

Implementasi *Cooling as a Service* (CaaS) pada Fasilitas Industri Bbraun Karawang, Indonesia

Dany Watanabe*, Djoko Setyanto

Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi,
Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jalan Jenderal Sudirman 51 Jakarta 12930

Article Info

Article history:

Received
July, 15 2025

Accepted
July, 16 2025

Keywords: *Cooling as a Service, Energy as a Service, Chiller Plant System.*

Abstract

An efficient and reliable cooling system is essential for pharmaceutical operations, which are highly sensitive to temperature and humidity and depend on chilled water supply. At the B. Braun facility, the existing air-cooled chiller showed declining performance and inefficiency, operating at 1.61 kW/TR with maintenance and operational limitations. To address this, a Cooling as a Service (CaaS) model was implemented by replacing it with a higher-efficiency water-cooled chiller with a better coefficient of performance. This upgrade achieved a 51% reduction in energy consumption. Under the 10-year CaaS contract, the Energy Service Company (ESCO) is responsible for investment, design, construction, operation, and maintenance, with asset ownership transferred to B. Braun at contract end. This study evaluates the technical and commercial performance of the CaaS implementation and the shift from CAPEX to OPEX, showing improved energy efficiency, reduced CO₂ emissions, and enhanced long-term reliability and flexibility.

Info Artikel

Histori Artikel:

Diserahkan:
15 Juli 2025

Diterima:
16 Juli 2025

Kata Kunci: Layanan Pendinginan, Layanan Energi, Sistem Pendingin.

Abstrak

Sistem pendinginan yang efisien dan andal sangat penting untuk operasi farmasi, yang sangat sensitif terhadap suhu dan kelembaban serta bergantung pada pasokan air dingin. Di fasilitas B. Braun, pendingin udara yang ada menunjukkan penurunan kinerja dan inefisiensi, beroperasi pada 1,61 kW/TR dengan keterbatasan perawatan dan operasional. Untuk mengatasi hal ini, model *Cooling as a Service* (CaaS) diimplementasikan dengan menggantinya dengan pendingin air yang lebih efisien dengan koefisien kinerja yang lebih baik. Peningkatan ini mencapai pengurangan konsumsi energi sebesar 51%. Di bawah kontrak CaaS 10 tahun, Perusahaan Jasa Energi (ESCO) bertanggung jawab atas investasi, desain, konstruksi, operasi, dan pemeliharaan, dengan kepemilikan aset dialihkan ke B. Braun pada akhir kontrak. Studi ini mengevaluasi kinerja teknis dan komersial implementasi CaaS dan pergeseran dari CAPEX ke OPEX, menunjukkan peningkatan efisiensi energi, pengurangan emisi CO₂, dan peningkatan keandalan dan fleksibilitas jangka panjang.

1. PENDAHULUAN

Industri farmasi merupakan salah satu sektor yang sangat bergantung pada sistem pendingin yang handal dan efisien untuk menjaga kestabilan temperatur dalam proses produksi, penyimpanan bahan baku, serta area cleanroom. Di fasilitas milik B. Braun, sistem pendingin awal menggunakan *air-cooled chiller* yang telah dipasang sejak tahun 2015, namun saat ini menunjukkan performa yang kurang optimal. Setiap unit *chiller* dilengkapi

*Corresponding author. Dany Watanabe
Email address: dany.watanabe@yahoo.co.id

dua kompresor, namun kondisi sirip (*fin*) pada kondensor yang sudah mengalami kerusakan seperti merunduk atau rebah dan beberapa tubing sudah mengalami kebocoran, menyebabkan kapasitas pembuangan panas menjadi tidak maksimal. Akibatnya, hanya tiga dari enam unit *chiller* yang dapat beroperasi secara efektif, dengan estimasi total kapasitas pendinginan sekitar 290 TR. Sistem distribusi pendinginnya mengadopsi konfigurasi *primary-secondary pump*.

