

BULETIN

PERTAMINA ENERGY INSTITUTE

ISSN 2598-3148



EDISI 02
APRIL - JUNI



Technology Breakthrough:
THE DEVELOPMENT OF
**ELECTRIC
VEHICLE**
PENETRATION IN ASIA

PATRA

HOTELS & RESORTS



THE PATRA

PATRA

PATRA
COMFORT

Call Center

+62.813 1923 5563



BALI | SEMARANG | JAKARTA | BANDUNG | ANYER | PARAPAT

www.patra-jasa.com

 Patra Hotels & Resorts

 @patrahotelsandresorts



Edisi Kedua bulletin Pertamina Energy Institute (PEI) di tahun 2019 memilih tema *Technology Breakthrough: "The Development of EV Penetration in Asia"*. Pemilihan tema dilatarbelakangi oleh kondisi dunia yang sedang menghadapi ancaman perubahan iklim dan pemanasan global yang mana mendorong munculnya kesepakatan untuk menjaga kenaikan suhu di bawah 1.5 derajat celsius hingga tahun 2100 sesuai *Paris Agreement*. Meningkatnya pemanasan global merupakan dampak dari kegiatan masyarakat dunia yang masih mengandalkan sumber energi konvensional dimana sekitar 24% emisi CO₂ berasal dari sektor transportasi.

Tingginya kontribusi emisi CO₂ sektor transportasi tersebut mendorong terjadinya transformasi sektor transportasi global untuk mengurangi emisi CO₂ dan polusi udara. Pengembangan teknologi *Electric Vehicle* (EV) sebagai upaya mengatasi perubahan iklim dan berpotensi mengubah pola konsumsi masyarakat terhadap penggunaan bahan bakar, perkembangan inovasi teknologi oleh industri otomotif dan industri pendukungnya. Tim PEI mencermati saat ini negara-negara kawasan Asia secara bertahap sudah mulai beralih menggunakan EV. Sementara sektor transportasi Indonesia masih didominasi oleh kendaraan yang menggunakan sumber energi fosil. Karena itu diperlukan kajian dan persiapan menyeluruh untuk pengembangan ekosistem EV, yang melibatkan seluruh aspek dan *stakeholders* terkait untuk mengidentifikasi tantangan dan faktor penentu dalam penetrasi EV.

Dalam edisi kedua ini, kami menyajikan beberapa tulisan yang mengulas mengenai pengembangan EV di beberapa negara Asia serta tantangan yang dihadapi oleh seluruh stakeholder. Selain topik utama tersebut, juga terdapat tulisan mengenai makro ekonomi, *conventional* dan *renewable energy* serta *expert dialogue* dari **Dr. Ir. Widhyawan Prawiraatmadja** mengenai Perkembangan *Electric Vehicle* di Indonesia. Semoga seluruh pemikiran yang disampaikan dalam bulletin Pertamina Energy Institute edisi kedua di tahun 2019 ini dapat memberikan *insight*, wawasan dan pengetahuan yang bermanfaat bagi para pembaca.

Heru Setiawan

Direktur Perencanaan, Investasi dan Manajemen Risiko
PT Pertamina (Persero)

OUR TEAM

Advisory Board :

Suhasil Nazara
Heru Setiawan
Pahala N. Mansury
Muhammad Chatib Basri
Ari Kuncoro
Widhyawan Prawiraatmadja

Steering Committee :

Daniel S Purba
Ernie D. Ginting

Economist :

Jelita Irmawati
Dessy Andriani
Adhitya Nugraha

Data Analyst :

Arisman Wijaya

Publication Officer :

Ahmad Kharis Nova Al Huda

6

PROLOGUE



MAKRO
EKONOMI



12

Analisa Makro Ekonomi
TW 2 2019



TECHNOLOGY
BREAKTHROUGH



20

Pengembangan Ekosistem
dan Penetrasi *Electric
Vehicle*

46

Electric Vehicle Sebagai
Mega Trend dalam Industri
Otomotif

58

Perkembangan Teknologi
dan Pemanfaatan *Electric
Vehicle*: Studi Kasus
di Korea Selatan

70

Battery Swap dan *Fast-
Charging*: Kompetisi Atau
Koeksistensi untuk
Kendaraan Listrik yang
Lebih Berkelanjutan

92

Digitalisasi Sektor Energi

100

Pertamina's Technology
Breakthrough



EXPERT
DIALOGUE



106

Perkembangan *Electric
Vehicle* di Indonesia





CONVENTIONAL ENERGY



110

Carbon Capture and Storage Technology Outlook in Integrating with Fossil Fuel Processing to Minimize CO2 Emmision

126

Metode Sand Consolidation dengan Menggunakan Resin untuk Optimalisasi Produksi Di Lapisan Dangkal Pada Formasi Tarakan Lapangan Bunyu



RENEWABLES ENERGY



150

Perkembangan Energi Bayu Asia Tenggara

161

Mekanisme Energy Harvesting dan Self-Powered Active Sensor di Masa Depan



ULASAN MEDIA



169

Ulusan Media



Bright Gas ^{5,5} Kg

Ceritakan Kehangatan Keluarga

Teknologi Double Spindle Valve System (DSVS) untuk menjaga tabung LPG tetap aman dari kebocoran.

Sticker petunjuk penggunaan tabung LPG yang aman.

Kualitas LPG sesuai dengan Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Gas di dalam negeri.

Seal Cap Hologram & feature Optical Color Switch (OCS) dan Laser Marking Code Pertamina yang tidak dapat dipalsukan sehingga ketepatan isi LPG lebih terjamin.

Kemasan yang lebih ringan dan praktis dengan berat isi 5,5 Kg dan berat tabung kosong 7,1 Kg. Sesuai untuk dapur Apartemen dan Rumah minimalis.



Bright Gas

Cerikan Kehangatan Keluarga



Kenaikan suhu global terutama akibat emisi CO₂ mengalami peningkatan rata – rata sebesar 2,4% per tahun sejak tahun 1960 – 2017. Kontribusi emisi CO₂ Eropa tercatat paling tinggi selama periode 1960 – 1993. Namun untuk 1993 - saat ini, Eropa mulai menurunkan laju emisi CO₂.

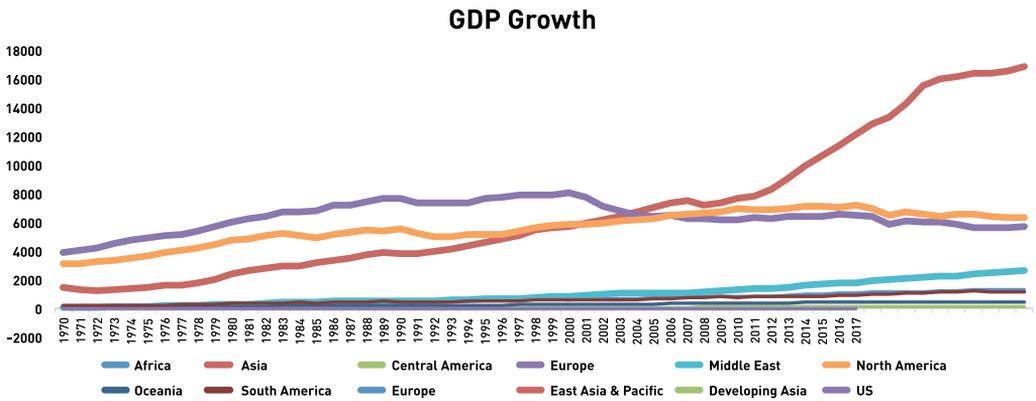
DANIEL S. PURBA

SVP Corporate Strategic Planning & Development

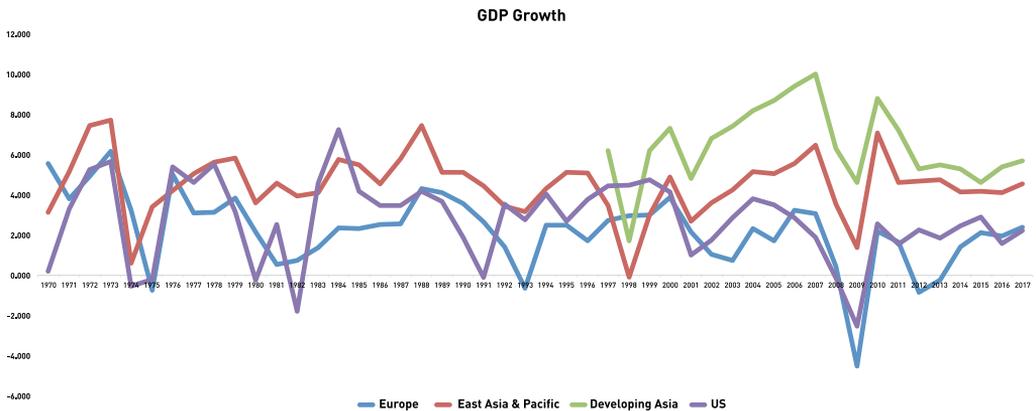
SAAT INI ASIA menggantikan peran Eropa yaitu memberikan kontribusi yang lebih besar dalam emisi CO₂. Emisi tersebut dihasilkan akibat konsumsi energi untuk akselerasi pembangunan ekonomi di Asia. Tabel di bawah menunjukkan laju pertumbuhan ekonomi di Asia cukup tinggi selaras dengan kontribusinya terhadap emisi CO₂.

Untuk mengatasi permasalahan, negara-negara di Asia mulai menggunakan energi yang bersih. China yang menjadi kontributor terbesar dalam emisi karbon mulai beralih menggunakan teknologi ramah lingkungan. China berkerjasama dengan Air Product membangun *coal to syngas facility*. Fasilitas tersebut didesain untuk memproduksi lebih dari 500.000 Nm³/h syngas, yang digunakan sebagai bahan baku *monoethylene glycol*. Tidak jauh berbeda dengan China, India merespon permasalahan dengan solar PV. Pada tahun 2017 terdapat 863,9 MW tambahan kapasitas pembangkit listrik surya. Total kapasitas pembangkit listrik tenaga surya India mencapai 20 GW.

Gambar 1 – Kontribusi Emisi CO2 per Region



Gambar 2 – GDP Growth Per Region



Berdasarkan publikasi EIA 2019, konsumsi energi global didominasi sektor *electric power*, kemudian sektor industri dan transportasi. Sektor transportasi menyumbang sekitar 24% konsumsi energi dunia. Selaras dengan jumlah konsumsi tersebut, sektor transportasi berkontribusi sekitar 24% emisi CO₂ global. Transportasi darat tercatat sebagai penghasil emisi terbesar yaitu sekitar 74% meningkat sebesar 2% jika dibandingkan tahun 1990.

Gambar 3 – Konsumsi Energi 2018 per Sektor



Pertumbuhan EV di Asia didorong oleh beberapa kebutuhan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil serta efisiensi distribusi energi. Untuk Cina penggunaan EV lebih didorong oleh motif kedua mengingat *primary energy* yang digunakan masih berbasis batu bara. Sementara di negara seperti Korea dan India lebih didorong oleh upaya perbaikan lingkungan serta peningkatan penggunaan energi terbarukan.

Sebagai referensi, Pemerintah China menginisiasi program *Thousand of Vehicles, Tens of Cities* (TVTC) untuk mengakselerasi komersialisasi implementasi *New Energy Vehicles* (NEVs). Hal tersebut sesuai tantangan China terkait keamanan pasokan energi, polusi udara di perkotaan, pemanasan global dan pengaturan struktur ekonomi seperti *emerging countries* yang lain. Sejak tahun 2009, terjadi lonjakan volume produksi NEV lebih dari 7.000 unit akibat program TVTC. China memiliki pasar mobil listrik terbesar di dunia dan hampir 580.000 mobil listrik dijual di tahun 2017, naik 72% dari tahun sebelumnya. Program TVTC fokus pada penggunaan *hybrid electric vehicles* (HEVs), *battery electric vehicle* (BEVs) dan *fuel cell vehicles* (FCVs). *Ministry of Science and Technology* (MOST) China dalam suatu forum internasional *Electric Vehicle Pilot and Industrial Development*

2011, menetapkan enam kota sebagai kota percontohan untuk subsidi pembeli pribadi NEV dengan total target mencapai 129.100 kendaraan. Keenam kota tersebut meliputi Beijing, Shenzhen, Hefei, Hangzhou, Shanghai, Changchun.

Selain China, India juga berupaya mengurangi emisi kendaraan dimulai sejak tahun 2000. Untuk meningkatkan penetrasi EV, muncul kebijakan bahwa pada tahun 2030 penjualan kendaraan dilakukan hanya untuk kendaraan berbasis listrik. Jurnal

"A review of electric vehicle lifecycle emissions and policy recommendations to increase EV penetration in India", menjelaskan bahwa upaya pemerintah India tersebut dituangkan dalam *roadmap* yang dibagi ke dalam tiga fase. Pertama bertujuan untuk menangkap peluang ekonomis, menyusun beberapa alternatif strategi jangka pendek yang dijalankan, pembangunan infrastruktur transportasi yang mencakup *platform* perangkat lunak dan permintaan fisik kendaraan transportasi. Kedua melibatkan peningkatan dan pengukuran tindakan yang direkomendasikan pada fase pertama, dengan mendorong partisipasi pemain individu. Ketiga mengintegrasikan listrik dengan sistem transportasi dan memungkinkan kendaraan listrik untuk mengalirkan listrik ke jaringan. Pemerintah India menyusun kebijakan insentif bagi pemilik roda dua dan empat, terutama untuk kota-kota yang memiliki penetrasi EV lebih tinggi.

Selain China dan India, negara Asia yang mulai beralih menuju teknologi ramah lingkungan adalah Korea Selatan. Untuk implementasi EV di Korea Selatan, pemerintah bekerjasama dengan industri lokal dan universitas. Sejak tahun 2005, Pemerintah Korea Selatan memulai penggunaan kendaraan ramah lingkungan untuk menurunkan emisi gas CO₂. Saat ini, Pemerintah Korea Selatan fokus meningkatkan penggunaan EV untuk keperluan transportasi umum, kendaraan pemerintah dan pemakaian pribadi. Untuk meningkatkan penggunaan *electric vehicle* di masyarakat, pemerintah memberikan banyak keuntungan bagi masyarakat yang akan membeli EV untuk kendaraan pribadi.



Selain China dan India, negara Asia yang mulai beralih menuju teknologi ramah lingkungan adalah Korea Selatan. Untuk implementasi EV di Korea Selatan, pemerintah bekerjasama dengan industri lokal dan universitas.



Upaya yang dilakukan negara-negara di Asia tersebut sejalan dengan Perjanjian Paris Agreement. Perjanjian tersebut mendorong Negara-negara di seluruh dunia berupaya menghadapi masalah perubahan iklim dan pemanasan global dengan menjaga suhu di bawah 1.5 derajat celcius.

Di Korea Selatan, selain dilakukan penerapan teknologi *conventional charging* juga terdapat pengembangan teknologi *battery swap system* dan *wireless charging system*. Dalam *battery swapping system*, proses *charging* menggunakan sistem penggantian baterai yang telah digunakan dan daya listriknya hampir habis dengan baterai baru. Baterai lama yang hampir habis akan di-charge lagi di *battery swapping system station*. Teknologi *on-line electric vehicle* (OLEV)/*wireless charging system* dikembangkan bersama dengan salah satu universitas lokal yaitu Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST). Teknologi OLEV memungkinkan baterai milik EV bus

dapat di-*recharge* bersamaan pada saat bus sedang beroperasi. Proses *recharge* pada saat EV bus sedang beroperasi atau sedang dalam posisi berhenti akan meningkatkan efisiensi dalam waktu pengoperasian EV bus, mengingat bus tidak memerlukan waktu khusus untuk proses *recharge battery*.

Upaya yang dilakukan negara-negara di Asia tersebut sejalan dengan Perjanjian Paris Agreement. Perjanjian tersebut mendorong Negara-negara di seluruh dunia berupaya menghadapi masalah perubahan iklim dan pemanasan global dengan menjaga suhu di bawah 1.5 derajat celcius. Komitmen tersebut untuk memperkuat kemampuan negara di seluruh dunia termasuk negara berkembang dalam menangani dampak perubahan iklim. Perjanjian tersebut mewajibkan seluruh anggota memberikan kontribusi dan upaya terhadap

pengurangan emisi gas rumah kaca serta kewajiban melaporkan implementasi yang telah dilakukan.

Bertolak dari kondisi global dan kawasan Asia tersebut, kami (Tim PEI) memilih tema buletin Pertamina Energy Institute edisi #2-2019 adalah *Technology Breakthrough: "The Development of EV Penetration in Asia"*. Pemilihan tema ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai perkembangan penetrasi EV di Asia, terutama untuk melihat kesiapan Indonesia dalam proses pengembangan EV. Tulisan pada buletin ini diharapkan dapat menjadi tambahan referensi dalam menyusun kajian dan persiapan menyeluruh pengembangan ekosistem EV yang melibatkan seluruh aspek dan *stakeholders*. ■

3 KEHEBATAN PERTAMAX

BANTU MERAWAT KENDARAANMU



DETERGENCY

Membersihkan mesin bagian dalam sehingga mesin lebih terpelihara.



DEMULSIFIER

Menjaga kemurnian bahan bakar dengan memisahkannya dari senyawa pencampur lainnya sehingga proses pembakaran lebih sempurna.



CORROSION INHIBITOR

Pelindung anti karat yang mencegah karosi dan merawat dinding tangki, saluran bahan bakar dan ruang bakar.



Detil spesifikasi produk
scan QR Code

ANALISA MAKRO EKONOMI TW 2 2019

Pertumbuhan ekonomi global untuk tahun 2019 diproyeksikan akan stabil pada kisaran 3,2%.

Ahmad Kharis Nova Al Huda
Junior Officer Research Support,
Pertamina Energy Institute,
PT Pertamina (Persero)

Adhitya Nugraha
Senior Economist, Pertamina Energy Institute,
PT Pertamina (Persero)

Ekonomi Global

PERTUMBUHAN ekonomi global untuk tahun 2019 diproyeksikan akan stabil pada kisaran 3,2%. Pertumbuhan tersebut menurun jika dibandingkan tahun 2018 yang tumbuh sebesar 3,6%. Beberapa negara terpantau mengalami tingkat pertumbuhan pada awal tahun yang

lebih baik dari perkiraan. Selain itu, sejumlah negara tercatat mengalami tren perlambatan. Hal tersebut karena sejak awal tahun 2019 terdapat penurunan perdagangan global yang masih berlanjut dengan ketidakpastian. Kondisi yang ada tersebut menyebabkan potensi kenaikan untuk pertumbuhan ekonomi global pada tahun 2019 masih relatif terbatas.

Tabel 1. Pertumbuhan Ekonomi Global

Tahun	World	OECD	US	Japan	Euro	UK	China	India	Brazil	Russia
2018	3.6	2.3	2.9	0.8	1.8	1.4	6.6	7.3	1.1	2.3
2019	3.2	1.7	2.6	0.4	1.2	1.3	6.2	7.1	1.7	1.6

Sumber: OPEC



Negara OECD

Pertumbuhan ekonomi negara-negara OECD cenderung stagnan sekitar 1,7% pada 2019, melambat dibandingkan tahun 2018 yang tumbuh sebesar 2.3%. Berbeda dengan negara OECD pada umumnya, AS diproyeksikan mengalami peningkatan pertumbuhan. Sementara Jepang diproyeksikan mengalami perlambatan. Disisi yang lain, negara-negara Eropa diproyeksikan mengalami pertumbuhan ekonomi sekitar 1,2%.

Pertumbuhan ekonomi AS menunjukkan tren yang lebih baik dari perkiraan di awal tahun 2019. Pertumbuhan pada Q1-2019 dilaporkan sebesar 3,2%, tumbuh cukup tinggi dibandingkan dengan Q4-2018 yang tumbuh sebesar 2,2%. Pertumbuhan tetap terjadi meskipun terdapat risiko penurunan akibat kondisi cuaca dingin di Pantai Timur AS dan sentimen tren penurunan daya beli konsumen pada Q1-2019. Bila dilihat lebih lanjut, sektor rumah tangga yang biasanya menjadi tulang punggung ekonomi AS, saat ini melambat dan hanya tumbuh 1,2%.

Dukungan pertumbuhan datang terutama dari nilai ekspor

yang meningkat, meskipun impor menurun.

Berbeda dengan AS, perekonomian Kanada menunjukkan perlambatan, di tengah tantangan domestik dan eksternal yang sedang berlangsung. Perkiraan pertumbuhan ekonomi Kanada untuk 2019 sekitar 1,4%. Pertumbuhan tersebut menurun dibandingkan 2018 yang tercatat tumbuh sebesar 1,8%. Penurunan disebabkan melemahnya perdagangan di sektor pertambangan



dan minyak. Selain itu, pelemahan juga terjadi pada sektor perumahan akibat tingkat suku bunga yang relatif tinggi. Risiko yang harus diwaspadai Kanada juga berasal dari sektor perdagangan luar negeri karena mitra dagang Kanada sedang menghadapi perlambatan ekonomi salah satunya terkait sengketa perdagangan dengan China.

Kondisi perekonomian Jepang berbeda dengan kebanyakan anggota OECD. Ekonomi Jepang stabil pada tingkat pertumbuhan yang rendah dan masih terdapat kemungkinan pertumbuhannya negatif jika mencermati penurunan ekspor dan permintaan domestik yang terus melemah. Pertumbuhan ekonomi Jepang diproyeksikan sekitar 0,4%, menurun dibandingkan pertumbuhan tahun 2018 yang tercatat sebesar 0,8%. Sama seperti Jepang, ekonomi Korea Selatan tumbuh stabil setelah penurunan selama Q1-2019. Beberapa indikator menunjukkan terdapat

perbaikan seperti nilai ekspor dan manufaktur yang meningkat. Adapun pertumbuhan ekonomi Korea Selatan diproyeksikan sebesar 2,2%, menurun dibandingkan pertumbuhan di tahun 2018 yang tercatat sebesar 2,7%.

Kondisi perekonomian

Eropa khususnya di UK sedang mengalami gejolak akibat isu Brexit. Jika tidak terdapat kesepakatan lebih

lanjut, investasi akan berada pada tren negatif sejak 2018 akibat ketidakpastian yang berkelanjutan terhadap investor. Meskipun demikian beberapa indikator menunjukkan adanya perbaikan seperti dari sektor industri dan ekspor. Sehingga pertumbuhan ekonomi UK diproyeksikan sekitar 1,3%, berbeda 0,1% dengan pertumbuhan 2018 yang tercatat sebesar 1,4%.

Negara Non-OECD

Pertumbuhan ekonomi tertinggi saat ini berada di India sebesar 7,1%, meskipun 0,2% lebih rendah dari pertumbuhan 2018 yaitu sebesar 7,3%. Pertumbuhan didorong sektor manufaktur dan industri India yang tumbuh cukup signifikan. Beberapa isu yang perlu diwaspadai untuk saat ini adalah terkait pemilihan umum India yang dimulai sejak bulan April.

Ekonomi Cina naik 6,4% y-o-y di Q1 2019. Namun untuk keseluruhan tahun 2019 pertumbuhan ekonomi Cina diproyeksikan sekitar 6,2%. Pertumbuhan tersebut menurun dibandingkan pertumbuhan tahun 2018 yang tercatat sebesar 6,6%. Dalam hal perdagangan, AS meningkatkan tekanan terhadap China sehingga menaikkan tarif barang-barang China sekitar \$ 200 miliar. Negosiasi perdagangan dengan Cina terus berlanjut, meskipun melambat. AS menargetkan \$ 325 miliar barang China dengan tarif 25%, yang mencakup semua produk yang diimpor ke AS dari Cina. Imbas hal tersebut, harga minyak merosot dan pasar saham Asia terkoreksi.

Pertumbuhan ekonomi Brazil diproyeksikan sekitar 1,7% pada 2019, meningkat dari pertumbuhan 1,1% yang dicapai pada tahun 2018.



Pertumbuhan ekonomi tertinggi saat ini berada di India sebesar 7,1%, meskipun 0,2% lebih rendah dari pertumbuhan 2018 yaitu sebesar 7,3%



Terdapat beberapa indikator positif yang meningkatkan proyeksi pertumbuhan ekonomi Brazil yaitu naiknya nilai ekspor dan menurunnya impor yang membuat surplus neraca perdagangan hingga \$ 6.1 miliar pada April 2019. Meskipun demikian terdapat beberapa hal yang perlu diwaspadai akibat menurunnya kinerja sektor swasta Brasil (jasa dan manufaktur) yang disertai dengan meningkatnya tingkat pengangguran dan penurunan ekspor ke

Argentina sejak Mei 2018.

Hampir sama dengan Brazil, pertumbuhan ekonomi Rusia diproyeksikan akan tumbuh sekitar 1,6% pada 2019, menurun dari pertumbuhan 2018 yang tercatat sebesar 2,3%. Beberapa tantangan untuk mempercepat

meningkat sebesar 6,58% (y-o-y), dengan kontribusi impor Migas 14,81% sementara Non Migas 85,19%. Penyebab kenaikan impor sektor migas karena kombinasi peningkatan volume dan kenaikan harga minyak dunia.

Untuk ekspor, Indonesia mengalami penurunan (y-o-y) 13,01% dan (m-o-m) 10,8%. Penurunan tersebut disebabkan oleh turunnya volume dan harga komoditas, khususnya CPO. Nilai ekspor non migas masih didominasi oleh Bahan Bakar Mineral (*Coal*) serta Lemak & Minyak Hewan Nabati (CPO). Pembatasan ekspor CPO ke Eropa merupakan salah satu penyebab menurunnya volume ekspor meskipun secara volume tidak terlalu besar.

Supply Demand Minyak Mentah Dunia

Berdasarkan data Wood Mackenzie, pada tahun 2019 *supply* minyak mentah dunia sekitar 100,5 – 102,1 juta bbl/day dengan kontribusi OPEC sekitar 35 juta bbl/day atau sekitar 35%. Sisanya dipenuhi oleh negara-negara non-OPEC dengan AS memimpin dengan produksi *shale oil*-nya. Sepanjang tahun 2019, diperkirakan akan terjadi penurunan produksi dari anggota OPEC untuk menaikkan harga minyak mentah dunia. Selain itu penurunan produksi global juga akibat dari kondisi Brazil, ACG – Azerbaijan, konflik Libya, penurunan produksi Iran, dan konflik di Venezuela.



Pertumbuhan ekonomi Indonesia selama Q1 2019 sebesar 5,1%, menurun dibandingkan Q4-2018 yang tercatat sebesar 5,2%.

pertumbuhan ekonomi pada 2019 adalah dampak inflasi yang lebih tinggi dan tingkat suku bunga pada permintaan domestik serta ketidakpastian pada harga komoditas utama.

Makro Ekonomi Indonesia

Pertumbuhan ekonomi Indonesia selama Q1 2019 sebesar 5,1%, menurun dibandingkan Q4-2018 yang tercatat sebesar 5,2%. Selama April 2019, terjadi lonjakan *Current Account Deficit* (CAD) sebesar US\$2,5 Miliar. Hal tersebut merupakan imbas dari penurunan nilai ekspor sebesar 13,10% (y-o-y). Nilai impor Indonesia secara keseluruhan

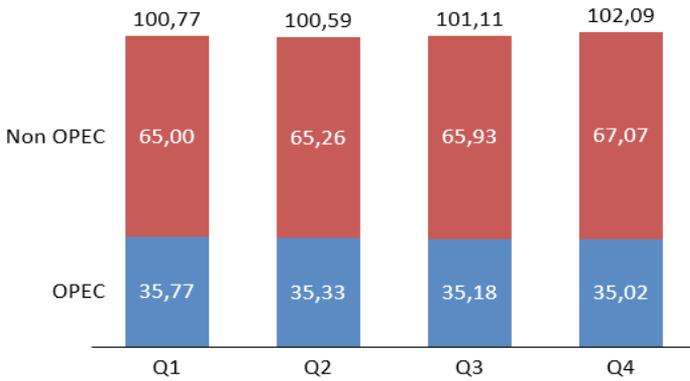
Permintaan minyak mentah dunia diproyeksikan sekitar 99 – 101 juta bbl/day dengan kebutuhan terbesar terdapat di negara-negara Asia dan AS. Potensi kenaikan permintaan pada akhir 2019 dipicu rencana implementasi regulasi IMO 2020. Selain itu, pada Q2 2019 terjadi penurunan permintaan di AS sekitar 320 kbbl/day akibat adanya pemeliharaan fasilitas kilang *ethylene cracker*. Selain hal teknis tersebut, isu Brexit dan *trade*

war antara China - AS juga menimbulkan potensi fluktuasi *demand* di Cina, UK dan AS.

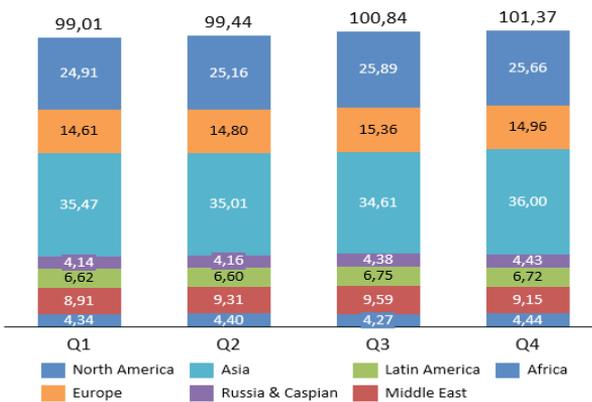
Harga minyak dunia yang dikhawatirkan meningkat terkait diberlakukannya kembali sanksi ekonomi ke Iran oleh AS, justru cenderung turun dan stabil pada kisaran 65-70 USD/bbl. Hal tersebut karena rencana strategis AS yang menginginkan tingkat harga minyak yang pantas sehingga tidak terlalu tinggi dan

tidak terlalu rendah, dan tetap mendukung pertumbuhan ekonomi di AS, serta memberikan keuntungan cukup bagi industri perminyakan AS. Selain itu produksi *shale oil* di AS yang meningkat juga mendorong harga minyak turun. Anggota OPEC+ merespon dengan *cutting production* untuk menaikkan harga minyak dunia. Saat ini OPEC+ memproduksi kurang lebih 35 juta bbl/day dan diperkirakan mempunyai kapasitas untuk memompa 1,5 juta barrel tambahan. Sementara itu 8 negara diantaranya India, Cina dan Jepang mendapat pengecualian dari sanksi tersebut sehingga mereka masih dapat mengimpor minyak dari Iran. Sebagai akibatnya terjadi kelebihan pasokan minyak di pasar dunia.

Gambar 2. Proyeksi Demand Minyak Mentah Global 2019 (juta bbl/day)



Gambar 2. Proyeksi Demand Minyak Mentah Global 2019 (juta bbl/day)



Sumber: Wood Mackenzie



Sepanjang tahun 2019, diperkirakan akan terjadi penurunan produksi dari anggota OPEC untuk menaikkan harga minyak mentah dunia.

Pada akhir tahun 2018, harga minyak mentah dunia mengalami penurunan hingga mencapai titik terendahnya sekitar 57 USD/bbl pada bulan Desember 2018. Namun semenjak OPEC+ melakukan *cutting production* pada tahun 2019, *trend* harga minyak cenderung meningkat hingga menyentuh 69 USD/bbl atau naik sekitar 21% dari harga akhir 2019. Selain itu, jika melihat realisasi harga minyak semester pertama 2019 dapat diketahui bahwa saat ini harga cukup berfluktuasi. Beberapa isu geopolitik yang terjadi di tahun 2018 masih membuat harga minyak

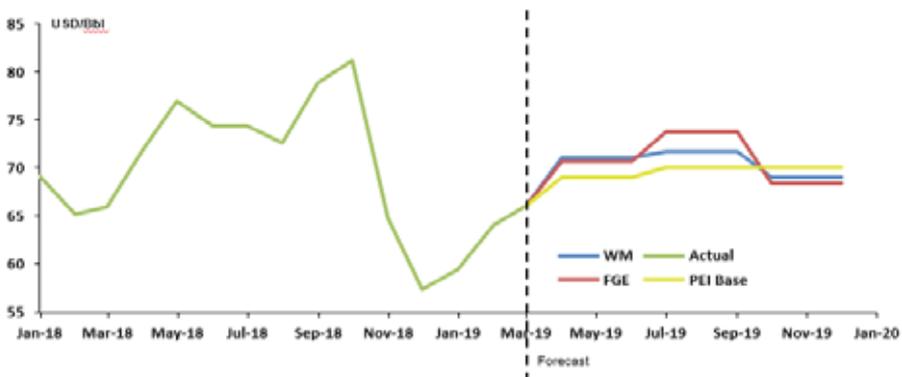
dunia berfluktuasi di awal tahun 2019 yaitu:

1. Masih berlanjutnya sanksi Amerika Serikat terhadap Iran dan Venezuela yang telah memicu penurunan drastis pasokan kebutuhan minyak global.
2. Kesepakatan Negara-negara OPEC dan Rusia, yang akan menahan produksi minyak sekitar 1,2 juta barel per hari (bpd) di tahun 2019.
3. Peningkatan pasokan minyak mentah Negara-negara Non OPEC sebesar 1,9 mmb/d pada 2019 dan Amerika Serikat meningkat 200 kb/d di tahun 2019 sebagai upaya untuk menutup turunnya produksi Negara OPEC+.

Trend future market memprediksi harga minyak akan stabil dan cenderung naik dikisaran level \$75/Barrel yang mana hal tersebut didukung oleh kondisi *supply balance* yang memungkinkan harga minyak terdorong pada kisaran US\$ 75/Barrel pada paruh kedua tahun 2019.



Gambar 2. Forecast Brent Oil Price



Sumber: Wood Mackenzie, FGE, Konsensus

Trade War Amerika Serikat – China

Trade War Amerika Serikat – China menjadi isu besar sejak akhir tahun 2018 hingga saat ini dan belum jelas solusi yang akan diambil oleh kedua negara. Kinerja perdagangan nasional dapat berada dalam tekanan, apalagi setelah Amerika Serikat memberlakukan tarif baru atas impor barang China sebesar 25 persen. Meskipun tidak berkaitan langsung, perang dagang Amerika Serikat dan China yang kian memanas dapat berdampak serius bagi perdagangan nasional apabila tidak segera disikapi dengan bijak. Di sisi yang lain, hubungan antara kedua negara yang tersebut juga dapat berdampak positif bagi negara lain, termasuk Indonesia, jika dapat memanfaatkan peluang.

Porsi ekspor nonmigas Indonesia ke AS dan China sekitar 25% sehingga efek *trade war* tersebut akan cukup mempengaruhi permintaan pasar ekspor Indonesia. Produk-produk, seperti elektronik,

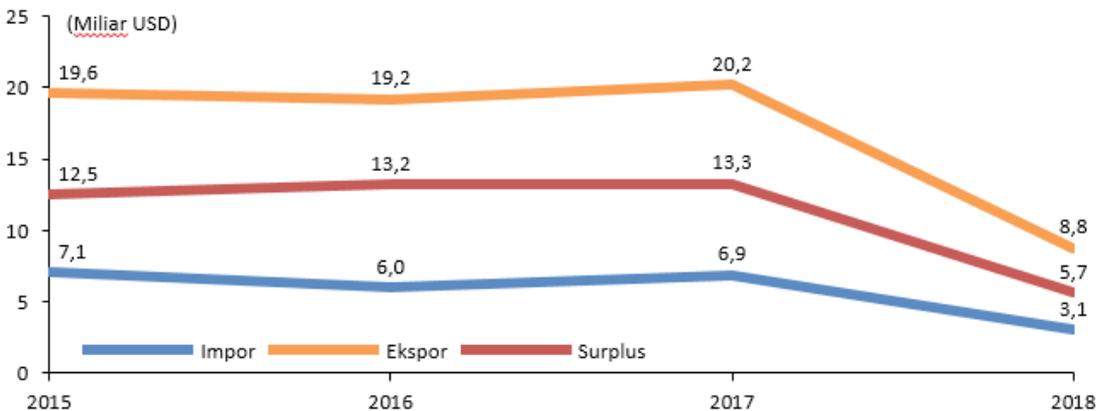
bahan baku otomotif hingga komoditas perkebunan, akan paling terdampak dari turunnya permintaan ekspor tersebut. Di sisi yang lain, AS dan China berencana mengalihkan kelebihan produksi ke pasar yang lain. Misalnya pada 2018, impor besi baja kuartal I naik signifikan sebesar 30,3% atau senilai US\$1,6 miliar.

United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) dalam laporannya menyatakan bahwa perang dagang ini akan menguntungkan Uni Eropa, Jepang, dan Australia. Hal ini karena produk yang dikenakan kenaikan tarif oleh AS untuk barang dari China adalah barang industri dan produk manufaktur, seperti panel surya, iPhone, dan yang lainnya. Hal ini berbeda dengan produk ekspor Indonesia ke AS yang sebagian besar berupa aluminium, kakao, dan kopi.

Implikasi Terhadap Indonesia

Selama Q1-2019, pertumbuhan investasi melambat, sementara konsumsi masyarakat dan pemerintah meningkat. Dari aspek perdagangan, defisit transaksi

Gambar 5. Perdagangan Indonesia ke AS

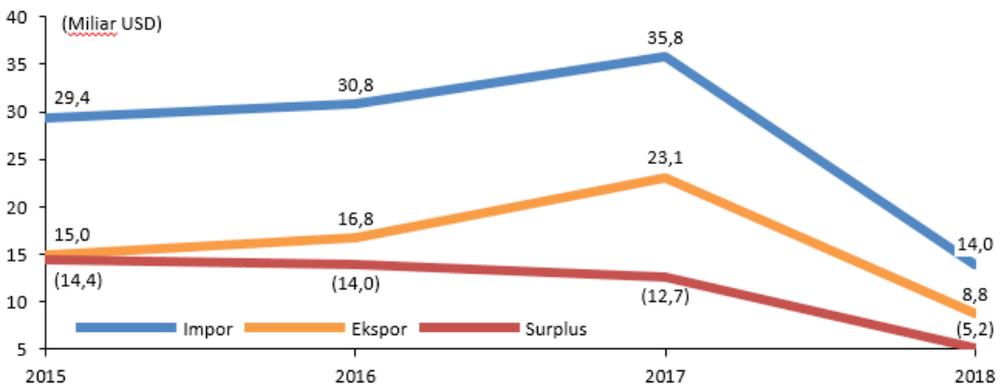


Sumber: Data BPS



“ *Meskipun tidak berkaitan langsung, perang dagang Amerika Serikat dan China yang kian memanas dapat berdampak serius bagi perdagangan nasional apabila tidak segera disikapi dengan bijak.* ”

Gambar 6. Perdagangan Indonesia ke China



Sumber: Data BPS

berjalan mengecil pada awal tahun ini dikarenakan laju impor berkurang lebih cepat dari ekspor. Disisi lain, kondisi makro ekonomi Indonesia telah membaik sejak November 2018. Aliran modal masuk kembali pasca gejolak keuangan global pada pertengahan 2018. Dengan nilai tukar mata uang dan harga energi domestik yang relatif stabil, inflasi turun menjadi rata-rata 2,6% pada kuartal pertama 2019 yang merupakan tingkat terendah sejak kuartal keempat 2009.

Faktor eksternal berupa melambatnya pertumbuhan ekonomi global yang salah satunya akibat perang dagang AS-China memang menekan kinerja perdagangan Indonesia, terutama ekspor ke China. Namun, faktor domestik yang masih stagnan dalam hal pertumbuhan konsumsi dan investasi juga berpengaruh pada

pertumbuhan ekonomi Indonesia yang tertahan di kisaran 5%. Pertumbuhan konsumsi rumah tangga tertekan akibat masih belum adanya perbaikan yang kuat pada daya beli masyarakat. Di satu sisi, investasi juga masih belum tumbuh cukup kuat untuk bisa membawa pertumbuhan ekonomi lebih tinggi. Oleh karena itu, peningkatan kinerja domestik disertai dengan kewaspadaan terkait perkembangan perang dagang antara US-China harus menjadi perhatian agar pertumbuhan ekonomi Indonesia dapat menjadi lebih baik. ■

SUMBER:

- Data Badan Pusat Statistik
- CEIC Data
- Wood MacKenzie
- OPEC Monthly Oil Market May 2019
- FGE
- Konsensus Bloomberg

PENGEMBANGAN EKOSISTEM DAN PENETRASI *ELECTRIC VEHICLE*

Data *International Energy Agency (IEA)* menyebutkan pada 2016 sektor transportasi menyumbang sekitar 24% emisi CO₂ secara global.

Dessy Andriani
Economic Advisor 1 Pertamina Energy Institute



PERJANJIAN *Paris Agreement* mendorong Negara-negara di seluruh dunia berupaya menghadapi masalah perubahan iklim dan pemanasan

global dengan menjaga suhu di bawah 1.5 derajat celcius. Komitmen tersebut untuk memperkuat kemampuan Negara-negara di seluruh dunia termasuk Negara-negara berkembang dalam menangani dampak perubahan iklim. Perjanjian tersebut mewajibkan seluruh anggota memberikan kontribusi dan upaya terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca serta kewajiban melaporkan implementasi yang telah dilakukan.

“Kebutuhan” pemenuhan energi suatu negara meningkat seiring meningkatnya populasi penduduk, dimana energi dibutuhkan seluruh sektor baik

industri, rumah tangga, komersial dan transportasi. Peningkatan jumlah penduduk juga berdampak terhadap meningkatnya pemanasan global yang mana merupakan akibat dari kegiatan masyarakat dunia yang masih mengandalkan energi dari bahan bakar konvensional. Produksi dan penggunaan energi tercatat sebagai penyumbang terbesar emisi gas rumah kaca global, yaitu sebesar 74% (IEA 2018) diikuti sumber gas rumah kaca lainnya seperti proses industri, *agriculture* dan sumber lainnya. Hal ini berarti bahwa fokus pada sektor energi untuk mengurangi emisi, sangat penting dalam mencapai tujuan *Paris Agreement*.

Data International Energy Agency





(IEA) menyebutkan pada 2016 sektor transportasi menyumbang sekitar 24% emisi CO₂ secara global. Jika dilihat dari sisi alokasi emisi dari listrik ke sektor konsumsi, transportasi juga menghasilkan emisi sekitar 25%. Transportasi darat tercatat sebagai penghasil emisi terbesar yaitu sekitar 74% meningkat sebesar 2% jika dibandingkan tahun 1990, sedangkan untuk emisi yang ditimbulkan transportasi udara dan air relatif tidak mengalami perubahan.

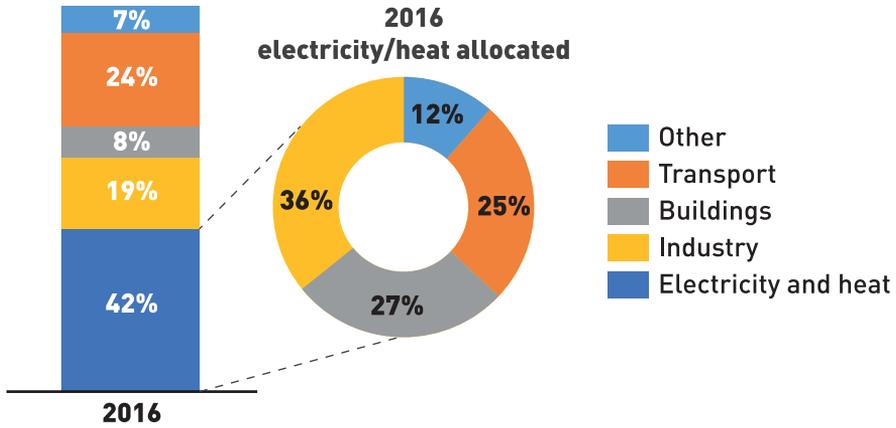
Kontribusi emisi sektor transportasi

tersebut melatarbelakangi terciptanya transformasi pada sektor transportasi global untuk mengurangi emisi gas rumah kaca, polusi udara dan ketergantungan terhadap penggunaan bahan bakar fosil. Pengembangan teknologi *Electric Vehicle* (EV) dapat mendukung mengatasi perubahan iklim dan memiliki potensi untuk mengubah pola konsumsi masyarakat terhadap bahan bakar, perkembangan inovasi teknologi oleh produsen industri otomotif dan industri pendukung lainnya. Karena itu dibutuhkan pengembangan ekosistem EV, yang melibatkan seluruh aspek dan *stakeholders* terkait serta identifikasi faktor-faktor yang menjadi tantangan dalam penetrasi EV. Para pelaku industri otomotif EV membutuhkan ekosistem yang mampu memberikan ruang untuk pengembangan

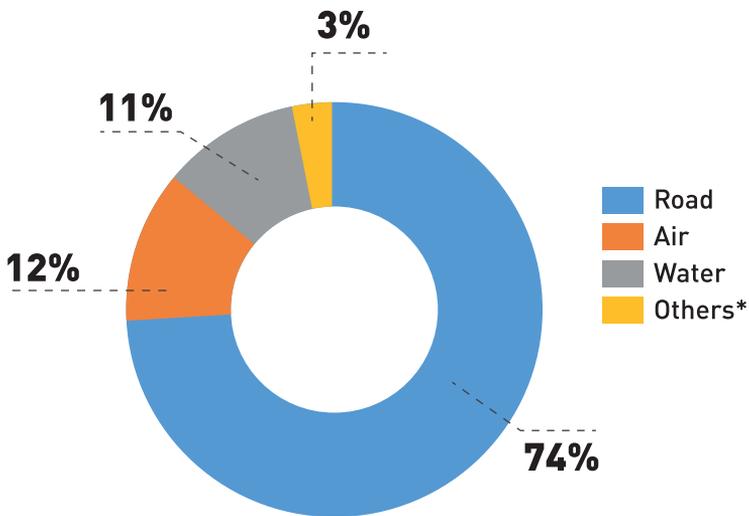


Gambar 1. Emisi CO2 Global Tahun 2016

Emisi CO2 Global tahun 2016 berdasarkan Sektor



Emisi CO2 Transportasi Global Tahun 2016



*Other includes rail, pipelines and other non-specified, Air and water include international bunkers.

Sumber: IEA 2018, CO2 Emissions from fuel combustion overview 2018

teknologi, layanan dan proses yang memberikan fasilitas EV untuk dapat melakukan penetrasi pasar.

Tantangan Dalam

Pengembangan Ekosistem EV

Ekosistem EV harus bersaing dengan kendaraan berbahan bakar konvensional yang mana di dalam perkembangannya belum tercapai kesuksesan global yang



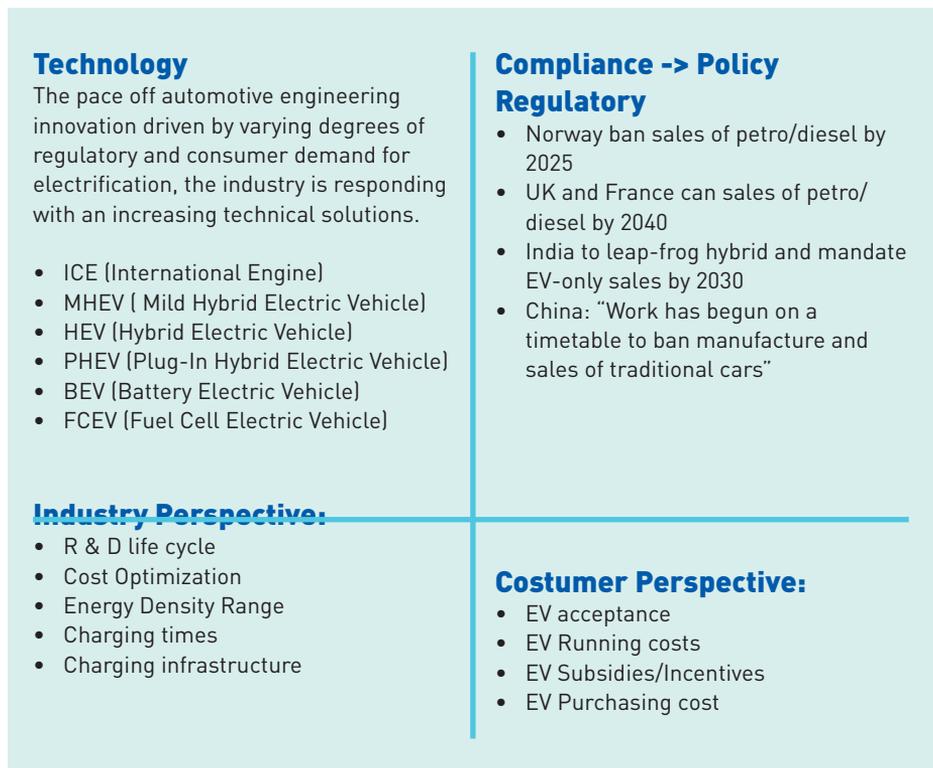
signifikan yang diantaranya disebabkan oleh dominasi *key stakeholders* seperti industri manufaktur kendaraan. Industri ini menghadapi tantangan multi dimensi dalam pengembangan EV. Tidak saja dari sisi pengembangan teknologi dan inovasi, tetapi aspek penting lainnya seperti regulasi pemerintah, kesiapan infrastruktur dan penerimaan konsumen menjadi hal yang menentukan keberhasilan EV dalam memasuki pasar.

Suatu forum energi internasional CERAWEEK 2019 dalam pembahasan mengenai EV, menyebutkan terdapat empat dimensi *market framework* dalam pengembangan ekosistem EV,

sebagaimana terlihat pada gambar di bawah ini. Kerangka pasar tersebut saling berkaitan satu dan lainnya berperan sebagai *drivers* sekaligus merupakan tantangan yang dihadapi oleh industri otomotif dalam penetrasi EV.

Berdasarkan *review* telah banyak penelitian dalam berbagai jurnal internasional untuk meneliti EV baik dari sudut pandang konsumen dan pasar, penerapan regulasi dan dampak yang

Gambar 2. EV Market Framework



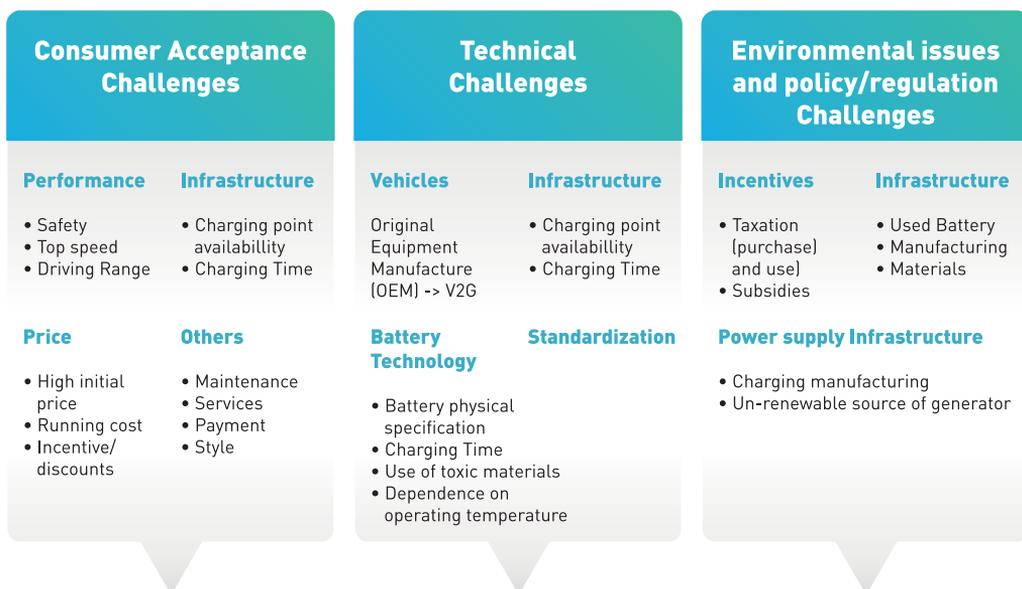
Sumber: CERAWEEK 2019

ditimbulkan, *business model* dan kerangka regulasi serta isu-isu lingkungan yang ditimbulkan. Jurnal internasional yang diterbitkan oleh Zulkarnain et al. (2014) mengembangkan hirarki tantangan dalam pengembangan EV untuk dikembangkan dalam suatu model ekosistem EV. Tahap awal pengembangan EV adalah melakukan pemetaan tantangan yang dilihat dari berbagai aspek yang menentukan keberhasilan EV.

dalam mengembangkan pangsa pasar. Permasalahan sosial yang terkait dengan konsumen untuk mencapai keberhasilan komersial perlu mendapat perhatian, selain permasalahan penting lainnya seperti pengembangan teknologi EV itu sendiri.

