

Analysis of Energy Savings and Greenhouse Gas Emission Reduction Potentials on Cold Storage in Indonesian Fishery Sector

Analisis Potensi Penghematan Energi dan Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca pada Gudang Beku di Sektor Perikanan Indonesia

ARDIYANSYAH YATIM^{1,*}, MUHAMMAD KAUTSAR², RP BUGIE PUJDOTOMO³,
HASANUDDIN YASNI⁴, FATHURRAHMAN NUGRAHA¹

¹Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia

²P2M Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia

³PT United Refrigeration Indonesia, Jakarta, Indonesia

⁴Asosiasi Rantai Pendingin Indonesia, Jakarta, Indonesia

*Corresponding author: ardiyansyah@eng.ui.ac.id

ABSTRACT

The electricity demand for cooling is one of the fastest growing sector in Indonesia. Cooling in fishery sector is indispensable through cold chain from production to consumption. One of the components with the largest energy consumption in the cold chain is cold storage. This study provides an analysis of the potential for energy savings and GHG emission reduction through the application of energy-saving and renewable energy technologies in cold storage the Indonesian fisheries sector. The study develop demand model of cold storage capacity based on the number of fishery products data both from capture fisheries and aquaculture, as well as using a survey of cold storage data in Indonesia. The demand model is built by considering the product storage cycle, direct consumption of products in the area as well as export and import data. The demand and supply analysis of cold storage are presented as national figures as well as geographical distributions at the district level. Gap analysis shows that only 50% of the total frozen warehouse demand of 1.4 million tons in 2020 is available. The total energy consumption of the cold storages in Indonesia's fishery sector reaches 1.05×10^6 MWh/year and produces greenhouse gas (GHG) emissions 5.59×10^5 tCO₂eq/year. Potential energy savings and GHG emission reductions are presented based on demand growth scenarios up to 2030. The analysis shows the application of efficient technology energy and the installation of rooftop solar power plants in cold storage has the potential for energy savings of up to 36% compared to baseline conditions.

Keywords: Cold Storage, Refrigeration System, Energy Efficiency, Emissions

PENDAHULUAN

Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, tidak heran jika sektor perikanan di Indonesia berperan penting dalam mendukung ketahanan pangan nasional karena sebagian besar masyarakat berada di wilayah pesisir dan ikan merupakan salah satu komponen utama dalam makanan masyarakat. Masyarakat Indonesia mengkonsumsi 56,39-kilogram ikan per kapita per tahun pada tahun 2020 (BPS, 2021), menjadikannya salah satu negara yang paling bergantung pada ikan di dunia. Apalagi

Indonesia, sebagai ekonomi terbesar di Asia Tenggara, merupakan produsen dan pemasok produk perikanan terbesar kedua di dunia setelah China. Sektor perikanan berkontribusi sekitar 2,66 persen terhadap produk domestik bruto Indonesia pada Triwulan III tahun 2021 (BPS, 2021); lebih besar dibandingkan dengan sektor perikanan rekan-rekan regionalnya seperti Filipina, Malaysia, dan Thailand.

Berdasarkan nilai produksi perikanan Indonesia terdapat pertumbuhan dengan laju yang positif pada kurun waktu 2016-2020 sebesar 18,5%. Angka produksi sebesar Rp 214.599 miliar pada tahun 2016 menjadi Rp

252.279 miliar pada tahun 2019 dan meningkat lagi pada tahun 2020 menjadi Rp 254.112 miliar (KKP, 2020).

