

BAB II

KERJA SAMA DENMARK-JERMAN DALAM PENGEMBANGAN ENERGI ANGIN

Bab ini bertujuan untuk menguraikan secara sistematis mengenai kerja sama energi antara Jerman dan Denmark dalam pengembangan energi terbarukan, dengan fokus utama pada proyek *Bornholm Energy Island*. Pembahasan dimulai dengan menjelaskan aturan dan cara Uni Eropa mendukung energi ramah lingkungan, sebagai dasar kerjasama ini. Selanjutnya, bab ini menguraikan latar belakang, kapasitas teknis, serta dinamika kerja sama bilateral antara Denmark dan Jerman dalam proyek *Bornholm Energy Island*. Penjelasan juga melingkupi kepentingan strategis kedua negara, baik dari aspek ketahanan energi nasional, diplomasi energi, hingga pengembangan teknologi seperti *Power-to-X*.

2.1. Bentuk-Bentuk Kerja Sama Antara Jerman dan Denmark

Kerja sama antara Jerman dan Denmark dalam bidang energi merupakan bagian dari upaya kedua negara untuk memperkuat ketahanan energi, mempercepat transisi energi terbarukan, dan mewujudkan integrasi sistem energi lintas negara di kawasan Eropa Utara. Kerja sama ini bukan sekadar hasil dari kesamaan posisi politik dalam Uni Eropa, melainkan merupakan perwujudan dari kebutuhan teknis dan kepentingan nasional masing-masing pihak, terutama di tengah krisis energi yang muncul akibat konflik geopolitik dan perubahan kebijakan energi domestik. Proyek *Bornholm Energy Island* menjadi simbol utama dari bentuk kerja sama tersebut. Namun, kerja sama ini tidak terbatas pada satu proyek saja, melainkan meliputi berbagai aspek strategis dan teknis. Berikut adalah bentuk-bentuk kerja sama Jerman–Denmark:

2.1.1 Kerja Sama Pembangunan Infrastruktur Energi Hijau (*Bornholm Energy Island*)

Kerja sama paling menonjol antara Jerman dan Denmark dalam bidang energi hijau terwujud melalui pembangunan Bornholm Energy Island, sebuah proyek infrastruktur energi lepas pantai berskala besar yang berlokasi di Pulau Bornholm, Denmark. Proyek ini merupakan inisiatif transnasional pertama di Uni Eropa yang menggabungkan pengembangan pembangkit listrik tenaga angin (*offshore wind*), teknologi transmisi tegangan tinggi (HVDC), serta pusat kontrol energi regional. Tujuan utamanya adalah menyediakan listrik bersih dalam jumlah besar yang dapat ditransmisikan langsung dari perairan Denmark ke wilayah utara Jerman.

Tabel 2. 1 Komponen Teknis Proyek Bornholm Energy Island

Komponen Proyek	Rincian Teknis
Lokasi	Laut Baltik, sekitar 15 km dari Pulau Bornholm, Denmark
Jenis Energi	Energi angin lepas pantai (<i>offshore wind</i>)
Kapasitas Total	± 3 GW (dapat diperluas hingga 3.8 GW)
Kapasitas Interkoneksi ke Jerman	2 GW melalui kabel HVDC
Tipe Transmisi	HVDC (High Voltage Direct Current) ±525 kV
Panjang Kabel HVDC ke Jerman	± 165 km (subsea), ± 10–12 km (onshore Jerman)
Koneksi ke Denmark (Zealand)	Tambahan ±1.2 GW kapasitas HVDC
Perusahaan Pelaksana	50Hertz (Jerman) dan Energinet (Denmark)
Target Operasional	Tahun 2030
Estimasi Listrik Tersalur	Sekitar 4,5–5 juta rumah tangga di Jerman dan Denmark

Sumber: Alazemi et al., 2022

Proyek Bornholm dirancang untuk menjadi pionir sistem kelistrikan terintegrasi regional, dengan fungsi utama sebagai hub pengumpul energi angin lepas pantai yang ditransmisikan ke Jerman. Energi yang dihasilkan dari turbin-turbin lepas pantai berkapasitas sekitar 3 GW akan disalurkan ke pusat kontrol di Pulau Bornholm, lalu diteruskan ke Jerman melalui jaringan kabel HVDC.³⁹ HVDC (*High Voltage Direct Current*) dipilih karena memiliki efisiensi tinggi dalam transmisi energi jarak jauh, terutama untuk proyek kelautan. Sistem ini mampu mengurangi kerugian daya hingga 30% dibanding sistem AC (*alternating current*), dan memungkinkan transmisi terpusat dari sumber energi ke berbagai titik distribusi secara stabil dan fleksibel.⁴⁰ Kapasitas 3 GW pada proyek ini akan menyuplai listrik untuk sekitar 4,5 hingga 5 juta rumah tangga. Sebagai perbandingan, kapasitas total pembangkit listrik Jerman pada tahun 2023 diperkirakan mencapai ± 224 GW, yang berarti kontribusi Bornholm sebesar $\pm 1,3\%$ dari kapasitas nasional.⁴¹ Kontribusi ini cukup signifikan mengingat proyek ini bersumber dari satu titik sistem kelistrikan bawah laut yang melayani wilayah luas di Jerman bagian utara.

Struktur pembiayaan dan teknis proyek dikelola secara bersama oleh dua operator sistem transmisi (TSO): 50Hertz dari Jerman dan Energinet dari Denmark. Kedua perusahaan ini menandatangani kesepakatan kerja sama teknis dan pembagian beban investasi berdasarkan kerangka hukum yang didukung oleh *Renewable Energy Directive* Uni Eropa, yang mengizinkan proyek lintas batas dihitung sebagai kontribusi nasional dalam target energi terbarukan. Selain peran sebagai penyedia energi hijau, proyek ini juga

³⁹ T. Alazemi, M. Darwish, dan M. Radi, "TSO/DSO coordination for RES integration: a systematic literature review," *Energies* 15, no. 19 (2022): 7312.

⁴⁰ Das, Dwijasish, et al. "Pf Stability of 2030 Nordic Power System due to Non-Synchronous Generation." *IFAC-PapersOnLine* 58.13 (2024): 333.

⁴¹ BalticWind.EU, "Federal Minister Habeck Signs German-Danish Offshore Project Bornholm Energy Island," 2023, <https://balticwind.eu>.

berfungsi sebagai bagian dari strategi keamanan energi. Mengingat krisis energi Eropa akibat gangguan pasokan gas Rusia, proyek Bornholm menjadi solusi untuk diversifikasi sumber energi, mengurangi ketergantungan impor fosil, dan memperkuat ketahanan sistem energi Jerman.⁴²

2.1.2 Kerja Sama Interkoneksi Jaringan Listrik Lintas Negara

Sebelum proyek Bornholm, Jerman dan Denmark telah membangun interkoneksi listrik lintas batas yang kokoh melalui Kontek dan Kassø–Tjele. Kedua proyek ini memiliki peran strategis dalam memperkuat sistem energi regional, menstabilkan pasokan listrik, dan mendukung integrasi energi terbarukan.

Tabel 2. 2 Spesifikasi Teknis Interkoneksi Kontek dan Kassø–Tjele

Interkoneksi	Tegangan (kV)	Kapasitas (MW)	Panjang (km)	Tipe Kabel	Fungsi Utama
Kontek	400 DC	600 MW	170 (52 submarine + 119 underground)	HVDC monopolar	Transfer kelistrikan antara Zealand–Jutland (DK) dan Bentwisch (DE); mengurangi fluktuasi dan menyediakan cadangan daya fisik.
Kassø–Tjele	400 AC	2 × 1,800 = 3.600 MW	~300 (dua sistem 150–400 kV)	HVAC overhead & submarine	Meningkatkan opsi tukar daya besar-besaran, menangani

⁴² OffshoreWind.biz, "Denmark and Germany Sign Bornholm Energy Island Agreement," 2023, <https://offshorewind.biz>.

					surplus pembangkit terbarukan, serta dukungan puncak beban dan interkoneksi Skagerrak–Nordic.
--	--	--	--	--	---

Sumber: Das, Dwijasish, et al., 2024

Kontek dibangun pada tahun 1995 dan diperbarui kembali pada 2023, interkoneksi Kontek terdiri dari kabel HVDC 400 kV sepanjang sekitar 170 km, menghubungkan stasiun konverter Bentwisch (Jerman) dan Bjæverskov (Denmark) melalui kabel bawah laut dan kabel bawah tanah sejauh 119 km yang merupakan kabel monopolar HVDC dengan kapasitas 600 MW dan dioperasikan sebagai hubungan *point-to-point*.⁴³ Fungsi utamanya adalah mengurangi fluktuasi beban listrik di kedua negara ketika ada surplus energi terbarukan di Denmark, listrik dapat diekspor ke Jerman, dan sebaliknya pada situasi kurang pasokan. Sementara interkoneksi Kasso–Tjele dioperasikan ulang antara tahun 2012 dan 2014 menjadi dua sistem HVAC 400 kV (dua sirkuit), meningkatkan kapasitas dari sebelumnya 1.150 MW menjadi total 3.600 MW.⁴⁴ Proyek ini dirancang untuk menangani lonjakan pasokan dari energi terbarukan (hingga surplus angin musim dingin) dan memastikan sistem cadangan kapasitas listrik guna memberi fleksibilitas pada beban.

⁴³ Carsten Wolff dan Tom Elberling, “The Kontek HVDC Cable Link: An Overview and Update,” *IEEE PES Winter Meeting* (2000): 1120.

⁴⁴ Energinet dan TenneT, “Kasso–Tjele 400 kV Interconnection: Grid Expansion and Renewable Integration,” *Technical Report*, 2014.

2.1.3 Kolaborasi Teknologi dan Inovasi pada *Power-to-X* dan Hidrogen Hijau

Kerja sama Jerman–Denmark juga merambah pengembangan teknologi *Power-to-X* (PtX) dan hidrogen hijau, di mana listrik terbarukan dikonversi menjadi energi lain seperti hidrogen, ammonia, atau metanol berkarbon rendah. Fase awal proyek ini terpusat di Jutlandia dan Esbjerg, Denmark, dengan dukungan infrastruktur menuju Jerman sebagai pasar konsumen utama melalui jaringan *European Hydrogen Backbone*.

Tabel 2. 3 Proyek PtX & Hidrogen Hijau Sedang Berjalan

Proyek / Fasilitas	Lokasi	Kapasitas & Output	Teknologi & Infrastruktur	Tujuan & Konsumen Utama
HØST PtX Esbjerg	Esbjerg, Jutlandia	1 GW elektroliser; ~120.000 t H ₂ /tahun	Elektroliser → hidrogen → ammonia; sambungan 2030 ke <i>pipeline</i> Jerman	Industri Jerman, pupuk, bahan bakar maritim; surplus panas untuk 15.000 rumah
Everfuel Next Gen Project	Holstebro, Jutlandia	100 MW elektroliser	Terminal H ₂ ; depo & stasiun isi bahan bakar berat	Mobilitas berat, integrasi energi & biogas lokal
Frigg H₂ Plant (Everfuel)	Vejen, Jutlandia	→2 GW (ekspansi); ~10.000 t H ₂ awal	<i>Pipeline</i> ke <i>backbone</i> ; dekat ST transformator	Industri Jerman (LoI awal)

Sumber: Das, Dwijasish, et al., 2024.

Proyek HØST PtX Esbjerg merupakan salah satu inisiatif terbesar Denmark dalam pengembangan teknologi *Power-to-X* (PtX). Proyek ini direncanakan untuk mengoperasikan elektroliser dengan kapasitas sebesar 1 GW, yang mampu menghasilkan sekitar 120.000 ton hidrogen hijau per tahun. Hidrogen yang dihasilkan kemudian akan

dikonversi menjadi sekitar 600.000 ton amonia menggunakan proses kimia Haber-Bosch, sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar rendah karbon untuk industri berat, pupuk pertanian, dan sektor maritim. Proyek ini akan terhubung ke jaringan *future hydrogen pipeline* yang dijadwalkan beroperasi pada tahun 2030, dan secara strategis ditujukan untuk memenuhi kebutuhan energi industri berat di Jerman. Salah satu mitra strategis dalam kerja sama ini adalah perusahaan energi asal Jerman, Uniper, yang telah menandatangani nota kesepahaman (MoU) dengan pihak pengembang proyek di Denmark.⁴⁵

Proyek Everfuel di Holstebro tengah mengembangkan fasilitas produksi hidrogen hijau berbasis elektroliser dengan kapasitas 100 MW, yang dikombinasikan dengan infrastruktur pendukung berupa terminal pengisian dan distribusi hidrogen skala industri. Sumber energi untuk elektroliser berasal dari jaringan listrik terbarukan lokal.⁴⁶ Salah satu yang menjadi keutamaan dalam proyek ini adalah pemanfaatan sisa panas (*surplus heat*) yang akan dialirkan ke sistem pemanas distrik (*district heating*) untuk menghangatkan ribuan rumah tangga di sekitar lokasi proyek. Fokus utama dari proyek ini adalah mendukung mobilitas berat berbasis hidrogen, seperti truk logistik dan kendaraan angkut industri, serta integrasi energi lokal berbasis rendah karbon.

Sementara itu, proyek Frigg yang juga digagas oleh Everfuel berlokasi di Revsing Energy Park, Vejen, Denmark. Proyek ini memiliki skala ambisius dengan target ekspansi hingga 2 GW dan sudah direncanakan memiliki sambungan ke *Hydrogen Backbone* Eropa. Dalam tahap awal, proyek ini akan memenuhi permintaan sekitar 10.000 ton hidrogen per

⁴⁵ “HØST PtX Esbjerg Project, Denmark.” *NS Energy*. Accessed July 14, 2025. <https://www.nsenerybusiness.com/projects/host-ptx-esbjerg-project/>.