Penelitian menunjukkan bahwa hambatan umum untuk adopsi setiap teknologi baru termasuk kurangnya pengetahuan oleh potensial *adopters*, biaya awal yang tinggi

Gambar 3. Hirarki Tantangan Pengembangan EV



Sumber: Zulkarnain et al. (2014) dalam *Managing Global Transition*.

Tantangan Penerimaan Konsumen

Aspek penting yang perlu memperoleh perhatian adalah penerimaan konsumen (*consumer acceptance*) terhadap EV. Perilaku dan preferensi publik terhadap EV harus dipertimbangkan

dan toleransi risiko yang rendah (Diamond, 2009). Biaya pembelian awal EV secara signifikan lebih tinggi bila dibandingkan dengan kendaraan ICE bertenaga bensin dan meningkat secara linear dengan ukuran baterai atau tingkatan mobil (Egbue & Long, 2012).

Jurnal "*Barriers to widespread adoption of electric vehicle*" melakukan survei dengan sample sebanyak 481 responden,

“ **Tantangan multi dimensi dalam pengembangan EV, tidak saja dari sisi pengembangan teknologi dan inovasi, tetapi aspek penting lainnya seperti regulasi pemerintah, kesiapan infrastruktur dan penerimaan konsumen menjadi hal yang menentukan keberhasilan EV dalam memasuki pasar.** ”



mengukur beberapa hal-hal yang menjadi fokus konsumen dalam membeli EV, dimana *battery range*, harga dan *charging infrastructure* merupakan hal utama yang menjadi fokus konsumen.

jam, pengisian baterai dengan waktu 20 menit untuk mencapai kapasitas baterai 80% (<https://oto.detik.com>). Beberapa tantangan lain yang menjadi perhatian konsumen adalah terkait *maintenance*,

Gambar 4. Fokus Konsumen Terhadap EV

	Jumlah Responden	%
Battery Range	158	33%
Cost	129	27%
Charging Infrastructure	83	17%
Other	58	12%
Reliability	47	10%
Safety	6	1%
481		

Sumber: Egbue & Long (2012)

Dari sisi performa kendaraan EV, konsumen menitikberatkan pada aspek keamanan, *top speed* dan jangkauan berkendara. Aspek ini masih menjadi salah satu tantangan mengingat keterbatasan EV dalam jangkauan berkendara yang jauh, kecepatan yang terbatas dan keterbatasan fasilitas *charging* jika dibandingkan dengan ICE. Sebagai contoh Toyota Prius PHEV memiliki jangkauan mencapai 68,2 km, dengan kecepatan maksimal 135 km per

yaitu ketersediaan dan jumlah bengkel untuk perawatan maupun perbaikan kendaraan.

Tantangan Teknikal

Beberapa tantangan terkait aspek teknis meliputi kendaraan, teknologi baterai, *charging infrastructure* dan standarisasi. Aspek teknis dalam menciptakan kendaraan EV meliputi design, performa,

style kendaraan EV, dan lainnya untuk memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen. Boston Consulting Group mengembangkan suatu model pasar dengan asumsi bahwa persyaratan kapasitas baterai berkaitan dengan tingkat adopsi teknologi EV dikembangkan dalam beberapa tipe (Kupper, D. et al., 2018) sebagai berikut:

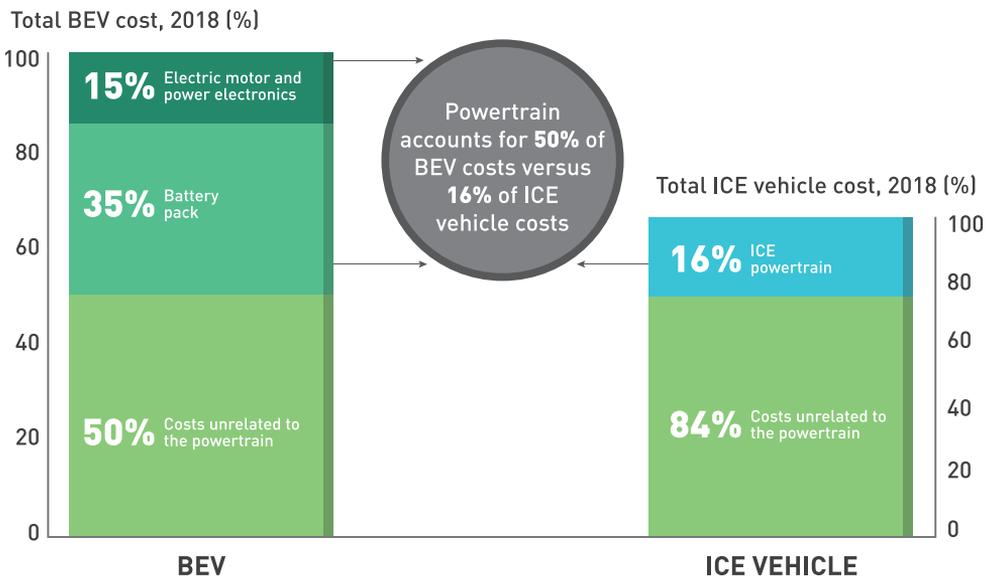
- *Mild Hybrid Electric Vehicles* (MHEVs) memiliki mesin pembakaran internal (ICE) plus mesin listrik berdaya rendah dengan kapasitas baterai sekitar 5 kWh.
- *Hybrid Electric Vehicles* (HEVs) menggabungkan ICE dan mesin listrik berdaya sedang dengan kapasitas baterai sekitar 10 kWh.
- *Plug-in Hybrid Electric Vehicles* (PHEVs)

memiliki ICE dan mesin listrik berdaya tinggi dengan kapasitas baterai sekitar 18 kWh.

- *Battery Electric Vehicles* (BEV) memiliki motor listrik yang ditenagai oleh baterai berkapasitas besar. Tergantung pada kelas kendaraan, kapasitas baterai dimungkinkan sebesar 110 kWh.

Para ahli menyatakan mahal nya harga jual BEV lebih mahal dari ICE karena biaya pembuatan baterai. *Benchmark* yang dilakukan industri saat ini menunjukkan bahwa powertrain listrik (termasuk motor listrik, elektronika daya, dan *battery pack*) mencakup setidaknya 50% dari biaya BEV. Sebagai perbandingan, powertrain ICE hanya sebesar 16% dari biaya kendaraan tradisional. *Battery pack* (termasuk sistem manajemen baterai) merupakan biaya

Gambar 5. Perbandingan Biaya BEV dan ICE



Sumber: Kupper, D. et al. (2018). Boston Consulting Group



utama, sekitar 35% dari keseluruhan biaya kendaraan (Kupper, D. et al., 2018). Dengan demikian perusahaan yang berupaya mengurangi biaya BEV harus dapat mengurangi biaya *battery pack*.

Beberapa tantangan teknologi baterai yang harus dipecahkan diantaranya pengurangan berat, volume, waktu pengisian, ketergantungan pada suhu operasi serta penggunaan dan perawatan komponen beracun. Potensi masalah lingkungan yang mungkin terjadi adalah karena meningkatnya penggunaan sumber pembangkit listrik yang tidak terbarukan.

Tantangan Lingkungan dan Kebijakan/Regulasi

EV dikenal sebagai “*zero emission vehicles*” yang mana merupakan perkembangan teknologi untuk mengurangi polusi udara karena jenis kendaraan ini tidak mengkonsumsi bahan bakar seperti batubara, bensin atau solar. EV digerakan oleh baterai yang diisi melalui stasiun pengisian daya, tidak menghasilkan polusi, sehingga dapat membantu mengurangi polusi dan dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak.

Aspek lingkungan terkait erat dengan kebijakan pajak dan insentif lainnya untuk adopsi EV yang lebih luas. Pajak berbasis karbon telah diterapkan di banyak negara. Penggunaan baterai untuk EV juga membawa tantangan baru bagi lingkungan teruma menyangkut pengelolaan baterai bekas karena terbatasnya siklus masa pakai baterai dan material yang digunakan. Karena itu sistem pembuangan untuk baterai bekas perlu disiapkan dan memerlukan biaya yang tidak kecil.

Transformasi EV yang menggunakan listrik berbahan bakar konvensional, hanya menggeser lokasi polusi. Penggunaan EV diperkotaan, mengurangi emisi karena EV tidak menimbulkan polusi, akan tetapi industri penghasil energi listrik dari bahan bakar konvensional menambah polusi udara karena meningkatnya permintaan listrik. Baterai yang digunakan dalam EV adalah Ion Lithium. Pertambangan Lithium juga menghasilkan emisi gas rumah kaca, polusi lingkungan dan memberikan dampak kesehatan pada manusia (Rodge, P. & Joshi, K., 2018). Karena itu, berkurangnya polusi dari pengembangan EV jika diiringi dengan penyesuaian terhadap penggunaan sumber energi yang digunakan, yaitu dengan menggunakan energi terbarukan untuk menghasilkan listrik yang diperlukan untuk pengisian EV.

India memanfaatkan sumber daya tidak terbarukan (NRE) seperti batubara, minyak dan gas untuk menghasilkan 65% listrik dalam pemenuhan kebutuhan domestik. Meningkatnya permintaan listrik, menyebabkan banyak digunakannya NRE sebagai sumber energi, yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan baik secara langsung maupun tidak langsung. Implementasi EV di Amerika Serikat didukung oleh energi yang bersumber dari batubara dan memberikan kontribusi terhadap pencemaran udara sebesar 17- 27% tidak berbeda dengan penggunaan mobil konvensional (Rodge, P. & Joshi, K.,2018).

Model Ekosistem EV

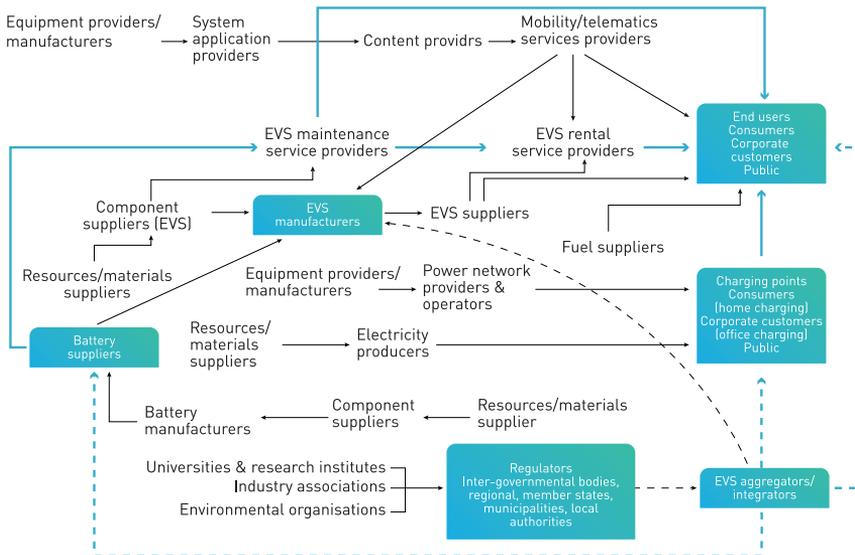
Model ekosistem EV yang dikembangkan dalam jurnal penelitian “*The electric vehicle ecosystem model, analysis and identification of key challenges*”, melakukan pemetaan *stakeholders* yang saling berkaitan satu sama lain di dalam ekosistem EV dan mendefinisikan hubungan di antara para *stakeholders*, sebagai berikut:

- **EV end users** merupakan konsumen utama yang menggunakan EV untuk mendukung aktivitas/mobilitas mereka, terdiri dari konsumen, pelanggan korporat, dan sektor publik.
- **Power utilities and infrastructures (PUI)** merupakan fasilitas penggerak, seperti titik pengisian daya, penyedia jaringan listrik, produsen listrik, pemasok bahan bakar (untuk EV tipe *hybrid*), termasuk pihak-pihak dalam rantai nilai hulu.
- **EV manufacturers (EVM)** merupakan motor penggerak dalam ekosistem EV, terdiri dari evs produsen (*original equipment manufacturers-oem*),

pemasok EV, pemasok komponen dan penyedia layanan terkait (misalnya penyedia layanan mobilitas/telematika dan penyedia layanan penyewaan).

- **Battery suppliers (BS)** termasuk produsen baterai, komponen pemasok, dan *research & development* terkait.
- **Regulator and external actors (REA)**: pembuat kebijakan/regulator dari berbagai tingkatan pemerintahan, seperti badan antar pemerintah, regional, negara-negara bagian, kota dan otoritas lokal; asosiasi industri terkait EV, penelitian dan pengembangan akademik, dan pemerhati lingkungan sebagai ‘katalisator’ untuk penerapan kebijakan.
- **EV aggregator/integrator (EVAI)** merupakan integrator sistem yang menjadi operator utama di dalam ekosistem. Integrator dapat berupa salah satu pemain yang ada, yang sama sekali baru atau kombinasi keduanya (contohnya *joint venture*).

Gambar 6. Model Ekosistem EV



Sumber: Zulkarnain et al. (2014) dalam *Managing Global Transition*.



Model tersebut dapat mengidentifikasi tantangan-tantangan yang timbul dalam pengembangan ekosistem EV, seperti dijelaskan sebelumnya. Peran setiap *stakeholders* dalam memberikan solusi terhadap tantangan-tantangan tersebut dapat menentukan dan mendukung keberhasilan dalam mengembangkan ekosistem EV. Keterkaitan peran *stakeholders* dalam ekosistem EV dapat dilihat pada matriks berikut:

	(1) EVM	(2) BS	(3) PUI	(4) REA	(5) EVAI
(1) EVM		Menyediakan basis pelanggan utama	Menyediakan segmen pasar baru dan meningkatkan permintaan	Merupakan subjek regulasi dengan kekuatan negosiasi substansial	Menyediakan kolaborator utama untuk calon EVAI, tetapi juga bisa melalui kekuatan pasar yang dimiliki untuk mendapatkan peran EVAI
(2) BS	Menyediakan teknologi utama		Menyediakan potensi baru kolaborator dan sumber pasokan alternatif yang bisa berarti persaingan juga dalam beberapa situasi	Merupakan subjek regulasi terutama ketika mempertimbangkan pengelolaan siklus hidup baterai	Menjadi valuable colaborator atau dapat mengintegrasikan dua peran ketika bisnis model penyewaan baterai telah dipertimbangkan
(3) PUI	Menyediakan teknis kerangka kerja di mana EVM beroperasi, dengan demikian akan mengetahui kondisi pasar	Menyediakan batasan pasar dan teknis yang dapat mempengaruhi BS		Merupakan subjek regulasi tetapi dengan kekuatan negosiasi substansial (PUI bukan subjek utama REA)	Menyediakan batasan pasar dan teknis yang akan mempengaruhi EVAI
(4) REA	Menyediakan pedoman, peraturan dan kerangka kerja kebijakan	Menyediakan pedoman, peraturan dan kerangka kerja kebijakan	Menyediakan pedoman, peraturan dan kerangka kerja kebijakan		Menyediakan pedoman, peraturan dan kerangka kerja kebijakan
(5) EVAI	Membangun hubungan kontrak b2b dengan EVM atau langsung dengan konsumen dalam skema sewa; karenanya mereka mungkin memiliki dampak positif atau negatif pada EVM dan BS, tergantung strategi yang dijalankan		Membangun hubungan B2B terkait melalui perjanjian kontrak. Contoh charging stations	Merupakan subjek regulasi, tanpa kekuatan negosiasi substansial kecuali jika disejajarkan dengan PUI (EVAI bukan subjek utama dari REA)	

Sumber: Diterjemahkan dari Zulkarnain et al. (2014) dalam *Managing Global Transition*.

PENETRASI ELECTRIC VEHICLE DI ASIA

CHINA

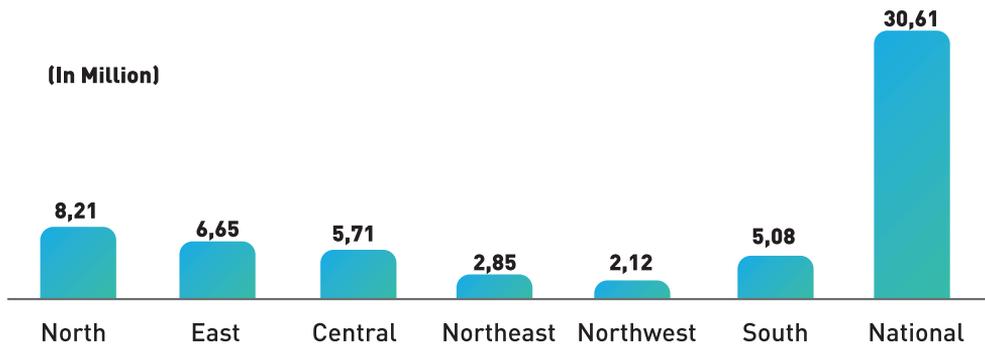


China menghadapi tantangan keamanan pasokan energi, polusi udara di perkotaan, pemanasan global dan pengaturan struktur ekonomi seperti *emerging countries* yang lain. Pemerintah China

menginisiasi program *Thousand of Vehicles, Tens of Cities* (TVTC) bertujuan mengakselerasi komersialisasi implementasi *New Energy Vehicles* (NEVs). NEV merupakan program yang dinilai tepat untuk memberikan solusi atas tantangan-tantangan tersebut, meliputi *hybrid electric vehicles* (HEVs), *plug-in hybrid electric vehicles* (PHEVs), *battery electric vehicle* (BEVs) dan *fuel cell vehicles* (FEVs).

Kebijakan dan program pengembangan NEV di China telah dimulai sejak 1995. Sejalan dengan proses pengembangan R&D NEV, kebijakan dan program mengalami perubahan untuk

Gambar 7. Target Perkembangan EV China tahun 2030



Sumber: Li, Y. et al (2016)

menyesuaikan dengan situasi dan langkah-langkah yang akan dicapai. Sejak tahun 2009, terjadi lonjakan volume produksi NEV lebih dari 7.000 unit, hal ini karena dorongan program TVTC (Gong, 2013). China memiliki pasar mobil listrik terbesar di dunia dan hampir 580.000 mobil listrik dijual di tahun 2017, naik 72% dari tahun sebelumnya (IEA, 2018). Pemberian insentif pemerintah dalam penetrasi EV, akan meningkatkan penjualan EV lebih cepat di tahun-tahun mendatang. Menurut *National Development and Reform Commission* (NDRC) jumlah EVs pada tahun 2030 diperkirakan mencapai

sekitar 28% dari kendaraan di China atau sebesar 30,61 juta kendaraan yang terbagi dalam beberapa region.

Program TVTC fokus pada penggunaan HEV, BEV dan FCV untuk kendaraan publik terdiri dari bis, taksi, kendaraan pemerintahan dan kendaraan untuk tujuan tertentu. Program ini terbagi dalam 3 tingkatan yaitu tingkat I meliputi 13 kota, tingkat II meliputi 7 kota dan tingkat III meliputi 5 kota dengan total sebanyak 25 kota yang tersebar di 21 provinsi. Pemilihan kota ini berdasarkan jumlah populasi penduduk dan besarnya *stock* kendaraan.

Pemerintah pusat dan pemerintah daerah memberikan dukungan keuangan untuk 25 kota ini dengan memberikan subsidi nasional terutama mencakup biaya tambahan untuk membeli NEV, sementara dukungan keuangan dari pemerintah daerah sebagian mencakup biaya pembelian tambahan kendaraan dan fokus pada pengembangan infrastruktur dan pemeliharaan kendaraan (Gong, 2013). Jumlah subsidi yang diberikan bervariasi tergantung jenis kendaraan, tipe teknologi dan *performance* kendaraan, sebagaimana tabel berikut:

“ **Pemerintah China menginisiasi program *Thousand of Vehicles, Tens of Cities (TVTC)* bertujuan mengakselerasi komersialisasi implementasi *New Energy Vehicles (NEVs)*.** ”



No	Type	Nilai Subsidi/Incentive Per car/bus (RMB)
1	HEVs	50,000
2	BEVs	60,000
3	FCVs	250,000
4	Hybrid Electric Buses	420,000
5	Battery Electric Buses	500,000
6	Fuel Cell Buses	600,000

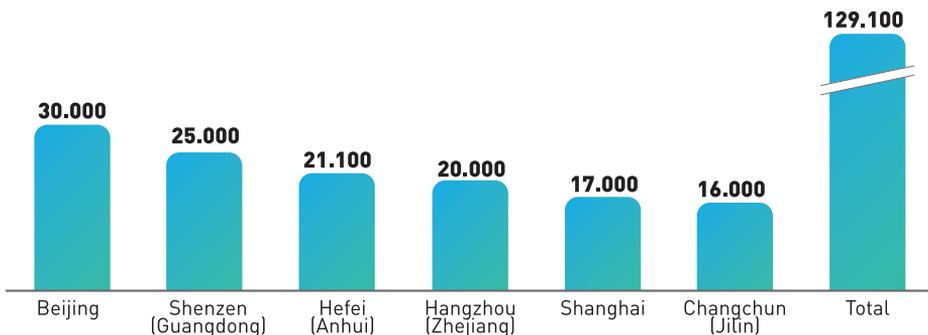
Sumber: Gong, H. et al (2013). *New Energy Vehicles in China: policies, demonstration, and progress.*

Ministry of Science and Technology (MOST) China dalam suatu forum internasional *Electric Vehicle Pilot and Industrial Development 2011*, menetapkan enam kota sebagai kota percontohan untuk subsidi pembeli pribadi NEV dengan total target mencapai 129.100 kendaraan, sebagai berikut:

menyebabkan produk NEV unggulan sulit memiliki pangsa pasar yang besar untuk mengurangi biaya keseluruhan NEV dan memiliki penetrasi pasar yang tinggi, sehingga pengembangan NEV di Tiongkok tidak menjadi kompetitif (Gong, H. et al., 2013). Penetrasi EV di China hingga 2014, tidak sebesar yang ditargetkan

PENETRASI EV DI CHINA TAHUN 2030

6 Kota percontohan untuk subsidi pembeli pribadi NEV



Sumber: MOST 2011 dalam Gong, H. et al (2013).

Pemerintah daerah cenderung memprioritaskan produk lokal karena hampir semua provinsi percontohan NEV memiliki pabrik produksi NEV. Beberapa kebijakan pemerintah mendorong perlindungan pasar lokal, terutama melalui kebijakan insentif dan pembelian kendaraan pemerintah. Tantangan perlindungan pasar lokal

karena masalah kualitas dan teknologi baterai, serta harga EVs yang masih tinggi dibandingkan dengan kendaraan biasa, bahkan setelah penerapan subsidi (PIRA, 2016).

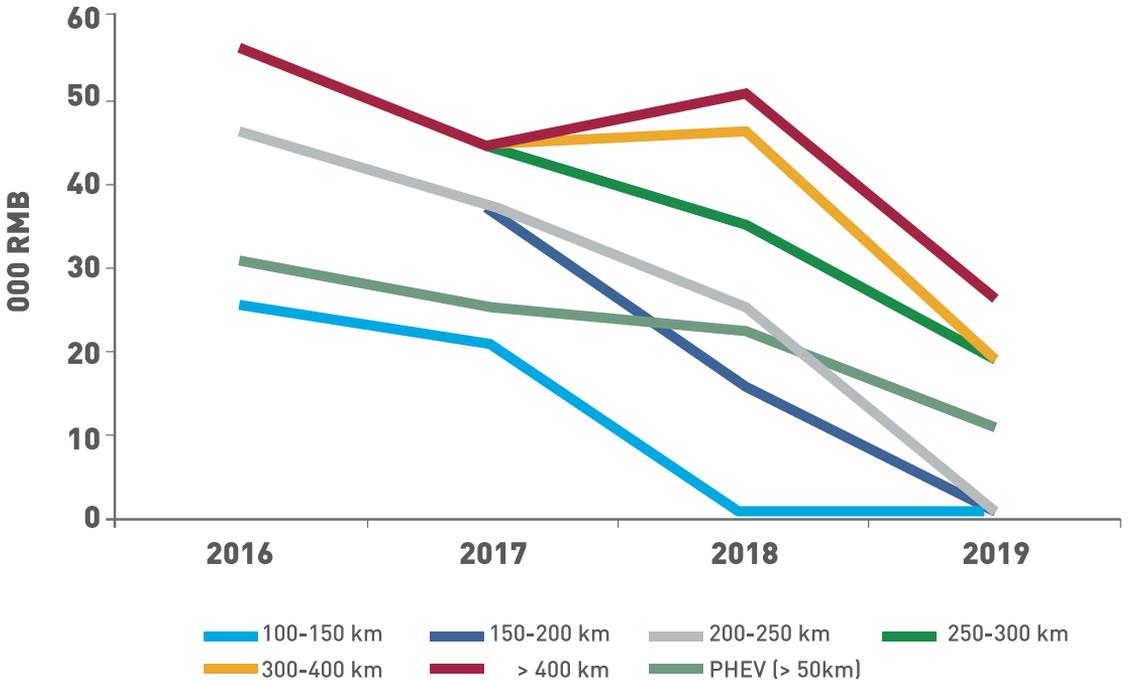
Sejalan dengan perkembangan NEV, kebijakan pemerintah China mengalami perubahan. Wood Mackenzie

menginformasikan pada 26 Maret 2019 pemerintah Cina mengumumkan mengurangi subsidi pembelian untuk kendaraan energi baru (NEV) yang mencakup kendaraan listrik baterai (EVs), kendaraan listrik *plug-in* (PHEVs) dan kendaraan sel bahan bakar (FCV). Pemangkasan tersebut merupakan ketiga sejak 2016, langkah menuju penghentian semua subsidi NEV pada 2020. Beberapa tujuan kebijakan pemerintah China dalam memotong subsidi adalah:

3. Mengalihkan investasi publik ke arah infrastruktur pengisian EV, untuk mendorong penggunaan EV.

Setelah masa transisi tiga bulan (misal, mulai 26 Maret hingga 25 Juni), jumlah total subsidi untuk NEV yang memenuhi syarat akan berkurang lebih dari 60% dari level 2016. Selain itu, ambang teknis yang lebih tinggi sekarang diperlukan. Agar EV menerima subsidi, perlu dijalankan setidaknya 250 km setelah satu pengisian

Gambar 8. Skema Subsidi EV di China



Sumber: Wood Mackenzie

1. Memacu inovasi dan peningkatan industri, dengan meningkatkan ambang teknis.
2. Memberikan peluang yang setara bagi produsen EV, dengan menurunkan subsidi provinsi pada waktu yang bersamaan.

penyempurnaan ke baterai yang kepadatan energinya harus minimal 125 Wh/kg (sebagai gantinya dari 105 Wh/kg). Dalam skema baru tersebut, subsidi untuk EV *high-end* dengan rentang mengemudi 400 km sekarang dikurangi setengahnya dari level di 2018.

INDIA



New Delhi ditetapkan oleh *World Health Organization* (WHO) masuk ke dalam daftar 10 kota dengan polusi terparah berdasarkan asesmen yang dilakukan tahun 2014. Emisi kendaraan yang bersumber dari kendaraan yang menggunakan *internal combustion engine* (ICE) merupakan penyumbang utama timbulnya polusi udara. Bertambahnya populasi jumlah penduduk dan perkembangan ekonomi New Delhi mengakibatkan meningkatnya jumlah kendaraan baik kendaraan pribadi maupun publik.

Upaya pemerintah India mengurangi emisi dari kendaraan dimulai sejak tahun 2000. Untuk meningkatkan penetrasi EV telah ditetapkan yaitu di tahun 2030 penjualan kendaraan dilakukan hanya untuk kendaraan berbasis listrik. Jurnal "A review of electric vehicle lifecycle emissions and policy recommendations to increase EV



Untuk meningkatkan penetrasi EV telah ditetapkan yaitu di tahun 2030 penjualan kendaraan dilakukan hanya untuk kendaraan berbasis listrik.



penetration in India", menuliskan bahwa upaya pemerintah India tersebut dituangkan ke dalam suatu *roadmap* yang dibagi ke dalam tiga fase yaitu:

1. Fase pertama bertujuan untuk menangkap peluang ekonomis, menyusun beberapa alternatif strategi jangka pendek yang dijalankan, pembangunan infrastruktur transportasi yang mencakup *platform* perangkat lunak dan permintaan fisik kendaraan transportasi.
2. Fase kedua melibatkan peningkatan dan pengukuran tindakan yang direkomendasikan pada fase pertama, dengan mendorong partisipasi dari pemain individu. Tujuan fase ini adalah untuk melakukan implementasi solusi mobilitas seluruh sistem.
3. Fase ketiga mengintegrasikan listrik dengan sistem transportasi dan memungkinkan kendaraan listrik untuk mengalirkan listrik ke jaringan. Semua insentif pemerintah juga dihapus tahap ini. Pemerintah India menyusun kebijakan untuk berbagai insentif bagi pemilik roda dua dan empat, terutama untuk kota-kota yang memiliki penetrasi EV lebih tinggi. Di masa lalu, pemerintah telah memberikan subsidi sampai dengan 150.000 Rupe untuk mobil dan SUV dan 30.000 Rupe untuk kendaraan roda dua listrik.

Kebijakan pemerintah India selain fokus pada peningkatan penetrasi kendaraan listrik juga berupaya untuk meminimalkan dampak negatif terhadap polusi udara dari peningkatan kendaraan listrik

tersebut. Kebijakan ini saling melengkapi satu sama lain sehingga seluruh sistem menghasilkan polusi udara yang lebih rendah. Kebijakan-kebijakan tersebut tergambar sebagai berikut:

Gambar 9. Rekomendasi Kebijakan EV Pemerintah India

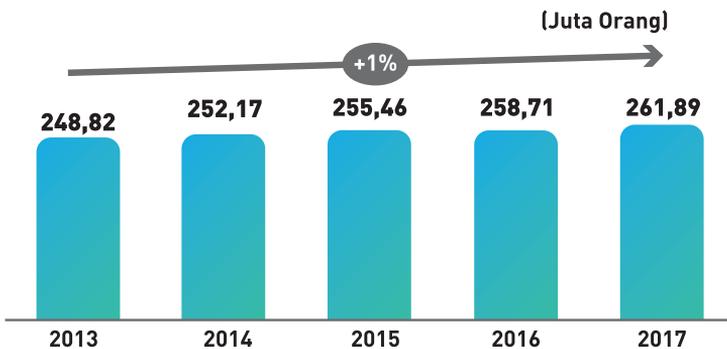


Potensi Perkembangan EV Di Indonesia

Indonesia merupakan salah satu Negara dengan jumlah populasi terbesar di dunia, dengan jumlah penduduk yang meningkat

dari tahun ke tahun. Data Badan Pusat Statistik (BPS) dalam *Handbook of Energy & Economic Statistic of Indonesia tahun 2018*, menunjukkan terdapat peningkatan jumlah penduduk rata-rata 1% selama lima tahun terakhir.

Gambar 10. Pertambahan jumlah penduduk Indonesia



Sumber: Handbook of Energy & Economic Statistic of Indonesia tahun 2018

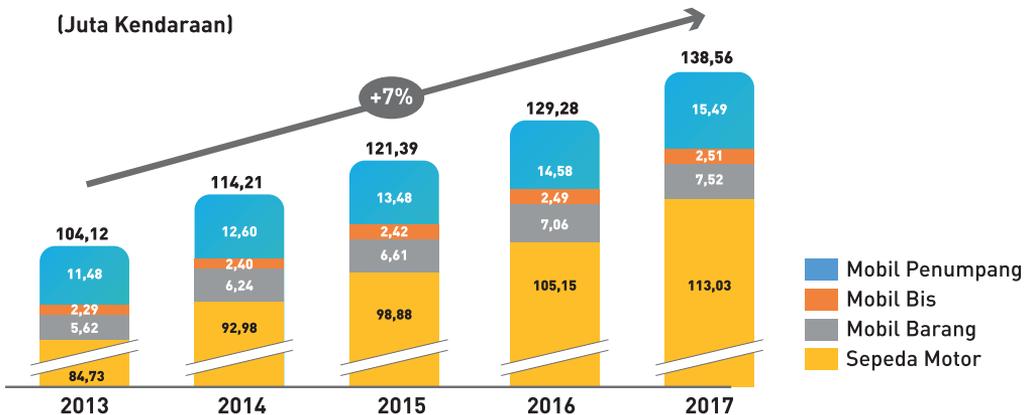


Kebijakan pemerintah India selain fokus pada peningkatan penetrasi kendaraan listrik juga berupaya untuk meminimalkan dampak negatif terhadap polusi udara dari peningkatan kendaraan listrik tersebut.



Pertambahan jumlah penduduk tersebut, secara tidak langsung menyebabkan bertambahnya jumlah kendaraan. BPS merilis jumlah kendaraan penumpang pada tahun 2017 sekitar 138,56 juta kendaraan yang terdiri atas mobil penumpang, bis, mobil barang dan sepeda motor, dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 7% selama periode 2013 – 2017. Jumlah tersebut meningkat seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi, pendapatan dan jumlah masyarakat kelas menengah. Hal ini memberikan potensi penetrasi EV untuk menggantikan kendaraan berbasis *conventional fuel* yang selama ini digunakan oleh masyarakat Indonesia.

Gambar 11. Pertambahan Jumlah Kendaraan Indonesia



Sumber: Badan Pusat Statistik (Indonesia)

Untuk memfasilitasi penetrasi EV di masa depan, dalam rangka menggantikan kendaraan ICE saat ini, tentunya perlu dibangun suatu ekosistem EV dengan memperhatikan tantangan-tantangan yang akan menentukan keberhasilan penetrasi EV di Indonesia, sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya.

Konsumen

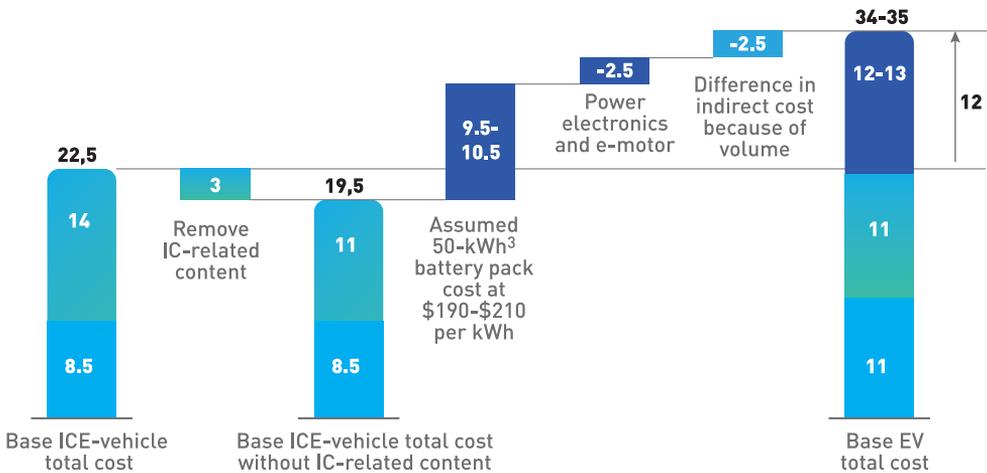
Bersamaan dengan peningkatan adopsi EV sebagai langkah mengurangi emisi gas rumah kaca, penetrasi EV di Indonesia diprediksi akan dimulai dalam waktu dekat. Pemerintah terpantau sedang merancang beberapa kebijakan, termasuk pengurangan pajak, insentif, dan peningkatan infrastruktur pendukung untuk EV, mengingat pasar mobil di Indonesia masih didominasi oleh kendaraan yang menggunakan bahan

bakar minyak (BBM) dengan tersedianya semua infrastruktur yang mendukung operasional. Akibatnya, EV dikhawatirkan tidak diminati oleh konsumen.

Dilihat dari sisi harga, EV memiliki harga jual relatif lebih mahal jika dibandingkan dengan kendaraan ICE, aspek ini masih menjadi persoalan utama bagi konsumen di Indonesia. Biaya produksi kendaraan listrik saat ini sekitar 2,5 kali lebih tinggi daripada yang memiliki pembakaran mesin (Koskue dan Talka, 2010). Analisa yang dilakukan Mckinsey & Company dalam sebuah artikel yang berjudul *Making Electric Vehicles Profitable*, terdapat selisih biaya lebih dari \$12.000 untuk memproduksi EV jika dibandingkan dengan ICE untuk segmen kendaraan berukuran kecil – menengah dan segmen kendaraan utilitas kecil.

Cost walk of IC to electric-vehicle (EV) C-Car in 2019

Estimated average per vehicle, \$ thousand



1Internal combustion engine.

2Includes average incentive cost of \$2,000.

3Kilowatt-hour; includes battery-management system.

Source; Industry experts; UBS; McKinsey analysis

Sumber: Baik, Y. et al. (2019). *Making Electric Vehicles Profitable*. Mckinsey & Company



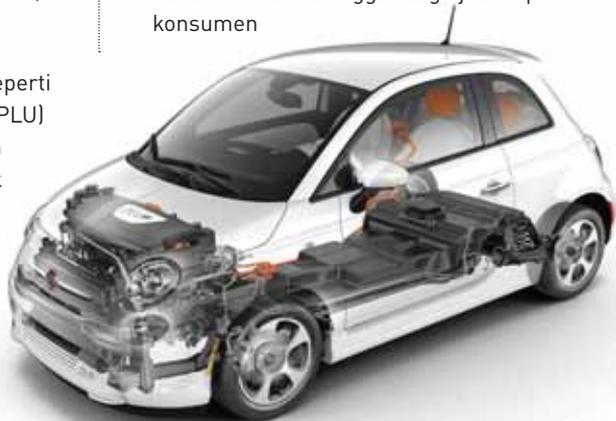
Untuk memfasilitasi penetrasi EV di masa depan perlu dibangun suatu ekosistem EV dengan memperhatikan tantangan-tantangan yang akan menentukan keberhasilan penetrasi EV di Indonesia

Konsumen masih lebih memilih membeli mobil ICE dengan mempertimbangkan harga dan kualitas yang diperoleh. Pemberian insentif oleh pemerintah untuk mendorong penetrasi EV dan menarik minat konsumen telah menjadi praktek di beberapa negara, misalnya di Uni Eropa (London, Berlin dan Stockholm) yang menawarkan insentif untuk pengemudi EV seperti: parkir umum gratis, diizinkan untuk menggunakan jalur bus, tidak ada pajak jalan dan transportasi penyeberangan feri gratis (Zulkarnain, et al., 2014). Faktor lain yang menjadi pertimbangan konsumen adalah performa EV seperti *safety*, jarak tempuh dan *top speed*.

Untuk penyediaan infrastruktur seperti stasiun pengisian listrik umum (SPLU) juga dinilai masih terbatas. Siaran Pers Kementerian ESDM Republik Indonesia Nomor: 305.Pers/04/SJI/2019, menginformasikan pembangunan stasiun pengisian listrik umum (SPLU) oleh PLN masih difokuskan untuk wilayah Jabodetabek, dengan SPLU yang sudah dibangun sebanyak 1.600 SPLU dan ditargetkan akan dibangun sebanyak 2.000 SPLU di tahun ini. Keterbatasan infrastruktur dan lamanya waktu pengisian listrik, juga menjadi salah satu pertimbangan bagi konsumen dalam membeli EV.

Produsen

Para produsen kendaraan terus berupaya untuk mengembangkan teknologi untuk bersaing dalam menciptakan kendaraan EV yang dapat diterima pasar dengan harga yang semakin terjangkau. Produsen dalam memasarkan produk EV di Indonesia, tentunya mempertimbangkan aspek regulasi yang dikeluarkan oleh pemerintah, untuk mendukung keberhasilan mereka dalam menguasai pasar. Insentif berupa pengurangan pajak dan subsidi, menjadi salah satu kebijakan pemerintah yang menarik produsen kendaraan EV sehingga harga jual kepada konsumen



Sumber Foto: boronextraction.com

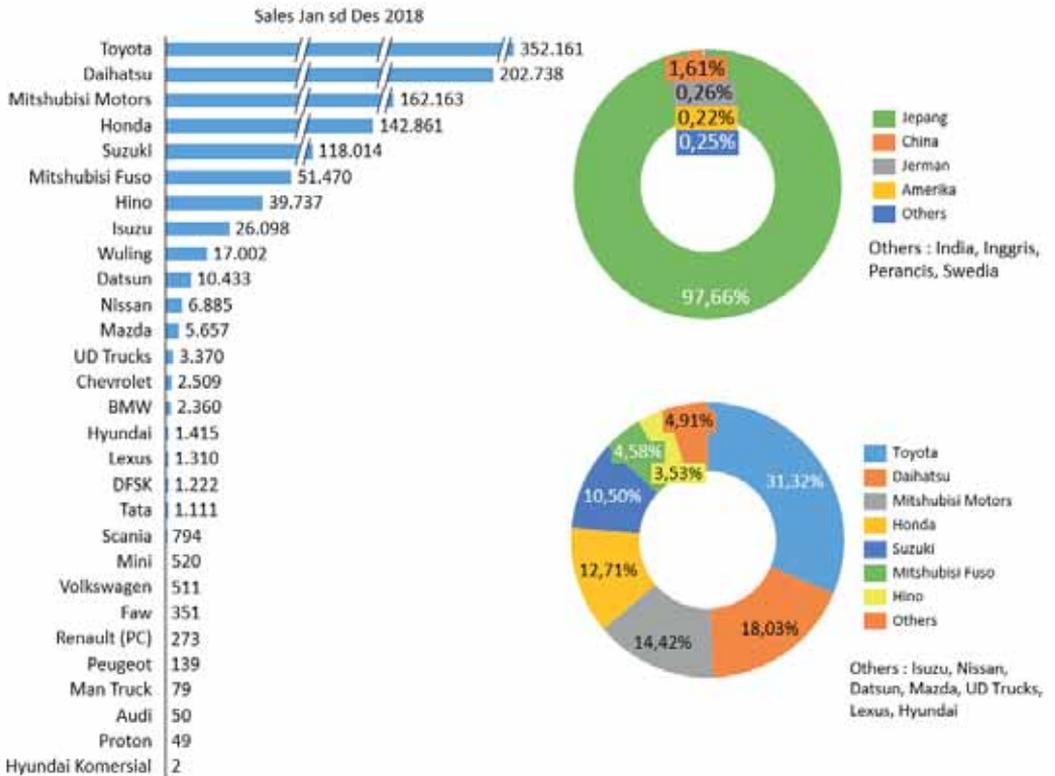
menjadi lebih kompetitif. Jika produsen dapat menjual EV dengan harga yang kompetitif dan terjangkau, tentunya akan lebih menarik minat konsumen untuk membeli EV.

Data laporan penjualan Gaikindo periode Januari sampai dengan Desember 2018, menunjukkan pangsa pasar penjualan otomotif di Indonesia sebagian besar dikuasai oleh Jepang sekitar 97,66% sedangkan China yang menduduki peringkat ke 2 hanya menguasai 1,61%. Toyota, Daihatsu dan Mitshubishi, merupakan top produsen mobil Jepang yang menguasai pangsa pasar mobil dan memiliki potensi besar memasarkan EV di Indonesia, mengingat adanya penambahan jumlah penduduk dan pertumbuhan ekonomi yang semakin meningkat.

Hal lain yang menjadi pertimbangan produsen adalah ketersediaan listrik. Sebagai negara berkembang, permintaan listrik di Indonesia meningkat yang menyebabkan sejumlah masalah, termasuk aksesibilitas dan kualitas listrik. Saat ini, Indonesia tidak memiliki penyimpanan energi skala besar, yang dapat menampung fluktuasi dan respons beban cukup cepat (Huda, M. et al, 2019). Oleh karena itu, para produsen perlu menyesuaikan teknologi EV yang akan dipasarkan di Indonesia.

Gambar 12. Data Penjualan Otomotif Indonesia

PANGSA PASAR PENJUALAN MOBIL DI INDONESIA



Sumber data: Wholesales Jan - Des 2018 Gaikindo



Beberapa kendaraan dengan teknologi *Plug-in Hybrid Electric Vehicle* (PHEV), diberitakan siap dipasarkan di Indonesia seperti Toyota Prius *Plug in Hybrid*, Mitsubishi Outlander Sport PHEV dan i-MiEV, BMWi dan Mercedes-Benz EQ (<https://oto.detik.com>). Selain itu produsen kendaraan listrik BYD dan Tesla juga mulai digunakan sebagai armada Taksi Blue Bird dengan realisasi tahun 2019 sebanyak 30 unit, 5 unit Tesla dan 25 unit BYD.

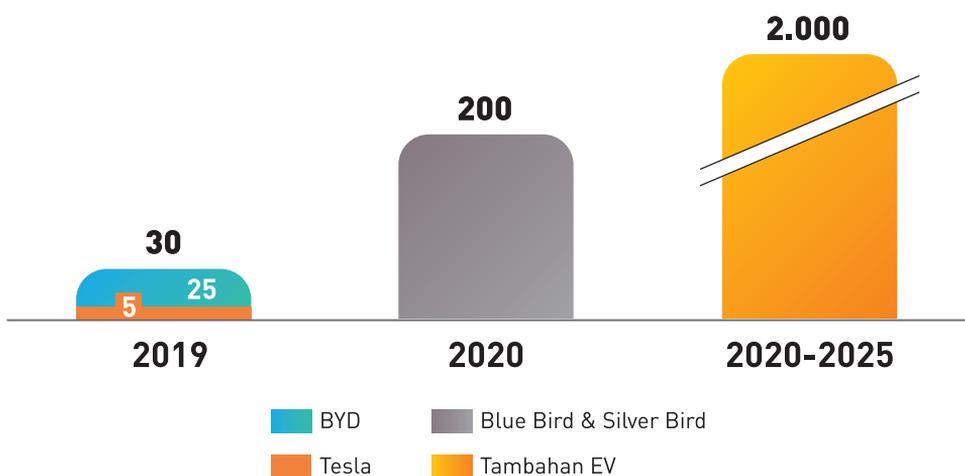
Kendaraan dengan teknologi PHEV dinilai sesuai untuk dipasarkan di Indonesia karena PHEV menawarkan efisiensi bahan bakar EV yang lebih tinggi untuk semua *electric range*, tetapi juga memiliki fleksibilitas penggunaan bahan bakar konvensional untuk perjalanan yang panjang (Eugue dan Long, 2012). PHEV memiliki mesin pembakaran internal (ICE) yang lebih kecil daripada HEV dan memiliki baterai yang lebih besar yang mampu memberi daya pada kendaraan untuk jarak antara 20 dan 60 mil (Sovacool dan Hirsh, 2009). Selain itu, baterai PHEV dapat diisi ulang dan dapat dikembalikan

ke pengisian penuh dengan menghubungkan steker ke sumber listrik eksternal.

Case Study: Penetrasi EV Pada Armada Taksi Blue Bird Group

Siaran Pers Kementerian ESDM Republik Indonesia Nomor: 305.Pers/04/SJI/2019 Tanggal: 22 April 2019 yang berjudul "Taksi Listrik Pertama di Indonesia Diluncurkan, Jonan: Emisi Lebih Rendah dan Polusi Lebih Kecil", menginformasikan peluncuran 30unit EV armada taksi atau e-Taksi PT Blue Bird Tbk, terdiri dari 25unit BYD dan 5unit Tesla. PT Blue Bird Tbk memelopori penggunaan taksi dengan kendaraan listrik 100% (*fuel e-charging*), menargetkan peningkatan penggunaan EV untuk armada Bluebird dan Silverbird ditahun 2020 sampai dengan 2025, sebagaimana terlihat pada gambar di bawah ini.

Gambar 13. Target Penggunaan EV PT Blue Bird Tbk



Sumber: Siaran Pers Kementerian ESDM Republik Indonesia



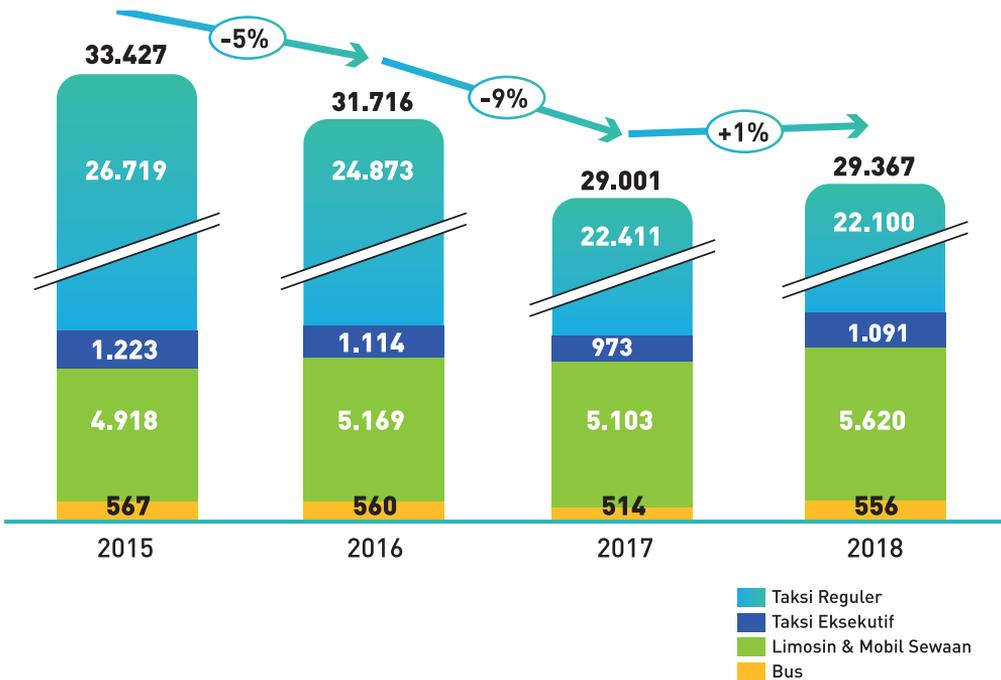
**PT Blue Bird Tbk
mempelopori
penggunaan taksi dengan
kendaraan listrik 100% (fuel
e-charging), menargetkan
peningkatan penggunaan
EV untuk armada Bluebird
dan Silverbird ditahun 2020
sampai dengan 2025**

Implementasi pengadaan taksi listrik merupakan arahan Menteri ESDM agar perusahaan taksi dapat mendukung pelestarian lingkungan, memberikan nilai

tambah terhadap program ketahanan dan bauran energi nasional, program pengurangan penggunaan dan subsidi BBM, serta program pengurangan emisi gas buang oleh Pemerintah. Pengoperasian sebanyak 200 mobil listrik hingga tahun 2020, diproyeksikan akan menghilangkan sekitar 434,095 kg emisi CO2 atau konsumsi BBM sebanyak 1.898.182 liter; dan penambahan 2.000 unit mobil listrik pada periode tahun 2020 - 2025 akan menghilangkan 21.704.760 kg emisi CO2 atau setara dengan konsumsi BBM sekitar 94.909.091 liter.

