

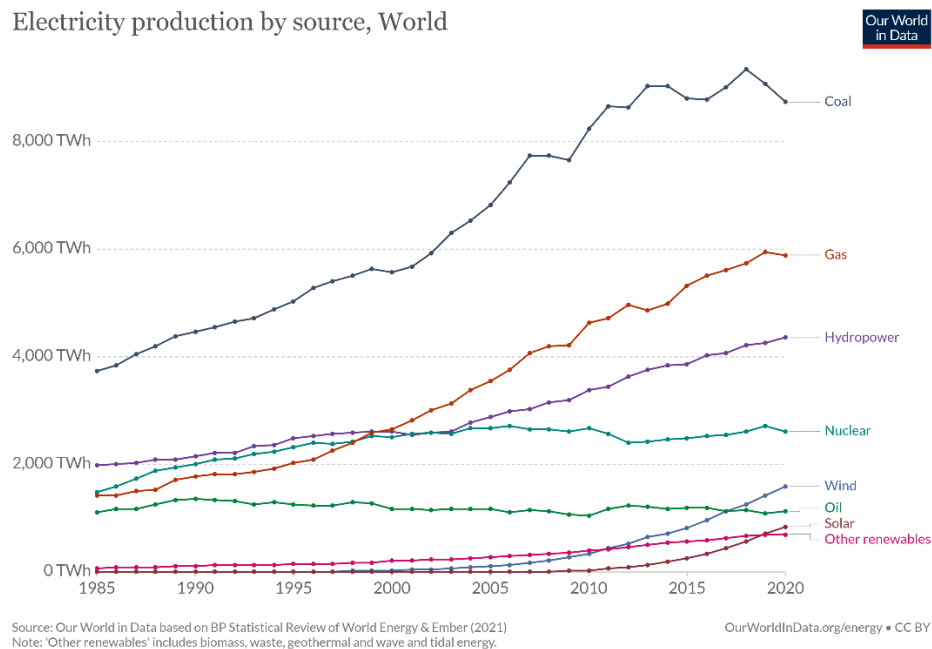
Final Term – PLTB *Benchmark*

Name : Ibadurahman H
 Lecturer : Joni Welman Simatupang
 Electrical Engineering – President University

1. Pendahuluan

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan angin sebagai sumber energi. Angin digunakan untuk memutar baling-baling yang terhubung dengan generator sehingga dari putaran ini dapat menghasilkan energi listrik.

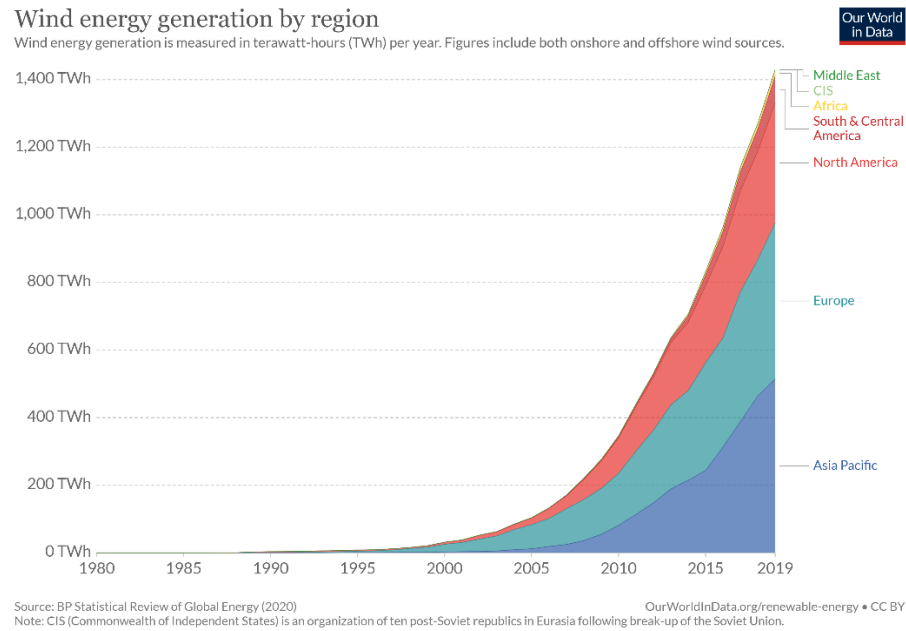
Berdasarkan data dari *BP Statistical Review of World Energy* [1] (Gambar 1) pada tahun 2020 produksi listrik dunia dengan sumber energi angin mencapai 1.590,90 TWh. Hal ini menempatkan angin sebagai sumber energi terbarukan dengan jumlah produksi listrik terbesar kedua setelah air.



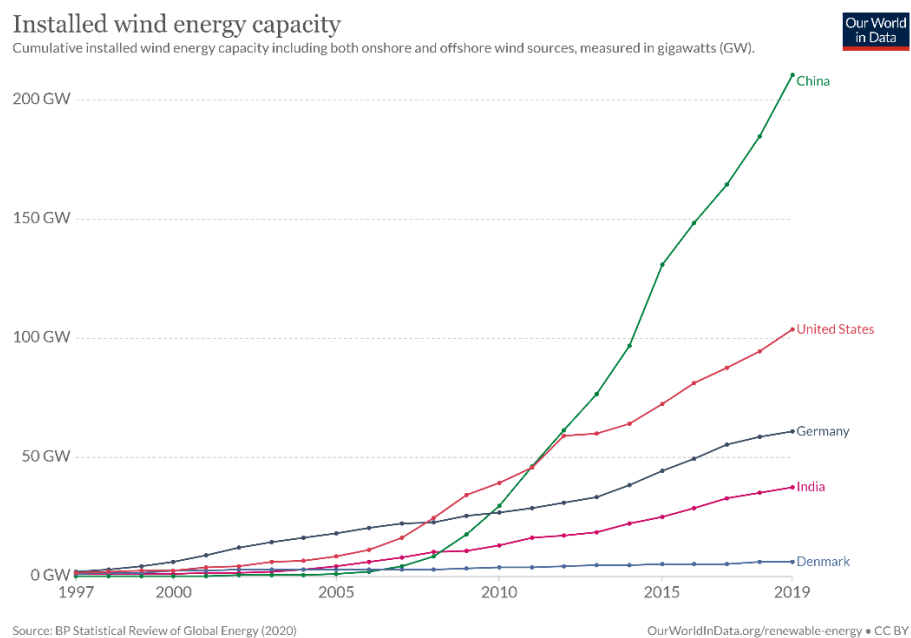
Gambar 1.1. Produksi Listrik Dunia Berdasarkan Sumber Energinya

PLTB dengan kapasitas produksi yang besar didominasi oleh negara-negara Asia Pasifik, Eropa, dan Amerika Utara (Gambar 1.2). Diantara yang terbesar berdasarkan kapasitas terpasang pada tahun 2019 [1] adalah China (210,48 GW), United States (104,58 GW), Jerman (60,82 GW), dan India (37,51GW). Di Indonesia sendiri, kapasitas terpasang PLTB pada tahun

2019 sebesar 154,31 MW [2]. Hal ini tergolong sangat rendah jika dibandingkan dengan potensi energi angin di Indonesia yang mencapai 60.647 MW [3].



Gambar 1.2. Produksi energi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu di dunia



Gambar 1.3. Kapasitas terpasang Pembangkit Listrik Tenaga Bayu di Beberapa Negara

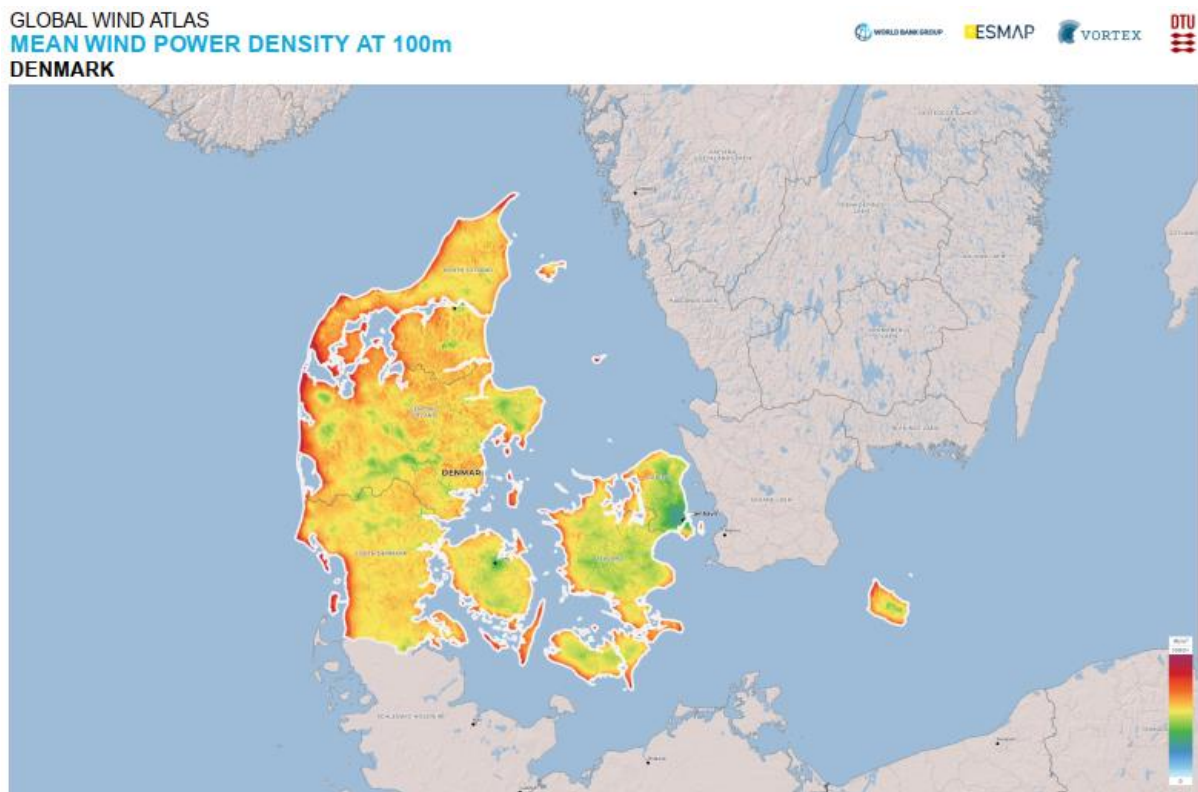
Studi *benchmark* ini dilakukan dengan tujuan mendapatkan *lesson-learned* dari negara-negara yang berhasil membangun pembangkit listrik tenaga bayu dengan kapasitas yang besar sehingga dapat dijadikan pertimbangan dalam mengambil kebijakan pembangunan PLTB di Indonesia. Studi *benchmark* ini dilakukan didasarkan pada beberapa parameter, diantaranya bauran energi, potensi energi angin berdasarkan letak geografis, kapasitas terpasang, target bauran secara nasional, dan Langkah-langkah yang dilakukan setiap negara untuk mempercepat pencapaian target.

