetahuan dan keterampilan yang beragam, sesuai dengan tuntutan pasar dan kebutuhan industri di bidang teknologi kesehatan. ITB telah mengembangkan beberapa inovasi teknologi dalam bidang kesehatan, beberapa di antaranya telah bersifat komersil.

6.3.1. TELE-EKG

Tele-EKG merupakan perangkat yang mampu mengirimkan sinyal EKG dari pasien yang berada dalam ambulans secara *real-time* ke rumah sakit dan dokter. Perangkat ini sangat dibutuhkan pada kondisi gawat darurat, di mana pasien membutuhkan konsultasi dan layanan dokter sesegera mungkin. Teknologi ini sudah bersifat komersial dan dapat ditemukan di *e-katalog*.



Gambar 6.1 Tele-EKG

6.3.2. NIVA

NIVA atau Analisis Pembuluh Darah Non-Invasif adalah perangkat yang mampu mendeteksi gejala sumbatan pembuluh darah secara dini. NIVA menggunakan sensor PPG (photoplethysmograph) dan sensor tekanan darah untuk menganalisis pembuluh darah dalam tubuh manusia. Perangkat ini dirancang untuk mengukur fungsi vaskuler dengan 6 parameter dan tingkat risiko vaskuler untuk 5 parameter secara simultan.



Gambar 6.2 NIVA

6.3.3. ELISA READER

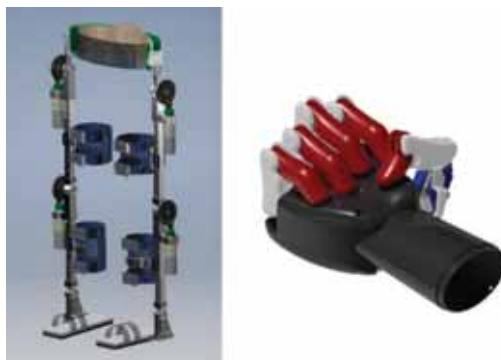
ELISA (*Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*) adalah hasil dari penelitian yang menjadi dasar pengembangan kit diagnostik untuk mendeteksi infeksi Hepatitis B. Keunggulan ELISA adalah tingkat spesifikasi dan sensitivitas yang tinggi, masing-masing mencapai 96,7% untuk spesifikasi diagnostik dan 95,0% untuk sensitivitas diagnostik. Metode ini efektif digunakan untuk deteksi dini, cocok untuk pengujian dalam jumlah besar, dan dapat diperluas penggunaannya untuk mendeteksi infeksi dan penyakit lain seperti HIV, Dengue, Covid-19, doping, dan narkoba. Selain itu, telah dikembangkan alat bernama ELISA Reader, yang dapat membaca hasil reaksi antara reagen (kit diagnostik Hepatitis B) dengan sampel pasien. ELISA Reader dikembangkan oleh Teknik Biomedika ITB dan PT. Elda Sarana Informatika. Alat ini telah memperoleh sertifikasi ISO 13485 dan Uji Elektrik D4T dengan kategori A, serta pendaftaran merek dengan nama ELISA Reader THEIA tipe L450.



Gambar 6.3 ELISA Reader

6.3.4. MIRA PROJECT

Mira Project merupakan salah satu kerja sama yang belum selesai. Fokus proyek ini melibatkan pengembangan eksoskeleton kaki dan tangan oleh ahli bidang teknik mesin, serta pengembangan ventilator oleh ahli bidang teknik fisika. Selain itu, terdapat juga berbagai inovasi lain yang telah dihasilkan oleh rekan dari bidang farmasi. Ini menunjukkan semangat kolaborasi lintas disiplin ilmu dalam menciptakan solusi inovatif untuk meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan masyarakat.



Gambar 6.4 Eksoskeleton dan tangan bionik dari Mira Project

6.3.5. PENGEMBANGAN LINTAS DISIPLIN LAINNYA

Institut Teknologi Bandung (ITB) telah berhasil mengembangkan kandidat vaksin melalui kerja sama antara STEI dengan SITH ITB. Ini hanyalah beberapa contoh dari banyak prestasi yang telah dicapai oleh ITB dalam bidang kesehatan. Selain kontribusi ITB dalam hal ini, juga ada kontribusi signifikan dari institusi lain seperti Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Universitas Gadjah Mada (UGM), dan Universitas Indonesia (UI) dalam bidang kesehatan.

Lebih lanjut, pentingnya Puskesmas meningkatkan kualitasnya dan memberikan usulan-usulan yang dapat membantu Puskesmas meningkatkan kelasnya, sehingga masyarakat bisa mendapatkan pelayanan kesehatan yang lebih baik. Harapannya, melalui reformasi bertahap, sistem Puskesmas bisa menjadi lebih baik dalam lima tahun mendatang. Ini termasuk penggunaan teknologi pintar (IoT) dan sistem cerdas untuk memperbaiki proses pelayanan kesehatan. Selain itu, permintaan peralatan kesehatan dalam jumlah besar juga dianggap sebagai peluang menarik bagi industri, yang dapat memberikan dampak ekonomi yang positif dari hulu ke hilir.



7

MEMBANGUN EKOSISTEM ENTREPRENEURSHIP UNTUK MENDUKUNG KEMAJUAN EKONOMI BANGSA

Prof. Dr. Ir. Kadarsah Suryadi., DEA

- 
- 7.1. Pendahuluan: *Global Trends* dan Kondisi Indonesia
 - 7.2. Rekomendasi

7.1. PENDAHULUAN: *GLOBAL TRENDS DAN KONDISI INDONESIA*

7.1.1. *GLOBAL TRENDS*

Sejak perayaan Hari Kebangkitan Teknologi Nasional pada tanggal 10 Agustus 1995, Indonesia telah menjadi saksi bagi gelombang inovasi yang mengubah lanskap teknologi dan pendorong ekonomi. Momentum ini menginspirasi berbagai inovasi teknologi dan produk baru di tanah air. Lebih jauh lagi, pada tahun 1988, UNESCO mengeluarkan deklarasi penting yang menegaskan bahwa pengembangan keterampilan entrepreneur merupakan tanggung jawab utama perguruan tinggi. Sebagai tindak lanjut, Uni Eropa pada tahun 2000 menyatakan dalam strategi lisbonnya bahwa entrepreneurship merupakan salah satu keterampilan dasar baru yang sangat penting, yang dapat dikembangkan melalui pendekatan pembelajaran sepanjang hayat (*lifelong learning*) dan pembelajaran elektronik (*e-learning*). Dengan pemahaman akan tren global ini, kita dapat melihat pentingnya memberikan perhatian yang lebih besar terhadap pengembangan keterampilan entrepreneurship dalam upaya membangun ekosistem yang mendukung kemajuan ekonomi bangsa.

Meskipun Amerika Serikat memiliki salah satu jumlah entrepreneur terbanyak di dunia pada saat itu, mencapai sekitar 12% dari total populasi, negara tersebut masih mengakui pentingnya terus mendorong pertumbuhan entrepreneur. Hal ini tercermin dalam tindakan yang diambil oleh Presiden Obama pada tahun 2012 menerbitkan sebuah Proklamasi pada tanggal 16 November yang menetapkan hari tersebut sebagai Hari Entrepreneur Nasional. Tujuan dari proklamasi ini adalah untuk memberi motivasi kepada semua penduduk Amerika untuk mengembangkan jiwa entrepreneur dalam diri mereka.

Selain Amerika Serikat, Malaysia juga mengambil langkah serupa dengan menerbitkan National High Education Action pada periode 2007-2010. Meskipun sudah cukup lama dari waktu tersebut, inisiatif ini bertujuan untuk menciptakan ekosistem yang mendukung perkembangan entrepreneurship, terutama di sektor pendidikan

tinggi. Langkah ini menunjukkan bahwa berbagai negara, termasuk Amerika Serikat dan Malaysia, menyadari pentingnya membangun lingkungan yang kondusif bagi pertumbuhan entrepreneur, terutama melalui pendidikan tinggi.

Pada tahun 2014, Perdana Menteri Cina memulai sebuah inisiatif yang disebut "*Mass Entrepreneurship Innovation*" melalui sebuah panggilan publik. Inisiatif ini kemudian dilanjutkan dengan program bernama "*Mass Entrepreneurship and Innovation*" yang bertujuan untuk memotivasi *startup* dan menjadi mesin pertumbuhan baru, didukung oleh dana sebesar 40 miliar yuan dari pemerintah untuk modal ventura. Sementara itu, Taiwan juga mengambil langkah serupa dengan program "*Promotion of Innovation and Startups*" yang didanai oleh Kementerian Sains dan Teknologi dengan anggaran sebesar 1 miliar dolar. Pada tahun 2013, Taiwan melakukan reformasi dalam pendidikan vokasional dan teknologi dengan alokasi dana sebesar 500 juta dolar oleh Kementerian Pendidikan. Selain itu, proyek "*Taiwan Silicon Technology Project*" juga dibangun dengan dana sebesar miliar dolar Taiwan. Inisiatif-inisiatif ini mencerminkan tren global di mana berbagai negara, seperti Cina, Taiwan, dan lainnya, berusaha untuk mendorong pertumbuhan entrepreneurship dan inovasi melalui berbagai program dan investasi yang dikelola oleh pemerintah.

Singapura telah menetapkan pada tahun 2020 bahwa salah satu tantangan global yang dihadapi oleh generasi muda Singapura adalah untuk menjadi inovatif dan memiliki jiwa entrepreneur. Pada tahun 2018, saya mendapat undangan dari Presiden Nus ke Singapura bersama Prof. Bermawi dan Pak Bambang Riyanto, di mana mereka menjelaskan tentang sebuah *startup* yang diinisiasi oleh Blok 71. Sekarang, Blok 71 telah merambah ke Bandung, Jakarta, dan Yogyakarta, termasuk hadir di depan Ganesa di Bandung serta di Jakarta. Ini menunjukkan upaya Singapura dalam memotivasi generasi muda untuk tidak hanya memenuhi pasar internal, tetapi juga pasar global melalui pendekatan entrepreneurship dan inovasi.

7.1.2. KONDISI INDONESIA SAATINI

Indonesia pada tahun 2019 hanya mencapai rasio entrepreneur sebesar 3,3%, atau sekitar 8,2 juta penduduk, menurut data yang

diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS). Perbandingannya, Malaysia dan Thailand mencapai lebih dari 4% rasio entrepreneur pada tahun sebelumnya, yaitu 2018. Di antara negara-negara ASEAN, Singapura menonjol dengan rasio entrepreneur sebesar 7% pada tahun 2014, yang kemudian meningkat menjadi 8,76% pada saat ini. Artinya, Indonesia masih memiliki rasio entrepreneur yang relatif rendah dibandingkan dengan negara-negara tetangga seperti Malaysia, Thailand, dan Singapura. Hal ini menunjukkan perlunya upaya lebih lanjut untuk mendorong pertumbuhan jumlah entrepreneur di Indonesia guna meningkatkan kontribusi mereka terhadap pembangunan ekonomi nasional.

Indonesia berada pada peringkat 75 dari 137 negara dalam *Global Entrepreneurship Index*, sebuah ukuran yang menggambarkan kemampuan suatu negara dalam menghasilkan entrepreneur. Peringkat ini menunjukkan sejauh mana Indonesia berkembang dalam menciptakan lingkungan yang mendukung pertumbuhan dan kesuksesan entrepreneur. Semakin tinggi peringkatnya, semakin baik infrastruktur dan kebijakan yang mendukung perkembangan entrepreneurship di negara tersebut. Oleh karena itu, peringkat Indonesia yang masih berada di posisi 75 menunjukkan bahwa masih ada ruang untuk perbaikan dalam menciptakan lingkungan yang kondusif bagi pertumbuhan entrepreneur di Indonesia.

Global Entrepreneurship Monitoring (GEM) adalah sebuah program yang mengukur kemajuan suatu negara dalam membangun entrepreneurship dengan mempertimbangkan berbagai kriteria, mulai dari pendidikan kewirausahaan hingga keterbukaan pasar internal. Dalam GEM, Indonesia menempati peringkat yang relatif rendah, sekitar peringkat 36 dari sejumlah negara yang diukur. Salah satu aspek yang dievaluasi adalah dukungan dan kebijakan pemerintah terhadap entrepreneurship, termasuk birokrasi dan program kewirausahaan yang diterapkan oleh pemerintah. Namun, dua hal yang paling sulit bagi para entrepreneur baru, yaitu akses terhadap modal dan pasar, masih menjadi tantangan besar di Indonesia, seperti halnya di negara-negara lain. Kedua hal ini menjadi bagian dari penilaian dalam GEM, yang menyoroti perlunya langkah-langkah lebih lanjut untuk meningkatkan lingkungan bisnis bagi para entrepreneur di Indonesia.

7.2. REKOMENDASI

Dalam membangun ekosistem entrepreneurial, ada beberapa elemen kunci yang harus dipertimbangkan (Gambar 7.1), termasuk budaya akses terhadap pasar, kualitas sumber daya manusia (SDM), keuangan dan pendanaan, serta mentoring. Selain itu, peran penting juga dimiliki oleh kebijakan pemerintah, pendidikan dan pelatihan, serta dukungan dari perguruan tinggi dan perusahaan dalam menciptakan budaya yang mendukung kewirausahaan. Semua ini merupakan bagian dari rangkaian yang membangun ekosistem yang mendukung pertumbuhan entrepreneur di suatu negara.



Gambar 7.1 Elemen kunci untuk mengembangkan ekosistem kewirausahaan

Sumber: Ways governments can support entrepreneurship, Weforum, 2023

Berdasarkan pemahaman akan tren global dan kondisi Indonesia saat ini, beberapa rekomendasi diajukan. Secara mendasar, semakin banyak *entrepreneur/pengusaha* yang ada di suatu negara, semakin maju ekonominya. Oleh karena itu, di masa depan disarankan untuk memperhatikan peningkatan akses pasar, peningkatan kualitas SDM melalui pendidikan dan pelatihan berkualitas, peningkatan akses terhadap keuangan dan pendanaan bagi pengusaha, penguatan program mentoring, serta pembentukan kebijakan pemerintah yang mendukung perkembangan entrepreneurship.

Selain itu, peran perguruan tinggi juga perlu diperkuat dalam mendukung kewirausahaan dengan meningkatkan kurikulum yang relevan dan memfasilitasi kolaborasi antara mahasiswa dan industri. Perusahaan juga harus didorong untuk menciptakan budaya yang mendukung kewirausahaan di tempat kerja, seperti memberikan insentif untuk inovasi dan kreativitas serta mendukung karyawan yang ingin menjadi entrepreneur. Dengan menerapkan rekomendasi ini, diharapkan Indonesia dapat menciptakan ekosistem yang lebih kondusif bagi pertumbuhan entrepreneur, yang pada akhirnya akan berkontribusi pada kemajuan ekonomi negara.

Berikut adalah sejumlah rekomendasi yang dapat dipertimbangkan:

1. Penyediaan pusat-pusat pelatihan.

Sebagai contoh, di India, pemerintah telah mendirikan National Science and Technology Entrepreneurship Development Board (NSTEDB). *Board* ini secara khusus didirikan untuk mengembangkan kewirausahaan berbasis sains dan teknologi, dengan menyediakan layanan pelatihan dan dukungan bagi para entrepreneur di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi. Inisiatif seperti ini memberikan nilai tambah yang besar karena mendukung pengembangan kewirausahaan yang berfokus pada inovasi dan teknologi.