Laporan tahunan 2018 Blue Bird Group menyebutkan total armada yang dimiliki sebanyak 29.367 unit meningkat 1%

Gambar 14. Jumlah Armada Blue Bird Group



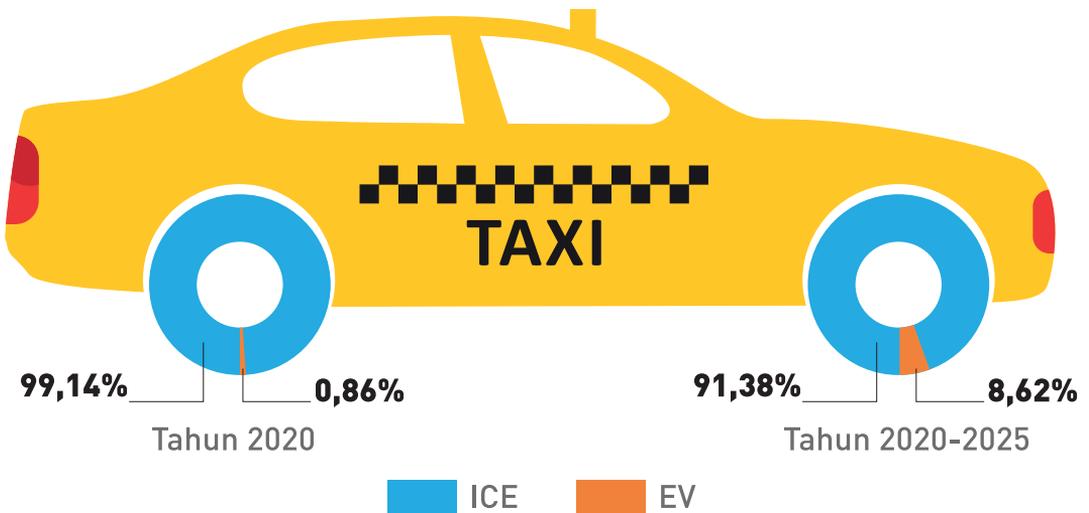
Sumber: Laporan Tahunan 2018 Blue Bird Group



dibandingkan tahun 2017. Armada taksi Blue Bird Group untuk layanan taksi, limosine dan sewa kendaraan serta *charter bus* didominasi oleh Industri mobil Jepang melalui Toyota Astra Motor (TAM). Mobil-mobil merek Toyota yang pernah menjadi armada diantaranya Soluna, Limo, Avanza, dan Alphard. Rencana target penggunaan EV pada armada taksi reguler dan eksekutif di tahun 2020 - 2025, membuka peluang bagi produsen EV untuk memenuhi permintaan Blue Bird Group, dimana tahun 2019 industri mobil China (BYD) dan Tesla sudah mulai digunakan sebagai armada Blue Bird.

atau produsen EV lainnya di tahun 2020 hanya sebesar 0,86% dan ditahun 2020 - 2025 sebesar 8,62% dengan rata-rata peningkatan jumlah pangsa pasar sekitar 1,72% per tahun. Sedangkan armada taksi yang masih menggunakan ICE untuk armada taksi reguler dan eksekutif blue bird sebesar 99,14% di tahun 2020 dan 91,38% di tahun 2020 - 2025 sebagian besar masih tetap dikuasai oleh Industri otomotif Jepang terutama Toyota.

Asumsi *Replacement* EV terhadap Armada Taksi Reguler & Taksi Eksekutif



Sumber: Analisa Penulis Berdasarkan data Laporan Tahunan 2018 Blue Bird Group

Analisa penetrasi EV yang dilakukan pada armada Blue Bird Group, menggunakan asumsi jumlah armada taksi reguler & eksekutif sama dengan realisasi jumlah armada tahun 2018, menunjukkan potensi pasar yang bisa dipenuhi oleh BYD, Tesla

Untuk pasar di Indonesia, TAM akan memasok kendaraan dengan jenis *hybrid* bukan murni listrik. Teknologi *hybrid* Toyota telah diakui di beberapa negara melalui penjualan Prius dan armada taksi. Sebagai



Sumber Foto: otomotif.kompas.com

contoh Singapura saat ini sudah menggunakan Prius. Selain Prius, mobil Toyota yang sudah menggunakan teknologi *hybrid* diantaranya Camry dan Alphard, keduanya sudah dipasarkan di Indonesia. Teknologi *hybrid* menggabungkan mesin konvensional dan motor listrik cocok untuk kondisi Indonesia saat ini yang masih belum bisa menampung sepenuhnya kendaraan murni listrik. Pertimbangan terhadap kesiapan infrastruktur terutama pengisian daya listrik umum dan regulasi pemerintah Indonesia untuk mendukung mobil listrik (www.cnnindonesia.com). Selain itu pemikiran untuk melakukan ekspor mobil listrik ke Indonesia harus mempertimbangkan diterimanya produk mobil listrik oleh pasar domestik.

Kesimpulan

Pengembangan EV memerlukan dukungan dari semua *stakeholders* yang ada di dalam ekosistem EV. Penerimaan konsumen terhadap EV menjadi kunci dalam menentukan *market demand* yang akan memberikan keyakinan kepada produsen dalam men-*supply* produk yang dihasilkan. Perkembangan teknologi dan infrastruktur juga memainkan peran penting, sehingga dapat menciptakan harga yang kompetitif dan keyakinan bagi konsumen. Komitmen dan dukungan pemerintah dalam membuat kebijakan dan regulasi, penyediaan infrastruktur pengisian, dan pemberian insentif dapat memotivasi dan menarik minat konsumen untuk beralih dari kendaraan ICE ke EV. Komitmen dan kebijakan pemerintah juga menjadi acuan bagi produsen dan industri pendukung EV yang lain untuk melakukan penetrasi pasar EV. ■



REFERENSI:

Managing global transition: International Research Journal. Volume 2. Number 3. Fall 2014. ISSN 1854-6935

International Energy Agency, [2018]. CO2 emissions from fuel combustion overview 2018, (<https://www.iea.org/topics/transport/>)

International Energy Agency, [2018]. Global EV Outlook 2018

Egbue, O. & Long, S. [2012]. Barriers to widespread adoption of electric vehicle: An analysis of consumer attitudes and perceptions. Energy Policy. Vol. 48, September [2012], P. 717-729

Rodge, P. & Joshi, K. [2018]. Electric Vehicles in India: Current Status, Future Trend and Environmental Impact. International conference on smart electric drives & power system.

Ahman, M. [2004]. Government policy and the development of electric vehicle in Japan. Energy policy 34 (2006) 433 – 434.

Vidhi, R. & Shrivastav, P. [2018]. A review of electric vehicle lifecycle emissions and policy recommendations to increase EV penetration in India.

Gong, H. et al [2013]. New energy vehicles in China: policies, demonstration, and progress. DOI 10.1007/s11027-012-9358-6

Li, Y. et al [2016]. Electric vehicle charging in China's power system: Energy, economic and environmental trade-offs and policy implications. Applied energy 173 (2016) 535-554.

Huda, M. et al [2018]. Potential ancillary services of electric vehicles (vehicle to grid) in Indonesia. Energy Procedia 152 (2018) 1218 - 1223

Huda, M. et al [2019]. The future of electric vehicles to grid integration in Indonesia. Energy Procedia 158 (2019) 4592-4597

Sovacool, B.K., Hirsh, R.F., 2009. Beyond batteries: an examination of the benefits and barriers to plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs) and a vehicle-to-grid (V2G) transition. Energy Policy 37 (3), 1095–1103.

Diamond, D., 2009. The impact of government incentives for hybrid-electric vehicles: evidence from U.S. states. Energy Policy 37 (3), 972–983.

Ministry of Energy and Mineral Resources RI, 2018, Handbook of Energy and Economic Statistic of Indonesia 2018, ISSN 2528-3464

BPS Indonesia, <https://www.bps.go.id/subject/17/transportasi.html#subjekViewTab4>

PIRA Energy Group [2016]. Scenario Planning Service. Annual guide book 2016



TECHNOLOGY
BREAKTHROUGH



<https://oto.detik.com/mobil/d-4451354/daftar-mobil-listrik-yang-siap-beredar-di-indonesia>

<https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/taksi-listrik-pertama-di-indonesia-diluncurkan-jonan-emisi-lebih-rendah-dan-polusi-lebih-kecil>

Baik, Y. et al. (2019). Making Electric vehicles profitable. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/making-electric-vehicles-profitable>

Kupper, D. et al. (2018). The Future of Battery Production for Electric vehicles. Boston Consulting Group. <https://www.bcg.com/publications/2018/future-battery-production-electric-vehicles.aspx>

Siaran Pers Kementerian ESDM Republik Indonesia Nomor: 305.Pers/04/SJI/2019. Taksi Listrik Pertama di Indonesia Diluncurkan, Jonan: Emisi Lebih Rendah dan Polusi Lebih Kecil. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/taksi-listrik-pertama-di-indonesia-diluncurkan-jonan-emisi-lebih-rendah-dan-polusi-lebih-kecil>

Laporan Tahunan 2018 Blue Bird Group. Rising Through The Test of Time. <http://www.bluebirdgroup.com/id/annual-report>

CNN Indonesia (2019). Toyota tertarik suplai mobil hybrid buat blue bird.

<https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20190405164015-384-383747/toyota-tertarik-suplai-mobil-hybrid-buat-blue-bird>

Wood Mackenzie (2019). Will the latest subsidy reduction scale back China's EV market?.



HIGH GRADE
DIESEL FUEL

EURO 3 **LESS** 
SULFUR

Pertamina Dex adalah bahan bakar diesel **berkualitas tinggi** dengan kandungan sulfur **terendah** di kelasnya yang sejajar dengan bahan bakar diesel premium kelas dunia.

Hadirkan **performa lebih bertenaga** serta **proteksi ekstra awet** bagi mesin kendaraan diesel modern Anda sekarang juga!

Gunakan Pertamina Dex untuk ketangguhan berkendara.



ELECTRIC VEHICLE SEBAGAI MEGA TREND DALAM INDUSTRI OTOMOTIF

Industri otomotif memiliki tiga *mega-trends* yang akan terjadi pada masa depan yaitu kendaraan listrik (*electric vehicle*), *autonomous driving* dan *share mobility*.

Adhitya Nugraha

Senior Economist, Pertamina Energy Institute,
PT Pertamina (Persero)

Fuadi Arif Nasution

Senior Analyst New Renewable Energy
Transportation Business Initiative,
PT Pertamina (Persero)



Trend Otomotif Global

PERKEMBANGAN kendaraan listrik didorong upaya pengurangan

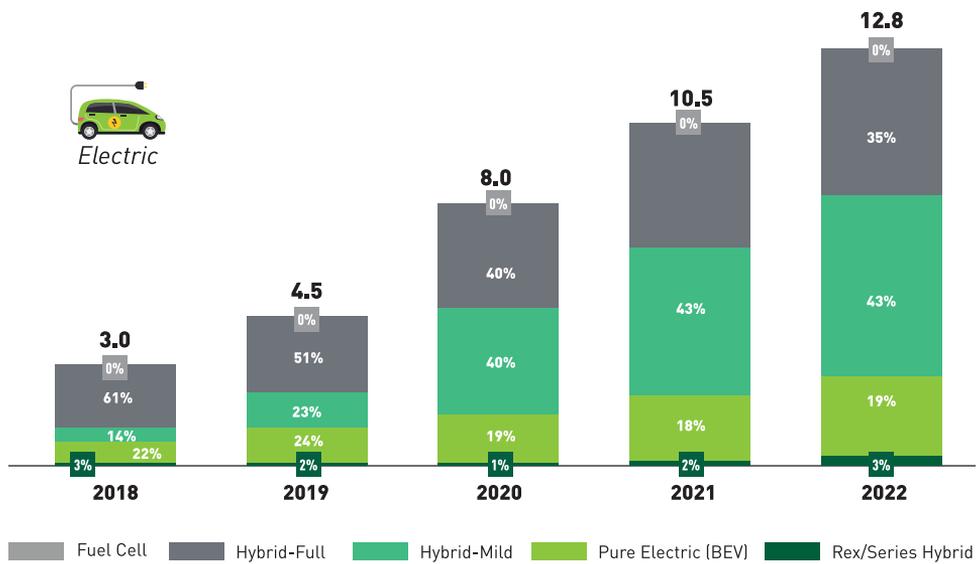
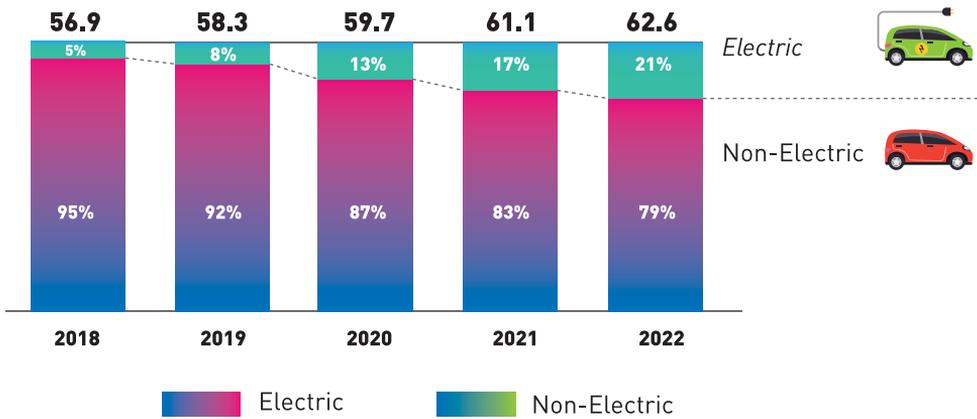
emisi CO₂. Adapun *autonomous driving* didorong berkurangnya operasi manual pengemudi. Konsep bisnis *share mobility* didukung oleh efisiensi dalam berkendara yang merubah konsep kepemilikan kendaraan menjadi sesuatu yang dapat dibagi dengan pengguna yang lain. Dari ketiga *mega-trends* tersebut, kendaraan listrik merupakan trend utama yang

diproyeksikan akan menggeser sebagian kendaraan konvensional.

Terdapat sejumlah proyeksi terhadap penggunaan kendaraan listrik pada masa depan, diantaranya oleh Boston Consulting Group (BCG) yang memproyeksikan bahwa pada tahun 2022 sekitar 21% kendaraan di dunia menggunakan listrik. Walaupun demikian, kendaraan listrik tersebut diproyeksikan masih akan menggunakan kombinasi *hybrid* selain penggunaan listrik, khususnya pada segmen *small and medium cars* yang kemungkinan akan didominasi oleh Amerika, China, Jepang dan Eropa.

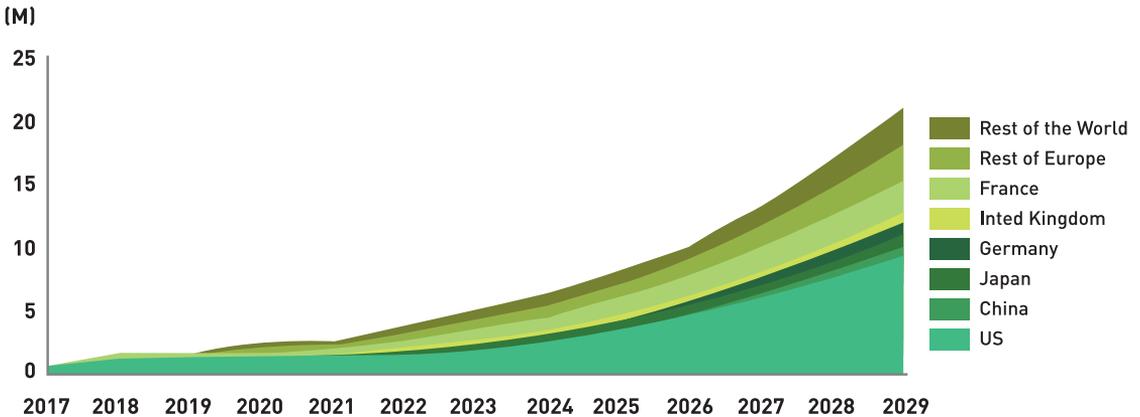


Proyeksi Jumlah Produksi Kendaraan (Electric dan Non-Electric)



Sumber: Boston Consulting Group, September 2018

Proyeksi Penjualan Kendaraan Listrik Setiap Negara



Sumber: Bloomberg Finance

Proyeksi Penjualan Kendaraan Listrik Setiap Negara

Perkembangan kendaraan listrik selanjutnya adalah *autonomous electric vehicle (AEV)* yang diproyeksikan akan mulai komersialisasi pada tahun 2030 dengan jumlah mencapai 2 juta unit pada tahun 2035 dan 22 juta unit pada tahun 2040. Implementasi AEV bertahap mulai dari level *driver assistance*, *partial automation*, *conditional automation*, *high automation* sampai kepada *full automation*. Pada level *driver assistance*, kendaraan dikendalikan oleh pengemudi

dengan tambahan fitur untuk membantu pengemudi. Kemudian level *partial automation* yang memungkinkan kombinasi fitur otomatis dan monitor oleh pengemudi. Level *conditional automation* tidak memerlukan monitor pengemudi. *High automation* memungkinkan kendaraan telah memiliki fungsi kemudi dengan kondisi tertentu. Sementara pada level *full automation* kendaraan telah memiliki fungsi kemudi pada semua kondisi. Meskipun proyeksi pertumbuhan kendaraan listrik tinggi, namun penggunaan kendaraan konvensional diproyeksikan masih tetap tinggi paling tidak sampai tahun 2030.

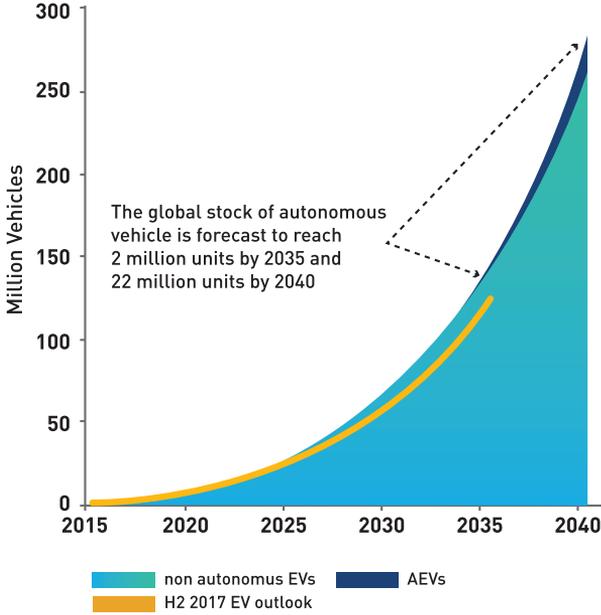


Dari ketiga mega-trends tersebut, kendaraan listrik merupakan trend utama yang diproyeksikan akan menggeser sebagian kendaraan konvensional.

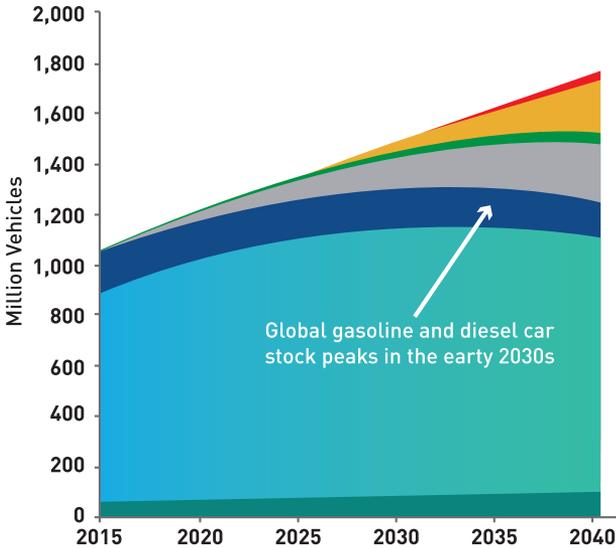




Proyeksi Jumlah Kendaraan Listrik
(Autonomous vs Non-autonomous)

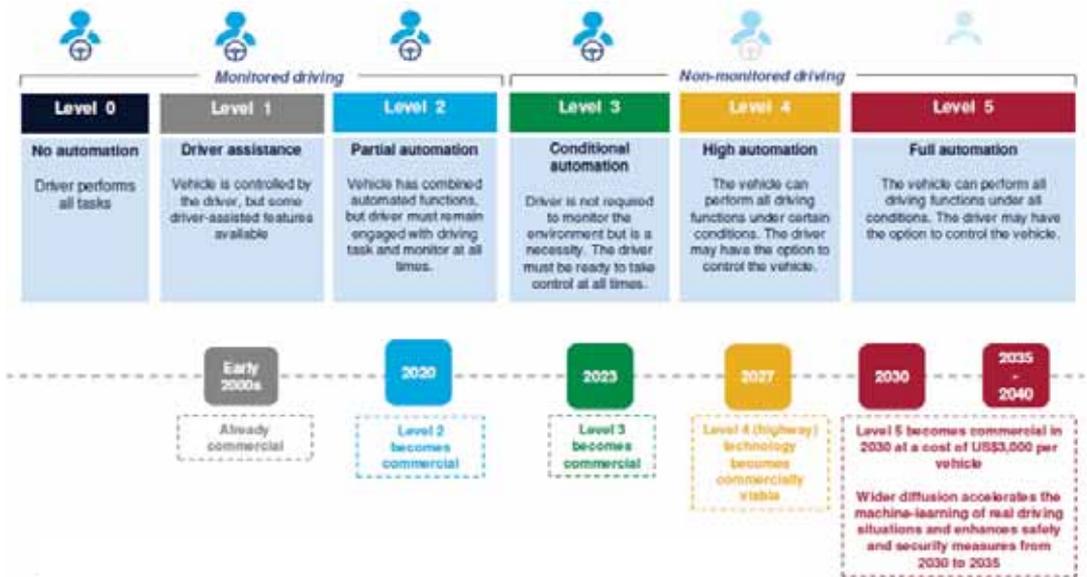


Proyeksi Ketersediaan Kendaraan



Sumber: Wood Mackenzie

Tahapan Perkembangan *Autonomous Vehicle*



Source for levels of automation: Society of Automotive Engineer (SAE) levels of automation; adapted from <https://www.nhtsa.gov>

Tahapan Perkembangan *Autonomous Vehicle*

Setiap negara memiliki target kendaraan listrik yang berbeda. China menargetkan sekitar 12% penjualan kendaraan listrik pada tahun 2020. Target India untuk kendaraan listrik mencapai 30% pada tahun 2030. Singapore menargetkan jumlah kendaraan listrik sekitar 50% pada tahun 2050. Sedangkan negara-negara Eropa menargetkan lebih tinggi, misalnya Perancis, Spanyol dan Inggris merencanakan tidak lagi memakai kendaraan bensin dan diesel pada tahun 2040. Jerman dan Irlandia akan melarang penjualan kendaraan bensin dan diesel pada tahun 2030. Sementara Belanda pada tahun 2025.

Proyeksi perkembangan kendaraan listrik di Indonesia oleh *Economic Research Institute for ASEAN and East Asia (ERIA)*, menunjukkan beberapa skenario yang mungkin terjadi. Pada *reference scenario*, dengan asumsi menggunakan tren historis dan tanpa intervensi kebijakan, diproyeksikan penjualan kendaraan listrik hanya 6% dari total penjualan mobil pada tahun 2040. Sehingga masih perlu upaya jika Indonesia menginginkan kenaikan porsi penjualan mobil listrik menjadi 35% pada tahun 2040.

Bagi negara seperti Indonesia, kendaraan listrik berpotensi mengurangi impor minyak sehingga dapat meningkatkan ketahanan energi nasional, pengembangan industri manufaktur, serta sejalan dengan *Paris Agreement* yang telah



disepakati untuk mengurangi dampak kerusakan lingkungan. Keuntungan kumulatif pengembangan kendaraan listrik diproyeksikan dapat mencapai \$ 79.6 miliar pada tahun 2040. Hal ini akan mengubah industri energi secara keseluruhan, dengan dampak signifikan untuk pembangkit listrik, transmisi, distribusi, dan kilang. Meskipun demikian, masih terdapat tantangan implementasi kendaraan listrik, khususnya harga kendaraan listrik yang lebih mahal dibandingkan kendaraan konvensional dengan menggunakan teknologi *Internal Combustion Engine (ICE)*. Karena itu memerlukan dorongan agar konsumen tertarik untuk beralih menggunakan kendaraan listrik. Beberapa diantaranya adalah dengan dukungan kebijakan dan kesiapan infrastruktur. Contohnya diberikan insentif pajak dan ketersediaan lahan parkir khusus. Sementara contoh infrastruktur adalah adanya kesiapan *charging station*.

Penerapan kebijakan kendaraan listrik tercatat berbeda di setiap negara. Di India terdapat biaya tambahan jika masih menggunakan diesel dan hal ini menjadi insentif kendaraan listrik. Sedangkan Malaysia menekankan pertumbuhan industri dengan insentif bagi perusahaan manufaktur yang memproduksi *electric motor*, baterai dan lainnya. S&P Global dalam laporan *Electric Vehicle Sales & Policy Scorecard* menunjukkan bahwa negara-negara yang mempunyai *adoption rate* tinggi adalah Jerman, Spanyol, Swedia, Irlandia dan India.

Jerman mengumumkan akan menawarkan \$ 1,13 miliar dalam bentuk subsidi kepada perusahaan yang memindahkan manufakturnya ke Jerman untuk menarik manufaktur

baterai. Sampai saat ini, perusahaan yang berminat berpartisipasi adalah Varta, BASF, VW, PSA, BMW dan Northvolt. Selain itu, Jerman juga mempersiapkan investasi \$ 340 juta

untuk menggunakan bus listrik hingga 2022. Untuk pajak, Jerman menerapkan penurunan tarif untuk kendaraan listrik menjadi 0,5% dibandingkan tarif pajak untuk kendaraan konvensional. Sementara Irlandia terdampak larangan penjualan ICE (*Internal Combustion Engines*) yang berpengaruh terhadap penjualan kendaraan listrik pada Januari 2019 yang meningkat 700% dibandingkan tahun sebelumnya. Kebijakan yang dilakukan Spanyol adalah memberikan subsidi kendaraan listrik dengan anggaran sekitar \$ 50 juta yang mendorong dealer untuk menjual kendaraan listrik dan pengembangan infrastruktur *charging*. Selain itu, Spanyol berencana memasang 8.500 *charging* poin pada fasilitas publik dan 100.000 *charging* poin di perumahan pada tahun 2023.

Trend Perusahaan Migas Dunia

Perusahaan migas dunia merespons trend perkembangan kendaraan listrik dengan melakukan aktivitas anorganik untuk mengantisipasi kebutuhan dalam pengembangan bisnis *electric mobility*. Pada tahun 2017, Shell mengakuisisi New Motion, pemilik 30.000 *charging station* di Eropa. Sedangkan untuk pasar Amerika Serikat, Shell mengakuisisi EV startup Greenlots pada tahun 2019.

Sementara itu BP sebagai perusahaan migas yang berbasis di Inggris, telah

Charging Infrastructure



memasang lebih dari 1.000 *chargers* di Inggris Raya dan melakukan akuisisi senilai US\$ 170 juta perusahaan *charging* Chargemaster pada tahun 2018. Dengan akuisisi ini, BP akan memiliki dan mengoperasikan sekitar 10.000 *charging station* di perumahan, perkantoran maupun di lokasi publik lainnya.

Sedangkan Total perusahaan migas asal Perancis, melakukan aktivitas pengembangan baterai/*energy storage* dengan akuisisi perusahaan *battery saft* pada 2017 senilai US\$ 1 milyar. Selain itu Total juga telah menjadi *major shareholder* SunPower sebagai perusahaan produsen *Solar Modul* yang berbasis di Amerika Serikat.

Perkembangan Industri EV di Indonesia

Perkembangan kendaraan listrik di respon oleh Pemerintah Indonesia dengan menyiapkan fasilitas insentif fiskal dan infrastruktur untuk menarik investasi pengembangan kendaraan listrik. Berdasarkan pantauan saat ini Pemerintah Indonesia sedang menyiapkan penyusunan Peraturan Presiden mengenai program percepatan pengembangan kendaraan listrik. Salah satu rencana yang akan dilakukan adalah memberlakukan bea masuk 0%, penurunan Pajak Penjualan Atas Barang Mewah (PPnBM) kendaraan bermotor listrik, insentif fiskal berupa *tax holiday* atau *mini tax holiday* untuk industri

Battery



komponen utama, seperti industri baterai dan industri motor listrik.

Selain dukungan kebijakan, pengembangan kendaraan listrik di Indonesia memerlukan sinergi dari perusahaan energi seperti Pertamina dan PLN. Sebagai penyedia listrik nasional, PLN dapat bekerja sama dengan Pertamina yang memiliki jaringan retail di seluruh Indonesia untuk melakukan penetrasi kendaraan listrik pada segmen mobil.

Beberapa *business player* terpantau telah melakukan implementasi kendaraan listrik. Salah satunya dilakukan oleh Blue Bird dengan pengenalan taksi

listrik baik untuk kelas *regular* maupun kelas *premium*. Meski saat ini unit masih terbatas, pengenalan taksi listrik kepada masyarakat dapat meningkatkan *public awareness* bahwa kendaraan listrik tersebut tidak bising, tanpa emisi dan memiliki kenyamanan yang setara dengan mobil konvensional. Selain itu pada jenis kendaraan umum, Transjakarta sebagai operator bus di DKI Jakarta telah melakukan uji coba 2 bus listrik yaitu bus listrik BYD yang diproduksi di China dan bus listrik produksi nasional yaitu Mobil Anak Bangsa (MAB). Diharapkan hasil uji coba ini dapat menjadi referensi untuk implementasi bus listrik di jalur-jalur *existing* dan tentunya akan selaras dengan program nasional untuk mengurangi polusi di perkotaan.



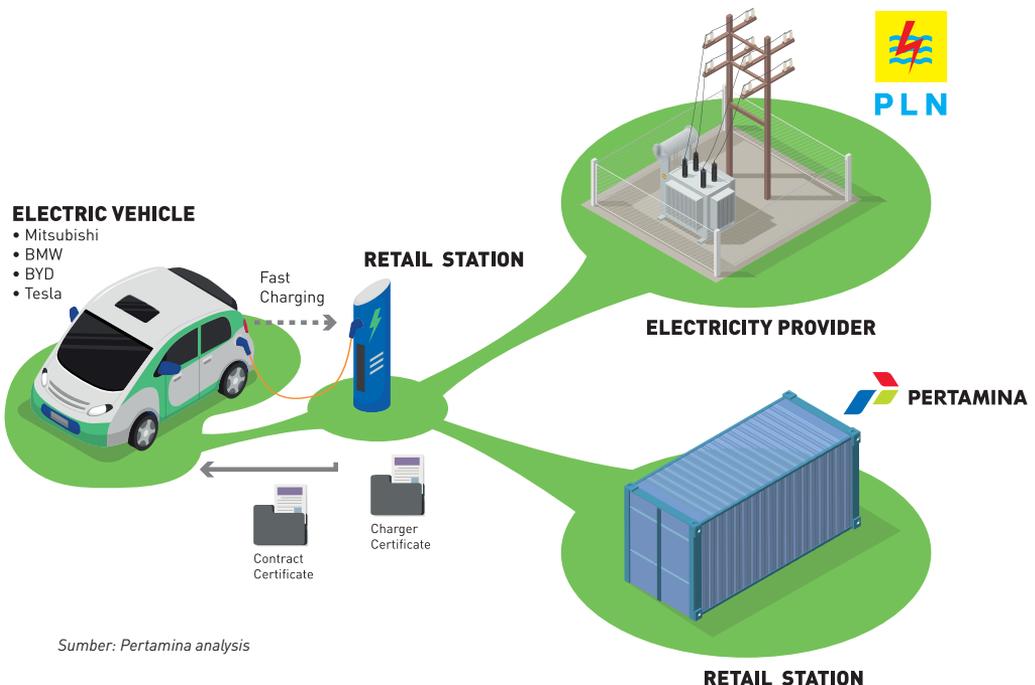
Perusahaan migas dunia merespons trend perkembangan kendaraan listrik dengan melakukan aktivitas anorganik untuk mengantisipasi kebutuhan dalam pengembangan bisnis electric mobility.

Pengembangan Bisnis Pertamina terkait Kendaraan Listrik

Pertamina sebagai BUMN energi telah melakukan beberapa rencana pengembangan bisnis sebagai antisipasi

perkembangan kendaraan listrik di Indonesia. Pengembangan tersebut diantaranya dengan mempersiapkan fasilitas SPBU *existing* agar dapat melayani *charging* untuk kendaraan listrik. Sementara konsep yang dikembangkan adalah dengan membuat fasilitas *charging* yang dapat melayani beberapa *plug* kendaraan. Saat ini fasilitas *charging* tersebut telah memiliki beberapa standard seperti Chademo, Type 2, dan CCS. Dengan menggunakan jaringan SPBU *existing*, diharapkan implementasi *charging* dapat dilakukan lebih cepat dan secara menyeluruh di Indonesia.

Konsep Bisnis Kendaraan Listrik Segmen Mobil di Indonesia



Sumber: Pertamina analysis

Konsep Bisnis Kendaraan Listrik Segmen Motor di Indonesia



Sumber: Pertamina analysis

Sementara untuk kendaraan roda-2 dan roda-3, konsep yang dikembangkan adalah dengan menggunakan metode *swap battery*. Hal ini dilakukan sebagai mitigasi bahwa pemilik motor mengharapkan *accessibility* yang mudah dan metode penukaran baterai yang cukup praktis. Sehingga dapat mengurangi waktu tunggu dan juga *retail station* dapat melakukan

pengisian baterai saat *off-peak time*.

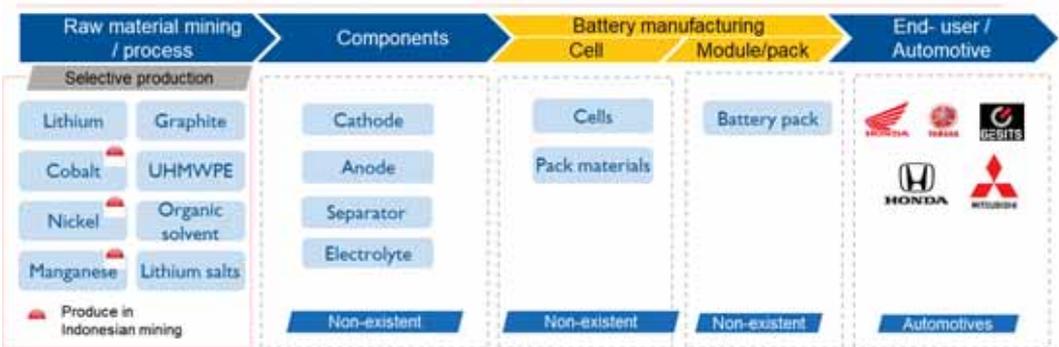
Peluang kendaraan listrik tidak terlepas dari tantangan yang dihadapi saat ini, salah satunya diperlukan peningkatan nilai tambah pada pertambangan Nikel, Cobalt dan Manganese sebagai bahan baku baterai. Hal ini memerlukan *roadmap* untuk hilirisasi dan pembuatan industri komponen. Peluang bisnis untuk manufaktur baterai masih terbuka dikarenakan belum terdapat industri lokal saat ini. Keuntungan menjadi *pioneer* sebagai produsen *battery cell/battery pack* dapat memiliki nilai kompetitif dengan *anchor customer* yaitu produsen otomotif maupun *energy stationary storage*. Pada akhirnya pertumbuhan industri kendaraan listrik yang cenderung tumbuh agresif akan berkontribusi signifikan terhadap *market share* kendaraan secara keseluruhan.

“ **Perkembangan kendaraan listrik di respon oleh Pemerintah Indonesia dengan menyiapkan fasilitas insentif fiskal dan infrastruktur untuk menarik investasi pengembangan kendaraan listrik.** ”



Pertamina sebagai BUMN energi telah melakukan beberapa rencana pengembangan bisnis sebagai antisipasi perkembangan kendaraan listrik di Indonesia.

Indonesia Li-ion battery landscape (supply side)



Sumber : Arthur D Little & Pertamina analysis (2019)

Kesimpulan

1. Mega-trend pada industri otomotif masa depan adalah kendaraan listrik (*electric vehicle*), *autonomous driving* dan *share mobility*.
2. Perkembangan kendaraan listrik di beberapa dunia masih didominasi oleh intervensi kebijakan pemerintah.
3. Trend perusahaan migas dunia dalam mengantisipasi perkembangan *electric vehicle* adalah melakukan pengembangan *charging station* dan juga *battery mobility*.
4. Beberapa *business player* telah melakukan implementasi kendaraan listrik untuk angkutan umum di Indonesia
5. Pertamina telah melakukan antisipasi efek disrupsi kendaraan listrik dengan membuat konsep pengembangan *charging station* dan studi untuk kelayakan *battery manufacturi*.



REFERENSI:

The Future of EV. The Boston Consulting Group. April 2019.

Feasibility Battery Manufacturing. Arthur D Little. Januari 2019

Pemodelan dan Prakiraan Penyediaan dan Pemanfaatan Migas, Batu Bara, EBT & Listrik. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2015.

Changing lanes. A roadmap for transport and future energy markets. S&P Global. Platts. 2018.

An Analysis of Alternative Vehicles Potential and Implication for Energy Supply Industries in Indonesia. Economic Research Institute for ASEAN and East Asia. 2018.

Electricity Storage Gaining Momentum. AT Kearney Energy Transition Institute.

Electric Vehicle Sales & Policy Scorecard. S&P Global. Platts. April 2019.

Global trends: What to look for in 2019. Wood Mackenzie. January 2019

Natural Resources and CO2: Hazards Ahead for Battery Electric Vehicles? AT Kearney Energy Transition Institute.

How green is an electric vehicle on a well-to-wheel basis. Wood Mackenzie. 2018

Transport in transition: the rise of the electric vehicle. Macro Oils long-term outlook. Wood Mackenzie. May 2018.

Transport in transition: the road to an autonomous future. Macro Oils long-term outlook. Wood Mackenzie. May 2018.

Electric vehicles: a paradigm shift in full gear. Drivers, barriers, EV outlook, and commodity implications. Wood Mackenzie. July 2018.

Detik.com, Maret 2019.

Inilah wujud **komitmen** kami
untuk **melayani** dengan **sepenuh hati.**



Hubungi Contact Pertamina
untuk informasi atau keluhan seputar produk,
pelayanan dan bisnis. Hadir 24 jam setiap hari.

Suara Anda sangat berharga bagi kami.



PERKEMBANGAN TEKNOLOGI DAN PEMANFAATAN *ELECTRIC VEHICLE*: STUDI KASUS DI KOREA SELATAN

Saat ini, Pemerintah Korea Selatan lebih fokus untuk meningkatkan penggunaan EV untuk keperluan transportasi umum, kendaraan pemerintah dan pemakaian pribadi.

Eduardus Budi Nursanto, Ph.D
Program Studi Teknik Kimia, Universitas
Pertamina, Simprug, Jakarta Selatan,
Indonesia 12220

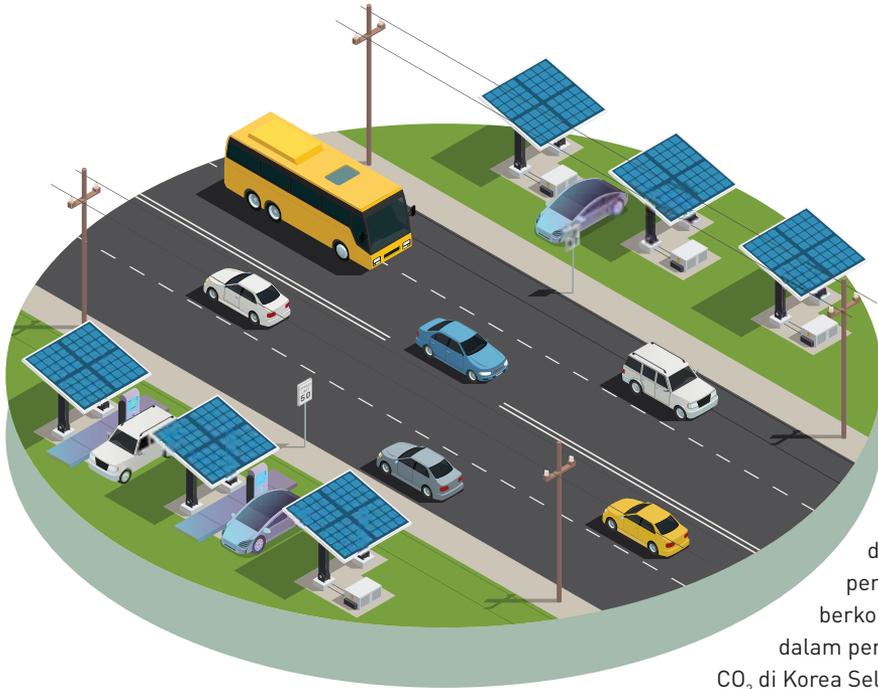


Pendahuluan

PENINGKATAN jumlah gas polusi yang termasuk di dalam gas rumah kaca akan

menyebabkan terjadinya *global warming* yang nantinya akan menciptakan dampak negatif kehidupan manusia. Salah satu komponen utama dalam gas rumah kaca adalah CO_2 . Negara maju maupun negara berkembang menghadapi masalah yang sama dalam kenaikan emisi gas CO_2 . Korea Selatan sebagai salah satu negara maju, juga mengalami permasalahan yang sama dengan kenaikan emisi gas CO_2 . Sebagai salah satu negara yang turut

serta menandatangani Kyoto Protocol, Pemerintah Korea Selatan telah menyusun *road map* untuk mengurangi kenaikan emisi gas CO_2 di negaranya. Sektor transportasi memberikan kontribusi sekitar 20% untuk kenaikan emisi gas CO_2 . Di dalam *road map* yang disusun oleh Pemerintah Korea Selatan, salah satu poin yang ditekankan adalah pengembangan dan penggunaan kendaraan ramah lingkungan untuk transportasi umum dan keperluan pemerintah. Kendaraan ramah lingkungan yang disebutkan di dalam *road map* ini adalah kendaraan berbahan bakar *compressed natural gas* (CNG), *fuel cell vehicle* (kendaraan yang menggunakan hidrogen sebagai bahan bakar dan menggunakan *fuel cell*



sumber listrik yang berbasis energi non fosil (nuklir), diharapkan penggunaan EV akan berkontribusi besar dalam penurunan emisi gas CO₂ di Korea Selatan.

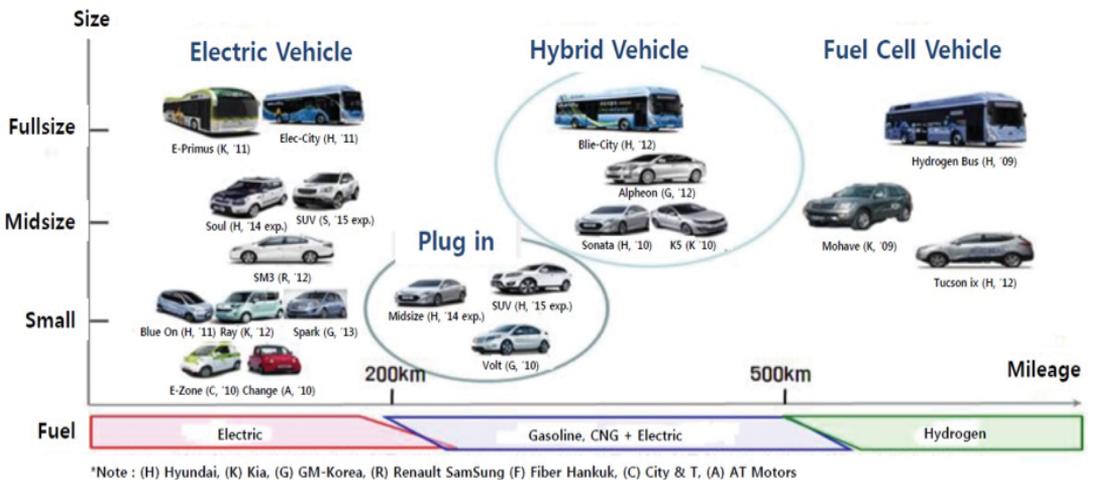
sebagai *combustion engine*) *hybrid vehicle* (CNG + electric) dan *electric vehicle*. Di dalam implementasinya, Pemerintah Korea Selatan telah berhasil dalam meremajakan bus kota dan bus antar kota dari bus yang menggunakan mesin diesel dengan mesin yang menggunakan CNG yang lebih ramah lingkungan dan menghasilkan emisi gas CO₂ lebih rendah.

Di dalam *road map* tersebut juga ditargetkan penggunaan *electric vehicle* (EV) untuk bus dan keperluan pemerintah. Di dalam pengembangan, pemerintah bekerjasama dengan industri lokal dan universitas untuk memproduksi EV. Pemerintah juga bekerjasama dengan industri lokal untuk mengembangkan sistem pengisian listrik / stasiun pengisian baterai yang efisien dan ekonomis. Sumber listrik yang digunakan untuk stasiun pengisian baterai berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) di Korea Selatan. Dengan menggunakan

Arah Kebijakan Pengembangan *Electric Vehicle* di Korea Selatan

Di dalam pengembangan dan implementasi EV di Korea Selatan, pemerintah banyak bekerjasama dengan industri lokal dan universitas. Sejak tahun 2005, Pemerintah Korea Selatan telah memulai penggunaan kendaraan yang lebih ramah lingkungan untuk menurunkan emisi gas CO₂. Gambar 1 menunjukkan tipe kendaraan ramah lingkungan yang telah digunakan oleh Pemerintah Korea Selatan. *Mileage* (jarak tempuh menunjukkan tingkat ekonomisitas kendaraan berdasarkan jarak tempuhnya. Data yang terdapat di Gambar 1 merupakan ekspektasi dari Pemerintah Korea Selatan dan didasarkan dari kinerja mesin kendaraan yang didapatkan dari data eksperimen.

Gambar 1. Tipe kendaraan ramah lingkungan dan mileage (jarak tempuh).



Saat ini, Pemerintah Korea Selatan lebih fokus untuk meningkatkan penggunaan EV untuk keperluan transportasi umum, kendaraan pemerintah dan pemakaian pribadi. Untuk meningkatkan penggunaan *electric vehicle* di masyarakat, Pemerintah memberikan banyak keuntungan bagi masyarakat yang akan membeli EV untuk kendaraan pribadi. Pemerintah memberikan insentif dan juga keringanan pajak untuk EV. Untuk mendukung dalam

suplai EV, Pemerintah mengikuti strategi yang telah tertuang di *road map* (Gambar 2). Subsidi EV yang diberikan oleh Pemerintah Korea Selatan lebih besar dibandingkan dari pemerintah negara lain, ditunjukkan di Gambar 3. Subsidi dan insentif yang besar dari Pemerintah Korea Selatan, kurang bisa menaikkan penjualan *electric vehicle* secara signifikan (Gambar 4). Hambatan yang dihadapi dalam meningkatkan pemakaian EV adalah jarak tempuh yang pendek dan jumlah stasiun pengisian baterai yang jumlahnya belum memadai. Untuk meningkatkan target penggunaan EV yang telah ditetapkan di *road map*, Pemerintah saat ini mempersiapkan dengan baik stasiun pengisian baterai baik dari segi kuantitas maupun dari segi kualitas (kecepatan pengisian baterai). Untuk mendukung dalam pencapaian target tersebut, pemerintah juga memetakan penggunaan EV berdasarkan kegunaan atau karakteristik di suatu daerah (Gambar 5).



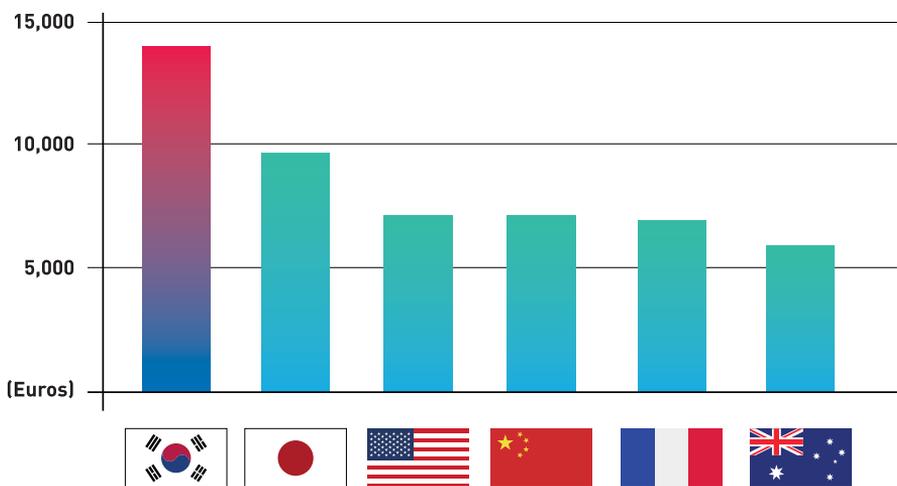
Di Korea Selatan, telah diterapkan teknologi EV lain selain conventional charging yaitu battery swap system dan wireless charging system.



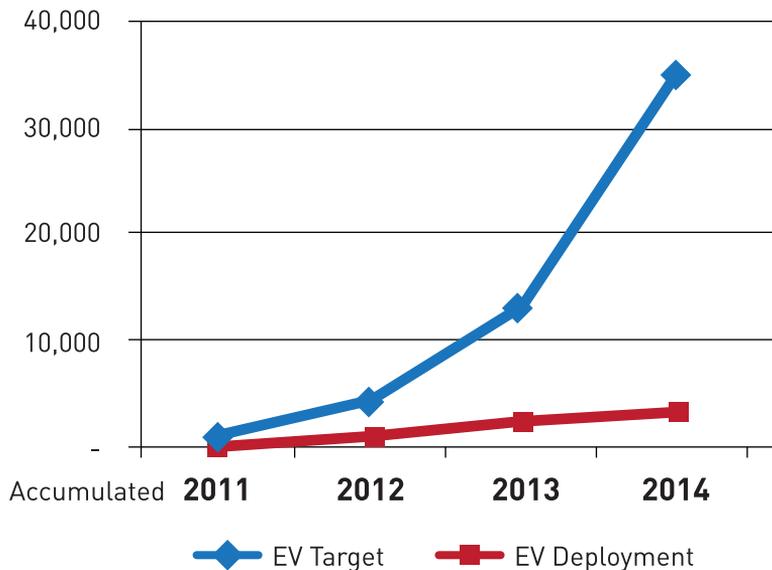
Gambar 2. Road Map Pengembangan *Electric Vehicle* di Korea Selatan



Gambar 3. Perbandingan Subsidi *Electric Vehicle* (dalam Euro) di Beberapa Negara



Gambar 4. Jumlah *Electric Vehicle* (Akumulasi) di Korea Selatan



Gambar 5. Contoh Penjabaran dari *Road Map* Penggunaan *Electric Vehicle* di Korea Selatan

for Cities with short driving distance but heavy traffic	for defined premises & neighborhood facilities	for tourist and ecological sites
<p>Seoul – Models for cities</p> <p>Existing quick chargers Locations for additional installations are planned</p> <p>Electric buses Car sharing Electric taxis</p> <p>Specified locations for quick charger installation</p>	<p>Yeongwang County – Models for defined premises & neighborhoods</p> <p>Slow chargers Quick chargers</p> <p>workplace services for senior citizens & physically-challenged people Convenience services Short distance commutes Mentoring tourist sites Supporting sporting events and festivals Schools & youth</p>	<p>Jeju Special Self-Governing Province – Models for tourist and ecological sites</p> <p>Chargers installed Quick chargers to be installed</p> <p>Jeju Airport Tourist spots (Tourism) Quick charging network Tourist spots (Relaxation) Accommodations</p> <p>Maximize convenience in mobility</p> <p>Car-friendly zones around tourist hubs (Carbon Free Tours) Build slow chargers in tourist spots & accommodations Build infrastructure for quick chargers at gas stations</p>
<p>Electric buses</p> <ul style="list-style-type: none"> Change buses, which are currently the main means of transportation, into electric buses <p>Car sharing</p> <ul style="list-style-type: none"> Park-and-ride parking lots and downtown public parking lots - Vehicles shared by all citizens <p>Call taxis for the disabled</p> <ul style="list-style-type: none"> Electric taxis especially for disabled and handicapped people 	<p>Green U-City Plan</p> <ul style="list-style-type: none"> To deploy 200 EVs by 2014 <ul style="list-style-type: none"> 20 high-speed & 175 low-speed passenger cars, and 5 electric buses To install 210 EV chargers by 2014 <ul style="list-style-type: none"> 30 quick chargers and 180 slow chargers 	<p>Rental car service for tourists</p> <ul style="list-style-type: none"> EV-only rental service at Jeju Airport <ul style="list-style-type: none"> Install quick chargers and secure an exclusive parking lot at the airport Plans to expand to ports in the future

Perkembangan Teknologi Electric Vehicle di Korea Selatan

Di Korea Selatan, di tahap awal Pemerintah lebih menitikberatkan kepada penggunaan *electric vehicle* sebagai transportasi umum (bus). Proses produksi dan pengembangan EV (bus) di Korea Selatan tergolong cepat. Pada tahun 2009, Pemerintah bekerjasama dengan industri lokal yaitu Hankuk Fiber dan Hyundai Heavy Industry untuk merancang dan kemudian memproduksi secara mandiri EV (bus). Pada tahun 2010, proses perancangan dan analisa kelayakan (*performance test*) untuk EV lokal telah

berhasil dilalui dengan baik. Pada tahun 2011, EV (bus) mulai beroperasi secara komersial, dimulai di Kota Seoul.

