

Pengenalan kepada peluang penjimatan tenaga
dalam penyejukan

*Introducing energy savings opportunities
in refrigeration*

Garis panduan kecekapan tenaga dalam sektor makanan & minuman

Energy efficiency guidance for the food & beverage sector

Penyejukbekuan

Industri makanan & minuman (F&B) adalah antara pengguna terbesar proses penyejukbekuan. Bagi kebanyakan perniagaan dalam sektor ini, penyediaan perkhidmatan penyejukan dan pembekuan merangkumi >50% penggunaan dan kos tenaga elektrik.

Ringkasan teknologi:

Walaupun aplikasi dan sistem berbeza, kaedah paling lazim digunakan untuk penyejukbekuan adalah kitar pemampatan wasap (*vapour-compression cycle*).

Kitar pemampatan wasap ini adalah sebuah sistem gegelung tertutup di mana penyejuk (atau *coolant*) digunakan untuk mengeluarkan haba dari produk, dan menyejukkannya. Haba yang dikeluarkan kemudiannya dilepaskan ke ruang lain.

Haba akan diserap dari ruang penyejukan dan dialihkan kepada cecair (penyejuk) oleh sebuah penyejat. Haba ini kemudiannya memanaskan cecair penyejuk menjadi wasap bertekanan rendah yang akan mengalir dari kondenser ke kompresor, dan kemudiannya diberi tekanan tinggi.

Di dalam kondenser, wasap akan melepaskan haba simpanannya (kepada udara sekitar) dan menyejat kembali kepada cecair. Ia kemudiannya mengalir melalui injap pengembangan untuk melepaskan tekanan tinggi, sekali gus menyejukkannya. Proses ini kemudiannya berulang. Kompresor turut mengepam cecair dan gas sekitar sistem. Biasanya, kondenser, injap pengembangan dan kompresor terletak di luar ruang penyejukan.

Dalam aplikasi penyejukbekuan kecil seperti kabinet paparan sendiri sejuk, peti sejuk dan peti sejuk beku, kesemua komponennya disepadukan di dalam bekas unit tersebut. Dalam sistem besar, komponen ini biasanya terletak di sebuah bilik fasiliti berpusat atau kurungan berjauhan daripada penyejat dan ruang penyejukan.

Refrigeration

The F&B industry is one of the largest users of refrigeration. For many businesses within the sector the provision of chilling and freezing services will account for >50% of electricity consumption and costs.

Technology overview:

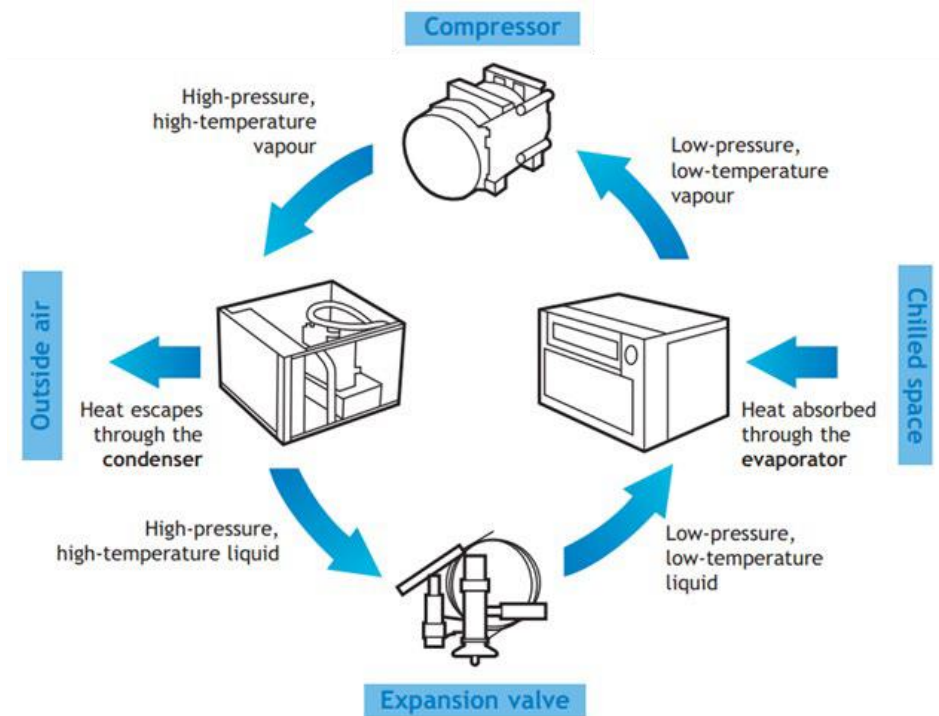
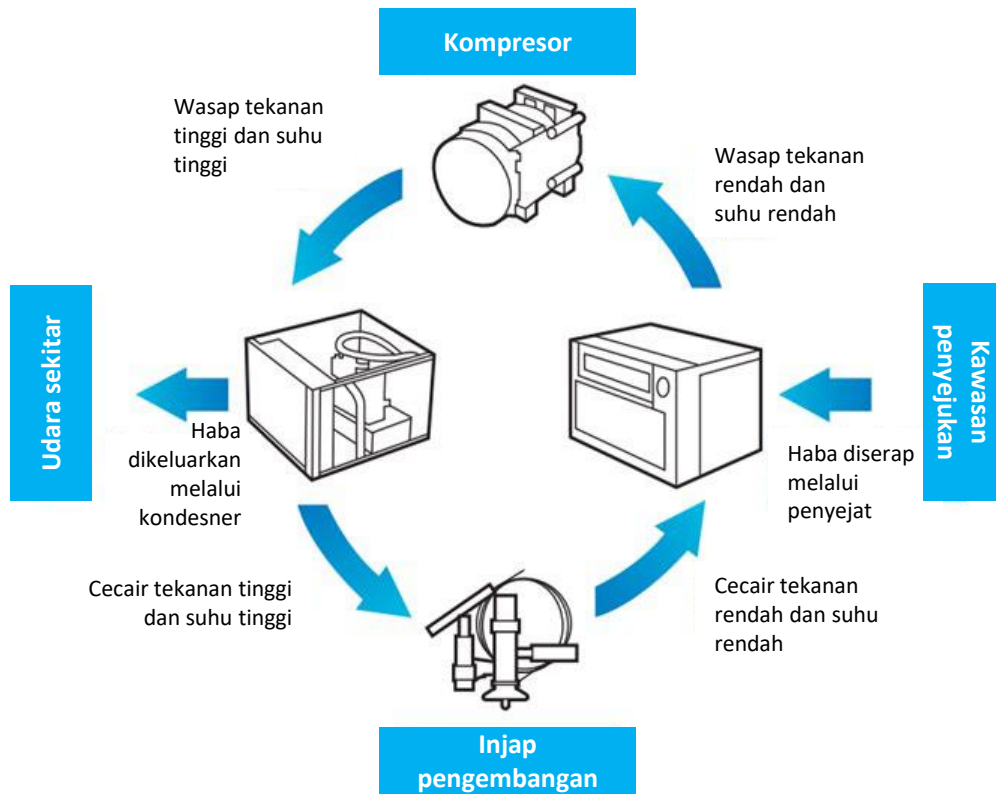
While applications and systems vary, the most common means of providing the refrigeration effect is the vapour-compression cycle.

The vapour-compression cycle is a closed-loop system wherein a refrigerant (or coolant) is used to extract heat from a product, thus cooling it. The extracted heat is then discharged to another area.

Heat is absorbed from the chilled space into a liquid (the refrigerant) by the evaporator. This heat turns the refrigerant into a low-pressure gas that flows away from the evaporator to the compressor where it is pressurised.

In the condenser, the gas gives up its stored heat (releasing it to the outside air) and condenses back to a liquid. It then flows through an expansion valve where pressure is released cooling the liquid and the sequence then begins all over again. The compressor also pumps liquid and gas around the system. Usually the condenser, expansion valve and compressor are outside the refrigerated space.

In small refrigeration applications such as stand-alone chilled display cabinets, fridges and freezers, all the components are commonly integrated into the housing of the unit. In larger systems, these components are often located in a central plant room or enclosure remote from the evaporator and cooled space.