2. Penyediaan akses pendanaan, pinjaman lunak, keringanan pajak, serta insentif.

Terkait akses pendanaan dan pinjaman lunak, penting untuk memberikan insentif yang mendorong *startup* untuk melakukan penelitian dan pengembangan (R&D). Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan memberikan insentif pajak untuk mengurangi biaya R&D, serta pengurangan pajak untuk pembangunan *startup*, termasuk untuk industri dan wilayah tertentu. Pemerintah seharusnya menetapkan industri-industri unggulan yang berpotensi untuk berkembang, dan memberikan insentif pajak kepada *startup* yang beroperasi di sektor-sektor tersebut, untuk mendorong pertumbuhan ekonomi dan inovasi di tingkat lokal maupun nasional.

3. Meningkatkan jumlah Science & Techno Park dan kerja sama peneliti dengan sektor industri.

Peningkatan jumlah Science Technology Park (STP) merupakan langkah yang mendukung para entrepreneur berbasis inovasi sains dan teknologi. Meskipun apa yang disampaikan oleh para entrepreneur sangat luar biasa, namun hal ini juga memerlukan dukungan dari pemerintah. Keterlibatan pemerintah sangat penting karena tidak mungkin perguruan tinggi dapat bekerja sendirian dalam hal ini. Salah satu bentuk dukungan pemerintah adalah dengan menyediakan pendanaan dan mentor bagi para entrepreneur di lingkungan STP. Selain itu, penting juga untuk mendorong pertukaran ide antara satu entrepreneur dengan yang lainnya, sehingga tercipta lingkungan kolaboratif yang mendukung pertumbuhan dan inovasi di sektor sains dan teknologi.

4. Pemberdayaan *startup* berbasis elektronik/digital.

Pemberdayaan berbasis elektronik digital menjadi sangat penting karena fenomena ini berkembang pesat di berbagai sektor. Perkembangan teknologi digital telah mengubah lanskap bisnis secara drastis, memungkinkan adopsi model bisnis baru, akses pasar yang lebih luas, dan inovasi yang lebih cepat. Oleh karena itu, untuk menjaga agar ekonomi tetap kompetitif dan relevan, penting bagi pemerintah dan pelaku bisnis untuk memahami dan memanfaatkan potensi dari pemberdayaan berbasis elektronik digital ini secara maksimal.

5. Memperkuat budaya inovasi dan entrepreneurship; mencanangkan Hari Entrepreneur Nasional.

Untuk memperkuat budaya inovasi dan kewirausahaan, pemerintah dapat mengadakan acara tahunan yang disebut "*Entrepreneurship Week*" di tingkat pusat maupun daerah. Acara ini akan menjadi platform untuk menginspirasi dan memotivasi masyarakat dalam berwirausaha. Selain itu, acara tersebut juga dapat berupa pameran dan pertemuan yang menghadirkan para entrepreneur dan investor. Kehadiran investor sangat penting karena salah satu kesulitan yang dihadapi oleh entrepreneur baru adalah kurangnya dana. Dengan mengundang investor, para entrepreneur memiliki kesempatan untuk memperoleh pendanaan untuk proyek mereka. Tak hanya itu, kehadiran pakar-

pakar baik dari tingkat nasional maupun internasional juga akan memberikan wawasan dan pengetahuan yang berharga bagi para peserta acara. Inisiatif ini dapat menjadi bagian dari kampanye berkelanjutan untuk memajukan budaya kewirausahaan di Indonesia dan meningkatkan kesadaran akan pentingnya inovasi dan kewirausahaan dalam pembangunan ekonomi negara.

6. Menyusun kerangka hukum (*legal framework*) dan menyederhanakan peraturan serta birokrasi.

Membangun kerangka aturan legal framework yang jelas atau menyederhanakan birokrasi merupakan bagian penting dari dukungan terhadap kewirausahaan. Penting untuk memastikan bahwa peraturan-peraturan tidak menghambat pertumbuhan dan perkembangan para entrepreneur. Kondisi di mana aturan-aturan yang kompleks dan sulit dipahami justru membuat proses kewirausahaan menjadi kacau harus dihindari. Oleh karena itu, reformasi birokrasi dan peraturan hukum sangat diperlukan. Atmosfer hukum yang jelas dan mendukung akan memberikan kepastian kepada para entrepreneur, serta memungkinkan mereka untuk berkembang dan berinovasi tanpa terhalang oleh kendala birokrasi yang berlebihan.

7. Penyediaan stimulus untuk membangun jejaring dan kolaborasi antara *startup* dan entrepreneur.

Penyediaan stimulus untuk membangun jejaring dan kolaborasi sangat penting bagi perkembangan kewirausahaan. Banyak perguruan tinggi yang memiliki inkubator dan akselerator untuk mendukung para entrepreneur. Namun, tanpa dukungan keuangan yang memadai, penyediaan ruang kerja yang memadai, dan pendampingan dalam kegiatan usaha, akan sulit bagi para entrepreneur baru, investor, calon mitra, maupun pasar untuk berkolaborasi dan berjejaring secara efektif. Oleh karena itu, stimulus seperti ini sangat penting untuk memastikan bahwa ekosistem kewirausahaan dapat berkembang dan berjalan dengan baik, serta memberikan kesempatan bagi semua pihak yang terlibat untuk saling mendukung dan berkembang bersama.

8. Meluncurkan program kompetisi dan hibah R&D untuk *startup*.

Hibah kompetisi untuk penelitian dan pengembangan (R&D) untuk *startup* sangat penting karena banyak *startup* yang memerlukan

R&D yang membutuhkan waktu, tenaga, dan biaya. Namun, sumber pendanaan untuk R&D sering kali sulit diperoleh. Hibah kompetisi menjadi solusi yang efektif untuk membiayai kegiatan R&D ini. Melalui kompetisi, *startup* memiliki kesempatan untuk memperoleh dana dari berbagai sumber, seperti Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dan lembaga lainnya. Hibah ini sangat membantu dalam menjalankan kegiatan operasional, termasuk pembuatan prototipe dan validasi model bisnis. Validasi model bisnis merupakan tahap penting dalam pengembangan *startup*, dan hibah kompetisi memungkinkan *startup* untuk melakukan validasi ini di pasar yang sebenarnya, bukan hanya di lingkungan kampus yang terbatas.

9. Memberikan program bantuan ekspor untuk *startup* yang memiliki potensi ekspor.

Program bantuan ekspor adalah langkah yang sangat penting mengingat masalah yang dihadapi saat ini, di mana banyak *startup* dan *e-commerce* lebih banyak mendatangkan barang dari luar negeri (*inbound*) daripada mengirim barang ke luar negeri (*outbound*). Hal ini menimbulkan ketidakseimbangan perdagangan di mana barang impor jauh lebih banyak daripada barang ekspor. Oleh karena itu, program bantuan ekspor, termasuk R&D, menjadi sangat penting untuk mendorong pertumbuhan ekspor dan menyeimbangkan kembali perdagangan. Selain itu, penting juga untuk menyederhanakan birokrasi terkait kegiatan ekspor agar *startup* tidak terhambat oleh regulasi yang rumit dan memakan waktu. Dengan demikian, dukungan dari pemerintah sangat diperlukan agar *startup* dapat berhasil dalam meningkatkan ekspor dan berkontribusi lebih besar terhadap perekonomian negara.

10. Memberikan hibah untuk pengembangan regional dan meningkatkan konektivitas antara pusat dan daerah dalam mendukung ekosistem *startup*.

Program bantuan ekspor adalah langkah yang sangat penting mengingat masalah yang dihadapi saat ini, di mana banyak *startup* dan *e-commerce* lebih banyak mendatangkan barang dari luar negeri (*inbound*) daripada mengirim barang ke luar negeri (*outbound*). Hal ini menimbulkan ketidakseimbangan perdagangan di mana

barang impor jauh lebih banyak daripada barang ekspor. Oleh karena itu, program bantuan ekspor, termasuk R&D, menjadi sangat penting untuk mendorong pertumbuhan ekspor dan menyeimbangkan kembali perdagangan. Selain itu, penting juga untuk menyederhanakan birokrasi terkait kegiatan ekspor agar *startup* tidak terhambat oleh regulasi yang rumit dan memakan waktu. Dengan demikian, dukungan dari pemerintah sangat diperlukan agar *startup* dapat berhasil dalam meningkatkan ekspor dan berkontribusi lebih besar terhadap perekonomian negara.

11. Meningkatkan kapasitas inovasi teknologi dan mengurangi biaya inovasi teknologi, seperti pengembangan industri semikonduktor untuk mendukung produksi lokal.

Meningkatkan kapasitas inovasi teknologi adalah upaya penting untuk mengurangi ketergantungan impor bahan baku industri. Sebagai contoh, kita perlu mengurangi ketergantungan pada impor semikonduktor dengan memproduksi semikonduktor sendiri secara lokal. Hal ini dapat dilakukan dengan mengembangkan industri semikonduktor berbasis bahan baku lokal seperti silika, yang juga merupakan bahan utama untuk pembuatan sel surya guna pembangkit listrik *net zero emission*. Kolaborasi antara para ahli geologi dan pengusaha untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya alam yang melimpah seperti pasir silika dapat menjadi langkah penting dalam mengurangi impor semikonduktor. Dengan demikian, pengurangan impor semikonduktor akan meningkatkan produktivitas teknologi secara keseluruhan karena akan menciptakan sumber daya yang lebih murah dan tersedia secara lokal, sehingga mempercepat dan mendorong inovasi di sektor industri teknologi.

8

MOBILITAS MASA DEPAN UNTUK INDONESIA EMAS 2045

Dr. Ir. Sigit Puji Santosa, MSME, Sc.D.

- 
- 8.1. Pendahuluan: Visi Indonesia Emas 2045 Bidang Transportasi
 - 8.2. Visi Indonesia di Bidang Transportasi
 - 8.3. Isu Bidang Transportasi
 - 8.4. Rekomendasi Solusi

8.1. PENDAHULUAN: VISI INDONESIA EMAS 2045 BIDANG TRANSPORTASI

Dalam visi Indonesia Emas yang tertuang dalam Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional 2025-2045, terdapat lima target utama yang memerlukan dukungan mobilitas. Empat di antaranya menjadi fokus utama, yaitu: pertama, peningkatan pendapatan per kapita hingga mencapai \$30.300 pada tahun 2045, menjadikan Indonesia sebagai negara maju; kedua, peningkatan kepemimpinan dan pengaruh di dunia internasional sehingga masuk ke dalam 15 besar dalam daya saing global; ketiga, peningkatan sumber daya manusia dengan meningkatkan Human Capital Index dari 0,54 menjadi 0,73 pada tahun 2045; dan yang terakhir, mengurangi emisi gas rumah kaca menuju *net-zero emission* dengan penurunan sebesar 93,5%. Ini menjadi tantangan berat yang membutuhkan dukungan besar dari teknologi transportasi di masa depan.

Untuk mencapai hal tersebut, diperlukan peningkatan PDB dari sektor industri transportasi, baik dalam bentuk jasa maupun manufaktur. Pentingnya akuisisi teknologi tinggi untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor menjadi perhatian, mengingat sebagian besar industri otomotif dan transportasi masih melakukan proses desain dan pengembangan produk baru di luar negeri. Dengan mendorong proses desain dan pengembangan produk secara penuh (*full cycle development*) di Indonesia, potensi ekonomi bisa meningkat hingga 11 kali lipat dibandingkan hanya melakukan proses perakitan di Indonesia.

Implementasi transfer teknologi, kerja sama penelitian dan pengembangan produk, serta persiapan Sumber Daya Manusia (SDM) yang sesuai menjadi kunci utama. SDM yang terampil, termasuk dari lulusan S-2 dan S-3, diperlukan untuk mendukung pengembangan produk secara penuh dan meningkatkan nilai tambah ekonomi. Terakhir, pengembangan produk ramah lingkungan, terutama dalam bentuk kendaraan listrik dan transportasi otonom, menjadi aspek penting dalam memenuhi tujuan pembangunan transportasi masa depan berkelanjutan.

8.2. VISI INDONESIA DI BIDANG TRANSPORTASI

Visi Indonesia Mas 2045 dalam bidang transportasi secara rinci menjelaskan pengembangan transportasi perkotaan berbasis rel dan kereta cepat sebagai langkah antisipatif terhadap fenomena Mega Urban dan urbanisasi yang terjadi di Jawa. Selain itu, untuk meningkatkan mobilitas penduduk dan distribusi barang antar wilayah dan antar pulau, diputuskan untuk menggunakan transportasi laut dan udara melalui transensi. Ini menunjukkan komitmen untuk mengembangkan infrastruktur transportasi yang efisien dan terintegrasi guna mendukung pertumbuhan ekonomi dan mobilitas masyarakat Indonesia di masa depan.



Gambar 8.1 Visi Indonesia tahun 2045 untuk bidang transportasi

Dalam visi Indonesia 2045 di bidang transportasi, terdapat tiga hal yang ditekankan. Pertama, adalah konektivitas digital dan virtual, di mana target yang diharapkan adalah peningkatan jaringan *broadband* hingga mencapai 100 Gbps. Selain itu, juga akan dilakukan penekanan pada literasi digital dan upaya lainnya yang akan direkomendasikan untuk mendukung transportasi masa depan. Kedua, adalah pengembangan sistem transportasi udara, baik domestik maupun internasional. Ini termasuk dalam rencana pembangunan empat *aerocity* dan pembangunan bandara baru. Selanjutnya, masukan akan diberikan mengenai penggunaan teknologi seperti *Drone Logistic*, serta regulasi dan eksekusi operasionalnya. Ketiga, adalah

pembangunan sistem transportasi laut, yang menjadi unsur utama dalam konektivitas maritim. Semua ini menunjukkan komitmen untuk mengembangkan infrastruktur transportasi yang komprehensif guna mendukung pertumbuhan ekonomi dan konektivitas antarwilayah di Indonesia.

Mobilitas masa depan atau *future mobility* sangat penting karena merupakan kunci utama dalam pertumbuhan ekonomi. Tanpa mobilitas yang efisien melalui sistem transportasi yang baik, semua pergerakan barang dan orang akan terhambat. Hal ini dapat mengakibatkan ketidakproduktifan dalam aktivitas ekonomi karena kendala aksesibilitas. Selain itu, dari sudut pandang komunitas, mobilitas yang terbatas dapat menyebabkan berbagai masalah terkait tingkat kehidupan, seperti kesulitan akses terhadap layanan penting dan peluang ekonomi. Di sisi lain, keberlanjutan komunitas juga dapat terganggu jika mobilitas tidak diatur dengan baik, karena berpotensi menyebabkan polusi dan masalah lingkungan lainnya. Oleh karena itu, penting untuk mengkaji dan memperbaiki sistem mobilitas agar sesuai dengan kebutuhan masyarakat dan mendukung pertumbuhan ekonomi serta keberlanjutan lingkungan. Transformasi yang cepat dalam teknologi transportasi saat ini menunjukkan bahwa perhatian terhadap mobilitas masa depan sangatlah relevan dan mendesak.