EV (bus) generasi pertama yang diproduksi secara lokal oleh Korea Selatan masih mengadopsi sistem *conventional charging (plug in charging)*. Di Kota Seoul, EV bus digunakan di area Namsan yang terkenal dengan objek wisata Namsan Tower. Gambar 6 menunjukkan contoh dari EV bus yang digunakan di Namsan Tower beserta spesifikasinya. Pemerintah



Gambar 6. *Electric Vehicle* Bus di Kota Seoul, Korea Selatan



Type	Category	Features
Vehicle	Weight	10.7 ton
	Size	11m(Length) × 2.49m(Width) × 3.5m(Height)
Engine	Drive Motor	240kW (322hp)
	Battery	Lithium-ion polymer(80kWh)
Performance	Top speed	100km/h
	Gradability*	30%(17°)
	Distance per Charging	110km (Driving at 60km/h)
	Charging time	20mins(Rapid charging)

Seoul selain mengimplementasikan EV bus juga melakukan modifikasi mobil konvensional dengan mengganti mesin berbahan bakar bensin dengan mesin listrik. Mobil listrik hasil modifikasi tersebut, ada yang digunakan sebagai taksi dan ada juga yang digunakan sebagai *sharing/rental car*. Di Kota Seoul terdapat dua tipe stasiun pengisian baterai *conventional charging* (Gambar 7) yaitu tipe pengisian cepat (*rapid*), pengisian standar (termasuk di dalamnya pengisian standar versi mini).

Gambar 7. Stasiun Pengisian Baterai (*Conventional Charging*) di Kota Seoul



Di Korea Selatan, telah diterapkan teknologi EV lain selain *conventional charging* yaitu *battery swap system* dan *wireless charging system*. Tabel 1 menunjukkan karakteristik dari tiga tipe EV yaitu *conventional charging system*, *battery swapping system* dan *wireless charging system*.

proses penggantian baterai dilakukan secara otomatis dengan bantuan lengan robotik. Proses pengambilan baterai lama dan penggantian baterai baru akan dimonitor di *total operation center* (TOC). Baterai lama yang daya listriknya hampir habis akan di-charge lagi di *battery swapping system station*. Gambar

Tabel 1. Karakteristik dari Tiga Macam Teknologi EV

Characteristic	Plug-in Charging	Battery Swapping	Wireless Charging
Charging power	200 kW	200 kW	200 kW
Charging time	20–30 min	40 s (battery replacement)	30–40 min
Charging efficiency	0.95	0.95	0.75
Installation location	Route end points	Route intersections	5–15% of the operating route
Illustration			

Di dalam *battery swapping system*, proses charging menggunakan sistem penggantian baterai yang telah digunakan dan daya listriknya hampir habis dengan baterai baru. Bus yang menggunakan *battery swapping system* biasanya menempatkan baterai yang *detachable* (mudah diambil dan dipasang) di atap bus. Di dalam *battery swapping system station*,

8 menunjukkan ilustrasi dari *battery swapping system* dan Gambar 9 merupakan contoh dari *battery swapping system station*.

Pemerintah Korea Selatan telah mengadopsi *battery swapping system* di Kota Pohang dan Pulau Jeju. Di Kota Pohang, EV bus digunakan sebagai *shuttle*



bus gratis. Di Pulau Jeju, saat ini EV bus digunakan sebagai bus kota, direncanakan akan ada 1000 EV bus dengan *battery swapping system* yang beroperasi di Pulau Jeju pada akhir tahun 2020.

Gambar 8. Ilustrasi *Battery Swapping System*



Gambar 9. *Battery Swapping System Station* di Pulau Jeju, Korea Selatan

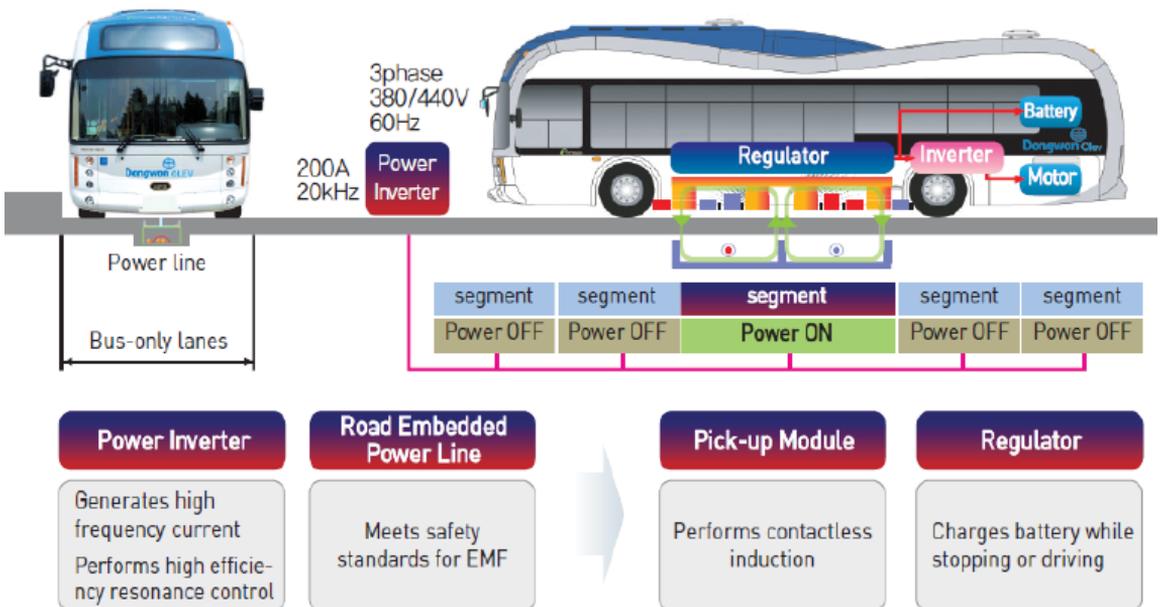


“ Penerapan teknologi EV sangat terbuka lebar di Indonesia. Untuk membangun kepercayaan masyarakat tentang teknologi EV, Pemerintah Indonesia bisa menerapkan langkah yang diambil oleh Pemerintah Korea Selatan.

Di Korea Selatan, teknologi *on-line electric vehicle* (OLEV) / *wireless charging system* dikembangkan bersama dengan salah satu universitas lokal yaitu Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST). Teknologi OLEV memungkinkan baterai milik EV bus dapat di-recharge bersamaan pada saat bus sedang beroperasi. Di dalam teknologi OLEV, *power lines* perlu dipasang di jalan yang dilewati oleh EV bus. Proses *recharge*

pada saat EV bus sedang beroperasi atau sedang dalam posisi berhenti di jalan (misal di posisi berhenti lampu merah), akan meningkatkan efisiensi dalam waktu pengoperasian EV bus, karena bus tidak memerlukan waktu khusus untuk proses *recharge battery*. Gambar 10 menunjukkan ilustrasi teknologi OLEV. Teknologi OLEV sudah banyak digunakan di Korea Selatan, Tabel 2 menunjukkan lokasi bus OLEV di Korea Selatan.

Gambar 10. Ilustrasi Teknologi OLEV





Tabel 2. Lokasi Operasional Bus OLEV di Korea Selatan

LOKASI	PERIODE
Seoul Grand Park	2011.07– sekarang
Yeosu Expo 2012	2012. 05 –2012. 08
KAIST Campus shuttle bus	2012.10 – sekarang
Gumi City public transit	2013. 07 –2013.12
Gumi City public transit pilot operation	2014. 03 – sekarang
Gumi City Commercial operation	2014.03 – sekarang
Sejong City Commercial operation	2015. 06 - sekarang

Peluang Penerapan Teknologi EV di Indonesia

Penerapan teknologi EV sangat terbuka lebar di Indonesia. Untuk membangun kepercayaan masyarakat tentang teknologi EV, Pemerintah Indonesia bisa menerapkan langkah yang diambil oleh Pemerintah Korea Selatan. Pemerintah Indonesia bisa menerapkan penggunaan teknologi EV di dalam transportasi umum. Beberapa kota besar di Indonesia yang mempunyai sistem bus kota yang telah terbangun dengan baik seperti Jakarta, Surabaya dan Bandung dapat menerapkan teknologi EV. Di Jakarta yang mempunyai

jalur tersendiri untuk bus (Transjakarta) akan membuka peluang untuk menerapkan teknologi terbaru EV yaitu OLEV untuk diaplikasikan di Transjakarta. Hal lain yang perlu dikembangkan di Indonesia adalah membangun stasiun pengisian baterai yang menggunakan listrik dari sumber energi terbarukan atau *non-fossil fuel*.

Kesimpulan

Dalam mengembangkan teknologi EV di Korea Selatan, Pemerintah Korea Selatan menggandeng industri dan universitas.



Peran serta industri dan universitas sangat besar untuk menciptakan teknologi EV yang dapat diaplikasikan di Korea Selatan. Salah satu cara untuk meningkatkan

dan mempromosikan penggunaan teknologi EV adalah melalui aplikasi di transportasi umum seperti di bus

berbasis teknologi EV. Pemerintah Korea Selatan juga berperan aktif dalam meningkatkan penggunaan EV di masyarakat melalui insentif dan keringanan pajak. Faktor lain yang perlu diperhatikan untuk meningkatkan penggunaan EV di masyarakat adalah peningkatan pembangunan stasiun pengisian baterai baik secara kuantitas maupun kualitas. ■

REFERENSI:

1. S. K. Hwang, "Comparative Study on Electric Vehicle Policies between Korea and EU Countries," *World Electr. Veh. J.* 7, 692 (2015).
2. D. Shim, *et al.*, "Key Features of Electric Vehicle Diffusion and Its Impact on the Korean Power Market," *Sustainability* 10, 1, 1941, (2018).
3. DB. Bak, *et al.*, "Strategies for Implementing Public Service Electric Bus Lines by Charging Type in Daegu Metropolitan City, South Korea" *Sustainability* 10, 1, 3386 (2018).
4. CY, Lee, "Electric Vehicle Program in Korea", Korea Environment Corporation (2016).
5. J. Park, "Electric Bus System in Korea, The Korea Transport Institute (2016).



Awali Kebebasan Menentukan Langkah di Hari Depan



Raih Kebebasan Hari Depan

Apapun impian di hari depan, kini Anda lebih mudah mewujudkannya bersama Tugu Mandiri. Dengan pelayanan yang ramah, bersahabat dan terintegrasi, Tugu Mandiri menawarkan beragam kebutuhan perlindungan yang dapat memberikan rasa aman bagi Anda dan keluarga seperti :

TMPOWER LINK



Hidup Tertindungi,
Kini dan Nanti.



Wujudkan Kebahagiaan
di Hari Tua.



Dukung Semangatnya
Meraih Cita-cita.



Lindungi Harapan
Keluarga di Hari Depan.

Hubungi: Halo Tugu Mandiri
0804 1 168 168



Produk ini telah mendapatkan otorisasi dari dan diawasi oleh Otoritas Jasa Keuangan dan PT. Asuransi Jiwa Tugu Mandiri terdaftar dan diawasi oleh Otoritas Jasa Keuangan.

BATTERY SWAP DAN FAST-CHARGING: Kompetisi Atau Koeksistensi untuk Kendaraan Listrik yang Lebih Berkelanjutan

Teknologi mobil listrik ini sendiri bukanlah teknologi yang benar-benar baru ditemukan di tahun 2000, namun sebenarnya telah ada di tahun 1800-an dan sempat *booming* di awal tahun 1900-an.

Rahmat Septian Wijanarko
*Jr Engineer Planning, Maintenance &
Construction*

Sejarah singkat menuju pencarian kendaraan listrik masa depan



KENDARAAN LISTRIK telah menjadi salah satu topik utama di bidang energi, transportasi dan mobilitas masyarakat selama

1 dekade terakhir karena sebagian besar masyarakat menaruh harapan tinggi bahwa teknologi ini merupakan *stepping-stone* kendaraan masa depan. Teknologi mobil listrik ini sendiri bukanlah teknologi

yang benar-benar baru ditemukan di tahun 2000, namun sebenarnya telah ada di tahun 1800-an dan sempat *booming* di awal tahun 1900-an. Pengembangan dan komersialisasi kendaraan listrik sendiri pertama kali didukung secara penuh di negara Prancis dan United





Kingdom, namun kendaraan listrik yang menyanggah gelar “*The First, Real and Practical Electric Vehicle*” adalah kendaraan *electric tricycle* yang didesain dan dibangun oleh William Morrison dan A. L. Ryker dari Amerika. Alasan utama gelar tersebut dipegang oleh William Morrison, karena kendaraan listrik hasil desainnya mampu membawa penumpang. Di tahun 1897, armada kendaraan listrik komersial pertama yaitu taksi listrik dibangun oleh Electric Carriage & Wagon Company of Philadelphia.

Booming dari kendaraan listrik sendiri mengalami puncak era keemasannya di tahun 1899 – 1900 dimana penjualan

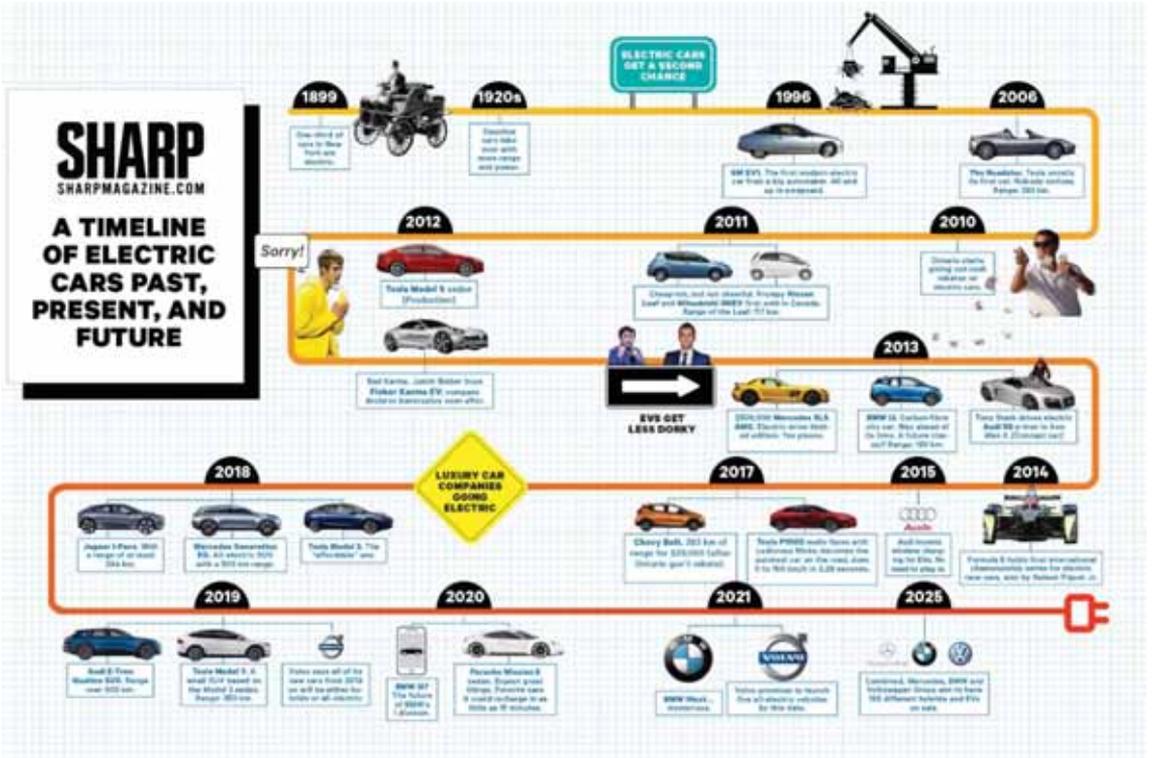
kendaraan listrik mampu melampaui kendaraan berbahan bakar uap maupun bahan bakar minyak/ bensin. Keunggulan utama kendaraan listrik yaitu minimnya emisi getaran, suara, polusi dan tidak membutuhkan transmisi *gear* menjadi faktor utama mengapa orang lebih memilih kendaraan listrik dibandingkan kendaraan berbahan bakar bensin. Terlebih saat itu, penggantian teknologi transmisi *gear* sangat sulit untuk dilakukan di kendaraan bensin dan kendaraan uap sendiri membutuhkan waktu pemanasan sekitar 45 menit di pagi yang dingin sebelum dapat dijalankan.

Era kendaraan listrik berakhir di tahun 1920-an, dimana penyebab utamanya antara lain:

- Amerika telah memiliki infrastruktur jalan yang menghubungkan antar kota, sehingga membutuhkan kendaraan yang memiliki daya jelajah lebih jauh (*longer-range vehicle*)



Gambar 1. *Timeline* singkat kendaraan listrik dari awal hingga beberapa prediksinya di masa depan



- Penemuan sumur minyak yang berlimpah di Texas dan berbagai belahan dunia lain yang menyebabkan penurunan harga bahan bakar minyak secara drastis sehingga harganya mudah dijangkau oleh masyarakat umum.
- Penemuan *electric starter* di tahun 1912 menggantikan *hand crank* untuk proses *ignition*
- Produksi massal kendaraan berbahan bakar minyak atau kendaraan dengan mesin pembakaran dalam/*Internal Combustion Engine* (ICE) oleh Henry Ford. Sebagai perbandingan, harga

mobil listrik saat itu sekitar \$1,750 sementara harga mobil bensin antara \$500 - \$1,000 [1].

Singkat cerita, pasang surut kendaraan listrik terus berlanjut dikarenakan faktor harga dan daya jelajahnya yang masih tertinggal dari kendaraan bensin. Faktor daya jelajah inilah yang cukup sensitive karena menimbulkan *range anxiety* atau rasa khawatir akan habisnya energi listrik pada kendaraan listrik sebelum bisa sampai ke tempat tujuan. Namun, sedikit demi sedikit masyarakat mulai sadar bahwa kendaraan berbasis bahan bakar fosil merupakan salah satu penyebab utama global warming dan polusi udara



Saat itu Tesla berusaha membuka pandangan dunia bahwa mobil listrik merupakan masa depan mobilitas umat manusia dan mampu menggantikan mobil berbahan bakar fosil baik dari segi daya jelajah maupun performa.

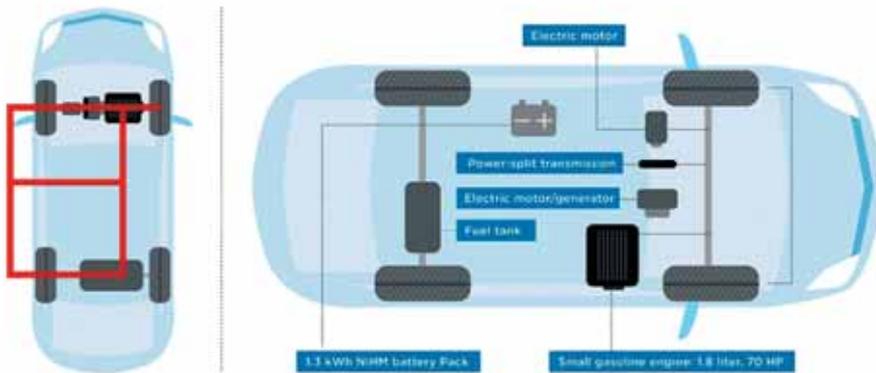
terutama di perkotaan. Selain itu jumlah bahan bakar minyak juga diprediksikan akan terus berkurang dan dapat habis hingga 50 tahun yang akan datang (Ref : British Petroleum Outlook 2018). Perlu diketahui bahan bakar minyak yang dimaksud disini adalah bahan bakar minyak yang memiliki nilai ekonomis. Terdapat beberapa sumber minyak contohnya di laut dalam yang memerlukan biaya sangat tinggi untuk proses eksplorasinya, sehingga proses eksplorasi belum berjalan sampai ditemukan teknologi yang cukup ekonomis untuk mengambil minyak tersebut.

Beragam usaha telah dilakukan oleh Batronic, Citicar, Elcar bahkan General Motorspun juga pernah berusaha menghidupkan kembali kendaraan listrik. Salah satu jenis kendaraan listrik yang tergolong eksis hingga saat ini adalah tram listrik yang bisa dijumpai di beberapa kota besar. Adopsi mobil listrik yang dapat dibilang cukup berhasil adalah jenis hibrid, salah satunya yang cukup terkenal adalah Toyota Prius. Prius generasi satu sendiri merupakan jenis mobil hibrid dengan 2 mesin yaitu mesin pembakaran - mesin listrik dan memiliki keunggulan utama pada efisiensi konsumsi bahan bakar.

Gambar 2. Mobil Hibrid Konvensional, langkah awal menuju kendaraan listrik yang modern dan efisien

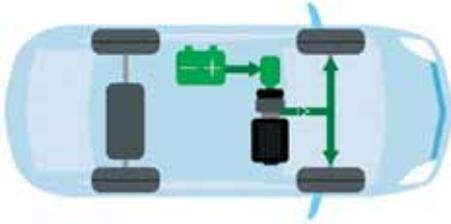
THE HYBRID REVEALED The Toyota Prius is the world's most popular hybrid car. Here is how it works:

A hybrid vehicle uses a combination of an internal combustion engine and a battery electric drive system to increase fuel economy and reduce emissions.



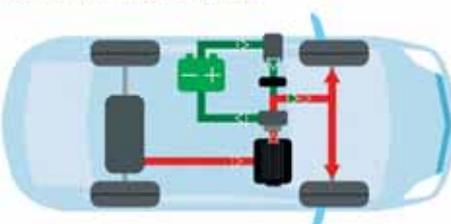
HOW THE ENGINE AND THE MOTORS WORK TOGETHER

WHEN PULLING AWAY FROM A STOP



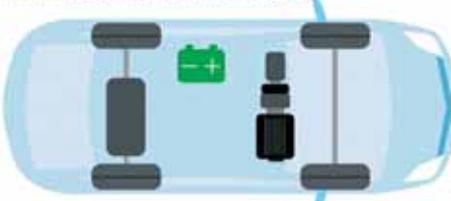
The **electric motor** powers the car, drawing on the battery for power. Up to 15 MPH, the vehicle uses only the **electrical motor** for power. This is one of the reasons why hybrids are more efficient during city driving than on the highway.

DURING HEAVY ACCELERATION



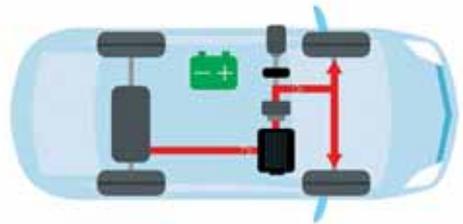
Both the **gasoline engine** and the **electric motor** work together to increase power to the wheels. The joint effort of the engine and motor working together is only possible because of the power-split transmission, which combines the torque that each one puts out. At this time, the gasoline engine also powers the generator. The electric motor uses electricity from the battery and the generator as needed.

WHEN REACHING A COMPLETE STOP



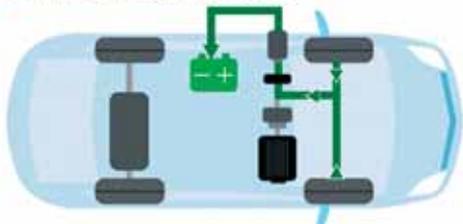
Both the **gasoline engine** and the **electric motor** turn off. The vehicle uses the battery power to run all the **auxiliary vehicle systems**, such as air conditioning, radio, lights, etc.

DURING NORMAL CRUISING



Only the **gasoline engine** is used because this is when it is most efficient. During cruising, the gasoline engine can also power the generator, which produces electricity and stores it in the batteries for later use.

DURING BRAKING AND CRUISING



When the **brakes** are applied or the pressure is released from the gas pedal, the hybrid uses a clever system known as **'regenerative braking.'** Since the vehicle is already slowing down, it doesn't need to keep the **gasoline engine** or the **electrical motor** running. The hybrid stops feeding power to the wheels and allows the spinning wheels to power the vehicle's generator. The generator then produces electricity and stores it in the battery for later use.

THIS EXPLAINS HOW THE PRIUS REACHES:

51 MPG / CITY

48 MPG / HIGHWAY



The car emits **71% less CO2** than a Hummer H3, and **20% less methane gas** than an adult sheep.

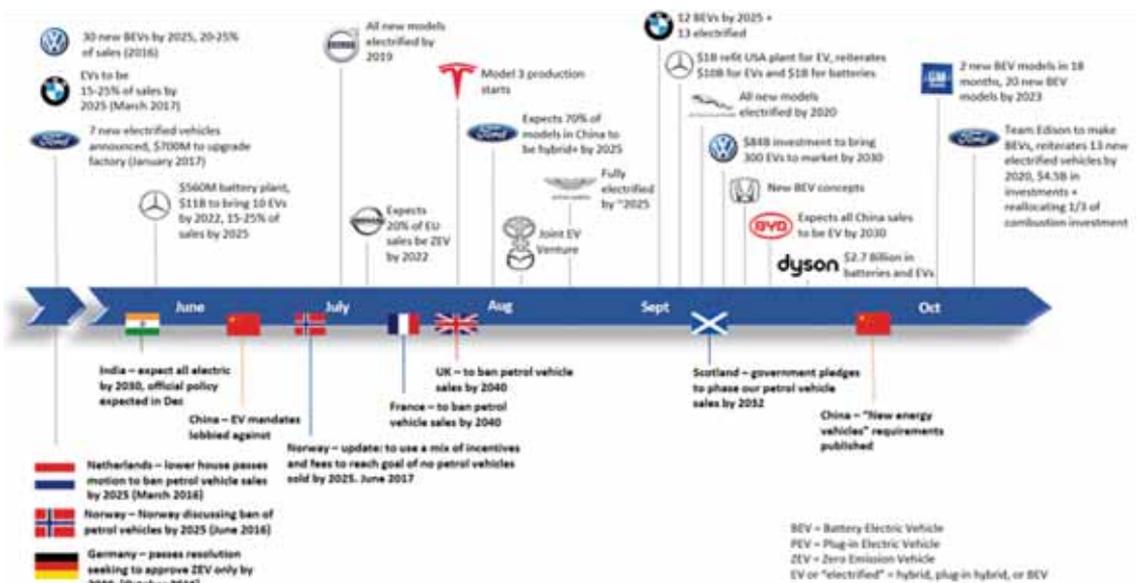


Untuk mengatasi kendala lamanya pengisian baterai listrik, teknologi battery swap diperkenalkan.

Meskipun mobil tipe hibrid ini mampu mengatasi masalah *range anxiety*, namun belum mampu menjawab tantangan sebuah kendaraan impian yang 100% tanpa emisi/ berbahan bakar listrik dan memiliki kemampuan serta harga yang setara dengan mobil berbahan bakar fosil. Hingga pada tahun 2006 sebuah perusahaan bernama Tesla meluncurkan mobil tipe *high-end* yaitu *roadster* berbahan bakar listrik dengan

daya jelajah rata-rata mencapai 393 km. Pada tahun 2009, Tesla *roadster* sendiri mampu mencetak rekor daya jelajah 500 km dalam sekali pengisian dan akselerasi 0 – 96 km/jam dalam waktu kurang dari 4 detik. Saat itu Tesla berusaha membuka pandangan dunia bahwa mobil listrik merupakan masa depan mobilitas umat manusia dan mampu menggantikan mobil berbahan bakar fosil baik dari segi daya jelajah maupun performa. Seiring dengan waktu, Tesla memulai fasa keduanya yaitu memproduksi mobil komersial yang lebih terjangkau yaitu Tesla Model S di tahun 2012. Selanjutnya era revolusi industri mobil listrik semakin mewabah di seluruh dunia, seperti dapat dilihat pada gambar no. 3 berikut.

Gambar 3. Beragam kebijakan - rencana pengembangan kendaraan listrik dari negara-negara dan pabrikan di dunia



Saat ini terdapat sekitar 18 negara di dunia yang telah berhasil menghadirkan kendaraan listrik di tengah-tengah masyarakatnya dan terus mendorong adopsi kendaraan listrik melalui berbagai kebijakan dalam negeri. Selain itu hampir semua perusahaan manufaktur mobil dan kendaraan di dunia juga telah memasukkan *roadmap* produksi kendaraan listrik untuk rencana jangka panjangnya. Tiga negara yang menjadi *highlight* saat

ini antara lain Norwegia yang memiliki hampir setengah kendaraan di jalannya adalah kendaraan listrik kemudian China yang berhasil mencetak angka penjualan kendaraan listrik lebih dari satu juta unit pada tahun 2018 dan Amerika dengan brand Teslanya (Model X, Model 3 dan Model S) yang memiliki daya jelajah hingga 335 miles atau hampir 540 km dalam sekali pengisian baterai.

Gambar 4. (a) Negara dengan tingkat adopsi kendaraan listrik tertinggi dan (b) Perbandingan daya jelajah EV di China

EVs as a percentage of total vehicle sales, by country



SOURCE: Statista

Note: Includes plug-in hybrids and light vehicles, excludes commercial vehicles

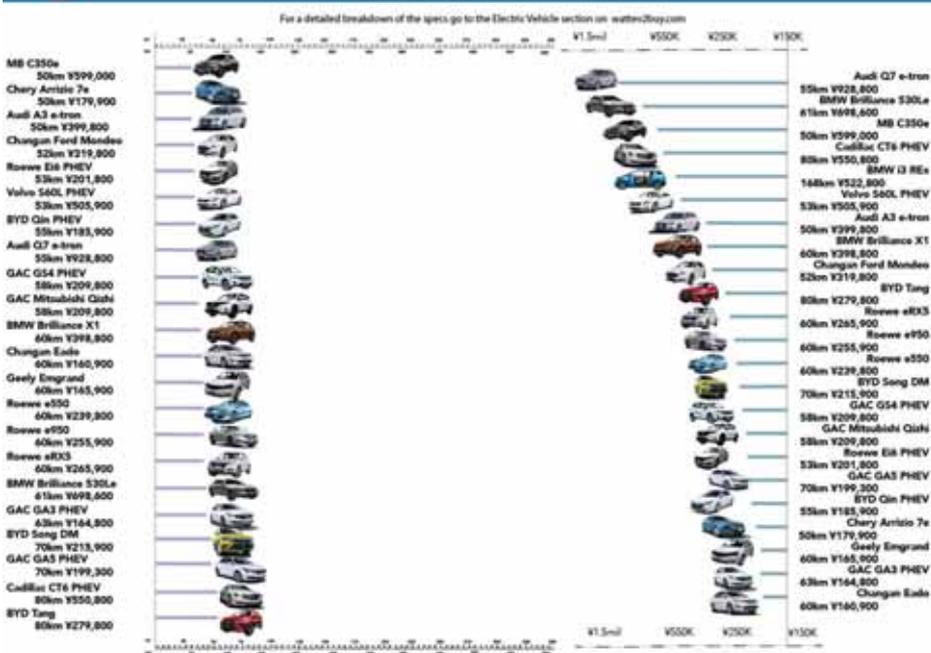


TECHNOLOGY
BREAKTHROUGH



Teknologi battery swap ini terlihat menjanjikan dan optimis untuk diimplementasikan secara luas.

RANGE AND PRICE OF PLUG-IN HYBRID EVs AVAILABLE IN CHINA - JANUARY 2019



* Prices indication only starting price before incentives and delivery charges. Copyright belongs to wattEV2Buy

©wattEV2Buy.com

KEY

Not yet available For comparison only

Teknologi Battery Swap dan kesulitan dibalik penggunaannya

Berdasarkan survey terbaru oleh Tim Volvo pada Oktober 2018 di Amerika, penghalang utama kendaraan listrik

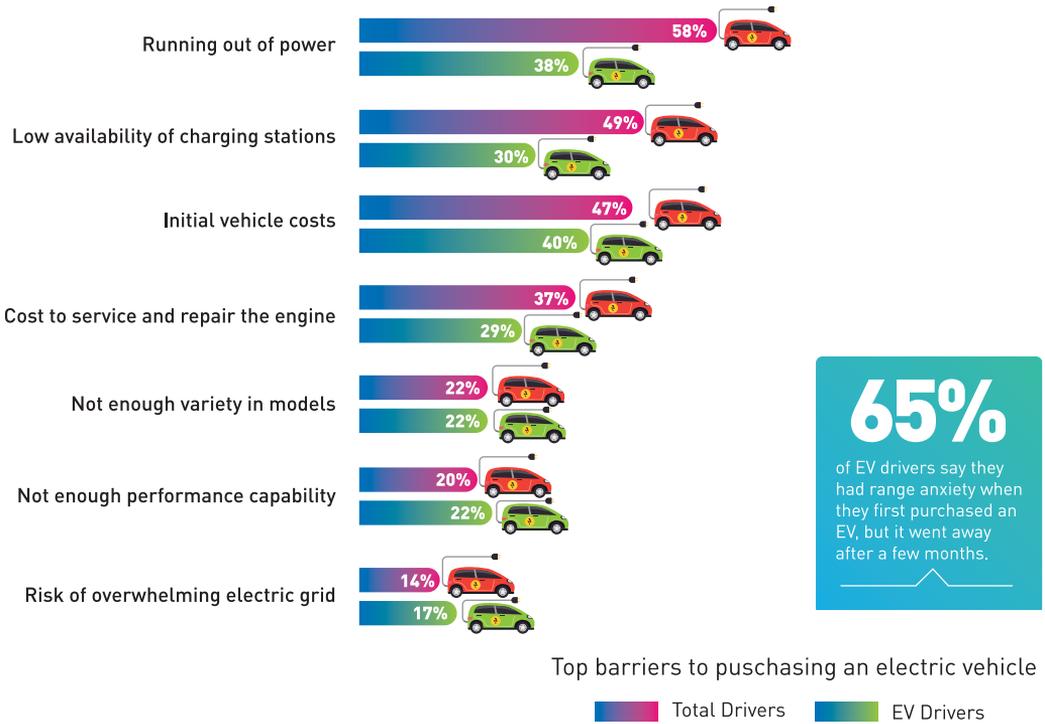
agar dapat diterima masyarakat adalah biaya (biaya awal pembelian, servis dan perawatan), disusul *range anxiety* dan yang terakhir adalah performa. Hal yang mengejutkan dari hasil survey ini adalah durasi pengisian baterai listrik yang bukanlah menjadi penghalang utama bagi warga Amerika untuk membeli kendaraan listrik. Tentunya persebaran

dan jumlah infrastruktur pengisian baterai disertai dengan terus menurunnya durasi pengisian baterai listrik adalah alasan utamanya. Pada awal kemunculan mobil listrik, durasi pengisian baterai listrik yang ini menjadi salah satu kendala utama karena pengisi baterai dari kosong hingga penuh bisa memakan waktu berjam-jam apalagi bila dibandingkan dengan pengisian bahan bakar kendaraan bensin yang rata-rata hanya membutuhkan waktu 6 menit sampai full tank. Untuk mengatasi kendala lamanya pengisian baterai listrik, teknologi battery swap diperkenalkan. Di

pertengahan 2013, Tesla sendiri pernah mendemonstrasikan battery swap untuk Model-S dan hanya membutuhkan waktu 3 menit, namun berdasarkan pengalaman salah satu *customernya*, durasi rata-rata battery swap Tesla sendiri adalah 7 menit terhitung semenjak proses valet hingga keluar dari *swap station*. Sebagai info tambahan Tesla Supercharger V3 yang baru diperkenalkan bulan Maret 2019 mampu mengisi daya baterai hingga 80% dalam waktu 40 menit (atau jarak tempuh 120 km untuk waktu pengisian 5 menit, Ref : Tesla Official 2019).

Gambar 5. (a) Faktor penghalang utama adopsi kendaraan listrik dan (b) Konfigurasi battery swapping milik Key Power

Range Anxiety is Less of A Concern for EV Drivers, Who are More Focused On Proce

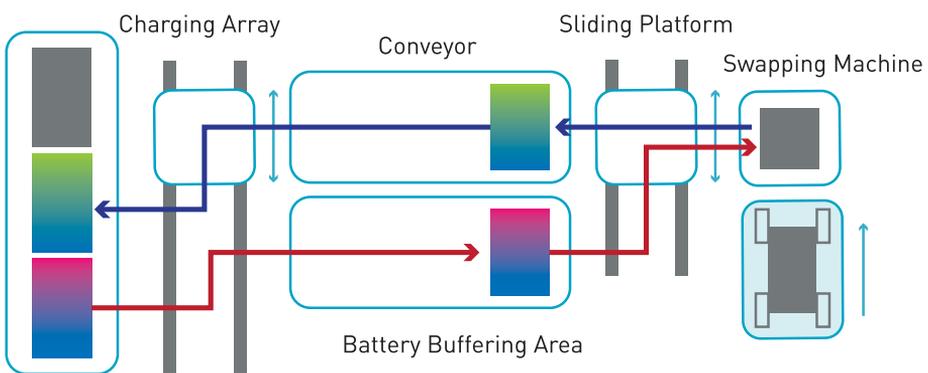




Sekilas teknologi *battery swap* ini terlihat menjanjikan dan optimis untuk diimplementasikan secara luas. Namun ternyata pilot project *battery swap* Tesla ini sendiri tidak berlanjut. Berdasarkan pengalaman dari Tesla, konsep mengambil baterai yang kosong dan menggantinya dengan baterai lain yang telah terisi menggunakan alat mekanik dari bawah lantai ini ternyata mengalami beberapa kendala di lapangan. Kendalan pertama adalah sistem pengisiannya yang harus menggunakan *appointment* (membuat janji terlebih dahulu dan tidak bisa datang langsung), kendala kedua adalah biaya yang dikeluarkan masih tergolong mahal karena dalam tahap pilot sebagai perbandingan untuk proses sekali recharging membutuhkan biaya US\$13,3 sementara *battery swap* membutuhkan biaya US\$80 untuk mengganti baterai yang kosong dan mengambil baterai yang sudah terisi, kendala ketiga adalah sistem *energy report* yang masih eror dimana software masih mencatat status baterai

lama padahal baterai lama telah digantikan dengan baterai yang baru. Kendala keempat yang selalu menjadi kendala utama adalah terkait kepemilikan dan garansi baterai. Meskipun banyak pihak yang mengatakan bahwa kepemilikan baterai dapat dialihkan ke pihak produsen kendaraan atau pihak ketiga namun permasalahan klaim garansi agak sulit dijalankan untuk produk dengan harga yang tinggi dan pemakaian yang dilakukan oleh beberapa pengguna kendaraan yang acak. Sebagai informasi, kisaran harga baterai mobil listrik (*battery cell* dan *battery pack*) adalah US\$10,000 (sekitar sepertiga harga total mobil listrik, Ref: The International Council on Clean Transportation 2017) atau sekitar US\$100 – US\$150 per kWh *battery cell*. Kendala terakhir adalah *cost and difficulty*, investasi sarfas *swap station* sendiri tidaklah murah

Key Power Station Configuration



- Inter-Area for Battery Buffering
- Multiple Battery Area for Different Type of Battery
- Multiple Conveyor for faster Battery Swapping



Beberapa kategori kendaraan listrik dari contoh keberhasilan *battery swap* antara lain *fleet vehicle (bis dan taksi), motor dan mobil listrik.*

yaitu sekitar US\$500,000 (Ref : Forbes 2013) sementara investasi *charging station* sendiri sekitar US\$150,000 (Ref : Tesla Supercharger via Plugincars 2013).

Swap station jelas memerlukan investasi yang lebih mahal daripada *charging station* karena di dalam *swap station* sendiri terdapat unit *charging station* yang dapat berjumlah lebih dari 1 unit dan persediaan spare baterai 50 unit pada kasus Tesla, mesin untuk membongkar dan memasang baterai, tenaga teknis dan tentunya kebutuhan *space* yang lebih besar, kurang lebih seukuran *automatic car wash* atau *drive-thru* restoran cepat saji seperti McDonald's. *Swap station* memang menawarkan keunggulan dari sisi kecepatan penggantian baterai, namun dari sisi kemudahan dan biaya di sisi pengguna dan pabrikan, *charging station* lebih mudah diimplementasikan. Terlebih dengan teknologi terbaru DC Charging milik Tesla yaitu *supercharger V3* yang mampu menyalurkan daya pengisian 250 kW atau 2 kali lipat dari daya pengisian di teknologi *supercharger* sebelumnya. Kendala terakhir adalah kendala standarisasi dimana proses untuk mencabut baterai dari mobil listrik tentunya sangat bergantung dari *mechanical assembly* baterai pada chasis mobil. Perbedaan jenis mobil (e.g : sedan,

SUV dan crossover) serta perbedaan standar dari tiap pabrikan mobil menyebabkan hampir mustahilnya untuk membuat satu alat universal yang mampu melakukan proses *battery swap* di semua kendaraan listrik. Tim dari Volkswagen sendiri juga telah menyatakan fokusnya pada teknologi baterai dan *charging station* dibandingkan dengan dengan teknologi *battery swap*.

Selain Tesla, contoh paling terkenal gagalnya program *battery swap* ini adalah Better Place - Fast Company. Perusahaan Better Place yang dipimpin oleh CEO Shai Agassi pertama kali membuka *swap station*nya di Q2 tahun 2012 dan terus bertambah hingga 21 *swap station* di Israel pada pertengahan September 2012. Visi besar Better Place adalah memberikan solusi atas mahalnya harga mobil listrik dan keterbatasan daya jelajah mobil listrik melalui *battery swap*. Dengan *battery swap*, pengendara hanya perlu membeli atau menyewa mobil listrik seharga mobil bensin, sedangkan Better Place yang akan membeli baterainya. Pengendara hanya perlu membayar biaya bulanan berdasar kilometer perjalanan dan mereka akan mendapatkan akses ke jaringan *swap station* milik Better Place yang berisi robot canggih untuk menggantikan baterai yang sudah kosong dengan baterai yang sudah terisi hanya dalam hitungan menit. Visi revolusioner ini berhasil menarik pembiayaan hingga US\$850 juta dari berbagai investor *blue-chip* antara lain General Electric, Morgan Stanley, HSBC dan Israel Corp. Bahkan Better Place sendiri telah mengumumkan rencana ekspansinya di berbagai negara antara lain Australia, California, Canada, Denmark dan Hawaii. Namun tidak sampai setahun setelah peluncuran *swap station* pertamanya, tepatnya di bulan Mei 2013,

Better Place *collapse* dan dinyatakan bangkrut. Sebuah pelajaran penting untuk semua orang saat itu terutama para investor, bahwa ide revolusioner selalu membutuhkan peralatan yang canggih dan itu semua nilainya mahal sehingga sulit untuk direalisasikan. Mendisrupsi industri mobil yang sudah berdiri selama puluhan tahun dan mengubah perilaku konsumen bahkan jauh lebih sulit. Jaringan Better Place yang hanya kompatibel dengan mobil Renault Fluence ZE saja membuat Better Place kesulitan untuk menarik minat pengguna mobil listrik, terhitung di Israel mereka hanya mendapatkan 750 orang *customer*. Salah seorang *exoert* di Pike Research, John Gartner berkata bahwa model bisnis Better Place ini sangatlah baru dan membutuhkan dukungan tinggi dari *customer*, namun banyak *customer* yang belum berminat karena mereka menilai progress pengembangan Better Place cukup lambat, salah satunya dari kompatibilitas mobil yang hanya 1 jenis model saja dan secara marketing bukanlah salah satu model mobil listrik favorit yang memiliki sales tinggi seperti Nissan Leaf ataupun Tesla. Faktor penting lain adalah tidak adanya bantuan dari pemerintah setempat yaitu Israel. Di berbagai negara baik Amerika, Eropa bahkan di China, campur tangan subsidi pemerintah merupakan dorongan yang sangat penting untuk membantu bisnis kendaraan listrik yang masih prematur.

Walaupun Tesla tidak berhasil melanjutkan rencana pilot project *battery swap station off Interstate* di pertengahan 2013, namun mereka tetap mengembangkan teknologi baterai dan teknologi *fast charging* yang bernama *supercharger*. Visi Tesla sendiri ada pada kendaraan listrik dengan baterai *fix (non-swappable battery)* dengan daya

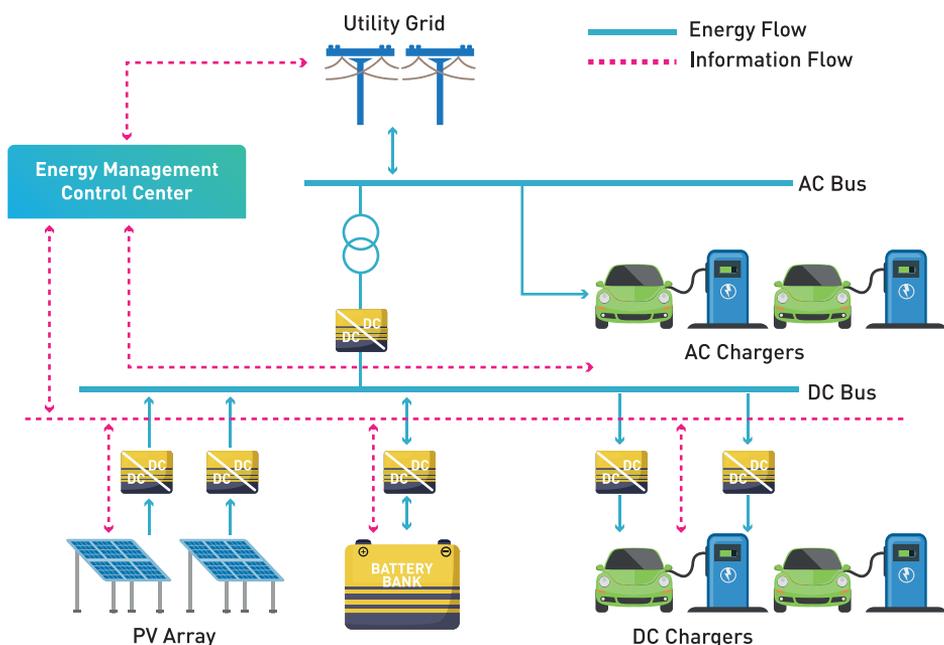
jelajah tinggi (200-300 miles/322-483 km dalam sekali pengisian baterai) dan didukung oleh infrastruktur stasiun pengisian baterai *fast charging* yang menjangkau di jalan tol untuk kebutuhan perjalanan jarak jauh. Pembangunan jaringan *supercharger* sendiri betul-betul direncanakan dengan matang oleh Tesla, mereka hanya menitikberatkan di lokasi tertentu dimana terdapat *customer* yang membutuhkan. Dengan melihat peta lokasi *customer* dan membuat database pengguna, Tesla langsung menanyakan destinasi perjalanan dari masing-masing *customer*. Cara ini cukup deterministik namun sangat tepat sasaran untuk menjamin bahwa Tesla membangun *supercharger* untuk market *customer* mereka yang benar-benar membutuhkan. Hingga akhir Q3 2018 sendiri, Tesla telah membangun 1,352 *supercharger station* dengan lebih dari 11,000 unit konektor *supercharger* yang tersebar di seluruh dunia (Ref : Electrek dan Market Realist 2018). Pembangunan *charging station* Tesla ini sendiri terus dilakukan pengembangan bertahap mulai dari *Supercharger V3* hingga integrasi dengan Tesla *Powerpack (battery storage)*. Rencana jangka panjang Tesla ini adalah untuk mengalihkan sumber energi listrik *charging station* yang saat ini masih sebagian besar berasal dari grid listrik (yang kebanyakan sumber listriknya dibangkitkan dari pembangkit listrik berbasis energi fosil e.g PLTU dan PLTN) menuju sumber energi yang lebih ramah lingkungan yaitu pembangkit listrik tenaga surya. Selain itu, penambahan *battery storage* dimaksudkan untuk membantu menjaga



kestabilan jaringan grid listrik. Salah satu hal yang perlu diperhatikan, saat sebagian besar kendaraan di masyarakat adalah kendaraan listrik, maka kebutuhan listrik akan menjadi sangat besar dan pola beban puncak kelistrikan akan bergeser ketika

banyak kendaraan listrik melakukan proses pengisian baterai. *Battery storage* merupakan solusi untuk meringankan beban jaringan grid listrik yang dapat mengalami lonjakan demand digunakan untuk pengisian baterai

Gambar 5. (a) Faktor penghalang utama adopsi kendaraan listrik dan (b) Konfigurasi *battery swapping* milik Key Power



Lesson-learned dari keberhasilan *Battery Swap* di berbagai belahan dunia

Meskipun publik dunia cukup kaget dengan kegagalan program *battery swap* dari Better Place dan Tesla di tahun 2012-2013, namun ternyata terdapat beberapa program *battery swap* yang bisa dikatakan berhasil dan masih tetap berlanjut hingga saat ini. Ada beberapa kategori kendaraan

listrik dari contoh keberhasilan *battery swap* antara lain *fleet vehicle* (bis dan taksi), motor dan mobil listrik. Di China sendiri terdapat beberapa penyedia layanan *battery swap*, dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 7. (a) Penyedia layanan *battery swap* di China dan (b) Teknologi *battery swap* di *plant* armada bis Qingdao

Battery Swapping Technology Suppliers in China

Company	Logo	Belong to	Battery Swapping Tech. Provide	Cooperator
Key Power Tech.		Independent	For Passenger Vehicle	
XJ Group		Belongs to State Grid	For Bus	
DB Tech		Independent	Vehicle	
HEPSTD		Belongs to State Grid	For Passenger Vehicle	



Armada bis di kota pelabuhan Qingdao, China merupakan contoh keberhasilan yang nyata dari program battery swap. Karakteristik operasional bis dalam kota dengan rute harian sama, jarak tempuh yang tidak terlalu jauh dan biasanya ada waktu pemberhentian yang hanya sebentar di ujung rute membuat *battery swap* merupakan opsi yang tepat untuk memperbarui baterai bis listrik. Apabila bis listrik melakukan pengisian baterai maka akan membutuhkan waktu pengisian yang tidak sebentar sehingga metode ini agak kurang relevan.

Salah satu cerita keberhasilan *battery swap* kedua adalah dari startup Taiwan bernama Gogoro. Di tahun 2015, startup Gogoro memproduksi skuter elektrik yang didesain untuk kendaraan dalam kota namun pengendaranya tidak dapat menyambungkan kabel pengisian listrik ke skuter tersebut namun harus mengganti baterainya dengan baterai yang telah terisi di "Gogoro Station". Dengan desain futuristik all-LED headlight dan taillight yang dapat diprogram serta fitur wireless key seperti pada mobil modern, konektivitas ke aplikasi smartphone bahkan suara *custom* untuk proses menghidup-matikan mesin dan memberikan lampu sein membuat skuter ini disebut dengan Smartscooter. Aplikasi smartphone tersebut juga dapat dibuat untuk proses reservasi sehingga

menjamin pengendara yang datang ke Gogoro Station tidak akan kehabisan baterai pengganti. *Continuous improvement* juga terus dilakukan pabrikan Gogoro, dimana pada setiap *station* akan dilakukan evaluasi berkala untuk mengetahui mana *station* yang memiliki tingkat penggantian baterai paling sering dan paling jarang serta tipikal pengendara berdasarkan style berkendara dan jarak perjalanan yang biasa dilakukan contohnya pengendara dengan karakteristik yang biasa atau tidak agresif akan lebih diprioritaskan untuk mengganti baterainya dengan baterainya yang umur pakainya lebih lama. Manajemen berbasis *big data* ini nantinya berfungsi untuk memastikan setiap pengendara akan memperoleh baterai baru yang paling sesuai untuk perjalanannya dan pabrikan dapat mengoptimalkan umur pakai baterai-baterainya. Gogoro sendiri juga memiliki visi jangka panjang daur ulang baterainya, dimana apabila dirasa sudah tidak layak untuk digunakan untuk skuter listrik yaitu apabila baterai sudah mengalami derating sampai 70% kapasitas awal, maka baterai tersebut akan digunakan untuk sumber energi *data center* atau rumah penduduk, bahkan apabila baterai mengalami derating lebih tinggi, nantinya akan digunakan untuk sumber energi lampu ataupun peralatan rumah tangga lain hingga di pedesaan.



Secara garis besar terutama pada aspek kemudahan dan biaya, teknologi fast charging memiliki nilai plus terutama pada standarisasi teknologi dibandingkan dengan battery swap.