⁴⁶ “Everfuel Launches Plan for Holstebro Hub to Scale Green Hydrogen.” *Everfuel A/S*, August 24, 2022. <https://everfuel.com/news/everfuel-launches-plan-for-holstebro-hub-to-scale-green-hydrogen/>.

tahun, yang sebagian besar akan disuplai ke pelanggan industri di Jerman.⁴⁷ Letak strategisnya di persimpangan jaringan energi utama menjadikan Frigg sebagai kandidat penting dalam rantai pasok energi lintas negara di masa depan.

Kerjasama teknologi PtX antara Jerman dan Denmark ini memiliki sejumlah manfaat sistemik yang signifikan. Pertama, proyek ini berkontribusi pada optimalisasi pemanfaatan energi terbarukan. Energi surplus yang biasanya terbuang saat permintaan rendah akan dimanfaatkan untuk memproduksi hidrogen hijau, sehingga energi dapat disimpan dalam bentuk lain dan digunakan kapan saja dibutuhkan. Kedua, proyek-proyek ini memperkuat peran Denmark sebagai pemasok utama hidrogen hijau di Eropa, dan Jerman sebagai pasar konsumen serta pusat distribusi energi alternatif. Hal ini memperkuat integrasi rantai pasok energi bersih regional.

Ketiga, pengembangan infrastruktur gas *pipeline* dan *Hydrogen Backbone* membuka peluang investasi jangka panjang dan mendorong konsolidasi pasar energi regional, seiring dengan tumbuhnya kebutuhan energi bersih yang stabil dan terjangkau. Keempat, kolaborasi ini turut mendukung dekarbonisasi sektor industri berat dan transportasi, yang selama ini sulit ditransformasikan menggunakan listrik biasa. Hidrogen hijau dan turunannya seperti amonia dapat digunakan sebagai bahan bakar bersih dalam produksi baja, pupuk, dan bahan bakar maritim, serta menjadi solusi dalam mencapai target emisi *net-zero* Uni Eropa dan nasional.

2.1.4 Koordinasi Regulasi, Standar, dan Perizinan

Kerjasama Jerman–Denmark dalam proyek pulau energi dan interkoneksi lepas pantai memerlukan harmonisasi regulasi tinggi. Hal ini menyangkut aspek teknis,

⁴⁷ “Frigg Project to Supply Green Hydrogen to Germany.” *H₂ View*, March 15, 2023. <https://www.h2-view.com/story/frigg-project-to-supply-green-hydrogen-to-germany/>.

lingkungan, serta perizinan lintas negara yang dikelola bersama oleh entitas seperti 50Hertz (Jerman), Energinet (Denmark), dan lembaga regulator regional/UE.

Tabel 2. 4 Harmonisasi Regulasi dan Perizinan

Aspek	Regulasi / Standar	Prosedur Kerjasama
Keselamatan Kelistrikan	Standard ENTSO-E, IEC; proteksi HVDC & AC	50Hertz & Energinet menyepakati spesifikasi teknis bersama; diuji pada proyek KF-CGS
Lingkungan Laut & Darat	Direksi EU EIA/SEA, Habitat Directive, Marine SDGs	Prosedur Analisis Dampak (EIA) dan pengawasan BSH (Jerman EEZ)
Perizinan Kabel Lepas Pantai	<i>Mining Act Jerman</i> (BBergG), Danish PFV	Kolaborasi BSH dan otoritas negara bagian; perizinan lokal di Mecklenburg-Vorpommern
Standar Tarif & Capacity Allocation	<i>Regulation (EU) 2019/943, Clean Energy Package</i>	Alokasi kapasitas lintas batas via platform 50Hertz berdasarkan model transparan
Interkoneksi Hidrogen & PtX	<i>TEN-E, REPowerEU, H₂ blending rules</i>	Perijinan fasilitas elektrolyser mengikuti regulasi UE; harmonisasi nasional dan lokal

Sumber: 50Hertz, 2025.

Dalam proyek *Bornholm Energy Island*, kerja sama antara Jerman dan Denmark tidak hanya berfokus pada aspek teknis infrastruktur, tetapi juga mencakup koordinasi

regulasi yang kompleks dan saling terintegrasi. Sebagai negara anggota Uni Eropa, keduanya wajib menyesuaikan proyek ini dengan berbagai standar teknis dan peraturan hukum yang ditetapkan dalam kebijakan regional, seperti *Clean Energy Package, Regulation (EU) 2019/943*, dan *Ten-Year Network Development Plan (TYNDP)* oleh ENTSO-E.⁴⁸ Harmonisasi regulasi menjadi fundamental karena proyek ini melibatkan lintas yurisdiksi, baik di daratan nasional maupun perairan zona ekonomi eksklusif (EEZ), serta melibatkan sistem kelistrikan tegangan tinggi lintas negara.

Koordinasi dalam aspek standar keselamatan teknis dilakukan melalui penyesuaian sistem perlindungan kelistrikan antara operator sistem transmisi (*Transmission System Operator/TSO*) 50Hertz dari Jerman dan Energinet dari Denmark. Pengalaman teknis dari proyek *Kriegers Flak Combined Grid Solution (KF-CGS)*, yang juga melibatkan kedua operator, menjadi model dalam pengujian sistem proteksi arus gangguan dan otomatisasi transfer daya HVDC secara *real-time*.⁴⁹ Sistem tersebut harus mematuhi standar dari ENTSO-E dan IEC, termasuk proteksi tegangan tinggi, pengendalian frekuensi lintas batas, dan stabilitas sistem interkoneksi HVDC.

Selain aspek teknis, regulasi lingkungan menjadi bagian penting dalam proses pembangunan. Setiap pembangunan kabel bawah laut dan turbin lepas pantai wajib melalui *Environmental Impact Assessment (EIA)* dan *Strategic Environmental Assessment (SEA)* yang sesuai dengan *EU Habitats Directive* dan *Marine Spatial Planning*.⁵⁰ Di wilayah Jerman, pengawasan pembangunan dilakukan oleh *Federal Maritime and Hydrographic*

⁴⁸ Nouicer, Athir, and Alberto Pototschnig. "3.3 Planning future networks." *The EU Green Deal (2022 ed.)* (2022): 116.

⁴⁹ Wu, Qiuwei, Tibor Takarics, and Vladislav Akhmatov. "Coordinated voltage and reactive power control scheme of HVAC meshed offshore grid of offshore wind power plant at Kriegers Flak." *8th Renewable Power Generation Conference (RPG 2019)*. IET, 2019.

⁵⁰ González, Ainhoa. "Strategic environmental assessment of spatial land-use plans." *Handbook on Strategic Environmental Assessment*. Edward Elgar Publishing, 2021. 142-163.

Agency (BSH), khususnya di zona EEZ. Sementara itu, perizinan di wilayah darat dilakukan oleh otoritas negara bagian seperti Mecklenburg-Vorpommern. Prosedur ini mencakup pemetaan dampak ekologi laut, jalur pelayaran, dan pengaruh terhadap komunitas pesisir.⁵¹

Dalam aspek perizinan teknis dan perencanaan jalur kabel darat, Jerman menerapkan mekanisme *Planfeststellungsverfahren* (PFV) berdasarkan *Energy Industry Act* (EnWG), yang mewajibkan keterlibatan publik, konsultasi lintas otoritas, dan pengesahan akhir oleh pemerintah negara bagian. Jalur kabel interkoneksi yang dirancang antara Bornholm dan Jerman harus melalui koridor eksisting guna meminimalkan konflik penggunaan lahan dan dampak sosial.⁵²

Di sisi lain, pengelolaan tarif listrik dan alokasi kapasitas lintas batas harus mengikuti *Regulation* (EU) 2019/943 dan prinsip transparansi dari *Clean Energy Package*. 50Hertz dan Energinet menggunakan metode *Net Transfer Capacity* (NTC) dan membagi kapasitas perdagangan melalui platform lelang harian (*day-ahead*) dan *intraday*.⁵³ Selain itu, sebagian kapasitas juga harus disisihkan sebagai cadangan sistem untuk memastikan kestabilan pasokan daya antarnegara. Mekanisme ini dikoordinasikan melalui ENTSO-E dan lembaga regulator energi nasional masing-masing.

Pada pengembangan teknologi hidrogen dan *Power-to-X* (PtX), koordinasi juga dilakukan dalam kerangka regulasi UE seperti *Trans-European Networks for Energy* (TEN-E) dan REPowerEU, termasuk standar pencampuran (*blending*) hidrogen dalam

⁵¹ Liebsch, Gunter, et al. "Improving the geodetic infrastructure for bathymetry and 3D navigation in the German exclusive economic zone of the North and Baltic Sea." *The International Hydrographic Review* 28 (2022): 121-138.

⁵² Kreeft, Gijs. "Legislative and regulatory framework for power-to-gas in Germany, Italy and Switzerland." (2018).

⁵³ Venizelou, Venizelos, and Andreas Poullikkas. "Trend analysis of cross-border electricity trading in pan-european network." *Energies* 17.21 (2024): 5318.

jaringan gas dan prosedur keselamatan elektrolyser. Hal ini memastikan bahwa seluruh fasilitas produksi, konversi, dan distribusi hidrogen yang dibangun di Denmark dapat terhubung ke pasar Jerman dan sistem energi Eropa secara sah dan efisien.

2.2 Pandangan Uni Eropa Terhadap Energi Hijau

Energi hijau merupakan energi yang berasal dari sumber daya terbarukan seperti tenaga surya, angin, air, biomassa, dan panas bumi. Uni Eropa (UE) memandang energi hijau bukan hanya sebagai solusi terhadap krisis energi, tetapi juga sebagai bagian utama dari agenda keberlanjutan lingkungan, pengurangan emisi karbon, dan transisi menuju netralitas iklim pada tahun 2050.⁵⁴ Sejak tahun 2020, Uni Eropa semakin menekankan perlunya energi hijau melalui kerangka kebijakan *European Green Deal*. Krisis akibat pandemi COVID-19 (2020-2021) justru menjadi momentum untuk mendorong pemulihan ekonomi yang ramah lingkungan, dengan investasi besar-besaran ke sektor energi terbarukan.⁵⁵ Pada tahun 2021, melalui paket kebijakan "*Fit for 55*", UE menetapkan target pengurangan emisi sebesar 55% pada tahun 2030 dibandingkan level emisi 1990. Salah satu strategi utamanya adalah meningkatkan kontribusi energi terbarukan dalam bauran energi hingga mencapai minimal 42,5% pada 2030.⁵⁶

Tahun 2022, invasi Rusia ke Ukraina mengganggu pasokan energi fosil dan mendorong UE untuk semakin mempercepat transisi ke energi terbarukan. UE meluncurkan inisiatif REPowerEU yang bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada gas Rusia dan mempercepat

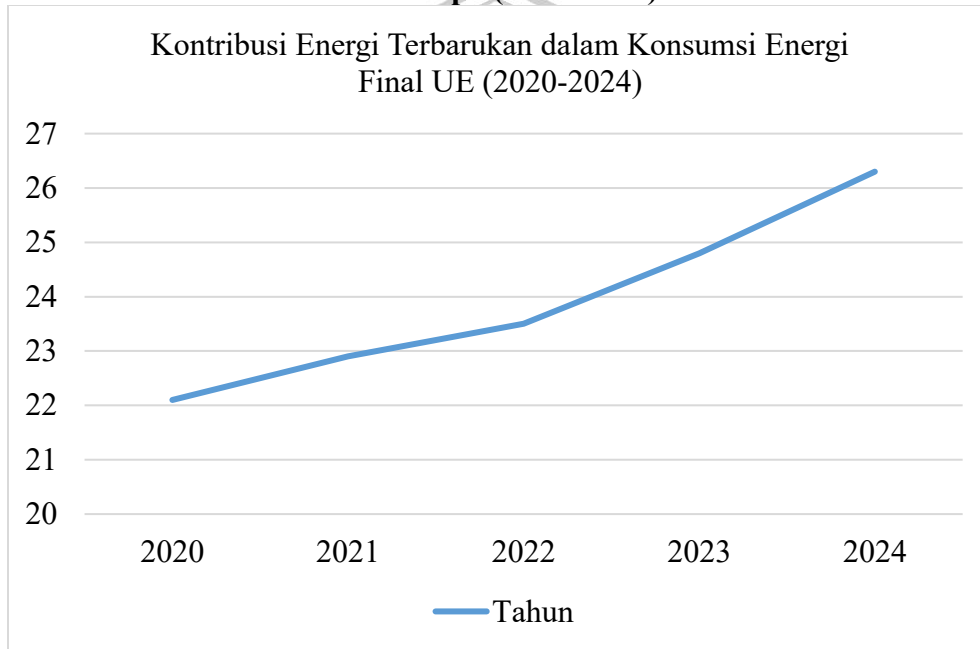
⁵⁴ Zuhro, Seftina, Honest Dody Molasy, and Agung Purwanto. "Krisis Energi dan Kebijakan Lingkungan: Penundaan Implementasi European Green Deal di Republik Ceko." *Arus Jurnal Sosial dan Humaniora* 5.1 (2025): 461.

⁵⁵ Bruninx, Kenneth, and Marten Ovaere. "COVID-19, Green Deal and recovery plan permanently change emissions and prices in EU ETS Phase IV." *Nature communications* 13.1 (2022): 4.

⁵⁶ Ovaere, Marten, and Stef Proost. "Cost-effective reduction of fossil energy use in the European transport sector: An assessment of the Fit for 55 Package." *Energy Policy* 168 (2022): 6-7.

pengembangan energi hijau.⁵⁷ Tahun 2023-2024 menunjukkan peningkatan investasi dan adopsi teknologi energi hijau seperti panel surya, ladang angin lepas pantai, serta infrastruktur jaringan listrik pintar (*smart grid*). Namun, tantangan seperti fluktuasi harga bahan baku, cuaca ekstrem, serta isu perizinan masih menjadi kendala.

