

BAGIAN 3

MENGIDENTIFIKASI *TIPPING POINT* DI ASEAN BERDASARKAN SEKTOR

Bagian ini menyajikan analisis terhadap enam sektor prioritas di ASEAN yang dibahas pada Bagian 2. Dalam setiap analisis sektor, laporan ini berupaya untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut:

Konteks sektor global

- Apa **konteks global** mengenai bagaimana sektor ini akan melakukan dekarbonisasi?
- Apa saja **solusi rendah karbon inti** yang akan mendorong dekarbonisasi?

Konteks sektor geografis

- Bagaimana kemajuan transisi sektoral di **tingkat ASEAN**?
- Apakah ada **peluang atau tantangan** yang spesifik untuk kawasan ini?

Status solusi

- Bagaimana **status** solusi inti yang diadopsi di tingkat ASEAN **saat ini**?
- Apakah baru dalam tahap **pengembangan**, atau diadopsi di pasar khusus (*niche market*), atau mulai masuk ke **pasar massal**?

Status *tipping point*

- Seberapa dekat kita dengan ***tipping point***, untuk membantu solusi tersebut menembus pasar massal?
- Apa **kesenjangan utama** yang harus diatasi untuk memicu hal tersebut?

Perhitungan *tipping point & lever*

- Bagaimana **perbandingan biaya saat ini** dan **potensi biaya di masa depan** dari **solusi rendah karbon** dibandingkan dengan **solusi lama/petahana**?

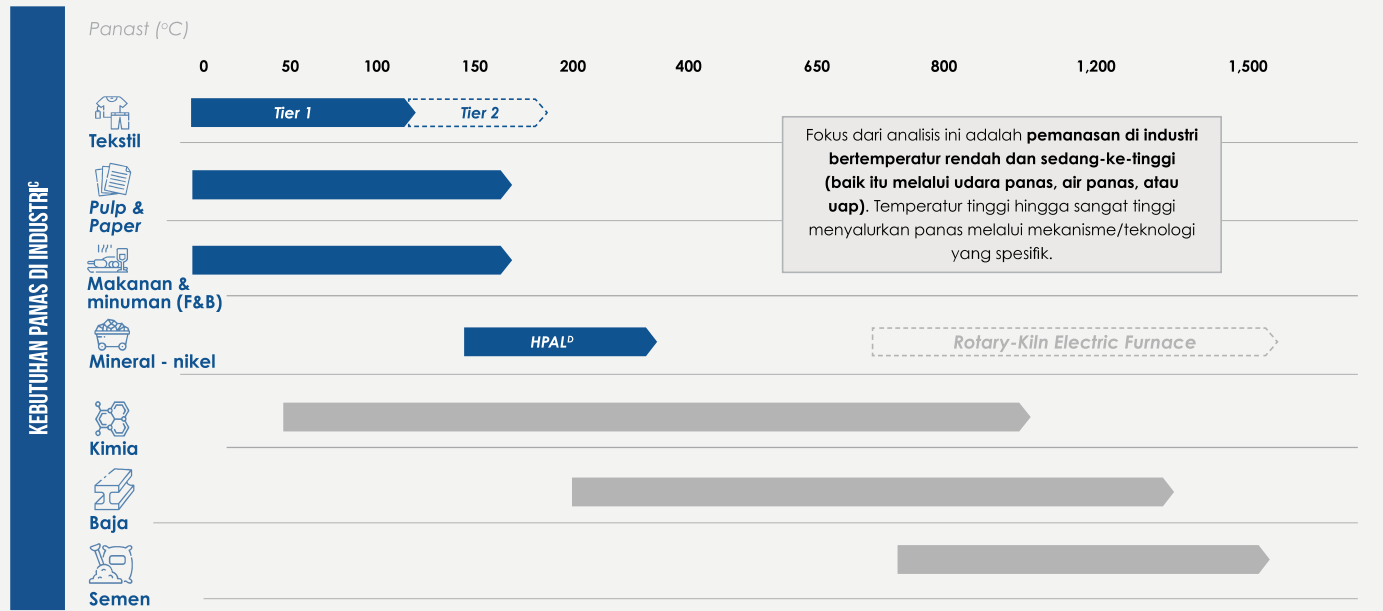
Kondisi target & kemajuan untuk memicu *tipping point*

- Bagaimana **status kondisi *tipping point* saat ini** dan **potensi di masa depan** (keterjangkauan, daya tarik dan aksesibilitas)?