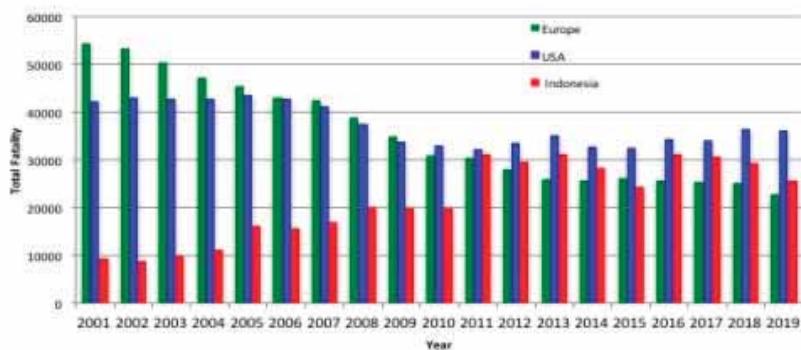
8.3. ISU BIDANG TRANSPORTASI

Dalam bidang transportasi, Isu pertama yang perlu diperhatikan adalah masalah kemacetan dan polusi udara yang sudah mencapai tingkat yang tidak berkelanjutan di beberapa kota besar di Indonesia, seperti Jakarta dan Bandung. Kemacetan tersebut mengganggu pergerakan ekonomi dan kualitas hidup masyarakat. Selain itu, Indonesia juga perlu terlibat dalam revolusi industri terkait kendaraan listrik untuk mengikuti perkembangan global, mengingat sebelumnya Indonesia lebih banyak menjadi penonton dalam sektor manufaktur dan produksi kendaraan. Di sisi lain, masalah logistik juga menjadi perhatian penting, terutama dengan meningkatnya beban jalan raya yang disebabkan oleh transportasi barang. Solusi yang bisa diadopsi termasuk pengembangan sistem *urban railways* dan peningkatan infrastruktur manufaktur untuk mengoptimalkan efisiensi dalam

logistik dan mengurangi beban jalan raya. Diharapkan dengan adopsi solusi tersebut, masalah kemacetan dan polusi udara dapat teratasi, sementara Indonesia dapat terlibat secara aktif dalam revolusi industri kendaraan listrik dan mengoptimalkan sistem logistik untuk mendukung pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan.

Isu kedua yang perlu diperhatikan adalah keselamatan transportasi. Di Indonesia, regulasi keselamatan transportasi masih tergolong minimalis, yang menyebabkan tingkat kematian akibat kecelakaan transportasi meningkat tiga kali lipat dari tahun 2019 hingga 2021 (Gambar 8.2). Hal ini berbeda dengan Eropa yang mengalami penurunan sekitar 50% dalam kurun waktu yang sama, dan Amerika yang mengalami penurunan sekitar 20-30% dari tahun 2001 hingga 2019. Diperlukan solusi untuk mengatasi masalah keselamatan transportasi ini.

Traffic Fatalities In Europe, USA, Indonesia 2001-2019



Gambar 8.2 Data keamanan transportasi: perbandingan antara Eropa, AS, dan Indonesia

8.4. REKOMENDASI SOLUSI

8.4.1. ARAH KEBIJAKAN

Solusi pertama untuk mengatasi masalah kemacetan dan polusi adalah dengan mengadopsi transportasi berbasis listrik. Melalui sistem transportasi berbasis rel yang menggunakan penggerak listrik, kita dapat mengatasi kedua masalah tersebut secara efisien.

Dengan pendekatan ini, kita dapat menyelesaikan dua masalah kemacetan dan polusi sekaligus, seperti pepatah "*kill two birds with one stone*". Selanjutnya, untuk menyikapi revolusi kendaraan listrik yang sedang berlangsung antara tahun 2020 hingga 2030, kita perlu mempersiapkan diri dengan baik. Setelah fase revolusi kendaraan listrik selesai, kemungkinan besar kita akan memasuki era *hydrogen fuel cells* pada tahun 2030 hingga 2040. Selain itu, untuk meningkatkan keselamatan kendaraan, penting untuk mengurangi faktor *human error* yang menyebabkan sebagian besar kecelakaan di Indonesia, yakni sekitar 70-72%. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah penggunaan kendaraan otonom yang berbasis pada kecerdasan buatan dan pembelajaran mendalam (*deep learning*), yang menuju pada visi nol kematian akibat kecelakaan kendaraan.

Solusi lainnya adalah dengan menerapkan *Intelligent Transport System* (ITS), yang akan kita bahas secara rinci dalam sebuah *roadmap*. ITS mencakup berbagai teknologi seperti *Smart Traffic Recognition*, *Smart Cameras*, *Crash Avoidance*, hingga *Collision Avoidance Systems*. Dengan menerapkan teknologi ini, dua isu utama yang telah disebutkan sebelumnya, yaitu kemacetan dan keselamatan, diharapkan dapat diselesaikan. Dengan demikian, pergerakan ekonomi yang bergantung pada sistem transportasi akan dapat dijalankan dengan lebih efisien dan lancar.

Jika diklasifikasikan, teknologi transportasi masa depan yang mendukung mobilitas dapat dibagi menjadi empat kategori utama. Pertama adalah elektrifikasi, yang mencakup penggunaan tenaga listrik untuk kendaraan pribadi maupun transportasi massal. Kedua adalah otomasi transportasi, yang melibatkan teknologi seperti *Lane Keeping* dan *Lane Departure Warnings*, serta sensor-sensor pintar untuk mendeteksi pengemudi yang mengantuk. Ketiga adalah konektivitas, yang mengacu pada interkoneksi antara kendaraan, infrastruktur jalan, dan perangkat lainnya. Terakhir adalah modal *sharing*, yang telah diterapkan dalam berbagai bentuk seperti *ride-sharing*, tetapi cakupannya dapat diperluas lebih lanjut.

Dalam mencapai visi Indonesia Emas, *roadmap* pengembangan teknologi transportasi dibagi menjadi dua bagian. Pertama, untuk jangka pendek, fokus pada elektrifikasi transportasi publik dan

pembangunan infrastruktur yang memadai. Sementara itu, untuk periode 2030 hingga 2045, tujuannya adalah mencapai fase *Integrated Intelligent Transport System*. Langkah pertama adalah mendirikan National Transport Council, sebuah badan transnasional yang akan menyatukan standar regulasi dan kebijakan transportasi di Indonesia. Kemudian, pembangunan infrastruktur harus diprioritaskan sebelum penggunaan kendaraan. Sensor-sensor untuk keamanan dan pengelolaan lalu lintas harus dipersiapkan dengan baik. Validasi, pengetesan, dan pengujian teknologi juga menjadi fokus utama, dengan dukungan dari Kementerian Perhubungan. Teknologi berbasis layanan mobilitas menjadi pusat perhatian, dengan rencana untuk melakukan uji coba beberapa inovasi seperti kendaraan listrik otonom, tram otonom, manajemen lalu lintas cerdas, dan lainnya, menuju kendaraan otonom yang terhubung pada tahun 2045 dan seterusnya.

Mobilitas transportasi berbasis jasa atau *Mobility as a Service* (MaaS) merupakan kunci bagi Indonesia dalam memasuki era transportasi maju. Dengan 70% penduduk Indonesia sudah memiliki literasi teknologi informasi, MaaS bisa menjadi solusi yang efektif untuk transportasi berbasis sharing multimoda, seperti penggunaan kendaraan pribadi, berbagi kendaraan, atau mobilitas perjalanan sehari-hari. Konsep MaaS juga mencakup *telecommuting*, di mana orang dapat bekerja dari lokasi jarak jauh. Dalam konteks ini, operator mobilitas menjadi elemen kunci untuk menyediakan layanan yang terintegrasi dan efisien bagi masyarakat.

Tahun 2045 dianggap sebagai titik ambang yang penting dalam kemajuan teknologi transportasi, khususnya terkait dengan penggunaan *connected autonomous vehicles* (kendaraan otonom terhubung). Berdasarkan lima perkiraan di AS, Eropa, dan Australia, semua analisis menunjukkan bahwa pada tahun 2045, penggunaan kendaraan otonom yang terhubung akan mencapai 100 persen. Hal ini menunjukkan bahwa kemajuan ini akan menjadi standar global dalam industri transportasi. Oleh karena itu, Indonesia tidak boleh tertinggal dalam persiapan infrastruktur yang mendukung penggunaan kendaraan otonom terhubung tersebut dan diperlukan upaya serius untuk mempersiapkan infrastruktur yang sesuai agar Indonesia dapat mengikuti perkembangan tersebut dan tetap bersaing di pasar global.

8.4.2. PENGEMBANGAN TEKNOLOGI

Elektrifikasi Transportasi dan Pengembangan Teknologi Baterai

Indonesia perlu meyakinkan diri bahwa sudah siap memasuki era transportasi cerdas. Evaluasi diri ini meliputi kondisi saat ini dan kesiapan dalam mengadopsi teknologi kendaraan listrik dan otonom. Hal ini mencakup perkembangan kendaraan listrik, platform teknologi, dan kemajuan dalam kendaraan listrik otonom. Dengan memahami kondisi dan potensi dalam mengadopsi teknologi ini, dapat ditentukan langkah-langkah untuk mempersiapkan diri memasuki era transportasi cerdas dengan sukses.

Ada beberapa kampus dan industri yang terlibat dalam pengembangan bus listrik (Gambar 8.3), termasuk kerja sama dengan perguruan tinggi seperti Universitas Indonesia (UI) dan Institut Teknologi Bandung (ITB), serta aktor-aktor industri lainnya. Tahun ini, rencananya akan dilakukan peluncuran kendaraan taktis 4x4 berbasis listrik. Ini menunjukkan bahwa secara infrastruktur dan industri, kita sudah siap untuk menghadapi perkembangan teknologi kendaraan listrik ini.



Gambar 8.3 Kesiapan EV merah putih

Platform yang paling kritis dalam pengembangan kendaraan listrik adalah sistem baterai. Jika sistem baterai sudah teratasi mulai dari skala mikro hingga sistem secara keseluruhan, maka secara otomatis kita akan dapat menyelesaikan masalah utama dalam elektrifikasi kendaraan.

Pada tahun 2025, kapasitas produksi baterai diperkirakan mencapai sekitar 4 TWh, meskipun belum mencapai angka tersebut

saat ini. Namun, pada tahun 2030, permintaan baterai untuk kendaraan listrik diperkirakan mencapai sekitar 7 TWh, sedangkan pasokannya baru sekitar 4 TWh. Hal ini berarti bahwa diperlukan sekitar 113 gigafactory tambahan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Hal ini dapat dilihat sebagai peluang bagi Indonesia untuk terlibat tidak hanya dalam pemurnian logam baterai, tetapi juga dalam produksi sendiri mulai dari proses smelting hingga pengemasan dan sistem manajemen baterai; tidak hanya pada tahap produksi awal, tetapi juga pada tahap pengolahan akhir.

Saat ini, kita berada pada generasi kedua dari teknologi baterai, yang masih memiliki beberapa masalah yang signifikan. Masalah tersebut diperkirakan akan terselesaikan pada generasi ketiga, terutama ketika kita beralih ke teknologi baterai *Solid State* dan menggunakan *lithium metals*. Saat ini, kapasitas energi baterai berada sekitar 260 *watt-hour* per kilogram. Namun, dengan masuknya teknologi *Solid State*; tidak hanya biayanya akan lebih terjangkau, tetapi juga energi yang disimpan dalam baterai akan lebih padat dan tingkat keamanannya akan sangat tinggi, bahkan dikatakan sebagai yang paling aman.

Apabila harga baterai turun menjadi 100 dolar atau kurang per *kilowatt-hour* (kWh), maka akan terjadi paritas biaya antara kendaraan listrik dan kendaraan bermesin bakar. Saat ini, harga baterai masih berkisar antara 150 hingga 200 dolar per kWh dalam bentuk Euro. Namun, dengan adopsi teknologi baterai *Solid State* yang diharapkan akan terjadi dalam waktu 1 atau 2 tahun mendatang, diharapkan masalah elektrifikasi ini akan dapat diselesaikan.

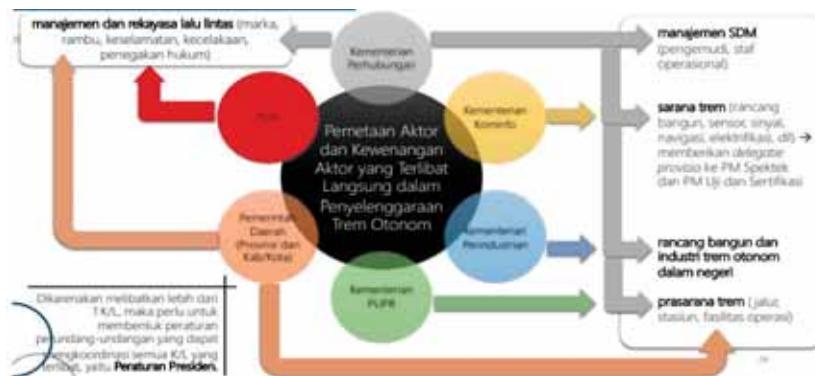
Kajian mengenai kesiapan teknologi kendaraan listrik otonom (KLO) yang dipimpin oleh ITB bersama beberapa universitas dan Kementerian Perhubungan telah dilakukan untuk memastikan kesiapan dalam masuk ke era kendaraan listrik otonom. Kajian ini mencakup pembangunan standar teknologi, interaksi manusia dengan teknologi, infrastruktur yang diperlukan, operasional, desain, dan aspek kebijakan yang relevan (Gambar 8.4). Saat ini, banyak persiapan telah dilakukan, termasuk penyiapan standar teknologi, infrastruktur yang diperlukan, serta perencanaan operasional.



Gambar 8.4 Kajian kesiapan KLO Indonesia

Teknologi Tram

Autonomous Rapid Transit (ART), juga dikenal sebagai Transit Rapid (TR), merujuk pada teknologi tram otonom yang beroperasi di jalan raya dengan menggunakan rel virtual atau penanda virtual. Sistem ini dapat beroperasi secara otonom pada tingkat 3 atau 4. Konsep ini telah diimplementasikan di beberapa lokasi, termasuk di Cina, Sarawak, dan Spanyol. Selain itu, telah dilakukan kerja sama dengan ITB, LPDB, dan INKA untuk membangun trem otonom. Proyek ini telah mencapai tahap kedua dan sekarang menuju tahap 3 untuk komersialisasi. Rancangan bangunan dan sistem penggeraknya dikembangkan bersama-sama oleh INKA, FTMD ITB, dan STEI. Sementara itu, sistem kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) dan pengendalian instrumentasinya dikerjakan oleh tim STEI ITB bekerja sama dengan PT INKA.



Gambar 8.5 Kesiapan regulasi tram otonom

Regulasi yang telah disusun melibatkan enam lembaga dan kementerian yang berbeda. Draft regulasi telah disiapkan sejak

tahun 2021, tetapi masih terhambat hingga tahun 2024. Penting untuk memulainya kembali karena tanpa badan lintas disiplin yang berkolaborasi, akan sangat sulit untuk membuat kemajuan dalam hal ini. Gambaran umum kerangka regulasi tram otonom dapat dilihat pada Gambar 8.5.

Kereta Cepat “Merah Putih” dan Transportasi Logistik

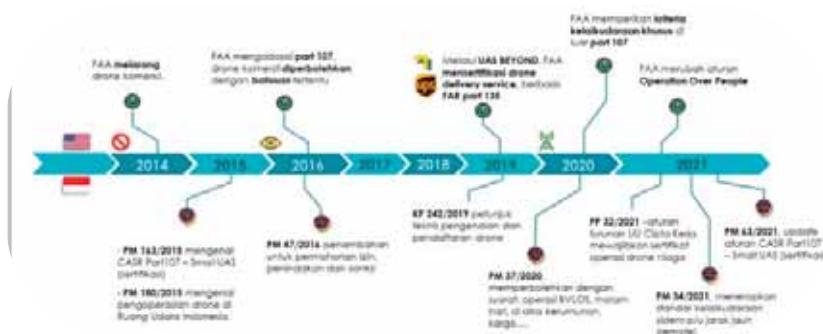
Selain tram, juga telah diinisiasi beberapa kerja sama dengan rekan-rekan untuk proyek kereta cepat “Merah Putih”. Saat ini, proyek yang sedang berjalan adalah pembangunan jalur kereta cepat antara Makassar dan Pare-pare, melibatkan tim dari FTMD ITB bersama dengan empat perguruan tinggi lainnya. Selanjutnya, akan dilanjutkan proyek dengan memperluas jaringan kereta cepat ke kota-kota lain seperti Bandung, Kerta Jati, Semarang, Solo, dan Surabaya, dengan target waktu perjalanan mencapai hanya 3 jam.