Untuk mengatasi tantangan tersebut, perusahaan memutuskan beralih ke model *Cooling as a Service* (CaaS), dengan mengganti sistem *air-cooled chiller* menjadi *water-cooled chiller* yang dikelola oleh penyedia layanan profesional melalui kontrak jangka panjang selama 10 tahun. Penyedia layanan ini dikenal sebagai *Energy Service Company* (ESCO), yang bertanggung jawab atas seluruh tahapan, mulai dari perancangan, instalasi, pengujian dan commissioning, hingga operasional dan pemeliharaan selama masa kontrak berlangsung (IPEEC., 2019).

Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi penerapan sistem CaaS dari sisi teknis dan ekonomis, serta menganalisis dampaknya terhadap efisiensi energi dan peningkatan keandalan sistem pendingin secara keseluruhan.

2. METODE PELAKSANAAN

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa pendekatan *preliminary audit*, yang terdiri dari dua tahapan utama sebagai berikut:

1. Kunjungan ke fasilitas Bbraun

Tahap ini bertujuan untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai kondisi sistem *existing chiller plant*, dengan melakukan observasi terhadap parameter berikut: temperature suplai dan *return* air dingin (*chilled water*), konsumsi listrik *chiller plant* selama satu hari, target temperatur dan kelembaban ruangan, jalur pemipaan, aksesoris yang terpasang, sistem kontrol dan metode instalasinya, kondisi fisik unit *chiller* dan pompa, sistem kelistrikan pendukung dan wawancara serta diskusi teknis bersama pihak *management* gedung terkait target dan kebutuhan mereka

2. Pengumpulan data teknis

Mencakup spesifikasi peralatan pendingin yang digunakan, gambar teknis penempatan instalasi *chiller plant* dan rekap tagihan pemakaian listrik gedung selama 12 bulan terakhir.

Tujuan dari *preliminary audit* ini adalah untuk menyusun gambaran awal kondisi sistem *chiller plant* yang ada dan membandingkannya dengan desain sistem yang baru, sehingga dapat dianalisis nilai investasinya, serta potensi keuntungan dari sisi teknis maupun komersial.

Hasil *preliminary audit* tersebut dituangkan dalam bentuk proposal teknis dan komersial. Jika proposal disetujui oleh pihak pemilik gedung, maka proses dilanjutkan ke *energy audit* yang lebih mendalam.

Pada tahap *energy audit*, dilakukan pengukuran aktual selama satu minggu dengan memasang alat ukur untuk temperatur pada sisi *chilled water*, *current transformer* pada panel sistem kelistrikan *chiller plant* dan tekanan air pada *header supply* dan *return* (Chang,C.K., Fui Song Kok. & Bin Wen Ng., 2013).

Data yang diperoleh digunakan untuk menghitung sistem efisiensi sistem *chiller* saat ini dan menjadi dasar perancangan ulang (*reengineering design*) sistem yang lebih efisien.

Setelah tahap desain ulang selesai, dilakukan penandatanganan kontrak kerja sama antara ESCO dan pemilik gedung.

Kontrak ini mencakup keseluruhan proses, yaitu: perancangan sistem, instalasi, *testing-commissioning*, masa garansi untuk unit dan pekerjaan, pemeliharaan aset, hingga proses *transfer ownership* dari ESCO ke pihak pemilik gedung setelah masa kontrak berakhir (BASE, 2021).

Perhitungan dan analisis teknis dilakukan berdasarkan penghitungan rumus utama dibawah ini:

1. Menentukan konsumsi energi dari pompa, PCWHP & SCHWP (ASHRAE, 2020):

$$\text{Pump, kW} = \frac{\text{water flow rate, } \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \text{total head, m} \times \text{density of water, } \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \text{gravity, } \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{1000 \times \mu \text{ motor} \times \mu \text{ pump}} \dots\dots\dots (1)$$

2. Menentukan *existing chiller plant efficiency* dan *new future system* (ASHRAE, 2020):

$$\text{Chiller plant efficiency, } \frac{\text{kW}}{\text{TR}} = \text{Total chiller plant power input, kW} \div \text{cooling capacity, TR} \dots\dots\dots (2)$$

3. Menentukan *annual cooling load demand* (ASHRAE, 2020):

$$\text{Annual cooling demand} = \text{average load, TR} \times \text{annual operating hours} \dots\dots\dots (3)$$