MANUFATUR: PEMANASAN DI INDUSTRI

4% DARI TOTAL EMISI GRK
ASEAN PADA TAHUN 2020

KONTEKS SEKTOR GLOBAL



JALUR DEKARBONISASI PEMANASAN DI INDUSTRI

Saat ini ada berbagai solusi dekarbonisasi: **elektrifikasi langsung** (misalnya, *heat pump* (pompa kalor), penyimpanan termal), panas rendah karbon (misalnya, tenaga surya terkonsentrasi), **dan bahan bakar rendah karbon untuk kondisi tertentu** (misalnya, biomassa yang murah & pasokannya berkelanjutan):

Solusi lama



Pemanasan berbasis batu bara

Boiler biomassa/gas

Pembakaran bersama (*co-firing*) dengan produk sampingan biomassa atau gas, tergantung dari proses industrinya.

1

Solusi rendah karbon



Heat pumps (pompa kalor)

Menggunakan *heat pump* (bisa juga untuk pemanasan resistif terelektifikasi (ohmik) untuk suhu yang lebih tinggi dan kebutuhan kontrol yang presisi) di wilayah dengan listrik yang relatif murah.

2



Electric-Thermal Energy Storage (ETES)

Menggunakan ETES di wilayah-wilayah yang memiliki listrik dari energi terbarukan *intermittent* yang murah.

3



Panas matahari terkonsentrasi (*concentrated solar thermal*)

Mengevaluasi panas matahari di area yang menguntungkan untuk tenaga surya.

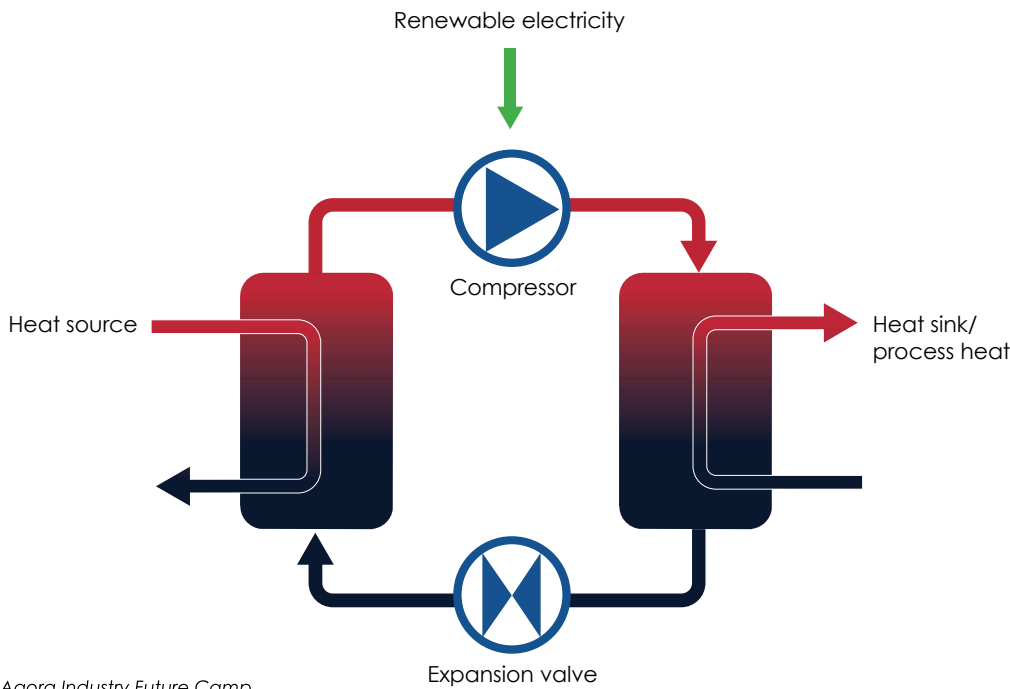
4

Fokus analisis ini adalah **elektrifikasi pemanasan secara langsung, yang merupakan solusi tahap akhir (*end-state*) yang dominan.**

Karena penggunaan bahan bakar alternatif bersifat spesifik pada lokasi/industri atau mempunyai kendala pasokan (misalnya biomassa), maka penggunaan bahan bakar alternatif hanya dianggap sebagai solusi khusus.