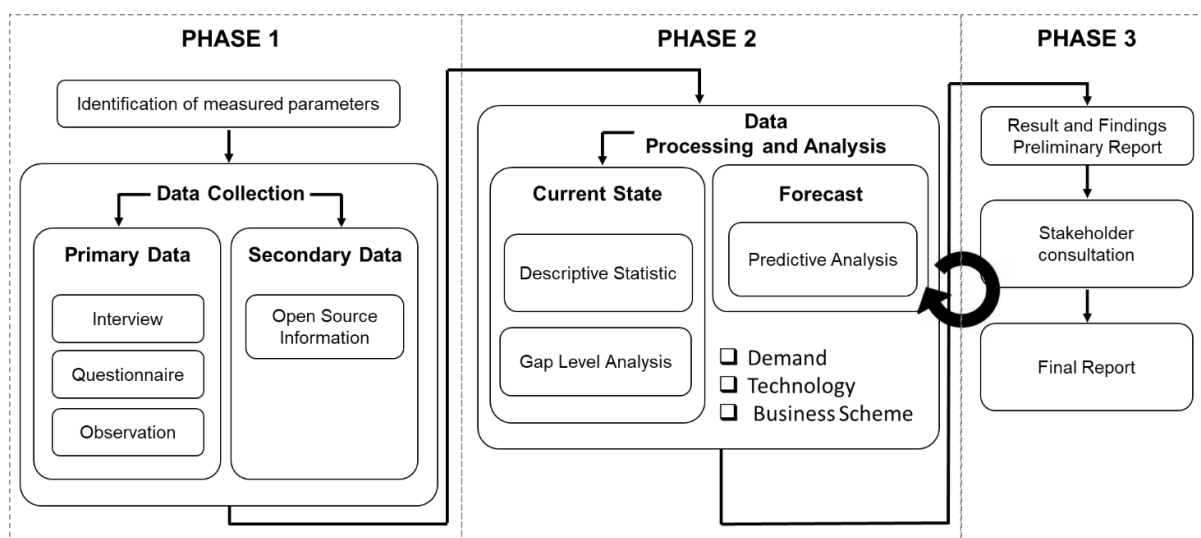
Peningkatan nilai produksi perikanan tersebut masih jauh di bawah potensi produksi perikanan di Indonesia. Hal ini terutama dapat dilihat pada sektor perikanan budidaya yang baru merealisasikan 9% tingkat produksi dibandingkan dengan potensinya (KKP, 2021).

Pada sisi lain, konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca dari proses rantai dingin terus meningkat. Terkait hal ini secara nasional Indonesia telah menargetkan penghematan energi sebesar 17% serta berkomitmen untuk menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar hingga 41% pada 2030 (ESDM, 2020).

Berdasarkan hal tersebut, kajian bertujuan untuk membahas analisis potensi penghematan energi dan penurunan emisi gas rumah kaca pada gudang beku di sektor perikanan di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap sebagaimana disajikan pada gambar 1. Pada tahapan pertama, merupakan tahapan untuk mengumpulkan data dari sumber primer dan sekunder. Data primer diperoleh dengan cara survei melalui kuesioner, wawancara, focus group discussion (FGD), dan survei lapangan kepada para pemangku kepentingan pada sektor perikanan. Data sekunder diperoleh dari berbagai bukti statistik dan angka berdasarkan informasi dan publikasi yang tersedia dari instansi terkait seperti Badan Pusat Statistik (BPS), Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), Pengolahan dan Pemasaran Hasil Perikanan (P2HP), Kementerian Perindustrian, dan Asosiasi Rantai Dingin Indonesia (ARPI).