Perlu dijelaskan bahwa beban berat pada jalan raya untuk kegiatan logistik menuntut adanya penerapan teknologi cerdas dalam pengaturan kargo. Oleh karena itu, penting untuk mulai menerapkan teknologi kargo pintar dalam pengelolaan logistik melalui jalur kereta api. Saat ini, pengiriman melalui jalur kereta api secara ala kartu cenderung mahal karena memerlukan penggunaan truk baik di awal maupun akhir perjalanan, sehingga biayanya dapat mencapai 2 hingga 3 juta lebih mahal daripada menggunakan truk secara langsung. Solusi untuk mengatasi hal ini adalah dengan menerapkan sistem manajemen kargo berbasis aplikasi yang merupakan bagian dari *Mobility as a Service* (Maas).

Terkait dengan penggunaan *drone*, tim dari Teknik Dirgantara FTMD ITB bekerja sama dengan Kementerian Perhubungan telah menyusun kerangka regulasi dan memilih teknologi yang tepat. Ada beberapa usulan dalam rentang ketinggian 200 hingga 400 kaki yang direkomendasikan untuk digunakan dalam *high-speed transit* untuk logistik menggunakan drone. Zona *keep-out* juga telah ditetapkan di sekitar area bandara, di mana *drone* tidak diperbolehkan beroperasi, sementara ketinggian di atas 152 meter atau 500 kaki diperuntukkan khusus bagi lalu lintas penerbangan.

Tim dari FTMD ITB telah menyusun secara komprehensif regulasi terkait penggunaan *drone* untuk logistik. Policy brief dan draf regulasi

sudah disiapkan dengan lengkap, menunjukkan kesiapan untuk melaksanakan operasi drone logistik. Dengan dasar logistik yang tersedia, diharapkan bahwa tim dapat menjalankan operasi tersebut dengan baik saat eksekusi dilakukan nanti. *Roadmap* singkat hasil kajian ini dapat dilihat pada Gambar 8.6.



Gambar 8.6 Kajian pemanfaatan *drone logistic*

Sumber: Kajian pemanfaatan drone logistik, kerja sama Pusat Penelitian dan Pengembangan Transportasi Udara FTMD ITB, 2021

8.4.3. PENGEMBANGAN SDM BERBASIS TEKNOLOGI TRANSPORTASI MASA DEPAN, R&D, TOT, TOM UNTUK PENGEMBANGAN PRODUK YANG MENDUKUNG TKDN

Perguruan tinggi seperti ITB harus berperan aktif dalam membangun fakultas dengan pendekatan multidisiplin ilmu yang berfokus pada bidang *future mobility*. Pusat riset berbasis multidisiplin, seperti pusat kecerdasan buatan untuk otonomi dan pusat teknologi transportasi berkelanjutan (NCSTT), sudah ada dan berjalan dengan baik. Namun, langkah selanjutnya adalah memperluas program ini ke tingkat *graduate* dan *undergraduate* yang mencakup berbagai aspek mobilitas. Contoh dari institusi luar negeri, seperti Munich yang memiliki sekolah pascasarjana untuk mobilitas, menunjukkan bahwa pendidikan multidisiplin di bidang ini sudah menjadi kebutuhan yang diakui secara internasional. Dengan pembangunan fakultas dan program pendidikan yang berbasis teknologi transportasi, seperti pendirian SITH dari bidang biologi, ITB memiliki kesempatan besar untuk menjadi pemimpin dalam bidang mobilitas masa depan.

Rekomendasi yang telah disampaikan mencakup berbagai hal, mulai dari pembentukan Badan Transportasi Nasional hingga pengembangan teknologi alternatif untuk sel bahan bakar hidrogen. Ini mencerminkan upaya yang komprehensif dalam mengatasi tantangan dan memanfaatkan peluang di sektor transportasi. Dengan demikian, kita dapat melihat adanya dorongan untuk meningkatkan infrastruktur dan regulasi, serta mengembangkan solusi teknologi yang ramah lingkungan dalam upaya mencapai mobilitas masa depan yang lebih berkelanjutan.



9

MEMBANGUN SISTEM TRANSPORTASI UMUM BERKELANJUTAN

Prof. Ir. Ade Sjafruddin, M.Sc., Ph.D.

- 
- 9.1. Pendahuluan: Transportasi Umum di Indonesia
 - 9.2. Stakeholders Angkutan Umum Indonesia
 - 9.3. Perencanaan Transportasi Umum
 - 9.4. *Sustainable Transport System and Sustainable Mobility*
 - 9.5. Kondisi Transportasi Indonesia dan Dunia Berdasarkan Indeks
 - 9.6. Paradigma Penyelenggaraan Transportasi Abad 21
 - 9.7. *A Roadmap to Sustainable Urban Transport System*
 - 9.8. Catatan Penutup

9.1. PENDAHULUAN: TRANSPORTASI UMUM DI INDONESIA

9.1.1. KONDISI ANGKUTAN UMUM DI INDONESIA

Transportasi umum adalah kebutuhan bersama bagi semua warga masyarakat. Namun, terdapat keluhan yang cukup nyaring terdengar terkait dengan tingkat pelayanan, kondisi sarana prasarana, jaringan, dan sistem pengelolaan yang belum terintegrasi dengan baik. Kapasitas angkutan umum sering kali tidak mencukupi pada jam sibuk dan justru mengalami kelebihan kapasitas pada jam-jam yang sepi. Tingkat kecelakaan dan gangguan keamanan relatif tinggi, sementara aksesibilitas terhadap pelayanan atau jaringan belum merata di seluruh wilayah. Hal ini menyebabkan persepsi masyarakat bahwa transportasi umum merupakan pilihan yang kurang diminati (*inferior*), cenderung ditinggalkan jika sudah memiliki kemampuan ekonomi yang lebih baik, misalnya dengan membeli sepeda motor atau mobil pribadi. Sebagai hasilnya, pengguna transportasi umum umumnya menjadi kaptif, tidak memiliki pilihan lain. Namun, idealnya, pengguna transportasi umum seharusnya memiliki pilihan dan memilih angkutan umum karena menarik. Oleh karena itu, perlu dibuat sistem transportasi umum yang lebih menarik dan *preferable* bagi masyarakat, bahkan ketika mereka memiliki kendaraan pribadi. Hal ini dapat dicapai dengan meningkatkan jaringan serta kualitas layanan transportasi umum.

9.1.2. ELEMEN – ELEMEN TRANSPORTASI UMUM

Pembangunan sistem transportasi umum melibatkan berbagai aspek yang luar biasa kompleks. Ini mencakup aspek permintaan dan pasokan yang perlu dipahami secara mendalam sebelum merancang sistem transportasi umum di suatu wilayah. Mengingat transportasi umum melayani beragam kegiatan sosial ekonomi dari individu dengan latar belakang yang berbeda, pemahaman terhadap dinamika permintaan dan pasokan sangat penting. Selain itu, penting juga untuk memastikan bahwa pasokan yang ditawarkan memiliki daya tarik yang cukup untuk menarik minat pengguna, sehingga permintaan terhadap transportasi umum meningkat.

Kinerja jaringan transportasi umum harus direncanakan dengan mempertimbangkan aspek keselamatan, kelancaran, biaya, dampak sosial ekonomi, dan lingkungan. Hal ini akan menentukan apakah sistem transportasi umum tersebut memenuhi kriteria keberlanjutan yang baik atau tidak. Regulasi juga memainkan peran penting dalam pembangunan sistem transportasi umum, dengan adanya undang-undang yang mengatur berbagai mode transportasi seperti angkutan jalan, perkeretaapian, pelayaran, dan penerbangan serta berbagai peraturan turunannya.

Jaringan angkutan umum bisa berupa jaringan lintas batas negara, antarkota antarprovinsi, antarkota dalam provinsi, perkotaan, dan perdesaan. Dalam konteks jaringan angkutan umum perkotaan, wilayah pelayanan angkutan umum bisa mencakup kawasan megapolitan, metropolitan, perkotaan besar, perkotaan sedang, atau perkotaan kecil. Masing-masing kawasan ini memiliki luas dan karakteristik yang berbeda-beda. Oleh karena itu, sistem yang dikembangkan haruslah disesuaikan dengan karakteristik dan kebutuhan dari kawasan yang dilayani.

9.1.3. KAPASITAS JALUR ANGKUTAN PENUMPANG

Dari perspektif teknologi, kinerja pelayanan angkutan umum (kapasitas, keselamatan, kualitas pelayanan, biaya) secara menyeluruh dipengaruhi oleh teknologi yang digunakan. Salah satu parameter yang perlu diperhatikan adalah kapasitas jalur sebagai suatu indikator kunci dalam sistem transportasi umum. Teknologi dalam hal ini berperan penting dalam meningkatkan kapasitas jaringan, yang pada gilirannya memungkinkan pelayanan yang lebih baik bagi pengguna. Kapasitas yang lebih besar diperlukan untuk menarik pengguna angkutan pribadi beralih ke angkutan umum. Dalam sistem transportasi umum, perencanaan kapasitas jalur perlu disesuaikan dengan hierarki jaringan, mulai dari jaringan utama hingga jaringan pengumpan (*feeder*).

Pilihan teknologi yang digunakan akan sangat memengaruhi kapasitas jalur, yang diukur dengan indikator jumlah penumpang per jam per arah. Setiap peningkatan kapasitas ini memiliki implikasi pada investasi yang diperlukan, biaya operasional, serta kebutuhan sumber

daya manusia yang berbeda. Namun, pembicaraan tentang teknologi tidak hanya terbatas pada sistem transportasi umum konvensional. Kemajuan dalam aplikasi digital telah memungkinkan pengembangan layanan mobilitas yang lebih luas, bahkan mengintegrasikan transportasi umum dengan layanan angkutan pribadi dalam konteks Mobilitas sebagai Layanan (*MaaS – Mobility as a Service*).

9.2. STAKEHOLDERS ANGKUTAN UMUM INDONESIA

Transportasi umum melibatkan berbagai pemangku kepentingan (*stakeholders*) yang beragam (Gambar 9.1). Selain pengguna dan pelaku perjalanan, terdapat juga masyarakat umum yang dapat terkena dampaknya meskipun mereka bukan pengguna langsung dari angkutan umum. *Stakeholders* lainnya meliputi pemerintah sebagai regulator, operator angkutan umum dan berbagai fasilitas transportasi, serta industri (sarana, infrastruktur) terkait. Tantangannya adalah bagaimana agar sistem yang dibangun mampu memperhatikan berbagai kepentingan tersebut secara terintegrasi, efisien, efektif, terjangkau, aman, selamat, dan berkelanjutan (sosial, ekonomi, lingkungan).



Gambar 9.1 Stakeholders transportasi umum

Koordinasi antara semua pemangku kepentingan menjadi krusial dalam mengatasi masalah transportasi umum. Diperlukan upaya

untuk mengarahkan mereka ke arah kebijakan yang konvergen dan disepakati secara bersama. Namun, koordinasi ini sering kali sulit dijalankan karena perbedaan kepentingan dan agenda di antara para *stakeholders*.

Meskipun banyak daerah di Indonesia, terutama kota-kota besar, telah memiliki rencana pembangunan angkutan umum, implementasinya masih terkendala. Salah satu masalah utamanya adalah kurangnya lembaga yang memiliki kewenangan dan kapasitas untuk menyusun kebijakan, perencanaan, dan implementasi secara terintegrasi dan efektif di tingkat lokal. Oleh karena itu, diperlukan lembaga yang kuat di setiap wilayah, yang dapat memastikan keselarasan antara kebijakan, perencanaan, dan implementasinya secara berkelanjutan.

Contohnya, Jakarta telah membentuk Dewan Transportasi Kota Jakarta di bawah kepemimpinan gubernur, yang di antaranya bertugas merumuskan langkah-langkah untuk meningkatkan transportasi umum. Namun, implementasinya masih terbatas dan perlu ditingkatkan untuk mencapai hasil yang signifikan. Di umumnya kota-kota besar di negara maju, suatu *transport authority* dibentuk untuk pengelolaan transportasi, khususnya transportasi umum. Beberapa *transport authority* di Europa bahkan bukan hanya mengurus transportasi, tetapi juga terintegrasi dengan pengembangan tata guna lahan, sehingga tata perencanaan wilayah kota dan transportasi diintegrasikan secara lebih baik. Dalam konteks ini, wilayah-wilayah perkotaan di Indonesia, khususnya megapolitan, metropolitan, dan perkotaan besar, perlu membentuk suatu "lembaga pengelola transportasi wilayah" yang memiliki otoritas yang cukup kuat untuk mengatasi tantangan penyelenggaraan transportasi umum di wilayahnya.

9.3. PERENCANAAN TRANSPORTASI UMUM

Membangun transportasi umum merupakan suatu proses yang sangat multikriteria (Gambar 9.2). Terdapat berbagai kriteria yang perlu dipertimbangkan, meskipun tidak mungkin untuk menjelaskan setiap poin secara rinci di sini. Namun, faktor-faktor terkait penting untuk

diperhitungkan dalam perencanaan agar hasilnya dapat menjawab kebutuhan dengan sebaik-baiknya.



Gambar 9.2 Kebutuhan asesmen multikriteria untuk perencanaan transportasi umum

Selama ini, fokus pengembangan cenderung terlalu berorientasi pada aspek ekonomi dan keuangan. Padahal, elemen-elemen seperti dampak sosial, lingkungan, serta risiko-risiko yang terkait juga sangat penting dan harus dipertimbangkan. Bukan hanya karena biaya yang tinggi, kita tidak boleh membatalkan investasi besar dalam transportasi umum. Ada nilai yang lebih besar dalam aspek lingkungan dan sosial yang mungkin memiliki dampak ekonomi yang signifikan, dan hal ini jauh lebih berharga daripada hanya mempertimbangkan biaya investasi dan operasional semata.

Oleh karena itu, dampak dari pembangunan transportasi umum harus dipertimbangkan dari segala aspek. Pemerintah harusnya melihat lebih dari sekadar aspek finansial, seperti kebutuhan investasi dan operasional. Mereka juga perlu mempertimbangkan analisis cost-benefit internal dan eksternal, serta aspek demografi dan perilaku masyarakat yang bisa menjadi lebih positif dengan adanya transportasi umum. Selain itu, ada juga berbagai dampak ekonomi yang lebih luas, termasuk produktivitas regional dan transformasi ekonomi yang lebih besar. Jika kita melihatnya sebagai sistem atau ekosistem yang komprehensif, maka nilai dari dampak eksternal dan ekonomi yang lebih luas akan jauh lebih besar daripada sekadar biaya

dan manfaat langsung. Ini mencakup dampak ekonomi yang lebih luas dan dampak sosial dan budaya yang nilainya jauh lebih besar daripada manfaat dan biaya langsung secara ekonomi.

9.4. SUSTAINABLE TRANSPORT SYSTEM AND SUSTAINABLE MOBILITY

Pada berbagai forum dan media belakangan ini dikemukakan dua konsep yang meski frasanya berbeda, namun sebenarnya erat terkait, yaitu *sustainable transport system* dan *sustainable mobility*. *Sustainable transport system* atau sistem transportasi berkelanjutan menekankan tentang penyediaan sistem yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan seluruh kelompok masyarakat dengan memperhatikan keberlanjutan antar generasi. Sedangkan konsep *sustainable mobility* menekankan pada penyediaan layanan untuk memenuhi kebutuhan pergerakan masyarakat secara berkelanjutan. Hal ini menekankan pentingnya melihat transportasi sebagai sebuah sistem yang holistik, yang mencakup layanan yang mudah diakses oleh masyarakat dengan lebih baik.