2. PLTB Di Beberapa Negara

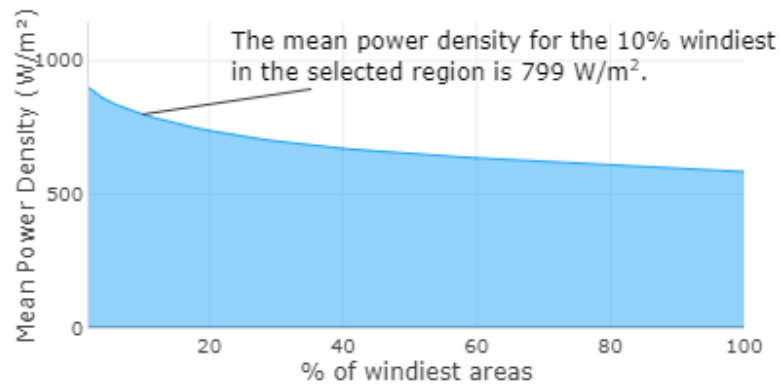
2.1. Denmark

Denmark adalah negara yang memiliki luas wilayah 42.933 km² dengan populasi manusia sebanyak 5.818.553 jiwa [4].

Secara geografis Denmark terletak di wilayah yang memiliki kecepatan angin yang cukup tinggi. 10% daerah dengan kecepatan angin tertinggi memiliki rata-rata kecepatan 9,3 m/s di ketinggian 100 m (Gambar 2.1) dan memiliki potensi energi angin 799 W/m² [5] (Gambar 2.2).

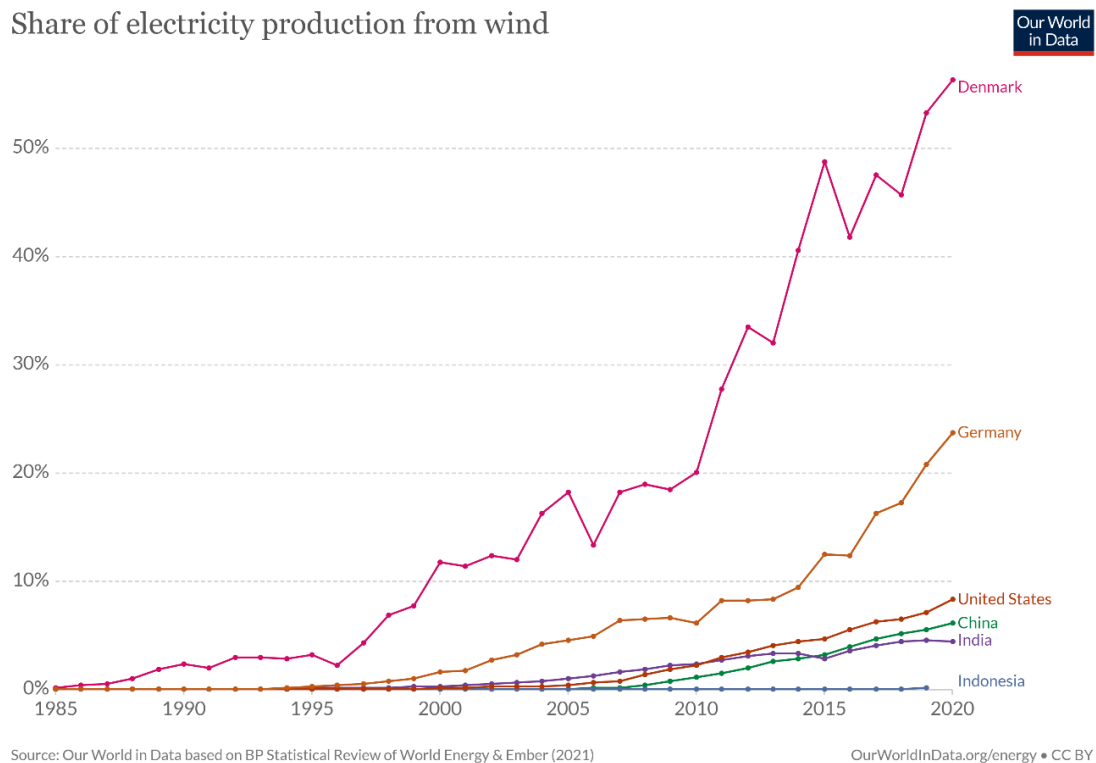


Gambar 2.1. Peta potensi energi angin di Denmark

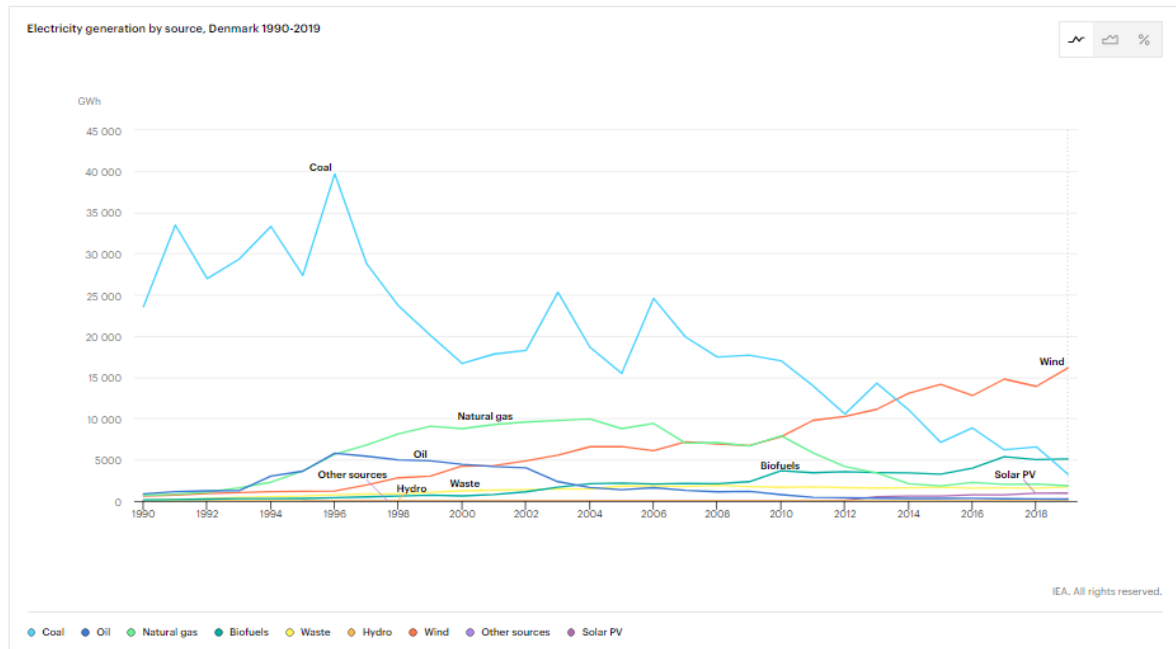


Gambar 2.2. Grafik potensi energi angin di Denmark

Dari sudut pandang bauran energi, Denmark memiliki presentase bauran energi angin yang terbesar di dunia. Hingga tahun 2019 Denmark memiliki kapasitas energi angin terpasang sebesar 6,12 GW (Gambar 1.3) dan berkontribusi sebesar 56,34% [1] (Gambar 2.3 dan Gambar 2.4) dari total produksi listrik 34,268 TWh [6] (Gambar 2.9) di negara tersebut pada tahun 2020.



Gambar 2.3. Perbandingan bauran energi dari beberapa negara



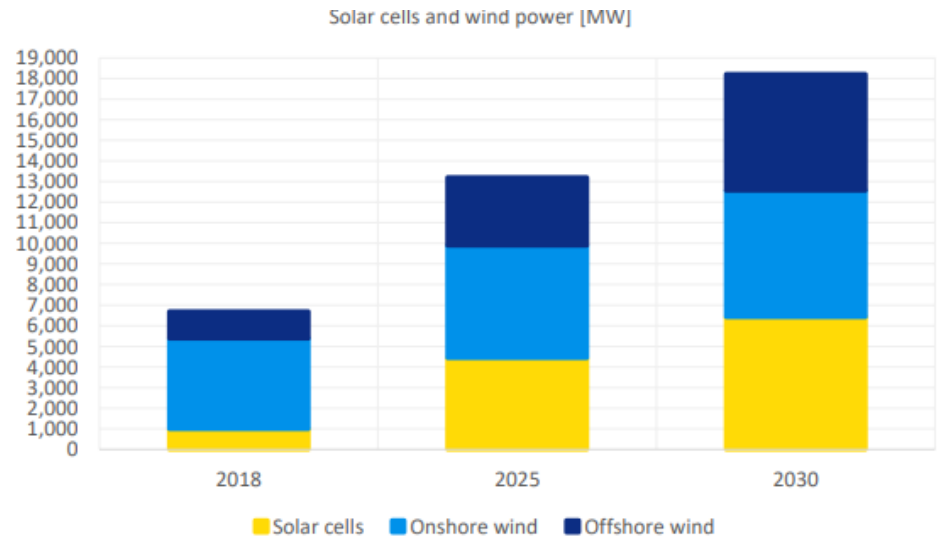
Gambar 2.4. Bauran energi di Denmark

Tingginya bauran energi angin yang ada di Denmark disebabkan komitmen pemerintah di negara tersebut untuk mengurangi emisi gas carbon sebesar 70% pada tahun 2030 dibanding tahun 1990 [7] dan mengurangi ketergantungan negara tersebut terhadap import batu bara dan minyak sebagai sumber energi. Untuk merealisasikannya beberapa strategi yang dilakukan pemerintah adalah berfokus pada pendanaan riset teknologi dan mempermudah perizinan dalam pembangunan infrastruktur.

Dalam hal pendanaan pemerintah mengeluarkan dana sebesar USD 201 juta per tahun [8]. Beberapa kebijakan yang pemerintah ambil dalam hal pembangunan infrastruktur energi terbarukan adalah [17]:

- Dukungan finansial dan teknis dari Pemerintah pada tahap awal pembangunan.
- Menetapkan target yang ambisius dan terukur.
- Pemberlakukan *feed-in tariff* untuk meningkatkan daya.
- Standar teknologi yang tinggi sehingga menjamin kualitas energi.
- Memberlakukan *green certificates*.

Danish Energy Agency memperkirakan kapasitas terpasang energi terbarukan akan meningkat 12 GW pada tahun 2030, dimana jumlah ini 2 kali lipat lebih banyak dibandingkan pada tahun 2018. Dimana diantaranya adalah 4,3 GW *offshore wind* dan 1,7 GW *onshore wind* [20] (Gambar 2.5).