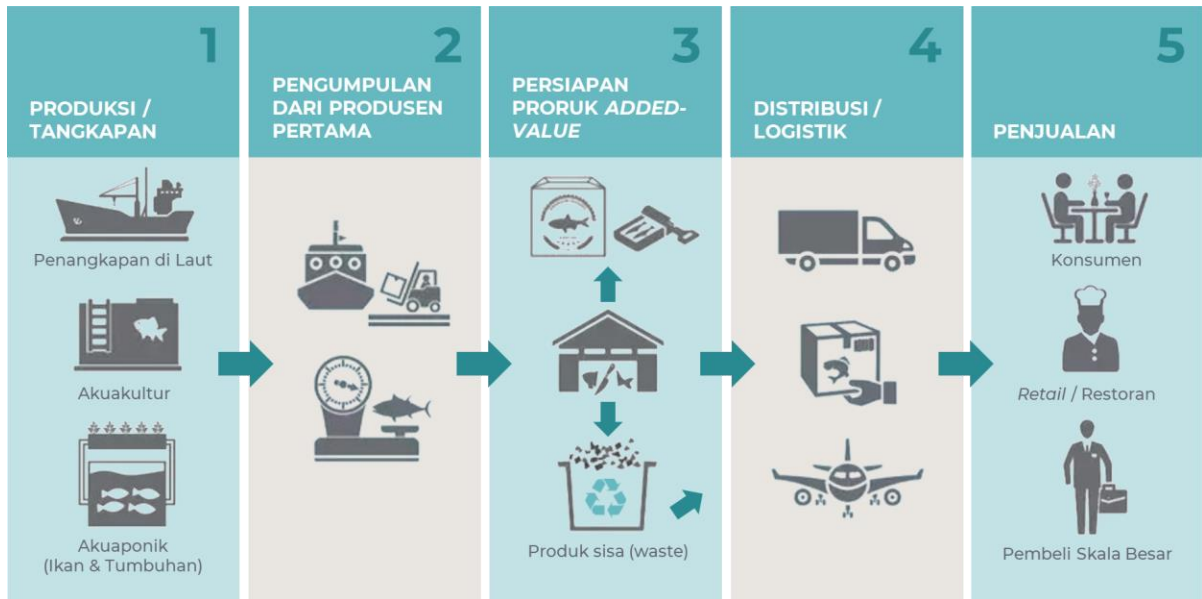
Gambar 1 Metodologi penelitian kebutuhan gudang beku

Tahapan kedua, merupakan tahap pengolahan dan analisis data. Dalam tahapan ini dibangun model kebutuhan gudang beku berdasarkan jumlah produk perikanan yang membutuhkan penyimpanan. Model kebutuhan ini mempunyai kelebihan dibandingkan dengan survey kebutuhan secara langsung karena lebih obyektif berdasarkan data produksi yang tersedia secara lengkap dan periodik. Model kebutuhan ini, disertai dengan data ketersediaan gudang beku, selanjutnya digunakan untuk memprediksi tingkat konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca pada berbagai skenario penerapan teknologi

penghematan energi dan penggunaan energi terbarukan. Hasil analisis kemudian disajikan pada pemangku kepentingan untuk mendapatkan umpan balik dan saran perbaikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk perikanan membutuhkan rantai pendingin yang berkelanjutan dari produksi hingga konsumsi sebagaimana digambarkan pada gambar 2. Komponen rantai pendingin berupa gudang beku (*cold storage*) dibutuhkan



Gambar 2 Rantai pendingin pada produk perikanan

oleh sektor perikanan tangkap dan budidaya mulai dari hulu, tengah dan hilir. Pada sektor hulu, produk perikanan akan disimpan di gudang beku sesuai dengan siklus penyimpanan. Data produksi perikanan Indonesia diberikan pada gambar 3. Produk perikanan bersumber dari perikanan tangkap air tawar, laut dan perikanan budidaya.

Produk perikanan di hulu akan dicatatkan pada tempat pelelangan ikan dan selanjutnya disimpan di dalam gudang beku atau di konsumsi di daerah sekitarnya. Produk perikanan yang disimpan di dalam gudang beku di sektor hulu sebagian akan di-ekspor

dan sebagian lainnya diproses di sektor tengah dan hilir.

Diagram Sankey produk perikanan ditunjukkan pada gambar 4. Dari gambar tersebut dapat dikembangkan model kebutuhan gudang beku di sektor perikanan.

Pada sektor hulu, kebutuhan gudang beku diberikan pada persamaan (1) berikut.