4. Menentukan total pemakaian energi listrik tahunan:

$$\text{Annual electricity cons, kWh} = \text{annual cooling demand} \times \text{chiller plant efficiency, kW/TR} \dots\dots\dots (4)$$

5. Menentukan *annual CO2 emissions produce*:

$$\text{CO2 Emission produce, ton} = \frac{\text{annual electricity cons, kWh} \times \text{emission grid factor, kg/CO2kWh}}{1000} \dots\dots\dots (5)$$

6. Menentukan *current system cost* (IPEEC, 2019):

$$\text{Current system cost, IDR} = \text{total maintenance cost, IDR} + \text{total existing electricity cost, IDR} \dots\dots\dots (6)$$

7. Menentukan *future system cost* (IPEEC, 2019):

$$\text{Future system cost, IDR} = \text{total ESCO service fee, IDR} + \text{total future electricity cost, IDR} \dots\dots\dots (7)$$

8. Menentukan keuntungan dari pembiayaan CaaS selama masa periode kontrak (BASE, 2021):

$$\text{Financial saving, IDR} = \text{current system cost, IDR} - \text{future system cost, IDR} \dots\dots\dots (8)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem pendingin di fasilitas ini dilakukan analisa menggunakan skema CaaS:

- a. Spesifikasi dan performance peralatan dari *chiller plant system* saat ini :

- Total kapasitas pendingin *air cooled chiller* terinstalasi, 300 TR x 6 unit = 1800 TR.
- Estimasi total *chiller* yang dapat beroperasi, 150 TR x 3 *compressors* dengan *peak load* di 290 TR dan *minimum load* 247 TR.
- *Chilled water temperature in/out*: 13/6 °C, *ambient temp*, 35 °C.
- *Primary chilled water pump (PCWHP)*, *flow rate*: 160 m³/H, *head*: 25 mH₂O.
- *Secondary chilled water pump (SCHWP)*, *flow rate*: 400 m³/H, *head*: 35 mH₂O.
- Hasil pengukuran diperoleh *chiller plant efficiency*: 1.61 kW/TR.

b. Spesifikasi dan performance peralatan dari *future chiller plant system*:

- Total kapasitas pendingin terinstalasi, 450 TR x 1 unit + *Existing chiller as back up/emergency*.
- *Chilled water temperature in/out: 13/6 °C, condenser water temperature in/out: 30/35 °C.*
- *Primary chilled water pump (PCWHP), flow rate: 195 m³/H, head: 25 mH₂O.*
- *Secondary chilled water pump (SCHWP), flow rate: 400 m³/H, head: 35 mH₂O.*
- *Condenser pump (CWP), flow rate: 325 m³/H, head: 15 mH₂O.*
- *Cooling tower, kapasitas 548 HRT.*
- *Target chiller plant efficiency: 0.79 kW/TR.*
- Chiller beroperasi 24 jam/7 hari dengan *minimum of taken 247 TR.*

Partload Information												
Constant Condenser at 10% interval												
Load %	Cap. tons	LWT Evap	CEWT Evap C	Flow Evap gpm	WPD Evap ft H ₂ O	ΔWT Cond C	ΔWT Cond C	Flow Cond L/s	WPD Cond ft H ₂ O	Power kW	Eff. kW/ton	
100	450.4	6.00	13.14	836.8	7.61	30.00	35.09	88.51	14.6	270.6	0.6010	
90	405.4	6.00	12.43	836.8	7.60	30.00	34.55	88.51	14.6	231.8	0.5718	
80	360.3	6.00	11.72	836.8	7.59	30.00	34.02	88.51	14.6	195.0	0.5412	
70	315.3	6.00	11.00	836.8	7.57	30.00	33.50	88.51	14.6	164.2	0.5209	
60	270.1	6.00	10.28	836.8	7.56	30.00	32.99	88.51	14.6	137.0	0.5070	
50	225.0	6.00	9.57	836.8	7.55	30.00	32.48	88.51	14.7	111.1	0.4936	
40	180.2	6.00	8.86	836.8	7.53	30.00	31.99	88.51	14.7	89.17	0.4949	
30	135.1	6.00	8.14	836.8	7.52	30.00	31.50	88.51	14.7	68.49	0.5069	
20	90.07	6.00	7.43	836.8	7.51	30.00	31.03	88.51	14.7	52.72	0.5853	

Gambar 1.