Terdapat beberapa aspek yang harus diperhatikan dalam membangun sistem transportasi yang berkelanjutan (Gambar 9.3). Selain aspek moda dan infrastruktur, kita juga harus mempertimbangkan aspek operasional. Sekarang, kita memiliki kerangka kerja yang dikenal sebagai *Sustainable Development Goals* (SDGs), sebuah agenda global yang berlaku hingga tahun 2030. Agenda ini mencakup 17 tujuan dengan 169 target kuantitatif yang harus dicapai sampai dengan tahun 2030. Meskipun demikian, setelah periode tersebut berakhir, sangat mungkin akan ada agenda berikutnya yang akan melanjutkan agenda pembangunan global ini. Konsep *sustainable transport* terkait dengan beberapa tujuan dari SDGs ini, khususnya secara langsung dengan tujuan 3, 9 dan 11, serta secara tidak langsung dengan beberapa tujuan lainnya.



Source: Rodrigue, JP(2020), *The Geography of Transport Systems*

Gambar 9.3 Sistem transportasi berkelanjutan

Sumber: *The Geography of Transport Systems* , Rodrigue, JP, 2020

9.4.1. *ECONOMIC AND SOCIAL OUTCOMES OF SUSTAINABLE TRANSPORTATION*

Pada poin-poin *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang berkaitan dengan sistem transportasi berkelanjutan, akan ada banyak indikator yang berkaitan dengan keadilan, efisiensi, keselamatan, dan keberlanjutan lingkungan (Gambar 9.4). Indikator-indikator ini kemudian menjadi target yang harus dicapai. Jika angkutan umum dikembangkan, maka target-target ini seharusnya sejalan dengan pembangunan angkutan umum yang baik, yang berarti bahwa implementasi angkutan umum yang efektif akan mendukung pencapaian target-target tersebut.

Economic and Social Outcomes of Sustainable Transportation



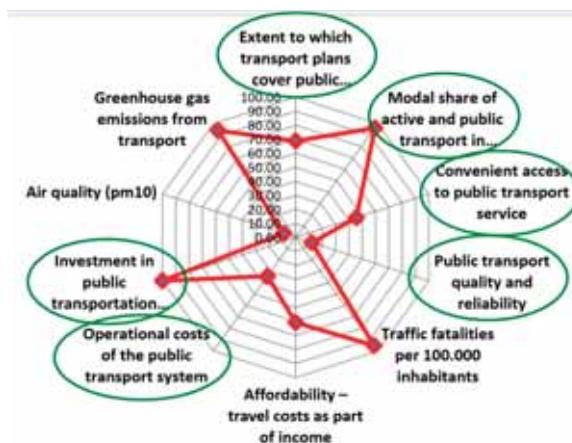
Source: Rodrigue, JP(2020), *The Geography of Transport Systems*

Gambar 9.4 Luaran ekonomi dan sosial dari transportasi yang berkelanjutan

Sumber: *The Geography of Transport Systems* , Rodrigue, JP, 2020

9.4.2. SUSTAINABLE URBAN TRANSPORT INDEX(SUTI)

Suatu metode penilaian dikembangkan oleh Economic and Social Commission for Asia and Pacific (ESCAP), sebuah badan PBB, yang disebut sebagai *Sustainable Urban Transport Index* (SUTI) pada Gambar 9.5. Metode ini menilai sejumlah kota besar negara berkembang di Asia Pasifik, termasuk 5 kota besar di Indonesia, dengan menggunakan 10 indikator evaluasi. Enam dari 10 indikator menyebutkan secara langsung kata-kata "angkutan umum" (*public transport*), seperti investasi dalam transportasi umum, biaya operasional transportasi umum, dan pangsa moda transportasi umum. Sedangkan 4 indikator lainnya, seperti emisi gas rumah kaca dan kualitas udara, secara esensial juga terkait erat dengan kualitas penyelenggaraan angkutan umum meskipun tidak menyebutkan kata-kata "angkutan umum". Dengan demikian, semua indikator dalam metode ini secara praktis terkait dengan pencapaian transportasi umum yang baik.



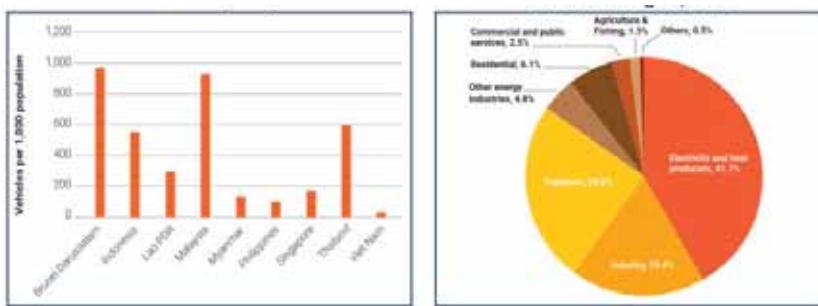
Gambar 9.5 Indikator SUTI (*Sustainable Urban Transport Index*)

Sumber: ESCAP, 2019

9.4.3. SUSTAINABLE MOBILITY

Statistik menunjukkan bahwa tingkat kepemilikan kendaraan bermotor di Indonesia relatif tinggi dibandingkan dengan beberapa negara di ASEAN lainnya (Gambar 9.6). Bahkan, hanya Brunei, Thailand, dan Malaysia yang memiliki tingkat kepemilikan kendaraan yang lebih tinggi daripada Indonesia. Namun, perlu dicatat bahwa

sebagian besar kendaraan bermotor di Indonesia adalah sepeda motor, mencapai sekitar 84% dari total kendaraan bermotor. Ini adalah fenomena yang tidak biasa dibandingkan dengan negara-negara lebih maju, seperti Singapore dan Malaysia, mengingat tingkat kepemilikan kendaraan bermotor yang tinggi, tetapi mayoritas adalah sepeda motor. Secara umum sepeda motor merupakan kendaraan yang kurang memenuhi aspek-aspek keberlanjutan terutama dilihat dari aspek tingkat keselamatan, konsumsi bahan bakar, dan emisi gas buang.



Gambar 9.6 Mobilitas yang berkelanjutan: jumlah kendaraan per 1000 penduduk di ASEAN pada 2019 (kiri) dan emisi CO₂ dari kendaraan di wilayah Asia-Pasifik pada 2018 (kanan)

Sumber: Tracking Sustainable Mobility in Asia-Pacific Cities, ESCAP, 2022

Aspek lain yang perlu mendapat perhatian dalam kerangka *sustainable mobility* adalah penyediaan fasilitas untuk transportasi aktif, yaitu khususnya pesepeda dan pejalan kaki. Kota-kota Indonesia dinilai memiliki peringkat yang tidak terlalu baik dalam hal penggunaan transportasi aktif. Hal ini tentunya perlu mendapat perhatian dalam pengembangan sistem transportasi perkotaan ke depan di samping pembangunan angkutan umum.

9.5. KONDISI TRANSPORTASI INDONESIA DAN DUNIA BERDASARKAN INDEKS

9.5.1. SUTI SCORES FOR 24 ASIA-PACIFIC CITIES

Dari 24 kota-kota di negara berkembang Asia-Pasifik yang dinilai dalam *Sustainable Urban Transport Index* (SUTI), lima kota di Indonesia

hanya mendapatkan skor antara kisaran 32 hingga 62 dari nilai maksimum 100. Tidak ada kota di kawasan Asia Pasifik yang dinilai tersebut mencapai skor di atas 70, dengan Metro Manila menjadi yang tertinggi dengan skor 67,33 dan Islamabad yang terendah dengan nilai 30,36. Detail dari evaluasi ini perlu dipelajari lebih lanjut untuk memahami elemen-elemen apa yang menyebabkan penilaian yang kurang baik, dan ini menjadi pekerjaan rumah bagi semua pihak untuk memperbaiki kondisi transportasi di kota-kota Indonesia ke depan.

9.5.2. SUTI KOTA-KOTA INDONESIA

Dalam evaluasi yang dilakukan menggunakan SUTI indeks, kelima kota di Indonesia, yaitu Bandung, Surabaya, Palembang, Pekanbaru, dan Jakarta, dinilai berdasarkan sepuluh indikator (Gambar 9.7). Salah satu indikator yang paling buruk adalah modal *share of active and public transport*, di mana semua kota tersebut memiliki angka kurang dari 36, dengan Bandung hanya mencapai nilai sekitar 12 dan Surabaya 5. Selain itu, biaya operasional transportasi umum juga mendapai nilai relatif rendah, khususnya Bandung dan Palembang dengan nilai kurang dari 20. Untuk penilaian aksesibilitas terhadap transportasi umum, kota-kota Bandung, Palembang, dan Pekanbaru mendapat nilai kurang dari 40.

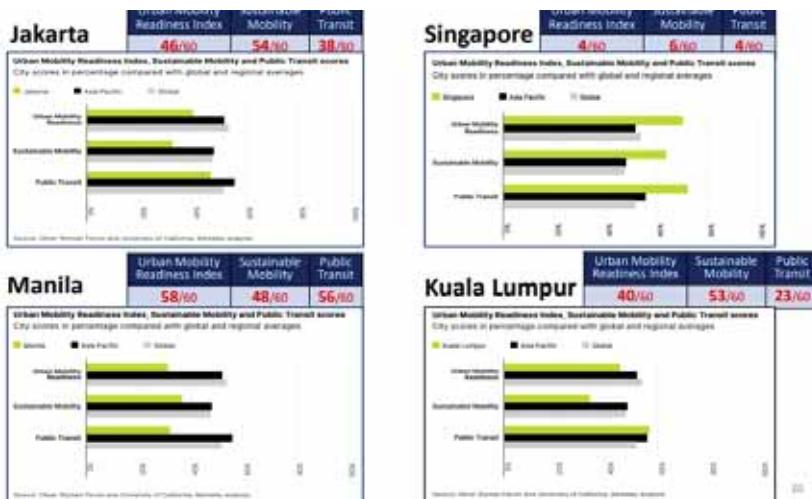


Gambar 9.7 Indeks SUTI untuk kota-kota di Indonesia

Sumber: ESCAP, 2022

9.5.3. URBAN MOBILITY READINESS INDEX 2022

Sebuah studi yang dilakukan oleh Oliver Forum dan University of California di Berkeley mengevaluasi *urban mobility* di beberapa kota di dunia, termasuk Jakarta sebagai satu-satunya kota di Indonesia yang dinilai. Jakarta dapat dibandingkan dengan beberapa kota lain di dunia, di antaranya kota-kota Asia Tenggara seperti Singapura, Kuala Lumpur, dan Manila. Dalam studi ini, terdapat tiga aspek yang dinilai, yaitu urban mobility *readiness*, *system mobility*, dan *public transit*. Hasilnya menunjukkan bahwa Jakarta hanya lebih baik daripada Manila, sementara Singapura dan Kuala Lumpur lebih unggul, demikian juga dengan Bangkok (Gambar 98).



Gambar 9.8 *Urban mobility readiness index* pada tahun 2022 untuk beberapa negara ASEAN
Sumber: *Urban Mobility Readiness Index 2022 Report*, Oliver Wyman Forum and University of California, 2022

9.6. PARADIGMA PENYELENGGARAAN TRANSPORTASI ABAD 21

Paradigma penyelenggaraan transportasi pada abad ke-21 memerlukan pengembangan prinsip-prinsip Sustainable Transport System yang didukung oleh Travel Demand Management. Prinsip ini melibatkan pembangunan transportasi umum sekaligus pembatasan penggunaan angkutan pribadi. Pembatasan penggunaan angkutan

pribadi ini diperlukan agar pergerakan penumpang dan barang dapat berjalan dengan efisien dan efektif, mengingat ketersediaan lahan untuk jalan terbatas. Selain itu, pengembangan transportasi masa depan juga harus melibatkan moda transportasi tak bermotor atau transportasi aktif, seperti sepeda dan pejalan kaki, serta meningkatkan pemanfaatan transportasi berbasis rel untuk pergerakan antar kota, terutama dalam satu pulau, dan di perkotaan sebagai tulang punggung jaringan transportasi.

Selain itu, penerapan *Intelligent Transport System* atau *Smart Transport* memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi (ICT), *big data*, dan kecerdasan buatan (AI) juga perlu ditingkatkan. Hal ini mencakup seluruh siklus perencanaan, analisis pengolahan data, manajemen aset, operasi, serta pengembangan teknologi baru dan energi terbarukan yang mencakup tidak hanya pada kendaraan dan mesin, tetapi juga bahan bakar dan sumber daya energinya.

Namun, salah satu tantangan utama yang dihadapi adalah masalah pembiayaan dan pendanaan (*financing and funding*). Meskipun banyak kota seperti Jakarta, Surabaya, Bandung, Medan, Makassar, dan Palembang memiliki rencana pembangunan transportasi yang sudah berjalan selama 15-20 tahun, sering sekali implementasinya terkendala oleh masalah pembiayaan. Permasalahan ini disebabkan oleh kurangnya koordinasi dan kelembagaan yang memadai dalam mengelola sumber daya keuangan untuk proyek transportasi yang besar. Keterlibat sektor swasta dalam hal ini sangat penting untuk ditingkatkan ke depan mengingat besarnya potensi sektor swasta. Skema-skema inovatif dalam kerangka kerja sama Pemerintah dan Badan Usaha perlu terus dikembangkan sehingga dapat meningkatkan minat sektor swasta untuk berpartisipasi dalam upaya membangun sistem transportasi umum berkelanjutan.

9.6.1. MENINGKATKAN DAYA TARIK UMUM

Untuk meningkatkan daya tarik transportasi umum, beberapa langkah harus menjadi bagian dari peta jalan pengembangan ke depan. Pertama, peningkatan jaringan transportasi umum menjadi hal yang krusial, terutama terkait dengan konsep intermodalitas dan peningkatan fasilitasnya. Selain itu, isu integrasi seluruh aspek

transportasi menjadi fokus utama, yang mencakup tidak hanya transportasi umum, tetapi juga transportasi pribadi serta layanan mobilitas yang lebih luas. Integrasi sistem transportasi umum yang perlu diperhatikan menyangkut seluruh siklus penyelenggaraan yang mencakup jaringan pelayanan, jadwal, tiket, standar mutu, informasi, serta langkah-langkah mitigasi jika terjadi gangguan operasi.

Langkah selanjutnya adalah memperbaiki *branding* dan pemasaran transportasi umum agar tidak lagi dianggap sebagai pilihan yang inferior. Hal ini harus dilakukan secara berkelanjutan dengan meningkatkan kualitas pelayanan sehingga transportasi umum menjadi pilihan yang menarik bagi masyarakat. Sistem informasi juga perlu diperbarui dengan memanfaatkan teknologi digital dan platform aplikasi yang terintegrasi untuk memastikan semua informasi terkait transportasi dapat diakses dengan baik.

Selanjutnya, penerapan manajemen prioritas transportasi umum di berbagai kota perlu mendapat perhatian agar kinerja operasional angkutan umum bisa meningkat bahkan dibandingkan penggunaan angkutan pribadi. Penerapan teknologi baru perlu diperluas dalam manajemen prioritas transportasi umum untuk meningkatkan efisiensi, kenyamanan, dan keselamatan operasi transportasi umum.