Grafik 2. 1 Perkembangan Kontribusi Energi Terbarukan dalam Konsumsi Energi Final Uni Eropa (2020–2024)



Sumber: Ovaere et al., 2022

Pada periode tahun 2020 hingga 2021, terjadi kenaikan yang relatif tipis dalam kontribusi energi hijau terhadap konsumsi energi final Uni Eropa, yaitu dari 22,1% menjadi 22,9%. Kenaikan ini dipengaruhi oleh kondisi pandemi COVID-19 yang menyebabkan penurunan konsumsi energi secara umum akibat terbatasnya aktivitas industri dan transportasi.⁵⁸ Meskipun demikian, produksi energi dari sumber terbarukan tetap stabil karena proyek-proyek energi hijau yang telah berjalan sebelumnya tetap beroperasi secara konsisten. Di sisi lain, Uni Eropa juga memberikan stimulus

⁵⁷ Azis, Abd, Tiara Marshanda Andrian, and Dinda Nurhaliza Akhrianti. "The REPowerEU: An EU Climate Ambitions and Its Implications On Russian-European Energy Geopolitics Stability." *Journal of International Studies on Energy Affairs* 3.2 (2022): 153.

⁵⁸ Bruninx et al., *op. cit.*, 8.

ekonomi yang diarahkan untuk mendorong pemulihan ekonomi hijau. Stimulus tersebut menjadi pemicu bagi negara-negara anggota untuk tetap mempertahankan bahkan meningkatkan komitmen terhadap proyek energi terbarukan meskipun dalam kondisi krisis.

Selanjutnya, pada tahun 2021 hingga 2022, kontribusi energi hijau mengalami kenaikan dari 22,9% menjadi 23,5%. Peningkatan ini sejalan dengan peluncuran kebijakan strategis Uni Eropa yang dikenal sebagai “*Fit for 55*,” yaitu paket kebijakan yang bertujuan untuk menurunkan emisi karbon sebesar 55% pada tahun 2030 dibandingkan dengan tingkat emisi pada tahun 1990.⁵⁹ Salah satu komponen utama dari kebijakan ini adalah dorongan terhadap transisi energi, termasuk peningkatan bauran energi terbarukan. Selain itu, pada periode ini juga terjadi peningkatan adopsi kendaraan listrik dan panel surya domestik di kalangan masyarakat, yang memperkuat kontribusi energi hijau dalam sektor konsumsi energi rumah tangga.

Tahun 2022 hingga 2023 menunjukkan lonjakan signifikan dalam penggunaan energi terbarukan, yakni dari 23,5% menjadi 24,8%. Kenaikan ini didorong oleh situasi geopolitik yang krusial, yaitu invasi Rusia ke Ukraina yang secara langsung mengganggu pasokan energi fosil, khususnya gas alam, ke kawasan Eropa. Sebagai respons, Uni Eropa mempercepat upaya diversifikasi energi dan mengurangi ketergantungan terhadap impor energi fosil dari Rusia. Dalam konteks ini, berbagai proyek pengembangan ladang angin, instalasi panel surya skala besar, serta penguatan infrastruktur energi hijau segera dipercepat dan diperluas. Perubahan mendadak dalam kebijakan energi ini menegaskan keutamaan energi hijau sebagai pilar utama keamanan energi regional.

Adapun pada periode 2023 hingga 2024, kontribusi energi hijau mengalami peningkatan stabil dari 24,8% menjadi 26,3%. Peningkatan ini mencerminkan keberhasilan awal dari

⁵⁹ Ovaere et al., *op. cit.*, 1.

implementasi kebijakan REPowerEU yang diluncurkan sebagai strategi lanjutan pasca-krisis energi.⁶⁰ REPowerEU bertujuan untuk mempercepat transisi energi dengan fokus pada pengembangan energi terbarukan, efisiensi energi, dan diversifikasi sumber energi.⁶¹ Namun demikian, peningkatan yang terjadi pada periode ini tidak secepat tahun sebelumnya karena beberapa kendala struktural, seperti proses perizinan yang lambat, tantangan administratif di negara-negara anggota, serta keterbatasan rantai pasok global untuk teknologi energi hijau seperti turbin angin dan panel surya. Hambatan-hambatan tersebut menunjukkan bahwa meskipun secara kebijakan Uni Eropa telah berada di jalur yang tepat, keberhasilan implementasi di lapangan masih membutuhkan perhatian serius agar target-target jangka panjang dapat tercapai secara optimal.

2.2.1 Energi Hijau sebagai Alternatif Startegis di Eropa

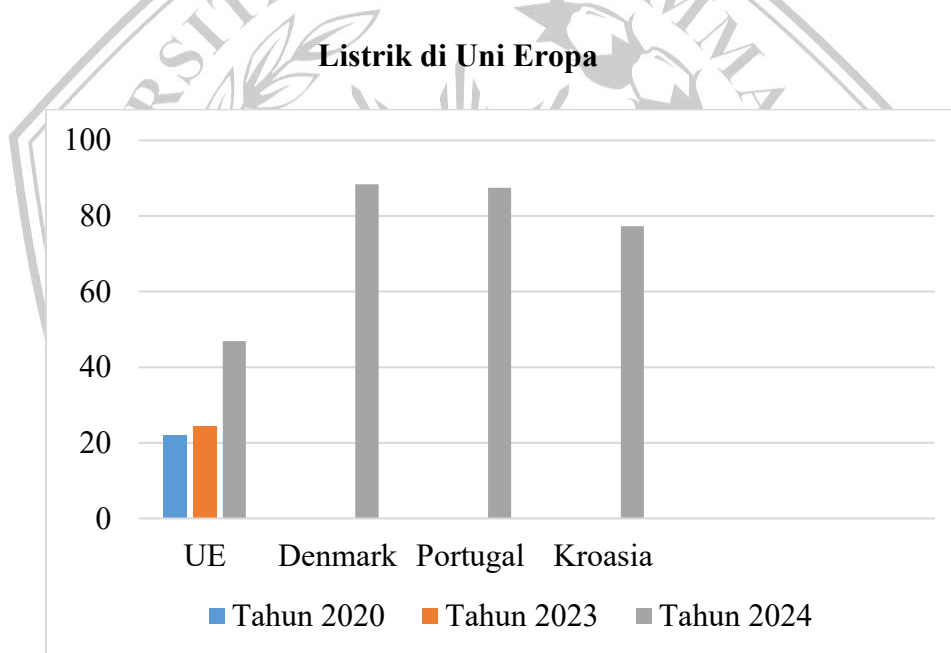
Energi hijau telah menjadi pilar utama dalam strategi Uni Eropa (UE) untuk menghadapi krisis iklim, memperkuat ketahanan energi, dan mendorong transformasi ekonomi menuju keberlanjutan. Energi hijau mencakup sumber energi terbarukan seperti tenaga angin, tenaga surya, biomassa, dan tenaga air, yang secara umum memiliki dampak emisi gas rumah kaca yang sangat rendah. Dalam beberapa dekade terakhir, UE menghadapi tekanan signifikan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, yang tidak hanya berkontribusi besar terhadap emisi karbon, tetapi juga sering kali bersumber dari negara-negara dengan stabilitas geopolitik yang rendah. Krisis energi yang dipicu oleh invasi Rusia ke Ukraina pada tahun 2022 semakin menegaskan pentingnya energi hijau sebagai instrumen utama untuk menjamin kemandirian dan ketahanan energi Eropa.

⁶⁰ Azis et al., *op. cit.*, 154.

⁶¹ *Ibid.*

Secara statistik, menurut data Eurostat, kontribusi energi terbarukan terhadap konsumsi energi bruto di UE telah meningkat secara konsisten, mencapai 24,5% pada tahun 2023 dibandingkan dengan 22,1% pada tahun 2020. Dalam hal produksi listrik, pada tahun 2024, 46,9% dari total listrik yang dihasilkan di UE berasal dari sumber energi terbarukan. Negara-negara seperti Denmark, Portugal, dan Kroasia telah menunjukkan performa unggul dengan kontribusi energi terbarukan masing-masing mencapai 88,4%, 87,5%, dan 73,7%.⁶²

Grafik 2. 2 Kontribusi Energi Terbarukan terhadap Konsumsi Energi dan Produksi



Sumber: Eurostat, 2025.

Selain aspek lingkungan, energi hijau juga dipandang sebagai pendorong pertumbuhan ekonomi baru melalui penciptaan lapangan kerja di sektor teknologi bersih, peningkatan investasi hijau, dan penguatan infrastruktur energi berkelanjutan. UE telah

⁶² Eurostat via press release, “In the first quarter of 2025 Denmark had the highest share of renewables in net electricity generation (88.5 %), followed by Portugal (86.6 %) and Croatia (77.3 %),” *Eurostat*, June 19, 2025, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20250619-2>

menetapkan target ambisius untuk mencapai 42,5% energi terbarukan dalam konsumsi energi bruto pada tahun 2030, yang akan membutuhkan peningkatan rata-rata tahunan sebesar 2,6 poin persentase dari tahun 2024 hingga 2030. Dalam upaya mencapai target tersebut, UE telah meluncurkan berbagai inisiatif, termasuk *European Green Deal* dan *REPowerEU*, yang bertujuan untuk mempercepat transisi energi, mengurangi emisi gas rumah kaca, dan meningkatkan efisiensi energi.⁶³ Selain itu, UE juga berkomitmen untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor gas dari Rusia, yang pada tahun 2021 menyumbang 45% dari total impor gas UE, menjadi 18% pada Juni 2024.

2.2.2 Kebijakan Uni Eropa dalam Mendorong Energi Terbarukan

Uni Eropa secara konsisten menempatkan pengembangan energi terbarukan sebagai bagian integral dari kebijakan iklim dan energi regional. Kebijakan ini didorong oleh kesadaran akan dampak perubahan iklim serta kebutuhan untuk meningkatkan kemandirian energi dan mendorong pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan. Salah satu kerangka kebijakan utama adalah *European Green Deal* yang diluncurkan pada tahun 2019, yang menargetkan netralitas karbon pada tahun 2050.⁶⁴ Dalam konteks energi, *Green Deal* menekankan transisi dari bahan bakar fosil ke sumber energi yang ramah lingkungan melalui insentif fiskal, penguatan regulasi, serta alokasi anggaran dalam skala besar untuk proyek-proyek energi bersih.⁶⁵

Tabel 2. 5 Kebijakan Uni Eropa dalam Mendorong Energi Terbarukan

Nama Kebijakan	Tahun Peluncuran	Tujuan Utama	Komponen Kebijakan	Target/Outcome	Implementasi dan Dukungan
European Green Deal	2019	Mencapai netralitas	a. Transisi energi dari fosil	Uni Eropa menjadi kawasan	a. Alokasi anggaran besar

⁶³ Boix-Fayos, Carolina, and Joris de Vente. "Challenges and potential pathways towards sustainable agriculture within the European Green Deal." *Agricultural Systems* 207 (2023): 8.

⁶⁴ Zuhro et al., *op. cit.*, 462.

⁶⁵ Lüth, Alexandra. "Do Energy Islands support the Green Transition?." *Samfundsökonomien* 3 (2023): 42.

		karbon pada 2050	ke terbarukan b. Insentif fiskal untuk proyek hijau c. Penguatan regulasi iklim dan energi d. Investasi besar-besaran dalam energi bersih	netral karbon pada 2050	b. Sinkronisasi dengan kebijakan nasional c. Penyusunan NECPs (<i>National Energy and Climate Plans</i>)
<i>Fit for 55</i>	2021	Pengurangan emisi Gas Rumah Kaca sebesar 55% pada tahun 2030	a. Revisi <i>Renewable Energy Directive</i> (RED) b. Peningkatan efisiensi energy c. Penyesuaian EU <i>Emission Trading</i>	a. Porsi energi terbarukan minimal 42,5% dari total konsumsi energi pada 2030 b. Ambisi capai 45%	a. Implementasi nasional melalui NECPs b. Dukungan teknis dan keuangan bagi negara anggota

			<p><i>System</i> (EU ETS)</p> <p>d. Infrastruktur energi lintas batas</p>		
REPower EU	2022	Mengurangi ketergantungan energi fosil dari Rusia & mempercepat transisi energi	<p>a. Tambahkan dana €300 miliar untuk energi bersih</p> <p>b. Percepatan izin proyek angin & surya</p> <p>c. Pembangunan jaringan listrik pintar</p> <p>d. Peningkatan kapasitas penyimpanan energi</p>	<p>a. Diversifikasi pasokan energy</p> <p>b. Akselerasi pengguna an energi terbarukan</p>	<p>a. Pendanaan proyek-proyek lintas negara</p> <p>b. Kolaborasi dengan sektor swasta</p> <p>c. Penguatan kebijakan energi nasional</p>
Renewable Energy	2021	Meningkatkan	a. Kenaikan target	Target minimal	a. Diintegrasikan ke

<p>Directive (RED) – Revisi 2021</p>		<p>kontribusi energi terbarukan</p>	<p>energi terbarukan dalam bauran energy</p> <p>b. Standar keberlanjutan untuk bioenergy</p> <p>c. Dukungan terhadap inovasi dan teknologi terbarukan</p>	<p>42,5%, ambisi 45% energi terbarukan pada 2030</p>	<p>dalam kebijakan “Fit for 55”</p> <p>b. Diwajibkan ke seluruh negara anggota</p>
<p>Modernisation Fund</p>	<p>Berlaku sejak 2021</p>	<p>Mendukung modernisasi sistem energi di negara-negara dengan pendapatan rendah</p>	<p>a. Pendanaan untuk infrastruktur energi bersih</p> <p>b. Penggantian teknologi tinggi emisi</p> <p>c. Peningkatan efisiensi di sektor</p>	<p>a. Dekarbonisasi ekonomi berbasis batu bara</p> <p>b. Transisi adil dan berkelanjutan</p>	<p>a. Dana dari lelang EU ETS</p> <p>b. Fokus pada 10 negara Eropa Tengah dan Timur</p>

			energi dan industri		
<i>Innovation Fund</i>	Berlaku sejak 2020	Mendukung teknologi rendah karbon inovatif	a. Pendanaan proyek pilot & komersialisasi teknologi bersih b. Fokus pada CCS, hidrogen, energi terbarukan	Akselerasi inovasi energi rendah karbon di UE	a. Dana dari EU ETS b. Akses terbuka untuk industri dan sektor energi

Sumber: Boix-Fayos et al., 2023; Lüth, 2023; As et al., 2024.