Chiller Part Load Performance (Future System), Trane CRTD 450 TR

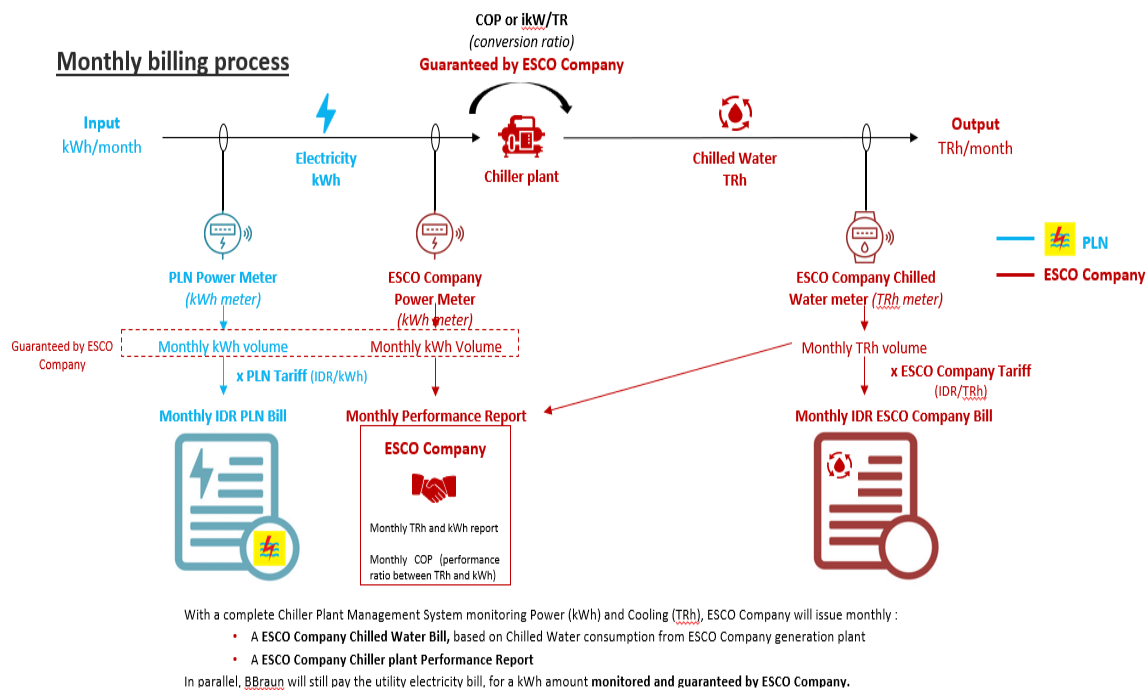
Berdasarkan analisis terhadap efisiensi sistem *chiller plant* dan waktu operasional *chiller*, diperoleh estimasi konsumsi listrik tahunan dari sistem *existing* sebesar 3,51 juta kWh, sedangkan sistem baru (*future system*) diperkirakan hanya mengonsumsi sekitar 1,73 juta kWh per tahun.

Dengan demikian, terjadi penghematan energi listrik sebesar 1,785 juta kWh per tahun, yang setara dengan penurunan emisi karbon sebesar 1.361 ton CO₂ (tCO₂) atau sekitar 51% lebih rendah dibandingkan kondisi *existing* (Chang,C.K., Fui Song Kok. & Bin Wen Ng., 2013).

Tagihan bulanan dalam skema *Cooling as a Service* (CaaS) dihitung berdasarkan jumlah energi pendinginan (*cooling energy*) yang digunakan oleh fasilitas, yang umumnya diukur dalam satuan “kWh thermal” atau “RT-hour” (*Refrigeration Ton-hour*). Data energi pendinginan diperoleh melalui kombinasi flow meter dan sensor temperatur yang dipasang pada sisi *supply* dan *return chilled water*, kemudian dibaca oleh *energy management system* yang terintegrasi dengan sistem *chiller plant* (BASE, 2021).