PENGENALAN TEKNOLOGI PANAS INDUSTRI

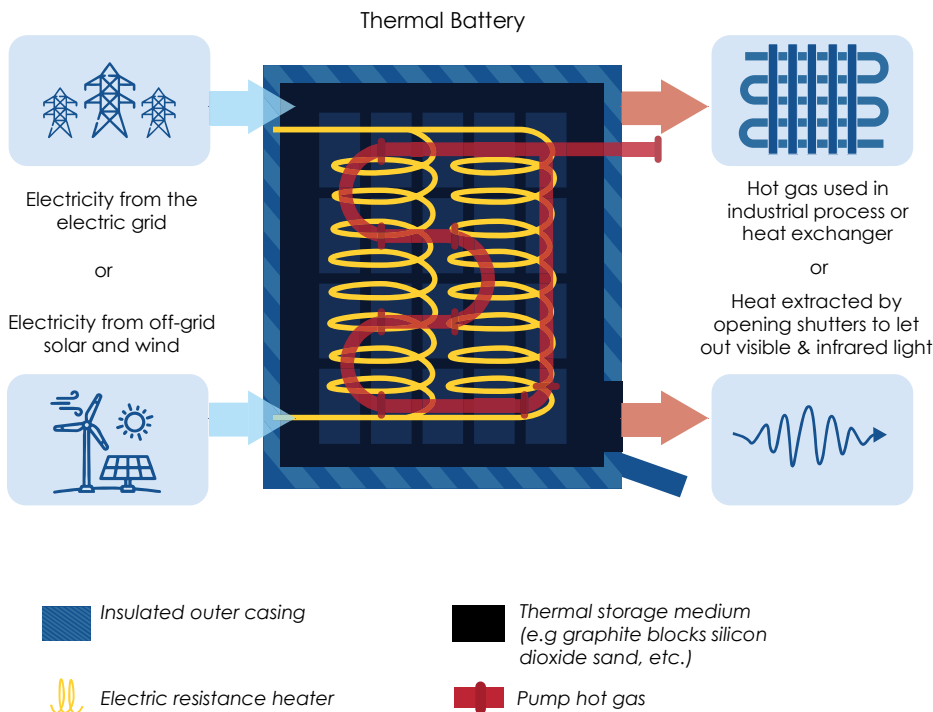
Heat pumps^E



Agora Industry Future Camp

- **Teknologi yang sederhana.** Prinsip kerja *heat pump bersumber udara (Air-sourced Heat Pump)* pada dasarnya seperti sistem pendingin udara (AC), hanya kebalikannya. Pompa tersebut mengekstraksi panas dari sumber (misalnya, udara sekitar atau panas buangan), menaikkan suhu melalui kompresi, dan memindahkan panas ke tempat yang memerlukannya.
- **Heat pump jauh lebih efisien daripada pemanas konvensional** (misalnya, boiler gas) karena panasnya dipindahkan, bukan dihasilkan. *Heat pump* memiliki efisiensi 200–500% tergantung dari rentang sumber dan keluaran panas yang diinginkan (hingga ~200 °C).
- *Heat pump* biasanya terdiri dari kompresor, yang menggerakkan pendingin (*refrigerant*), dan penukar panas. Panas yang dihasilkan dari *heat pump* dapat disalurkan melalui **udara super panas (superheated air)**, **air panas**, atau uap, atau untuk memanaskan bahan secara langsung.

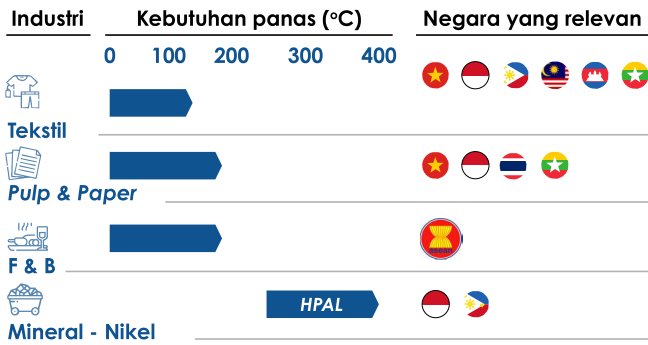
Electric Thermal Energy Storage (ETES)^F



- Penyimpanan energi elektrotermal (**Electric-Thermal Energy Storage/ETES**) adalah **teknologi pemanasan di industri yang relatif baru** yang dapat menyimpan panas hingga 1.800 °C (menggunakan media seperti batuan vulkanik, lelehan garam, dan batu bata tanah liat) dan menghantarkan panas pada suhu 1.500-1.700°C.
- **ETES menggunakan pembangkitan listrik yang bersih, murah, dan intermittent** seperti PLTS dan PLTB karena siklus pemanasannya tidak harus konstan berkat adanya kemampuan penyimpanan termal.
- **Solusi ETES tertentu juga dapat diatur untuk menyediakan kombinasi panas dan listrik secara terus-menerus.** Panas dan listrik bisa menjadi murah ketika PLTS/PLTB tersedia dengan harga yang cukup rendah.

Catatan: [E] Agora Industry, FutureCamp (2022): Power-2-Heat: Gas savings and emissions reduction in industry. [F] Energy Innovation: Policy and Technology LLC (2023): Industrial Thermal Batteries Decarbonizing U.S. Industry While Supporting a High-Renewables Grid (n.d.)