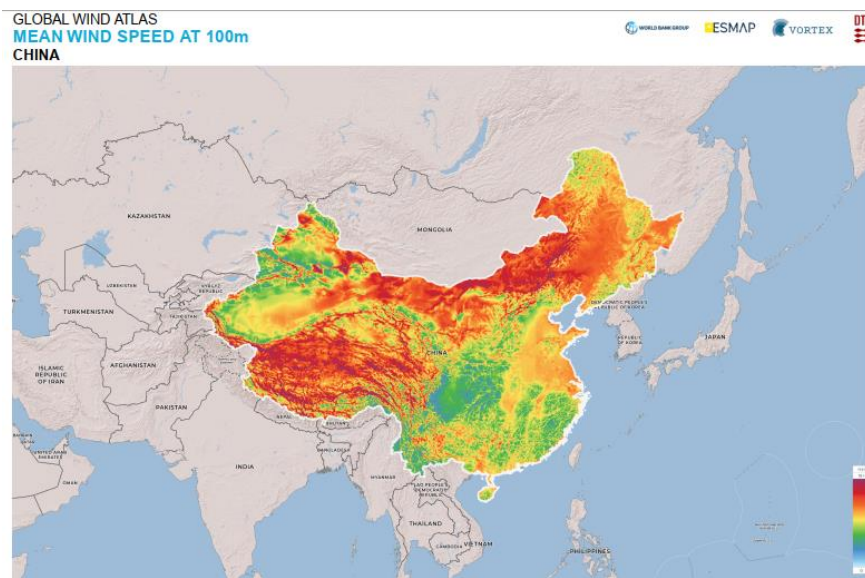


Gambar 2.5. Target Kapasitas Terpasang Solar PV dan Wind Power di Denmark hingga 2030

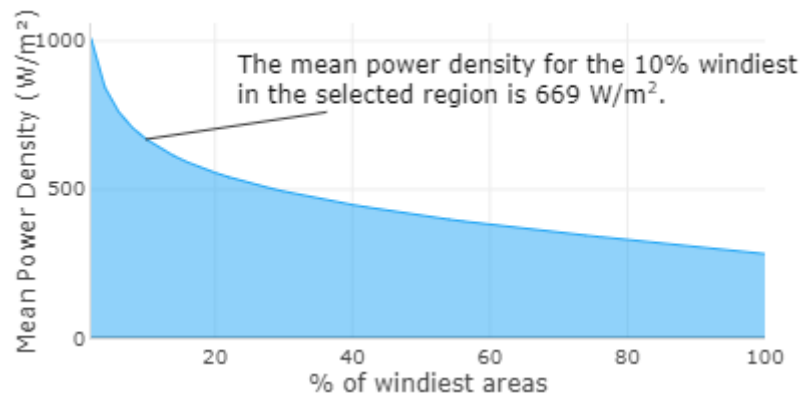
2.2. China

China memiliki luas wilayah sebesar 9,597 Juta km² dengan jumlah penduduk 1,398 Milyar jiwa [4].

Secara geografis China didukung dengan 10% daerah dengan kecepatan angin tertinggi memiliki rata-rata kecepatan 8,93 m/s di ketinggian 100 m (Gambar 2.6) dan memiliki potensi energi angin 669 W/m² [5] (Gambar 2.7).



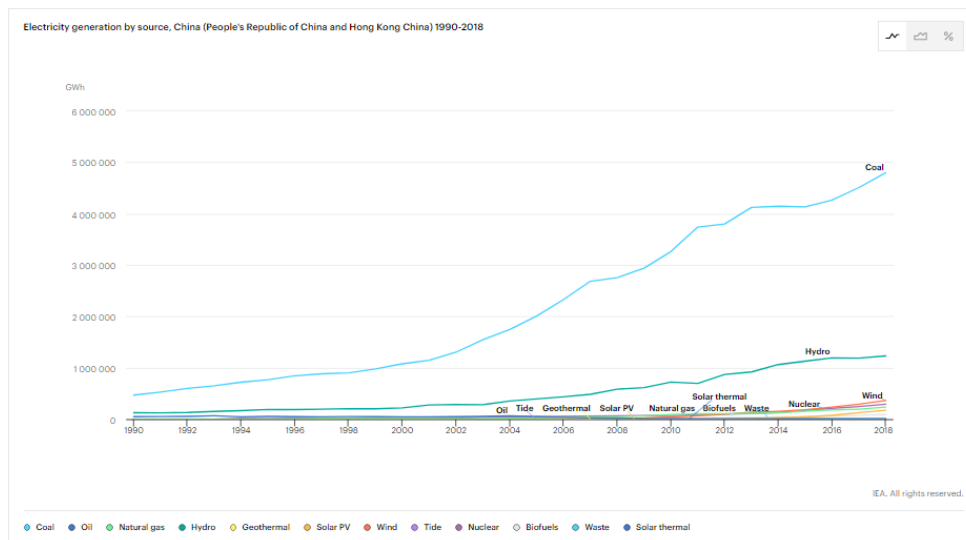
Gambar 2.6. Peta potensi energi angin di China



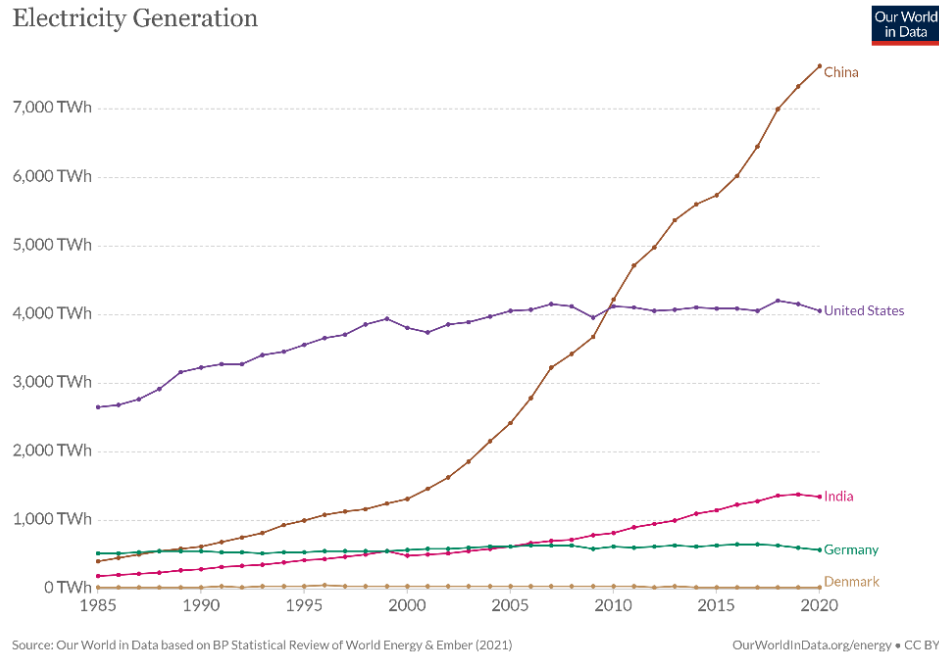
Gambar 2.7. Grafik potensi energi angin di China

Hingga tahun 2019 China memiliki kapasitas energi angin terpasang sebesar 210,48 GW (Gambar 1.3) dan merupakan kapasitas terpasang energi angin terbesar di dunia.

Dari sudut pandang bauran energi, pembangkit listrik tenaga bayu di China menyumbang 6,12% [1] (Gambar 2.3 dan Gambar 2.8) dari total produksi listrik 7.623,70 TWh [6] (Gambar 2.9) di negara tersebut pada tahun 2020.



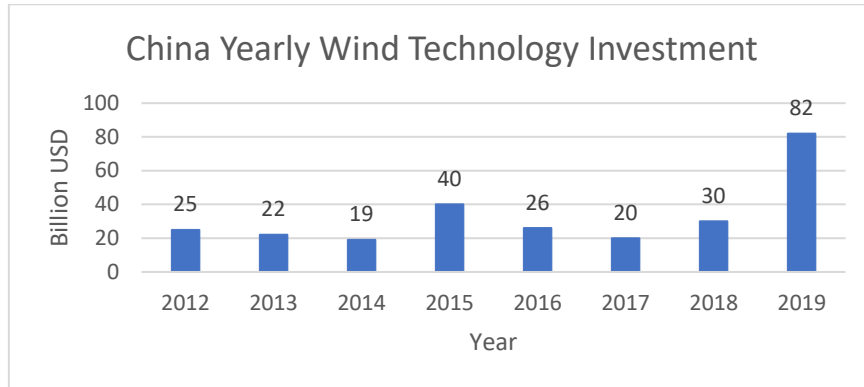
Gambar 2.8. Bauran energi di China



Gambar 2.9. Grafik total produksi listrik di beberapa negara

China memiliki ambisi yang besar dalam mempromosikan energi terbarukan. Pemerintah china memberikan prioritas utama dalam menginvestasikan energi terbarukan. Alasan utamanya adalah untuk mengurangi polusi udara dan air dan menanggapi ketidak stabilan sosial ekonomi yang terjadi di negara tersebut. Pada tahun 2013 Universitas *Tsinghua* dan *the Asian Development Bank* melaporkan bahwa 7 dari 10 kota dengan tingkat polusi terparah di dunia ada di China [10]. Studi dari *UC Berkeley* juga menyatakan bahwa pencemaran udara mengakibatkan 1.6 juta jiwa meninggal setiap tahunnya [11].

Krisis lingkungan yang terjadi membuat pemerintah China melalui *China's National Energy Administration* (NEA) dan *National Development and Reform Commission* (NDRC) menghabiskan rata-rata USD 33 Milyar di sektor energi terbarukan pada tahun 2012 hingga 2019 [9] (Gambar 2.10).

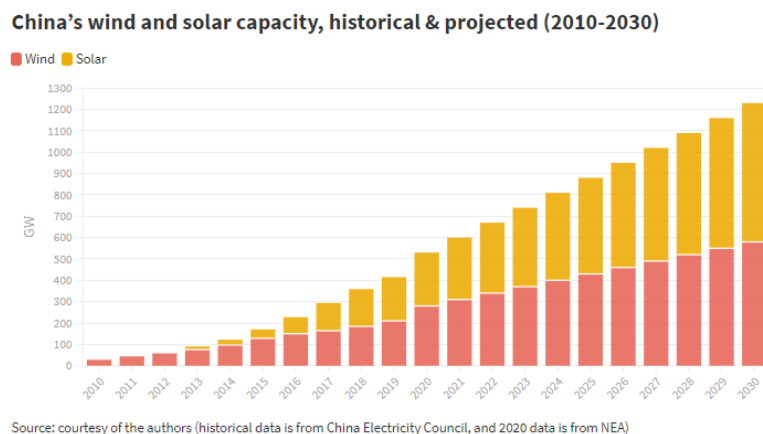


Gambar 2.10. Investasi PLTB di China 2012-2019

Pada bulan Desember 2020, presiden China Xi Jinping mengatakan China akan mempercepat pembangunan kapasitas terpasang *solar* dan *wind power* hingga 1.200 GW pada tahun 2030 dimana 580 GW adalah berasal dari energi angin [12] (Gambar 2.11). Pemerintah China merencanakan untuk mencapai 26% bauran energi terbarukan pada tahun 2030 dan 60% pada tahun 2050 [13].

Beberapa kebijakan yang diambil pemerintah dalam hal pengembangan energi terbarukan adalah [16]:

- Menyiapkan tender publik untuk proyek konsesi.
- Melindungi dan mempromosikan produk-produk dalam negeri.
(70% dari keseluruhan turbin harus berasal dari China dan proses perakitan harus dilakukan di China)
- Memperkuat dukungan dari pemerintah berupa kebijakan-kebijakan dan insentif.
- Memberlakukan *feed-in tariff*.