Kebijakan “*Fit for 55*” yang diluncurkan pada tahun 2021 merupakan langkah konkret dalam mencapai target pengurangan emisi sebesar 55% pada tahun 2030.⁶⁶ Kebijakan ini mencakup revisi terhadap *Renewable Energy Directive* (RED), di mana Uni Eropa meningkatkan target energi terbarukan dalam bauran energi akhir menjadi minimal 42,5% pada tahun 2030, dengan ambisi tambahan untuk mencapai 45%.⁶⁷ Kebijakan ini disertai dengan upaya peningkatan efisiensi energi, penyesuaian sistem perdagangan emisi (EU ETS), dan penguatan infrastruktur lintas batas untuk integrasi energi hijau dalam skala regional.

⁶⁶ Ovaere et al., *loc. cit.*

⁶⁷ Gajdzik, Bożena, et al. "Renewable energy share in European industry: analysis and extrapolation of trends in EU countries." *Energies* 17.11 (2024): 2476.

Selain itu, sebagai respons terhadap krisis energi akibat konflik Rusia-Ukraina, Uni Eropa meluncurkan inisiatif REPowerEU pada tahun 2022.⁶⁸ Program ini menargetkan percepatan transisi energi dengan mengurangi ketergantungan terhadap impor energi fosil dari Rusia serta meningkatkan produksi dan penggunaan energi terbarukan. Dalam implementasinya, REPowerEU menyediakan tambahan dana sebesar €300 miliar (Rp5.250 triliun rupiah) untuk pilar energi bersih, termasuk energi terbarukan, hidrogen, efisiensi energi dan pompa panas, biomethane, pembangunan jaringan listrik pintar, serta peningkatan kapasitas penyimpanan energi.⁶⁹

Kebijakan energi terbarukan Uni Eropa tidak hanya sebatas rencana atau pernyataan semata, melainkan telah diwujudkan dalam bentuk implementasi konkret di tingkat nasional dan regional. Hal ini menunjukkan adanya keseriusan dan komitmen Uni Eropa dalam mendorong transisi menuju sistem energi yang lebih bersih, efisien, dan berkelanjutan. Salah satu langkah penting dalam mengawal pelaksanaan kebijakan ini adalah kewajiban bagi setiap negara anggota untuk menyusun dan memperbarui secara berkala *National Energy and Climate Plans* (NECPs).⁷⁰ Dokumen NECP ini berfungsi sebagai peta jalan yang menggambarkan strategi, kebijakan, dan target yang akan dicapai oleh masing-masing negara dalam bidang energi dan iklim. Adanya NECP, Uni Eropa dapat memantau kemajuan implementasi di tingkat negara anggota serta memastikan keselarasan antara kebijakan nasional dan tujuan regional dalam pencapaian target energi terbarukan dan netralitas karbon.

⁶⁸ As, A. Mario Farrasda, and Nur Isdah Idris. "Energy Protectionism: Tren Meningkatnya Kebijakan Proteksionisme Energi di Uni Eropa." *WISSEN: Jurnal Ilmu Sosial dan Humaniora* 2.3 (2024): 262.

⁶⁹ As et al., *op. cit.*, 267.

⁷⁰ Toileikyte, Agne, and Johan Carlsson. "Assessment of heating and cooling related chapters of the national energy and climate plans (NECPs)." *Luxembourg: Publications office of the European Union. doi: doi 10* (2021): 27251.

Selain mengatur aspek perencanaan dan pelaporan, Uni Eropa juga menyediakan berbagai instrumen dukungan yang bersifat teknis maupun finansial. Dua mekanisme pendanaan utama yang dikembangkan adalah *Modernisation Fund* dan *Innovation Fund*. *Modernisation Fund* merupakan dana yang dialokasikan sekitar €57 miliar (sekitar Rp 1.071 kuadriliun) pada asumsi harga karbon €75/tCO₂ (sekitar Rp 1.426.875 per ton CO₂) untuk periode 2021–2030, terutama membantu modernisasi sistem energi di 10 negara berpendapatan rendah, termasuk Bulgaria, Croatia, dan Polandia yang meliputi investasi ke bidang efisiensi energi, energi terbarukan, dan infrastruktur jaringan.⁷¹ Dana ini ditujukan untuk membiayai modernisasi sektor energi, termasuk penggantian teknologi usang yang boros energi dan tinggi emisi dengan sistem yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Sasaran utama dari dana ini adalah mendorong keadilan dalam transisi energi, sehingga negara-negara dengan kapasitas teknologi dan ekonomi yang lebih rendah tetap dapat berpartisipasi aktif dalam upaya dekarbonisasi Eropa secara keseluruhan.⁷²

Sementara itu, *Innovation Fund* memiliki fokus utama pada pendanaan proyek-proyek yang mengembangkan teknologi ramah lingkungan baru, yang bisa dijual dan digunakan secara luas nantinya dengan menyalurkan hasil lelang EU ETS, diperkirakan mencapai €40–€53 miliar (sekitar Rp 759,2 kuadriliun - Rp 1.005,9 kuadriliun) untuk dekade 2020–2030 (tergantung harga karbon).⁷³ Pada 2023, panggilan IF23 menyediakan €4,2 miliar atau sekitar Rp 79,9 triliun (kurang lebih Rp 80 triliun) untuk 77 proyek

⁷¹ Modernisation Fund, “How it works – The total revenues of the Modernisation Fund amount to €57 billion from 2021 to 2030, assuming a carbon price of €75/tCO₂,” *Modernisation Fund*, accessed July 2025, <https://modernisationfund.eu/how-it-works/>

⁷² Modernisation Fund, “Annual Report on the Modernisation Fund 2022 – disbursements,” *Modernisation Fund Annual Report 2022*, June 2023, <https://modernisationfund.eu/wp-content/uploads/2023/06/SK-MF-Annual-Report-2022.pdf>

⁷³ European Commission, “Five years of the Innovation Fund: accelerating the clean industrial transition,” *CINEA*, June 30, 2025, https://cinea.ec.europa.eu/news-events/news/five-years-innovation-fund-accelerating-clean-industrial-transition-2025-06-30_en

dekabornisasi. Dana ini bertujuan untuk mendorong inovasi teknologi yang mencakup sektor energi terbarukan, penyimpanan energi, teknologi hidrogen, penangkapan dan penyimpanan karbon (*carbon capture and storage*), serta efisiensi industri.⁷⁴ Dengan rencana ini, Uni Eropa tidak hanya mendukung transisi energi pada kebijakan yang sudah berjalan, tetapi juga memastikan bahwa kawasan ini menjadi pusat pengembangan teknologi energi masa depan. Dana ini sebagian besar berasal dari hasil lelang sistem perdagangan emisi Uni Eropa (*EU Emissions Trading System/ETS*), yang merupakan salah satu instrumen ekonomi utama dalam kebijakan iklim Uni Eropa.

Penggabungan antar kebijakan energi dan iklim dalam kerangka regional juga diperkuat melalui sinkronisasi antara berbagai inisiatif seperti *European Green Deal*, *Fit for 55*, dan *REPowerEU*. Ketiga kebijakan ini secara bersama-sama membentuk rangkaian kebijakan yang saling mendukung dalam mencapai target jangka menengah (2030) maupun jangka panjang (2050). Dalam implementasinya, negara-negara anggota tidak hanya didorong untuk menyesuaikan regulasi domestik mereka, tetapi juga diberi akses terhadap dukungan pendanaan, pertukaran pengetahuan, dan kerjasama lintas batas untuk integrasi energi terbarukan dalam sistem jaringan listrik regional. Hal ini menunjukkan cara Uni Eropa bekerjasama secara terkoordinir dan saling mendukung untuk mempercepat transisi energi sambil memastikan solidaritas antar negara anggota.

⁷⁴ European Parliament Research Service, “The Innovation Fund: how it supports low-carbon industry,” *European Parliament*, accessed July 2025, [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2023/755098/IPOL_IDA\(2023\)755098_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2023/755098/IPOL_IDA(2023)755098_EN.pdf)

2.3 Proyek Pulau Energi *Bornholm Energy Island*

Pulau Energi Bornholm (*Bornholm Energy Island*) merupakan salah satu inisiatif strategis Denmark dalam memperkuat transisi energi hijau di kawasan Eropa. Proyek ini dirancang sebagai pusat distribusi energi terbarukan yang mengintegrasikan pembangkit listrik tenaga angin lepas pantai dengan jaringan listrik darat, serta berfungsi sebagai hub interkoneksi energi antara negara-negara Eropa. Terletak di Laut Baltik, sekitar 15 kilometer dari Pulau Bornholm, proyek ini bertujuan untuk mengumpulkan dan mendistribusikan listrik dari turbin angin lepas pantai ke Denmark dan negara-negara tetangga seperti Jerman, Swedia, dan Polandia.⁷⁵

Proyek Pulau Energi Bornholm dirancang sebagai pusat energi terbarukan berbasis lepas pantai pertama di dunia yang sepenuhnya tersambung ke jaringan listrik antar negara. Kapasitas total proyek direncanakan mencapai 3,8 gigawatt (GW), terdiri dari 3 GW sebagai kapasitas pembangkit utama dan 800 megawatt (MW) sebagai *overplanting*, yaitu kapasitas tambahan untuk mengatasi variabilitas produksi angin dan meningkatkan efisiensi infrastruktur. Energi yang dihasilkan akan disalurkan melalui jaringan kabel bawah laut bertegangan tinggi (HVDC) yang menghubungkan pulau ini dengan sistem listrik Denmark dan Jerman. Denmark diproyeksikan menerima sekitar 1,2 GW, Jerman menerima 2 GW, dan sisa daya dapat dialihkan ke proyek interkoneksi lintas negara lain di masa depan.⁷⁶

Proyek *Bornholm Energy Island* akan menyalurkan 2 GW listrik ke Jerman melalui interkoneksi HVDC. Total kapasitas pembangkit Jerman pada 2024 telah mencapai 263 GW, sementara beban puncak harian berkisar 85–90 GW tergantung musim dan kondisi. Maka, 2 GW dari Bornholm mewakili sekitar 0,8% dari total kapasitas dan sekitar 2,2–2,4% dari beban

⁷⁵ Dyremose, Sun Cole Seeberg. "Big projects, political ambitions and preparing for the green energy transition-the North Sea Energy Island in Denmark." *Maritime Studies* 24.2 (2025): 3.

⁷⁶ Ashrafi Niaki, Seyed Hassan, et al. "An Intelligent Method for Fault Location Estimation in HVDC Cable Systems Connected to Offshore Wind Farms." *Wind* 3.3 (2023): 362.

puncak.⁷⁷ Dalam angka energi: 1 GW = 1 juta kWh per jam, sehingga 2 GW berarti \approx 48 GWh per hari (pada operasi penuh selama 24 jam), cukup untuk menyediakan listrik bagi 3–4 juta rumah tangga atau energi untuk 2 juta siklus mesin cuci per jam.

Kontribusi 2 GW dari proyek *Bornholm Energy Island*, yang setara dengan 48 juta siklus mesin cuci per hari, menunjukkan bahwa kapasitas ini memiliki dampak signifikan terhadap pemenuhan kebutuhan energi rumah tangga Jerman secara luas. Meskipun secara proporsional hanya mencakup sekitar 0,8% dari kapasitas pembangkit nasional, namun kontribusi tersebut sangat strategis karena bersumber dari energi terbarukan dan mendukung diversifikasi pasokan listrik di tengah transisi pasca PLTN dan ketegangan geopolitik energi dengan Rusia.⁷⁸ Interkoneksi HVDC dengan Denmark memperkuat keamanan energi lintas negara, menjadikan proyek ini aman secara teknis dan strategis dalam kerangka ketahanan energi Jerman dan integrasi energi hijau Eropa.

Secara lingkungan dan politis, Jerman memiliki tradisi kuat dalam pengelolaan limbah dan lingkungan, penggunaan teknologi daur ulang mutakhir dan kebijakan efisiensi energi telah lama menjadi bagian dari budaya dan kebijakan nasional (misalnya, retikulum daur ulang nasional, efisiensi bangunan). Denmark, di sisi lain, dikenal dengan filosofi kesejahteraan berkelanjutan, termasuk pembangunan wind farms secara besar-besaran dan dukungan masyarakat terhadap energi hijau yang konsisten dengan pendekatan kebijakan luar negerinya yang berbasis inovasi dan personal responsibility terhadap perubahan iklim. Sinergi antara teknis energi dan sikap lingkungan ini memberi dasar kuat bagi kerja sama kedua negara dalam Bornholm Energy Island:

⁷⁷ Hohmeyer, Olav H., and Sönke Bohm. "Trends toward 100% renewable electricity supply in Germany and Europe: a paradigm shift in energy policies." *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment* 4.1 (2015): 76.

⁷⁸ *Ibid.*

mewujudkan transisi energi bersih, meningkatkan ketahanan pasokan, dan memperluas integrasi energi bilateral dalam kerangka politik dan budaya yang kokoh.⁷⁹

Tabel 2. 6 Signifikansi Kapasitas 2 GW dari Bornholm Energy Island

Aspek	Nilai	Penjelasan
Total kapasitas listrik Jerman	263 GW	Menurut data industri dan statistik terbaru
Beban puncak harian	85– 90 GW	Variasi tergantung musim dan kebutuhan domestik/infrastruktur
Kapasitas Bornholm di Jerman	2 GW	Melalui interkoneksi HVDC
Kontribusi terhadap kapasitas nasional	~0,8 %	$(2 \div 263) \times 100$
Kontribusi terhadap beban puncak	~2,2– 2,4 %	$(2 \div 90) \times 100$ hingga $(2 \div 85) \times 100$
Produksi energi per hari (2 GW dagang)	48 GWh	$2 \text{ GW} \times 24 \text{ jam}$
Rumah tangga yang dapat dilistrikan	3–4 juta	Asumsi konsumsi ~3.5 M kWh/rumah/tahun
Mesin cuci aktif simultan (2 GW/jam)	2 juta unit	$2 \text{ GW} = 2 \text{ juta kWh per jam}$; satu siklus ~1 kWh

Sumber: Nilsson, 2023.