Gambar 8. (a) Skuter listrik Gogoro di depan Gogoro Station dan (b) Dua baterai Smartscooter dengan jarak tempuh rata-rata sejauh 96 km untuk sekali proses *battery swap* (Credit : The Verge)



Cerita keberhasilan *battery swap* yang terakhir datang dari salah satu pabrik mobil listrik China bernama NIO. Didirikan di tahun 2014 oleh investor besar China yaitu Tencent dan Baidu, startup ini digadang-gadang menjadi kompetitor masa depan dari China untuk Tesla. Unit

pertama yang diproduksi adalah SUV 7-seater ES8 di tahun 2019 dengan harga US\$70,000 (Setara Rp 980 juta) telah laku dijual sebanyak 8,000 unit. Hingga November 2018, NIO telah membangun 30 titik penggantian baterai bernama "Power Swap" di 16 kota (Ref : Market Realist)

Gambar 9. (a) Spesifikasi dan Harga NIO ES8 dan (b) Jaringan Power Swap milik NIO



NIO ES8 EV CROSSOVER SUV

(Battery Swap version)

Specifications & Performance

MY2018

Founder version ¥375,400

Before subsidies ¥275,400

After subsidies ¥-

Battery lease ¥1280pm



1753mm
69.0inch

1753mm
77.2inch

5022mm
197.6inch

4.4 sec

200km/h
125mph

70 kWh

480kW
644hp
(Max AWD)

Level 2 - 8 H
80% DC Fast - 30 min
Batter Swap - 3 min
Mobile Charge - 100km/10min

355km
220mi
(NEDC)








©wattEV2buy.com

wattEV2Buy.com

Range Anxiety Busted • Buyers Guide • Used EVs • Mobile App • EV Info



100 miles Best Charging Stations



Buyers Guide



USED EV



Mobile App



FACT MYTH



termasuk di sepanjang jalan tol China G4 Expressway yang memiliki panjang jalan hingga 200 km. Pengendara memerlukan langganan bulanan untuk menggunakan fasilitas di *Power Swap* dengan biaya bulanan US\$200 (baterai menjadi kepemilikan pabrik). Dibandingkan dengan *Better Place*, NIO memiliki beberapa keunggulan yaitu antara pabrik mobil dan penyedia fasilitas *battery swap* adalah satu perusahaan yang sama sehingga *update* dan pengembangan teknologi akan lebih mudah ditambah dengan dukungan penuh subsidi dan

investasi infrastruktur kendaraan listrik oleh pemerintah China. Di India sendiri saat ini ada sebuah startup bernama SUN Mobility yang bekerjasama dengan Microsoft, menargetkan pembangunan *charging station* dan *swap station* untuk dengan target customer awal adalah armada bis, kendaraan roda dua (motor listrik) dan bajaj listrik.



Teknologi dan Standar Fast Charging dan Battery Swap : Kompetisi atau Koeksistensi di Masa Depan

Sebagai bagian penutup dari artikel ini, penulis sendiri memiliki pandangan bahwa teknologi *fast charging* dan *battery swap* adalah 2 teknologi yang dapat saling melengkapi satu sama lain dan masing-masing akan efektif apabila digunakan untuk aplikasi yang berbeda. Berdasarkan kemudahan, kepemilikan baterai yang jelas dan biaya yang efektif baik untuk pengendara maupun penyedia penulis menyarankan *home charging* atau *fast charging* di stasiun pengisian baterai untuk mobil listrik. Sementara untuk motor listrik dan bis atau taksi listrik dalam kota, dikarenakan karakteristik operasional dan jarak tempuh yang tidak terlalu jauh bisa menggunakan *battery swap*

terutama motor listrik yang baterainya relatif tidak terlalu berat sehingga penggantian dapat dilakukan sendiri oleh pengendara. Sedangkan untuk kendaraan jarak jauh antar provinsi seperti truk lebih disarankan *fast charging*, karena apabila menggunakan sistem *battery swap* dikhawatirkan peralatan mekanikal dan sarfas penunjangnya akan menjadi sangat mahal dibandingkan juga dengan jumlah truk yang menjadi customer, namun apabila kelak di kemudian hari telah ada standarisasi yang universal terkait peralatan *battery swap* pada truk, biaya investasi kemungkinan dapat ditekan dan menjadi opsi yang *feasible*. Secara garis besar terutama pada aspek kemudahan dan biaya, teknologi *fast charging* memiliki nilai plus terutama pada standarisasi teknologi dibandingkan dengan *battery swap*.

Perkembangan kendaraan listrik di Indonesia dari sisi kebijakan sendiri masih tahap mematuangkan draft Peraturan Presiden tentang kendaraan ramah lingkungan yang akan selesai pada 2019 ini (Ref: Wartaekonomi 2019). Sejumlah agen pemegang merk (APM) di Indonesia seperti BMW sudah menjual mobil listrik di Indonesia, sedangkan Toyota dan Mitsubishi telah memberikan sejumlah unit mobil

Type 1 / Yazaki (SAE J1772, IEC 62196-1)¹⁶

This is the standard Japanese connector for electric vehicle charging in alternating current (also adopted by the north American countries, and accepted by the EU). It can be used to charge electric vehicle models such as Opel Ampera (previous version), Nissan Leaf, Nissan E-NV200, Mitsubishi Outlander, Mitsubishi iMiev, Peugeot iON, Citröen C-Zero, Renault Kangoo ZE (type 1), Ford Focus electric, Toyota Prius Plug in and KIA SOUL.



Type 2 (IEC 62196-2)¹⁶

This connector type is appointed by the Commission of the European Union as the standard for regular (≤ 22 kW) charging of electric vehicles. It can be used to charge electric vehicle models such as Opel Ampera (current version), BMW i3, i8, BYD E6, Renault Zoe, Volvo V60 plug-in hybrid, VW Golf plug-in hybrid, VW E-up, Audi A3 E-tron, Mercedes S500 plug-in, Porsche Panamera and Renault Kangoo ZE.



Combined Charging System (CCS Combo 2)¹⁶

This connector is the enhanced version of type 2 with additional power contacts for fast charging. CCS is compatible with AC and DC and CCS is the standard for fast charging in Europe since 2017. Manufacturers such as Audi, BMW, Porsche and Volkswagen incorporate this type of connector.



Type 4 / CHAdeMO¹⁶

CHAdeMO operates exclusively with DC and can be used for fast charging. It can be used to charge electric vehicle models such as Nissan Leaf, Nissan E-NV200, Mitsubishi Outlander, Mitsubishi iMiev, Peugeot iON, Citröen C-Zero and KIA SOUL.



Tesla Supercharger

Exclusively for Tesla. The Tesla supercharger has the same configuration as the type 2 connector, however slightly modified, so it doesn't fit in the standard type 2 outlet. However, the Tesla Model 3 in Europa is equipped with a CCS inlet.





listrik sebagai kerja sama bahan studi dengan pemerintah. Untuk dunia industri Indonesia sendiri di bidang penyedia layanan pengisian baterai listrik sudah ada berupa Stasiun Pengisian Listrik Umum oleh PLN dan Pilot *Project "Green Energy Station"* di SPBU milik Pertamina. Hal penting yang perlu dipastikan oleh penyedia layanan baterai listrik baik untuk layanan *battery swap* maupun *charging station* adalah jenis dan standar teknologi

harus memiliki basis manufaktur yang *up-to-date*, sehingga apabila terdapat perkembangan teknologi pada market maka penyedia layanan tidak kesulitan untuk *upgrade* layanannya. Adapun dokumen standar pengisian kendaraan listrik antara lain

KNOW YOUR EV CHARGING STATIONS

AC Level One	AC Level Two	DC Fast Charge
		
VOLTAGE 120v 1-Phase AC	VOLTAGE 208V or 240V 1-Phase AC	VOLTAGE 208V or 480V 3-Phase AC
AMPS 12–16 Amps	AMPS 12–80 Amps (Typ. 32 Amps)	AMPS <125 Amps (Typ. 60 Amps)
CHARGING LOADS 1.4 to 1.9 kW	CHARGING LOADS 2.5 to 19.2 kW (Typ. 7 kW)	CHARGING LOADS <90 kW (Typ. 50 kW)
CHARGE TIME FOR VEHICLE 3–5 Miles of Range Per Hour	CHARGE TIME FOR VEHICLE 10–20 Miles of Range Per Hour	CHARGE TIME FOR VEHICLE 80% Charge in 20–30 Minutes

yang akan digunakan oleh target market bekerjasama dengan pabrikan, disamping faktor keekonomian. Untuk *charging station*, harus dipastikan kompatibilitas jenis konektor dan daya pengisian baterai mobil listrik sedangkan untuk *battery swap* misal untuk motor listrik perlu diperhitungkan desain teknis *swap station* meliputi manajemen penukaran baterai dan berapa jumlah spare baterai yang paling optimal. Dikarenakan standar teknologi kendaraan listrik ini akan terus berkembang dengan sangat cepat bahkan dalam 3-5 tahun sekali bisa mendapat *upgrade*, sebaiknya penyedia layanan

dari The International Electrotechnical Commission (IEC), Japanese Standard CHAdeMO, SAE International CCS Combo, China GB/T dan Tesla Supercharger. Berbagai *taskforce* dan *multilateral cooperation* antar negara untuk pengembangan kendaraan listrik terus dilakukan, salah satu contoh referensi *task-force* project kendaraan listrik yang cukup lengkap adalah *Multilateral task-force projects within the Implementing Agreement for co-operation on Hybrid and Electric Vehicle Technologies and Programmes (IA-HEV)* dari International Energy Agency dengan 18 negara anggota. ■



REFERENSI:

- [1] Bellis, M. (2006), "The Early Years", The History Of Electric Vehicles", www.thoughtco.com
- [2] British Petroleum Outlook 2018
- [3] Jackson, N. (2011), "Infographic:How Does a Hybrid Car Engine Actually Work?", www.theatlantic.com
- [4] <https://www.tesla.com/supercharger>
- [5] Volvo Car USA. (2019), "The State of Electric Vehicles in America", United States
- [6] Hua, J. (2012), "Progress in Battery Swapping Technology and Demonstration in China", Tsinghua University, Beijing
- [7] Wunker, S. (2013), "Five Lessons from Better Place's Collapse", www.forbes.com
- [8] Lutsey, N., & Nicholas, M. (2019), "Update on Electric Vehicle Costs in the United States through 2030", Working Paper The International Council on Clean Transportation
- [9] Woody, T. (2013), "The Lesson from Better Place's Bankruptcy : Be More like Tesla", www.qz.com
- [10] Dai, Q., Liu, J., & Wei, Q. (2019). Optimal photovoltaic/battery energy storage/electric vehicle charging station design based on multi-agent particle swarm optimization algorithm. Sustainability, 11(7), 1973.
- [11] Contact, P. (2013). Battery swapping for electric buses in Qingdao.
- [12] Ziegler, C. (2015), "Meet Gogoro, The Outrageous Electric Scooter of the Future", www.theverge.com
- [13] Amblard, M. (2018), "How Nio, Byton, Lucid, Rivian and others Emulate Tesla", www.medium.com
- [14] Parker, J. (2018), "How NIO's Battery Swap Option Compares to Tesla's Superchargers", www.marketrealist.com
- [15] www.sunmobility.co.in
- [16] NIOGlobal. (2019, January 15). "Our Battery Swap Network..." [Tweet]
- [17] Redaksi WE Online. (2019). "Mobil Listrik Makin Memikat, Indonesia Harus Tuntaskan PR Ini Dulu", www.wartaekonomi.com
- [18] Kerns, J. (2016), "Could Battery Swapping Ease Range Anxiety fo EV Owners", www.machinedesign.com
- [19] www.ieahev.org
- [20] Netherland Enterprise Agency (2019). "Electric Vehicle Charging Definitions and Explanation", www.rvo.nl

PERTAMINA
Vi-Gas

**SAATNYA BERALIH DARI
KEBIASAAN LAMA**



Pertamina Vi-Gas adalah merek dagang PT Pertamina untuk bahan bakar LGV (Liquefied Gas for Vehicle) yang diformulasikan untuk kendaraan bermotor. Vi-Gas terdiri dari campuran Propane (C3) dan Butane (C4) dengan keunggulan lebih ekonomis, menghasilkan pembakaran mesin yang optimal, memiliki Octane Number >98, serta bebas sulphur dan timbal sehingga lebih ramah lingkungan.

Dengan menggunakan Vi-Gas Anda pun turut berkontribusi menjadikan lingkungan Indonesia yang lebih bersih.

**PERTAMINA
CALL CENTER**

135

PERTAMINA
Vi-Gas

www.pertamina.com

PERTAMINA
Semangat Terbaru

DIGITALISASI SEKTOR ENERGI

Bisnis energi seperti halnya bisnis komoditas yang lain, memiliki beberapa tantangan yang cukup berat. Salah satunya adalah adanya kebutuhan untuk menghubungkan pelaku usaha, data, serta piranti ke dalam *supply chain*. Dinamika bisnis yang cepat memerlukan pengambilan keputusan yang lebih cepat terkait semakin terbatasnya waktu untuk merespon.

Jelita Irmawati

Corp. Head Pertamina Energy Institute



SELAIN HAL DI ATAS, tantangan yang dihadapi adalah pertumbuhan volume data yang besar yang menuntut pemahaman (*data*

analytic) dalam waktu cepat. Untuk menjawab tantangan tersebut perusahaan khususnya yang bergerak di sektor energi memerlukan penyesuaian untuk menjadi lebih gesit, berinovasi lebih cepat, bereaksi secara *real time*, serta fleksibel terhadap perubahan pasar.

Sampai dengan saat ini kondisi bisnis komoditas energi masih relatif terfragmentasi. Hal tersebut tercermin dari informasi yang terputus-putus dari asal barang ke pelanggan, masih sulit menangkap peluang keuntungan dari arbitrase, terdapat potensi koordinasi dalam rantai pasokan yang tidak efektif, tim regional dan fungsional tidak terintegrasi didalam bekerja, sulit mengelola aset kritis dengan efisien, memerlukan upaya khusus untuk komunikasi internal dan eksternal,

memiliki probabilitas gagal di dalam mendeteksi dan bereaksi terhadap volatilitas pasar, serta proses analisis data masih memerlukan biaya yang mahal dan waktu yang cukup lama.

Untuk mengantisipasi kondisi bisnis komoditas yang terfragmentasi tersebut terdapat kebutuhan untuk menghubungkan data dari berbagai sumber seperti harga dan indeks pasar (MOPS, CPA, dan lainnya), sistem informasi perusahaan (SAP, *sales data/business intelligent*), referensi dan peraturan, IOT cuaca (publikasi cuaca, sensor perusahaan, dan lainnya) terutama untuk mengoptimalkan aset kapal, serta berita khusus industri energi seperti informasi yang disediakan oleh EIA, OPEC, dan lainnya.

Digitalisasi dapat membantu menyelesaikan permasalahan yang ada tersebut karena mampu untuk menghubungkan hulu, *midstream* dan *downstream*, trader dan institusi keuangan, sarana dan infrastruktur, serta konsumen utama.



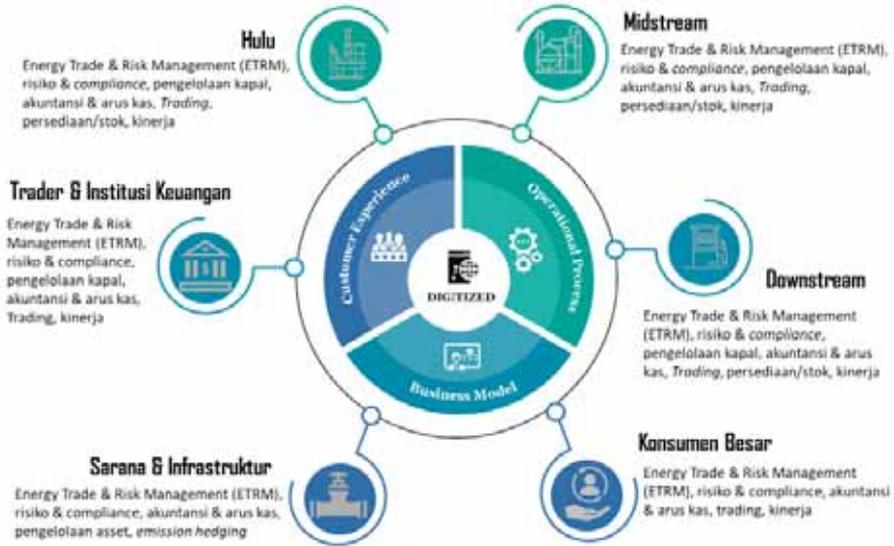
TECHNOLOGY
BREAKTHROUGH



Dinamika bisnis yang cepat memerlukan pengambilan keputusan yang lebih cepat terkait semakin terbatasnya waktu untuk merespon.



Gambar 1. Membangun Hubungan Melalui Digitalisasi



Perubahan lingkungan bisnis yang cepat dapat diantisipasi oleh masing – masing peran melalui digitalisasi seperti membantu *Manager Operasi* untuk melakukan pemantauan kondisi kapal,

pengelolaan rantai distribusi, serta penjadwalan. Gambaran mengenai contoh digitalisasi untuk membantu didalam pengelolaan perubahan adalah sebagai berikut:

Gambar 2 – Digitalisasi Membantu Pengelolaan Perubahan





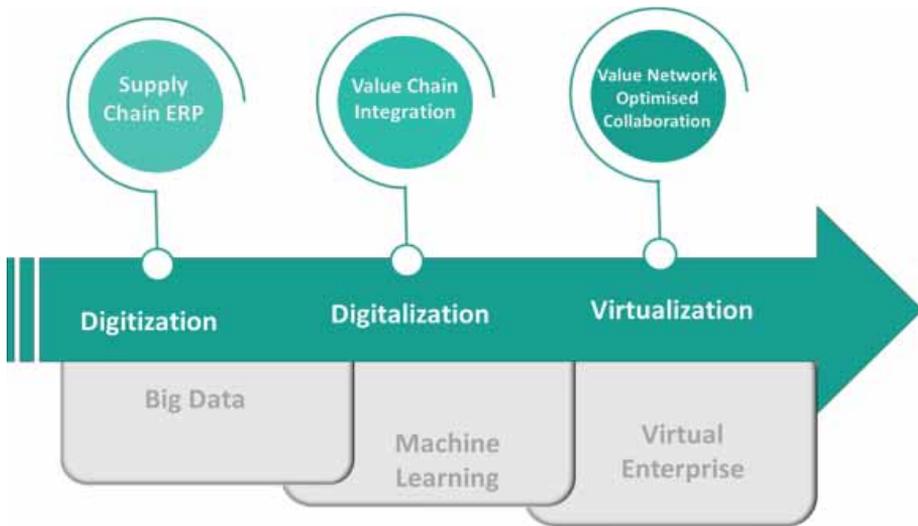
Digitalisasi dapat membantu perusahaan merespon dinamika bisnis dengan lebih cepat. Karena itu digitalisasi dapat menciptakan efisiensi, meningkatkan margin, komunikasi bisnis lebih aman karena berada dalam *platform system* perusahaan, dan mendekatkan perusahaan dengan kebutuhan pelanggan yang pada akhirnya penting untuk membantu keberlangsungan bisnis perusahaan. Hasil riset McKinsey & Co menunjukkan perusahaan yang agresif mendigitalkan rantai pasokan dapat meningkatkan pendapatan tahunan mereka sekitar 3,2% dan pertumbuhan pendapatan tahunan rata-rata menjadi sekitar 2,3%.

Sejalan dengan perkembangan dunia bisnis *digitization* telah beradaptasi menjadi *digitalization* dengan tuntutan ke depan adalah *virtualization*. Fase *digitization* telah dijalani dunia industri dengan penggunaan ERM *supply chain*

dan pengambilan keputusan yang bertumpu pada manusia. Pada fase ini terdapat perubahan pencatatan data atau era awal *big data*. Pada fase ini *machine analytics* membantu di dalam pengolahan data untuk mendukung pengambilan keputusan yang dilakukan manusia. Sementara pada fase digitalization telah mulai dilakukan integrasi *value chain* melalui *supply chain planning & optimization* (SCP&O) dan pengambilan keputusan berbasis kepada optimasi dengan pengembangan *machine analytics* ke *machine learning* (*digital twin*). Penyempurnaan ke depan adalah pada fase *virtualization* dengan perubahan dari integrasi *value chain* menjadi *optimised collaboration value network* melalui *virtual enterprise*.



Gambar 3 - Perkembangan Digitization - Digitalization - Virtualization



Sektor energi memiliki cakupan yang luas dari hulu ke hilir dengan salah satu contoh digitalisasi pada bisnis pengolahan. Bisnis pengolahan memiliki margin yang terbatas (*spread* antara *feed* dan produk) sehingga penggunaan digitalisasi telah berlangsung lama untuk mengoptimalkan margin terutama *process controls* dengan perkembangan transformasinya telah berjalan selama 30 tahun yang dimulai dari analog ke basis operasi manual sampai menjadi sistem yang terotomasi untuk melakukan optimasi berkelanjutan.

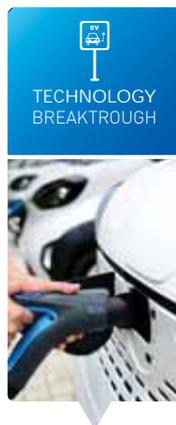
Diantara potensi digitalisasi di sektor pengolahan adalah penggunaan *artificial intelligence* dalam optimasi pemilihan minyak mentah untuk *feed* kilang, penggunaan otomasi robotika terutama untuk pekerjaan yang berbahaya, implementasi kemampuan nirkabel

dan proliferasi sensor yang salah satunya dapat digunakan untuk mengenali korosi, *augmented reality* untuk kegiatan pelatihan, implementasi *blockchain*, serta perencanaan dan penjadwalan pemeliharaan.





Digitalisasi dapat menciptakan efisiensi, meningkatkan margin, komunikasi bisnis lebih aman



Keuntungan yang dapat diperoleh dari penerapan digitalisasi di pengolahan diantaranya adalah adanya peningkatan kemampuan untuk memenuhi produk sesuai spesifikasi, meningkatkan *throughput*, dan mengurangi biaya. Berdasarkan *Wood Mackenzie insight Digitalization in Refining*, potensi penghematan yang dapat diperoleh melalui implementasi digitalisasi untuk pemeliharaan kilang kapasitas 200 kb/d sekitar ~\$3.5B/tahun atau bahkan dapat mencapai ~\$15B/tahun.

Perkembangan *electric vehicle* (EV) yang cukup pesat juga merupakan potensi untuk mengimplementasikan digitalisasi. Transisi dari penggunaan *Internal Combustion Engine* (ICE) ke EV memerlukan adanya penambahan infrastruktur pengisian listrik (*charging station*). Perusahaan penyedia energi untuk EV harus memastikan bahwa penambahan EV serta *charging station* masih dalam batas beban jaringan listrik terpasang. Kombinasi antara digitalisasi dan elektrifikasi menjadi kunci dari optimasi infrastruktur listrik tersebut.

Sebagai perusahaan kelas dunia Pertamina telah melakukan *digital transformation* yang tidak hanya “memindahkan” proses bisnis ke *platform digital* tetapi juga melakukan perubahan holistik yang meliputi *process, people, and technology*. Terdapat 4 pilar utama sebagai

filosofi *digital transformation* Pertamina yaitu: fokus pada tema utama transformasi digital, *business-led*, Pertamina *integrated*, dilakukan secara holistik, serta fleksibilitas dalam pengembangan solusi. Pada tahun 2018, digitalisasi memasuki fase 1 – *build foundation* dengan *deliverables* utama sebagai berikut:

- Digitalisasi SPBU melalui implementasi *point of sales system* Pertamina
- B2B – CLM melalui *MyPertamina for business*
- *Logistic Planning System* melalui pembangunan aplikasi *auto planning logistic system* dan *rollout* aplikasi *MS2 Mobile*;
- *Integrated SCM Planning* melalui *joint operation dashboard*
- *Predictive Maintenance* melalui konsep *predictive maintenance* dan pemilihan metode pengembangan dan solusi
- *Integrated GGR* melalui *integrase* dan standarisasi aplikasi GGR berbasis *Cloud*
- SSO/SSC melalui *roadmap SSC multi tower* serta implementasi *wave 1* Fungsi Keuangan
- Digital HSSE melalui implementasi *visitor management system*
- *Corporate Command Center* melalui pembangunan *content corporate commend center*

P-Insyst | Digitalisasi SPBU

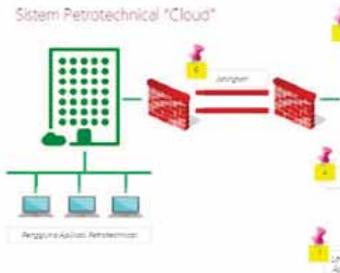


B2B

Logistic Planning MS2 Mobile



Integrated GGR



Digital HSSE



Integrated



Sumber : Tim Transformasi Digital Pertamina



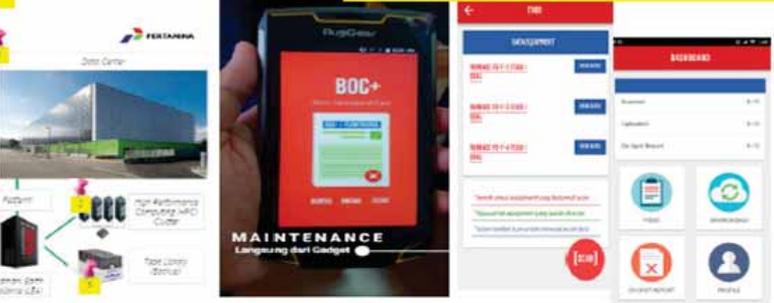
Pertamina telah melakukan digital transformation yang tidak hanya “memindahkan” proses bisnis ke platform digital tetapi juga melakukan perubahan holistik yang meliputi process, people, and technology.



-My Pertamina for Business



BOC+ Predictive Maintenance



SCM



Corporate Command Center



Transformasi digital Pertamina untuk tahun 2019 fokus pada 5+1 prioritas utama yaitu *loyalty program*, *digital refinery*, *knowledge management & best practise in upstream*, *digital procurement*, *corporate digitalization*, dan digitalisasi SPBU & Terminal BBM. Pemilihan prioritas utama tahun 2019 tersebut sejalan dengan kebutuhan perkembangan bisnis serta potensi manfaat yang diperoleh.

Transformasi digitalization Pertamina akan memberikan efisiensi serta *competitive advantage* bagi Pertamina untuk beradaptasi dengan lingkungan bisnis yang berubah dengan cepat. Digitalisasi yang dilaksanakan saat ini merupakan pondasi bagi perusahaan untuk menuju *Virtual Enterprise*. Transisi tersebut dilaksanakan beririsan (tidak *sequential*) karena beberapa bisnis telah menerapkan *value network optimized collaboration*. ■

PERTAMINA'S *TECHNOLOGY BREAKTHROUGH*

Breakthrough Project adalah inisiatif-inisiatif terobosan yang mampu memberikan kontribusi dalam waktu singkat (*Quick-Win*) untuk mendukung pencapaian target perusahaan dalam hal keuangan maupun operasional.





Oleh: Fauzio Rayendra
Jr Analyst Corp. Program Monitoring



SEBAGAI perusahaan yang bergerak dibidang energi, Pertamina dituntut untuk selalu maju dengan mengembangkan

dan mengimplementasikan teknologi yang dapat meningkatkan kapabilitas dan kualitas perusahaan. Hal tersebut tercermin pada program *Breakthrough Project* [BTP] 2019 dimana Pertamina akan membuat beberapa aplikasi untuk menunjang kegiatan operasional perusahaan.

Breakthrough Project adalah inisiatif-inisiatif terobosan yang mampu memberikan kontribusi dalam waktu singkat (*Quick-Win*) untuk mendukung pencapaian target perusahaan dalam hal keuangan maupun operasional. Di tahun 2019, *Breakthrough Project* diwarnai oleh beberapa proyek bertema teknologi diantaranya adalah BTP Digitalisasi SPBU dan BTP Digital Procurement. Dengan adanya pengembangan proyek-proyek tersebut, kegiatan operasional Pertamina akan menjadi semakin terkendali serta akan menjadi salah satu *tools* mencapai Aspirasi Pertamina yaitu *World Class National Energy Company*.



BTP Digitalisasi SPBU



TIDAK DAPAT dipungkiri bahwa perkembangan teknologi saat ini semakin maju untuk meningkatkan

kapabilitas dan kualitas. Seiring dengan berkembangnya teknologi tersebut, Pertamina perlu menyesuaikan teknologi yang digunakan untuk

menjaga level daya saing di era digital. Sampai saat ini, Pertamina belum mempunyai sistem untuk pelaporan realisasi penjualan secara *real-time*.

Dalam program BTP Digitalisasi SPBU, Pertamina akan mengimplementasikan *software* dan *hardware* yang terstandarisasi di seluruh SPBU Pertamina di Indonesia. Digitalisasi SPBU ditargetkan akan beroperasi di 5.518 SPBU pada akhir Desember 2019. Dengan adanya implementasi perangkat tersebut, diharapkan Pertamina dapat memantau penjualan per hari secara



***Pertamina
dapat memantau
penjualan per hari
secara
real-time dan
reliable.***

real-time dan *reliable*. Data penjualan tersebut nantinya akan menampilkan angka penjualan per SPBU, per tangki serta per *nozzle* yang akan ditampilkan pada *dashboard* korporat.

Selain data penjualan, program yang sama tentunya juga dapat menampilkan data stok sehingga memperlancar proses pengisian kembali stok pada masing-masing SPBU tersebut. Selanjutnya data realtime stok dan penjualan akan menjadi dasar untuk pelaksanaan program lainnya yaitu *effective cross-selling*, dan *big data*

analysis, terlebih jika nantinya sistem sudah terintegrasi dengan aplikasi MyPertamina sehingga akan diperoleh juga data pelanggan yg membeli di SPBU. Meskipun memiliki beberapa rintangan dalam proses implementasi seperti tidak terstandarnya format fisik, kondisi SPBU, operasional serta aspek HSSE, program BTP Digitalisasi SPBU diharapkan dapat memberikan upaya terbaik untuk meningkatkan kapabilitas dan kualitas SPBU Pertamina dan pada akhirnya meningkatkan kinerja penjualan produk-produk Pertamina.

BTP Digital Procurement



PROSES BISNIS pengadaan yang saat ini dilakukan Pertamina masih kurang optimal dimana saat ini proses

pengerjaan masih dilakukan secara manual karena belum adanya *digital tool* yang mendukung proses bisnis sentralisasi *procurement*. Hal tersebut mengakibatkan pekerjaan terkait *data inventory* (stok material non-hydro) tidak dapat terawasi dengan baik dan telah ditemukan beberapa kasus dimana para pekerja kurang dapat memperhitungkan dengan baik sewaktu membuat *Owner Estimate* (OE) pengadaan. Karena beberapa hal tersebut, *Digital Procurement* menjadi salah satu fokus dari *Digital Transformation* Pertamina yang telah ditetapkan oleh *Digital Steering Committee* untuk dikembangkan pada tahun 2019.

Dengan adanya aplikasi *Digital Procurement*, nantinya akan tersedia *digital tool* yang dapat mendukung proses bisnis pengadaan yang dilakukan secara *end-to-end* dimana akan tersedianya *dashboard inventory* untuk meningkatkan pengawasan (stok material non-hydro) dan sentralisasi **procurement**. Aplikasi *Digital Procurement* pun akan memfasilitasi ketersediaan kontrak payung yang dapat digunakan oleh Unit/Direktorat/Anak Perusahaan. Selain dapat mempermudah pengadaan barang atau jasa, dengan adanya kontrak payung tersebut para pekerja Pertamina dapat

memperkirakan dan mendapatkan nilai *Owner Estimate* (OE) yang lebih akurat yang berdampak pada efisiensi perusahaan. Berdasarkan analisa perhitungan yang telah dilakukan, efisiensi yang dapat didapatkan oleh perusahaan adalah sekitar 8%.

Nantinya, aplikasi *Digital Procurement* akan dikembangkan kembali dengan menciptakan *SSC Procurement*, sehingga seluruh proses administrasi pengadaan akan dilakukan secara digital. Namun untuk saat ini, proses *SSC Procurement* masih dalam kajian konsep proses bisnis dan *digital tool* yang ditargetkan rampung pada tahun 2019. Proses pembuatan aplikasi *Digital Procurement* melibatkan fungsi dari CICT dan PEC yang dibantu oleh konsultan diperkirakan akan memakan biaya hingga IDR 150 Milyar.

Adapun beberapa hal yang dapat menjadi halangan yaitu waktu, sumber daya dan proses implementasi. Walaupun memiliki waktu dan sumber daya yang cukup terbatas, pembuatan aplikasi *Digital Procurement* diharapkan dapat selesai sesuai dengan waktu yang telah dicanangkan.





Dengan adanya aplikasi Digital Procurement, nantinya akan tersedia digital tool yang dapat mendukung proses bisnis pengadaan yang dilakukan secara end-to-end dimana akan tersedianya dashboard inventory untuk meningkatkan pengawasan (stok material non-hydro) dan sentralisasi procurement.



Begitu pula dengan proses implementasi, menurut kajian akan ada *resistance* yang timbul saat pergantian proses bisnis dari manual ke digital karena beberapa individu berada dalam zona nyaman. Namun hal tersebut dapat ditanggulangi dengan kebijakan dari manajemen untuk mengharuskan para pekerja menggunakan aplikasi yang telah diimplementasikan. ■



Expert Dialogue dengan **Dr. Ir. Widhyawan Prawiraatmadja**

Perkembangan *Electric Vehicle* di Indonesia

Diskusi ringan yang dilakukan oleh tim Pertamina Energy Institute dengan Bapak Dr. Ir. Widhyawan Prawiraatmadja memberikan *insight* yang sangat menarik mengenai perkembangan EV di Indonesia. Beliau memiliki pengalaman yang sangat luas di sektor energi dengan beberapa posisi sebelumnya di Kementerian ESDM, Gubernur OPEC, *Country Executive* untuk GE Energy Indonesia, dan *Senior Vice President* (SVP) untuk Perencanaan Perusahaan, Pengembangan Bisnis dan Transformasi PT PERTAMINA (Persero).

Bagaimana potensi perkembangan *Electric Vehicle* di Indonesia?

Implementasi EV di Indonesia terlihat dari adanya penggunaan *electric vehicle* pada armada taksi Blue Bird dan Trans Jakarta. Konteks kecepatan implementasi EV sama dengan lainnya yaitu terkait dengan insentif yang diberikan oleh pemerintah untuk dapat mempercepat akselerasinya. Sebagai contoh, implementasi solar *roof top* di Australia terdapat insentif dari pemerintah yang dibuat sedemikian rupa sehingga ekonomis, sampai program bank yang memberikan pinjaman kepada setiap rumah agar memasang solar *roof top* sehingga penggunanya mencapai jutaan rumah. Selain mendapatkan insentif tersebut, para pengguna *roof top* solar panel juga mendapatkan *green certificate* yang dapat digunakan untuk mendapatkan benefit lain, salah satunya seperti insentif pajak dari pemerintah sehingga *payback period* atas investasi panel solar tidak sampai 4 tahun sementara di Indonesia kurang lebih

sekitar 8 tahun. Jika kondisi seperti di Australia telah terbentuk maka kita bisa asumsikan masyarakat akan memilih untuk menggunakan panel solar. Jika insentif ini diberikan untuk *Electric Vehicle* maka transportasi berbasis listrik akan berkembang dengan cepat

Apakah keekonomian penggunaan tenaga listrik untuk transportasi umum lebih baik dibanding kendaraan pribadi?

Transportasi umum seperti taksi dapat menggunakan kendaraan listrik dalam memberikan *new experience* bagi konsumen namun sebenarnya konteks utama agar adalah keekonomian. Bisnis tersebut tidak akan berkelanjutan jika hitungan keekonomiannya tidak sesuai. Jika syarat keekonomian EV terpenuhi, maka perlu juga diperhatikan factor pendukung lainnya seperti *life cycle* baterai serta potensi penghematan bahan bakar.

Jika tanpa insentif masih dipenuhinya syarat keekonomian maka akan terjadi proliferasi penetrasi taksi listrik. Adanya perbedaan perlakuan pemberian pengurangan pajak untuk kendaraan umum seperti taksi sementara untuk kendaraan lain tidak ada pengurangan pajak, maka keekonomian akan berbeda. Akselerasi *Electric Vehicle* di Indonesia sangat tergantung pada insentif yang diberikan melalui peraturan yang ada akan dibuat.

Jika syarat keekonomian tidak terpenuhi maka implementasi *Electric Vehicle* kemungkinan akan sama seperti *solar roof top*. Jika syarat keekonomian tidak terpenuhi dan *payback period* lama maka konsumen hanya akan memiliki *Electric Vehicle* atau *solar rooftop* dengan motivasi untuk merasa lebih baik karena berkontribusi untuk lingkungan.

Apakah penggunaan *Electric Vehicle* akan menurunkan pengeluaran emisi karbon di Indonesia?

Perlu dicermati penggunaan sumber energi listrik yang digunakan *Electric Vehicle* apakah berasal dari fosil *fuel* atau *clean energy*. Apabila listrik dihasilkan dari batu bara maka peralihan ke *Electric Vehicle* akan berkontribusi untuk menaikan emisi karbon. Hal ini dapat diatasi dengan penggunaan batu bara yang disertai dengan teknologi

EXPERT
DIALOGUE



Transportasi umum seperti taksi dapat menggunakan kendaraan listrik dalam memberikan new experience bagi konsumen namun sebenarnya konteks utama agar adalah keekonomian.



carbon capture. Namun kembali lagi perlu dipertimbangkan dari sisi keekonomian atas penggunaan teknologi tersebut.

Apa motivasi utama konsumen di Indonesia untuk beralih ke *Electric Vehicle*?

Sebagian besar konsumen Indonesia sangat mengedepankan prinsip keekonomian, sehingga diperlukan insentif melalui regulasi. Kemungkinan untuk membeli EV dengan motivasi selain ekonomi tetap ada namun sangat sedikit. Hal ini tercermin dari pangsa pasar kendaraan di Indonesia dikuasai oleh pabrikan Jepang dan digunakan untuk kendaraan pribadi dan armada taksi umum dan Indonesia, dimana industri pabrikan Jepang dengan merek tertentu yang sangat mengedepankan prinsip keekonomian dalam pertimbangan pembelinya demikian juga dengan *Electric Vehicle*.

Sebagai contoh terdapat beberapa mobil hybrid yang akan masuk ke Indonesia namun kurang berkembang karena adanya perbedaan harga yang cukup signifikan serta indikasi kebutuhan operasional penggantian baterai setiap 5 tahun yang dianggap kurang praktis serta adanya potensi kendala operasional lainnya. Hal tersebut, menjadi pertimbangan bagi konsumen Indonesia terutama yang berkaitan keekonomian.

Bagaimana perkembangan *Hydrogen power technology* yang kemungkinan akan menyaingi perkembangan EV?

Cina dan Amerika Serikat sudah menyatakan dukungan terhadap perkembangan *Electric Vehicle* sehingga dari segi skala sepertinya *Hydrogen* belum bisa mengalahkan. Selain itu, pembentukan dan pengembangan ekosistem *Electric Vehicle* mengalami perkembangan yang cukup pesat di seluruh dunia. Namun *Hydrogen power* dapat bersaing apabila lebih ekonomis dibanding EV.

Apa saja faktor yang dipertimbangkan dalam keekonomian pada transisi *Electric Vehicle*?

Pada analisa keekonomian energi biasanya hal utama yang menjadi acuan adalah harga minyak. Hal yang menjadi pertimbangan tidak hanya *resource* yang *abundance* namun dari keseluruhan *supply demand* termasuk perkembangan teknologi, mekanisme distribusi sampai kondisi geopolitik



Mobil hybrid yang akan masuk ke Indonesia namun kurang berkembang karena adanya perbedaan harga yang cukup signifikan serta indikasi kebutuhan operasional penggantian baterai setiap 5 tahun yang dianggap kurang praktis.



(sanksi, perang dagang, dsb). Pola pikir *energy economics* dalam konteks keseluruhan semua bentuk potensi energy harus dapat di optimasi.

Mengingat implementasi *Electric Vehicle* sangat memerlukan pembangunan ekosistem, apakah diperlukan regulasi yang berkelanjutan?

Konsistensi sangat diperlukan dalam implemenasi EV, sebagai contoh Brasil dalam melakukan implementasi Bioethanol, mendorong otomotif manufacturing untuk mengikuti *market ethanol* dan tidak terganggu dengan harga minyak. Contoh lainnya di Indonesia adalah ketika implementasi CNG terdapat kekhawatiran ATPM untuk menaruh *converter kit* karena konsistensi aturan yang mudah berubah. Apabila kondisi kebijakan tidak memiliki acuan yang jelas maka harga yang akan menjadi pemicu pasar.

Apakah pembentukan ekosistem *Electric Vehicle* juga memerlukan insentif?

Jika pemerintah memberikan insentif maka keekonomian dipasar dapat terbentuk. Sebagai contoh dapat dilihat di Cina karena basis utama adalah manufacturing maka pembentukan skala pasar dibuat di negara nya sendiri. Masing – masing wilayah di Cina yang menjadi target penetrasi *Electric Vehicle* mempunyai produksi *Electric Vehicle* masing - masing. Kondisi tersebut bahkan menyebabkan sulitnya menentukan produksi EV yang menjadi keunggulan dan sulitnya untuk menjual ke wilayah lain karena kemandirian masing-masing wilayah dalam memproduksi EV.

Bagaimana potensi Pertamina masuk dalam bisnis *Electric Vehicle*?

Pertamina memiliki beberapa *project* jangka Panjang seperti RDMP, *Green refinery*, dan beberapa project lainnya namun dengan keterbatasan capex maka harus adanya optimasi alokasi ke arah yang sesuai dengan energy transisi. Beberapa contoh pada perusahaan minyak dan gas lain seperti Exxon tetap fokus ke *oil & gas* namun untuk perusahaan lain seperti Equinor masuk banyak ke NRE karena sejalan dengan arah pemerintahnya, sementara BP masuk ke bisnis NRE karena adanya permintaan dari investor yang aktif sebagai aktivis lingkungan. ■

EXPERT
DIALOGUE



Pertamina memiliki beberapa project jangka Panjang seperti RDMP, Green refinery, dan beberapa project lainnya namun dengan keterbatasan capex maka harus adanya optimasi alokasi ke arah yang sesuai dengan energy transisi.



Carbon Capture and Storage Technology Outlook in Integrating with Fossil Fuel Processing to Minimize CO₂ Emmission

Teknologi CCS membantu mengurangi karbon dioksida di atmosfer yang menyebabkan penipisan lapisan ozon dan perubahan iklim.

Oleh: Ika Dyah Widharyanti, S.T, MS.
Dosen Teknik Kimia Universitas Pertamina



PEMANASAN GLOBAL adalah masalah utama bagi sebagian besar negara di seluruh dunia.

Ini terjadi karena tingginya jumlah CO₂ di atmosfer. Saat ini, sebagian besar negara di dunia masih sangat bergantung pada komoditas bahan bakar fosil, yang melepaskan

sejumlah besar CO₂, untuk pembangkit listrik di mana hampir 85% daya yang dihasilkan di seluruh dunia berasal dari bahan bakar fosil. Substitusi drastis pembangkit listrik tradisional dengan media pembangkit energi bersih alternatif, yang tidak menghasilkan CO₂ (*renewable* seperti energi solar dan angin), hampir mustahil dalam waktu dekat. Hal ini terlihat dari tingginya biaya energi terbarukan yang terkait dengan



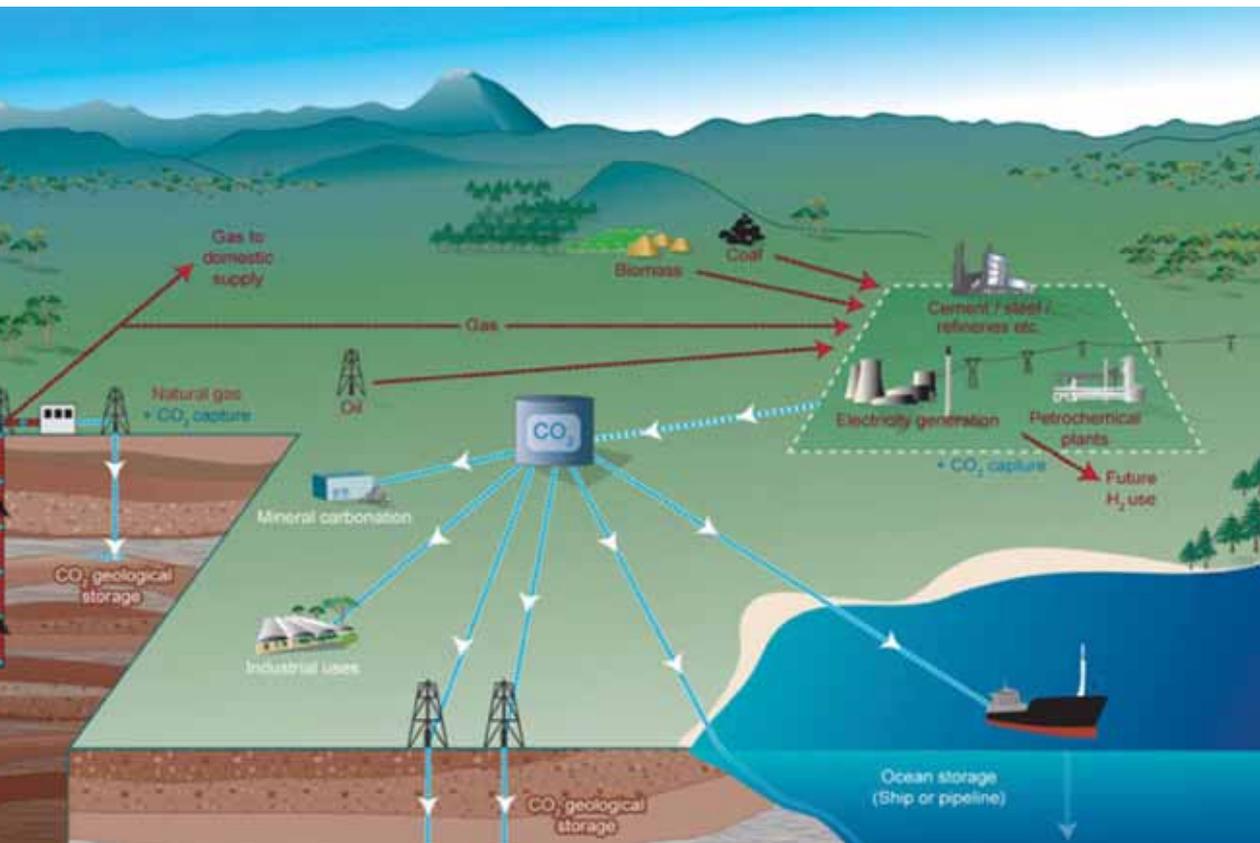
kelimpahan dan ketersediaan bahan bakar fosil menunda pengenalan bentuk energi ramah lingkungan ini. Ada juga beberapa hambatan untuk mengubah sistem teknologi, yang disiapkan untuk energi bahan bakar fosil. Oleh karena itu teknologi CCS telah menerima banyak perhatian dari sejumlah komunitas riset.

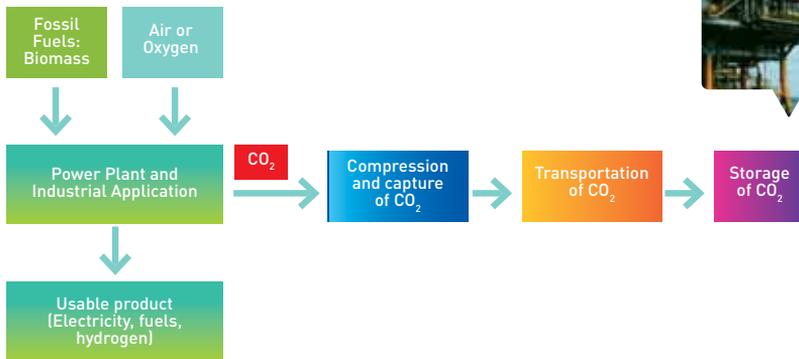
Teknologi CCS membantu mengurangi karbon dioksida di atmosfer yang menyebabkan penipisan lapisan ozon dan perubahan iklim. Diharapkan bahwa beberapa tahun ke depan kita akan melihat CCS sebagai salah satu metode termurah untuk meminimalkan gas rumah kaca. Proses CCS dimulai

dengan menangkap karbon dioksida yang dihasilkan oleh biomassa atau komoditas fosil. Karbon dioksida kemudian mengalami proses kompresi untuk membentuk fluida padat. Ini membantu mengangkut CO₂ serta menyimpannya. Cairan yang telah termampatkan diangkut melalui pipa dan kemudian di-inject ke dalam fasilitas penyimpanan bawah tanah. Teknologi CCS saat ini umumnya sangat mahal dan diperlukan pengembangan yang signifikan untuk mengembangkan teknologi CCS yang lebih terjangkau. Dengan demikian, tujuan utama dari

artikel ini adalah untuk meninjau teknologi CCS dan untuk mengeksplorasi upaya terbaru yang dilakukan oleh komunitas ilmiah untuk menghasilkan pendekatan baru yang dapat mengurangi biaya keseluruhan dari teknologi vital ini. Gambar. 1 menunjukkan gambaran skematis rantai CCS. CCS juga mencakup proses biologis, seperti penggunaan pohon atau mikroalga untuk menangkap CO₂. Namun, lebih umum untuk melihat metodologi CCS ini terkait dengan proses non-biologis dalam menangkap CO₂ dari pembakaran.

Gambar 1 - Tampilan Skematis Rantai CCS (IPCC, 2005)





Metodologi CCS terdiri dari tiga langkah: CO_2 capture, transportasi CO_2 dan CO_2 storage. CO_2 ditangkap pada suatu titik sumber, seperti pembangkit listrik dan fasilitas pabrik industry dengan berbagai macam teknologi yang bisa dipakai untuk tujuan ini. Yang paling umum adalah absorpsi, adsorpsi, pemisahan oleh membran dan pemisahan secara kriogenik. Kemudian, campuran gas yang ditangkap dikompresi menjadi cairan termampatkan dan cairan superkritis untuk diangkut dengan pipa atau kapal ke tempat penyimpanannya. Opsi penyimpanan CO_2 terdiri dari penyimpanan geologi, penyimpanan di laut, dan mineralisasi. Intinya, CCS mencegah CO_2 keluar dari atmosfer dengan menangkapnya dari gas buang hasil pembakaran dan menyuntikkannya ke dalam *reservoir* yang mengandung cairan selama ribuan tahun. CCS adalah pilihan teknologi yang penting karena memungkinkan masyarakat untuk mempertahankan infrastruktur berbasis karbon/fosil yang ada, sambil meminimalkan efek CO_2 pada sistem iklim di bumi. Namun, teknologi ini masih dalam pengembangan.

System CO_2 capture mewakili fraksi utama dari total biaya, dengan nilai berkisar antara 24 hingga 52 €/ ton- CO_2 (Bode dan Jung, 2006). Biaya transportasi CO_2 bervariasi dengan dimensi pipa (panjang dan diameter), tekanan CO_2 dan karakteristik *landscape*, mulai dari 1 hingga 6 €/ ton- CO_2 per 100 km pipa. Total biaya CCS dapat bervariasi dari -3 hingga 106 €/ ton- CO_2 . Nilai-nilai negatif diharapkan bisa didapat dari proses injeksi CO_2 dalam bidang *enhance oil recovery* (EOR) (Solomon et al., 2008).