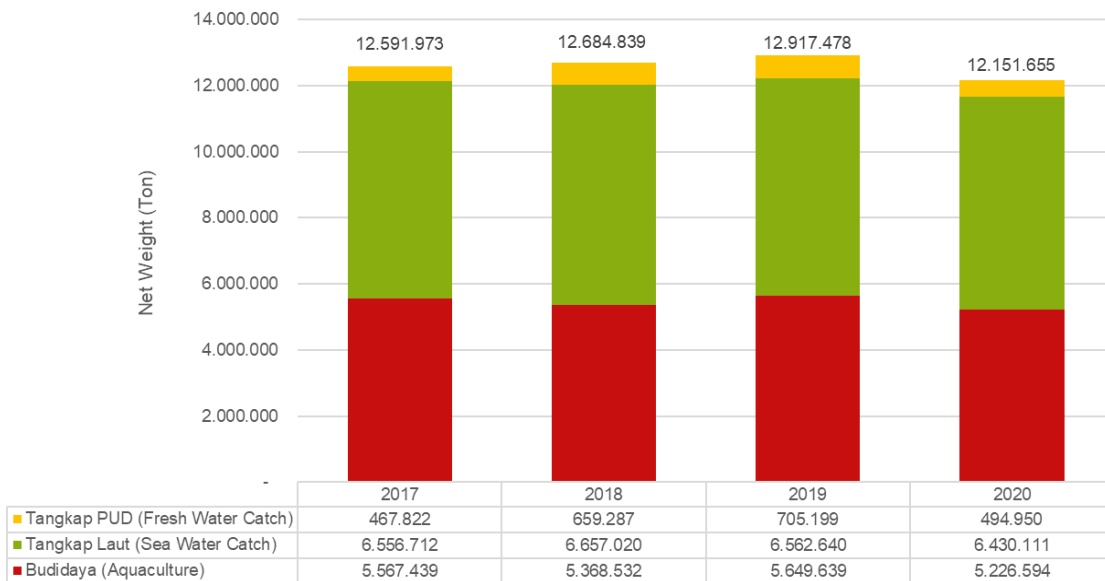
$$D_u = (P_a + P_m + P_i) - (C_{TPI} + C_{CR}) \quad (1)$$

Dimana,

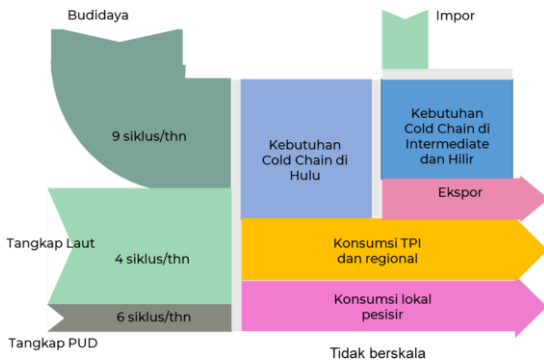
D_u : Kebutuhan rantai pendingin di hulu

P_a : Produksi perikanan budidaya

P_m : Produksi perikanan tangkap laut



Gambar 3 Produksi perikanan



Gambar 4 Sankey diagram model kebutuhan gudang beku

- P_i : Produksi perikanan tangkap air tawar
- C_{TPI} : Konsumsi langsung di TPI
- C_{CR} : Konsumsi langsung daerah pesisir

Produk perikanan yang dihasilkan membutuhkan gudang beku dengan siklus penyimpanan yang berbeda-beda. Siklus ini dibuat untuk membagi data produksi kegiatan perikanan sehingga diperoleh jumlah produk perikanan yang disimpan di dalam gudang beku. Siklus penyimpanan yang digunakan dalam kajian ini meliputi: sektor perikanan budidaya perikanan sebanyak 9 siklus, perikanan tangkap laut sebanyak 4 siklus, dan perikanan tangkap air tawar sebanyak 6 siklus. Nilai ini ditentukan berdasarkan survey dari ARPI pada produk dominan di masing-masing sektor. Siklus penyimpanan tersebut juga ditunjukkan pada gambar 4.