Fasilitas utama dari proyek ini meliputi substasiun lepas pantai yang terintegrasi dengan turbin angin, stasiun converter HVDC di Pulau Bornholm, penyimpanan energi untuk menyeimbangkan fluktuasi beban dan produksi (potensial menggunakan baterai skala besar atau teknologi *Power-to-X* untuk mengubah listrik menjadi hidrogen hijau), dan jalur interkoneksi internasional.⁸⁰ Pembangunan ini menjadikan Bornholm sebagai pusat transmisi listrik skala regional, tidak hanya bagi Denmark, tetapi

⁷⁹ Nilsson, Maja. "Offshore wind power co-operated green hydrogen and sea-water oxygenation plant: A feasibility case study for sweden." (2023).

⁸⁰ Wittmann, Veronika, Elif Arici, and Dieter Meissner. "The nexus of world electricity and global sustainable development." *Energies* 14.18 (2021): 3.

Tabel 2. 7 Proyek Pulau Energi Bornholm

Aspek	Keterangan
Lokasi	Laut Baltik, Pulau Bornholm, Denmark
Kapasitas Total	3,8 GW (3 GW utama + 800 MW <i>overplanting</i>)
Teknologi	Turbin angin lepas pantai + kabel HVDC + sistem penyimpanan energi
Negara Terlibat	Denmark, Jerman
Distribusi Energi	1,2 GW ke Denmark, 2 GW ke Jerman
Operator Proyek	Energinet (Denmark) & 50Hertz (Jerman)
Dukungan UE	€645 juta dari program CEF
Estimasi Biaya Proyek	>200 miliar DKK (~\$29,81 miliar USD)
Target Operasional	2033–2036 (mundur dari rencana awal 2030)
Fungsi Tambahan	Interkoneksi energi lintas negara, penyimpanan, produksi hydrogen

Sumber: Dyremose, 2025; Ashrafi et al., 2023; Wittmann et al., 2021.

Pada awalnya, proyek ini ditargetkan mulai beroperasi pada tahun 2030. Namun, pada perkembangan terakhir di tahun 2024–2025, proyek mengalami penundaan yang signifikan, dengan estimasi operasional baru pada tahun 2033–2036. Beberapa faktor utama yang memengaruhi keterlambatan ini antara lain:

- a. Kenaikan harga bahan material konstruksi, seperti baja, tembaga, dan komponen turbin, menjadi lebih mahal, sehingga biaya kelistrikan proyek ikut naik. Selain itu, suku bunga yang lebih tinggi menyebabkan biaya pinjaman proyek semakin besar, sehingga investasi menjadi kurang menarik tanpa dukungan subsidi yang cukup.
- b. Keterbatasan dalam rantai pasok global, terutama untuk komponen penting seperti converter HVDC dan kabel bawah laut, menjadi hambatan utama. Sebagian besar produksi komponen ini hanya dibuat oleh sedikit perusahaan, sehingga waktu tunggu menjadi lama dan biaya yang mahal.

- c. Gagalnya negosiasi dukungan finansial dengan Belgia, yang awalnya diperkirakan akan ikut mendanai proyek ini. Akibatnya, Denmark mengalihkan pendekatan diplomatik ke Jerman sebagai mitra energi utama.

Penundaan proyek ini memiliki dampak luas, tidak hanya pada jadwal pelaksanaan tetapi juga pada biaya dan kepercayaan investor. Total investasi diperkirakan melebihi 200 miliar kroner Denmark (sekitar \$29,81 miliar), dengan dukungan negara mendekati 50 miliar kroner.⁸¹ Situasi ini menunjukkan pentingnya pembiayaan proyek, kerjasama antar negara dan stabilitas ekonomi untuk menjalankan pelaksanaan proyek energi skala besar di masa depan. Tanpa dukungan finansial yang kuat dan rantai pasok yang stabil, proyek-proyek ambisius seperti Pulau Energi Laut Utara akan menghadapi tantangan signifikan dalam mencapai tujuan mereka.

Denmark berencana untuk meluncurkan tender baru untuk proyek-proyek energi terbarukan dengan syarat yang lebih menarik bagi investor, termasuk opsi subsidi negara dan fleksibilitas yang lebih besar dalam penawaran. Langkah ini bertujuan untuk mengatasi tantangan yang dihadapi dalam tender sebelumnya yang gagal menarik minat investor karena model lelang yang kaku dan kurangnya dukungan negara. Selain itu, Denmark dan Jerman telah menandatangani perjanjian kerja sama yang mengikat secara hukum untuk menghubungkan Pulau Energi Bornholm ke daratan, dengan kapasitas transmisi sebesar 3,2 GW melalui kabel bawah laut HVDC sepanjang 492 km.⁸² Kerja sama ini menunjukkan komitmen kedua negara dalam memperkuat infrastruktur energi terbarukan dan meningkatkan keamanan energi di kawasan.

Proyek *Bornholm Energy Island* telah memperoleh dukungan substansial dari Uni Eropa melalui program *Connecting Europe Facility* (CEF) sebesar €645 juta atau sekitar Rp 12,27 triliun,

⁸¹ Ruan, Guangchun, et al. "Data-driven energy management of virtual power plants: A review." *Advances in Applied Energy* (2024): 100170.

⁸² Wittmann et al., *op. cit.*, 5-7.

yang dialokasikan khusus untuk pembangunan infrastruktur energi strategis lintas negara dalam rangka mewujudkan integrasi pasar energi Eropa.⁸³ Dana tersebut mencakup pembiayaan pengadaan dan pemasangan kabel bawah laut bertegangan tinggi (HVDC), pembangunan stasiun converter di wilayah daratan Denmark dan di Pulau Bornholm, serta pelaksanaan kajian dampak lingkungan dan analisis teknis untuk memastikan kelayakan proyek secara menyeluruh.⁸⁴ Selain dukungan dari Uni Eropa, proyek ini juga dilaksanakan melalui kerja sama bilateral antara operator sistem transmisi nasional Denmark, yaitu Energinet, dan operator Jerman, 50Hertz, yang pada tahun 2023 telah menandatangani perjanjian kerja sama terkait pembagian tanggung jawab pembangunan, kepemilikan aset HVDC, serta pengelolaan dan operasional sistem jaringan kelistrikan lintas batas.⁸⁵ Kolaborasi ini tidak hanya memperkuat infrastruktur energi regional, tetapi juga menjadi fondasi dalam mendukung visi Uni Eropa melalui *European Green Deal* untuk menciptakan sistem energi yang terdesentralisasi, berkelanjutan, dan terintegrasi secara lintas negara.⁸⁶

Pulau Energi Bornholm tidak hanya berfungsi sebagai proyek infrastruktur energi berskala besar, melainkan juga merepresentasikan simbol transformasi strategis Eropa menuju sistem energi yang bersih, terintegrasi, dan tangguh. Dengan kapasitas mendekati 4 gigawatt (GW), proyek ini berkontribusi signifikan terhadap pencapaian target netral karbon Uni Eropa pada tahun 2050 dengan menyediakan listrik hijau yang cukup untuk jutaan rumah tangga serta menggantikan pembangkit listrik berbasis bahan bakar fosil seperti batu bara dan gas alam.⁸⁷ Selain itu, keberadaan kabel bawah laut bertegangan tinggi (HVDC) yang menghubungkan Denmark dan

⁸³ Dyremose *op. cit.*, 13-15.

⁸⁴ Ashrafi Niaki et al., *op. cit.*, 372.

⁸⁵ Das, Dwijasish, et al. "Pf Stability of 2030 Nordic Power System due to Non-Synchronous Generation." *IFAC-PapersOnLine* 58.13 (2024): 333.

⁸⁶ Boix-Fayos et al., *op. cit.*, 13.

⁸⁷ Zuhro et al., *op. cit.*, 465.

Jerman melalui Bornholm akan memperkuat interkoneksi energi lintas batas dan meningkatkan ketahanan serta fleksibilitas sistem energi regional.⁸⁸ Proyek ini juga menjadi pendorong bagi pengembangan dan daya saing teknologi energi terbarukan, termasuk sistem penyimpanan skala besar, dan teknologi *Power-to-X*. Secara ekonomi, *Bornholm Energy Island* diperkirakan menciptakan lapangan kerja di sektor teknik, konstruksi, manufaktur turbin, dan pengembangan sistem jaringan listrik, di mana lembaga riset seperti DTU (*Technical University of Denmark*) turut berkontribusi dalam aspek inovasi teknologinya.⁸⁹ Lebih dari itu, kesuksesan proyek ini diharapkan menjadi model global (*blueprint*) untuk pengembangan pulau energi lepas pantai di wilayah lain seperti Laut Utara, Laut Irlandia, bahkan di kawasan Asia-Pasifik, sehingga memperkuat posisi Eropa sebagai pelopor transisi energi hijau dunia.⁹⁰

2.4 Kepentingan Jerman dalam Proyek Bornholm

Keterlibatan Jerman dalam proyek *Bornholm Energy Island* merupakan bagian dari strategi nasional dan regionalnya dalam mempercepat transisi energi menuju keberlanjutan serta memperkuat ketahanan energi nasional di tengah ketidakpastian geopolitik.⁹¹ Proyek ini memberikan nilai strategis tinggi bagi Jerman, terutama karena Bornholm dirancang untuk menghasilkan kapasitas energi hingga 3,8 gigawatt (GW), di mana 2 GW di antaranya akan langsung dikirim ke Jerman melalui kabel bawah laut HVDC (*High Voltage Direct Current*) sepanjang kurang lebih 470 km menuju wilayah pesisir utara Jerman di Mecklenburg-

⁸⁸ Wittmann et al., *op. cit.* 16.

⁸⁹ Dyremose *op. cit.*, 13.

⁹⁰ Kizielewicz, Joanna. "Environmentally friendly cruise seaports in northern Europe—onshore power supply." *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* 17.2 (2023): 358.

⁹¹ Christensen, David, et al. "Circular Economy in Denmark: Bornholm's Vision to Achieve 100 Percent Reuse and Recycling." *Circular Economy: Recent Trends in Global Perspective* (2021): 387.

Vorpommern.⁹² Koneksi ini akan menjadi salah satu jaringan interkoneksi energi lintas negara terbesar di Eropa, yang secara signifikan akan meningkatkan fleksibilitas dan stabilitas sistem listrik Jerman, serta mengurangi ketergantungan negara tersebut terhadap energi fosil dan impor gas dari kawasan non-UE seperti Rusia, terutama pasca krisis energi yang muncul akibat perang Ukraina.

Kepentingan lainnya terletak pada pencapaian target iklim nasional dan regional. Jerman berkomitmen untuk mencapai netralitas karbon pada tahun 2045, lima tahun lebih cepat dari target Uni Eropa (2050). Oleh karena itu, sumber energi terbarukan dalam jumlah besar seperti yang disediakan Bornholm menjadi krusial untuk menggantikan pembangkit listrik tenaga batu bara dan gas yang masih dominan di beberapa wilayah Jerman. Menurut estimasi yang dihimpun dari laporan *Offshore Wind Biz* dan *State of Green*, energi dari Bornholm dapat mengurangi emisi karbon Jerman sebesar lebih dari 3,5 juta ton CO₂ per tahun, serta mencukupi kebutuhan listrik lebih dari 4,5 juta rumah tangga Jerman. Hal ini secara langsung mendukung pelaksanaan kebijakan *Energiewende* (transisi energi) yang menjadi kerangka utama dekarbonisasi sektor energi Jerman.⁹³

Kerja sama kelembagaan antara Jerman dan Denmark dalam konteks pembangunan infrastruktur energi terbarukan menjadi salah satu contoh penting dari upaya integrasi pasar energi regional di Eropa. Sejak tahun 2023, operator sistem transmisi (*Transmission System Operator/TSO*) dari kedua negara yakni 50Hertz mewakili Jerman dan Energinet dari Denmark telah menjalin sebuah kesepakatan formal yang komprehensif.⁹⁴ Kesepakatan ini mencakup aspek

⁹² Husarek, Dominik, Jens Schmutz, and Stefan Niessen. "Hydrogen supply chain scenarios for the decarbonisation of a German multi-modal energy system." *International Journal of Hydrogen Energy* 46.76 (2021): 38009.

⁹³ Tosatto, Andrea, et al. "North Sea Energy Islands: Impact on national markets and grids." *Energy Policy* 167 (2022): 3.

⁹⁴ Alazemi, Talal, Mohamed Darwish, and Mohammed Radi. "TSO/DSO coordination for RES integration: a systematic literature review." *Energies* 15.19 (2022): 7312.

pembangunan, pengoperasian, hingga kepemilikan aset infrastruktur kelistrikan berbasis teknologi *High Voltage Direct Current (HVDC)*, yaitu teknologi transmisi arus searah tegangan tinggi yang sangat efisien untuk jarak jauh dan kebutuhan interkoneksi lintas negara.

Dari sisi kerja sama kelembagaan, kesepakatan antara 50Hertz dan Energinet ini tidak muncul dalam ruang hampa, melainkan merupakan bagian penting dari upaya Uni Eropa dalam mewujudkan integrasi sistem energi antarnegara anggota.⁹⁵ Pendekatan regional yang diambil oleh kedua negara menegaskan semangat kolaboratif dalam menyikapi tantangan besar dalam sektor energi, khususnya terkait transisi dari bahan bakar fosil menuju sumber energi bersih dan terbarukan.⁹⁶ *Green Deal* Eropa yang diluncurkan oleh Komisi Eropa pada Desember 2019, menargetkan pencapaian netralitas karbon pada tahun 2050. Salah satu pilar utamanya adalah penguatan infrastruktur energi lintas batas agar dapat menyokong fluktuasi produksi energi terbarukan dan memperkuat ketahanan energi kolektif Eropa. Strategi Interkoneksi Energi UE sendiri mendorong agar kapasitas interkoneksi minimal antarnegara anggota mencapai 15% dari kapasitas pembangkitan nasional pada tahun 2030.⁹⁷ Kerja sama 50Hertz dan Energinet merupakan implementasi nyata dari strategi ini.