KONTEKS SEKTOR GEOGRAFIS



- Pemanasan di industri berkontribusi terhadap 30% permintaan energi dan ~280 MtCO₂e emisi di ASEAN. Hampir 40-50% pemanasan di industri menggunakan bahan bakar batu bara, dan sebagian menggunakan gas jika tersedia.¹
- Pemanasan sangat penting untuk >11% sektor ekspor ASEAN. Tekstil (5%), pemurnian mineral (5%), pulp & kertas (1%).² Akan ada pembatasan pasar (misalnya CBAM), jadi industri-industri ini harus didekarbonisasi.³
- Elektrifikasi harus dipadukan dengan dekarbonisasi jaringan listrik. Faktor emisi jaringan listrik di ASEAN adalah 0.56~0.8 tCO₂/MWh.⁴ Solusi elektrifikasi langsung juga bisa menggunakan VRE khusus yang berada di dekat lokasi.

STATUS SOLUSI DI ASEAN

Tahapan status solusi: Pengembangan solusi Pasar khusus Pasar massal



Heat pumps (Pompa kalor)

Untuk pemanasan pada temperatur rendah dapat menggunakan *heat pump*, solusi ini berada di **pasar khusus**.

- Penggunaannya di ASEAN masih tergolong baru. Bahkan secara global, adopsi *heat pump* industri belum tersebar luas (98% di gedung-gedung).⁵
- Walaupun efisiensinya sangat tinggi (3-5,5x), ada beberapa kondisi seperti **murahnya bahan bakar⁶ petahana dan kurangnya kesadaran akan teknologi** ini yang menghambat adopsinya



Electric-Thermal Energy Storage

ETES berada di penghujung **tahap pengembangan**. Beberapa perusahaan telah menyelesaikan tahap penerapan awal.⁷

Biaya panas yang dirata-ratakan (levelized cost of heat/LCOH) yang kompetitif (\$/MWh-th) dapat dicapai dengan tenaga listrik intermittent yang murah (misalnya, ~6 jam/hari) melalui:⁷

- **Koneksi langsung ke PLTS atau PLTB**, atau
- **Membeli listrik dari pasar listrik grosir (wholesale electricity market) yang mengalami penurunan harga harian pada jam-jam di mana produksi listrik PLTS/PLTB sedang tinggi**, misalnya, di tempat di mana PLTS/PLTB memiliki penetrasi yang tinggi dalam bauran jaringan listrik, dan terdapat pasar listrik grosir dengan tarif per jam.

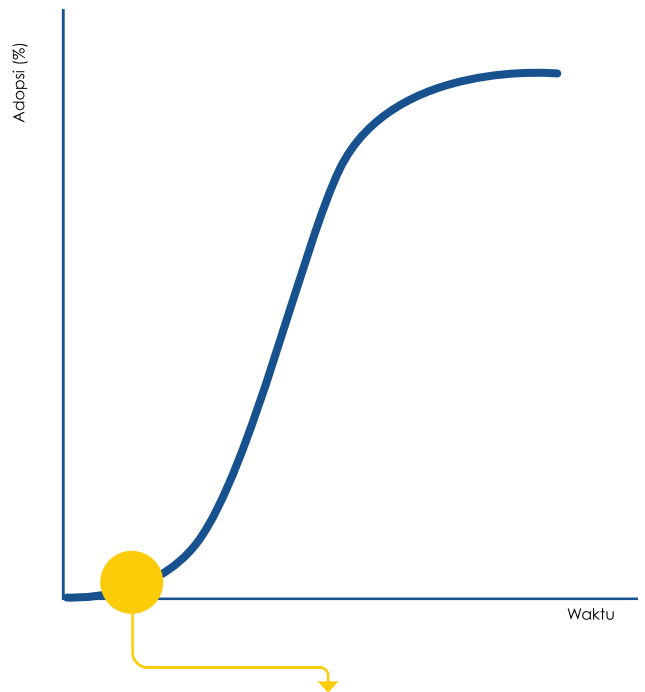
TIPPING POINT DAN STATUS LAJU ADOPSI

Status tipping point

- TIPPING POINT PEMANASAN PADA SUHU RENDAH**
 LCOH Heat Pump < LCOH Gas
 - **Memiliki jalur yang lebih dekat dengan tipping point.** Namun, hal ini ditentukan oleh kondisi pasar, khususnya biaya energi (misalnya, harga batu bara atau gas vs harga listrik)
 - **Heat pump juga dapat memberikan perlindungan terhadap fluktuasi harga bahan bakar fosil dan keamanan pasokan energi primer.**
 - **Kebijakan yang kuat untuk menghentikan insentif penggunaan bahan bakar fosil** (misalnya pajak karbon) dapat membantu mempercepat penggunaan *heat pump*.
- TIPPING POINT PEMANASAN PADA SUHU SEDANG-TINGGI**
 LCOH ETES < LCOH Gas
 - **Penyediaan panas melalui ETES belum mencapai tipping point** karena solusi tersebut masih berada pada tahap awal penerapan secara komersial (misalnya, pasar khusus awal) dan kondisi listrik murah untuk ~6 jam/hari belum tercapai.
 - **Meskipun demikian, ETES bisa mencapai tipping point awal** jika terdapat kondisi yang menguntungkan secara ekonomi, misalnya: VRE khusus (*off-grid*) sebagai pasokan listrik, serta gabungan konfigurasi panas dan tenaga listrik.