9.6.2. PEMANFAATAN BIG DATA DALAM TRANSPORT

Salah satu isu yang telah disoroti sebelumnya adalah pemanfaatan data dengan teknologi terkini sebagai *big data*. Hal ini relevan tidak hanya untuk transportasi umum, tetapi juga untuk keseluruhan sektor transportasi. Baik untuk transportasi pribadi, umum, maupun logistik, pemanfaatan sumber data yang beragam dan bersifat *real time* dalam bentuk *big data* menjadi sangat penting. Selain itu, dalam konteks pengembangan layanan mobilitas (mobility service), pemanfaatan data ini menjadi bagian yang vital untuk memastikan operasionalnya berjalan dengan baik. Cakupan pemanfaatan *big data* dalam transportasi secara umum dapat dilihat pada Gambar 9.9.



Gambar 9.9 Pemanfaatan big data dalam transportasi

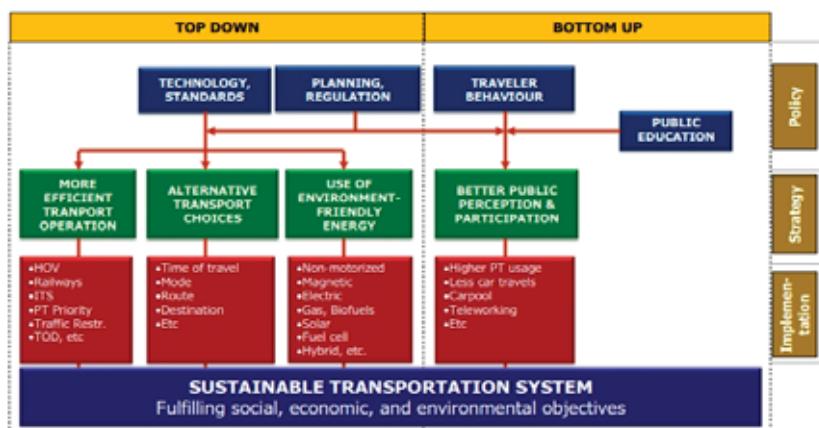
9.7. A ROADMAP TO SUSTAINABLE URBAN TRANSPORT SYSTEM

Langkah-langkah pembangunan sistem transportasi umum di atas perlu diwujudkan dengan kebijakan jaringan multimoda dan intermoda yang tepat disertai regulasi, standar operasi, penggunaan teknologi maju dan sumber energi ramah lingkungan melalui kerangka perencanaan yang terpadu (vertikal-horizontal-sektoral). Agenda pembangunan dan peta jalan yang sesuai perlu disusun oleh tiap wilayah sesuai dengan kondisi dan tantangan masing-masing wilayah dan dijalankan dengan konsisten.

Peta jalan (*roadmap*) perlu disusun dalam rangka merumuskan langkah-langkah penetapan kebijakan dan strategi yang sesuai dan diikuti dengan implementasi yang tepat (Gambar 9.10). Kerangka perencanaan dan regulasi serta adopsi standar dan teknologi perlu dirumuskan di level kebijakan yang bersifat makro. Perumusan strategi dan langkah-langkah implementasi dilakukan dengan mempertimbangkan karakteristik wilayah dan tantangan setempat. Pilihan strategi dan implementasi ini mencakup berbagai opsi teknologi dan rekayasa yang dapat diterapkan sesuai dengan tujuan perencanaan yang ditetapkan dalam mengatasi permasalahan yang dihadapi.

Namun, peran serta masyarakat dalam membangun sistem transportasi berkelanjutan perlu mendapat perhatian bersama. Persepsi dan perilaku masyarakat perlu dibangun agar selaras dengan prinsip-prinsip efisiensi-efektivitas-keberlanjutan yang diharapkan dari suatu operasi transportasi umum. Dalam hal ini upaya-upaya edukasi publik perlu terus digalakkan secara berkesinambungan melalui berbagai media dan forum yang tersedia.

Tanpa perubahan perilaku dan budaya yang lebih baik, potensi dari semua yang ditawarkan oleh transportasi umum tidak akan tercapai secara optimal. Diperlukan pendidikan publik yang efektif, regulasi yang kuat, dan penegakan hukum yang konsisten terhadap pelanggaran. Oleh karena itu, masalah ini juga harus menjadi fokus dalam peta jalan untuk memperbaiki sistem transportasi ke depan seiring dengan upaya-upaya lainnya.



Gambar 9.10 Peta jalan (*roadmap*) menuju sistem transporasi kota yang berkelanjutan

9.8. CATATAN PENUTUP

Peningkatan sistem transportasi perlu ditempatkan dalam kerangka pengembangan sistem transportasi yang berkelanjutan secara menyeluruh, yang mendukung pencapaian tujuan dari *Sustainable Development Goals* (SDGs). Langkah-langkah pembangunan sistem transportasi umum perlu diwujudkan melalui kebijakan jaringan multimodal dan intermodal yang tepat, serta regulasi standar operasi penggunaan teknologi maju dan sumber energi ramah lingkungan.

Ini harus dilakukan melalui satu kerangka perencanaan yang terpadu, baik secara vertikal (dari pusat hingga daerah) maupun horizontal (antarsektor). Selain itu, perencanaan dan sistem operasi transportasi umum ke depan perlu dikembangkan dengan memperhatikan paradigma pengelolaan transportasi abad 21, dan implementasinya disesuaikan dengan tantangan yang dihadapi oleh masing-masing wilayah, mengingat karakteristik dan tantangan yang berbeda-beda.

Program dan kegiatan edukasi masyarakat perlu terus ditingkatkan untuk menumbuhkan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam mendukung operasi transportasi yang berkelanjutan. Langkah ini disertai dengan regulasi yang kuat dan penegakan hukum yang konsisten terhadap pelanggaran.

Untuk mengatasi lemahnya kordinasi kebijakan, perencanaan, dan implementasi, maka perlu dibangun suatu "Badan Pengelola Transportasi" yang berdaya dan kuat di masing-masing wilayah. Fokus utama dari langkah ini adalah terutama di kawasan metropolitan dan kota besar karena masalah transportasi di kota-kota besar dan metropolitan merupakan yang paling mendesak untuk ditangani. Badan pengelola transportasi ini bertanggung jawab dalam merumuskan kebijakan, perencanaan, serta memastikan implementasi program dan kegiatan terkait transportasi.



10 SESI DISKUSI

- 
- 10.1. Webinar 17 Januari 2024
 - 10.2. Webinar 24 Januari 2024

10.1. WEBINAR 17 JANUARI 2024

10.1.1. USULAN PROF. AKHMALOKA TERKAIT URGensi ALOKASI BEASISWA

Presiden Joko Widodo menyampaikan urgensi untuk meningkatkan alokasi beasiswa tidak hanya untuk tingkat S-2 dan S-3, melainkan juga untuk tingkat S-1 di dalam negeri. Hal ini disampaikan dalam forum Rektor Indonesia. Dalam wawancara dengan media, Presiden menekankan bahwa hanya sekitar 13% dari penerima beasiswa merupakan lulusan S-1, menyoroti pentingnya investasi dalam pendidikan tingkat dasar. Menanggapi pertanyaan mengenai potensi pelipatan beasiswa hingga lima kali lipat untuk S-2, Presiden menyambut baik gagasan tersebut, sambil menekankan bahwa alokasi beasiswa tidak hanya harus terfokus pada studi di luar negeri. Lebih lanjut, Presiden menyoroti bahwa mayoritas penerima beasiswa saat ini menuju luar negeri, yang biayanya jauh lebih tinggi dibandingkan dengan studi di dalam negeri. Oleh karena itu, dia mendorong untuk memberikan beasiswa yang memadai bagi mahasiswa pascasarjana di perguruan tinggi di Indonesia. Hal ini diharapkan dapat mendukung perkembangan institusi pendidikan di dalam negeri, memastikan bahwa pendanaan pendidikan tidak hanya menjadi beban pemerintah, tetapi juga menjadi bagian dari solusi untuk tantangan pendidikan yang dihadapi oleh Indonesia, tanpa mengabaikan potensi insentif yang dapat mendorong kualitas publikasi dan inovasi di dalam negeri.

Pada tahun 2014, terdapat pengusulan untuk menggabungkan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (Kemristekdikti) dengan Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), serta Kementerian Riset dan Teknologi (Ristek). Usulan ini didasari oleh kebutuhan akan peningkatan sinergi antara lembaga-lembaga penelitian dan pengembangan (Litbang) serta lembaga-lembaga pendidikan tinggi. Presiden saat itu, mengakomodasi usulan tersebut dan membentuk Kementerian riset yang menyatukan Dikti, riset, dan teknologi di bawah kepemimpinan Pak Muhammad Nasir.

Rencana penggabungan ini didorong oleh pemikiran bahwa lembaga-lembaga penelitian memiliki potensi besar untuk menghasil-

kan inovasi dan pengetahuan yang relevan dengan kebutuhan pembangunan nasional. Dengan menggabungkan Dikti dengan BRIN dan Ristek, diharapkan dapat tercipta sinergi yang lebih baik dalam pengelolaan riset dan teknologi di Indonesia.

Salah satu alasan yang mendasari penggabungan tersebut adalah untuk memanfaatkan tenaga peneliti yang kuat yang dimiliki oleh lembaga-lembaga penelitian. Hal ini terutama karena setiap tahun, terjadi aliran mahasiswa pascasarjana yang terus-menerus berganti, memberikan aliran "darah segar" bagi kegiatan riset. Dengan demikian, diharapkan bahwa penelitian yang dilakukan oleh lembaga-lembaga tersebut dapat menjadi pembimbing bagi mahasiswa pascasarjana, serta memungkinkan dosen dan peneliti untuk menggunakan fasilitas dan peralatan riset yang tersedia.

Meskipun penggabungan kementerian tersebut memiliki tantangan, seperti dalam pengelolaan sekolah vokasi atau SMK, tetapi juga membawa dampak positif dan negatif. Namun, wacana tentang penggabungan tersebut masih tetap terbuka, dengan harapan kelebihan dan kekurangan dapat diperinci untuk dieksplorasi lebih lanjut.

10.1.2. PERTANYAAN PROF. IRWANDY KEPADA PROF. DJOKO SANTOSO

Sejauh mana integrasi sektoral dan regulasi dibutuhkan dalam mengatasi masalah biaya yang tinggi dari teknologi *Carbon Capture, Utilization, and Storage* (CCUS), serta bagaimana kemungkinan penurunan biaya tersebut seiring dengan perkembangan teknologi?

Jawaban

Dalam lingkup tersebut, fokus diberikan pada analisis biaya terkait teknologi *Carbon Capture, Utilization, and Storage* (CCUS). Penaksiran biaya dilakukan dalam satuan ton CO₂, berbeda dengan perhitungan langsung dalam megawatt. Biaya terbesar terkait dengan penangkapan CO₂, diperkirakan mencapai hampir 50 dolar AS per ton CO₂, sedangkan biaya transportasi hanya sekitar 0,95 dolar AS dan biaya penyimpanan mencapai 15,93 dolar AS.

Pentingnya kerja sama global dalam menangani biaya penangkapan CO₂ ditekankan. Penurunan emisi karbon harus dianggap sebagai tanggung jawab bersama yang melibatkan berbagai negara dan perusahaan. Kerja sama ini dapat mencakup pembagian biaya dan pengembangan teknologi yang lebih efisien dari waktu ke waktu.

Lebih lanjut, disampaikan bahwa meskipun biaya penyimpanan CO₂ telah mencapai standar yang dapat diterima, negara-negara produsen minyak memiliki potensi untuk menjadi pusat kerja sama dalam hal ini. Pentingnya memberikan insentif kepada sektor industri yang terlibat juga disoroti, baik melalui sistem pajak atau mekanisme lainnya, untuk mendorong partisipasi mereka dalam upaya global untuk mengurangi emisi karbon. Dengan demikian, penurunan emisi karbon secara global dapat diwujudkan melalui langkah-langkah efektif dan berkelanjutan.

Regulasi terkait industri migas terus berada dalam proses penyempurnaan. Upaya ini telah mencapai tahap penyelesaian, di mana regulasi tersebut telah diterbitkan. Kolaborasi antarberbagai pihak, termasuk pusat di ITB dan penyelesaian administratif di Jakarta, telah menjadi bagian integral dari proses penyusunan regulasi ini. Dengan demikian, industri migas saat ini dinilai sebagai yang paling siap untuk menerapkan regulasi baru yang telah disahkan.

10.1.3. USULAN PROF. SALMAN TERKAIT PERAN PERGURUAN TINGGI

Perguruan tinggi memiliki peran penting dalam menegakkan misi negara untuk mencerdaskan kehidupan bangsa, sesuai dengan amanat Undang-Undang Dasar. Salah satu fokus yang ditekankan adalah peningkatan kualitas pendidikan dasar dan menengah. Untuk mencapai hal ini, saya mengusulkan dua langkah strategis yang perlu dilakukan di masa mendatang. Pertama, perlu dilakukan peningkatan kompetensi dan kualitas para guru yang sudah berada di lapangan. Dalam hal ini, perguruan tinggi yang telah terbukti memiliki reputasi yang baik dan mapan dapat diikutsertakan dalam program pelatihan dan pengembangan untuk meningkatkan kemampuan para pendidik. Langkah ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif dalam meningkatkan mutu pendidikan di berbagai tingkatan.

Penting untuk melahirkan generasi guru dan dosen yang berkualitas di masa depan. Ini dapat dilakukan dengan mendirikan program seleksi dan pembinaan bagi calon-calon guru dan dosen berbakat sejak tingkat pendidikan menengah atas. Program ini akan memberikan kesempatan kepada mereka yang memiliki potensi untuk tumbuh dan berkembang dalam profesi pendidikan. Dengan memberikan beasiswa dan fasilitas pendidikan yang memadai, diharapkan akan muncul calon-calon guru dan dosen yang berdedikasi tinggi untuk kemajuan pendidikan bangsa.

Selain itu, perlu dibangun citra bahwa menjadi guru atau dosen adalah pilihan karier yang dihormati dan diinginkan oleh masyarakat. Hal ini dapat dilakukan dengan memberikan jaminan kesejahteraan yang memadai bagi para pendidik, sehingga profesi ini menjadi pilihan utama bagi individu yang memiliki potensi dalam bidang pendidikan. Dengan cara ini, diharapkan dapat tercipta lingkungan akademik yang berkualitas dan menginspirasi bagi generasi muda untuk memilih jalur karier sebagai pendidik.

Seleksi calon pendidik harus tidak hanya mempertimbangkan aspek kecerdasan intelektual, tetapi juga aspek kecerdasan emosional dan spiritual. Hal ini penting karena seorang pendidik tidak hanya bertugas untuk mentransfer pengetahuan, tetapi juga membentuk karakter dan moralitas peserta didik. Oleh karena itu, proses seleksi harus menyaring calon pendidik yang tidak hanya memiliki kemampuan akademik yang unggul, tetapi juga memiliki integritas, etika, dan komitmen yang kuat terhadap tugas pendidikan.

Dengan demikian, negara dapat memastikan bahwa para pendidik yang terpilih adalah orang-orang terbaik yang siap mengemban tugasnya dengan baik, sehingga terwujudnya visi negara yang cerdas, berkualitas, dan berbudaya dapat tercapai.