Peluang penjimatan tenaga dalam penyejukbekuan:

Bagi organisasi yang mengendalikan bilik simpanan sejuk beku untuk simpanan pukal produk sejuk atau beku, tenaga untuk penyejukbekuan adalah komponen kos yang amat ketara, biasanya melebihi 50% jumlah bil tenaga. Langkah berkemas yang baik bagi bilik simpanan sejuk tidak memerlukan kemahiran khusus atau latihan dan boleh meraih penjimatan ketara dalam kos operasi.

Energy saving opportunities in refrigeration:

For organisations that operate cooled storerooms for bulk storage of frozen or chilled products, energy for refrigeration can represent a significant cost, often in excess of 50% of the total energy bill. Good housekeeping measures in cooled storerooms do not require special skills or training and can realise a substantial reduction in running costs.



Wujudkan program penyenggaraan yang baik

Sistem penyejukbekuan adalah paling cekap apabila disenggara dengan baik. Komponen yang tersumbat, kotor atau bocor akan membawa kepada peningkatan penggunaan tenaga, dan meningkatkan kos perniagaan.

- Laksanakan program pemeriksaan berjadual untuk memastikan peralatan beroperasi dengan elok dan sebarang masalah dinyatakan kepada kontraktor penyenggara.
- Kenal pasti pengumpulan *scaling* dan ais pada sirip penyejat.
- Periksa penyejat dan kondenser bagi sirip rosak, yang akan mengurangkan keupayaan pemindahan habanya.
- Periksa paip pembersihan (*bleed/drip pipes*) tiada pengumpulan ais.



Introduce a good maintenance programme

Refrigeration systems are at their most efficient when they are well maintained. Blocked, dirty and leaking components lead to increased energy demand, raising costs for the business.

- Establish a programme of regular checks to ensure that equipment is in good working order and that any problems are pointed out to the maintenance contractor.
- Identify scaling and ice-build up on evaporator fins.
- Check evaporators and condensers for damaged vent fins, which make it more difficult to transfer heat.
- Check that bleed/drip pipes are not iced up.



Periksa untuk kebocoran

Kebanyakan sistem penyejukbekuan besar mempunyai kaca pemerhatian, di mana cecair penyejuk boleh dilihat. Jika cecair penyejuk berbuih ketika sistem sedang beroperasi dengan lancar, ini biasanya menunjukkan terdapat kebocoran cecair penyejuk dalam sistem. Apabila tahap cecair penyejuk berkurangan, kecekapan operasi sistem akan berkurangan, dan lantaran kadar penyejukan turut berkurangan.

Lokasi yang paling kerap berlaku kebocoran adalah sendi sambungan, pendedap dan injap lain-lain. Walau bagaimanapun, keseluruhan sistem, termasuk sistem paip, perlu selalu diperiksa untuk kebocoran.

Kebanyakan cecair penyejuk adalah gas rumah hijau yang kuat. Sebagai contoh, 1kg penyejuk R134a mempunyai potensi pemanasan global 1,300 kali lebih besar daripada 1kg CO₂. Oleh demikian, hanya satu kegagalan kecil dalam menangani kebocoran boleh mensia-siakan sebarang manfaat alam sekitar daripada penjimatan CO₂ melalui kecekapan penggunaan tenaga.

Melepaskan penyejuk dengan sengaja adalah satu perbuatan terlarang. Oleh demikian, sebaik saja kebocoran dikenal pasti, ambil tindakan segera untuk mencari dan membaikinya sebelum mengisi semula sistem dengan penyejuk.



Check for leaks

Most large refrigeration systems have sight glasses where the refrigerant can be seen. If bubbles can be seen in the refrigerant when the system is in a stable operation, it usually indicates that there is a refrigerant leak in the system. As refrigerant levels drop, the system will operate less efficiently, reducing the cooling level.

The most common areas for leaks are joints, seals and other mechanical valves. However, the whole system, including the pipework, should regularly be inspected for leaks.

Many common refrigerants are powerful greenhouse gases. For instance, 1kg of the refrigerant R134a has a global warming potential 1,300 times greater than that of 1kg of CO₂. So, one small failure in managing leakage could negate any environmental benefit of savings in CO₂ through energy efficiency.

It is illegal to knowingly vent refrigerants. So, as soon as a leak becomes apparent, take action to find and repair it before recharging the system with refrigerant.