Berdasarkan model pada gambar 4, kapasitas produk perikanan yang membutuhkan gudang beku pada tahun berjalan dihitung menggunakan persamaan (2) berikut.

$$P_a = \frac{P_a(y)}{9}; P_m = \frac{P_m(y)}{4}; P_i = \frac{P_i(y)}{6} \quad (2)$$

Dimana,

$P_a(y)$: Produksi tahunan perikanan budidaya

$P_m(y)$: Produksi tahunan perikanan tangkap laut

$P_i(y)$: Produksi tahunan perikanan tangkap air tawar

Di sisi lain, permintaan rantai dingin untuk sektor tengah dan hilir hanya menyangkut volume impor; karena asumsi ekspor tidak memerlukan dukungan rantai dingin nasional atau lokal, melainkan ditangani oleh perusahaan internasional, volume ekspor dikurangi. Oleh karena itu, kebutuhan gudang beku di sektor tengah dan hilir menjadi:

$$D_{md} = D_u + I - E \quad (3)$$

Dimana,

D_{md} : Kebutuhan gudang beku di tengah dan hilir

I : volume impor

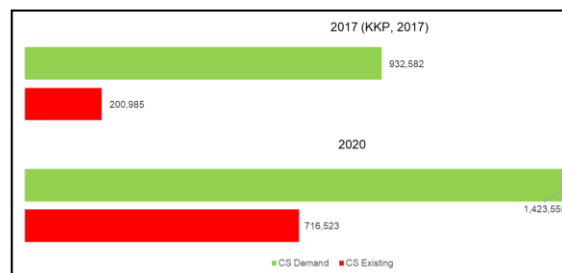
E : volume ekspor

Berdasarkan model kebutuhan gudang beku tersebut serta data-data yang tersedia, hasil perhitungan kebutuhan gudang beku di sektor perikanan di Indonesia disajikan pada tabel 1.

Berdasarkan data tersebut terlihat kebutuhan gudang beku menurun pada tahun 2020 yang diperkirakan terjadi karena pandemic COVID-19. Walaupun terjadi penurunan kebutuhan gudang beku ini masih jauh dari kapasitas gudang beku yang tersedia. Hal ini dijelaskan pada analisis gap gudang beku yang disajikan pada gambar 5. Kapasitas gudang beku yang tersedia di Indonesia didasarkan pada survey yang dilakukan secara berkala oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) Indonesia.

Gap antara kebutuhan dan kapasitas gudang beku yang tersedia disajikan pada tahun 2017 dan 2020. Dari gambar ini dapat disimpulkan bahwa kapasitas terpasang naik 257 % dari 200.985 ton pada tahun 2017 menjadi 716.523 ton pada tahun 2020. Hal ini menunjukkan pertumbuhan kapasitas gudang beku yang dibangun baik oleh pelaku usaha perikanan maupun pemerintah. Walaupun begitu, hingga tahun 2020, jumlah gudang beku yang tersedia hanya mampu memenuhi 50% dari kebutuhan kapasitas gudang beku di sektor perikanan sebesar 1,4 juta ton.

Kapasitas gudang beku baik yang saat ini terpasang maupun akan dibangun untuk memenuhi kebutuhan tersebut memiliki potensi penghematan energi dan penurunan emisi gas rumah kaca. Potensi tersebut dapat direalisasikan baik dengan menerapkan teknologi hemat energi maupun menggunakan sumber-sumber energi terbarukan di Tabel 2.