Ada hubungan antara emisi CO_2 (CD) dengan populasi (P), pembangunan ekonomi (diwakili oleh produk domestik bruto, GDP), produksi energi (E), bahan bakar berbasis karbon yang digunakan untuk produksi energi (C) dan penyerap CO_2 (S_{CO_2}), digambarkan dalam persamaan Kaya's identity yang dimodifikasi:

$$CD = P \frac{GDP}{P} \frac{E}{GDP} \frac{C}{E} - S_{CO_2}$$

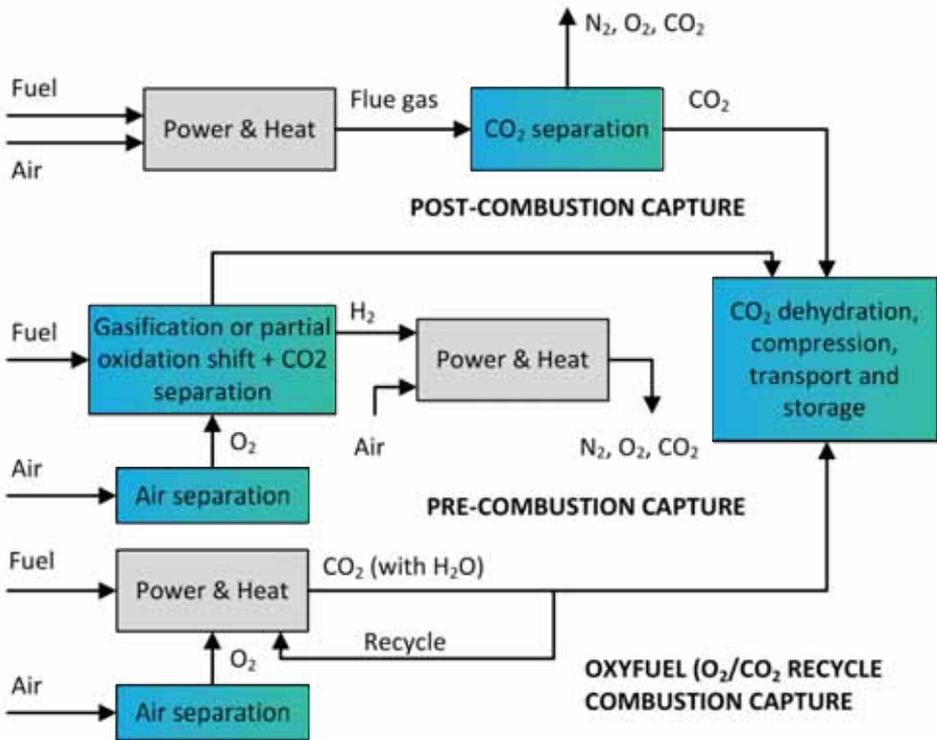
Persamaan ini menunjukkan bahwa emisi CO₂ meningkat seiring dengan jumlah penduduk, GDP per kapita, intensitas energi ekonomi (E / GDP) dan intensitas karbon dari sistem energi (C / E). Ada lima cara untuk mengurangi emisi CO₂, dimana dua yang pertama (pengurangan populasi dan penurunan output ekonomi) tidak dapat diterima sebagai keputusan kebijakan. Peningkatan efisiensi energi (E / GDP) dan perubahan bahan bakar fosil menjadi bentuk energi non-karbon (energi terbarukan dan nuklir) adalah langkah-langkah untuk mengurangi emisi CO₂ ke atmosfer. *Term* kelima, mewakili CO₂ sink, yang mewakili kontribusi teknologi CCS. Ada studi yang membandingkan tiga opsi

utama untuk mengurangi konsentrasi CO₂ di atmosfer: penghematan energi, perpindahan energi karbon ke non-karbon dan penggunaan CCS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa CCS adalah pilihan yang berharga, bahkan dengan kebocoran CO₂ beberapa persen (lebih rendah dari 2% v / v).

Teknologi CO₂ Capture

CO₂ capture dapat dilakukan melalui tiga konsep teknologi berikut: *post-combustion capture systems*, *pre-combustion capture systems* dan *oxy-fuel capture systems* yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Gambar 2 - Konsep teknologi untuk CO₂ Capture (Gibbins dan Chalmers, 2008)





CO₂ capture dapat dilakukan melalui tiga konsep teknologi berikut: post-combustion capture systems, pre-combustion capture systems dan oxy-fuel capture systems

Untuk yang pertama (teknologi **post-combustion**), gas buang mengandung CO₂ dengan konsentrasi rendah (4-14% v / v) merupakan batasan penting untuk CO₂ Capture. CO₂ separation process capture yang paling banyak digunakan adalah dengan absorpsi menggunakan amina sebagai absorbent. Konsentrasi CO₂ yang rendah dalam gas buang membutuhkan pelarut kimia yang kuat dan, jika diterapkan, jumlah energi yang tinggi harus dikeluarkan untuk meregenerasi pelarut. Ini diterapkan untuk menghasilkan CO₂ dengan kemurnian tinggi, yang dapat diterapkan dalam enhance oil recovery, produksi urea dan dalam industri makanan / minuman. Proses pemisahan lainnya juga dapat diterapkan. Adsorpsi, membran pemisahan gas dan distilasi kriogenik juga dibahas dalam disini.

Dalam sistem kedua (**pre-combustion capture**), bahan bakar direaksikan dengan oksigen dan / atau steam untuk membentuk campuran H₂ dan CO₂. CO₂ kemudian dapat dipisahkan dari H₂, dan hidrogen murni dibakar dengan udara di pembangkit listrik. Pemisahan CO₂ dan H₂ dapat dilakukan dengan absorpsi, adsorpsi atau membrane. Biomass dan natural gas dapat digunakan untuk teknologi pre-combustion capture. Tujuan dari sistem ini adalah untuk mengubah bahan bakar karbon menjadi bahan bakar tanpa karbon:

energi kimia karbon diubah menjadi energi kimia hidrogen. Keuntungan utama pada sistem pre-combustion adalah konsentrasi CO₂ yang lebih tinggi dan tekanan yang dicapai dalam aliran keluaran. Dengan demikian, peralatan yang diterapkan untuk memisahkan CO₂ dari aliran yang dirujuk dapat lebih kecil dan pelarut yang berbeda dapat digunakan dengan jumlah energi yang lebih rendah untuk pendinginan. Kerugian utama dari pre-combustion capture adalah tingginya biaya investasi.

Pada **oxy-fuel combustion**, disini proses dilakukan dengan menggunakan oksigen murni (tanpa ada nitrogen pada sistem) yang diproduksi menggunakan pemisahan udara secara kriogenik atau membran. Produk pembakaran pada dasarnya adalah CO₂ dan H₂O, yang dipisahkan oleh air kondensasi. Pembakaran dengan oksigen murni dikaitkan dengan suhu tinggi bila dibandingkan dengan pembakaran dengan udara. Nitrogen yang ada di udara adalah pendingin utama. Dalam proses oxy-fuel, gas buang yang didinginkan digunakan sebagai pendingin daripada nitrogen atmosfer. Daur ulang gas buang kaya-CO₂ mengurangi suhu menjadi nilai-nilai ambient. Akibatnya, konsentrasi CO₂ dalam aliran output tinggi, dengan nilai di atas 80% v / v. Selain itu, NO_x tidak terbentuk, yang merupakan keuntungan lain untuk sistem post-combustion. Biaya utama teknologi oxy-fuel terkait

dengan pemisahan O₂ dan N₂ dengan unit pemisahan udara. Destilasi kriogenik adalah proses yang sangat mahal dan membutuhkan konsumsi energi yang tinggi. Untuk mengurangi energi yang dibutuhkan dalam proses pemisahan ini, dapat digunakan sistem hybrid yang tersusun oleh membran permeabel O₂ / N₂ dan destilasi kriogenik. Proses membran memperoleh aliran udara yang kaya oksigen, yang diubah menjadi oksigen dengan kemurnian tinggi menggunakan destilasi kriogenik.

“ **Teknologi proses pemisahan CO₂ secara fisik dan kimia difokuskan pada proses absorpsi, adsorpsi, gas separation membrane, distilasi kriogenik / cryogenic distillation.**

Tabel 1 – Perbandingan Proses Teknologi Carbon Capture.

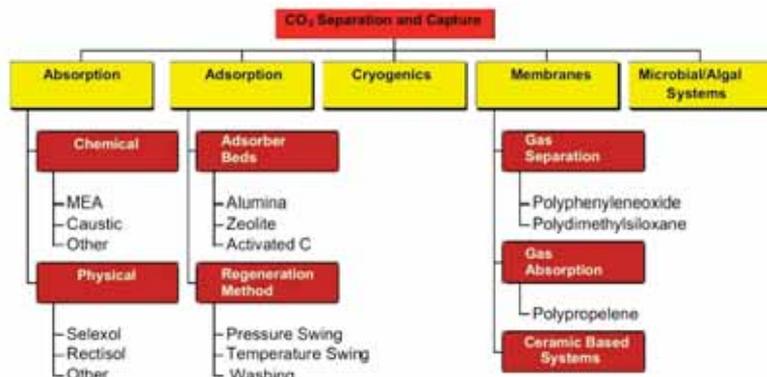
Technical issue	Post combustion capture	Pre-combustion capture	Oxyfuel combustion capture
Maturity of Technology	Matured type of technology utilized in many well-known applications at commercialized level	Dominant in process industry. Carbon capture and storage plants on full scale under progress.	There are presently no full scale oxyfuel carbon combustion and storage plant operating.
Merits	Very suitable for reconstruction of plants already in existence and this helps in consistent usage of common power plant generating technology like pulverized coal. There is also extensive research to enhance the efficiency of energy obtained from post combustion carbon capture equipment	The CO ₂ separation process is less energy intensive because of low gas volume, high pressure and high carbon dioxide concentration. Acid gas removal process presently are used in several technologies commercially. The water consumption for this technology is also low compared to post combustion capture.	Pollutant is reduced. There is also no need for chemical operations on site. The technology is robust implying that it is compatible with other type of fuels. It is also easy and simple to reconstruct.
Demerit	Separation constraint due to low CO ₂ partial pressure in flue gas.	High energy loss because of sorbent regeneration.	Net power output reduced.
Capital	Very expensive technology in terms of cost of operating the system.	IGCC cost is more than that of coal plant.	Technology for separating air very expensive

Teknologi Separasi CO₂

Teknologi proses pemisahan CO₂ secara fisik dan kimia dalam artikel ini difokuskan pada proses yang paling umum

yaitu: (i) absorpsi; (ii) adsorpsi; (iii) *gas separation membrane*; dan (iv) distilasi kriogenik / cryogenic distillation.

Gambar 3 – Berbagai Teknologi yang Digunakan untuk Separasi CO₂ Dalam CCS (Su et al., 2009).





1. Absorpsi

Absorpsi adalah proses fisik atau kimia di mana atom, molekul atau ion dilarutkan dalam fase bulk. Proses disini berbeda dari adsorpsi, karena molekul yang mengalami penyerapan berdasarkan volume, bukan hanya pada permukaan (seperti dalam kasus untuk adsorpsi). Absorpsi adalah proses umum dalam industri kimia dan digunakan antara lain dalam pengolahan aliran gas industri yang mengandung gas asam seperti H_2S , NO_x dan CO_2 . Dalam proses pengolahan gas ini, larutan berair dari alkanolamina umumnya digunakan. Sistem ini juga penting untuk menangkap CO_2 dari gas buang dalam proses absorpsi-desorpsi regeneratif. Namun, absorpsi memiliki beberapa kelemahan yaitu: (i) pelarut yang digunakan memiliki kapasitas *loading* siklik CO_2 terbatas; (ii) dapat menimbulkan korosi peralatan; (iii) regenerasi pelarut membutuhkan konsumsi energi yang tinggi; (iv) sejumlah besar pelarut hilang karena penguapan; dan (v) pelarut dapat terdegradasi dalam lingkungan kaya oksigen.

2. Adsorpsi

Adsorpsi sedikit berbeda dari absorpsi karena adsorpsi melibatkan koneksi fisik dan kimia spesifik antara CO_2 dan permukaan adsorben. CO_2 yang teradsorpsi kemudian menghilang melalui *pressure swing adsorption* (PSA) atau *temperature swing adsorption* (TSA) untuk meregenerasi bahan adsorben. Adsorben yang jenuh dipanaskan dalam *temperature swing adsorption* ke kondisi operasi di mana ikatan fisik dan kimia hancur yang mengarah ke

detachment reaktan teradsorpsi tetapi untuk *pressure swing adsorption* ada pengurangan tekanan untuk menghasilkan efek yang sama. Ketika konsentrasi CO_2 tidak signifikan, *temperature swing adsorption* sering digunakan tetapi ketika konsentrasi CO_2 tinggi, *pressure swing adsorption* lebih disukai. *Pressure swing adsorption* berguna karena kebutuhan temporal yang singkat untuk meregenerasi adsorben. Beberapa adsorben fisik yang terkenal adalah zeolit dan sorben amina.

3. Teknologi Membrane

Prinsip difusi Knudsen adalah fenomena yang mengarah pada pemisahan membran. CO_2 larut dalam membran dan berdifusi melalui laju yang sebanding dengan gradien tekanan parsialnya. Pemanfaatan teknologi membran yang tidak difasilitasi lebih dominan dalam penghilangan CO_2 dari gas alam dan di mana tekanan parsial karbon dioksida tinggi. Dalam menangkap karbon dari gas buang karena karbon dioksida lebih sedikit, akan ada lebih banyak energi yang dipaksakan karena pekerjaan kompresi diperlukan untuk mendukung kekuatan pendorong yang cukup untuk mendapatkan rasio penangkapan karbon yang diperlukan. Peningkatan selektivitasnya tergantung pada seberapa permeabel membran dirancang untuk digunakan. Ini menyiratkan bahwa meskipun memiliki banyak manfaat seperti efek dan degradasi lingkungan yang rendah,



Teknologi proses pemisahan CO₂ secara fisik dan kimia difokuskan pada proses absorpsi, adsorpsi, gas separation membrane, distilasi kriogenik / cryogenic distillation.

mengintegrasikannya ke pembangkit listrik yang sudah ada menimbulkan tantangan. Para peneliti saat ini sedang menyelidiki banyak cara untuk menghindari tantangan ini. Pemisahan membran transport yang difasilitasi adalah salah satu pendekatan baru yang dirancang, yang direkomendasikan oleh para peneliti di seluruh dunia. Itu terdiri dari pembawa fase bergerak atau cair yang mendukung pergerakan CO₂ sebagai bikarbonat. Ini akan mendukung permeabilitas serta selektivitas CO₂ melintasi membran. Membran matriks campuran juga merupakan jenis baru teknologi membran. Mereka terbuat dari pengisi membran polimer. Beberapa pengisi adalah; zeolit, silika mesoporous dan zeolitic imidazolate. Membran yang dimodifikasi ini mengurangi biaya pemrosesan dan meningkatkan permeabilitas. Kekuatan dan stabilitas sehubungan dengan panas untuk membran ini sangat baik. Jenis baru teknologi pemisahan membran adalah kontaktor membran gas. Jenis-jenis membran ini tidak tergantung pada pendekatan difusi Knudsen. Membran

untuk kontaktor membran gas hanya bertindak sebagai titik aplikasi antara gas buang serta pelarut penyerapan CO₂. Mereka menunjukkan kekompakan sistem membran dan selektivitas tinggi dari proses penyerapan berbasis amina. Kerugian utama mereka adalah bahwa ada keterbatasan dalam hal transportasi massa karena resistensi pada kerangka membran

4. **Cryogenic distillation**

Pendekatan ini melibatkan beberapa aplikasi kompresi di ambient suhu serta tekanan untuk memisahkan gas. Teknik ini cocok untuk menghasilkan karbon dioksida cair. Ini sangat ideal untuk penangkapan karbon dioksida dalam konsentrasi tinggi. Teknologi ini juga dapat digunakan sebagai pengganti metode scrubbing berbasis amina karena menggunakan air dalam jumlah yang lebih sedikit, menggunakan agen kimia murah, tahan korosi dan kurang berpengaruh terhadap lingkungan dalam hal polusi. Konsep ini juga mendukung operasi tekanan ambient serta CO₂ cair. Karena itu mereka mendukung transmisi CO₂ secara ekonomis. Pemisahan kriogenik juga memiliki beberapa keterbatasan. Itu adalah energi yang intensif karena kisaran suhu operasi menjadi rendah sehingga biaya operasi yang tinggi. Pembentukan es dalam pendekatan kriogenik sering menyebabkan sistem perpipaan tersumbat dan ini mengurangi tekanan jatuh yang menyebabkan masalah keselamatan. Oleh karena itu menjadi penting bahwa jumlah uap air dihilangkan sebelum proses pemisahan. Proses ini menambah biaya awal menggunakan teknologi ini.



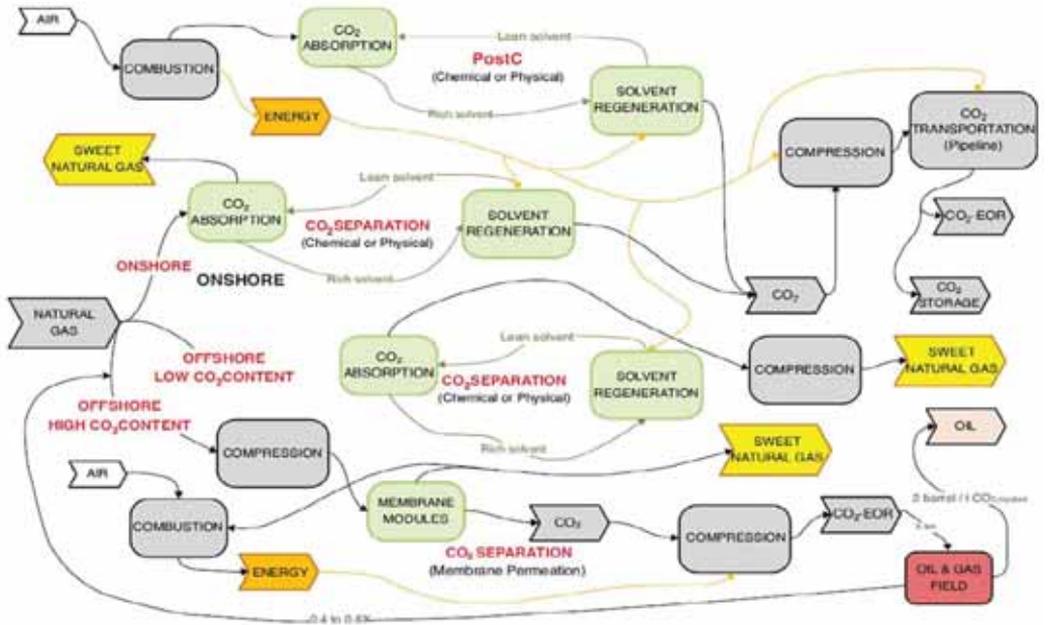
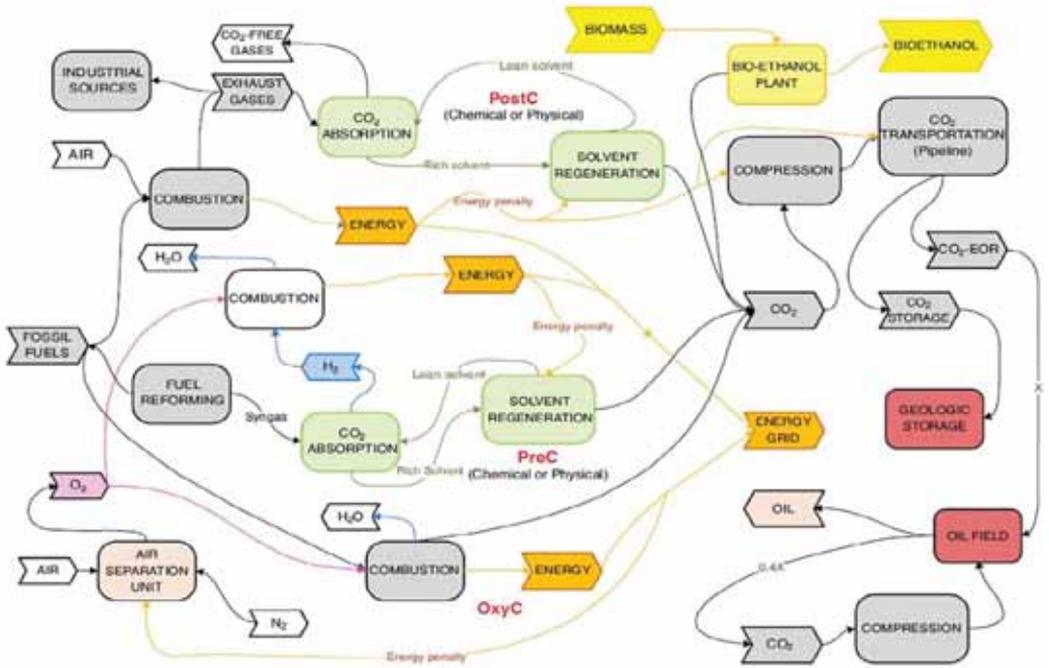
Tabel 2 – Perbandingan Efektivitas Teknologi Separasi CO₂ Pada CCS untuk Skala Komersial.

Technological advancement	Merit	Obstacle and literature gap
Absorption via chemical means	It is considered a matured kind of technology for post combustion. It is also suitable for power plants fired by carbon. The efficiency for capturing the carbon dioxide is very high and losses with respect to hydrocarbons is low.	The capture ratio and heat ratio are very high. For power plants operated using coal, there is high capture energy penalty of approximately 20–30%. Challenges relating to corrosion is also a major obstacle. Solvent challenge relating to stability, reduction in capture ratio, heat ratio and stripping temperatures to facilitate the usage of waste heat. The selectivity is low with high hydrocarbon losses
Physical absorption	Has high capture efficiency. Very suitable for power plants fired by coal. The capture efficiency is very high but the heat ratio is low for regeneration. This is also considered a matured technology for processing of natural gas and post combustion.	
Membrane penetration	Suitable for natural gas processing on large scale. Does not require any chemicals.	Confining of natural gas is needed. There is high hydrocarbon losses
Pre combustion	Appropriate for power plants fired by coal. Cost effective, suitable for hydrogen production in commercial quantities. Has highly efficient, approximately 10–15% low capture energy penalty.	It is very complex, requires new materials for high carbon dioxide capture at high temperature, huge capital expenses, still undergoing developmental processes. The experience for large scale hydrogen fired power plant is still inadequate
Cryogenic distillation	This is also a matured technology for natural gas with high carbon dioxide composition, high selectivity, little hydrocarbon losses. There is no need for compression as the carbon dioxide is obtained in liquid state hence transportation is easy and simple. Suitable for high carbon dioxide composition.	Avoiding the carbon dioxide freeze out is very necessary and also refrigeration energy penalties.

Transportasi pengaliran CO₂

Pengangkutan CO₂ adalah teknologi yang sudah matang yang secara teknis persyaratannya serupa dengan yang diterapkan pada transportasi gas lainnya. Umumnya, CO₂ tidak disimpan di tempat yang sama dengan tempat ia ditangkap. Dengan demikian, itu harus diangkat dan, tergantung pada jarak antara dua tempat (titik penangkapan ke lokasi

penyimpanan), ini dapat dilakukan dengan pipa, truk kapal atau kapal tanker. Untuk mengangkut CO₂ dalam volume besar, saluran pipa (*pipeline*) dianggap sebagai metode yang paling hemat biaya dan handal. Namun, dalam beberapa situasi atau lokasi, transportasi CO₂ dengan kapal mungkin menarik secara ekonomi, terutama ketika CO₂ harus dipindahkan jarak jauh atau ke luar negeri. Secara teori terkait transportasi pipa CO₂,



Current Opinion in Chemical Engineering



Untuk mengangkut CO₂ dalam volume besar, saluran pipa (pipeline) dianggap sebagai metode yang paling hemat biaya dan handal.

disini diameter pipa adalah parameter penting untuk estimasi biaya metode transportasi ini. Selain itu, penilaian risiko kuantitatif untuk transportasi pipa CO₂ dapat dievaluasi dalam beberapa konteks penelitian dan proyek CCS.

Beberapa juta ton CO₂ sudah berhasil diangkut melalui jalur pipa, sebagian besar diangkut ke ladang EOR. Pipa yang menghubungkan beberapa kawasan industri dapat dibagi, yang memungkinkan pengurangan emisi terbesar dengan biaya lebih rendah. Alat komputer untuk analisis ekonomi pernah dikembangkan dalam proyek *GeoCapacity* yang didanai oleh Uni Eropa untuk mengevaluasi sistem transportasi CO₂ berdasarkan jaringan pipa berbiaya rendah untuk menghubungkan sumber-sumber CO₂ dan reservoir penyimpanannya. Selain itu, model ekonomi rekayasa diusulkan untuk mengevaluasi biaya per ton pengangkutan CO₂ untuk berbagai laju aliran CO₂, pada berbagai jarak di Amerika Serikat. Dispersi atmosfer karbon dioksida setelah sublimasi dari *dry ice bank* menjadi perhatian ketika dikaitkan dengan kriteria keselamatan untuk transportasi karbon dioksida dalam proyek Carbon Sequestration. Disini terindikasi bahwa gas CO₂ dingin dapat mengakibatkan masalah keselamatan manusia untuk kondisi tertentu.

Sebelum dilakukan transportasi, aliran CO₂ dikondisikan untuk menghilangkan kotoran dan dikompresi menjadi bentuk superkritis. CO₂ yang ditangkap dapat mengandung kotoran seperti uap air, H₂S, N₂, metana, O₂ dan hidrokarbon. Air harus dikurangi menjadi persentase yang lebih rendah, karena bereaksi dengan CO₂ dan senyawa asam lainnya untuk membentuk asam, yang bersifat korosif. Transportasi CO₂ dalam bentuk superkritis (pada tekanan berkisar 80-150 bar, CO₂ berperilaku sebagai cairan termampatkan dengan densitas/rapat massa sekitar 900 kg/m³) lebih efisien, karena nilai densitas lebih rendah dari gas CO₂ dan penurunan tekanan relatif tinggi per satuan panjang. Menerapkan tekanan lebih tinggi dari tekanan kritis CO₂, fluktuasi suhu di sepanjang pipa tidak akan menghasilkan pembentukan gas CO₂ dan kesulitan yang dihadapi dengan aliran dua fase. Kebutuhan energi untuk proses pengkondisian akan tergantung pada komposisi dan tekanan aliran kaya CO₂ dan proses transportasi yang dipilih, dan biasanya antara 90 dan 120 kWh / ton-CO₂. Dalam transportasi kapal, sebagian besar zat volatil harus dihilangkan untuk menghindari suhu yang terlalu dingin dan pembentukan *dry ice* dalam CO₂ cair. Untuk transportasi pipa, penghilangan pengotor tidak harus dilakukan; Namun, masuk disarankan dari sudut pandang ekonomi.

CO₂ Storage

Penyerapan CO₂ mengacu pada penyimpanan CO₂ jangka panjang untuk dikurangi emisi CO₂ ke atmosfer. Dengan prinsip-prinsip sebagai berikut: (i) penyimpanan harus aman; (ii) dampak lingkungan seharusnya minimal; (iii) penyimpanan harus dapat diverifikasi; dan (iv) *storage liability* tidak terbatas. Berdasarkan IPCC (2005), opsi penyimpanan dikelompokkan dalam: penyimpanan geologi, penyimpanan laut atau mineralisasi. Proses terakhir terdiri dari konversi CO₂ menjadi karbonat anorganik padat menggunakan reaksi kimia (mirip dengan pelapukan alami). Proses ini menawarkan peluang penyimpanan permanen dan aman CO₂ selama periode yang panjang. Tantangan utama adalah biaya tinggi. Penyimpanan laut terdiri atas injeksi CO₂ pada kedalaman yang signifikan di mana ia melarutkan atau membentuk hidrat atau lebih berat daripada gelembung-gelembung air yang tenggelam di dasar laut. Proses ini mempercepat transfer CO₂ ke dalam laut yang terjadi secara alami



Penyimpanan laut terdiri atas injeksi CO₂ pada kedalaman yang signifikan di mana ia melarutkan atau membentuk hidrat atau lebih berat daripada gelembung-gelembung air yang tenggelam di dasar laut.

dengan perkiraan laju 2 Gton / tahun. Lautan dianggap sebagai penyimpan CO₂ terbesar. Diperkirakan lautan mengandung 40.000 Gton karbon, berbeda dengan 750 Gton di atmosfer dan 2200 Gton di biosfer terestrial. Beberapa teknik diuji untuk melakukan transfer CO₂ ke laut: (i) injeksi vertikal; (ii) pipa miring; (iii) pipa yang ditarik oleh kapal; dan (iv) *dry ice*. Bagaimanapun, peningkatan konsentrasi CO₂ di lautan bisa berdampak konsekuensi serius pada kehidupan laut. CO₂ mengarah ke pengasaman laut, mempengaruhi tingkat pertumbuhan karang. Oleh karena itu, penyerapan geologis CO₂ dianggap sebagai opsi yang paling layak. Opsi penyimpanan geologis adalah: reservoir minyak dan gas (yang akan habis, dalam kombinasi dengan EOR atau *enhance gas recovery*); *saline aquifers*; dan lapisan batubara yang tidak dapat ditambang (dalam kombinasi *enhance coal bed methane recovery*). Reservoir minyak dan gas dapat digunakan, karena untuk recovery bahan bakar fosil. Disini terdapat persyaratan untuk penyimpanan geologis yaitu sebagai berikut: (i) porositas dan ketebalan yang memadai (kapasitas penyimpanan) dan permeabilitas (injektivitas); (ii) caprock seal yang baik; dan (iii) lingkungan geologis yang stabil untuk menghindari permasalahan *integrity* pada *storage site*. Sedangkan untuk *saline aquifers* juga menarik perhatian banyak peneliti, karena kapasitas penyimpanannya yang tinggi, lebih tinggi daripada yang dari opsi penyimpanan geologis lainnya. Perhatian utama penyimpanan CO₂ adalah apabila ada kebocoran gas ini di atmosfer, yang dapat membuat CCS tidak efektif sebagai opsi pengurangan perubahan iklim. Kebocoran CO₂ menimbulkan beberapa konsekuensi: (i) sesak napas (CO₂ berbahaya bagi kesehatan manusia dengan konsentrasi lebih besar dari



Penerapan awal teknologi CCS untuk sumber emisi CO₂ yang besar akan selalu membutuhkan insentif tambahan untuk mengurangi upaya investasi.

0,5-1,5% v / v, di mana konsentrasi di atmosfer adalah 0,038% v / v); (ii) kematian hewan kecil dan hewan kecil yang tinggal di daerah tertutup dimana CO₂ dapat terakumulasi (karena lebih berat dari udara); dan (iii) perubahan pH air dan memengaruhi kehidupan laut (jika kebocoran terjadi di dasar lautan). Selain itu, injeksi CO₂ dalam formasi geologis dapat mengasamkan air tanah yang dapat diminum yang disajikan di dekatnya, yang menyebabkan penguraian logam berat (yang beracun). Efek ini mengurangi kualitas air minum yang diperoleh dari sumber-sumber ini.

Tantangan dan Prospek Teknologi CCS di Masa Depan

Biaya yang terkait dengan semua bagian proses CCS harus dikurangi melalui penelitian dan demonstrasi yang intensif. Untuk penerapan CCS pada skala besar, penelitian besar diperlukan di beberapa bidang proses, terutama dalam teknologi proses penangkapan/carbon capture (60–80% dari total biaya rantai CCS): peningkatan kinerja pelarut, peningkatan sistem membran, proses *chemical looping* yang efisien. Mengenai CO₂ capture, semua teknologi (*post-combustion*, *pre-combustion*, dan *oxy-fuel combustion*) memiliki kelebihan dan kekurangan. Penerapan awal teknologi CCS untuk sumber emisi CO₂ yang besar akan

selalu membutuhkan insentif tambahan untuk mengurangi upaya investasi. Ini dapat dilakukan dengan pembayaran emisi yang dihindari ke atmosfer. Arahan penelitian yang diperlukan dalam CO₂ capture adalah: (i) peningkatan kualitas sorben kimia dan fisika; (ii) peningkatan transportasi ion dan membran lainnya dan integrasi dalam proses penghasil daya; dan (iii) menghilangkan *scale-up gap* dari skala laboratorium ke skala pilot plant maupun proyek dengan skala yang lebih besar.

Terkait dengan transportasi dan CO₂ storage, disini potensial pengurangan biaya lebih kecil. Namun, efek kotoran dalam transportasi CO₂ harus diperhatikan. Prosedur respon emergensi harus dikembangkan terlebih dahulu untuk menghindari kemungkinan kecelakaan saluran pipa CO₂. Sehingga, diperlukan penelitian tentang aspek keselamatan dan pemahaman kapasitas. Faktor keselamatan bisa menjadi tantangan terbesar untuk implementasi CCS. Masyarakat harus diyakinkan bahwa teknologi ini dapat menyimpan CO₂ dalam waktu yang lama dengan probabilitas risiko rendah untuk kesehatan manusia dan lingkungan.

Pertamina dan PLN sebagai perusahaan energi terbesar di Indonesia sudah saatnya untuk turut mendukung dan



mengimplementasikan teknologi CCS kedalam proses produksi energi berbasis karbon (bahan bakar fosil dan turunannya) baik pada sektor hulu sampai ke hilir secara terintegrasi. Salah

satu langkah awal yang bisa dilakukan adalah dengan menggalakkan riset

terkait pengimplementasian CCS dan studi kelayakan CCS pada infrastruktur yang tersedia, serta dengan melakukan kolaborasi riset dengan perguruan tinggi yang berpotensi di seluruh Kawasan kerja perusahaan. Dari sini diharapkan akan terwujudnya khususnya produksi energi fosil yang lebih bersih dan aman untuk lingkungan, serta teknologi CCS yang lebih terjangkau dan affordable. ■

Gambar 5 – Petra Nova adalah salah satu *carbon capture and sequestration power plants* komersial di dunia (NRG Energy)



REFERENSI:

1. Bode, S., Jung, M., 2006. Carbon dioxide capture and storage-liability for non-permanence under the UNFCCC. *Int. Environ. Agreem. Politics Law Econ.*
2. Solomon, S., Carpenter, M., Flach, T.A., 2008. Intermediate storage of carbon dioxide in geological formations: a technical perspective. *Int. J. Greenh. Gas Con.*
3. Gibbins, J., Chalmers, H., 2008. Carbon capture and storage. *Energ Policy.*
4. IPCC, 2005. Special report on carbon capture and storage. In: Metz, B., et al. (Ed.), Working group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, UK, New York.
5. Su, Fengsheng, Lu, Chungsyng, Cnen, Wenfa, Bai, Hsunling, Hwang, Jyh Feng, 2009. Capture of CO₂ from flue gas via multiwalled carbon nanotubes. *Sci. Total Environ.*
6. Gibbins, J., Chalmers, H., 2008. Carbon capture and storage. *Energ Policy.*

TERBUKTI DIAKUI DUNIA

Technical Partner



SOLUDORA CORSE



PERTAMINA Fastron

Pelumas yang dilengkapi dengan **Nano Guard Technology**, sangat dianjurkan untuk pelumas mobil generasi terbaru dan mampu bertahan dalam kondisi ekstrim. Pelumas Pertamina Fastron diformulasikan dari synthetic base oil dan aditif pilihan, yang menghasilkan kinerja yang sangat baik untuk mesin Anda. Pelumas Pertamina Fastron kompatibel dengan teknologi sistem emisi gas buang modern dan mendukung penghematan bahan bakar menjadi lebih ekonomis.

**Best performance
Maximum Protection Lubricants**



DIESEL GOLD TECHNO

Metode Sand Consolidation dengan Menggunakan Resin untuk Optimasi Produksi Di Lapisan Dangkal Pada Formasi Tarakan Lapangan Bunyu

Penurunan tekanan pada lapisan *shallow* (dangkal), maka dapat menimbulkan masalah kepasiran.

Oleh: Catur Sunawan Balya
Production Senior Engineer

Oleh: Artika Febriana Praditia
Reservoir Senior Engineer

Oleh: Ridwan Kiay Demak
Production Senior Engineer

I. PENDAHULUAN



SEIRING DENGAN berjalannya waktu, produksi dari suatu *reservoir* minyak dan gas akan mengalami penurunan dimana

disebabkan antara lain karena terjadinya penurunan tekanan *reservoir*. Adanya penurunan tekanan pada lapisan *shallow* (dangkal), maka dapat menimbulkan

masalah kepasiran yaitu pada formasi atau *reservoir* yang memiliki *compressive strength* yang rendah dan *permeability / porosity* (Φ), sementasi antar batuan yang kurang baik dan batuan pasir yang tidak kompak (*unconsolidated*) sehingga pasir mudah untuk terlepas. Masalah kepasiran ini selain dapat mengakibatkan kerusakan pada fasilitas permukaan (*surface facilities*) juga berdampak pada kerusakan ikatan semen disekitar lubang sumur yang menyebabkan produksi air naik secara signifikan akibat *channeling* fluida



yang menerobos pada lubang perforasi sehingga produksi minyak dari sumur menjadi turun atau hilang.

Untuk mengatasi kepasiran pada formasi dangkal ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu *Gravel pack* (metoda mekanik) dengan memasukkan propan pada formasi untuk menahan pasir dan memasang saringan (*screen*) untuk menahan propan agar tetap pada tempatnya. Cara

kedua adalah metoda kimiawi dengan menggunakan bahan resin sebagai pengikat antar butiran pasir sehingga butiran pasir dapat ditahan agar tidak bergerak kedalam lubang sumur sehingga produksi pasir dapat dicegah atau dikurangi secara signifikan dan produksi sumur dapat stabil dan cenderung meningkat.

Dilihat dari jenis metode tersebut maka tipe *reservoir* sangat menentukan untuk memilih jenis metode yang sesuai untuk digunakan pada sumur tersebut sehingga apa yang telah dilakukan dapat memberikan hasil maksimal. Pada lapangan X memiliki *permeability*, *porosity* yang besar, butiran pasir halus dan lapisan yang tipis 2 - 4 meter dimana dibawah atau diatasnya ada kemungkinan lapisan yang berisi *water*. Target rate produksi sekitar 300 - 500 BFPD dan pasir sebanyak 0.5% sehingga metode yang sesuai yaitu menggunakan Resin untuk mencegah kepasiran.

II. KAJIAN PUSTAKA

Penanggulangan masalah kepasiran dalam dunia migas merupakan hal yang sering terjadinya khususnya pada lapangan tua yang sudah *depleted*, sehingga perlu adanya penelitian penanganan masalah kepasiran pada batuan pasir.

II.1 Sifat Fisik Batuan *Reservoir*

Batuan *reservoir* merupakan batuan berpori (misalnya batuan pasir - *sandstone*) atau berongga/rekah (misalnya batuan gamping - *limestone*). Di dalam ruang pori atau rekahan itulah fluida *reservoir* (minyak, gas, air) terakumulasi. Syarat utama untuk menjadi batuan *reservoir* adalah batuan tersebut harus *porous* dan *permeable*, dibatasi *caprock* pada bagian atas dan bawah atau pada bagian bawah berupa air yang disebut *aquifer*, sehingga terbentuk

jebakan hidrokarbon di dalam *reservoir* tersebut. Beberapa karakteristik batuan yang diketahui adalah porositas, permeabilitas, saturasi, dan tekanan kapiler.

Porositas Batuan

Porositas merupakan perbandingan antara volume ruang yang kosong (pori - pori) terhadap volume total (*bulk volume*) dari suatu batuan. Porositas batuan dinyatakan dalam persen atau fraksi. Porositas yang ditinjau dari hubungan antara pori terdapat dua yaitu sebagai berikut :

1. Porositas absolut merupakan perbandingan antara seluruh volume pori - pori dengan volume total batuan.
2. Porositas efektif merupakan perbandingan antara volume pori yang saling berhubungan dengan volume total batuan.

Pada umumnya yang banyak dipakai dalam teknik perminyakan adalah porositas efektif, antara lain dipakai untuk menghitung cadangan hidrokarbon dalam formasi batuan.

Saturasi Fluida

Untuk menentukan jumlah fluida hidrokarbon di dalam *reservoir* perlu diketahui isi cairan dari dalam batuan. Volume air yang didalam batuan perlu diketahui untuk menghitung berapa fluida hidrokarbon yang terdapat didalam *reservoir*. Dalam teknik *reservoir* jumlah air, minyak, dan gas persatuan volume pori dinyatakan dalam istilah saturasi.



Syarat utama untuk menjadi batuan reservoir adalah batuan tersebut harus porous dan permeable, dibatasi caprock pada bagian atas dan bawah atau pada bagian bawah berupa air yang disebut aquifer, sehingga terbentuk jebakan hidrokarbon di dalam reservoir tersebut.

Permeabilitas Batuan

Permeabilitas adalah ukuran kemampuan suatu batuan berpori (*reservoir*) untuk mengalirkan fluida yang saling berhubungan tanpa merusak batuan tersebut. Hubungan permeabilitas dengan laju alir di suatu sistem media berpori, dikemukakan oleh *Darcy*.

Mekanika Batuan

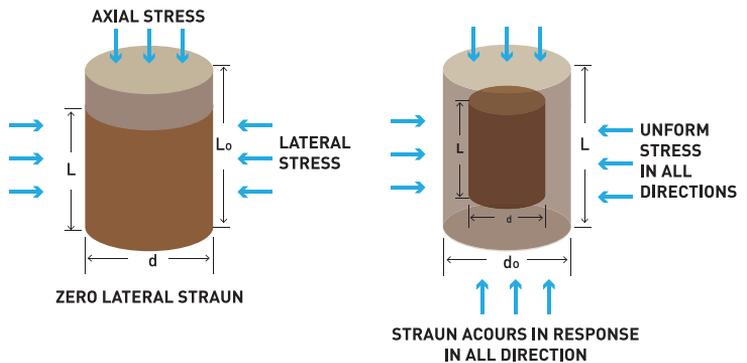
Dalam hal untuk memprediksi perilaku mekanika batuan dimana hal ini sangat diperlukan untuk kegiatan pemboran, kompleksi dan stimulasi serta program *Enhanced Oil Recovery*. *Geomechanics* suatu *reservoir*, yang mana merupakan penyebab adanya *formation fracture* dan *sand production*. Hal ini merupakan faktor penting untuk desain *well completion* dan *resevoir performance* selama masa produksi dan program EOR. Produksi minyak, gas dan air dari formasi akan memberikan perubahan tegangan dan regangan pada formasi karena penurunan

tekanan pori. Untuk memprediksi perilaku kompaksi dan kompresibilitas minyak formasi karena adanya penurunan tekanan formasi, maka perlu diketahui *compressibility characteristic* dari batuan *reservoir*. Sifat mekanika batuan, seperti *poisson ratio*, *shear modulus*, *young modulus*, *bulk modulus* dan *compressibility* dapat diperoleh dari dua sumber.

Strength of Rocks

Kekuatan batuan (*Strength*) adalah kemampuan batuan untuk menahan tegangan (*stress*) tanpa terjadinya regangan atau rekahan. Hal ini dipengaruhi oleh *mineralogy* batuan dan karakteristik kontak batuan.

Gambar 1. *Typical samples for uniaxial dan triaxial tests*



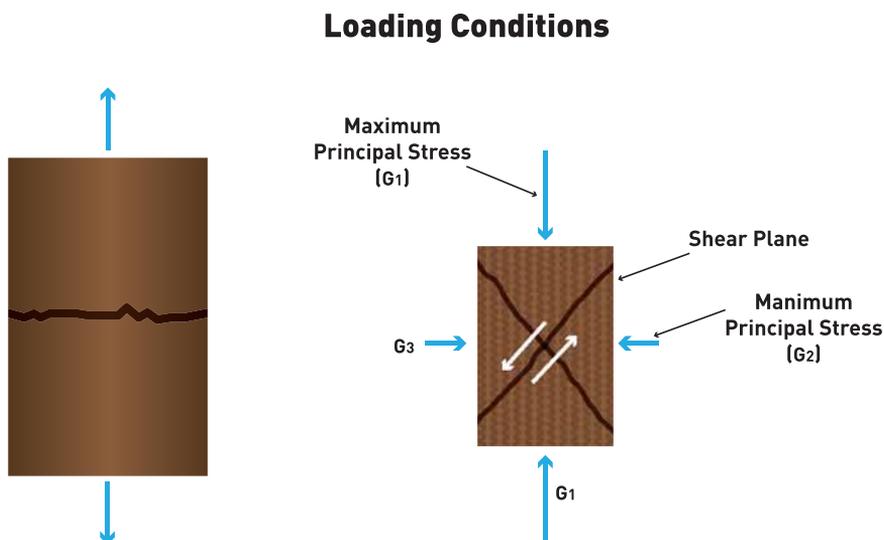
Gambar II.3 mengilustrasikan tipikal spesimen, sebuah silinder dengan rasio panjang : diameter adalah 2 : 1. Sebuah tekanan aksial ke permukaan silinder, sementara *oil bath* memberikan kemungkinan adanya tegangan yang berbeda dengan keliling tabung. Jika yang membatasi tegangan itu nol, maka tegangan disebut sebagai tegangan *uniaxial*. Ketika tes dilakukan dengan batasan tekanan nol, maka tes tersebut disebut triaksial. Uji kekuatan tekan uniaksial digunakan untuk menentukan kekuatan maksimal sebuah batuan, nilai dari maksimum tegangan tersebut tercapai sebelum *failure*.

Tensile Failure

Tensile failure dapat terjadi apabila tegangan tarik efektif di beberapa tempat melebihi dari *critical limit*. Limitasi ini disebut kekuatan tarik (*tensile strength*). Kekuatan tarik dimiliki oleh batuan. Batuan sedimen

memiliki kekuatan tarik yang lebih rendah. Pada kenyataannya hal tersebut adalah pendekatan standar untuk beberapa aplikasi yang memiliki tempat melebihi dari *critical limit*. Limitasi ini disebut kekuatan tarik. *Tensile* nol. Sampel yang mengalami *tensile failure* biasanya terpecah di sepanjang satu arah atau sangat sedikit *fracture*, seperti diilustrasikan pada Gambar II.4. *Fracture planes* sering berasal dari retakan yang sudah ada sebelumnya berorientasi kurang lebih normal ke arah kekuatan tarik. Probabilitas kerusakan tertinggi untuk batuan terletak pada retakan terbesar, maka retakan terbesar akan tumbuh semakin cepat dan cepat membelah sampel. Kekuatan tarik sensitif terhadap kehadiran retakan material. Kriteria kegagalan, yang menentukan kondisi *stress* untuk yang mana *tensile failure* akan terjadi, dan mengidentifikasi lokasi dari permukaan kegagalan pada *tensile*

Gambar 2. *Tensile and shear failure*



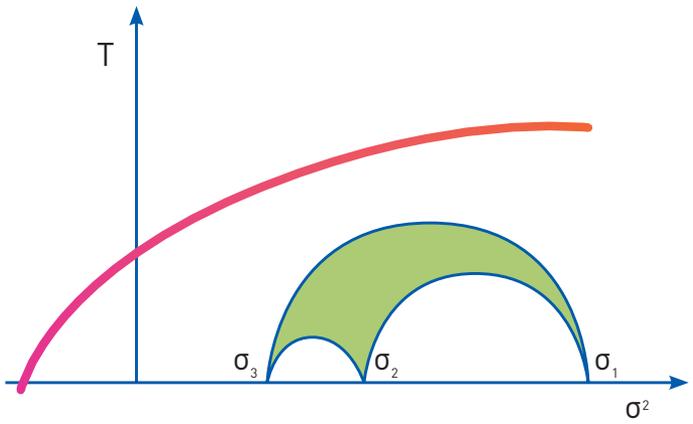


Shear Failure

Shear Failure terjadi ketika tegangan geser sepanjang beberapa bidang dalam sampel cukup tinggi. Akhirnya, zona sesar akan berkembang di sepanjang bidang failure, dan kedua sisi tempat akan bergerak relatif satu sama lain dalam proses gesekan, seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Sudah diketahui itu gaya gesekan yang bertindak melawan gerakan relatif dari dua benda dalam kontak tergantung pada kekuatan yang menekan body bersamaan. Oleh karena itu masuk akal untuk mengasumsikan bahwa yang critical shear stress (τ_{max}) dimana shear failure terjadi, tergantung dari normal stress (σ) acting over the failure plane.

sebelumnya hanya bagus untuk menggambarkan failure dalam brittle rezim dan tidak dapat digunakan untuk menggambarkan failure oleh keruntuhan pori. Akibatnya, perlu dijalankan baik tes triaksial dan hidrostatik untuk membangun failure envelope dengan lengkap. Beberapa upaya telah dibuat untuk membangun failure envelope lengkap dan menerapkannya dalam memprediksi produksi pasir. Melalui tes triaksial dan hidrostatik dari berbagai batupasir, satu normalized failure envelope didirikan oleh Zhang,

Gambar 3. Failure Curve as specified eq.6, in the shear stress - normal stress diagram



Pore Collapse

Selama menurunnya tekanan reservoir, tekanan efektif meningkat pada batuan formasi. Pada tingkatan tegangan tertentu, keruntuhan pori dapat terjadi dan ini dapat menyebabkan rock failure. Kriteria yang tercantum

(1990). Satu-satunya parameter muncul dalam envelope ternormalisasi adalah tekanan kritis, yang berkorelasi dengan kecepatan gelombang kompresi. Tidak jelas apakah envelope yang dinormalisasi ini dapat diterapkan secara universal.

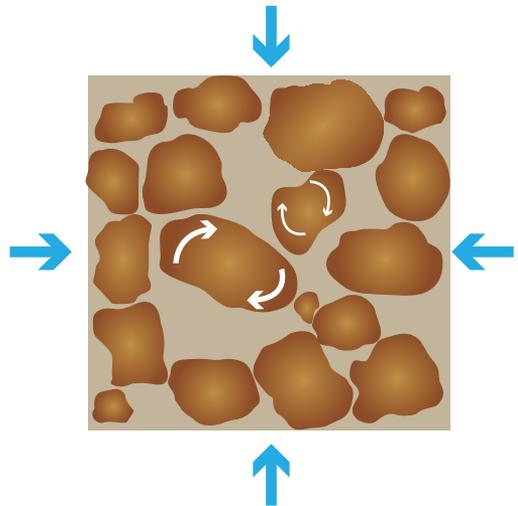
Kriteria Mohr Coloum

Jika sepotong batuan adalah subject pada tekanan yang cukup besar, kegagalan akan terjadi. Ini menyiratkan bahwa batuan dapat berubah bentuknya (*collapse*) secara permanen, dan mungkin juga batuan *failure*. Kondisi ini disertai dengan kemampuan yang berkurang untuk membawa beban. *Rock failure* juga merupakan fenomena penting bagi perminyakan terkait mekanika batuan, karena merupakan sumber masalah berat seperti lubang bor ketidakstabilan dan produksi padatan. Karena itu sangat berguna untuk dapat memprediksi di bawah dimana kondisi kemungkinan *rock failure*.

Compaction Failure

Pore Collapse adalah metode *failure* yang biasanya diamati hanya pada material porositas tinggi, kapan material dikompresi, butiran dapat terlepas atau pecah dan kemudian didorong atau dipelintir ke dalam ruang pori yang terbuka, menghasilkan *closer packing* material. Proses ini disebut pepadatan. Model deformasi ini secara skematik digambarkan pada Gambar 4. Dalam batupasir di mana ukuran pori-porinya sama besarnya dengan ukurannya butiran, keruntuhan pori biasanya terdiri dari reorientasi butiran untuk mengisi tempat yang kosong dengan baik. Untuk porositas tinggi, di mana ukuran individu butiran besarnya lebih kecil dari dimensi ruang pori, mekanisme *pore collapse* menjadi sangat penting. Kerusakan pori dapat terjadi di bawah *pure hydrostatic loading*. Namun, secara mikroskopis, *failure* akan disebabkan

Gambar 4. Grain Reorientation Resulting In a Closer Packing



oleh gaya geser lokal yang berlebihan yang bekerja melalui kontak butiran dan butiran. Dari sudut pandang ini, kerusakan pori dapat dianggap sebagai kegagalan geser terdistribusi dalam material. Mekanisme kegagalan lain yang mungkin terjadi di bawah *hydrostatic loading* adalah butiran yang hancur. Jika tekanannya cukup tinggi, sebagian butiran mungkin akan hancur pada kontak butiran, dan pemisahan butiran dapat terjadi, mekanisme *local failure* merupakan kerusakan permanen dari *rock frame work* dan penyebab batuan menghasilkan pengurangan terkait dalam kekakuan batu. Kegagalan jenis ini juga terjadi sampai batas tertentu di bawah kondisi stres non-hidrostatik, dan dapat diamati dalam tes triaksial di tekanan membatasi tinggi. Proses ini kemudian disebut sebagai *shear enhanced compaction*.



Karakteristik fluida reservoir diperoleh dari hasil analisa laboratorium, yang dikenal dengan nama analisa PVT (*pressure, volume, temperatur*).



II. 2 Sifat Fisik Fluida Reservoir

Karakteristik fluida *reservoir* diperoleh dari hasil analisa laboratorium, yang dikenal dengan nama analisa PVT (*pressure, volume, temperatur*). Apabila data laboratorium tidak tersedia dapat digunakan metode – metode pendekatan atau metode korelasi yang tersedia, misal metode korelasi standing.

Faktor Volume Formasi Minyak

Faktor volume formasi minyak didefinisikan sebagai volume minyak dan gas terlarutnya pada tekanan dan temperature *reservoir* yang ditempati oleh 1 (satu) satuan volume minyak pada kondisi standart. Satuan dari faktor volume formasi minyak adalah bbl/stb.