Dari segi pembagian tanggung jawab, kedua belah pihak menyepakati struktur kerja yang adil dan berlandaskan prinsip keseimbangan beban teknis dan finansial. Energinet bertanggung jawab atas pengembangan fasilitas transmisi dari Denmark menuju titik koneksi di laut, termasuk komponen konverter dan kabel bawah laut di sisi Denmark. Sementara itu, 50Hertz akan membangun dan mengelola infrastruktur yang menghubungkan sistem kelistrikan Jerman ke

⁹⁵ Das et al., *op. cit.*, 335.

⁹⁶ Lüth *op. cit.*, 46.

⁹⁷ Guerra, K., et al. "Facing the high share of variable renewable energy in the power system: Flexibility and stability requirements." *Applied Energy* 310 (2022): 118561.

jaringan HVDC tersebut.⁹⁸ Kepemilikan aset dilakukan secara proporsional sesuai dengan wilayah yuridiksi dan porsi investasi masing-masing. Selain aspek teknis dan ekonomi, kerja sama ini juga membawa implikasi politik dan diplomatik yang signifikan. Hubungan bilateral Jerman-Denmark menjadi contoh model kemitraan energi regional yang berhasil menggabungkan kepentingan nasional dan kepentingan kawasan. Keduanya menunjukkan bahwa keterpaduan sistem energi dapat dicapai melalui dialog intensif, perencanaan jangka panjang, dan kepercayaan kelembagaan yang juga membuka jalan bagi negara-negara lain di Eropa untuk mengadopsi pendekatan serupa dalam membangun jaringan energi lintas batas yang cerdas dan adaptif terhadap tuntutan transisi energi global.

2.4.1 Kepentingan Energi Nasional Jerman

Keterlibatan Jerman dalam proyek *Bornholm Energy Island* merupakan bagian penting dari strategi nasionalnya untuk mempercepat transisi energi menuju sumber yang lebih bersih dan berkelanjutan. Proyek ini mendukung tujuan Jerman untuk mencapai netralitas karbon pada tahun 2045, dengan target 80% pasokan listrik berasal dari energi terbarukan pada tahun 2030 dan 100% pada tahun 2035. *Bornholm Energy Island*, dengan kapasitas hingga 3,8 gigawatt (GW), akan menyediakan sekitar 2 GW energi hijau langsung ke Jerman melalui kabel bawah laut HVDC sepanjang 470 km, cukup untuk memenuhi kebutuhan listrik sekitar 4,5 juta rumah tangga.⁹⁹

Tabel 2. 8 Konsumsi Listrik Tahunan Jerman (2017–2022)

Tahun	Permintaan Listrik (TWh)
2017	593.6
2018	583.98

⁹⁸ Das et al., *op. cit.*, 336.

⁹⁹ Christensen, David, et al., *op. cit.*, 421.

2019	566.82
2020	548.23
2021	562.77
2022	555.46

Sumber: Y. S. An, 2023

Berdasarkan tabel 2.3, Selama periode 2017 hingga 2022, kebutuhan listrik Jerman menunjukkan tren fluktuatif namun cenderung menurun secara bertahap. Pada tahun 2017, total permintaan listrik Jerman mencapai sekitar 593,6 terawatt-jam (TWh), dan kemudian mengalami penurunan menjadi 583,9 TWh pada 2018, serta 566,8 TWh pada tahun 2019.¹⁰⁰ Penurunan ini sebagian besar disebabkan oleh meningkatnya efisiensi energi serta pergeseran struktur ekonomi ke arah sektor jasa dan digitalisasi yang lebih rendah konsumsinya. Pada tahun 2020, ketika pandemi COVID-19 melanda Eropa dan aktivitas industri serta transportasi mengalami perlambatan drastis, konsumsi listrik Jerman turun lebih lanjut menjadi sekitar 548,2 TWh. Memasuki tahun 2021, terjadi pemulihan ekonomi yang mendorong permintaan listrik kembali naik menjadi 562,7 TWh. Namun pada tahun 2022, meskipun tidak ada guncangan besar seperti pandemi, konsumsi listrik kembali mengalami penurunan ringan menjadi sekitar 555,4 TWh.¹⁰¹

Penurunan ini berkaitan erat dengan berbagai kebijakan efisiensi energi, adopsi sistem energi terbarukan yang lebih luas, serta kondisi cuaca yang relatif lebih hangat di musim dingin sehingga mengurangi kebutuhan energi untuk pemanasan. Data historis

¹⁰⁰ SMARD, "Germany's Electricity Consumption Drops Sharply in 2022," *SMARD.de – Market Data from Bundesnetzagentur*, January 15, 2023, <https://www.smard.de/page/en/topic-article/5892/209668>.

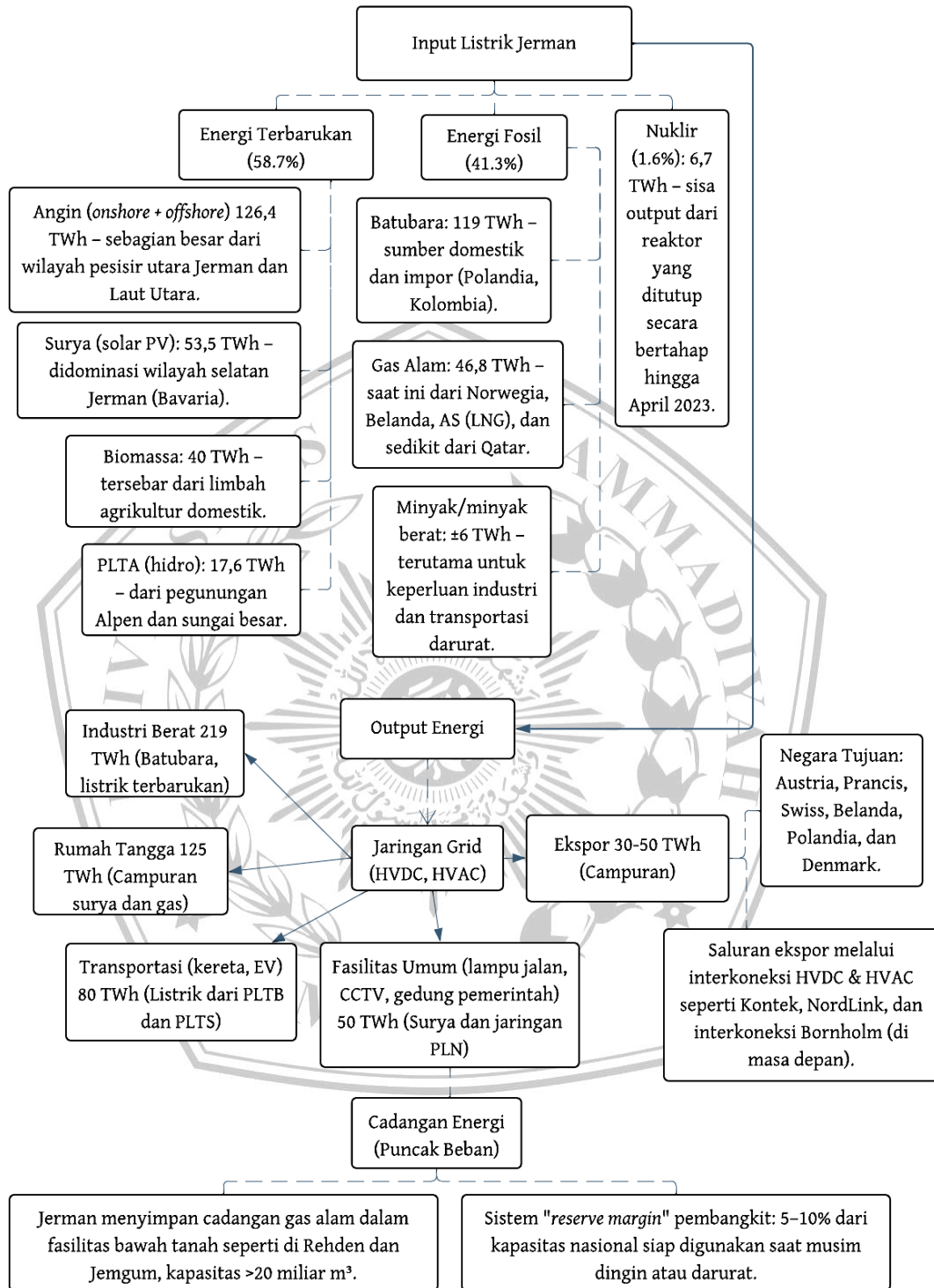
¹⁰¹ Enerdata, "Germany's power consumption falls in 2022, generation from renewables rises," *Enerdata*, March 2023, <https://www.enerdata.net/publications/daily-energy-news/germanys-power-consumption-falls-2022-generation-renewables-rises.html>.

tersebut memperlihatkan bahwa meskipun ada dinamika, kebutuhan listrik Jerman tetap berada di kisaran yang tinggi, yakni antara 550 hingga 600 TWh per tahun. Hal ini menunjukkan bahwa Jerman tetap membutuhkan pasokan listrik dalam skala besar dan harus menjamin kestabilan sistem kelistrikan nasionalnya.¹⁰² Terlebih lagi, dengan dihapuskannya pembangkit nuklir dan direncanakannya penghentian batu bara, Jerman semakin bergantung pada sistem energi yang terdesentralisasi dan terintegrasi secara regional.



¹⁰² Eurostat, "Final Electricity Production and Consumption in the EU, 2017–2021," *Eurostat*, September 16, 2022, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/9/9a/Final_Electricity_production_consumption_market_2022_v2-AK_16-09-2024.xlsx.

Bagan 2. 1 Skema Diagram Alur Energi Jerman



Sumber: Data diolah oleh Peneliti, 2025.

Berdasarkan Bagan 2.1 diatas, data kelistrikan Jerman tahun 2023–2024, total input energi listrik yang masuk ke sistem mencapai sekitar 416 Terawatt-hour (TWh). Input tersebut berasal dari dua kelompok besar, yaitu energi non-fosil (terbarukan dan nuklir) dan energi fosil. Energi non-fosil menyumbang porsi terbesar dengan total 244,2 TWh yang terdiri atas tenaga angin (126,4 TWh), energi surya (53,5 TWh), biomassa (40 TWh), dan pembangkit tenaga air (17,6 TWh).¹⁰³ Energi nuklir yang dulunya menyuplai sekitar 11% dari listrik nasional kini hanya menyisakan 6,7 TWh sebelum akhirnya dihentikan total pada April 2023. Di sisi lain, energi fosil masih menyuplai ±171,8 TWh, terdiri dari batubara (119 TWh), gas alam (46,8 TWh), dan minyak berat (±6 TWh).¹⁰⁴ Sebelum invasi Rusia ke Ukraina, Jerman sangat bergantung pada gas alam dari Rusia, dengan porsi 55% dari total impor gas nasional.¹⁰⁵ Ketergantungan ini membuat pasokan listrik Jerman sangat rentan ketika Rusia menghentikan ekspor gas ke Eropa pada tahun 2022. Meskipun gas Rusia digunakan untuk kebutuhan industri, pemanas, dan pembangkit listrik, kontribusinya dalam total input listrik menurun drastis setelah 2022, dan digantikan oleh pasokan dari Norwegia, Belanda, Amerika Serikat (LNG), dan Qatar.¹⁰⁶

Dalam hal output listrik, Jerman mendistribusikan total konsumsi listrik domestik sebesar ±504 TWh. Perbedaan antara input dan konsumsi domestik ini ditutup melalui ekspor listrik ke negara tetangga (±30–50 TWh) serta penarikan dari cadangan strategis, dan adanya transmisi hilang daya (*losses*). Konsumsi energi dibagi ke dalam lima sektor utama (Industri 219 TWh, rumah tangga 125 TWh, Transportasi 80 TWh, Fasilitas Umum

¹⁰³ Brun, Klaus, et al., eds. *Energy Transport Infrastructure for a Decarbonized Economy*. Elsevier, 2024. 149.

¹⁰⁴ Khaleel, Mohamed, et al. "Harnessing nuclear power for sustainable electricity generation and achieving zero emissions." *Energy Exploration & Exploitation* 43.3 (2025): 1129.

¹⁰⁵ Van de Graaf, Thijs. "The geopolitics of energy after Russia's war in Ukraine." *Forging Europe's leadership: global trends, Russian aggression and the risk of a regressive world*. Foundation for European Progressive Studies, 2023. 34.

¹⁰⁶ Zhiltsov, Sergey S. "The global gas transit: new supply chains." *Post-Soviet Issues*: 319.

50 TWh, dan Ekspor 30-50 TWh). Sektor industri merupakan pengguna listrik terbesar, mencapai $\pm 44\%$ dari total konsumsi nasional, terutama berasal dari energi batubara (untuk peleburan logam, industri kimia, dan manufaktur berat) dan gas alam (untuk industri pemanas, pabrik pupuk, dll).¹⁰⁷ Sektor rumah tangga menempati urutan kedua dengan konsumsi listrik mencapai 125 TWh, yang sebagian besar bersumber dari listrik campuran (PLTS atap rumah, jaringan PLN berbasis angin dan gas). Sektor transportasi seperti kereta listrik (Deutsche Bahn), mobil listrik (EV), dan kendaraan umum menyerap sekitar 80 TWh, menggunakan energi dari PLTB dan PLTS. Fasilitas umum seperti lampu jalan, penerangan kota, sistem CCTV, dan perkantoran pemerintah mengonsumsi sekitar 50 TWh. Sektor lainnya, termasuk komersial dan jasa, menyumbang sisanya sebesar 30 TWh.¹⁰⁸

Di luar konsumsi domestik, Jerman juga mengekspor listrik sebesar 30–50 TWh per tahun ke negara-negara tetangga seperti Prancis, Belanda, Austria, dan Swiss melalui jaringan HVDC lintas negara.¹⁰⁹ Selain itu, cadangan listrik Jerman dikelola melalui dua cara, yaitu *reserve margin* sebesar 5–10% dari kapasitas pembangkit nasional untuk digunakan saat puncak beban dan penyimpanan gas alam bawah tanah (misalnya di Rehden dan Jemgum) untuk menjaga pasokan selama musim dingin.¹¹⁰ Meskipun Jerman sudah berhasil meningkatkan bauran energi terbarukan hingga lebih dari 58%, negara ini masih bergantung pada energi fosil sebagai penyeimbang fluktuasi energi hijau yang tidak

¹⁰⁷ Komarnicki, Przemyslaw, Michael Kranhold, and Zbigniew A. Styczynski. "General Energy System—GES." *General Energy System (GES) of the Future: Sector Coupling through Electricity and Hydrogen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2024. 9-12.