Gambar 5 Gap kebutuhan gudang beku

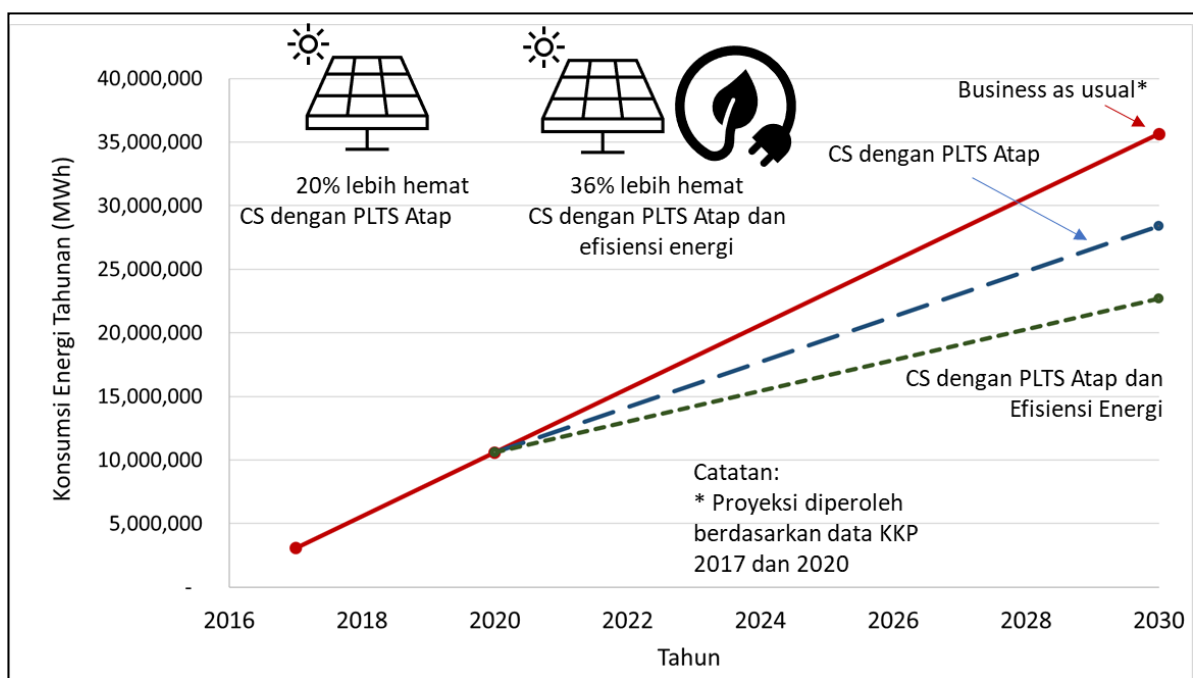
Tabel 2 Teknologi pada gudang beku

Existing	Technology with RE and Energy Efficiency
Vapour compression system PU insulation panels Refrigerant: R22, R404A, R507A, and R134a, Ammonia dan CO2	Resorption system for cold storage with solar energy Solar PV Power Pack Solar PV system + Diesel Gen-Set Hybrid Solar PV system + PCM Biomass Gasifier, Waste heat/cold utilization Better insulation
Refrigerated truck/container (compressor coupled with engine)	Vapour absorption + solid oxide fuel cell Phase change material (PCM) applications Vacuum Insulation Panels Low GWP refrigerants: CO2, R452A, R513A, R290 Eutectic Refrigeration System Cryogenic Refrigeration System Organic Rankine Cycle (ORC) driven by waste heat Magnetic Refrigeration System
Data Loggers Temperature Indicators RFID	Wireless sensor networks and Internet of Things (IoT)

Kajian ini membatasi analisis potensi penghematan energi dari penerapan teknologi inverter dan penggunaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atap pada gudang beku. Potensi ini diterapkan sesuai dengan ketersediaan luas atap gudang beku sehingga penyediaan sumber daya energi tetap memerlukan jaringan listrik tetap (on grid).

Proyeksi potensi penghematan energi diberikan pada gambar 6. Konsumsi energi pada kondisi *business as usual* menggunakan asumsi konsumsi energi gudang beku yang menggunakan teknologi konvensional kompresi uap. Tingkat konsumsi dibedakan berdasarkan ukuran gudang beku kecil, menengah dan besar serta data populasi masing-masing gudang beku sesuai dengan ukurannya. Skenario konsumsi energi menggunakan inverter dan refrigeran memberikan penghematan sebesar rata-rata 20% sementara penggunaan PLTS atap memberikan penghematan sebesar rata-rata 16%. Proyeksi pertumbuhan gudang beku disusun hingga 2030 dengan laju linier berdasarkan data tahun 2017-2020.