Viskositas Fluida

Viskositas minyak sangat dipengaruhi oleh temperatur, tekanan dan jumlah gas yang terlarut dalam minyak tersebut. Satuan viskositas adalah centipoises.

II.3 Sand Production

Memprediksi pasir produksi umumnya didasarkan pada ketidakstabilan pasir, ketidakstabilan lubang perforasi, atau ketidakstabilan vertikal, horizontal

atau menyimpang. Umumnya, model tegangan adalah didirikan untuk mendapatkan keadaan tegangan dekat permukaan pasir, lubang perforasi atau lubang bor, dan kemudian kriteria produksi pasir diterapkan untuk memprediksi kondisi tegangan atau kondisi aliran fluida di mana produksi pasir terjadi. Perilaku setelah kepasiran juga telah dipelajari untuk mengukur jumlah pasir yang dihasilkan. Produksi pasir adalah konsekuensi alami dari aliran fluida ke dalam sumur bor dari *reservoir*. Proses ini dapat dibagi menjadi tahap-tahap berikut hilangnya integritas mekanis dari batuan yang mengelilingi lubang terbuka atau perforasi (*failure*), pemisahan partikel padat dari bebatuan karena gaya hidrodinamik (*pasca-failure*) dan transportasi partikel ke permukaan oleh cairan *reservoir* (transportasi). Kondisi penting untuk produksi pasir dalam konsolidasi yang lemah dan formasi yang terkonsolidasi karena adanya *rock failure* yang mengelilingi rongga formasi. Produksi pasir dari hidrokarbon telah menjadi perhatian untuk rencana pengembangan. Di satu sisi, kontrol pasir *downhole* yang tidak perlu tidak hanya secara signifikan meningkatkan biaya tetapi juga juga merusak produktivitas dengan baik. Di sisi lain, tiba-tiba masuknya pasir dalam jumlah besar ke dalam sumur sehingga merusak peralatan *downhole* dan



Tujuan akhir dari upaya ini adalah untuk mengetahui kapan produksi pasir terjadi dan bagaimana berapa banyak pasir yang akan dihasilkan.

peralatan produksi permukaan dan dapat menjadi risiko keamanan. Oleh karena itu penting untuk secara akurat menilai kemungkinan produksi pasir untuk memutuskan apakah penurunan kontrol pasir diperlukan selama masa produksi sebelum pembangunan (YI 2003). Banyak faktor seperti sifat mekanik batuan, stres in-situ keadaan, geometri perforasi lubang bor, *drawdown pressure*, *pressure depletion* dan *water cut* dapat mempengaruhi produksi pasir. Banyak upaya telah dilakukan untuk mempelajari efeknya dari berbagai parameter. Tujuan akhir dari upaya ini adalah untuk mengetahui kapan produksi pasir terjadi dan bagaimana berapa banyak pasir yang akan dihasilkan. Pada paragraf berikut meringkas metode yang dikelompokkan berdasarkan asumsi yang mendasarinya.

II.4 Sand Arc Stability

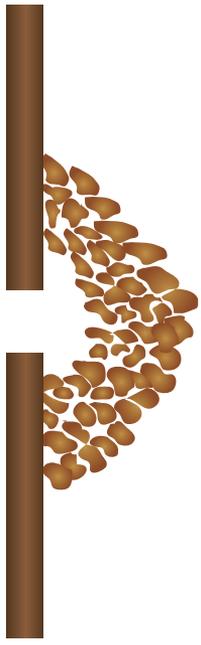
The role of arching dalam stabilitas pasir pertama kali dilakukan oleh Terzaghi dalam percobaannya, yang menunjukkan bahwa *arching* adalah fenomena nyata dan stabil. Hall dan Harrisberger memprakarsai studi stabilitas *sand arch* di industri minyak (YI 2003). Makalah mereka

menggambarkan hal itu “*arch* adalah struktur melengkung yang mencakup pembukaan, berfungsi untuk mendukung beban dengan menyelesaikan tekanan vertikal menjadi tekanan horizontal”. *Sand arch* divisualisasikan seperti pada Gambar. 2.15. Percobaan dirancang untuk menentukan apakah aliran fluida atau perubahan beban mempengaruhi stabilitas *sand arch*. Pengaruh *sand roundness*, *grain crush*, aliran cairan dan *wettability* pada *sand arch formation* dan stabilitas dipelajari. Diamati bahwa *angular sand* lebih mungkin terjadi membentuk *sand arch* dari *round sands*. Aliran cairan ke dalam dapat membantu menstabilkan *sand arch* yang terbentuk oleh *round sands*. Aliran cairan keluar yang lambat tidak mengganggu *sand arch* sementara aliran yang lebih cepat tidak mengganggu. Kadar air cenderung menghancurkan *sand arch*. Stein dan rekan kerjanya mendeskripsikan aplikasi teori stabilitas *sand arch*, yang mengasumsikan bahwa maksimum tingkat *free sand* yang dapat ditoleransi oleh sebuah *arch* adalah sebanding dengan modulus geser dari pasir. Kemudian Tippie dan Kohlhaas (1973) secara eksperimental menyelidiki lebih lanjut efek dari aliran fluida tingkat pada pembentukan *sand arch* dan stabilitas. Mereka menyimpulkan dari percobaan mereka itu tingkat produksi pasir yang besar dapat dipertahankan melalui *sand arch* yang stabil, di *unconsolidated sand*. *Arch growth* adalah fungsi laju produksi dan ukuran *arch* awal. Sebuah *arch* dapat dihancurkan dan lengkung baru dibentuk melalui peningkatan laju alir secara bertahap. Cleary, dkk (1973) secara eksperimental mempelajari



efek *stress* dan sifat cairan pada *sand arch* stabilitas di pasir yang *unconsolidated*. Mereka melaporkan bahwa *arch size* menurun dengan bertambahnya batasan *stress*. Mereka juga menemukan bahwa lengkungan yang lebih stabil terjadi ketika tekanan horizontal terjadi tegangan utama maksimum dan tekanan vertikal adalah tegangan utama minimum.

Gambar 5. *Sand Arches Near Perforation*



III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini, akan membahas tentang analisis penerapan metode penggunaan resin terhadap penanggulangan kepasiran di *shallow formation* dengan memperhatikan faktor *regain permeability* berdasarkan variasi volume *push flush*, *drawdown pressure* dan keekonomian. Sumur yang akan dianalisis pada Bab ini adalah sebanyak 2 sumur.

Evaluasi Data

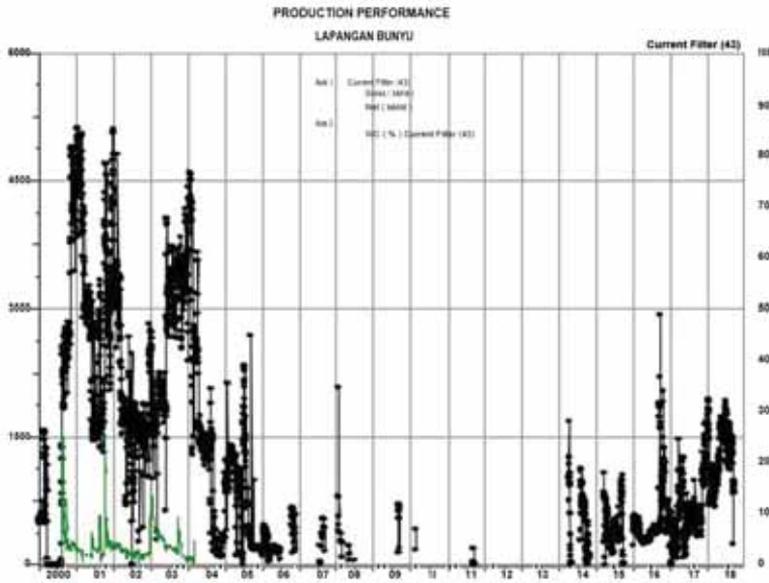
Data yang dipakai dalam analisis *sand consolidation* yaitu data *properties* minyak dan data batuan *reservoir* sumur tersebut. Berikut ini data yang dipakai dalam analisis *sand consolidation* yaitu data *properties* minyak, data batuan *reservoir* sumur, dan laju alir dari sumur tersebut.

Beberapa hal yang menjadi concern bagaimana pasir dapat terproduksi diantaranya yaitu :

- *Rock Failure*, dimana pasir terlepas dari formasi atau antar butiran pasir yang lain karena terjadinya perubahan *pressure* dari tinggi ke rendah.
- *Poor Formation Consolidation*, dimana sementasi atau clay yang berada antar batuan sudah tidak saling mengikat.
- *Water Production*, terkadang produksi air membawa pasir`r halus sehingga dapat melonggarkan antar partikel sand.
- *Improper Well Treatment / Completion*, tidak sesuai nya *treatment* yang dilakukan
- contohnya *Acid Stimulation, Completion Fluid* dan *Poor Cement Quality*.
- *Changing Stresses*, terjadinya perubahan *stress* pada batuan pasir dari tinggi ke rendah, hal ini menyebabkan pasir menjadi mudah lepas.

Pada lapangan Bunyu untuk *shallow formation* dimana memiliki kedalaman yang dangkal sering kali terdapat permasalahan adanya pasir terproduksi pada saat *pressure reservoir* mulai turun, berikut merupakan sejarah produksi dan tekanan di Lapisan H.

Gambar 6 : Grafik *Performance* Produksi Lapangan Bunyu Lapisan H



Dari Gambar 6 diatas data dilapangan menunjukkan bahwa pada awal tahun 2000 produksi Lapisan H masih berkisar 4500 BFPD sedangkan setelah tahun 2014 produksi mengalami penurunan rata-rata berkisar 1500 BFPD. Dari hasil pengambilan data pengukuran tekanan *reservoir* didapatkan adanya penurunan tekanan *reservoir* sebesar 8% pertahun, data tersebut merupakan pendukung indikasi masalah kepasiran salah satunya disebabkan oleh penurunan tekanan *reservoir*. Dari hasil identifikasi sumuran di lapangan terdapat low produksi akibat adanya masalah kepasiran dilihat pada Gambar III.3, dimana potensi low produksi atau *off* sumur rata-rata dari lapisan dangkal oleh karena itu dari data-data tersebut dibuat suatu tugas untuk mengatasi masalah kepasiran ini. Sebagai upaya aplikasi ini dibutuhkan data lebih lanjut salah satunya data core untuk

dapat melihat data ukuran butir, *core flow*, mekanika batuan dan kesesuaian metode yang dipakai.

Dari berbagai sumur yang mengalami masalah kepasiran maka diambil sample *core* atau pasir dan dilakukan *sieve analysis* tes untuk mengetahui jenis atau tipe pasir yang ada di Formasi sehingga dapat ditentukan *treatment* apakah yang sesuai yaitu secara *mechanical* (Gambar III.4) atau *chemical* (Gambar III.5). Dalam hal ini, *core* yang ada adalah pada interval sekitar 1200 meter dimana memiliki karakteristik batuan yang serupa dan bisa mewakili di formasi tarakan lapisan H.

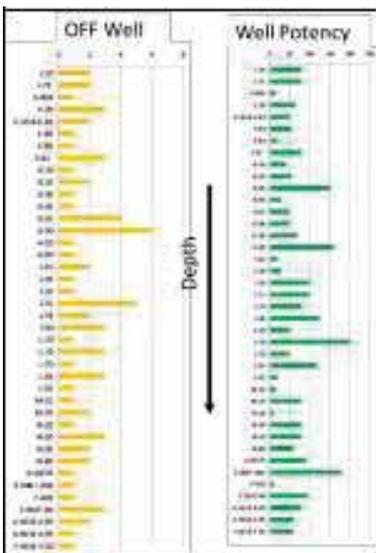
Penggunaan *treatment mechanical* adalah dengan menggunakan butiran pasir propant yang diinjeksikan pada lapisan *reservoir* selanjutnya dipasang *screen* di depan lubang perforasi sumur, hal



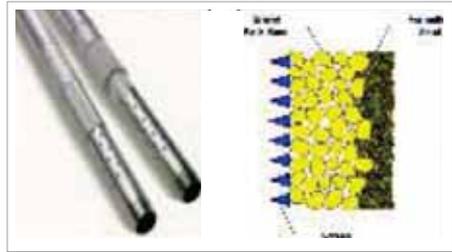
Adanya penurunan tekanan reservoir sebesar 8% pertahun

ini membutuhkan biaya besar karena peralatan yang dibutuhkan untuk pekerjaan yang banyak dan waktu yang lama pada saat eksekusi namun memiliki *life time* yang lama. Sedangkan pada *treatment* menggunakan *chemical resin* adalah dengan menginjeksikan resin dicampur hardener sedalam 2 -3 ft disekitar lubang sumur di *reservoir* dimana dapat memberikan daya ikat antar butir batuan yang memiliki compressive strenght yang besar > 1000 psi. Namun dalam penggunaan chemical ini diperlukan ketelitian dalam penentuan jumlah resin, laju pemompaan, tekanan dan menjaga *drawdown pressure*.

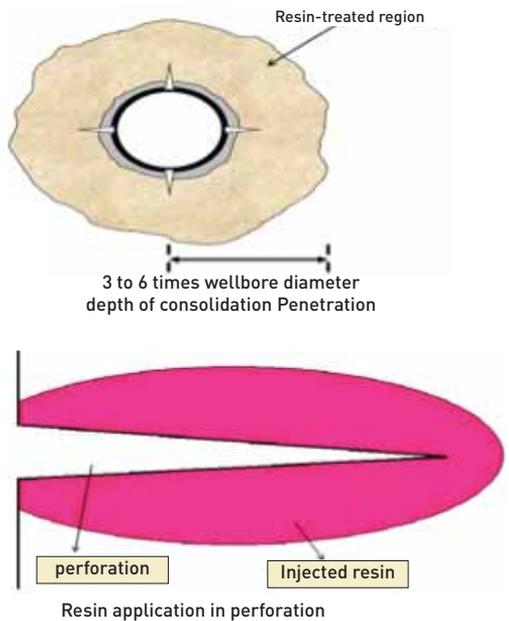
Grafik 7 : Frekuensi sumur mati akibat masalah kepasiran



Gambar 8 : Jenis Mechanical (Gravel Pack Sand)



Gambar 9 : Jenis Chemical (Resin)



Test Laboratorium

Tes laboratorium dilakukan untuk menentukan jenis resin yang akan dipergunakan berdasarkan data temperatur dan berapa besar *volume push flush* yang dipergunakan untuk mencapai *regain permeability* yang optimal sehingga *life time* sumur menjadi tahan lama dan juga pengukuran compressive strength yang dibutuhkan sehingga mendapatkan *curing time* resin yang optimal. Berikut beberapa hal yang akan diuraikan sebelum dilakukannya tes laboratorium.

Pengertian Resin

Resin merupakan sejenis getah dari tumbuh-tumbuhan, memiliki viskositas tinggi, dalam beberapa waktu akan mengalami pembekuan dan membentuk massa yang keras dan sedikit banyak transparan. Resin secara umum digunakan untuk bahan pennis, perekat, pelapis makanan dan parfum serta sebagai sumber bahan mentah bagi bahan-bahan organik olahan. Resin yang akan digunakan pada pekerjaan ini ditujukan sebagai perekat batuan agar butiran pasir tidak mudah lepas yang dapat

Gambar 10 : Resin



menimbulkan permasalahan di *wellbore* maupun *surface facilities*.

Jenis Resin

Jenis resin dibagi menjadi 3 tipe yaitu :

- Resin 225A dan Hardener 225B dengan *range* temperatur 70 °F – 225 °F, minimum *permeability* untuk Oil 50 md dan minimum *cure time* yang dibutuhkan untuk mencapai > 1000 psi sebesar 10 – 20 hari.
- Resin 350A dan Hardener 350B dengan *range* temperatur 200 °F – 350 °F, minimum *permeability* untuk Oil 50 md dan minimum *cure time* yang dibutuhkan untuk mencapai > 1000 psi sebesar 5 – 10 hari.
- Resin 550A dan Hardener 550B dengan *range* temperatur 225 °F – 550 °F, minimum *permeability* untuk Oil 50 md dan minimum *cure time* yang dibutuhkan untuk mencapai > 1000 psi sebesar 10 – 20 hari.

Analisa Laboratorium

Pada saat dilakukan analisa lab pada 3 sampel *core* dilakukan *treatment*, dilakukan pemompaan *chemical sand consolidation* (resin) dimana simulasi dengan menggunakan *coreflow* yang telah dilakukan sebelumnya dengan mengkombinasikan *chemical* sesuai dengan temperatur *reservoir* sehingga mendapatkan beberapa *volume push flush* untuk terbentuknya kembali permeabilitas.

Pada gambar 12 merupakan ilustrasi penggambaran *unconsolidated formation sandstone* dan setelah dilakukan *treatment resin* dimana pada saat setelah



pemompaan resin maka dilanjutkan dengan pemompaan *push flush* untuk mendapatkan *regain permeability* dimana resin akan *displace* masuk kedalam rongga antar butir secara horizontal kesegala arah sehingga akan mengikat butiran pasir satu sama lain.

Test Laboratorium prosedur QA/QC untuk *sand consolidation* sebagai berikut :

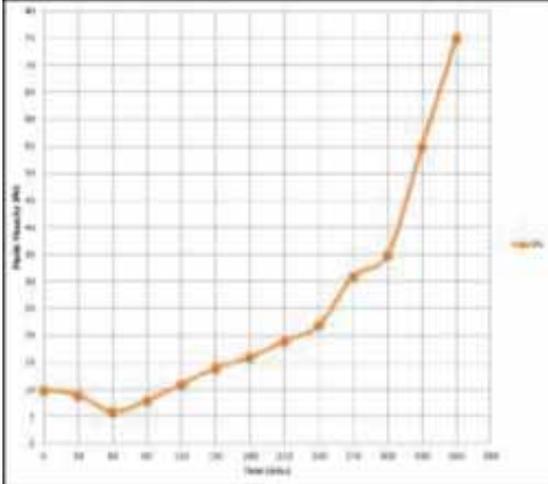
a. *Curing Test*, dilakukan untuk melihat berapa waktu yang dibutuhkan resin dari kondisi cair menjadi Gel dan tidak bisa bergerak lagi.

b. *Viscosity Test*, untuk mengetahui viskositas resin yaitu sekitar 70 cp (Gambar IV.8)

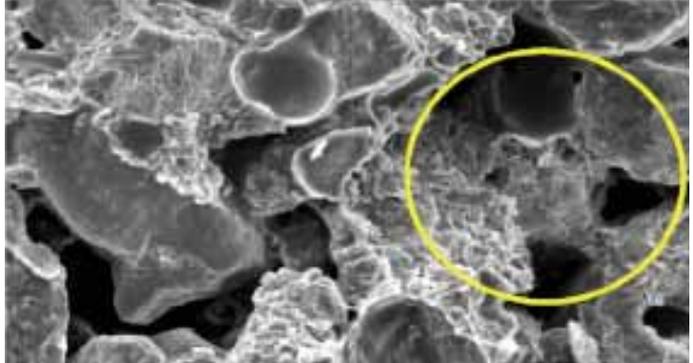
c. *Crush Test*, dilakukan untuk mengetahui berapa besar *compressive strength* yang terbentuk.

d. *Consolidation Test*, menentukan sampai seberapa resin dapat mengikat pasir.

Gambar 11 : Plastik Viscosity Resin



Gambar 12 : After Treatment Resin



Analisis Data Core

Dilakukan pengambilan data *core* pada 3 sumur di lapangan Bunyu yaitu sumur area Bunyu Nibung, B-142 dan B-139 untuk mewakili pada zona *shallow formation*, didapatkan data sebagai berikut:

- BN Well Core sample : 157.22 gr
- B-142 Well Core sample : 400.63 gr
- B-139 Well Core sample : 582.04 gr

Sample *core* dihancurkan dan dimasukkan dalam meshrite untuk menentukan ukuran butir dan *sieve analysis*.

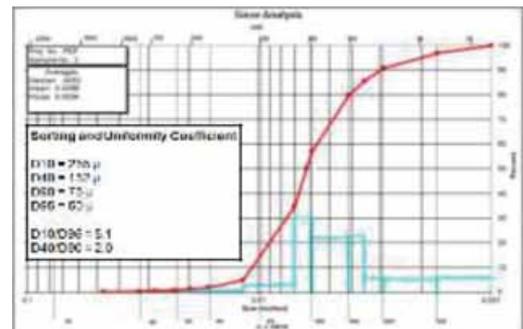
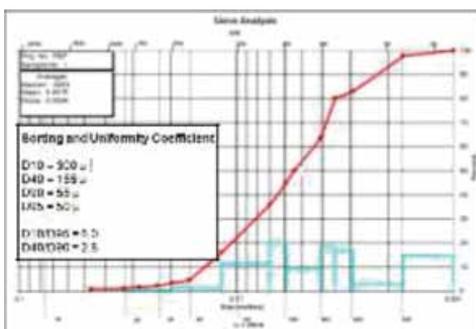
Sieve Analysis

BN Well sample Core

Gambar 13 : Core Sample



Gambar III.11 : Sieve analysis BN Well dan B-142



Dari hasil *sieve analysis* diatas berdasarkan Journal SPE 39437 "New Criteria for Gravel and Screen Selection for Sand Control" maka dapat ditentukan kriteria *treatment* yang sesuai sebagai berikut:



Tabel 1 : New Criteria for Gravel and Screen Selection for Sand Control

Sorting Coefficient D10/D95	Uniformity Coefficient D40/D90	% Fines <44um	Recommended Method
<10	<3	<2	WWS/Prepack/ WoP/Woven Wire Mesh
<10	<5	<5	Wovon Wiro Mosh/ Swollablo Screen
<20	<5	<5	Gravel Pack/ GPS Woven Wire Mesh/ Swellable Screen (formation should have few streaks or laminating)
<20	<5	<10	Gravel Pack/ possibly GPS Woven Wire Mesh (consider allowing fines to pass)
>20	>5	>10	Frac Pack (move interface away from wellbore)

Kandidat Sumur

Dari hasil pengamatan produksi didapatkan ada 2 sumur yang mengalami masalah kepasiran diantaranya yaitu X157 dan X25 dengan data sebagai berikut :

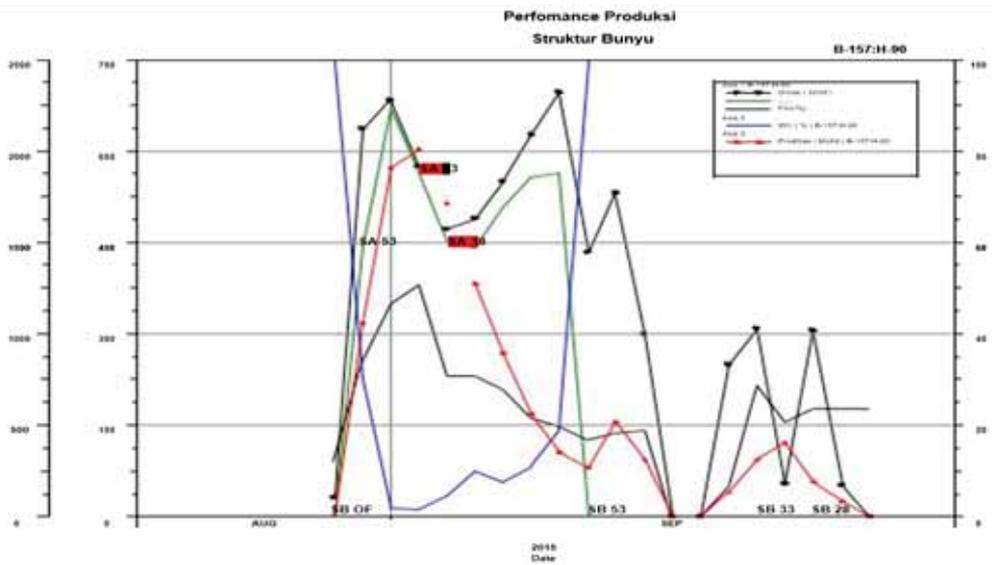
Tabel III.2 : Data Sumur Well X157 dan Well X25

No	Description	Unit	Sumur X157	Sumur X25
1	Formation		Sandstone	Sandstone
2	Lapisan		H-90	H-31
3	Interval	m	954 - 956	1045 - 1047
4	Permeabilitas	mD	1000	1146
5	Porositas	%	27	26
6	Tebal	m	8	6
7	Saturasi Water	%	20	23
8	Statik Pressure	Psi	1021	1164
9	Flowing Pressure	Psi	818	1055
10	Rate Produksi	Bfpd	550	456
11	Volume Clay	Dec	0.08	0.23
12	Temp Reservoir	degF	165	173

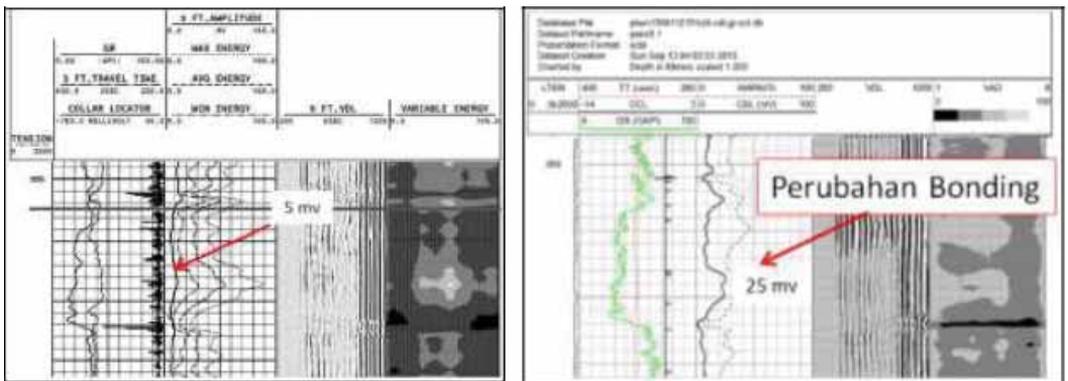
Well X-157

Berikut disampaikan grafik *performance* produksi sumur X157 pada saat awal produksi dilakukan *workover* yang dapat menunjukkan adanya indikasi adanya masalah kepasiran dan *water channelling*.

Gambar 15. Grafik Performance Produksi X157 before treatment



Gambar 16. CBL sebelum dan sesudah diproduksi X157

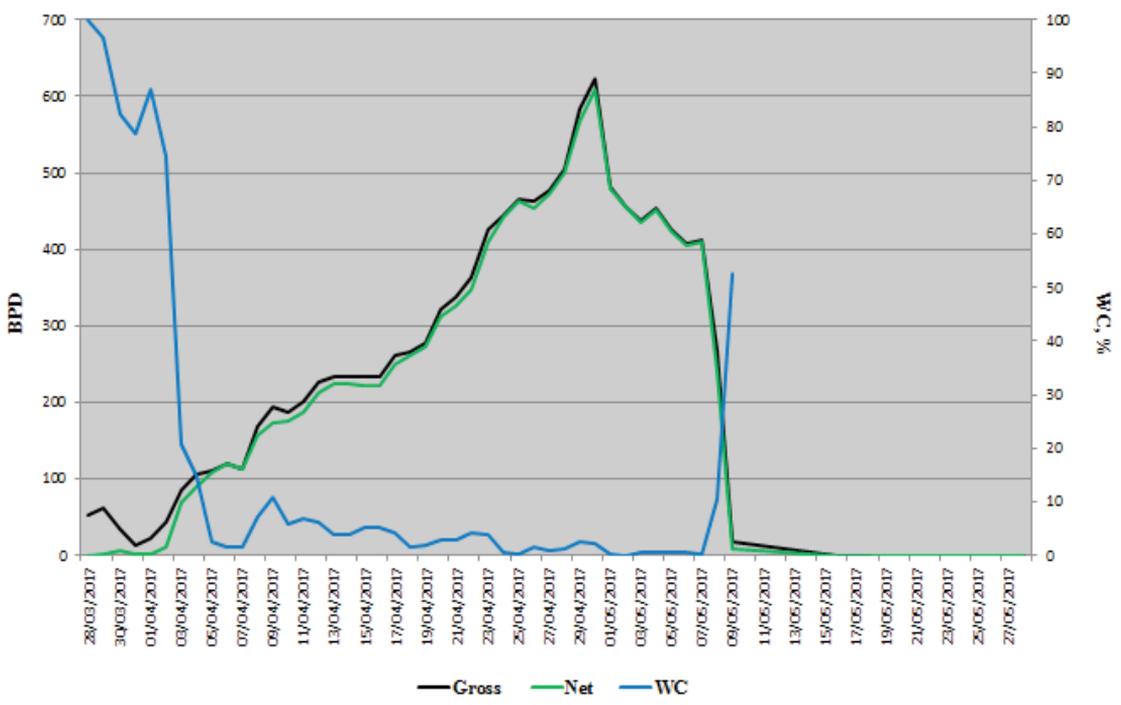




Well X-25

Berikut disampaikan grafik *performance* produksi sumur X25 pada saat awal produksi dilakukan *workover* yang dapat menunjukkan adanya indikasi adanya masalah kepasiran dan *water channelling*.

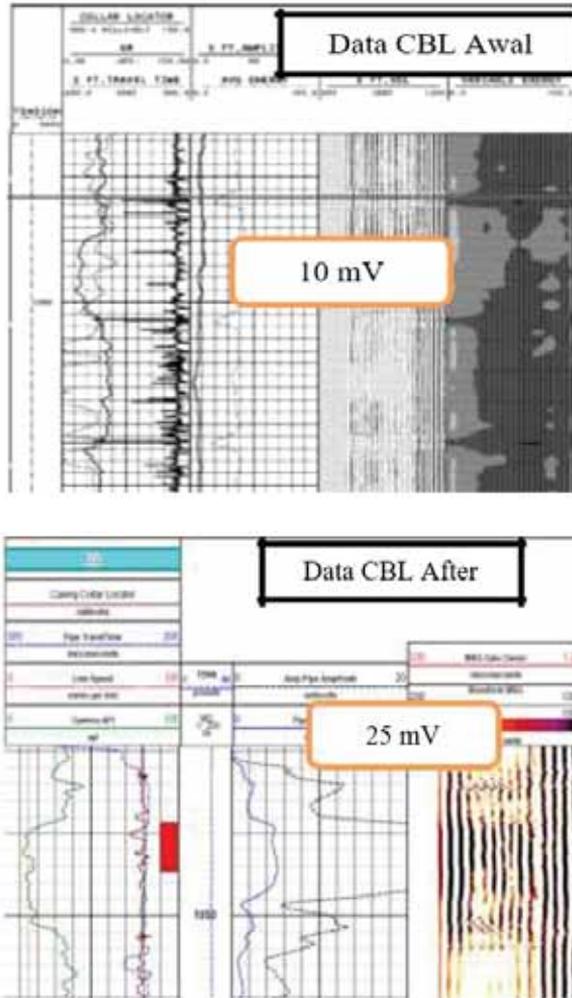
Gambar 17 : *Performance* Produksi Sumur X25 sebelum *treatment*



Pada saat awal produksi pada tanggal 28 Maret 2017 sumur X25 diproduksi dari lapisan H-31 interval 1048 – 1050 m, berproduksi hingga 09 Mei 2017 sumur mati dengan indikasi perforasi tertutup oleh pasir dan terjadinya *channeling* sama halnya dengan sumur X157, hal ini dapat dilihat dalam data log sumur (Gambar

IV.21) dan *Cement Bond Log* (Gambar IV.22). Sebagai upaya untuk *treatment Sand Consolidation* menggunakan resin rencana dilakukan perbaikan *bonding* dan perforasi produksi pada lapisan H-31 interval 1045 – 1047m.

Gambar 18 : CBL sebelum dan sesudah diproduksi X25



Tabel 3. Hasil pengukuran regain permeability X157

Test No	Post Volume base on ST Volume	Initial Permeability (mD)	Final Permeability (mD)	Regain Permeability (%)
1	1.5	820.1	690.7	84.22

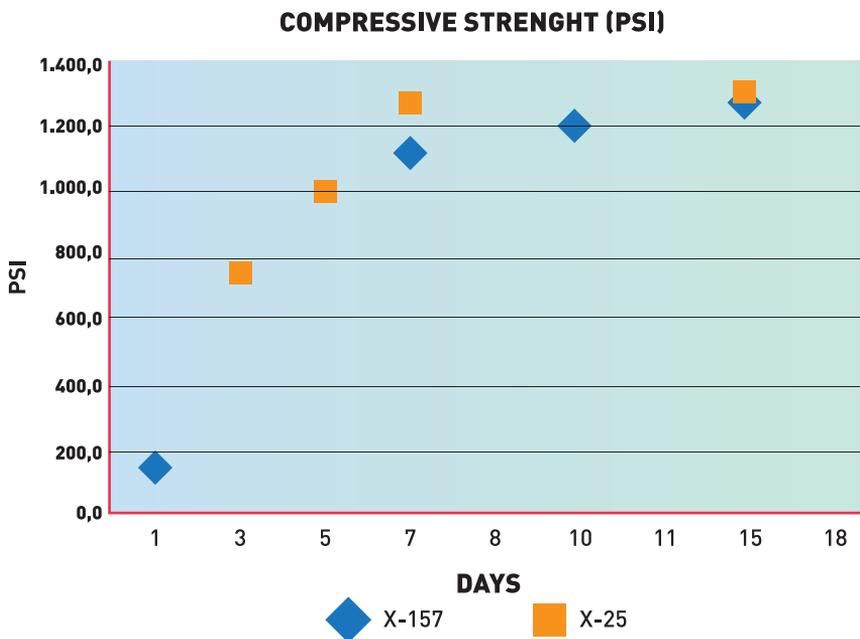


Tabel 4. Hasil pengukuran regain permeability X25

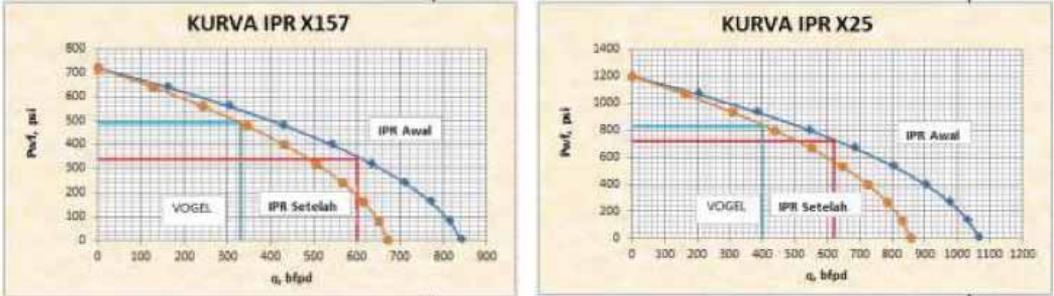
Test No	Post Volume base on ST Volume	Initial Permeability (mD)	Final Permeability (mD)	Regain Permeability (%)
1	1.5	998.7	806.2	80.72
2	1	1001.2	730.2	72.93

*Pada aktual pekerjaan Post Volume X25 sebanyak 1x Volume Sand Consolidation

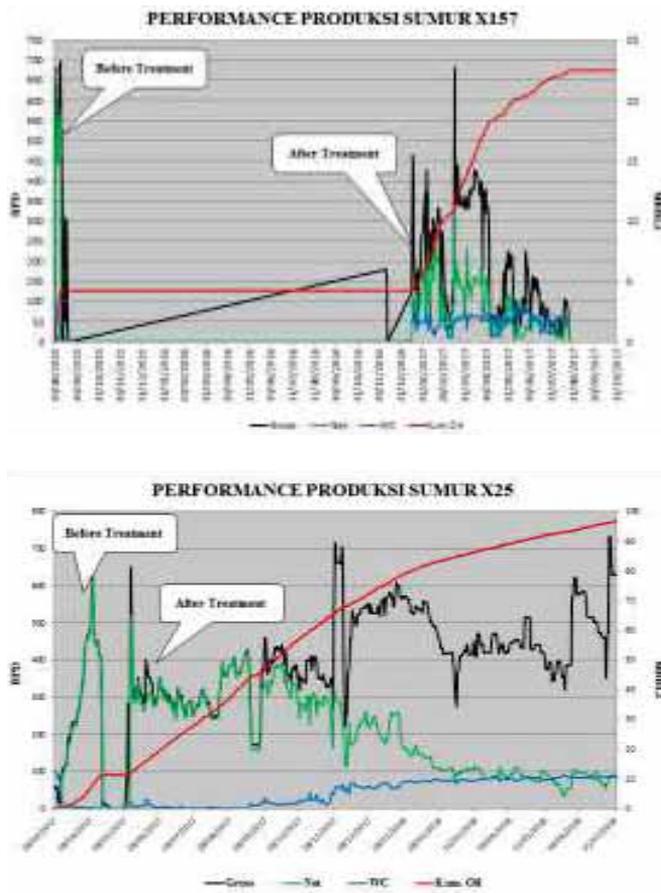
Gambar 19 : *Compressive Strenght*



Gambar 20 : Kurva IPR sumur X157 dan X25



Gambar 21 : Grafik Performance Produksi Sumur X157 & X25 After Treatment





Analisa Keekonomian

Analisa keekonomian dilakukan untuk melihat seberapa ekonomis pekerjaan *sand consolidation* dilakukan.

X157, dapat disimpulkan dengan memperkecil *posh flush* maka *regain permeability* akan menurun namun memiliki *compressive strenght* yang lebih tinggi sehingga lebih kuat.

Tabel 5. Perhitungan Keekonomian Sumur (Resin)

No	Parameter	Nilai Satuan	No	Parameter	Nilai Satuan
1	Kumulatif Produksi Minyak	152MSTB	1	Kumulatif Produksi Minyak	152MSTB
2	Harga Minyak	50 US\$/Bbl	2	Harga Minyak	50 US\$/Bbl
3	Gross Revenue (100%)	7.582M US\$	3	Gross Revenue (100%)	7.582M US\$
4	Investasi		4	Investasi	
	Tangible	5M US\$		Tangible	5M US\$
	Intangible	80M US\$		Intangible	150M US\$
5	Biaya Operasi		5	Biaya Operasi	
	OPEX & Depreciation	2.245M US\$		OPEX & Depreciation	2.315M US\$
	Abandoment	0M US\$		Abandoment	0M US\$
6	Cost Recovery	2.245M US\$	6	Cost Recovery	2.215M US\$
	(% Gross Revenue)	30%		(% Gross Revenue)	31%
7	Government Take Undiscounted	3.202M US\$	7	Government Take Undiscounted	3.160M US\$
	(% Gross Revenue)	42%		(% Gross Revenue)	42%
8	Contractor		8	Contractor	
	Contractor Take	2.135M US\$		Contractor Take	2.107M US\$
	(% Gross Revenue)	28%		(% Gross Revenue)	28%
	NPV	1.696M US\$		NPV	1.667M US\$
	IRR	1.841%		IRR	1.006%
	PI	20,96		PI	11,76
	POT	19,13 Days		POT	34,00 Days

IV. KESIMPULAN

1. Permasalahan kepasiran yang terjadi pada zona dangkal di formasi tarakan diakibatkan oleh menurunnya tekanan *reservoir* selama sumur diproduksi sehingga menyebabkan jarak tegangan antar butir menjadi semakin besar hingga mencapai garis *loss sand*, pada saat sumur terus diproduksi maka pasir

akan terlepas dan menyebabkan permasalahan kepasiran pada sumur maupun fasilitas produksi atas permukaan.

2. Adanya *water channelling* disebabkan adanya air yang menerobos masuk karena bonding semen yang ikut rusak akibat adanya pasir terproduksi, hal ini dapat dilihat pada hasil CBL sebelum dan sesudah produksi serta hasil



Permasalahan kepasiran yang terjadi pada zona dangkal di formasi tarakan diakibatkan oleh menurunnya tekanan reservoir selama sumur diproduksi.

chan diagnostic. Hal ini menjadi salah satu pertimbangan bahwa untuk melakukan *treatment sand consolidation* menggunakan resin harus dilakukan sedini mungkin dan memastikan bonding semen baik sebelum melakukan pekerjaan stimulasi resin.

3. Hasil *Sand Consolidation Treatment* dengan menggunakan resin pada lapangan X telah berhasil dan merupakan salah satu solusi yang efektif untuk diterapkan sehingga dapat menurunkan produksi pasir dari 5% ke 0.05%, dimana resin mengikat antar butiran pasir.
4. Dengan adanya penerapan *metode sand consolidation* dengan resin maka sumur yang tidak dapat diproduksi namun memiliki potensi yang bagus menjadi bisa diproduksi kembali dengan rate produksi yang stabil dan memberikan *revenue* bagi perusahaan.
5. Penggunaan tipe resin dan tipe yang dipompakan berpengaruh terhadap *life time* efektifitas dan efisiensi resin terhadap penanggulangan masalah kepasiran.
6. *Volume postflush* yang berfungsi sebagai terbentuknya kembali *permeability* sangat menentukan terhadap *life time* sumur, tidak selalu jumlah yang besar akan memberikan efek yang lebih baik karena semakin banyak jumlah *postflush* maka terbentuknya kembali *permeability* akan semakin besar namun efektifitas dan *life time* resin didalam sumur yang berfungsi sebagai penanggulangan pasir terproduksi akan berkurang.
7. Strategi memproduksi laju alir produksi dengan menjaga *drawdown pressure* sumur sangat penting untuk menjadi batasan menjaga terjadinya *water breakthrough* dan *life time* sumur. *Drawdown pressure* semakin kecil maka akan memberikan *life time* sumur semakin panjang, pada penelitian ini *drawdown pressure* dijaga pada 300 – 400 psi. ■

PERTAMINA
Fastron
Synthetic Oil

Fastron, Drive Performance

Technical Partner



SQUADRA CORSE

“
Keeps Me in the Fastlane”



Fastron Platinum Racing SAE 10W-60 with Nano Guard technology, provides maximum protection, long drain interval and high performance. Fastron Platinum Racing has been trusted as technical partner for Lamborghini Squadra Corse in endurance racing.

Whoever you are, wherever you go Fastron understand you.

 **PERTAMINA**

www.pertaminalubricants.com

PERKEMBANGAN ENERGI BAYU ASIA TENGGARA

PLTB tercatat sebagai sumber energi yang paling cepat berkembang di seluruh dunia dengan rata-rata peningkatan sekitar 30% per tahun.

Arisman Wijaya
Analyst Data Management

Energi Bayu

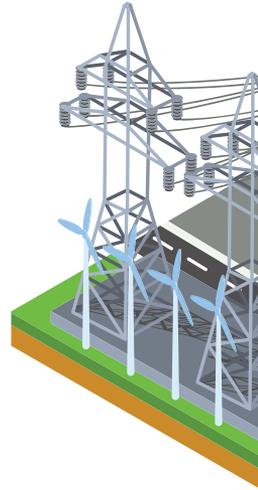


DALAM beberapa waktu terakhir energi terbarukan menjadi isu utama dalam pembahasan bidang energi. Apalagi, dalam era *green-energy*, energi terbarukan dinilai sebagai energi alternatif untuk energi fosil yang ketersediaannya mulai berkurang dan harganya semakin mahal. Energi terbarukan dianggap menjadi solusi terbaik untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil.

Beberapa negara maju dan berkembang mulai mengimplementasikan energi terbarukan sebagai energi alternatif untuk mendukung pemenuhan kebutuhan

sehari-sehari. Salah satu energi terbarukan yang potensial menjadi tumpuan energi alternatif masa depan adalah energi bayu (angin). Pada awalnya implementasi energi bayu hanya di sebagian besar kawasan Eropa, namun saat ini sudah dapat kita jumpai di beberapa kawasan Asia, khususnya Asia Tenggara seperti Thailand dan Vietnam.

Energi bayu dihasilkan dengan mengubah arus angin menjadi bentuk energi lainnya menggunakan turbin angin. Turbin angin tersebut mengubah kekuatan angin menjadi torsi (putaran) yang dapat menggerakkan generator listrik sehingga menghasilkan energi listrik atau dikenal dengan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). PLTB tercatat sebagai sumber energi yang paling cepat berkembang di seluruh dunia dengan rata-rata peningkatan sekitar 30% per tahun.





RENEWABLES
ENERGY



*Pada 2018
total kapasitas terpasang
PLTB di seluruh dunia mencapai
600,28 Gigawatt (GW).*

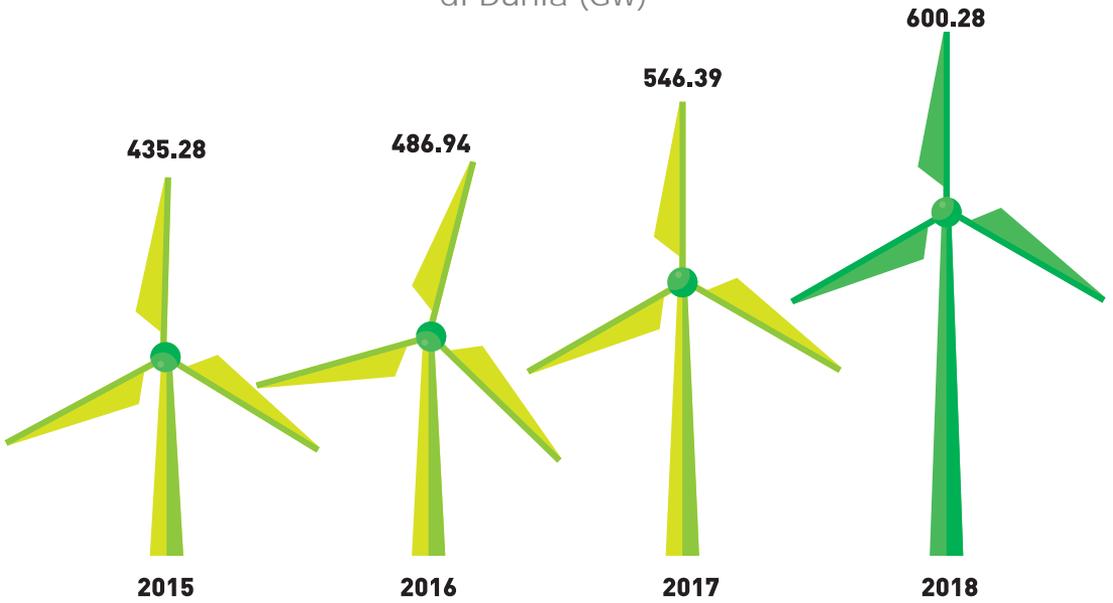


Overview PLTB Dunia

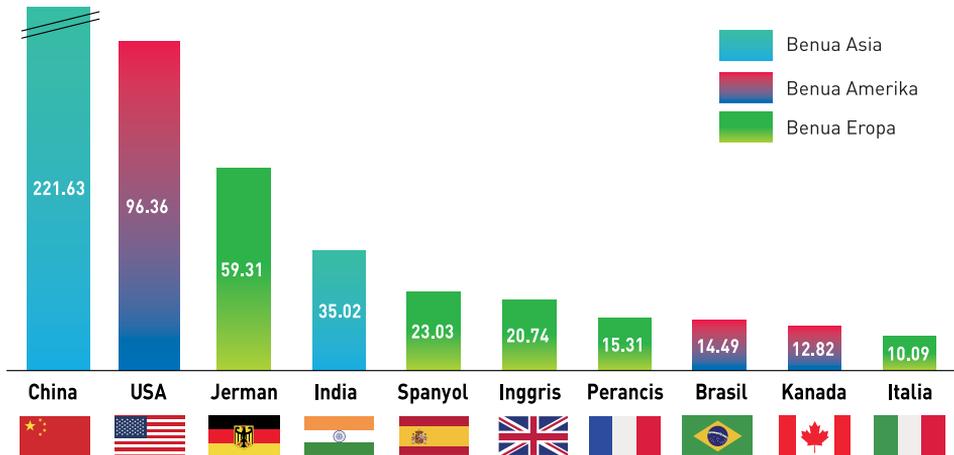
Berdasarkan data *World Wind Energy Association (Wwindea)*, pada 2018 total kapasitas terpasang PLTB di seluruh dunia

mencapai 600,28 Gigawatt (GW). Detail 10 (sepuluh) negara terbesar pengguna tenaga angin dunia pada tahun 2018 dapat dilihat pada gambar 2:

Gambar 1. Total Kapasitas Energi Angin Terpasang di Dunia (GW)



Gambar 2. 10 Negara dengan Energi Angin Terbesar Dunia

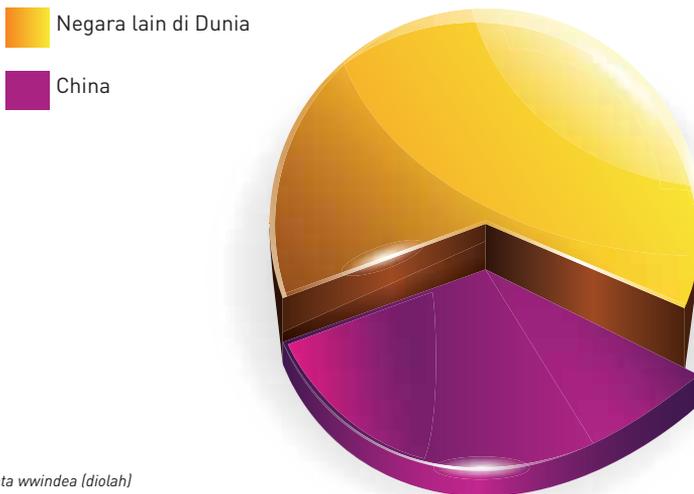


Source: Data wwindea (diolah)



Cina sebagai satu-satunya negara Asia dan dunia yang memiliki kapasitas PLTB terbesar (sejak tahun 2015 sampai sekarang).

Gambar 3. Rasio Energi Angin China vs Dunia



Source: Data wwindea (diolah)

Implementasi PLTB di Kawasan Asia Tenggara

Bila kita perhatikan dari delapan negara di atas, kapasitas terbesar PLTB mayoritas berasal dari Eropa (Jerman, Spanyol, Inggris, Perancis, Italia), sedangkan selebihnya dari kawasan Asia dan Amerika. Cina sebagai satu-satunya negara Asia dan dunia yang memiliki kapasitas PLTB terbesar (sejak tahun 2015 sampai sekarang). Sukses Cina tersebut diikuti oleh negara-negara lain di kawasan Asia Tenggara. Karena itu, dapat dikatakan perkembangan energi angin di kawasan

Asia Tenggara sampai saat ini tidak kalah dibandingkan dengan kawasan Eropa dan lainnya.

Perkembangan pesat PLTB dan proyek energi angin didorong oleh meningkatnya kesadaran masyarakat Asia Tenggara terhadap kelestarian lingkungan dan membatasi ketergantungan pada energi fosil. Salah satu pemanfaatan sumber energi angin yang telah dilakukan adalah pengadaan proyek *Wind Farm* yang dapat mendistribusikan energi listrik dari energi bersih (angin) untuk lingkungan sekitar.

Sebagai contoh implementasi yang telah dilakukan oleh Vietnam, Thailand, dan Filipina yang telah berupaya menghasilkan listrik dari energi angin ini melalui proyek *Wind Farm*, sebagai berikut:

VIETNAM



Pada tahun ini, Vietnam tercatat berhasil mengembangkan, membangun, dan mengoperasikan proyek *Wind Farm* berkapasitas 800 MW. Proyek tersebut dilakukan melalui kerjasama bisnis grup perusahaan nasional Vietnam, Phu Cuong, dengan perusahaan energi & elektrifikasi, General Electric (GE). Proyek tersebut menjadi salah satu target pemerintah Vietnam mencapai bauran energi untuk energi terbarukan yaitu lebih dari 10% pada tahun 2030.

Proyek *Wind Farm* merupakan proyek fase I yang mendapat dukungan penuh dari pemerintah setempat yang mana kebijakan dan dana investasinya didukung penuh oleh pemerintah Vietnam. Tujuan pembangunan proyek ini selain untuk sektor energi, yaitu untuk mendukung pengembangan sektor penerbangan Vietnam. Setelah proyek tersebut, pemerintah Vietnam merencanakan proyek operasional berikutnya, fase II, dengan menambah kapasitas listrik 200 MW. Sehingga total kapasitas fase I dan II mencapai 1 GW pada tahun 2020.