¹⁰⁸ *Ibid.* 31-40.

¹⁰⁹ Posseme, Baptiste, et al. "Energy system infrastructures and investments in hydrogen." *European Parliament—Policy Department for Economic* (2024).

¹¹⁰ Dengler, Joachim, and Björn Peters. "Implications of Battery and Gas Storage for Germany's National Energy Management with Increasing Volatile Energy Sources." *Sustainability* 17.12 (2025): 5295.

stabil.¹¹¹ Pembangkit listrik tenaga batubara masih berfungsi untuk industri berat dan kebutuhan beban dasar, sementara gas alam digunakan untuk pembangkit fleksibel, pemanas distrik, dan cadangan beban puncak. Kombinasi ini mencerminkan bahwa transisi energi Jerman masih dalam proses, dengan tantangan utama adalah menjaga stabilitas pasokan sambil mengurangi emisi karbon.

Proyek ini mendukung strategi diversifikasi energi Jerman melibatkan investasi besar pada energi terbarukan, transisi menggunakan gas, transformasi infrastruktur gas agar cocok dengan hidrogen, serta ketergantungan strategis pada impor hidrogen.¹¹² Berdasarkan laporan pemerintah Jerman dan proyeksi dari *German National Hydrogen Strategy*, permintaan hidrogen diperkirakan akan mencapai 95 hingga 130 terawatt-jam (TWh) pada tahun 2030.¹¹³ Namun, kapasitas produksi domestik diperkirakan hanya mampu memenuhi sekitar 30 hingga 50% dari total permintaan tersebut, sehingga sisanya harus dipenuhi melalui impor.¹¹⁴ Oleh karenanya, *Bornholm Energy Island* memiliki potensi besar sebagai pusat produksi energi hijau yang dapat dimanfaatkan untuk produksi hidrogen melalui elektrolisis, baik secara langsung di wilayah Denmark maupun setelah dikirim ke Jerman.

Tabel 2. 9 Infrastruktur dan Diversifikasi Energi Jerman (2024)

No	Jenis Energi	Kapasitas Terpasang (GW)	Catatan
1	Batubara (<i>lignite + hardcoal</i>)	±90 GW	Mulai dikurangi secara bertahap

¹¹¹ Stambouli, A. Boudghene, et al. "Algeria's journey towards a green hydrogen future: Strategies for renewable energy integration and climate commitments." *International Journal of Hydrogen Energy* 58 (2024): 756.

¹¹² Fraunhofer ISE, "Net Public Electricity Generation in Germany 2024: Renewables Dominate," *Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE*, January 2025, <https://www.ise.fraunhofer.de/en/press-media/press-releases/2025/public-electricity-generation-2024-renewable-energies-cover-more-than-60-percent-of-german-electricity-consumption-for-the-first-time.html#:~:text=In%20Germany%2C%20net%20public%20electricity,exceed%20the%20federal%20government's%20targets.>

¹¹³ Quitzow, Rainer, Almudena Nunez, and Adela Marian. "Positioning Germany in an international hydrogen economy: a policy review." *Energy Strategy Reviews* 53 (2024): 101361.

¹¹⁴ Menkhoff, Lukas, and Marius Zeevaert. "Germany can increase its raw material import security of supply." *DIW Weekly Report* 12.49/50 (2022): 319.

2	Gas alam (termasuk H ₂ -ready)	±60 GW	Digunakan sebagai cadangan beban puncak
3	Tenaga Air (PLTA)	±5 GW	Kapasitas terbatas, lebih banyak sebagai pelengkap
4	Tenaga Surya (PLTS)	±90 GW	Sangat berkembang di wilayah selatan
5	Angin <i>Onshore</i>	±64 GW	Menjadi tulang punggung EBT
6	Angin <i>Offshore</i>	±9 GW	Masih terus dikembangkan, termasuk Bornholm
7	Nuklir	0 GW	Dihentikan seluruhnya sejak 2023
8	H ₂ -ready Reserve Plants	±10 GW (direncanakan)	Untuk keperluan stabilisasi grid
Total		±328 GW	

Sumber: Enerdata (2025)

Berdasarkan tabel 2.9, secara kapasitas, proyek *Bornholm Energy Island* memang hanya menyumbang 2 gigawatt (GW) dari total kebutuhan listrik Jerman yang mencapai sekitar 263 GW pada tahun 2024. Artinya, proyek tersebut secara kuantitatif hanya menyumbang sekitar 0,76% dari total kapasitas nasional.¹¹⁵ Jika dibandingkan secara langsung dengan kapasitas energi berbasis batu bara di Jerman, yang mencapai kurang lebih 90 GW, kontribusi Bornholm tampak kecil atau hanya setara dengan sekitar 2,2% dari kapasitas batu bara saja. Apalagi jika digabungkan dengan sumber lain seperti gas alam (~60 GW), PLTA (~6 GW), dan tenaga surya serta angin (~135 GW), maka total kapasitas energi Jerman memang sangat besar dan beragam.¹¹⁶ Akan tetapi, melihat dari sisi kuantitas semata tidak cukup untuk menilai signifikansi strategis proyek ini. Bornholm

¹¹⁵ Fraunhofer, *loc. cit.*

¹¹⁶ Hohmeyer et. al., *op. cit.*, 83.

Energy Island bukan hanya soal tambahan kapasitas listrik, tetapi soal transformasi sumber energi, dari energi fosil menuju energi bersih terbarukan. Proyek ini menggunakan energi angin lepas pantai (*offshore wind*) yang tidak menghasilkan emisi karbon, dan menghubungkannya ke pasar energi Jerman melalui kabel bawah laut HVDC. Jika beroperasi selama 24 jam penuh, 2 GW setara dengan 48 juta kilowatt-jam (kWh) per hari, atau sekitar 17,5 terawatt-jam (TWh) per tahun.¹¹⁷ Energi sebesar ini cukup untuk melistriki 3 hingga 4 juta rumah tangga atau menjalankan sekitar 2 juta mesin cuci selama satu jam, dengan asumsi satu mesin cuci memerlukan sekitar 1 kWh per siklus.

Selain aspek teknis, perilaku dan komitmen lingkungan kedua negara juga memberikan fondasi kuat bagi proyek ini. Jerman dikenal sebagai negara dengan sistem pengelolaan limbah terbaik di dunia, dengan program daur ulang nasional dan insentif efisiensi energi yang sudah diterapkan sejak lama. Sedangkan Denmark adalah pionir dalam pengembangan energi angin dan memiliki pendekatan sosial yang kuat dalam mendukung energi bersih.¹¹⁸ Budaya keberlanjutan dan tanggung jawab lingkungan ini bukan hal yang tiba-tiba, tetapi telah tertanam dalam kerangka politik domestik dan kebijakan luar negeri kedua negara. Meskipun secara matematis proyek ini tampak kecil dibanding total kapasitas energi Jerman, signifikansi strategisnya sangat besar. Ia berfungsi sebagai jembatan energi hijau Eropa, penguat keamanan energi regional, dan wujud konkret dari komitmen iklim lintas negara yang berbasis nilai, bukan hanya angka. Oleh karena itu, Bornholm Energy Island dapat diposisikan sebagai proyek kunci dalam babak baru transformasi energi di Eropa, bukan karena besar kecilnya kapasitas, tetapi karena visinya yang berkelanjutan dan kolaboratif.

¹¹⁷ Liebsch et al., *op. cit.*, 132.

¹¹⁸ Venizelou & Poullikkas, *op. cit.*, 5318.

Keberadaan interkoneksi HVDC (*High Voltage Direct Current*) dalam proyek ini juga memungkinkan transmisi energi dalam jumlah besar secara efisien, serta mendukung kestabilan sistem kelistrikan regional. Energi yang dipasok melalui Bornholm bukan hanya menyuplai kebutuhan domestik Jerman, tetapi juga membuka peluang ekspor energi hijau dan kerja sama produksi hidrogen dengan mitra Eropa lainnya. Kerjasama antara operator sistem transmisi Jerman, 50Hertz, dan Denmark, Energinet, dalam proyek ini mencerminkan upaya bersama untuk menciptakan infrastruktur energi lintas negara yang efisien dan andal. Perjanjian kerja sama yang ditandatangani pada tahun 2023 menetapkan pembagian biaya dan keuntungan yang adil, serta pengelolaan bersama aset HVDC, menunjukkan komitmen kedua negara dalam memperkuat integrasi pasar energi Eropa.¹¹⁹

Sebagai tambahan, proyek ini menandai pergeseran paradigma dalam kebijakan energi Jerman, dari pendekatan berbasis impor energi fosil ke pendekatan kolaboratif berbasis energi bersih regional. Kerja sama dengan Denmark dan negara-negara Baltik lainnya menunjukkan bahwa ketahanan energi kini dipahami tidak hanya sebagai kapasitas domestik, tetapi juga sebagai hasil integrasi regional yang stabil dan saling mendukung. Dalam jangka panjang, Bornholm Energy Island berpotensi menjadi pusat gravitasi baru dalam sistem energi hijau Eropa, sekaligus memperkuat posisi Jerman sebagai pemimpin dalam transisi energi dan mitigasi perubahan iklim.

2.4.2 Investasi dan Pengembangan Infrastruktur pada Proyek *Bornholm Energi Island*

Proyek *Bornholm Energy Island* (BEI) merupakan tonggak dalam pengembangan infrastruktur energi terbarukan di Eropa, khususnya bagi Jerman dan Denmark. Dengan

¹¹⁹ Husarek et al., *op. cit.*, 38012.

kapasitas total hingga 3,8 gigawatt (GW), proyek ini dirancang untuk mengintegrasikan energi angin lepas pantai ke dalam jaringan listrik kedua negara melalui sistem transmisi arus searah tegangan tinggi (HVDC) berkapasitas 525 kilovolt (kV). Investasi infrastruktur utama mencakup pembangunan stasiun konverter dan transformator di Bornholm, Denmark, dan di Rappenhagen, Jerman, yang akan menghubungkan kabel bawah laut sepanjang sekitar 470 km. Energi dari Bornholm Energy Island diproyeksikan digunakan oleh dua negara utama, yakni Denmark dan Jerman. Dari total kapasitas 3 GW yang dibangun, sekitar 2 GW dialirkan ke Jerman dan 1 GW sisanya digunakan untuk kebutuhan domestik Denmark yang berarti bahwa Jerman adalah pengguna utama proyek ini, dengan porsi penggunaan mencapai sekitar 66% dari total kapasitas Bornholm.¹²⁰

Dari sisi pendanaan, proyek ini mendapat dukungan signifikan dari Uni Eropa melalui program *Connecting Europe Facility* (CEF) sebesar €645 juta, yang dialokasikan untuk pemasangan kabel HVDC, pembangunan stasiun konverter, serta kajian dampak lingkungan dan teknis yang mendukung kelayakan proyek lintas negara.¹²¹ Selain itu, operator sistem transmisi Denmark, Energinet, dan operator Jerman, 50Hertz, telah menyepakati perjanjian kerja sama pada tahun 2023 untuk membagi tanggung jawab pembangunan, kepemilikan aset HVDC, dan operasional sistem jaringan kelistrikan lintas batas. Jerman membayar berdasarkan jumlah listrik yang diserap melalui koneksi lintas negara dan harga listrik yang berlaku di pasar Eropa. Dibandingkan dengan ketergantungan Jerman sebelumnya terhadap pasokan gas dari Rusia melalui Gazprom, biaya energi dari Bornholm dianggap lebih stabil dan kompetitif. Harga gas Rusia pada masa sebelum krisis

¹²⁰ Hahmann, Andrea N., Oscar García-Santiago, and Alfredo Peña. "Current and future wind energy resources in the North Sea according to CMIP6." *Wind Energy Science Discussions* 2022 (2022): 5-10.

¹²¹ Wood, Steve, and Otto Henke. "Denmark and Nord Stream 2: A small state's role in global energy politics." *Energy Policy* 148 (2021): 111991.

bisa mencapai sekitar €75 per 1.000 meter kubik, dengan total pengeluaran Jerman mencapai lebih dari €4 miliar per tahun untuk volume sekitar 55 miliar m³.¹²² Maka, kerja sama Bornholm tidak hanya mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil, tetapi juga memberikan efisiensi biaya dalam jangka panjang, serta memperkuat ketahanan energi nasional dan regional Jerman secara berkelanjutan.

Akan tetapi, proyek Bornholm Energy Island ini menghadapi tantangan signifikan terkait peningkatan biaya konstruksi akibat kenaikan harga bahan baku dan suku bunga yang tinggi pada tahun 2021–2022 untuk infrastruktur listrik Bornholm, Energinet mencatat estimasi DKK 20 miliar (sekitar €2,7 miliar) sebagai perkiraan biaya awal pembangunan kabel HVDC, stasiun konverter, dan instalasi pendukung lainnya.¹²³ Kemudian, pada tahun 2025 dengan total estimasi biaya proyek menjadi US \$30 miliar, atau sekitar €27 miliar.¹²⁴ Sebagai contoh proyek *North Sea Energy Island*, yang awalnya dijadwalkan selesai pada tahun 2033, kini diperkirakan selesai antara tahun 2036 hingga 2039, dengan total investasi melebihi 200 miliar krona Denmark (\$29,81 miliar), dan dukungan negara mendekati 50 miliar krona.¹²⁵ Denmark belum dapat dukungan finansial yang cukup dari negara lain seperti Belgia, sehingga Denmark kini mencoba kerjasama dengan Jerman untuk melanjutkan proyek ini.