Gambar 2.11. Proyeksi kapasitas terpasang solar PV dan Wind Power di China tahun 2010-2030

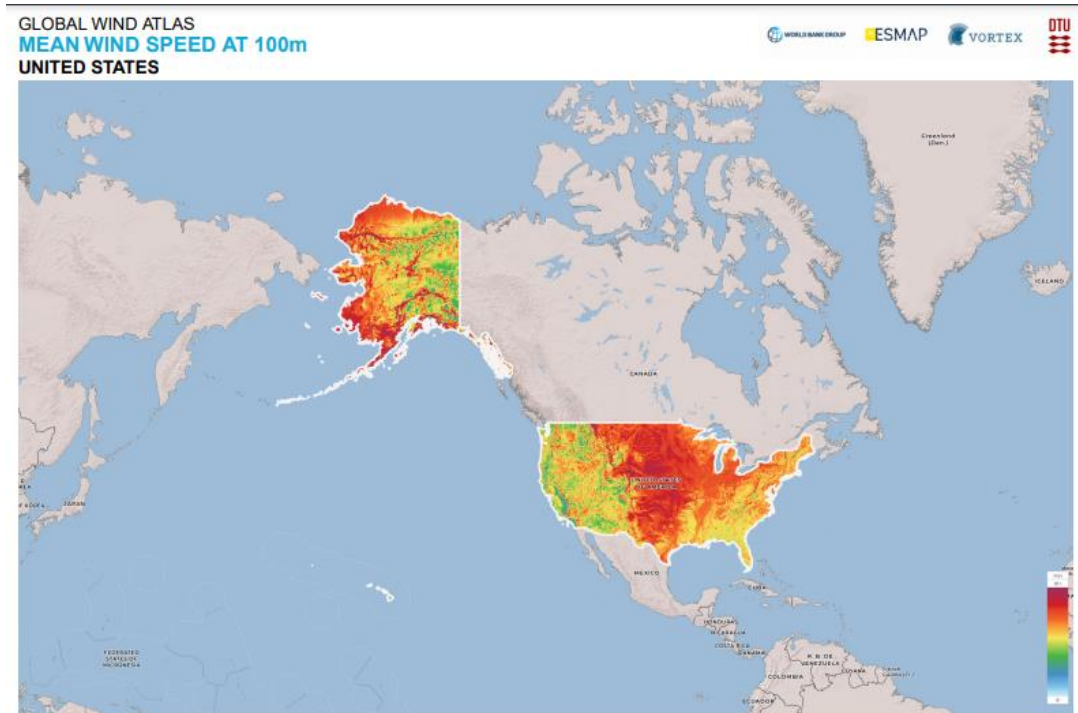
2.3. Amerika Serikat

Amerika Serikat memiliki luas wilayah sebesar 9,834 Juta km² dengan jumlah penduduk 328,23 juta jiwa [4].

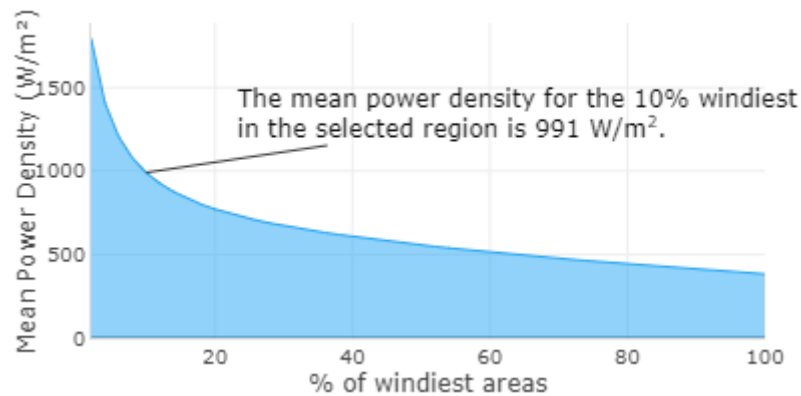
Secara geografis Amerika Serikat didukung dengan 10% daerah dengan kecepatan angin tertinggi memiliki rata-rata kecepatan 8,97 m/s di ketinggian 100 m (Gambar 2.12) dan memiliki potensi energi angin 991 W/m² [5] (Gambar 2.13).

Hingga tahun 2019 Amerika Serikat memiliki kapasitas energi angin terpasang sebesar 103,58 GW (Gambar 1.3).

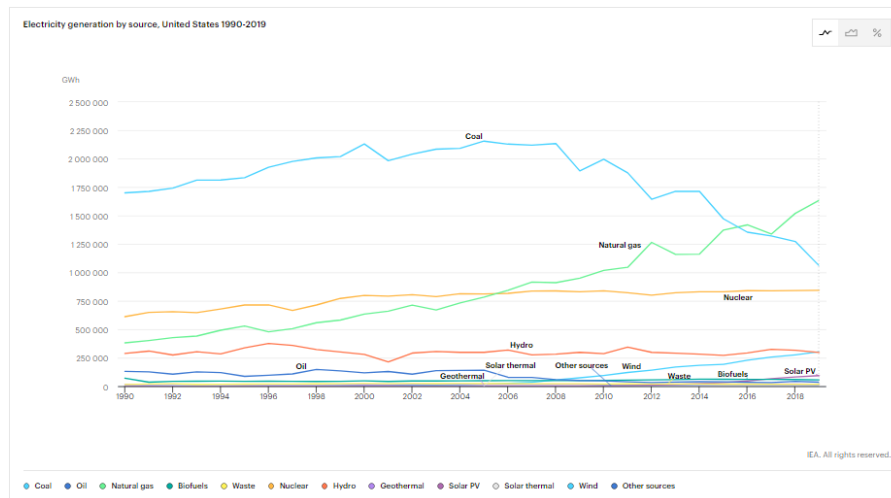
Dari sudut pandang bauran energi, pembangkit listrik tenaga bayu di Amerika Serikat menyumbang 8,31% [1] (Gambar 2.3 dan Gambar 2.14) dari total produksi listrik 4.049,95 TWh [6] (Gambar 2.9) di negara tersebut pada tahun 2020.



Gambar 2.12. Peta potensi energi angin di Amerika Serikat

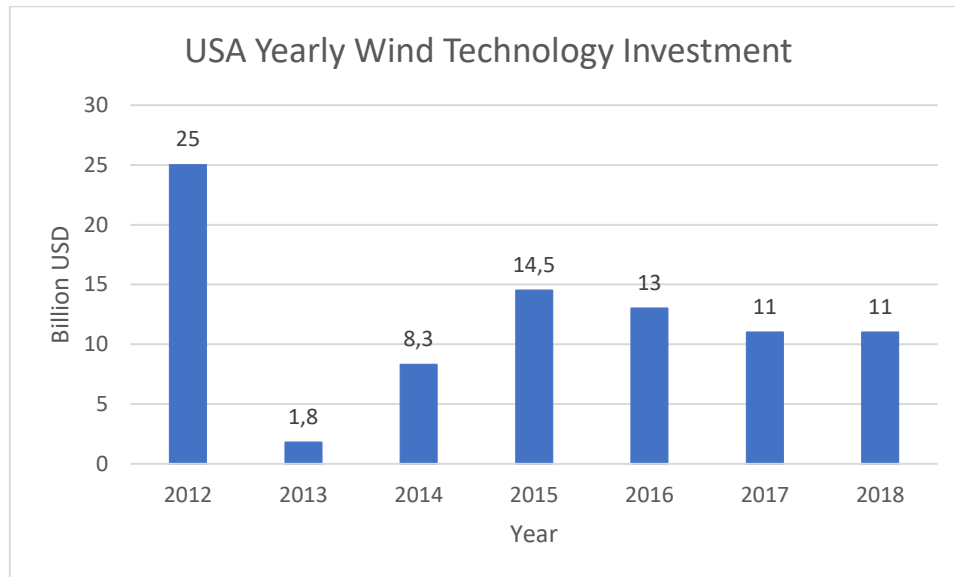


Gambar 2.13. Grafik potensi energi angin di Amerika Serikat



Gambar 2.14. Grafik bauran energi di Amerika Serikat

Sebagai negara adikuasa, Amerika Serikat adalah salah satu negara penggerak di bidang energi terbarukan, riset dan pengembangan teknologi di bidang energi terbarukan telah dilakukan sejak adanya krisis minyak bumi di negara-negara Barat pada tahun 1970. Sejak saat itu, pemerintah Amerika Serikat secara serius mendanai pembangunan infrastruktur energi terbarukan dan salah satunya adalah energi angin. Berdasarkan data tahun 2012 hingga 2018 rata-rata pengeluaran dalam pembangunan infrastruktur PLTB di Amerika Serikat adalah sebesar USD 12,08 Milyar per tahun [14] (Gambar 2.15).



Gambar 2.15. Investasi PLTB di Amerika Serikat 2012-2018

Dalam hal pengembangan teknologi energi terbarukan dimana salah satunya adalah energi angin, beberapa kebijakan pemerintah yang diambil adalah [15]:

- Memperluas permintaan untuk teknologi energi terbarukan di tingkat nasional, regional dan negara bagian.
- Menghapus hambatan yang datang melalui reformasi peraturan, perizinan dan penentuan lokasi.
- Menetapkan kepastian pasar jangka panjang untuk memastikan peningkatan investasi dan manufaktur teknologi energi terbarukan.
- Memperkuat pengembangan jaringan listrik nasional yang andal, aman, bersih, dan dirancang untuk masa depan yang terbarukan.
- Memperkuat pengembangan tenaga kerja energi terbarukan yang kuat, stabil, dan beragam.

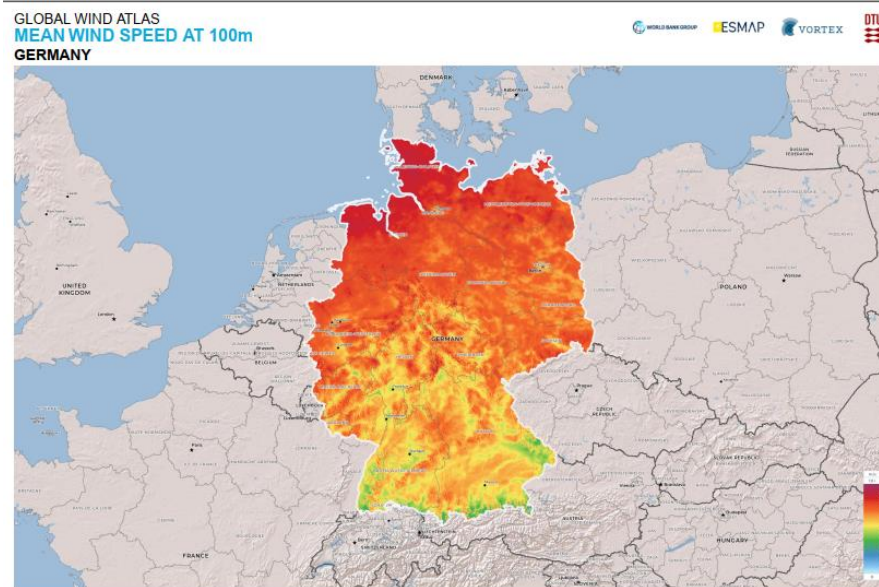
Energi angin adalah energi terbarukan yang paling berpotensi di Amerika Serikat. Diperkirakan kapasitas terpasang akan meningkat 5 kali lipat dari 63 GW pada tahun 2014 menjadi 314 GW pada tahun 2030 [21].