10.1.4. USULAN PROF. AKHMALOKA TERKAIT PERAN PENTING GURU

Perbincangan mengenai peran penting guru dalam sistem pendidikan berlanjut tanpa henti, dengan fokus pada urgensi untuk menempatkan perguruan tinggi sebagai penanggung jawab utama

dalam membentuk dan melatih guru-guru yang berkualitas. Tim diskusi yang terdiri dari enam mantan rektor, termasuk di antaranya mantan Rektor UPI, sepakat bahwa keberadaan guru yang unggul tidak hanya dari segi pengetahuan akademis, tetapi juga karakter dan keterampilan lainnya, merupakan pondasi utama bagi perbaikan mutu pendidikan secara keseluruhan. Perguruan tinggi dianggap memiliki peran krusial dalam mengemban misi tersebut, dengan pemberian mandat yang jelas untuk mendidik calon guru yang berkualitas. Perhatian pun tertuju pada alokasi dana pendidikan yang saat ini menjadi perdebatan hangat, terutama dalam konteks penggunaan 20% anggaran pendidikan yang dialokasikan untuk jenjang SMA dan di bawahnya. Kendati demikian, terdapat perbedaan pandangan di antara pemerintah daerah terkait dengan jumlah alokasi tersebut, di mana beberapa pihak menyebutkan bahwa angka tersebut dianggap terlalu besar dan sulit untuk dialokasikan dengan efektif. Oleh karena itu, perlunya pencarian solusi yang tepat guna menyeimbangkan dan memastikan efektivitas penggunaan dana pendidikan sesuai dengan prioritas yang ada menjadi sangat penting. Selain itu, penting juga untuk menekankan komitmen dari semua calon pemimpin, di mana kesediaan mereka untuk mendukung sektor pendidikan dinilai sebagai salah satu faktor penentu utama, tanpa memandang siapa yang akhirnya akan terpilih sebagai pemimpin.

10.1.5. USULAN PROF. JOKO SUHARTO TERKAIR PERUBAHAN YANG DIPICU TEKNOLOGI DIGITAL

Dalam menghadapi era perubahan yang dipicu oleh kemajuan teknologi digital dan kecerdasan buatan (AI), sangat penting untuk merumuskan usulan-usulan yang mendukung peningkatan mutu pendidikan, khususnya pada tahap awal pembelajaran. Peningkatan mutu ini menjadi aspek krusial dalam visi perbaikan pendidikan yang sedang diperjuangkan. Oleh karena itu, evaluasi terhadap jumlah universitas yang ada juga menjadi perhatian yang sangat penting. Perlu dipertimbangkan bahwa jumlah universitas mungkin perlu disesuaikan dengan ukuran populasi yang lebih kecil, dengan perkiraan jumlah institusi sekitar 270 hingga 400, guna memastikan bahwa setiap institusi pendidikan memiliki kapasitas dan standar yang memadai untuk memberikan pendidikan yang berkualitas

kepada mahasiswanya. Selain itu, dalam konteks pengembangan sistem pendidikan yang lebih baik, perlu dilakukan perencanaan yang matang untuk mengintegrasikan pendidikan vokasional dan berbagai bidang pendidikan lainnya. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa kurikulum pendidikan menjadi lebih relevan dengan kebutuhan masyarakat dan pasar kerja yang terus berubah. Dalam upaya mencapai tujuan ini, penting untuk memperkuat keyakinan akan pertolongan dari Allah, yang menjadi landasan moral dan spiritual bagi perubahan yang diinginkan. Selanjutnya, kolaborasi dengan pihak-pihak terkait seperti KK Energi, yang memiliki keahlian dalam menangani tantangan energi yang berkelanjutan, dapat menjadi langkah kunci dalam menemukan solusi yang holistik untuk meningkatkan mutu pendidikan secara menyeluruh. Dengan demikian, usaha bersama dalam merumuskan dan menerapkan usulan-usulan ini diharapkan mampu menghasilkan sistem pendidikan yang lebih inklusif, relevan, dan berdaya saing untuk masa depan yang lebih baik.

10.1.6. PERTANYAAN PROF JOKO SUHARTO DAN PAK MULYO WIDODO KEPADA PROF. I NYOMAN PUGEG ARYANTHA

Pertanyaan yang disampaikan adalah sebagai berikut.

- Mengapa impor pangan seperti terigu, kedelai, dan beras masih tinggi, sementara pangan lokal seperti sagu di Irian dan sorgum di Nusa Tenggara Timur tidak dikembangkan dengan baik?
- Apa alasan di balik kurangnya pengembangan pangan lokal seperti sagu dan sorgum, padahal keduanya memiliki potensi yang besar sebagai sumber pangan dan bahkan energi?
- Mengapa penting untuk mengembangkan pangan lokal dan memanfaatkan potensi sumber daya alam Indonesia seperti sagu dan sorgum?
- Bagaimana kita dapat meningkatkan pengembangan budaya biru, terutama dalam hal memanfaatkan potensi sumber daya perikanan sebagai sumber protein?
- Bagaimana peran institusi seperti ITB dan ITERA dalam memberikan kontribusi terhadap pengembangan pangan lokal dan budaya biru di Indonesia?

Pertanyaan Pak Mulyo Widodo kepada Prof. Akhmaloka dan Prof. Irwandy adalah sebagai berikut.

- Apa sebenarnya yang dimaksud dengan "Indonesia Emas tahun 2045" dan apa target utamanya?
- Bagaimana strategi yang akan diambil untuk meningkatkan pendapatan negara dan melewati middle income trap, serta apa konsep pengembangan ekonomi dan industri yang akan diterapkan?
- Siapakah yang seharusnya bertanggung jawab atas pengembangan industri hilirisasi, dan bagaimana cara untuk memastikan bahwa manfaatnya merata bagi seluruh pemangku kepentingan?
- Bagaimana cara untuk meningkatkan kemandirian teknologi dan penguasaan teknologi dalam konteks hilirisasi industri?
- Bagaimana pemerintah dapat menciptakan kondisi yang mendukung untuk menarik investasi dan menciptakan pekerjaan dengan upah yang tinggi, serta bagaimana pelajaran dari pendekatan Singapura dalam mengelola industri dan ekonomi?

Jawaban Prof. Irwandy untuk Pak Mulyo Widodo dan Prof. Joko Suharto

Dalam konferensi pers mengenai pencapaian kinerja Kementerian SDM dua hari yang lalu, ditekankan pentingnya realisme dalam menghadapi tantangan energi. Meskipun target penggunaan energi baru terbarukan pada tahun 2025 adalah 25%, namun pada tahun 2023 baru tercapai sekitar 13%. Selain itu, kekayaan mineral dan batubara Indonesia yang mencapai 3 hingga 4 triliun US Dolar menimbulkan pertanyaan akan rendahnya hasil ekonomi yang diperoleh dari sektor pertambangan, yaitu sekitar 47 miliar US Dolar pada tahun 2021. Angka ini menunjukkan bahwa rasio *return of equity* hanya sekitar 1,2%, yang menggambarkan rendahnya efisiensi pemanfaatan kekayaan alam tersebut. Tantangan utama dalam mengoptimalkan eksplorasi sumber daya alam ini adalah ketergantungan pada teknologi impor, yang terlihat jelas dalam sektor smelter nikel di Indonesia. Dari 116 smelter yang ada, mayoritas masih menggunakan teknologi dari luar negeri, dengan biaya konstruksi dan perencanaan yang besar. Hal ini menyoroti pentingnya pengembangan teknologi dalam negeri, yang menjadi tanggung jawab utama perguruan tinggi dan lembaga penelitian. Selain itu, Indonesia juga menghadapi defisit produksi aluminium, di mana

kebutuhan mencapai 1 juta ton namun produksi hanya mencapai 250.000 ton. Hal ini menekankan perlunya peningkatan kapasitas produksi dalam negeri untuk memenuhi kebutuhan domestik dan mengurangi ketergantungan pada impor. Meskipun tantangan untuk meningkatkan *return of equity* menjadi 10% tidaklah mudah, hal ini menegaskan perlunya kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan institusi pendidikan dan penelitian untuk menghadapi tantangan tersebut dengan solusi yang holistik dan berkelanjutan.

Jawaban Prof. Akhmaloka untuk Pak Mulyo Widodo

Indonesia Emas merujuk pada visi Indonesia untuk menjadi negara maju pada tahun 2045, dengan GDP per kapita di atas 30 ribu dolar AS. Meskipun awalnya dianggap sebagai proyeksi yang mungkin terlalu ambisius atau sekadar isapan jempol, tetapi visi ini telah menjadi fokus perencanaan pembangunan nasional. Indonesia Emas berakar dari masa pemerintahan Presiden Susilo Bambang Yudhoyono, di mana banyak konsultan dan lembaga internasional seperti Bank Dunia memprediksi kemajuan Indonesia sebagai negara maju. Salah satu persiapan kunci untuk mewujudkan Indonesia Emas adalah pengembangan Sumber Daya Manusia (SDM) yang unggul. Meskipun skeptisme masih ada, fokus pada peningkatan SDM menjadi langkah awal yang esensial dalam mencapai visi tersebut.

Jawaban Prof. I Nyoman Pugeg Aryantha untuk Prof. Joko Suharto

Dalam konteks revolusi biru, pergeseran paradigma ke habitat laut menjadi penting untuk ditekankan. Salah satu cakupan yang diusulkan adalah pengembangan keramba jarak jauh yang ramah lingkungan, mengingat potensi luas lautan yang dapat dimanfaatkan untuk budidaya perairan, terutama dalam konteks produksi protein ikan. Teknologi keramba apung yang sedang dikembangkan diharapkan dapat mengatasi masalah pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah dan pakan ikan. Selain itu, dengan memanfaatkan ekosistem akuatik, terutama alga mikro dan makro, sebagai sumber protein, dapat membantu dalam menangkap karbon dioksida dari udara, serta mencegah pencemaran lingkungan. Kolaborasi dalam pengembangan teknologi ramah lingkungan dan persiapan budidaya keramba menjadi kunci untuk mencapai tujuan ini, dengan harapan kerja sama antara pemerintah dan sektor teknologi dapat terwujud dalam mewujudkan visi ini.

10.1.7. USULAN PROF DJOKO SANTOSO TERKAIR POLA PIKIR TRANSFORMASI

Pertanyaan yang menarik muncul terkait perubahan yang diperlukan dalam pola pikir atau *mindset*, yang dianggap lebih penting daripada perubahan fisik atau barang secara langsung. Hal ini menyoroti kebutuhan akan transformasi *mindset* dalam menghadapi tantangan seperti CCS (*Carbon Capture and Storage*) dan CCUS (*Carbon Capture, Utilization, and Storage*). Profesor Benjamin, seorang pakar teknologi, menunjukkan bahwa kita memiliki keahlian teknis yang diperlukan untuk menghadapi tantangan ini. Namun, pertanyaan sederhana muncul: mengapa industri manufaktur tidak mengakui kontribusi lapangan dalam mengerjakan solusi ini? Pertanyaan ini memunculkan pentingnya apresiasi terhadap kerja tim dan kontribusi lapangan dalam menangani masalah lingkungan.

10.1.8. PERTANYAAN PAK TJAHO KARTIKO KEPADA PROF. DJOKO SANTOSO DAN PROF. BAMBANG RIYANTO

Pertanyaan yang ditanyakan adalah sebagai berikut.

- Mengapa definisi energi nasional belum ditetapkan dengan jelas? Apakah ini terkait dengan ketidaktahuan mengenai undang-undang yang mengatur hal tersebut?
- Mengapa proyek semikonduktor di Bandung mengalami hambatan? Apakah ada hubungannya dengan penolakan pembangunan pabrik semikonduktor dengan tenaga robot di Batam? Apakah hal ini memengaruhi persaingan antara Indonesia dan Malaysia dalam industri semikonduktor?

Jawaban Prof. Bambang Riyanto untuk Pak Tjahjo Kartiko

Dalam konteks diskusi tentang industri semikonduktor, perhatian utama terfokus pada tahap *packaging*, khususnya yang berhubungan dengan lokasi di Batam. Saat ini, Indonesia belum mencapai titik di mana negara mampu merancang *chip* secara independen dan melaksanakan fabrikasi secara lokal. Meskipun Institut Teknologi Bandung (ITB) memiliki kemampuan dalam desain chip, seperti prosesor dan *accelerator* untuk komputasi kecerdasan buatan, tetapi

fabrikasi semikonduktor masih harus dilakukan di luar negeri. Ini disebabkan oleh keterbatasan infrastruktur fabrikasi wafer di dalam negeri, yang hanya dimiliki oleh beberapa negara. Ketergantungan pada impor *chip* semikonduktor menimbulkan beberapa masalah yang signifikan. Salah satunya adalah risiko keamanan informasi karena ketidakjelasan mengenai kerentanan atau *vulnerability* yang mungkin ada dalam chip yang diimporkan. Selain itu, ini juga menimbulkan ancaman terhadap kedaulatan nasional, mengingat pentingnya teknologi semikonduktor dalam berbagai aspek kehidupan modern, termasuk keamanan nasional. Oleh karena itu, Indonesia masih jauh dari memiliki kemampuan untuk mengembangkan industri semikonduktor secara mandiri, dan diperlukan upaya yang lebih besar dalam memperkuat infrastruktur serta pengembangan kapasitas lokal dalam hal fabrikasi semikonduktor.

10.1.9. PERTANYAAN PAK TJAHO KARTIKO KEPADA PROF. IRWANDY

Mengapa definisi undang-undang energi tidak pernah ditegakkan, sehingga menyebabkan proses yang berantakan menurut beliau, dan apakah benar bahwa definisi undang-undang energi tidak pernah ditegakkan, seperti yang disampaikan dalam pernyataan tersebut?

Jawaban Prof. Irwandy untuk Pak Tjahjo Kartiko

Grand strategi energi baru saja diselesaikan oleh Kementerian SDM, yang akan menjadi dasar bagi Dewan Energi Nasional dan akhirnya menjadi Keputusan Presiden, mencerminkan langkah yang komprehensif dalam mengelola energi nasional. Selain itu, pembuatan program strategis untuk mineral dan batubara juga sedang berlangsung, yang dianggap penting karena berkaitan erat dengan masalah energi. Energi nasional mencakup berbagai sumber energi seperti batubara, panas bumi, sumber air, sinar matahari, angin, dan hidrogen, yang harus dikembangkan sesuai dengan potensinya. Perkembangan terkini menunjukkan penemuan cadangan gas bumi yang cukup besar, yang menjanjikan sebagai transisi menuju energi hijau, dengan potensi terutama di wilayah seperti Andaman.

10.1.10. PERTANYAAN PROF. BENYAMIN SAPIIE KEPADA PROF. AKHMALOKA

Mengapa Malaysia belajar ke Indonesia, tetapi hasil penelitian jurnal internasionalnya sekarang dibandingkan dengan Malaysia? Apakah ada isu tertentu yang menjadi penyebabnya?

Jawaban Prof. Akhmaloka untuk Prof. Benyamin Sapiie

Di Malaysia, terdapat grand desain yang jelas untuk pengembangan perguruan tinggi, yang memberikan arahan dan fokus yang konsisten. Sebaliknya, di Indonesia, sering kali terjadi perubahan-perubahan aturan atau undang-undang yang tidak konsisten, menyebabkan ketidakpastian dan kesulitan dalam merumuskan perencanaan jangka panjang untuk perguruan tinggi. Dampaknya, riset di universitas Indonesia cenderung kurang mendapat perhatian dan dukungan yang memadai.

Di Malaysia, universitas-universitas seperti UTM, UPM, dan USM menunjukkan perkembangan yang pesat dalam bidang riset, didukung oleh sumber daya yang memadai dan perencanaan yang matang. Mereka telah berhasil membangun reputasi sebagai lembaga riset unggulan di tingkat internasional. Sementara itu, di Indonesia, masih terdapat tantangan dalam membangun riset universitas menjadi salah satu yang berdaya saing global. Oleh karena itu, penting untuk meningkatkan konsistensi dan dukungan dalam pembangunan perguruan tinggi serta memastikan adanya arahan yang jelas dan berkelanjutan dalam pengembangan riset di Indonesia.