Legenda: Sebagian besar tercapai Tercapai di beberapa kasus Tidak tercapai

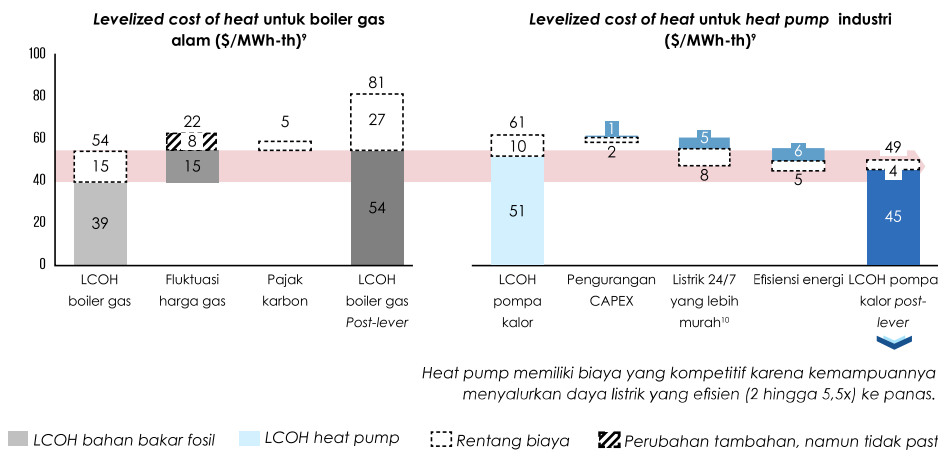
Status adopsi saat ini



Titik infleksi akan **didorong oleh keterjangkauan (levelized cost of heat), daya tarik** (dorongan untuk produk rendah karbon dari pasar) dan **aksesibilitas** (ketersediaan kemampuan teknologi & rekayasa)

Catatan: [1] ASEAN Centre for Energy (2022), 7th ASEAN Energy Outlook, analisis Systemiq; [2] Trade Map, analisis Systemiq; [3] European Commission (n.d.), Carbon Border Adjustment Mechanism; [5] ADB (2017), *Guidelines for Estimating GHG Emissions of Asian Development Bank Projects*; [6] Rasio harga listrik terhadap gas biasanya digunakan untuk merefleksikan keekonomisan peralihan bahan bakar. Karena pompa kalor adalah teknologi yang sangat efisien, rasio antara 3 hingga 5 cukup untuk membuat pompa kalor bersaing secara ekonomi. Di ASEAN, berkat harga listrik yang relatif murah, ini sudah masuk dalam rentang untuk peralihan (2,5 hingga 5,5) tergantung dari apakah ada batasan harga gas dalam negeri dan tersedianya infrastruktur gas di lokasi. Namun, faktor emisi jaringan listrik juga akan menjadi faktor penentu untuk peralihan. Sumber: analisis Systemiq, BloombergNEF & WBCSD (2021), *Hot Spots for Renewable Heat*. [7] Energy Innovation (2022), *Decarbonizing Low-Temperature Industrial Heat in the U.S.*; [8] Wawancara dengan para ahli dan pelaku industri.

TIPPING POINT UNTUK PEMANASAN DI INDUSTRI PADA SUHU RENDAH



- **Heat pump industri sudah mendekati tipping point**, sebagian karena efisiensi konversi listrik menjadi panas.
- **Permasalahan mengenai rendahnya adopsi lebih pada aksesibilitas**, karena heat pump jenis *air-/ground-sourced heat pump* tidak begitu dikenal di ASEAN dibandingkan dengan yang berbasis panas buangan.
- **Pengarusutamaan teknologi** melalui kolaborasi dengan OEM dan **penghijauan jaringan listrik** akan menjadi kunci untuk lebih mempercepat penggunaan *heat pump*.

KONDISI YANG MEMUNGKINKAN PEMICUAN TIPPING POINT

PROGRESS

KETERJANGKAUAN

- LCOH yang sebanding antara *heat pump* vs boiler gas.
- Penerapan disinsentif untuk penggunaan batu bara dan gas melalui regulasi.
- Regulasi yang mendukung dan kolaborasi antara negara-negara OEM dalam adopsi teknologi baru.
- Pembiayaan berbunga rendah untuk proyek efisiensi energi, khususnya yang terkait dengan elektrifikasi langsung.