2.4. Jerman

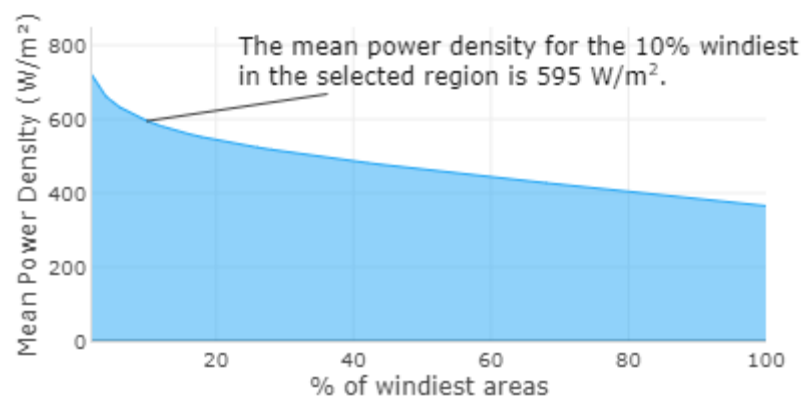
Jerman memiliki luas wilayah sebesar 357.386 km² dengan jumlah penduduk 83,132 juta jiwa [4].

Secara geografis Jerman didukung dengan 10% daerah dengan kecepatan angin tertinggi memiliki rata-rata kecepatan 8,45 m/s di ketinggian 100 m (Gambar 2.16) dan memiliki potensi energi angin 595 W/m² [5] (Gambar 2.17).

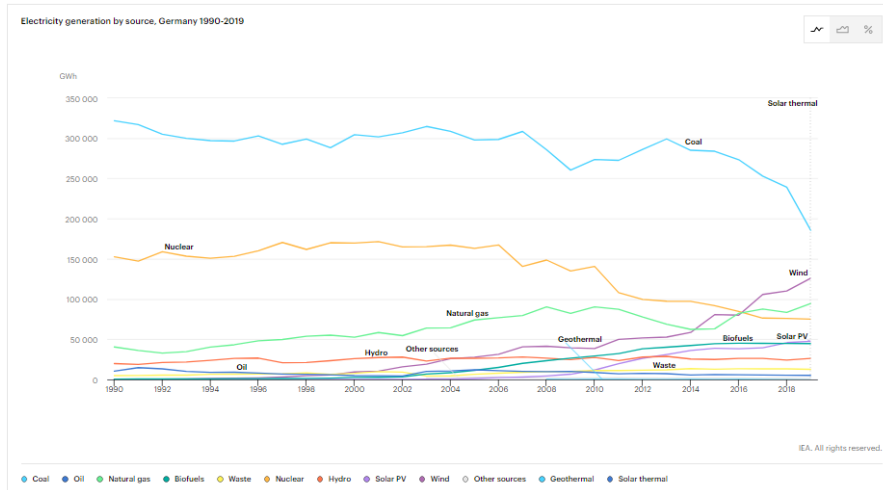
Saat ini Jerman memiliki kapasitas energi angin terpasang sebesar 60,82 GW (Gambar 1.3). Dari sudut pandang bauran energi, pembangkit listrik tenaga bayu di Jerman menyumbang 23,71% [1] (Gambar 2.3 dan Gambar 2.18) dari total produksi listrik 134,5 TWh [6] (Gambar 2.9) di negara tersebut pada tahun 2020.



Gambar 2.16. Peta potensi energi angin di Jerman



Gambar 2.17. Grafik potensi energi angin di Jerman

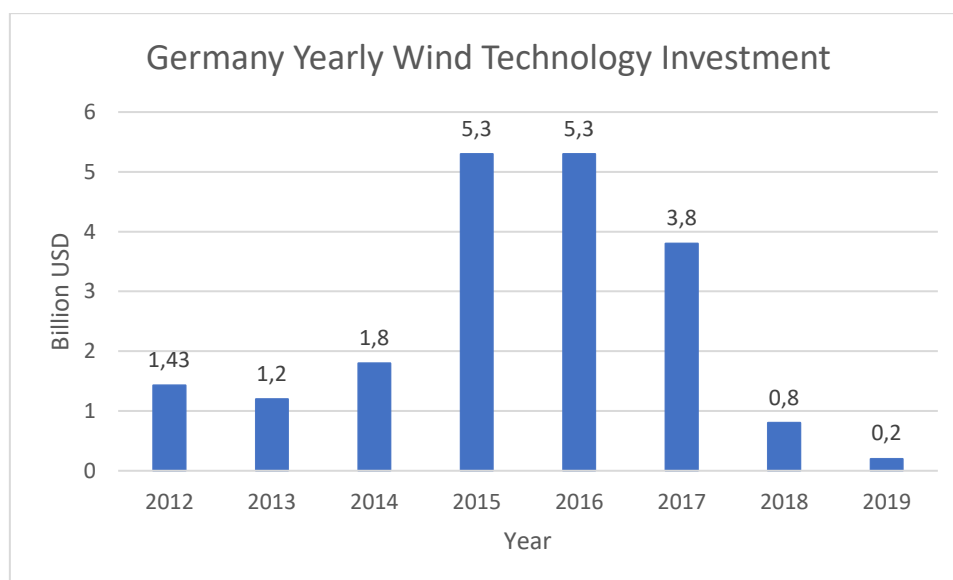


Gambar 2.18. Grafik potensi energi angin di Jerman

Beberapa kebijakan yang pemerintah ambil dalam rangka pengembangan teknologi energi terbarukan adalah [19]:

- Menerapkan *feed-in tariff*.
- Bagi masyarakat yang menghasilkan energi terbarukan dapat menjual “produk” mereka dengan harga yang telah ditetapkan.
- Mewajibkan untuk menutup semua pembangkit listrik tenaga nuklir pada 2022.
- Mentargetkan pengurangan emisi karbon dioksida sebelum tahun 2020 sebanyak 20%.

Pemerintah Jerman sendiri medanai rata-rata USD 2,47 Milyar pertahun dalam pendanaan teknologi energi terbarukan dari tahun 2012 hingga 2019 (Gambar 2.19) [22].

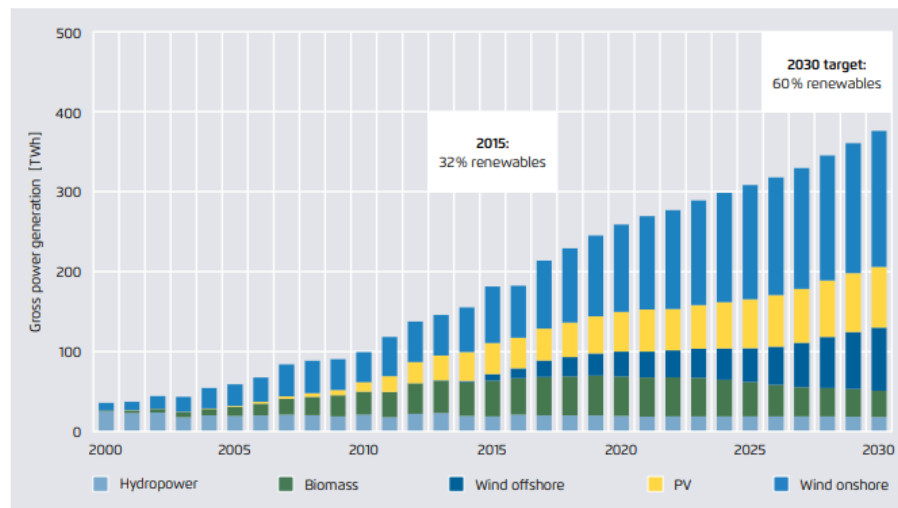


Gambar 2.19. Investasi PLTB di Jerman

Germany's Energiewende atau “transisi energi” merupakan salah satu program unggulan pemerintah Jerman yang diberlakukan sejak tahun 2000 hingga saat ini. Saat program pertama kali diberlakukan 6,6% bauran energi di Jerman berasal dari energi matahari dan angin. Pada tahun 2019 program ini meningkatkan bauran energi hingga 41,1%.

Pada tahun 2021 ini Jerman mengalami hambatan dalam program “transisi energi”-nya. Hal ini disebabkan tahun 2021 adalah tahun dengan cuaca terdingin di negara-negara eropa selama satu dekade terakhir. Jutaan *solar panel* tertutup oleh salju dan es. Cuaca dingin juga membuat 30.000 turbin angin tidak bergerak. Akibat dari kondisi ini Jerman terpaksa untuk menggunakan kembali energi dari batubara untuk mencukupi kebutuhan energi di sana [18].

Jerman menargetkan pada tahun 2030 bauran energi terbarukan mencapai 60% (Gambar 2.20 Salah satu cara untuk mencapai target ini adalah menambahkan kapasitas terpasang energi angin sebanyak 2,5 GW per tahun secara konsisten hingga tahun 2030 [23].



Gambar 2.20. Proyeksi produksi listrik energi terbarukan di Jerman tahun 2000 hingga 2030

2.5. India

India memiliki luas wilayah sebesar 3,287 juta km² dengan jumlah penduduk 1,366 Milyar jiwa [4].

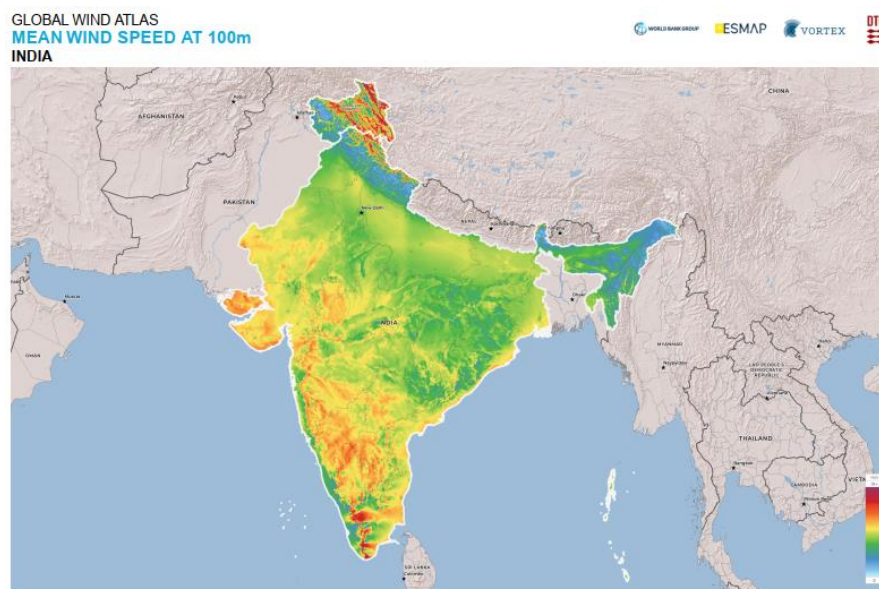
Secara geografis India didukung dengan 10% daerah dengan kecepatan angin tertinggi memiliki rata-rata kecepatan 6,58 m/s di ketinggian 100 m (Gambar 2.17) dan memiliki potensi energi angin 316 W/m² [5] (Gambar 2.18).