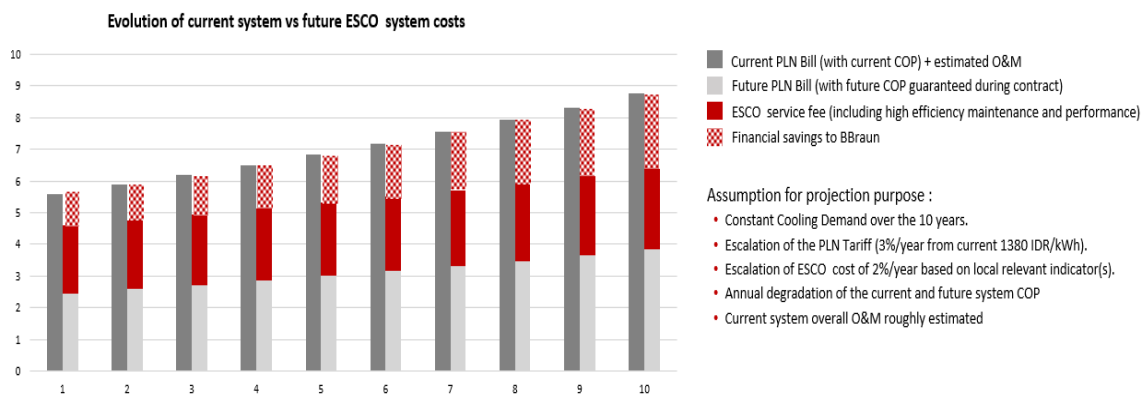
Seluruh data dikirimkan secara *real-time* ke *platform cloud-based monitoring*, sehingga dapat diakses dan dievaluasi baik oleh klien maupun penyedia layanan (ESCO). Untuk menjamin akurasi dan transparansi, proses validasi pemakaian bulanan dilakukan bersama antara klien dan ESCO. Masing-masing pihak memiliki akses terhadap *power meter* yang terpasang pada sistem *chiller plant* guna memastikan kesesuaian data pemakaian listrik dan kinerja *system* (BASE, 2021).

Dalam menjalankan perannya sebagai penyedia layanan operasi dan pemeliharaan sistem *chiller*, pihak ESCO secara rutin menyusun laporan kinerja (*performance report*) serta menerbitkan invoice bulanan yang merujuk pada data aktual pemakaian energi pendinginan setiap bulan.