- ✓ LCOH dari heat pump masih bervariasi tergantung dari kondisi geografis dan harga listrik.
- ✗ Regulasi belum memberikan insentif bagi penggunaan *heat pump* untuk menggantikan panas berbasis bahan bakar fosil.
- ✓ Beberapa pelanggan dari industri utama di ASEAN menyediakan mekanisme pembiayaan untuk memfasilitasi proyek-proyek efisiensi energi.⁸

Aksi kunci untuk mempercepat progress:

- Penyesuaian kebijakan:** Harga listrik yang spesifik untuk pemanasan guna mendukung sumber panas yang menggunakan listrik, atau pajak karbon atas batubara/gas.
- Dukungan finansial:** Hibah, insentif pajak, mekanisme pinjaman, dan akses ke pembiayaan berbiaya rendah.

DAYA TARIK

- Heat pump mencapai Tingkat Kesiapan Teknologi pada skala komersial untuk seluruh persyaratan temperatur (hingga 160°C).
- Peluang untuk meningkatkan harga produk yang memiliki intensitas emisi lebih rendah (misalnya, kendaraan listrik dengan emisi produksi rendah dalam rantai pasokan termasuk logam baterai seperti nikel).
- Meningkatnya tekanan untuk menurunkan jejak karbon dari persyaratan pasar mengenai emisi (contohnya, CBAM di UE).⁴
- Tersedianya model bisnis "Heat-as-a-Service" dari pihak ketiga (melalui Perjanjian Pembelian Panas jangka panjang) dapat dipertimbangkan.
- Tuntutan akan peningkatan keselamatan dan kesehatan pekerja di kawasan industri karena pembangkitan panas yang lebih bersih dan menggunakan listrik.

- ✓ Industries are pushing for lower-emissions products in food, textile and critical minerals.
- ✓ EU's CBAM came into effect on 1 October 2023 for initial sectors and will only increase its industry coverage.⁴
- ✓ Mass adoption of industrial heat pumps are limited to low heat, but reaching commercial stage in >130°C heat requirements.⁸
- ✓ Concerns for air quality has been increasing in major cities.

Aksi kunci untuk mempercepat progress:

- Penyesuaian kebijakan:** Mendukung penerapan power wheeling untuk mengakses PPA bertarif lebih rendah dari pengembang energi terbarukan.
- Efisiensi energi atau standar emisi:** Mandat untuk meningkatkan standar efisiensi energi industri.
- Advokasi pasar:** Pasar akhir utama yang merupakan pembeli produk-produk dari ASEAN (misalnya merk fesyen yang membeli tekstil) harus mengisyaratkan perlunya produk rendah karbon.

AKSESIBILITAS

- Adanya jaringan listrik yang andal untuk menyalakan heat pump secara konsisten.
- Adanya jaringan pemanas di beberapa kawasan industri untuk memungkinkan penerapan model "Heat-as-a-Service."
- Ketersediaan teknologi (OEM) dan layanan (EPC) untuk memasang sistem pompa kalor yang disesuaikan, yang dapat diintegrasikan/di-retrofit dengan sistem pemanas yang ada.
- Entitas kawasan industri memainkan peran yang mendukung dalam elektrifikasi panas.

- ✓ Keandalan listrik dapat diterima. Selain di negara-negara yang keandalan listriknya dipertanyakan (misalnya, Kamboja, Laos), listrik yang ada cukup andal.
- ✗ Pengenalan teknologi dari OEM tidak secepat industri Eropa atau Amerika Serikat.

Aksi kunci untuk mempercepat progress:

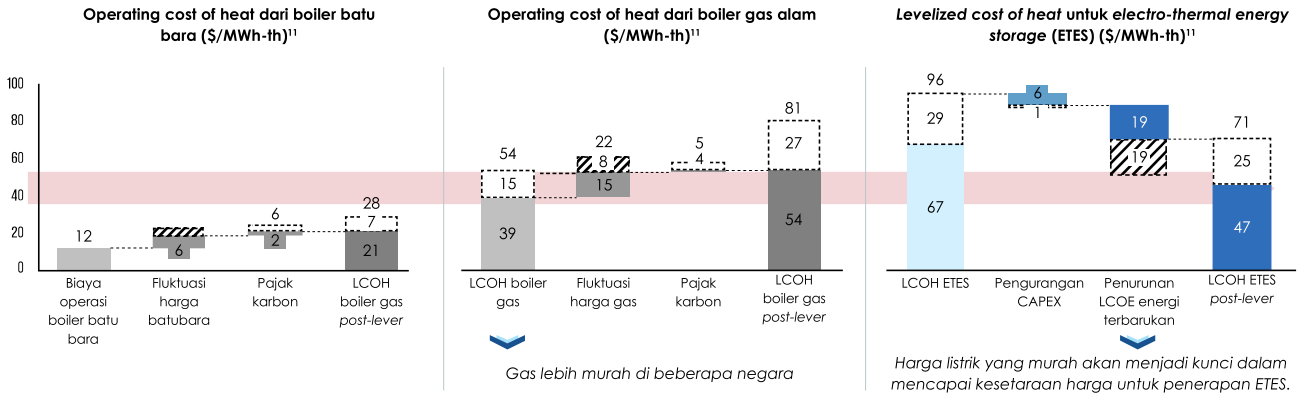
- Meningkatkan keandalan jaringan listrik:** Untuk meningkatkan aksesibilitas heat pump, bahkan di lokasi industri terpencil.
- Mempercepat pengenalan teknologi:** OEM yang tertarik hendaknya diajak untuk memperkenalkan teknologi di ASEAN.
- Mandat elektrifikasi kawasan industri:** Meningkatkan pemanfaatan elektrifikasi melalui entitas pengelola kawasan industri.

Legenda: ✓ Progres berjalan dengan baik ✓ Progres beragam ✗ Progres tidak terjadi (atau terjadi sangat lambat)

Catatan: Pedoman pemeringkatan kondisi pendukung tipping point: Katerjangkauan: Hijau – Kesetaraan harga tercapai, Kuning tua – Kesetaraan harga dapat tercapai dengan bantuan lever sebelum 2030, Merah – Kesetaraan harga mungkin hanya bisa tercapai setelah 2030. Daya tarik & Aksesibilitas: Hijau – Tidak ada hambatan bagi tipping point, Kuning tua – Saat ini ada hambatan bagi tipping point, namun kemajuan pesat sedang terjadi. Merah – Saat ini ada hambatan bagi tipping point dan kemajuannya hingga saat ini masih terbatas.

[8] Wawancara dengan ahli dan pelaku industri; [10] Levelized cost of heat (LCOH) dari boiler gas dan heat pump dihitung menggunakan kalkulator biaya transformasi Power-2-Heat yang dikembangkan oleh Agora Industry, FutureCamp, dan Wuppertal Institute, dapat diakses di: <https://www.agora-energiwende.de/en/publications/transformationkostenrechner-power-2-heat/>. Agora Industry, FutureCamp (2022): Power-2-Heat: Gas savings and emissions reduction in industry; and Energy Innovation (2022). Dekarbonisasi Panas Industri Suhu Rendah di A.S. digunakan sebagai referensi utama untuk asumsi biaya dan kinerja utama; [10] Pompa kalor memerlukan listrik 24/7, dan energi terbarukan on-site tidak dapat menyediakannya dengan harga yang wajar.

TIPPING POINT UNTUK PEMANASAN DI INDUSTRI PADA SUHU SEDANG HINGGA TINGGI



- Teknologi ETES masih berada pada tahap awal komersialisasi.
- Ke depannya, pengurangan biaya pemanasan lebih lanjut untuk ETES akan terjadi melalui penurunan biaya listrik (selama ~6 jam per hari), yaitu dari PLTS/PLTB di lokasi atau yang disalurkan melalui jaringan listrik melalui PPA dan power wheeling.

■ LCOH bahan bakar fosil ■ LCOH ETES □ Rentang biaya ▨ Perubahan tambahan, namun tidak pasti ■ Rentang tipping point

KONDISI YANG MEMUNGKINKAN PEMICUAN TIPPING POINT

PROGRESS

KETERJANGKAUAN

- LCOH yang sebanding antara *Electric Thermal Energy Storage (ETES)* vs *Boiler Gas*.
- Biaya tenaga surya lokal/regional yang berkurang (misalnya, melalui kebijakan yang mendukung dan skala ekonomi) untuk menyediakan pasokan listrik baik *off-grid* dengan swasta ataupun melalui PPA dengan *power wheeling*. Dikombinasikan dengan perizinan yang disederhanakan untuk membangun pembangkit listrik terdedikasi di lokasi (*on-site*) maupun dekat lokasi (*near site*).
- Peraturan dan insentif yang mendukung adopsi teknologi baru, misalnya subsidi CapEx, kontrak untuk selisih harga panas. Dikombinasikan dengan disinsentif untuk penggunaan batu bara dan gas untuk produksi panas.