10.2. WEBINAR 24 JANUARI 2024

10.2.1. PERTANYAAN 1 DAN PERTANYAAN 2 OLEH DR. ENG. MURSYID HASAN BASRI., ST., MT

Pertanyaan 1

Bagaimana pendapat kita tentang perubahan mentalitas bangsa untuk mencapai perubahan positif di berbagai aspek kehidupan, seperti:

- Peningkatan layanan publik.
- Penanggulangan *hoax* dan intoleransi.
- Meningkatkan kesejahteraan sosial dan budaya.

Bagaimana cara mengubah mentalitas yang cenderung reaktif menjadi proaktif atau multiaktif agar dapat meraih kemajuan yang diharapkan?

Bagaimana persiapan ke depan dalam mencapai tujuan pembangunan yang lebih baik, terutama dalam konteks pesan kepada calon presiden untuk menjawab tantangan-tantangan tersebut?

Pertanyaan 2

Bagaimana pemerintah dapat mengusulkan dan mewujudkan solusi transportasi bawah tanah sebagai alternatif untuk mengurangi kemacetan lalu lintas di kota-kota padat?

Apakah memungkinkan untuk menggabungkan teknologi mesin dengan teknik konstruksi bawah tanah untuk membangun sistem transportasi bawah tanah yang efisien?

Bagaimana kota-kota seperti Bandung, yang sudah tidak dapat memperluas infrastruktur jalan raya secara horizontal, dapat menghadapi tantangan kemacetan lalu lintas dengan solusi transportasi bawah tanah?

Jawaban Pertanyaan 1 dan 2 oleh Prof. Ade

Perhatian yang diberikan pada strategi implementasi multidisiplin menyoroti pentingnya keterlibatan berbagai ahli, seperti ahli sosial, ahli lingkungan, dan ahli budaya, selain dari para insinyur. Model dari negara-negara seperti Jepang dan Singapura menunjukkan bahwa pendekatan terhadap disiplin dan ketertiban memiliki variasi yang menarik. Di Singapura, ketertiban dan kedisiplinan masyarakatnya tercipta melalui peraturan yang ketat dan sanksi yang tegas, serta penegakan hukum yang konsisten. Di sisi lain, di Jepang, kedisiplinan lebih merupakan hasil dari pendekatan budaya yang mendorong rasa hormat terhadap orang lain sejak usia dini. Oleh karena itu, dalam konteks Indonesia, pentingnya menerapkan model yang sesuai, yang mungkin mengambil elemen-elemen dari kedua pendekatan tersebut, dengan mempertimbangkan kondisi budaya dan sosial yang berbeda. Ini menunjukkan bahwa pengaturan peraturan yang ketat mungkin

diperlukan untuk mencapai tingkat kedisiplinan yang diinginkan, namun juga perlu ada upaya yang berkelanjutan dalam mengubah perilaku masyarakat secara menyeluruh.

Pertama-tama, dalam pembahasan tentang pembangunan *subway*, penting untuk memahami bahwa teknologi *subway* memiliki banyak keunggulan, termasuk fleksibilitas dalam pemilihan jalur seperti jalur bawah tanah, di permukaan tanah, atau jalur layang (*elevated*). Namun, biaya pembangunan *subway* dapat mencapai tiga kali lipat dari biaya pembangunan jalur lainnya. Sebagai contoh, biaya pembangunan jalur bawah tanah di Jakarta bisa mencapai hampir 1 triliun per kilometer, sementara jalur layang seperti LRT Jakarta memiliki biaya yang lebih rendah, sekitar 800-900 miliar per kilometer, tetapi masih jauh lebih mahal daripada jalur di permukaan tanah.

Dalam konteks pendanaan, banyak proyek infrastruktur besar di Indonesia, termasuk pembangunan LRT di Bandung, sering menghadapi kendala dalam mendapatkan sumber pendanaan yang cukup. Meskipun investor sering menang dalam tender proyek, seperti yang terjadi di Bandung dengan investor dari Singapura, sering kali proyek terhenti karena kesulitan mendapatkan pendanaan tambahan dari pihak lain, seperti pemerintah pusat atau lembaga keuangan. Hal ini menyoroti tantangan dalam memastikan tersedianya sumber pendanaan yang cukup untuk mewujudkan rencana pembangunan infrastruktur yang besar dan kompleks.

Selain itu, perlu diperhatikan juga bahwa perencanaan jangka panjang (RPJP) dan rencana jangka menengah (RPJM) haruslah diselaraskan dengan ketersediaan anggaran setiap tahunnya. Meskipun rencana pembangunan infrastruktur sudah ada, sering kali pelaksanaannya terhambat oleh ketersediaan anggaran yang terbatas atau tidak memadai. Oleh karena itu, penting untuk melakukan evaluasi dan penyesuaian secara berkala agar rencana pembangunan infrastruktur dapat terwujud sesuai dengan kebutuhan masyarakat dan kemampuan finansial negara.

Dukungan Jawaban Untuk Pertanyaan 1 Dan 2 Oleh Pak Sigit

Pak Sigit sepakat dengan pendapat yang telah disampaikan sebelumnya, terutama mengenai pentingnya penegakan hukum (*enforcement*) dalam menciptakan kedisiplinan masyarakat. Perbedaan

antara keadaan di Singapura yang teratur dan disiplin dengan keadaan di Indonesia yang cenderung kurang tertib, dapat disebabkan oleh kurangnya koridor atau batasan yang jelas dalam menjalankan aturan.

Selain itu, pembahasan terkait proyek transportasi di Bandung juga menyoroti tantangan dalam pembiayaan dan subsidi yang sering diperlukan dalam proyek infrastruktur besar di Indonesia. Meskipun terdapat rencana untuk banyak koridor transportasi, sebagian besar dari mereka bergantung pada dukungan pemerintah dalam bentuk Public Service Obligation (PSO). Hal ini menunjukkan perlunya inovasi dalam mencari sumber pendanaan yang lebih berkelanjutan.

Pak Sigit juga ingin menyoroti pertanyaan dari Profesor Sasminati terkait dengan daur ulang baterai. Teknologi daur ulang baterai yang telah dikuasai oleh teman-teman dari ITB menunjukkan kemajuan yang signifikan, dengan tingkat pemulihan energi yang mencapai 95-96%. Bahkan, beberapa pabrikan sudah memulai produksi di Indonesia dan memasukkan fasilitas daur ulang baterai ke dalam operasinya, sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan daripada pertambangan yang dapat menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan. Ini adalah langkah yang positif dalam mendukung keberlanjutan dan pengelolaan sumber daya yang lebih baik.

10.2.2. USULAN 1

Usulan untuk membahas potensi kekayaan maritim dan kawasan Katulistiwa Indonesia menandakan kesadaran akan pentingnya topik ini yang dianggap memiliki implikasi besar bagi masa depan. Meskipun pernah dibahas beberapa tahun lalu, namun perlunya pengulangan pembahasan menunjukkan bahwa topik ini masih relevan dan butuh perhatian lebih lanjut dari institusi terkait.

Pentingnya calon presiden memiliki rencana strategis yang jelas, termasuk dalam mengidentifikasi sasaran atau *milestone* lima tahun ke depan, menyoroti bahwa keberhasilan sebuah pemerintahan membutuhkan perencanaan yang matang dan terarah. Dalam konteks ini, penyampaian rekomendasi institusi menjadi sangat penting untuk dipahami oleh semua pihak terkait, sehingga tujuan bersama dapat dicapai dengan lebih efektif.

Harapan agar usulan tersebut tidak hanya menjadi wacana, tetapi juga menjadi pedoman bagi semua pihak terkait, termasuk Ibu Rektor, menunjukkan keinginan untuk terlibat secara aktif dalam mewujudkan kemajuan dan keberhasilan bersama. Ini mencerminkan semangat kolaborasi dan komitmen untuk mencapai tujuan bersama dalam pembangunan negara.

10.2.3. JAWABAN IBU TATI UNTUK PERTANYAAN DARI CHAT

Dipertimbangkan kemungkinan kerja sama antara koperasi dan Pusat Kesehatan Masyarakat (Puskesmas) guna meningkatkan layanan kesehatan. Hal ini menjadi relevan karena Puskesmas, sebagai bagian dari Kementerian Kesehatan, memiliki struktur yang berbeda, tetapi memiliki potensi untuk kolaborasi yang lebih baik dengan entitas lain seperti koperasi. Pemikiran ini mendorong pertimbangan akan sinergi antara sektor swasta dan publik dalam upaya meningkatkan aksesibilitas dan kualitas layanan kesehatan di tingkat masyarakat.

Selain itu, pembahasan tentang perilaku (*behavior*) dalam konteks kesehatan diperkenalkan. Meskipun mengubah perilaku individu membutuhkan waktu, namun diskusi menyoroti kemungkinan implementasi perubahan perilaku yang berkelanjutan dalam jangka panjang. Sebagai analogi, perbandingan diberikan terhadap kebiasaan menggunakan sabuk pengaman di mobil yang awalnya diabaikan, tetapi menjadi kebiasaan setelah diterapkan secara konsisten. Hal ini menegaskan pentingnya pendekatan berkelanjutan dan komprehensif dalam mengubah perilaku masyarakat terkait kesehatan.

Pentingnya pengembangan fasilitas dan peralatan di Puskesmas juga diakui. Ini termasuk penggunaan peralatan medis yang lebih canggih seperti ventilator dan alat ultrasound (USG) untuk meningkatkan kualitas layanan kesehatan. Langkah-langkah ini dianggap penting untuk memberikan layanan kesehatan yang lebih holistik dan canggih kepada masyarakat. Dalam konteks ini, investasi jangka panjang dalam infrastruktur kesehatan menjadi penting untuk meningkatkan kapasitas Puskesmas dalam menyediakan layanan yang lebih komprehensif dan efektif.

Selanjutnya, dialog menyoroti aspek perencanaan ke depan dari calon presiden terkait peningkatan kualitas layanan kesehatan di Puskesmas. Meskipun para calon presiden mungkin telah memiliki rencana tersendiri, penting untuk mempertimbangkan penguatan Puskesmas sebagai bagian integral dari rencana kesehatan nasional. Hal ini dianggap sebagai langkah penting untuk memastikan akses yang lebih baik terhadap layanan kesehatan bagi seluruh masyarakat. Melalui strategi yang terencana dengan baik dan dukungan yang memadai, diharapkan Puskesmas dapat menjadi tulang punggung sistem kesehatan Indonesia yang mampu menyediakan layanan yang merata dan berkualitas bagi semua lapisan masyarakat.

10.2.4. JAWABAN PAK KADARSAH MENGENAI VENTURE CAPITAL YANG ADA DI INDONESIA

Pada diskusi sebelumnya, terungkap bahwa terdapat 15 modal ventura yang aktif di Indonesia, yang sebagian besar di antaranya dimiliki baik oleh investor asing maupun lokal. Contohnya adalah BRI Ventures yang membantu *startup* lokal dalam pengembangan produk minuman kekinian, yang melibatkan alumni dari berbagai perguruan tinggi di Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa investasi modal ventura tidak hanya memberikan dukungan finansial, tetapi juga memerlukan prospek yang baik dari *startup* yang dibantu, sehingga tidak sembarangan dalam memilih.

Selanjutnya, pembahasan meluas tentang upaya perguruan tinggi dalam mengembangkan kewirausahaan di Indonesia. Program-program seperti Lembaga Pengembangan Inovasi dan Kewirausahaan (LPIK) di Institut Teknologi Bandung (ITB) telah menjadi wadah bagi mahasiswa untuk mengembangkan ide bisnis mereka. Melalui inkubator bisnis, kuliah kewirausahaan, serta kegiatan lomba dan seminar yang melibatkan dosen tamu dari dunia usaha, perguruan tinggi berperan dalam menciptakan lingkungan yang mendukung untuk kreativitas dan kewirausahaan.

Terkait dengan perilaku (behavior), ada penekanan bahwa perubahan perilaku masyarakat memerlukan waktu yang cukup panjang. Analogi diberikan terhadap perubahan kebiasaan menggunakan sabuk pengaman di mobil, di mana pada awalnya

diabaikan, tetapi kemudian menjadi kebiasaan setelah diterapkan secara konsisten. Hal ini menegaskan bahwa perubahan perilaku memerlukan pendekatan yang terencana dan berkelanjutan dalam jangka waktu yang cukup panjang.

Selain itu, dalam konteks ekonomi internet, terungkap bahwa penggunaan internet di Indonesia cukup tinggi, dengan rata-rata penggunaan mencapai 4 jam per hari. Hal ini menunjukkan potensi besar untuk pemanfaatan internet dalam mendukung pertumbuhan bisnis dan kewirausahaan di Indonesia. Namun, perubahan budaya dan sikap terhadap ekonomi internet memerlukan waktu yang cukup lama, karena melibatkan proses pembentukan perilaku dan budaya yang baru bagi masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan upaya yang terus-menerus dan berkelanjutan dari berbagai pihak untuk menciptakan kesadaran dan budaya yang mendukung pertumbuhan kewirausahaan di Indonesia.

PENDIDIKAN, SAINS, DAN TEKNOLOGI INDONESIA MASA DEPAN

Kontribusi ITB untuk Bangsa

Buku ini merupakan rangkuman mendalam dari seri webinar yang diselenggarakan oleh Forum Guru Besar (FGB) ITB untuk membahas isu-isu nasional menjelang Pemilihan Presiden Indonesia 2024. Pelaksanaan webinar serta pembuatan buku ini berniat untuk memberikan rekomendasi strategis kepada calon presiden terpilih, dengan fokus pada berbagai bidang seperti energi, pendidikan, kesehatan, teknologi digital, dan transportasi.

Sorotan Utama:

- Ketahanan Energi: Prof. Dr. Ir. Irwandy Arif M.Sc. membahas strategi pengurangan emisi karbon dan transisi ke energi terbarukan.
- Teknologi CCS/CCUS: Prof. (Em ITB) Dr. Ir. Djoko Santoso MSc. menguraikan penggunaan teknologi untuk mencapai Net Zero Emission 2060.
- Pendidikan Tinggi: Prof. Akhmaloka Ph.D. mengeksplorasi arah kebijakan pendidikan tinggi menuju "Indonesia Emas" 2045.
- Ketahanan Pangan: Prof. Dr. I Nyoman P. Aryantha, Ph.D. menawarkan solusi berbasis biorenik untuk meningkatkan ketahanan pangan.
- Teknologi Digital & AI: Prof. Dr. Ir. Bambang Riyanto Trilaksono memaparkan strategi mempercepat transformasi digital.
- Tantangan Kesehatan: Prof. Dr. Ir. Tati Latifah Erawati Rajab menggariskan pentingnya kebutuhan inovasi di sektor kesehatan.
- Kewirausahaan: Prof. Dr. Ir. Kadarsah Suryadi DEA mengkaji ekosistem kewirausahaan untuk kemajuan ekonomi.
- Mobilitas Masa Depan: Dr. Ir. Sigit Puji Santosa MS. ME. Sc.D. mengungkap visi transportasi berkelanjutan.
- Transportasi Umum Berkelanjutan: Prof. Ir. Ade Sjafruddin M.Sc. Ph.D. menyajikan peta jalan menuju sistem transportasi umum yang efisien.

Dengan buku ini, calon pemimpin diharapkan dapat merumuskan kebijakan yang lebih baik untuk masa depan Indonesia melalui perencanaan yang strategis, inovatif, dan mengedepankan keberlanjutan untuk mencapai tujuan pembangunan jangka panjang Indonesia.

ITB PRESS

Gedung STP ITB, Lantai 1,
Jl. Ganesa No. 15F Bandung 40132
+62 22 20469057
www.itbpress.id
office@itbpress.id
Anggota Ikapi No. 043/JBA/92
APPTI No. 005.062.1.10.2018

ISBN 978-623-297-525-5



9 78623 975255