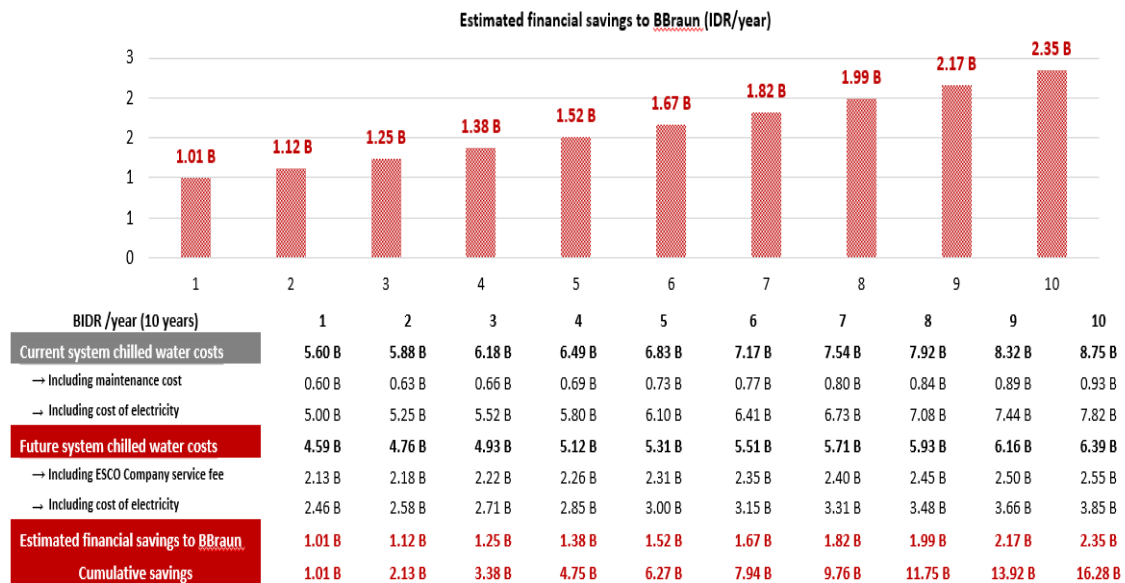
Gambar 2.
CaaS Monthly Billing Process

Hasil perhitungan teknis dan analisis dalam proyek ini disajikan dalam bentuk proyeksi perbandingan antara sistem *chiller existing* dan sistem *chiller* yang diusulkan (*future system*) dalam periode 10 tahun. Proyeksi tersebut mencakup estimasi biaya operasional dari sistem saat ini, termasuk biaya pemeliharaan dan konsumsi energi listrik, serta estimasi biaya sistem masa depan yang mencakup biaya layanan dari ESCO dan konsumsi energi listrik pasca-implementasi (IPEEC, 2019). Dalam perhitungan di tahun pertama total biaya *existing chiller* sebesar IDR 5.6 Milyar (IDR 5 milyar berasal dari PLN dan IDR 600 juta dari biaya *maintenance cost*) sedangkan *future system cost* sebesar IDR 4.59 milyar (IDR 2.13 milyar berasal dari biaya layanan ESCO dan IDR 2.46 milyar dari biaya PLN). Biaya layanan ESCO ini telah mencakup *penalty, labor dan parts* selama masa periode kontrak. Dari proyeksi ini penghematan finansial yang diperoleh di tahun pertama sebesar IDR 1.01 milyar.



Gambar 3.
10 Years Cost Projection

Selain itu, proyeksi ini juga menampilkan nilai penghematan finansial (*financial saving*) yang dihasilkan dari peralihan ke sistem baru, sebagai dasar evaluasi ekonomi dan efisiensi investasi dalam jangka Panjang (BASE, 2021), (IPEEC, 2019).



Gambar 4.
10 Years Financial Saving Projection

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan proyeksi tersebut, diperoleh estimasi penghematan sebesar IDR 16,8 miliar selama masa kontrak dalam skema *Cooling as a Service* (CaaS), dengan rata-rata penghematan tahunan mencapai IDR 1,63 miliar. Proyeksi ini didasarkan pada asumsi pemakaian minimum energi pendinginan sebesar 247 TR, atau setara dengan 2,138,444 TRh per tahun.

Setelah masa kontrak selama 10 tahun berakhir, seluruh aset sistem pendingin akan dialihkan kepada pemilik gedung sesuai dengan ketentuan perjanjian CaaS.

Saat ini, perhitungan dilakukan berdasarkan skenario *minimum offtake* sebesar 247 TR. Namun, seiring dengan normalisasi operasional *chiller plant* dan meningkatnya kebutuhan produksi, konsumsi energi pendinginan diperkirakan akan meningkat. Kondisi ini berpotensi menghasilkan penghematan yang lebih besar, mengingat struktur tarif layanan ESCO yang menurun seiring meningkatnya pemakaian energi pendinginan, sehingga semakin tinggi konsumsi, semakin rendah biaya per tarif, dan semakin besar total penghematan yang diperoleh oleh pemilik gedung.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. ASHRAE. (2020). *ASHRAE Handbook: HVAC Systems and Equipment*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
2. BASE. (2021). *Cooling as a Service: Leveraging Servitization to Improve Energy Efficiency in Cooling*. <https://www.caas-initiative.org>
3. IPEEC. (2019). *Business Models for Energy Efficiency: Cooling as a Service*. International Partnership for Energy Efficiency Cooperation.
4. Chang, C.K., Fui Song Kok, & Bin Wen Ng. (2013). Comparison of Air Cooled Chiller, Water Cooled Chiller and Hybrid Evaporative Air Cooled Chiller in Malaysia. *International Journal of Arts & Sciences*, 6(1): 337-355.