- ✓ LCOH dari pembangkitan panas yang menggunakan listrik sangat berbeda di antara negara-negara ASEAN, karena adanya perbedaan harga listrik dari energi terbarukan yang didedikasikan secara khusus (misalnya PLTS).
- ✓ Kurva pembelajaran historis telah menyebabkan penurunan LCOE PLTS secara signifikan dalam dekade terakhir dan akan semakin menurun karena didorong oleh penurunan biaya teknologi global dan kebijakan pendukung apa pun yang diberlakukan secara lokal/regional (misalnya, penurunan tarif impor).
- ✗ Regulasi dan subsidi yang spesifik belum tersedia karena ETES adalah teknologi baru.
- ✓ Pengembangan pembangkit listrik *captive* lebih tidak birokratis jika dibandingkan dengan pengembangan proyek tenaga listrik *on-grid* di Negara-Negara ASEAN.

Aksi kunci untuk mempercepat progress:

- Penyesuaian kebijakan: Subsidi CapEx, hibah, insentif pajak dan fiskal, serta kebijakan untuk memungkinkan penerapan *off-grid* atau *power wheeling* guna mendukung PPA dengan biaya rendah.
- Proyek percontohan komersial di negara-negara ASEAN.

DAYA TARIK

- Peraturan dan insentif yang mendukung adopsi teknologi baru, khususnya pada kemampuan gabungan panas dan listrik bersih (*clean heat and power (CHP) capability*).
- Permintaan dan premi hijau untuk produk-produk dengan intensitas emisi yang lebih rendah.
- Meningkatnya tekanan untuk menurunkan jejak karbon dari persyaratan pasar mengenai emisi (contohnya, CBAM di UE).⁴
- Tuntutan akan kualitas udara dan kesehatan pekerja di kawasan industri karena pembangkitan panas yang lebih bersih.

- ✗ Regulasi dan subsidi yang spesifik belum tersedia karena teknologi ETES masih dikembangkan.
- ✓ Industri mendorong produk-produk dengan emisi yang lebih rendah dalam makanan, tekstil, dan mineral kritis.⁸
- ✓ Kekhawatiran mengenai kualitas udara telah meningkat di kota-kota besar.
- ✓ CBAM Uni Eropa akan berlaku pada akhir tahun 2023 untuk sektor-sektor awal dan hanya akan meningkatkan cakupan industrinya ke sektor-sektor lain.⁴

Aksi kunci untuk mempercepat progress:

- Penyesuaian kebijakan: Peraturan mengenai pengurangan polusi udara akan mendorong industri untuk menggunakan alternatif yang lebih bersih untuk menggantikan batu bara dan gas alam.

AKSESIBILITAS

- Ketersediaan teknologi (OEM) dan layanan (EPC) untuk memasang solusi ETES.
- Menyederhanakan perizinan untuk membangun pembangkit listrik *VRE captive* di dekat kawasan industri.

- ✓ Solusi ETES masih berada pada tahap penerapan awal dan akan membutuhkan waktu beberapa tahun sebelum diterapkan secara luas di industri.
- ✓ Pengembangan pembangkit listrik *captive* sudah tidak terlalu birokratis.

Aksi kunci untuk mempercepat progress:

- Penyesuaian kebijakan: Menyederhanakan proses perizinan untuk pembangkit listrik *captive* yang diperuntukkan untuk panas industri yang terelektifikasi, termasuk mengizinkan pembangkit *captive* untuk menghubungkan jalur pribadi pembangkitan ke lokasi industri yang berdekatan (misalnya, <20 kms).

Legenda: ✓ Progres berjalan dengan baik ✓ Progres beragam ✗ Progres tidak terjadi (atau terjadi sangat lambat)

Catatan: Pedoman pemeringkatan kondisi pendukung *tipping point*: Ketersjangkauan: Hijau – Kesetaraan harga tercapai, Kuning tua – Kesetaraan harga dapat tercapai dengan bantuan lever sebelum 2030, Merah – Kesetaraan harga mungkin hanya bisa tercapai setelah 2030. Daya tarik & Aksesibilitas: Hijau – Tidak ada hambatan bagi *tipping point*, Kuning tua – Saat ini ada hambatan bagi *tipping point*, namun kemajuan pesat sedang terjadi, Merah – Saat ini ada hambatan bagi *tipping point* dan kemajuannya hingga saat ini masih terbatas. [11] LCOH boiler gas dan electro-thermal energy storage (ETES) dihitung menggunakan kalkulator biaya transformasi Power-2-Heat yang dikembangkan oleh Agora Industry, FutureCamp, dan Wuppertal Institute, diakses dari: <https://www.agora-energiwende.de/en/publications/transformationskostenrechner-power-2-heat/>. Untuk ETES, fungsi boiler listrik digunakan dan disesuaikan. Agora Industry, FutureCamp (2022); Power-2-Heat: Gas savings and emissions reduction in industry; and Energy Innovation (2023). Baterai Termal Industri digunakan sebagai referensi utama untuk asumsi biaya dan kinerja utama.