THAILAND



Relatif sama dengan Vietnam, pada tahun 2019 Thailand juga sedang membangun lima turbin untuk proyek *Wind Farm* di kawasan *onshore* Chaiyaphum dan Nakhon Ratchasima, Thailand. Proyek ini dikembangkan oleh perusahaan Wind Thailand, Wind Energy Holdings Co. Ltd (WEH), dengan biaya investasi sekitar USD 1,1 miliar. Proyek baru ini merupakan salah satu proyek energi angin terbesar di Asia Tenggara.

Proyek *Wind Farm* di lokasi tersebut diproyeksikan akan mampu menjadi kebanggaan negeri Thailand, yang diyakini dapat menjadi cikal bakal berdirinya turbin-turbin tinggi (sekitar 157 meter). Adapun teknologi modern proyek tersebut di-*support* oleh dua perusahaan besar di bidang elektrifikasi, Vestas dan GE. Proyek ini diekspektasikan dapat menambah kapasitas listrik terpasang Thailand hingga 450 MW. Berkat proyek ini, Thailand tercatat telah menaikkan target bauran energi terbarukan nasional dari 33% menjadi 40%.

FILIPINA





Indonesia memiliki potensi menghasilkan energi listrik dari angin lebih dari 100 Megawatt (MW)

Proyek energi angin Filipina memiliki kemiripan dengan Thailand dan Vietnam, salah satunya dikembangkan melalui proyek *Wind Farm* yang didukung 30 unit kincir angin setinggi 60 meter di sepanjang pantai teluk Bangui yang dikembangkan oleh perusahaan Vertas dengan kapasitas 25 MW. Adapun potensi energi angin Filipina sebesar 70 GW yang tersebar di sepanjang pantai Filipina, seperti Pulau Babayan, Teluk Bangui, ujung barat Pulau Luzon, Mindoro, Bohol, Basilan dan lainnya.

INDONESIA



Sebagai negara kepulauan dengan garis pantai yang panjang, Indonesia memiliki potensi energi angin yang besar. Berdasarkan data dan informasi Ditjen EBTKE Kementerian ESDM, sejumlah wilayah di Indonesia memiliki potensi menghasilkan energi listrik dari angin lebih dari 100 Megawatt

(MW), dengan total potensi seluruhnya sekitar 60.647 MW atau 60,65 GW dengan kapasitas terpasang keseluruhan saat ini sekitar 3,1 MW.

Berdasarkan analisis dan pemetaan potensi energi angin yang telah dilakukan, berikut detail wilayah dengan potensi energi angin besar di Indonesia:

Tabel 1. Potensi Energi Angin Indonesia (per Wilayah)

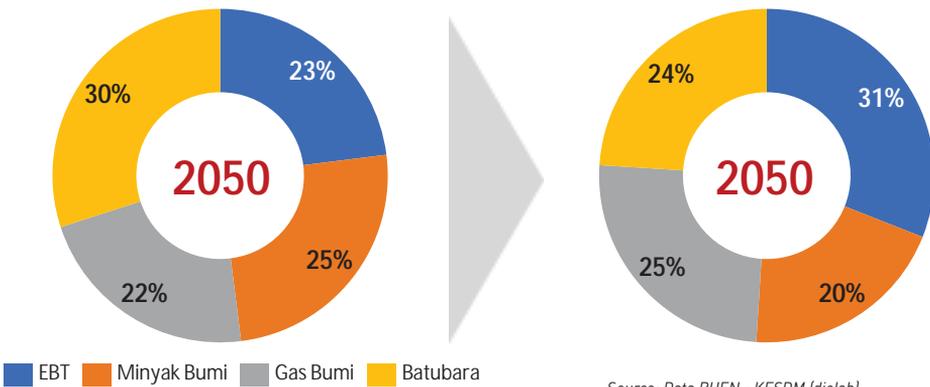
Potensi Energi Angin >= 100 MW	
Nama Wilayah	Kapasitas (MW)
Sukabumi	170
Garut	150
Lebak	150
Pandeglang	150
Lombok	100

Potensi Energi Angin < 100 MW	
Nama Wilayah	Kapasitas (MW)
Tanah Laut	90
Sidrap	75
Jeneponto	72
Bantul	50
Kupang	20
Timur Tengah Selatan	20
Buton	15
Ambon	15
Gunung Kidul	10
Belitung Timur	10
Selayar	5
Kei Kecil	5
Saumlaki	5
Sumba Timur	3

Pengembangan dan pemanfaatan energi baru terbarukan termasuk energi angin sebagai tulang punggung energi nasional akan terus diupayakan pemerintah untuk mencapai target bauran energi nasional dari EBT sebesar 23% dan 31% masing-masing pada tahun 2025 dan 2050 mendatang.

Sidenreng Rappang (Sidrap). PLTB Sidrap terletak di Desa Mattirotasi, Kecamatan Watang Pulu, Kabupaten Sidrap, Sulawesi Selatan. PLTB tersebut merupakan yang terbesar di Asia Tenggara yang dibangun pada lahan seluas 100 hektar, dengan jumlah 30 *Wind Turbine Generator* (WTG) dengan tinggi 80 meter dan baling-baling sepanjang 57 meter. Dengan 30 turbin

Gambar 4. Target Bauran Energi Nasional



Source: Data RUEN - KESDM (diolah)

Implementasi dan Kebijakan Pemerintah

Pemerintah Indonesia terpantau semakin serius mengembangkan energi terbarukan bagi Indonesia, khususnya energi angin. Salah satu upaya konkret pemerintah dalam hal ini adalah diterbitkannya Perpres Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional, yang diantaranya direalisasikan dengan beroperasinya beberapa proyek energi terbarukan untuk mencapai target kebutuhan listrik nasional sebesar 35.000 megawatt (MW).

Salah satu proyek energi angin yang telah dilakukan pada pertengahan tahun 2018, tepatnya Juli 2018, adalah proyek Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)

berkapasitas 2,5 MW tersebut, PLTB Sidrap mampu menghasilkan energi listrik sebesar 75 MW. PLTB ini diproyeksikan akan mampu mengaliri listrik 70.000 pelanggan di wilayah Sulawesi Selatan dengan daya listrik rata-rata 900 Volt Ampere (VA).

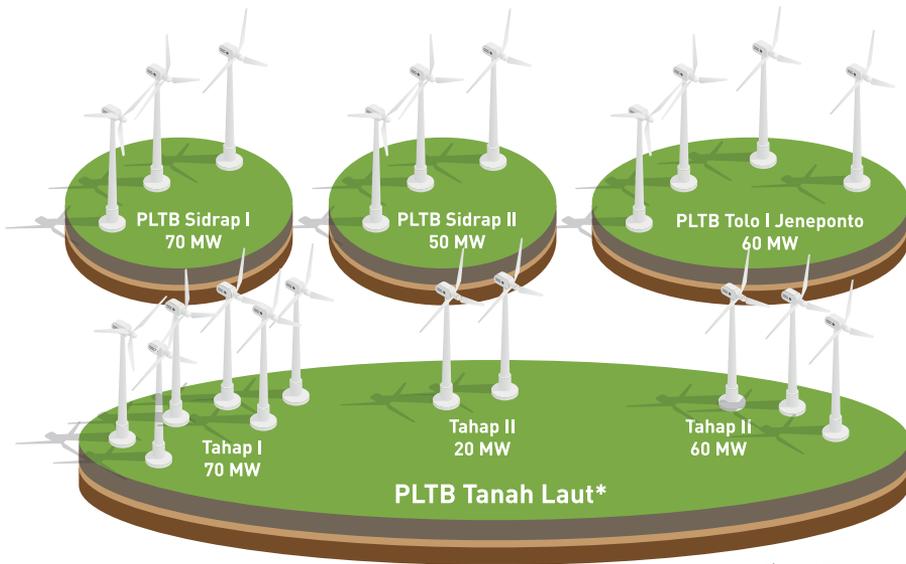
Pembangunan PLTB Sidrap dilakukan melalui empat tahap. Tahap pertama adalah Sidrap I, dan tiga tahap lainnya adalah PLTB Sidrap II dengan kapasitas 50 MW, PLTB Jeneponto di Kabupaten Jeneponto Sulawesi Selatan dengan kapasitas 60 MW dan PLTB Tanah Laut di Kecamatan Pelaihari, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan. Ketiga pembangunan PLTB tersebut untuk mencapai target bauran energi nasional pada tahun 2025 (sebagaimana yang telah



Dengan 30 turbin berkapasitas 2,5 MW tersebut, PLTB Sidrap mampu menghasilkan energi listrik sebesar 75 MW.



Gambar 5. Ilustrasi Potensi PLTB Indonesia



Keterangan: *) Target COD Tahun 2011
Source: Data RUEN - KESDM (diolah)

dijelaskan di bagian awal) serta upaya penyediaan listrik yang lebih terjangkau bagi masyarakat.

Tantangan yang Dihadapi

Potensi energi angin yang besar yang dimiliki Indonesia, ternyata memiliki beberapa kendala dan tantangan di dalam pengembangannya, diantaranya adalah:

- **Kecepatan angin relatif rendah**

Kecepatan angin menjadi kendala di dalam pemanfaatan energi angin

di Indonesia, salah satunya karena kecepatan angin dibagian besar wilayah Indonesia yang cukup rendah. Kecepatan angin di wilayah Indonesia berada dalam kisaran rata-rata 3 meter per detik, sementara kecepatan minimum untuk memutar baling-baling turbin memerlukan kecepatan angin sekitar 5 meter per detik.

- **Biaya investasi yang masih tinggi**

Pengembangan energi angin di Indonesia ini masih dalam tahap percobaan atau penelitian dan

masih relatif baru. Penelitian untuk mengembangkan teknologi energi angin saat ini masih memerlukan biaya yang cukup mahal sementara tata kelola energi terbarukan di Indonesia belum sepenuhnya optimal.

- **Biaya produksi yang tinggi**

Dengan biaya investasi yang tinggi dalam penerapan dan pengembangan teknologi energi angin akan berimplikasi pada biaya produksi atau biaya operasional yang tinggi. Biaya operasional dalam pemrosesan mulai dari turbin hingga ke *storage* dan output yang dihasilkan menjadi semakin mahal.

- **Kewajiban pemberlakuan tarif listrik yang murah**

Pembahasan utama dalam pemanfaatan energi listrik masih berada pada tarif dasar listrik yang digunakan. Masyarakat cenderung mengharapkan tarif dasar listrik serendah mungkin. Kesadaran sebagian besar konsumen/pelanggan umumnya masih cukup rendah yang kurang mepedulikan asal atau

sumber energi listrik yang dihasilkan. Terkait hal ini, perlu ditumbuhkan kesadaran dari masyarakat selaku pengguna terhadap pemrosesan energi listrik, khususnya dari energi angin.

Berdasarkan sejumlah tantangan yang dihadapi tersebut, masyarakat dan pemerintah perlu untuk bersinergi agar mampu memberikan solusi terbaik dalam pemanfaatan dan pengembangan energi listrik yang berasal dari energi angin. Pengembangan energi listrik yang berasal dari tenaga angin diharapkan lebih memiliki prospek ke depannya meskipun bukan dalam skala besar.

Implementasi Pemanfaatan Energi Angin Pertamina

Untuk mendukung program pemerintah mencapai bauran energi nasional tahun 2025 dan 2050 sebagaimana yang telah diuraikan, Pertamina sebagai perusahaan energi nasional telah mulai merintis pengembangan bisnis energi terbarukan, khususnya energi angin. Keseriusan Pertamina dalam merintis bisnis energi terbarukan sudah dimulai sejak tahun 2010, melalui penandatanganan Nota Kesepahaman dengan Balitbang ESDM yang telah ditandatangani oleh Direktur Hulu Pertamina dan Kepala Badan Litbang ESDM pada tanggal 17 September 2010. Salah satu implementasi dari Nota Kesepahaman tersebut, Pertamina telah melakukan studi kelayakan potensi dan komersialisasi energi angin di Indonesia. Studi dilakukan Pertamina dengan Balitbang ESDM yaitu Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi (P3TKEBTKE). Di samping itu, Pertamina juga bekerjasama dengan lembaga



A dan pemerintah perlu untuk bersinergi agar mampu memberikan solusi terbaik dalam pemanfaatan dan pengembangan energi listrik yang berasal dari energi angin.



Kerja sama bisnis pengembangan energi angin tersebut menegaskan Pertamina memiliki komitmen kuat terhadap pengembangan energi terbarukan di Indonesia yang sejalan dengan target bauran energi nasional.

Meteorologi ITB. Hasil dari studi menjadi referensi atau basis dalam pengembangan energi angin, khususnya sebagai diversifikasi energi baru dan terbarukan.

Selain bekerjasama dengan kedua lembaga tersebut, Pertamina juga bekerjasama dengan PT Viron Energy terkait penyusunan kajian potensi pengembangan PLTB. Kerja sama dilakukan melalui penandatanganan Nota Kesepahaman Bersama pada tanggal 24 Oktober 2013 yang ditandatangani oleh Direktur Perencanaan Investasi dan Manajemen Risiko (PIMR) Pertamina dan Direktur PT Viron Energy.

Kerja sama bisnis pengembangan energi angin tersebut menegaskan Pertamina memiliki komitmen kuat terhadap pengembangan energi terbarukan di Indonesia yang sejalan dengan target bauran energi nasional. Perlu adanya dukungan yang kuat terhadap Pertamina dan pemerintah untuk dapat terus terlibat aktif dalam proyek energi angin. Dengan keterlibatan tersebut dapat menjadikan Pertamina sebagai perusahaan energi nasional yang semakin terdepan di dalam mengembangkan dan melakukan komersialisasi energi angin menjadi energi listrik. ■



DAFTAR PUSTAKA:

[1] GE Report, Peran GE dalam Proyek Wind Farm di Thailand dan Vietnam, Februari 2019.

<https://www.ge.com/reports/peran-ge-dalam-proyek-wind-farm-di-thailand-dan-vietnam>.

[2] Imam Kholiq, Pemanfaatan Energi Alternatif sebagai Energi Terbarukan untuk Mendukung Substitusi BBM, ISSN: 1411-7010-Vol.19 No. 2, Desember 2015-Jurnal IPTEK.

[3] Publikasi data World Wind Energy Association 2018 - <https://library.wwindea.org/global-statistics-2018-preliminary>

[4] Coaction Indonesia, Pembangkit Listrik Tenaga Bayu: Harapan Baru untuk Energi Terbarukan Indonesia, 8 April 2019 - <http://coaction.id/pembangkit-listrik-tenaga-bayu-harapan-baru-untuk-energi-terbarukan-indonesia>

[5] Publikasi Kementerian ESDM, Lampiran I Perpres RI No.22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional



Triboelectric Nanogenerator:

Mekanisme *Energy Harvesting* dan *Self-Powered Active Sensor* di Masa Depan

TENG merupakan perpindahan elektron. Perangkat ini menghasilkan daya listrik dari friksi dua material yang saling bergesekan satu sama lain.

Farah Fauziah Hilman
Jr Analyst Corporate Evaluation



SAAT INI, kemajuan dalam perangkat *energy harvesting* yang memiliki kemampuan mengubah energi dari lingkungan menjadi listrik demi sumber

energi yang lebih bersih dan berkelanjutan semakin mendapat perhatian. Sementara itu, memanen energi mekanis yang ketersediaannya melimpah di alam merupakan metode yang ramah lingkungan dalam menghasilkan daya. Salah satu solusi yang potensial adalah Nanogenerator Triboelektrik (TENG)

karena kemampuannya dalam memanen berbagai macam energi mekanis, bahkan pada frekuensi yang sangat rendah seperti gerakan manusia, getaran, tetesan air hujan, dan sebagainya. Pada artikel ini, akan dijelaskan mengenai konsep dasar mengenai TENG serta aplikasinya dalam *energy harvesting* dan *self-powered active sensor*. Dengan berbagai aplikasinya dalam *energy harvesting* pada era digitalisasi dimana isu lingkungan juga berkembang, TENG menjadi pendekatan yang menjanjikan untuk mekanisme *energy harvesting* dan *self-powered active sensor* di masa yang akan datang.

Konsep Dasar dan Model Nanogenerator Triboelektrik (TENG)



TENG menghasilkan daya listrik dari friksi dua material yang saling bergesekan satu sama lain, yang biasa disebut sebagai listrik statis. Setelah kedua material saling besentuhan, adhesi terjadi di antara



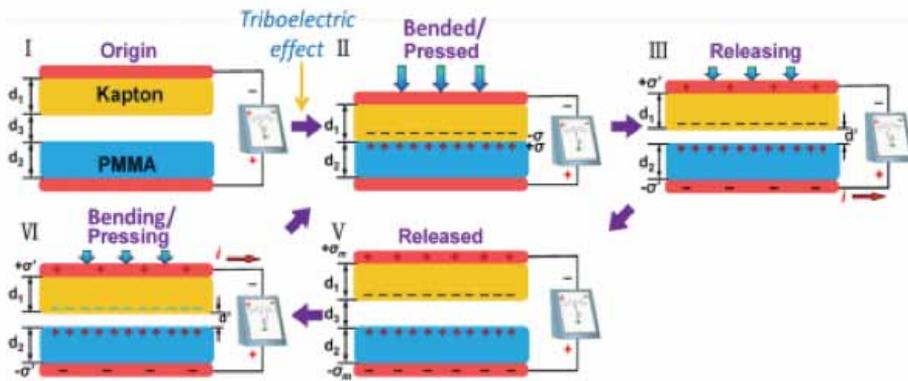


Secara sederhana, TENG merupakan perpindahan elektron. Perangkat ini menghasilkan daya listrik dari friksi dua material yang saling bergesekan satu sama lain, yang biasa kita sebut sebagai listrik statis^{1 [1,2]}. Daya tersebut dapat dihasilkan oleh TENG dari perputaran roda mobil yang bersentuhan dengan jalanan, bahan pakaian yang saling bergesekan, dan bahkan gerakan tetesan hujan saat meluncur melintasi panel surya^{1,2]}. Secara umum, setelah dua material yang berbeda saling bersentuhan, adhesi² terjadi di antara dua permukaan yang berbeda muatan dan menyamakan potensi elektrokimia dengan mentransfer elektron atau ion dari satu bahan ke bahan lainnya^[3]. Terdapat kecenderungan untuk menahan elektron berlebih atau memberikannya ketika bahan-bahan

tersebut terpisah, menghasilkan efek triboelektrik³. Ketika efek triboelektrik terjadi pada permukaan dielektrik⁴, elektron pada elektroda akan mengalir, sehingga penurunan potensial listrik seimbang. Berdasarkan prinsip tersebut, terdapat tiga model TENG: (1) *vertical contact-separation mode*, (2) *lateral sliding mode*, (3) *single-electrode mode*^[3,4].

Pada *vertical contact-separation mode*, dua lembar film dielektrik yang berbeda dihadapkan satu sama lain dengan elektroda ditempatkan pada bagian atas dan bawah permukaan dan susunan

Gambar 1. *Vertical Contact-Separation Mode*
Sumber: Bera, 2016



Sumber: Bera, 2016

1 Listrik statis adalah Static electricity is the ketidakseimbangan muatan listrik pada permukaan material (energyeducation.ca)

2 Adhesi adalah gaya tarik-menarik antar molekul yang tidak sejenis (biologydictionary.net)

3 Efek triboelektrik merupakan sejenis elektrifikasi sentuh dimana material-material tertentu menjadi bermuatan listrik setelah bersentuhan dengan material lain yang berbeda dan lalu dipisahkan (sciencedaily.com)

4 Dielektrik merupakan bahan isolator atau konduktor arus listrik yang sangat buruk (britannica.com)

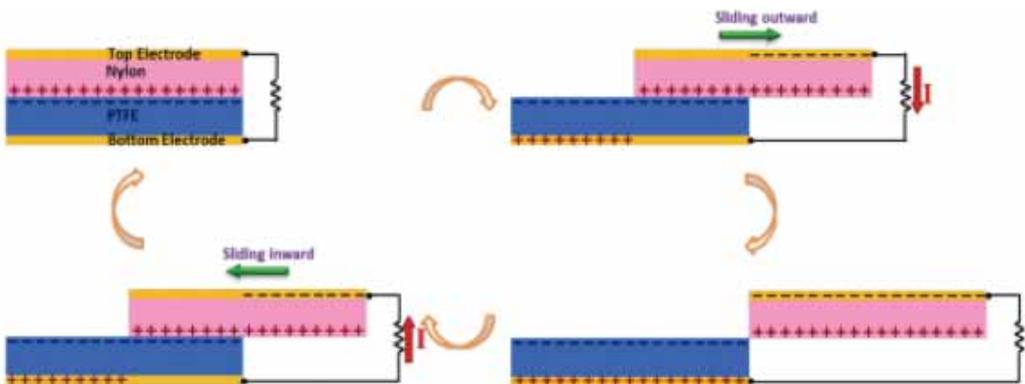
struktur tersusun tersebut (Gambar 1). Ketika tekanan dari eksternal memisahkan permukaan tersebut, jarak kecil yang terbentuk menghasilkan penurunan potensial. Jika koneksi terbentuk diantara dua elektroda, medan elektrostatis akan diseimbangkan dengan perpindahan elektron bebas dari satu elektroda ke elektroda lainnya. Efek triboelektrik akan hilang ketika jarak tersebut tertutup.

Pada *lateral sliding mode*, kontak geser relatif antara dua permukaan menciptakan efek triboelektrik (Gambar 2). Di sepanjang arah pergeseran, polarisasi lateral mendorong elektron pada bagian atas dan bawah elektroda untuk berpindah dan menyeimbangkan medan elektrostatis. Ketika pergeseran pembukaan dan penutupan terjadi secara berkala, hal tersebut akan menghasilkan keluaran AC.

penggunaan mobile. Namun, pada kasus objek yang bergerak, objek TENG tidak dapat terhubung secara elektrik ke beban. Hal tersebut dapat dilihat pada perangkat yang digerakkan oleh sentuhan jari. *Energy harvesting* masih dapat dimungkinkan menggunakan TENG berbasis *single-electrode* dengan elektroda yang ditanam pada bagian bawah (Gambar 3). Distribusi medan listrik lokal akan berubah ketika bagian atas object mendekati atau menjauhi bagian bawah. Perubahan potensial elektroda dipertahankan oleh pertukaran elektron di antara bagian bawah elektroda dan dasar.

Aplikasi Nanogenerator Triboelektrik (TENG)

Gambar 2. *Lateral Sliding Mode*



Sumber: Bera, 2016

Pada *single-electrode mode*, terdapat mekanisme yang berbeda dari dua *mode* yang telah dijelaskan sebelumnya. Pada dua *mode* sebelumnya, terdapat dua elektroda yang terhubung oleh beban serta bebas bergerak, sehingga memungkinkan

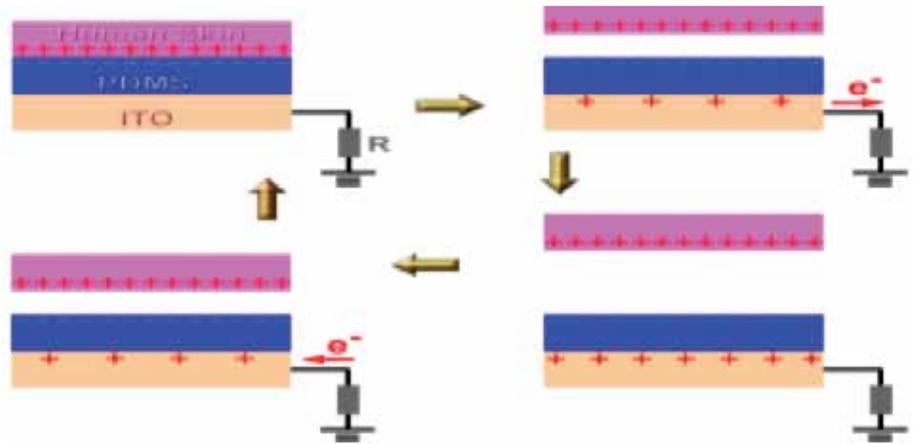
1. Aplikasi pada *Energy Harvesting*

Sebagai salah satu mekanisme *energy harvesting*, TENG memiliki kelebihan karena kemampuannya dalam memanen berbagai energi mekanis, bahkan pada



Sebagai salah satu mekanisme energy harvesting, TENG memiliki kelebihan karena kemampuannya dalam memanen berbagai energi mekanis, bahkan pada frekuensi yang rendah seperti getaran dan gerakan manusia.

Gambar 3. *Single-Electrode Mode of TENG*



Sumber: Bera, 2016

frekuensi yang rendah seperti getaran dan gerakan manusia. Getaran merupakan energi mekanis yang ketersediannya melimpah dan beragam di sekitar kita. Getaran dapat berasal dari langkah, suara, mesin, angin, dan sebagainya. Merupakan ide yang bagus untuk memanen energi mekanis, karena TENG dapat memainkan peran yang penting dalam mendukung pengembangan *Internet of Things* (IoT), sehingga perangkat mobile dapat terhubung lebih efisien di masa yang akan datang [5]. Salah satu desain inovatif yang dapat memfasilitasi pemanenan energi getaran acak dalam berbagai arah adalah TENG tiga dimensi (3D-TENG), yang merupakan desain hibrida dari *vertical contact-separation mode* dan *in-*

plane sliding mode. Aplikasi TENG dapat mendukung penggunaan ekstensif dari perangkat pengisi daya portabel dan IoT.

Energi mekanis yang melimpah di alam lainnya dihasilkan dari gerakan tubuh manusia. TENG dapat digunakan untuk mengubah energi mekanis menjadi listrik untuk perangkat portabel dan aplikasi biomedis. Pada langkah kaki manusia, TENG digunakan berdasarkan pada *contact-separation mode* untuk kompresi insole secara berkala. Dengan memanfaatkan insole sebagai sumber daya langsung, sebuah sepatu dengan fitur pencahayaan telah dikembangkan. Untuk memanen energi dari gerakan manusia, TENG dapat dimasukkan ke lapisan dalam sebuah

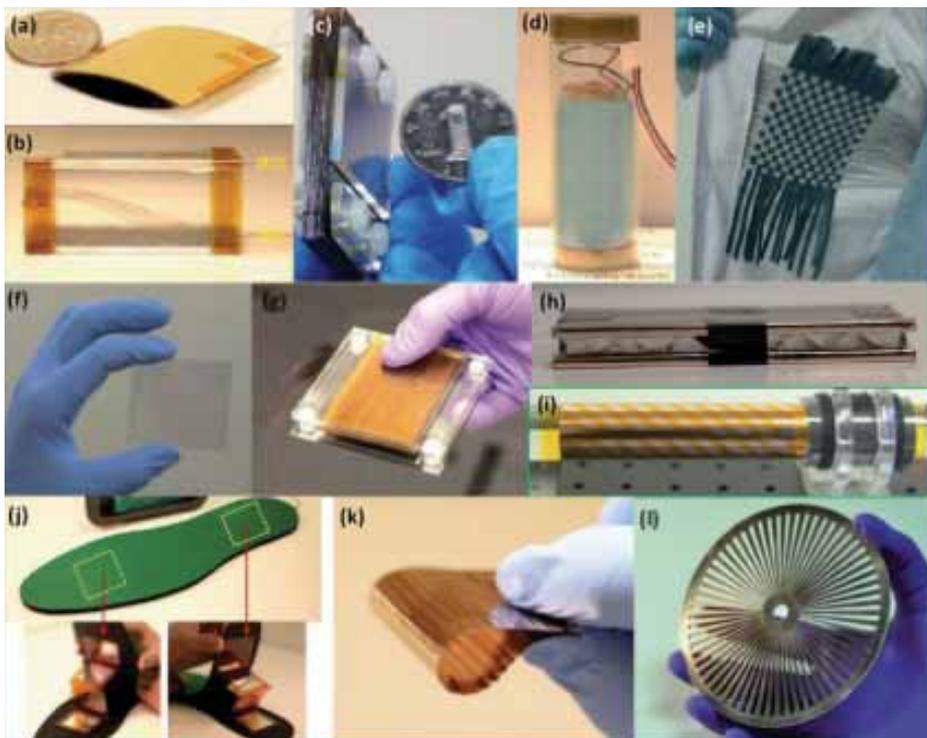
pakaian. Berdasarkan penelitian, output maksimum dari tegangan dan kerapatan arus adalah sampai dengan 17 V dan 0.02 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ dalam berjalan kaki normal ^[4].

Aplikasi TENG pada *energy harvesting* dapat dikembangkan menjadi sumber daya berskala kecil dan berskala besar ^[3]. Sebagai sumber data berskala kecil, TENG dapat dikembangkan untuk menghidupkan perangkat elektronik kecil untuk jaringan sensor. Berbagai metode *energy harvesting* dapat diaplikasikan dalam menghasilkan daya dari gerakan manusia, bahan pakaian, getaran dari langkah manusia, tekanan takan, insole sepatu, getaran pada cabang pohon, getaran mesin, energi elastis pada sebuah struktur spons,

gelombang udara di udara maupun di air ^[3]. Berdasarkan penelitian ^[3], TENG *sliding mode* menunjukkan efisiensi konversi energi sebesar 50% dan efisensi sebesar 24 % untuk TENG berbasis rotasi, serta kerapatan daya keluaran mencapai hingga 1200 Wm^{-2} . Keluaran daya tersebut mampu menghidupkan perangkat elektronik kecil. Hal tersebut mengindikasikan bahwa TENG dapat digunakan sebagai sumber daya *micro/nanopower* yang berkelanjutan ^[3,6].

(a) energi dari sentuhan jari; (b) energi dari aliran udara / angin; (c) energi dari relative in-plane sliding; (d) tempat tertutup untuk memanen energi berosilasi / mengganggu dalam air atau getaran

Gambar 4. Aplikasi TENG pada *energy harvesting* berskala kecil



Sumber: Bera, 2016



Dalam aplikasi TENG sebagai self-powered active sensor, prinsip yang digunakan adalah karakteristik TENG yang menghasilkan tegangan dan arus listrik secara otomatis ketika dipicu secara mekanis tanpa penggunaan unit daya.



mekanis; (e) kain untuk memanen energi dari gerakan tubuh; (f) TENG transparan untuk memanen energi pada touch pad; (g) energi dari tekanan kaki/tangan; (h) energi dari dampak air; (i) energi rotasi silindris; (j) insole sepatu untuk energi dari langkah kaki; (k) struktur fleksibel untuk memanen energi dari energi gesekan; dan (l) energi rotasi berbentuk disk.

Sebagai sumber daya berskala besar, TENG dapat dikembangkan untuk memanen energi dari aliran air yang berasal dari sungai, air hujan, gelombang pasang dan gelombang laut, dengan menggunakan elektrifikasi kontak antara permukaan cair dan padat^[3]. Dengan memanfaatkan TENG, *energy harvesting* telah berhasil dilakukan pada energi kinetik dari fluktuasi air seperti gelombang air dan aliran air^[3]. Berdasarkan penelitian, TENG tiga dimensi yang berbentuk seperti jaring ikan 3D dengan keluaran daya sebesar 1mW setiap unitnya dapat dikembangkan untuk menghasilkan daya sebesar 1MW menggunakan 1 km² area permukaan laut^[3]. TENG tersebut memiliki peluang untuk dikembangkan menjadi teknologi *blue energy* untuk kebutuhan energi berskala besar di masa yang akan datang.

2. Aplikasi pada Self-Powered Active Sensor

Dalam aplikasi TENG sebagai *self-powered active sensor*, prinsip yang digunakan adalah karakteristik TENG yang menghasilkan tegangan dan arus listrik secara otomatis ketika dipicu secara mekanis tanpa penggunaan unit daya^[3,4]. TENG memiliki sensitivitas yang tinggi serta respon yang cepat terhadap pemicu mekanis eksternal, bahkan mampu mendeteksi tekanan lembut seperti tetesan air atau sentuhan bulu^[4]. Terdapat beberapa manfaat dari *self-powered sensor* berbasis mekanisme triboelektrik^[4]. (1) sensor aktif mampu merasakan tekanan statis dengan menggunakan tegangan *open-circuit* dan sensor tekanan dinamis; (2) Kemampuan deteksi TENG mencapai 2.1 Pa, mengindikasikan sensitivitas TENG yang tinggi sebagai *active pressure sensor*; (3) Perangkat ini tidak membutuhkan konsumsi daya dan dapat dikombinasikan dengan fitur *energy harvesting*. *Self-powered active sensor* berbasis TENG ini telah diaplikasikan pada berbagai tipe sensor seperti sentuhan jari, deteksi getaran, pelacakan lokasi/kecepatan/ percepatan dari sebuah objek bergerak,



Beberapa tantangan teknis terkait dengan pengembangan TENG [6], yakni (1) manajemen daya dibutuhkan untuk memberikan keluaran listrik yang berkelanjutan; (2) penelitian mengenai kinerja TENG dan efek triboelektrik di berbagai lingkungan ekstrim, seperti temperatur tinggi, medan magnet tinggi, atau lingkungan vakum; dan (3) penelitian lanjutan TENG sebagai self-powered sensor dan mengintegrasikannya dengan artificial intelligence.

sensor rotasi dan sensor kimia [3]. Sesor ini juga dapat diaplikasikan pada perangkat monitoring biomedis dan perangkat keamanan atau identifikasi [4,6].

Potensi dan Tantangan TENG

Berdasarkan penjabaran aplikasi TENG sebelumnya, dapat disimpulkan tiga aplikasi utama TENG di masa yang akan datang: penggunaan TENG sebagai teknologi *blue energy* dengan memanen energi dari gelombang air [3,6]; penggunaan TENG sebagai sumber daya mikro/*nanopower* yang berkelanjutan untuk menghidupkan perangkat mobile [3,4,6], dan penggunaan TENG sebagai *self-powered active sensor* untuk perangkat biomedis dan identifikasi manusia [4,6]. Namun, terdapat beberapa tantangan teknis terkait dengan pengembangan TENG [6], yakni (1) manajemen daya dibutuhkan untuk memberikan keluaran listrik yang berkelanjutan; (2) penelitian mengenai kinerja TENG dan efek triboelektrik di berbagai lingkungan ekstrim, seperti temperatur tinggi, medan magnet tinggi, atau lingkungan vakum; dan (3) penelitian lanjutan TENG sebagai *self-powered sensor* dan mengintegrasikannya dengan *artificial intelligence*. Secara keseluruhan, berdasarkan analisis pada artikel ini, TENG semakin menunjukkan potensinya untuk dikembangkan sebagai bagian dari kemajuan teknologi di masa depan. ■

REFERENSI:

- [1] Wang, J. e. (2019). Small-Scale Energy Harvesting from Environment by Triboelectric Nanogenerators. IntechOpen. doi:10.5772/intechopen.83703
- [2] Nield, D. (2018, Maret 9). This New Hybrid Solar Cell Can Harvest Electricity From Actual Raindrops. Retrieved from <https://www.sciencealert.com/hybrid-solar-cell-captures-energy-from-sun-and-rain>
- [3] Wang, Z. L. (2014). Triboelectric nanogenerators as new energy technology and self-powered sensor - Principles, problems and perspectives. Faraday Discussions. doi:10.1039/c4fd00159a
- [4] Bera, B. (2016). Literature Review on Triboelectric Nanogenerator. Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR), 2(10), 1263-1271.
- [6] Cheng, T. e. (2019). The Current Development and Future Outlook of Triboelectric Nanogenerators: A Survey of Literature. Advanced Material Technologies, 1-7.
- [5] Ma, M. e. (2018). Development, applications, and future directions of triboelectric nanogenerators. Nano Research, 11(6), 2951-2969.

BISNIS INDONESIA

Bisnis Indonesia
REFERENSI BISNIS TERPERCAYA



- Sanksi AS terhadap Iran dan krisis di Venezuela memicu penurunan suplai minyak OPEC hingga level terendah dalam 4 tahun terakhir pada periode April.
- Rupiah berhasil ditutup menguat tipis di tengah tertekannya semua mata uang kelompok Asia akibat proyeksi dolar AS yang justru menguat setelah *The Fed* memutuskan untuk mempertahankan suku bunganya.
- Uji Coba B30: Impor Minyak & BBM Akan Terpangkas Lagi
- Kinerja ekonomi kuartal I/2019 mengonfirmasi bahwa tren pelemahan ekonomi global cukup berpengaruh terhadap perekonomian nasional.
- Rancangan teknokratik RPJMN 2020-2024 menetapkan bahwa pertumbuhan ekonomi diharapkan meningkat menjadi rata-rata 5,4%—6% per tahun.
- Tren volume ekspor yang turun serta impor barang konsumsi yang meningkat jelang Ramadan diperkirakan memicu defisit pada neraca perdagangan April.
- Jelang keputusan Parlemen Uni Eropa terkait dengan skema RED II dan ILUC, minyak kelapa sawit Indonesia justru menuai sentimen positif dari sisi harga sebagai dampak dari perang dagang antara China dan Amerika Serikat.
- Kinerja dagang Indonesia harus kembali terpukul setelah mencatatkan defisit US\$2,50 miliar pada April 2019.
- Level suku bunga acuan Bank Indonesia dinilai masih akomodatif di tengah tekanan eksternal yang menguat sehingga belum diperlukan penyesuaian.

- Sabotase kapal tanker Saudi dan serangan pesawat tanpa awak atau *drone* yang menyasar fasilitas milik Saudi Aramco.
- Pelemahan ekonomi mulai memukul realisasi setoran pajak per April 2019 yang hampir di seluruh sektor dan jenis pajaknya mengalami penurunan.
- Harga minyak kelapa sawit (*crude palm oil*) di Bursa Derivatif Malaysia terus menghangat dan diproyeksikan diperdagangkan pada level 2.000 ringgit—2.050 ringgit per ton pada pekan depan, seiring menguatnya permintaan dari China, India, Pakistan, dan Timur Tengah.
- Bank Indonesia memperluas kebijakan untuk mendorong permintaan domestik, salah satunya dengan mendorong sisi pasokan transaksi *Domestic Non Deliverable Forward* (DNDF).
- Pemerintah menilai tantangan makro ekonomi pada 2020 cukup berat seiring dengan tingginya risiko yang berasal dari dinamika perekonomian global.
- Komite Ekonomi dan Industri Nasional (KEIN) merekomendasikan agar pemerintah mengembangkan industri substitusi barang impor dan penghiliran produk kelapa sawit dalam rangka memperbaiki defisit neraca perdagangan dan defisit transaksi berjalan.
- Eskalasi ketegangan dagang antara Amerika Serikat dan China makin membebani laju pertumbuhan ekonomi global yang sebenarnya memiliki kans untuk tumbuh lebih baik.

REUTERS



- CEO BP, Bob Dudley, memprediksikan harga minyak dunia pada tahun 2019 akan berada pada kisaran *range* US\$60-75/Bbl.
- Trump akan meningkatkan tarif barang China senilai \$ 200 miliar dari 10 persen akan menjadi 25 persen atau senilai \$ 325 miliar dengan target semua produk yang diimpor ke Amerika Serikat dari Cina
- Harga minyak naik karena meningkatnya ketegangan antara Amerika Serikat dan Iran serta pengaruh dari ancaman Presiden AS Donald Trump yang akan menaikkan tarif barang-barang Cina.
- Undang-undang baru di Colorado membatasi produksi *energy* dan merupakan wujud penolakan terhadap *booming* minyak di Amerika Serikat untuk menentang upaya administrasi Trump.
- Daftar impor Cina senilai \$ 250 miliar yang diusulkan akan mencakup hampir setiap produk konsumen yang tidak tersentuh oleh tarif sebelumnya, termasuk ponsel, laptop, dan komputer tablet.
- Empat kapal komersial Saudi Arabia disabotase di dekat emirat Fujairah, salah satu pusat *bunkering* terbesar di dunia yang terletak tepat di luar Selat Hormuz, terdiri dari dua kapal tanker minyak mentah yang dimiliki oleh perusahaan pelayaran Saudi Bahri, sebuah kapal bunker bahan bakar berbendera UEA dan sebuah kapal tanker produk minyak yang terdaftar di Norwegia.
- Pengurangan produksi OPEC + tahun ini karena kekhawatiran perlambatan ekonomi global akan menghasilkan kelebihan pasokan. OPEC mempertahankan estimasi pertumbuhan global dalam penggunaan minyak pada tahun 2019 stabil pada 1,21 juta barel per hari.

REUTERS



- Meningkatnya ketidakpastian di Timur Tengah, mendorong kenaikan harga minyak mentah, Brent ditutup pada \$ 71,77 per barel, naik 53 sen atau 0,7% dan WTI sebesar di \$ 62,02 per barel, naik 24 sen atau 0,4%.
- Harga minyak mentah turun disebabkan melonjaknya persediaan minyak mentah Amerika dan lemahnya permintaan produk kilang, dengan Brent sebesar \$70.62 dan WTI sebesar \$61.11. Produksi minyak Amerika meningkat 100,000 barrel per day menjadi 12.2 juta bpd
- Presiden Donald Trump telah menginstruksikan *Environmental Protection Agency* (EPA) untuk mengembangkan rencana untuk mereformasi pasar yaitu memperluas penjualan bensin yang dicampur dengan etanol berbasis jagung yang lebih tinggi, atau E15.
- UU *carbon tax* akhirnya diresmikan setelah ditunda sebanyak tiga kali sejak tahun 2010. Fase pertama pajak adalah dari 1 Juni hingga Desember 2022, dengan tarif pajak 120 rand (\$ 8,34) per ton setara karbon dioksida. Pemotongan pajak yang diijinkan akan mengurangi tingkat efektif menjadi antara 6 rand dan 48 rand per ton CO₂. Fase kedua akan berlangsung dari 2023 hingga 2030.
- Pelemahan dipicu oleh penurunan stok minyak mentah AS yang berada di bawah ekspektasi serta kekhawatiran terhadap perlambatan ekonomi global akibat perang dagang AS-China. Brent berjangka turun US\$2,58 atau 3,7 persen menjadi US\$66,87 per barel, terendah sejak 12 Maret 2019. WTI turun sebesar US\$2,22 atau 3,8 persen menjadi US\$56,59 per barel, terlemah sejak 8 Maret 2019

CNBC



- AS dan China kemungkinan akan mengumumkan kesepakatan perdagangan pada Jumat depan, sesuai informasi sumber CNBC.
- Ekonom memproyeksikan perekonomian Indonesia tumbuh sebesar 5,19% secara tahunan (*year-on-year/ YoY*), lebih tinggi dari kuartal-I 2018 dan juga kuartal-IV 2018 yang masing-masing sebesar 5,06% YoY dan 5,18% YoY.
- Panas! Trump Ngotot Naikkan Bea Impor, China Ancam Membalas
- Kenaikan tarif yang diberlakukan AS terhadap China dapat memicu perlambatan ekonomi dunia.
- Presiden Trump memutuskan apakah akan menambah atau menghapus tarif barang dari Kanada dan Meksiko dan Uni Eropa.
- Berdasarkan hasil kenaikan tarif yang diberlakukan US terhadap produk impor dari Cina serta balasan yang sama terhadap produk US di Cina, maka Cina akan menurunkan suku Bunga menurut Trump.
- Berdasarkan hasil kenaikan tarif yang diberlakukan US terhadap produk impor dari Cina serta balasan yang sama terhadap produk US di Cina, maka Cina akan menurunkan suku Bunga menurut Trump.
- Defisit neraca dagangan April 2019 terparah sejak 2013 yaitu sebesar US\$2,5 Milyar dengan defisit untuk migas sebesar US\$1,49 Milyar. Impor migas bulan maret 2019 sebesar US\$1,52Milyar sehingga terdapat kenaikan sebesar 46,99% dari Maret ke April.
- OPEC dan sekutunya mengadakan pertemuan komite JMMC, pada hari Minggu di kota Jeddah Arab Saudi.

CNBC



Menteri Energi Saudi Khalid al-Falih mengatakan kepada wartawan di acara tersebut bahwa ia merekomendasikan untuk menurunkan persediaan minyak.

- Ketegangan perdagangan antara AS dan China adalah investasi dan pertumbuhan yang berbahaya, sekretaris jenderal OECD memperingatkan Senin.
- OPEC dan produsen utama lainnya mengisyaratkan mereka akan memperpanjang penurunan produksi, yang telah membantu meningkatkan harga minyak sekitar \$ 20 per barel tahun ini.
- Perjanjian jual beli Aramco dengan volume 5 juta ton gas alam cair per tahun dari Sempra's Port Arthur, terminal ekspor Texas.
- *Wall Street* mulai percaya bahwa perang dagang akan bertahan lebih lama dan menghantam perekonomian jauh lebih sulit daripada beberapa minggu yang lalu.
- Sebuah studi oleh para ilmuwan dari University of Bristol, Kyungpook National University, dan Massachusetts Institute of Technology menemukan Cina bertanggung jawab atas banyak lonjakan baru-baru ini dalam emisi gas rumah kaca ilegal. China menyumbang 40% hingga 60% dari peningkatan global dalam triklorofluorometana, atau CFC-11, emisi antara tahun 2014 dan 2017, kata studi tersebut.
- Terjadi kenaikan harga minyak mentah 1% pada senin kemarin akibat pembatasan produksi opec, sanksi Iran serta insiden kontaminasi di Rusia, dan memanasnya kondisi di timur tengah.

CNN



- Sentimen AS Bikin Rupiah Melemah ke Rp14.305 per Dolar AS
- Nilai tukar rupiah berada di posisi Rp14.335 per dolar Amerika Serikat (AS) pada perdagangan pasar spot Jumat (10/5) pagi. Rupiah Berpotensi Melemah Hari Ini.
- Harga minyak mentah dunia merosot tipis pada perdagangan sepanjang pekan lalu. Pelemahan utamanya dipicu oleh peningkatan ketegangan dagang akibat AS yang mengerek tarif impor produk China.
- Nilai tukar rupiah berada di level Rp14.426 per dolar AS pada perdagangan Selasa (14/5) pagi.
- Harga minyak dunia menguat lebih dari satu persen pada perdagangan Selasa (14/5), waktu AS. Penguatan terjadi setelah Arab Saudi menyatakan kelompok bersenjata Yaman aliansi Iran menyerang fasilitas perusahaan minyak pelat merah Saudi Aramco dengan drone bermuatan peledak.
- Harga minyak dunia mencatatkan penurunan mingguan terbesar untuk 2019 pada sepanjang pekan lalu. Pelemahan dipicu oleh kenaikan persediaan pasokan dan kekhawatiran pasar terhadap perekonomian global. Harga minyak Brent pada perdagangan Jumat (24/5) ditutup di level US\$68,69 per barel atau melemah 4,5 persen sepanjang minggu lalu.
- Pada Selasa (28/5/2019) pukul 09:00 WIB, US\$ 1 dihargai Rp 14.375 atau sama dengan posisi penutupan perdagangan hari sebelumnya. Berkebalikan dengan rupiah, dolar AS punya peluang yang lebih tinggi untuk menguat. Kemudian harga minyak dunia naik di kisaran 1%. Penyebabnya adalah tensi yang meninggi di Timur Tengah.

BLOOMBERG

Bloomberg

- Isu Trade War US – Cina yang sudah kian mereda, ternyata kembali memanas melalui statement Trump yang mengancam menaikkan tarif untuk Cina. “*Trade War reborn*” ini isunya akan berlangsung pada hari Minggu depan.
- Pertumbuhan ekonomi Asia diperkirakan akan bertahan sekitar 7% pada tahun 2020. Oleh karenanya banyak kalangan menyebut tahun 2020 sebagai “Dekade Asia”.
- Polemik *Trade War* US-Cina yang berkepanjangan dapat memberikan ancaman ke Indonesia dari segi perekonomian nasional. Secara tidak langsung, Indonesia khawatir akan menjadi sasaran/desakan proteksionis Donald Trump pada negara-negara Asia lainnya, termasuk Indonesia.
- Skenario terburuk yang akan menimpa Cina sebagai efek dari polemik *trade war* berkepanjangan dengan US, sebagai berikut: Pertumbuhan ekonomi Cina terganggu dan diprediksikan menyusut dalam periode *short-middle time*. Hutang nasional akan meningkat terlebih dengan skema kenaikan tarif impor dari US. Relevan dengan poin 1, diprediksikan para investor asing akan keluar dari Cina dan mencari ladang investasi di negara lain.
- Harga minyak dunia diprediksikan kembali naik atau setidaknya berada pada level atas akibat OPEC+ masih terus memperpanjang *cutting* produksinya. Hal ini dilatarbelakangi salah satunya oleh ketegangan *trade war* US Cina yang tak kunjung usai dan sedikit-sedikit memanas. OPEC+ mengkhawatirkan kondisi *trade war* yang berkepanjangan akan mengganggu keseimbangan harga minyak dunia, oleh karenanya mereka sepakat *me-extend cutting* produksi minyak.
- Bloomberg memproyeksikan pertumbuhan ekonomi

BLOOMBERG

Bloomberg



Cina pada tahun 2019 tetap pada tingkat 6,3% setelah realisasi *economics domestic growth* pada kuartal I 2019 tumbuh 6,4%.

- Ref. berita yang kami himpun dari Bloomberg, Presiden US Donald Trump menyatakan bahwa “belum siap” membuat kesepakatan perdagangan dengan pemerintah Cina.

FGE

PG&E *Pacific Gas and Electric Company*

- Harga minyak mentah turun dari level tertinggi enam bulan yang terlihat pekan lalu sekitar \$ 4,0 / bbl. Penurunan harga sebagian besar disebabkan oleh tingginya persediaan minyak mentah AS.
- Harga minyak mentah meningkat di tengah meningkatnya kekhawatiran atas gangguan pasokan di Timur Tengah. Ini terjadi setelah serangan terhadap dua stasiun pompa minyak Saudi Aramco, yang mengakibatkan penutupan singkat pipa Timur-Barat awal pekan ini. Ada serangan terpisah terhadap kapal tanker minyak Saudi di lepas pantai UEA. Brent tanggal naik \$ 4,34 / bbl w-o-w menjadi ditutup pada \$ 74,7 / bbl, sementara harga Dubai naik sekitar \$ 3 / bbl.

RENEWABLE NEWS



- Pembangkit listrik tenaga batu bara hanya menyumbang 20% dari total pembangkit listrik U.S. pada April 2019, sementara energi terbarukan mencapai 24%. Hal ini merupakan pertama kalinya dalam sejarah bahwa energi terbarukan menghasilkan lebih banyak energi dari batubara setiap bulan.
- China telah menjadi penyuplai energi nuklir terbesar ketiga di dunia dengan kapasitas produksi terpasang 45,9 Gigawatt pada akhir 2018.
- Pabrikan mobil Swedia, Volvo Cars, yang dimiliki oleh Geely China, mengatakan pihaknya telah menandatangani perjanjian jangka panjang dengan CATL dan LG Chem untuk memasok baterai lithium ion untuk *electric vehicles*.



PETUNJUK LAYANAN INFORMASI “SIPERDANA” ON-LINE DPLK TUGU MANDIRI

<http://www.siperdana.tugumandiri.com>



Lupa password? Hubungi Halo Tugu Mandiri



email : dpiktm@tugumandiri.com



klik SETUJU



Kini Anda mudah mengakses
Layanan Informasi Kepesertaan
DPLK Tugu Mandiri
Unduh Segera mobile apps

SIPERDANA DPLK Tugu Mandiri



MUSICOOL

Hematnya Energi, Hijaunya Bumi



HEMAT ENERGI



HEMAT BIAYA LISTRIK



RAMAH LINGKUNGAN



Keunggulan MUSICOOL



30%
Lebih hemat energi

Hemat Energi

Sifat termodinamika yang lebih baik sehingga menghemat pemakaian energi hingga 30%



Hemat Biaya Listrik



Memenuhi Persyaratan Internasional (SNI)



MC 22
Pengganti Refrigeran R-22



MC 134
Pengganti Refrigeran R-134



Umur mesin/AC lebih panjang



Ramah Lingkungan

Tidak mengandung Bahan Perusak Ozon (BPO) dan efek gas rumah kaca (GRK)



Produk Dalam Negeri



Kompatibel



Kompatibel Pada Semua Mesin Pendingin



HIGH-GRADE FUEL FOR PERFECTION IN PERFORMANCE



OKTAN 98

Pertamax Turbo dengan oktan 98 disesuaikan untuk kendaraan berteknologi *supercharger* atau *turbocharger*.



AKSELERASI SEMPURNA

Pembakaran yang sempurna membuat torsi kendaraan lebih tinggi.



KECEPATAN MAKSIMAL

Teknologi IBF (Ignition Boost Formula) membuat bahan bakar lebih responsif terhadap proses pembakaran.



DRIVEABILITY

Kendaraan menjadi lebih responsif sehingga lincah bermanuver.



9 772598 314005