2.4.3 Pertukaran Teknologi dan Inovasi Energi

Proyek *Bornholm Energy Island* (BEI) tidak hanya memproduksi energi terbarukan, tetapi juga mendorong kerjasama Jerman dan Denmark dalam bertukar

¹²² Kristensen, Tobias H., et al. "Coordination of the back flashover probability of HVAC and HVDC on a hybrid transmission tower." *Electric Power Systems Research* 237 (2024): 110989.

¹²³ Energinet, "Business Case for Bornholm Energy Island Electrical Infrastructure," *Energinet*, June 2022, <https://energinet.dk/media/0nudcx51/eib-business-case-uk.pdf>.

¹²⁴ Wikipedia, "Energy Islands of Denmark," *Wikipedia*, March 2025, https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_islands_of_Denmark.

¹²⁵ Dyremose *op. cit.*, 2-7.

teknologi dan inovasi energi. Kolaborasi antara operator sistem transmisi Jerman, 50Hertz, dan Denmark, Energinet, dalam proyek ini mencerminkan upaya bersama untuk mengembangkan solusi teknis canggih dalam integrasi energi angin lepas pantai ke dalam jaringan listrik nasional dan lintas negara.¹²⁶ Salah satu inovasi utama adalah penggunaan sistem transmisi arus searah tegangan tinggi (HVDC) berkapasitas 525 kilovolt (kV), yang memungkinkan efisiensi tinggi dalam mentransmisikan listrik dari ladang angin lepas pantai ke daratan Jerman dan Denmark.¹²⁷

Selain itu, Bornholm Energy Island (BEI) juga menjadi pusat pengembangan teknologi Power-to-X (PtX), yang mengkonversi energi listrik dari sumber terbarukan menjadi bahan bakar hijau seperti hidrogen dan metanol.¹²⁸ Studi yang dipimpin oleh Port of Roenne, dengan melibatkan berbagai mitra seperti Ørsted, Topsoe, Danfoss Drives, dan *Technical University of Denmark* (DTU), bertujuan untuk mengevaluasi potensi produksi bahan bakar hijau di Bornholm. Inisiatif ini diharapkan dapat mendukung sektor transportasi dan industri di Jerman yang sedang bertransisi menuju penggunaan energi bersih.¹²⁹

Bornholm Energy Island digunakan untuk menguji dan mengembangkan teknologi energi bersih langsung di lingkungan nyata. *Technology University of Denmark* (DTU), bersama dengan mitra industri dan pemerintah lokal, telah menjadikan Bornholm sebagai pusat penelitian dan pendidikan dalam bidang energi terbarukan. Program-program ini

¹²⁶ Hack, Thorsten, Zheng Ma, and Bo Nørregaard Jørgensen. "Digitalisation potentials in the electricity ecosystem: lesson learnt from the comparison between Germany and Denmark." *Energy Informatics* 4.Suppl 2 (2021): 8.

¹²⁷ Nguyen, Ruby, et al. *Electric grid supply chain review: large power transformers and high voltage direct current systems*. No. DOE/OP-0004. USDOE Office of Policy (OP), Washington, DC (United States), 2022, 6.

¹²⁸ Bram, Mads Valentin, et al. "Challenges in Power-to-X: A perspective of the configuration and control process for E-methanol production." *International Journal of Hydrogen Energy* 76 (2024): 316.

¹²⁹ Kizielewicz *op. cit.*, 359.

tidak hanya meningkatkan kapasitas sumber daya manusia di bidang energi hijau, tetapi juga mendorong inovasi yang dapat diterapkan di Jerman dan negara-negara Eropa lainnya.

2.5 Denmark Sebagai Mitra Strategis dalam Pemenuhan Kepentingan Jerman

Kebutuhan energi Jerman sangat besar seiring dengan posisinya sebagai negara dengan ekonomi terbesar di Eropa dan basis industri yang padat energi. Dalam satu tahun, konsumsi listrik Jerman diperkirakan mencapai sekitar 500 hingga 550 terawatt-jam (TWh), dengan beban puncak yang dapat menyentuh angka 80 hingga 90 gigawatt (GW).¹³⁰ Sementara kapasitas pembangkit listrik terpasang di Jerman memang tinggi, sebagian besar berasal dari energi terbarukan yang bersifat intermiten, seperti tenaga angin dan surya, sehingga tidak selalu mampu memenuhi kebutuhan secara stabil dalam setiap waktu. Kondisi ini mendorong Jerman untuk mencari sumber energi tambahan yang dapat diandalkan melalui kerja sama lintas batas. Bagi Jerman, kerjasama ini menjadi peluang strategis untuk memperoleh sumber energi hijau tambahan yang lebih stabil, mendukung dekarbonisasi sektor industri, serta mengurangi ketergantungan terhadap impor energi fosil dari luar Eropa.

Pulau Energi Bornholm dikembangkan sebagai simpul utama dalam jaringan energi terbarukan di kawasan Laut Baltik. Pada tahap awal, proyek ini akan menghasilkan listrik dari tenaga angin lepas pantai dengan kapasitas sekitar 3 gigawatt, dan memiliki potensi untuk ditingkatkan hingga 5 gigawatt dalam jangka panjang. Energi yang dihasilkan tidak hanya dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri Denmark, tetapi juga akan dialirkan ke Jerman melalui kabel bawah laut bertegangan tinggi (HVDC). Selain untuk kebutuhan domestik

¹³⁰ Adelphi Consult, "Renewable energy potential in Korea and Germany," *Adelphi*, 2022, menyebut konsumsi listrik Jerman mencapai 550 TWh pada 2022. https://adelphi.de/system/files/document/study_renewable-energy-potential-in-korea-and-germany_final.pdf

Denmark, proyek ini juga dirancang mendukung suplai energi ke negara-negara tetangga. Bagi Jerman, koneksi langsung ke Pulau Energi Bornholm melalui kabel HVDC memberi akses pada pasokan listrik hijau berkapasitas besar yang dapat membantu menstabilkan sistem kelistrikan nasional, terutama Ketika produksi energi surya atau angin domestic sedang rendah.

Selain aspek produksi dan distribusi energi, Denmark juga menunjukkan kepemimpinan dalam pengembangan teknologi lanjutan berbasis energi terbarukan, seperti Power-to-X (PtX). Teknologi ini memungkinkan konversi energi listrik menjadi bentuk energi lain seperti hidrogen, amonia, atau metanol. Energi hasil konversi ini dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, termasuk transportasi, proses industri, bahkan untuk ekspor ke negara lain.¹³¹ Proyek Bornholm Energy Island (BEI) menjadi bagian penting dalam upaya ini, di mana Denmark memanfaatkan kawasan tersebut sebagai laboratorium hidup untuk menguji dan mengembangkan solusi berbasis Power-to-X (PtX).¹³² Bagi Jerman teknologi Power-to-X yang diuji di Bornholm berpotensi menjadi solusi untuk menyimpan kelebihan energi terbarukan dalam bentuk bahan bakar alternatif seperti hidrogen.

Dukungan dari pemerintah Denmark terhadap proyek ini juga signifikan. Pada Mei 2025, Denmark mengumumkan rencana untuk membuka lelang pembangunan angin lepas pantai sebesar 3 GW yang didukung oleh subsidi senilai 55,2 miliar kroner Denmark (sekitar €7,4 miliar).¹³³ Hal tersebut merupakan salah satu investasi terbesar dalam sejarah sektor energi Denmark dan menjadi bagian dari strategi nasional untuk mempercepat elektrifikasi dan dekarbonisasi sektor transportasi serta industri berat. Kepentingan Denmark dalam kerja sama ini juga erat kaitannya dengan

¹³¹ Bram et al., *op. cit.*, 320.

¹³² Power-Technology.com, "Equipment tender launched for 3 GW Bornholm Energy Island," *Power-Technology*, June 2023, <https://www.power-technology.com/news/tender-3gw-bornholm-energy-island/>

¹³³ Enerdata, "Denmark offers €7.4bn in subsidies for offshore wind development", *Enerdata*, May 21, 2025, <https://www.enerdata.net/publications/daily-energy-news/denmark-offers-eu74bn-subsidies-offshore-wind-development.html>

penguatan ketahanan energi regional. Ketergantungan Eropa pada energi fosil dari luar kawasan, khususnya gas alam dari Rusia, telah menimbulkan kekhawatiran serius pasca krisis energi tahun 2022.¹³⁴ Oleh sebab itu, keterlibatan Denmark dalam memperluas kapasitas energi hijau melalui proyek seperti Bornholm Energy Island menjadi bagian penting dalam upaya Jerman memperkuat ketahanan energinya sekaligus mengurangi resiko ketergantungan pada energi fosil.

Energi dari Bornholm Energy Island diproyeksikan digunakan oleh dua negara utama, yakni Denmark dan Jerman. Dari total kapasitas 3 GW yang dibangun, sekitar 2 GW dialirkan ke Jerman dan 1 GW sisanya digunakan untuk kebutuhan domestik Denmark yang berarti bahwa Jerman adalah pengguna utama proyek ini, dengan porsi penggunaan mencapai sekitar 66% dari total kapasitas Bornholm. Saat ini belum ada data resmi mengenai keterlibatan negara lain, tetapi potensi ekspansi interkoneksi dengan negara-negara Baltik dan Skandinavia tetap terbuka ke depannya. Jika skenario ini terjadi, maka distribusi energi hijau dari Bornholm akan menjadi lebih multilateral.¹³⁵ Meskipun Uni Eropa telah mengalokasikan dana hibah sebesar €645 juta melalui program *Connecting Europe Facility* (CEF) untuk mendukung pengembangan *Bornholm Energy Island*, dana ini hanya mencakup aspek pembangunan teknis seperti instalasi kabel, pembangunan stasiun konverter, dan studi kelayakan. Uni Eropa tidak menanggung biaya pembelian energi atau operasional pasokan listrik setelah proyek berjalan. Sehingga, energi yang dialirkan ke Jerman tetap dibayar sesuai mekanisme pasar, dan tidak diberikan secara cuma-cuma oleh Denmark.¹³⁶

Pasokan ini bukan merupakan bantuan atau hibah, melainkan bagian dari sistem perdagangan energi lintas negara yang diatur dalam kerangka *European Network of Transmission System Operators for Electricity* (ENTSO-E). Oleh karena itu, Jerman tetap harus membayar

¹³⁴ Reuters, "TurkStream gas pipeline could slow EU, Russia decoupling: Vladimirov," Reuters, May 7, 2025, <https://www.reuters.com/business/energy/turkstream-gas-pipeline-could-slow-eu-russia-decoupling-vladimirov-2025-05-07/>

¹³⁵ Neal, Andrew W. "in the North and Norwegian Seas: Navigating Security Challenges in the Green Energy Transition." *Defending Maritime Assets: Approaches to Critical Infrastructure Protection* (2025): 141.

¹³⁶ *Ibid.*, 143.

energi tersebut berdasarkan harga pasar listrik yang berlaku di kawasan. Total biaya pembangunan proyek ini diperkirakan mencapai sekitar €9 miliar, dan dibagi dua antara operator sistem transmisi Denmark (Energinet) dan Jerman (50Hertz). Artinya, Jerman turut menanggung sekitar €4,5 miliar dalam investasi infrastruktur, di luar biaya operasional dan harga jual energi per megawatt-jam yang dikonsumsi.¹³⁷

Tabel 2. 10 Dampak terhadap Jerman

Keuntungan	Dampak terhadap Jerman
Stabilisasi Grid	Mengurangi ketergantungan pada pembangkit fosil saat angin/surya rendah (<i>dunkelflaute</i>).
Diversifikasi Energi	Mendukung kemandirian energi, memitigasi risiko pasokan gas Rusia.
Harga Energi Lebih Stabil	Mengurangi fluktuasi harga akibat sumbangan energi pasar terintegrasi.
Pencapaian Target Iklim	Membantu memenuhi target 80 % energi hijau di jaringan listrik Jerman tahun 2030.
Keamanan Regional & Kerja Sama UE	Memperkuat integrasi sistem listrik Eropa dan pendanaan UE seperti CEF.

Sumber: Dyremose, 2025

Denmark memiliki wilayah perairan di Laut Baltik yang sangat potensial untuk pembangkit listrik tenaga angin, dan proyek Bornholm Energy Island merupakan salah satu inisiatif yang dirancang untuk menghubungkan energi hijau dari Denmark ke negara-negara Eropa lainnya, termasuk Jerman. Kerja sama ini tidak hanya mendukung agenda dekarbonisasi Jerman, tetapi juga menjadi bagian dari upaya Uni Eropa dalam mendorong integrasi energi hijau lintas negara. Tanpa kehadiran pasokan 2 GW dari Bornholm, Jerman akan bergantung lebih besar pada pembangkit cadangan (gas atau batu bara) yang lebih mahal dan masih berbasis fosil, meningkatkan emisi CO₂,

¹³⁷ Devdiscourse News Desk. (2025, January 28). *NorthSeal Security Platform Set to Fortify North Sea Defense*. <https://www.devdiscourse.com/article/international/3243071-northseal-security-platform-set-to-fortify-north-sea-defense>

dan menimbulkan volatilitas harga listrik, terutama saat jaringan melemah.¹³⁸ Kerja sama dengan Denmark memberikan energi hijau stabil dan lebih ekonomi dalam jangka panjang.



¹³⁸ Offshore Wind, "Denmark and Germany to Build Bornholm Energy Island Together," *Offshore Wind*, August 29, 2022, <https://www.offshorewind.biz/2022/08/29/denmark-and-germany-to-build-bornholm-energy-island-together/>