Saat ini India memiliki kapasitas energi angin terpasang sebesar 37,51 GW (Gambar 1.3). Dari sudut pandang bauran energi, pembangkit listrik tenaga bayu di India menyumbang 4,50% [1]

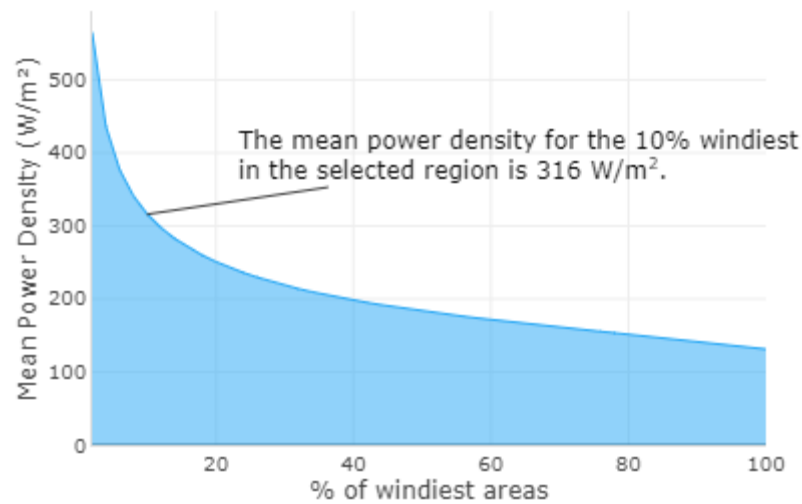
(Gambar 2.3 dan Gambar 2.19) dari total produksi listrik 60,41 TWh [6] (Gambar 2.9) di negara tersebut pada tahun 2020.

Dalam melakukan pengembangan teknologi energi terbarukan, pemerintah India memberlakukan beberapa kebijakan berikut [24]:

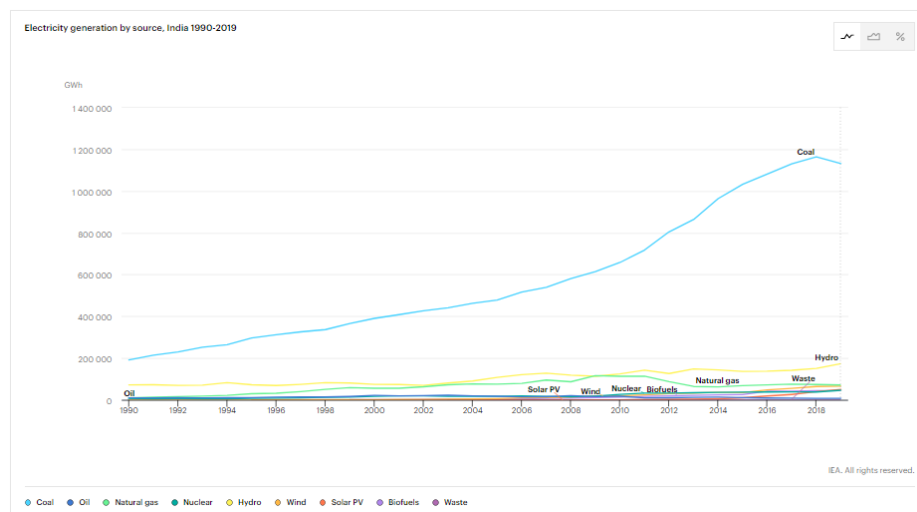
- Pemerintah membentuk kementerian khusus yang menangani energi baru dan terbarukan (*Ministry of New and Renewable energy*). Dimana dibawahnya terdapat institusi-institusi yang fokus dalam bidang-bidang energi terbarukan, Salah satunya ada NIWE (*National Institute of Wind Energy*).
- Dukungan secara teknis dilakukan termasuk menilai dan mengidentifikasi lokasi potensi energi angin oleh NIWE.
- Untuk memfasilitasi penjualan tenaga angin di negara tersebut, biaya dan kerugian transmisi telah dibebaskan pada proyek *solar* dan *wind energy*.
- Menerbitkan *Guidelines for Tariff Based competitive Bidding Process* dengan tujuan menyediakan kerangka kerja yang transparan dalam pengadaan dan *bidding* energi angin termasuk menyediakan standarisasi serta peran dan wewenang dari para pemangku kepentingan. *Guidelines* ini digunakan dalam memberikan perizinan sehingga pengadaan energi angin lebih efektif dengan nilai yang lebih tinggi dengan harga yang lebih rendah.



Gambar 2.17. Peta potensi energi angin di India

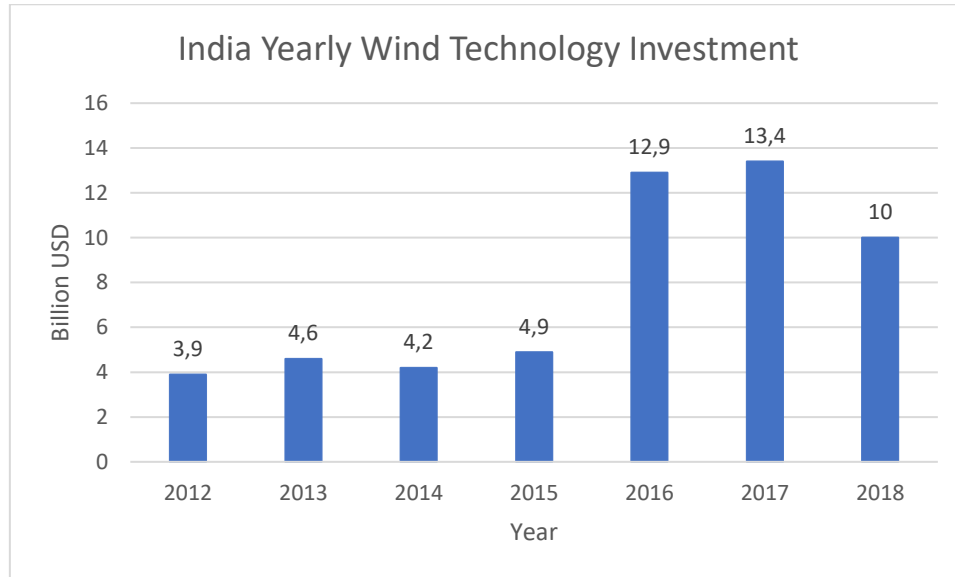


Gambar 2.18. Grafik potensi energi angin di India



Gambar 2.19. Grafik potensi energi angin di India

Dalam hal pendanaan pemerintah India mengeluarkan biaya rata-rata USD 7,9 Milyar per tahun sejak tahun 2012 hingga 2019 untuk melakukan pengembangan kapasitas energi angin di India (Gambar 2.20) [22].



Gambar 2.20. Investasi PLTB di India tahun 2012-2018

Pemerintah India menargetkan untuk meningkatkan kapasitas terpasang energi angin menjadi 90 GW pada tahun 2030. Dengan 60 GW berasal dari *onshore* dan 30 GW berasal dari *offshore* [25].

3. PLTB di Indonesia

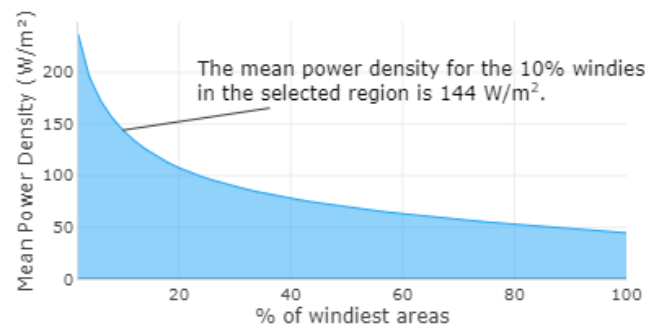
Indonesia memiliki luas wilayah sebesar 1,9 juta km² dengan jumlah penduduk 270,625 Juta Jiwa [4].

Secara geografis India didukung dengan 10% daerah dengan kecepatan angin tertinggi memiliki rata-rata kecepatan 4,89 m/s di ketinggian 100 m (Gambar 3.1) dan memiliki potensi energi angin 144 W/m² [5] (Gambar 3.2).

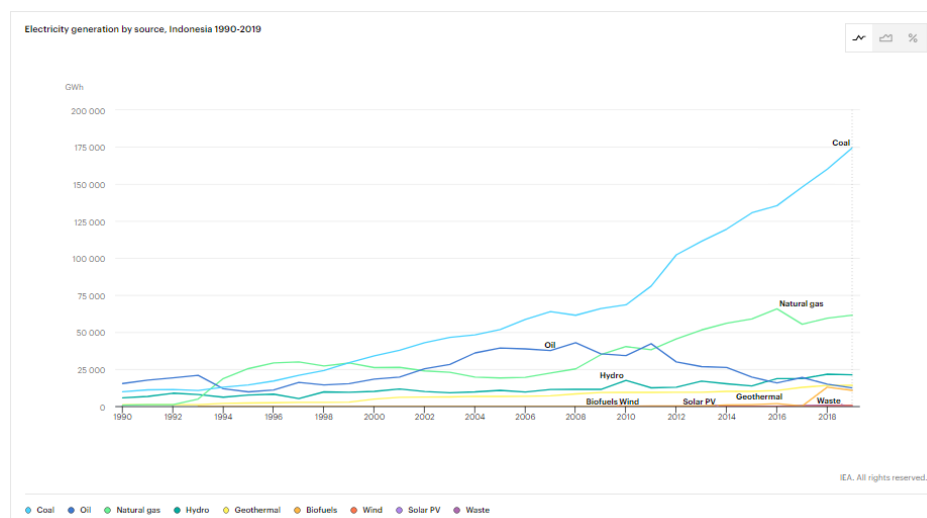
Saat ini Indonesia memiliki kapasitas energi angin terpasang sebesar 154,31 MW [3] Dari sudut pandang bauran energi, pembangkit listrik tenaga bayu di Indonesia menyumbang 0,17% dari total produksi listrik 281,13 TWh pada tahun 2019 [1].