Penghematan energi sebesar rata-rata 1,05 x 106 MWh/tahun dapat diperoleh dari penerapan teknologi hemat energi dan penggunaan PLTS atap pada gudang beku. Penghematan energi tersebut setara dengan penurunan emisi gas rumah kaca hingga 5,59 x 105 tCO₂eq/tahun.



Gambar 6 Potensi penghematan energi pada gudang beku

KESIMPULAN

Kebutuhan listrik sektor pendingin adalah salah satu yang tumbuh paling cepat di Indonesia. Salah satu komponen dengan konsumsi energi terbesar pada rantai dingin perikanan adalah gudang beku. Kajian ini memberikan analisis potensi penghematan energi dan penurunan emisi GRK melalui penerapan teknologi hemat energi dan energi terbarukan pada gudang beku di sektor perikanan Indonesia. Metode analisis dengan pemodelan kebutuhan kapasitas gudang beku berdasarkan jumlah produk perikanan yang dihasilkan baik dari perikanan tangkap maupun budidaya serta menggunakan survey data gudang beku di Indonesia. Model kebutuhan dibangun dengan mempertimbangkan siklus penyimpanan produk, konsumsi langsung produk di daerah tersebut serta data ekspor dan impor. Analisis kesenjangan antara kebutuhan dan ketersediaan gudang beku menunjukkan hanya terpenuhi 50% dari total kebutuhan gudang beku sebesar 1,4 juta ton pada tahun 2020. Analisis menunjukkan dengan penerapan teknologi hemat energi dan pemasangan pembangkit listrik energi surya (PLTS) atap pada gudang beku terdapat potensi penghematan energi hingga 36% dibandingkan dengan kondisi baseline. Total permintaan energi pada sektor pendingin gudang beku mencapai hingga $1,05 \times 10^6$ MWh/tahun dan menghasilkan emisi gas rumah kaca (GRK) hingga $5,59 \times 10^5$ tCO₂eq/tahun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan GIZ ExploRE program dan P2M Departemen Teknik Mesin FTUI.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik, Rata – rata Konsumsi Per-Kapita Seminggu Menurut Kelompok Ikan per-Kabupaten/Kota, 2018 – 2020: [www. bps.go.id](http://www.bps.go.id), accessed on 25 February 2022
- Badan Pusat Statistik; 2021 - 2022; Data Statistik; Jakarta
- Direktorat Jenderal Penguatan Daya Saing Produk Kelautan dan Perikanan, Sebaran Cold Storage,

<https://linktr.ee/DitjenPDS> accessed on 14 March 2022

- Freni, A. G. Santori, A. Sapienza, et.al, Solar Power Solid Adsorption System for Cold-Storage Applications, 16th CIRIAF National Congress, Sustainable Development, Human Health, and Environment Protection (2016)
- Sinha, V. A. Tripathi, Integrating Renewable Energy to Cold Chain: Prospering Rural India, 2nd International Conference on Sustainable Environment and Agriculture (2014), V76.20
- Xiao, X., Y. Fu, Y. Yang, and X. Zhang, “Sustainable solar powered battery-free wireless sensing for Food Cold Chain Management,” *Sensors International*, vol. 3, p. 100157, 2022.

PENULIS:

Ardiyansyah Yatim

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.

Email: ardiyansyah@eng.ui.ac.id

Muhammad Kautsar

P2M Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Jakarta.

RP Bugie Pudjotomo

PT United Refrigeration Indonesia, Jakarta.

Hasanuddin Yasni

Asosiasi Rantai Pendingin Indonesia, Jakarta.

Fathurrahman Nugraha

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.