Gambar 3.1. Peta potensi energi angin di Indonesia



Gambar 3.2. Grafik potensi energi angin di Indonesia



Gambar 3.3. Bauran energi di Indonesia

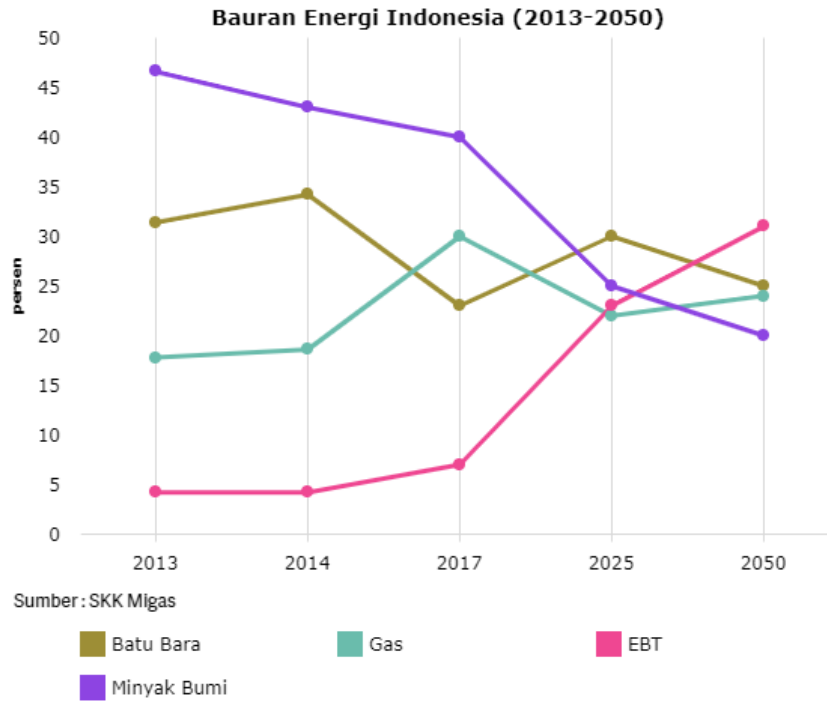
Saat ini Indonesia memiliki 4 buah PLTB, 3 unit di Bali dan 1 unit di Sulawesi. PLTB dengan kapasitas terbesar adalah PLTB sidrap dengan kapasitas 75 MW dan yang berikutnya adalah PLTB Janeponto dengan kapasitas 60 MW [26].

Beberapa tantangan dalam pembangunan PLTB di Indonesia tertulis dalam RUPTL PLN, yaitu kendala dari segi ketersediaan angin dan sifatnya yang *intermittent* sehingga membutuhkan kapasitas baterai yang lebih besar sebagai mitigasi dari sifat intermitansinya [27].

Indonesia sebenarnya telah membangun PLTB pertamanya pada tahun 2015 di Bali (PLTB Nusa Penida). Namun PLTB ini tidak bisa beroperasi sejak tahun 2017 dengan alasan tidak ada suku cadang [28].

Saat ini pemerintah Indonesia sendiri melalui Kementerian ESDM dan PLN masih belum fokus kepada pembangunan PLTB secara besar-besaran. Strategi-strategi yang disusun masih mempertimbangkan batubara sebagai sumber energi utama [27]. Namun pemerintah Indonesia telah berjanji melalui Perjanjian Paris 2015 untuk menurunkan emisi karbon hingga 29% dengan usaha sendiri dan 41% Bersama bantuan Internasional pada tahun 2030 [30].

Kementerian ESDM menyatakan melalui SKK migas tahun 2019 bahwa bauran energi di Indonesia akan didominasi oleh EBT pada tahun 2050 (Gambar 3.4) [29]. Hingga 2021 Ada sekitar 1.725 MW proyek PLTB yang sedang dikembangkan termasuk PLTB Janeponto dan sidrap, diantaranya adalah PLTB Sukabumi (180 MW), Lebak dan Pandeglang (masing-masing 150 MW), sidrap phase II (75 MW), Sidrap phase III (200 MW), Selayar (5 MW) di Sulawesi Selatan, Buton (15 MW) di Sulawesi Tenggara, Kupang (2 x 10 MW), Sumba Timur (3 MW) di Nusa Tenggara Timur serta Ambon (15 MW), Kei Kecil (5 MW), dan Saumlaki (5 MW) di Maluku, Gunung Kidul (10 MW) di Yogyakarta, Belitung Timur (10 MW), Garut (10 MW) dan Timor Tengah Selatan (20 MW) serta Bantul (50 MW) [31].



Gambar 3.4. Proyeksi bauran energi di Indonesia tahun 2013-2050

Berdasarkan Rencana Umum Energi Nasional yang dirilis oleh Kementerian ESDM pada tahun 2017 (tahun rilis *terupdate*), Kapasitas terpasang energi angin Indonesia akan mencapai 1.800 MW pada tahun 2025 (Table 3.1) [32].

Dari segi investasi, pemerintah Indonesia masih minim melakukan pendanaan untuk sektor energi baru dan terbarukan. Hingga tahun 2020 tercatat investasi yang dikeluarkan pemerintah baru mencapai USD 1,36 Milyar angka ini baru memenuhi 68% dari target yang direncanakan (Gambar 3.5) [33].

Beberapa prinsip strategi pemerintah yang tertulis pada RUEN adalah sebagai berikut:

1. Memaksimalkan penggunaan energi terbarukan dengan memperhatikan tingkat keekonomian.
2. Meminimalkan penggunaan minyak bumi.
3. Mengoptimalkan pemanfaatan gas bumi dan energi baru.
4. Menggunakan energi batubara sebagai andalan pasokan energi nasional.

Dalam memenuhi prinsip strategi tersebut maka dilakukan kebijakan dan program, antara lain:

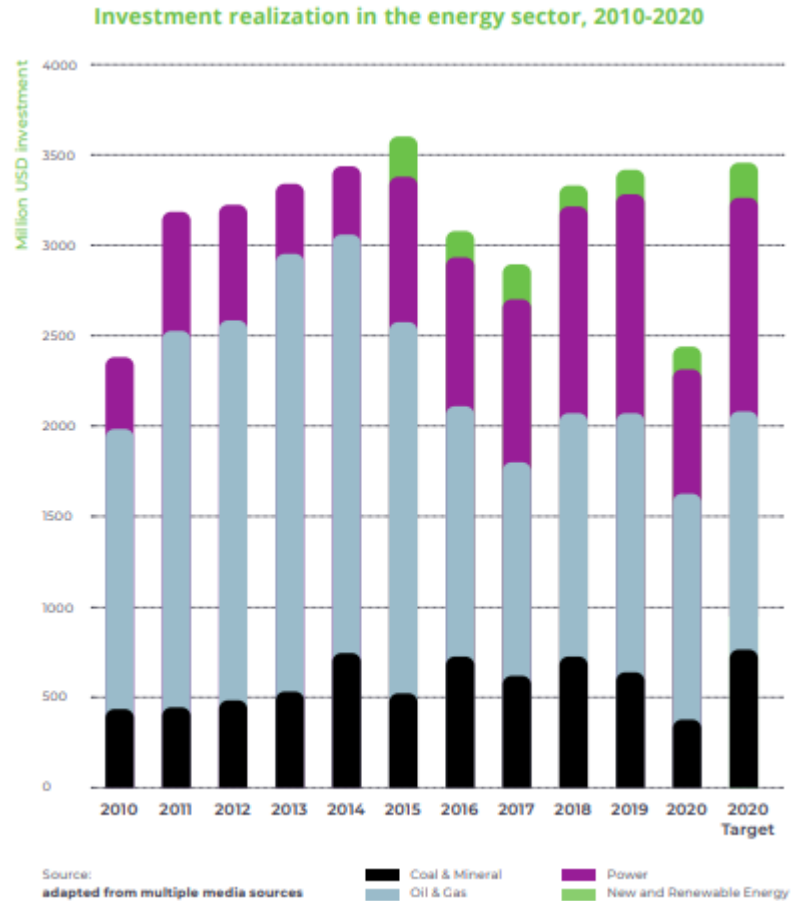
1. Peningkatan nilai tambah sumber daya energi dan sumber energi sebagai bahan bakar serta bahan baku industri nasional.
2. Penyelarasan target fiskal dengan kebijakan energi.

3. Pengurangan ekspor energi fosil (gas bumi, minyak bumi dan batubara) secara bertahap dan menetapkan batas waktu untuk memulai menghentikan ekspor.
4. Pencapaian maksimal penggunaan energi terbarukan dengan memperhatikan tingkat keekonomian.
5. Pencapaian minimal penggunaan minyak bumi
6. Pengoptimalan pemanfaatan gas bumi.
7. Penggunaan batubara sebagai andalan pasokan energi bersih nasional, dengan menggunakan energi bersih.

Tabel 3.1. Proyeksi kapasitas terpasang energi angin di Indonesia tahun 2015-2025

Satuan: MW

No.	Provinsi	Total Kapasitas Terpasang per Tahun										
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
1	Jawa Barat	0,0	0,9	0,9	80,9	160,9	250,9	250,9	250,9	250,9	250,9	410,9
2	Nusa Tenggara Timur	0,1	0,1	0,1	0,1	5,1	31,2	131,1	175,0	216,7	261,1	266,1
3	Sulawesi Selatan	0,5	0,5	70,5	70,5	130,5	170,5	170,5	170,5	230,5	230,5	230,5
4	Banten	0,0	0,0	0,0	0,0	35,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	150,0
5	Maluku	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	10,0	41,3	67,8	86,9	108,8	113,8
6	Sulawesi Barat	-	-	-	-	-	-	33,1	52,1	66,3	82,4	82,4
7	Nusa Tenggara Barat	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0	23,2	43,5	56,7	72,4	72,4
8	Papua	-	-	-	-	-	-	23,1	41,6	54,0	68,5	68,5
9	DI. Yogyakarta	0,1	0,1	0,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	50,1	60,1
10	Sulawesi Tenggara	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	32,6	43,4	56,6	56,6
11	Jawa Timur	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	14,6	27,6	46,8	46,8
12	Jawa Tengah	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	12,3	22,3	36,9	36,9
13	Kalimantan Tengah	-	-	-	-	-	-	-	14,7	22,9	34,2	34,2
14	Aceh	-	-	-	-	-	-	-	13,3	21,3	32,4	32,4
15	Bengkulu	-	-	-	-	-	-	-	10,4	17,6	27,8	27,8
16	Kalimantan Barat	-	-	-	-	-	-	-	10,2	17,4	27,6	27,6
17	Lampung	-	-	-	-	-	-	-	5,9	12,4	22,2	22,2
18	Sulawesi Utara	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	2,8	9,9	20,8	20,8
19	Bali	1,5	1,5	1,5	1,5	6,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5
20	Papua Barat	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4	10,5	10,5
21	Bangka Belitung	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	9,1	9,1
22	Kalimantan Selatan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,8	8,8
23	DKI Jakarta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	Maluku Utara	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total Kapasitas Terpasang		3,1	3,9	73,9	203,9	398,9	600,0	820,0	1.050,0	1.290,0	1.540,0	1.800,0
Total Tambahan/Tahun		-	0,9	70,0	130,0	195,0	201,1	220,0	230,0	240,0	250,0	260,0



Gambar 3.5. Grafik investasi pada sektor energi di Indonesia tahun 2010-2020.

4. Saran dan Kesimpulan

Berdasarkan data yang telah dijabarkan pada bagian 2 dan 3, maka dapat dirangkum menjadi Tabel 4.1.

Indonesia memiliki banyak pekerjaan rumah dan tantangan dalam mengembangkan energi EBT dan energi angin khususnya. Diantaranya adalah [33]:

1. Target yang dibuat untuk mengurangi emisi karbon masih belum sesuai.
2. Pendanaan untuk mencapai target transisi energi masih minim.
3. Komitmen untuk menghilangkan energi batubara tidak pernah digaungkan.
4. Kerangka hukum pada sektor energi berubah-ubah sehingga para pemangku kepentingan mengalami hambatan-hambatan.
5. Regulasi yang berhubungan (kualitas air, efisiensi energi, EV dan elektrifikasi) tidak sejalan dengan tujuan mengurangi emisi karbon.
6. Target energi terbarukan lebih kecil dibandingkan dengan target energi fosil.

7. *Developer* kesulitan untuk mendapatkan teknologi mutakhir pada proyek yang dijalani.
8. *Investment* rendah.
9. *Public awareness* terkait dengan energi terbarukan sangat minim.
10. Pemerintah tidak memiliki strategi khusus untuk meningkatkan *skill* masyarakat terhadap *green technology*.

Berdasarkan dari banyaknya ketertinggalan Indonesia dalam sektor energi baru dan terbarukan maka beberapa langkah yang bisa diambil pemerintah untuk mempercepat ketertinggalan ini adalah [33]:

1. Indonesia masih memiliki target yang terlalu rendah dalam memitigasi global warming, jika setiap negara memiliki target seperti Indonesia, suhu di Bumi akan meningkat 3-4 derajat selsius pada tahun 2030.
2. Mengembangkan teknologi produk dalam negeri. Menurut data saat ini 70% teknologi yang digunakan dalam pembangunan infrastruktur energi baru dan terbarukan masih di import dari negara lain.
3. Mengurangi harga penambahan kapasitas EBT di Indonesia. Harga penambahan kapasitas energi di Indonesia saat ini adalah USD 410,3 per kW. Harga ini masih 15% lebih tinggi dari harga rata-rata di 19 negara lain (USD 357 per kW) dengan 2 negara dengan harga termurah adalah India (USD 277 per kW) dan China (USD 266 per kW).

Saat ini bauran energi terbarukan di Indonesia masih jauh dari target. Dari target porsi EBT sebesar 23% di tahun 2025, realisasi pada tahun 2020 baru mencapai 11%. Kemudian Indonesia juga harus mengejar target bauran 31% di tahun 2050.

Dari PLTB sendiri, Indonesia baru merealisasikan kapasitas terpasang sebesar 154 MW dari potensi sebesar 60 GW. Sangat disayangkan jika potensi yang ada tidak dimanfaatkan, pemerintah harus benar-benar serius dalam melakukan transisi energi fosil ke EBT.

Jika Indonesia masih mempertahankan energi batubara dan energi fosil lainnya sebagai sumber energi utama, maka Indonesia akan semakin kesulitan karena teknologi batubara sudah tidak dikembangkan dan tidak diproduksi di seluruh dunia, sehingga akan semakin sulit mendapatkan suku cadang dan efisiensi mesin yang sudah tua juga semakin menurun. Hal ini menyebabkan *cost* pemeliharaan dan peremajaan akan semakin tinggi.

Sudah saatnya pemerintah mereformasi teknologi dan kebijakan dalam mempercepat perkembangan pembangunan energi baru dan terbarukan. Selain untuk menyelamatkan Bumi dari perubahan iklim dan pencemaran udara, teknologi energi baru dan terbarukan telah menjadi fokus utama negara-negara di seluruh dunia.

Tabel 4.1. Rangkuman PLTB di Beberapa Negara

No.	Paramenter	Negara					
		Denmark	China	Amerika Serikat	Jerman	India	Indonesia
	Letak Geografis						
1	Luas Wilayah (Ribu km ²)	42,933	9.597	9.834	357,386	3.287	1.900
2	Kecepatan Angin Rata-rata m/s	9,3	8,93	8,97	8,45	6,58	4,89
3	Potensi Energi Angin Rata-rata W/m ²	799	669	991	595	316	144
	Demografi						
4	Jumlah Penduduk (Juta Jiwa)	5,818	1.398	328,23	83,132	1.366	270,625
	PLTB						
5	Kapasitas Terpasang (GW)	6,12	210,48	103,58	60,82	37,51	0,154
6	Bauran Energi (%)	56,34	6,12	8,31	23,71	4,5	0,17
	Energi Nasional						
7	Total Produksi Listrik (TWh)	34,268	7.623,70	4.049,95	134,5	60,41	281,13
	Investasi PLTB						
8	Rata-rata Investasi per Tahun (USD Juta)	201	33.000	12.080	2.470	7.900	1.360 (total invest RE)
	Rencana						
9	Target Kapasitas Terpasang	12 GW (2030)	600 GW (2030)	314 GW (2030)	275 GW (2030)	90 GW (2030)	1.800 MW (2025)
10	Strategi Kebijakan Pemerintah	1. Dukungan finansial dan teknis dari Pemerintah pada tahap awal pembangunan 2. Menetapkan target yang ambisius dan terukur. 3. Perberlakuan <i>feed-in tariff</i> untuk membantu meningkatkan daya 4. Menetapkan standar teknologi yang tinggi sehingga menjamin kualitas energi yang dihasilkan. 5. Memberlakukan <i>green certificates</i> .	1. Menyiapkan tender publik untuk proyek konsesi 2. Melindungi dan mempromosikan produk-produk dalam negeri 3. Memperkuat dukungan dari pemerintah berupa kebijakan-kebijakan dan insentif 4. Memberlakukan <i>feed-in tariff</i> .	1. Memperluas permintaan untuk teknologi energi terbarukan 2. Menghapus hambatan yang datang melalui reformasi peraturan, perizinan, dan penentuan lokasi. 3. Menetapkan kepastian pasar jangka panjang untuk memastikan peningkatan investasi dan manufaktur teknologi energi terbarukan 4. Memperkuat pengembangan jaringan listrik nasional 5. Memperkuat pengembangan tenaga kerja energi terbarukan	1. Menerapkan <i>feed-in teriff</i> . 2. masyarakat dapat menjual "produk" mereka dengan harga yang telah diteetapkan 3. Mewajibkan untuk menutup semua pembangkit listrik pada tahun 2022. 4. Mentargetkan pengurangan emisi karbon sebelum tahun 2020 sebanyak 20%	1. Memberntuk Kementerian khusus yang menangani energi baru dan terbarukan. 2. analisis dan identifikasi lokasi potensi energi dilakukan oleh tim ahli 3. Biaya dan kerugian transmisi dibebaskan ada proyek <i>solar</i> dan <i>wind power</i> . 4. Menerbitkan <i>Guidelines for tariff Based Competitive Bidding Process</i> .	1. Meningkatkan nilai tambah sumber daya energi dan sumber energi sebagai bahan bakar serta bahan baku industri nasional 2. Penyelarasan target fiskal dengan kebijakan energi 3. Pengurangan ekspor energi fosil 4. Pencapaian maksimal penggunaan energi terbarukan 5. Pencapaian minimal penggunaan minyak bumi 6. Pengoptimalan pemanfaatan gas bumi 7. Penggunaan batubara sebagai andalan pasokan energi nasional

Referensi:

- [1] Our World in Data. <https://ourworldindata.org/grapher>. Diakses pada 20 April 2021, 13.00 WIB.
- [2] Kementrian ESDM. Statistik Ketenagalistrikan Tahun 2019. Jakarta 2020.
- [3] Institute for Essential Service Reform. Laporan Status Energi Bersih Indonesia. Jakarta 2019.
- [4] The World Bank. <https://data.worldbank.org>. Diakses pada 21 April 2021, 18.00 WIB.
- [5] Global Wind Atlas. <https://globalwindatlas.info>. Diakses pada 21 April 2021, 17.00 WIB.
- [6] Danish Energy Agency. <https://ens.dk/en/>. Diakses pada 20 April 2021, 14.00 WIB.
- [7] Danish Energy Agency. Denmark's Energy and Climate Outlook 2019. Copenhagen, Denmark 2019
- [8] International Renewable Energy Agency. <https://irena.org>. Diakses pada 21 April 2021, 17.00 WIB.
- [9] Renewable Energy World. China's wind & solar market 2020 half-year review. <https://www.renewableenergyworld.com/>. Diakses pada 23 April 2021, 17.00 WIB.
- [10] Keith Crane and Zhimin Mao. Costs of Selected Policies to Address Air Pollution in China. Santa Monica 2015.
- [11] Robert A. Rohde and Richard A. Muller. Air Pollution in China: Mapping of Concentrations and Sources. 2015.
- [12] Reuters. <https://www.reuters.com/article/>. Diakses pada 26 April 2020, 15.00 WIB.
- [13] X. JianYan, Hanjun hu. China's renewable energy goals by 2050. China, 2016.
- [14] U.S Department of Energy. <https://www.energy.gov/>. Diakses pada 27 April 2020, 15.00 WIB
- [15] American Clean Power Assotiation. <https://cleanpower.org/policy/>. Diakses pada 27 April 16.00 WIB.
- [16] Economic and social Commission for Asia and the Pacific. Finding a green engine for economic growth China's renewable energy policies. <https://www.unescap.org/>. Diakses pada 27 April 16.30 WIB.
- [17] Economic and social Commission for Asia and the Pacific. Finding a green engine for economic growth Denmark's renewable energy policies. <https://www.unescap.org/>. Diakses pada 27 April 16.30 WIB.
- [18] Nickie Louise. Germany's 'Green' Energy Failure: Germany turns back to 'dirty' coal and natural gas as millions of its solar panels are blanketed in snow and ice. February 2021. <https://techstartups.com/>. Diakses pada 27 April 17.00 WIB.
- [19] Renewable Energy Source in Germany. 2019. <https://www.bmu.de/>. Diakses pada 27 April 18.00 WIB.
- [20] Danish Energy Agency. Denmark's Climate and Energy Outlook 2020. Denmark 2020.
- [21] International Renewable Energy Agency. Renewable Energy Prospects: Unites States of America. Abu Dhabi 2015.
- [22] BloombergNEF. Renewable Investment. <https://www.bloomberg.com/graphics/>. Diakses pada 28 April 2021 19.00 WIB.
- [23] Agora Energiewende. Energiewende 2030: The Big Picture. Germany 2018.

- [24] Ministry of New and Renewable Energy. Wind Energy. India 2020.
- [25] Energyworld.com. India announces 30 GW offshore wind energy target by 2030. <https://energy.economictimes.indiatimes.com/>. Diakses pada 28 April 2021 20.00 WIB.
- [26] Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. Potensi Energi Angin Indonesia 2020. <https://p3tkebt.esdm.go.id/>. Diakses pada 29 April 2021 19.00 WIB.
- [27] Perusahaan Listrik Negara. Proyeksi Perencanaan Ketenagalistrikan Melalui RUPTL. Jakarta 2020.
- [28] Luh de suriyani, Mongabay. Refelksi dari momentum kegagalan proyek energi bersih di Bali. <https://www.mongabay.co.id/>. Diakses pada 30 April 2021 21.00 WIB.
- [29] SKK Migas. Laporan tahunan 2019. Jakarta 2020.
- [30] Verda Nano Setiawan. Tambal Sulam Rencana Listrik dalam RUPTL 2021-2030. <https://katadata.co.id/>. Diakses pada 30 April 2021 21.30 WIB.
- [31] Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. Potensi Pengembangan Listrik Tenaga Angin Indonesia, Berikut Sebaran Lokasinya. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/>. Diakses pada 30 April 2020 22.00 WIB.
- [32] Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. Rencana Umum energi Nasional. Jakarta 2017.
- [33] Institute for Essential Service Reform. Indonesia Energy Transition Outlook 2021. Jakarta 2021.