Pastikan suhu yang betul ditetapkan

Pembuat makanan dan minuman biasanya mengekalkan bilik simpanan sejuknya pada suhu yang lebih rendah daripada keperluan kerana risau akan kegagalan peralatan.

Penyejukan melampau adalah amat mahal dan tidak meningkatkan tahap pengawetan produk. Sebagai tambahan, penyejukan melampau, meningkatkan kebarangkalian kegagalan peralatan kerana meningkatkan beban ke atas unit penyejuk.

Sentiasa pastikan bahawa ketetapan suhu memenuhi keperluan simpanan produk.

Peningkatan suhu simpanan makanan beku dari -25°C ke -20°C menjimatkan 10 - 15% tenaga penyejukan.



Ensure correct temperatures are set

Food and beverage manufacturers often keep their cooled storerooms at lower temperatures than required due to worries about equipment failure.

Overcooling is expensive and does not improve the preservation of the product. In addition overcooling increases the probability of equipment failure by increasing the duty on the refrigeration plant.

Always ensure that the temperature setting satisfies the product storage requirements.

An increase in the frozen food store temperature from -25°C to -20°C saves 10 – 15% of the refrigeration energy.

Jadual berikut menunjukkan suhu wajar bagi simpanan pelbagai jenis produk makanan berdasarkan kod suhu yang ditakrifkan oleh Kesatuan European. Kod khusus bagi sesebuah negara harus didapati dari negara tersebut.

| Kod suhu | Suhu produk | Sesuai untuk |
|----------|-------------------|-------------------------------|
| L1 | Bawah -15°C | Aiskrim dan makanan beku |
| L2 | Bawah -12°C | Makanan beku |
| M0 | Antara -1° & 4°C | Ayam & daging |
| M1 | Antara -1° & 5°C | Daging & produk tenusu |
| M2 | Antara -1° & 7°C | Daging proses & produk tenusu |
| H1 | Antara -1° & 10°C | Sayuran & minuman tin & botol |
| H2 | Antara -1° & 10°C | Minuman tin & botol |

The following table provides indicative temperatures for storing various food products based on the temperature codes as defined in the European Union. Country-specific codes will have to be referred for each country.

| Temperature code | Product temperature | Suitable for |
|------------------|---------------------|-----------------------------------|
| L1 | Below -15°C | Ice cream and frozen foods |
| L2 | Below -12°C | Frozen foods |
| M0 | Between -1° & 4°C | Poultry & meat |
| M1 | Between -1° & 5°C | Meat & dairy products |
| M2 | Between -1° & 7°C | Processed meat & dairy products |
| H1 | Between -1° & 10°C | Produce & canned & bottled drinks |
| H2 | Between -1° & 10°C | Canned & bottled drinks |

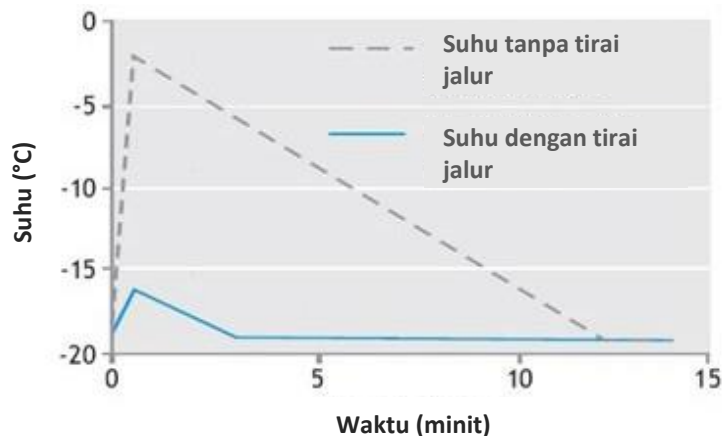
✔ Kurangkan perubahan udara

Perubahan udara dalam bilik simpanan sejuk merangkumi sebanyak 30% beban haba, iaitu ketika udara sejuk terlepas dan diganti dengan udara suam. Kerugian ini boleh dikurangkan dengan memastikan pintu sentiasa ditutup seboleh mana. Pertimbangkan juga pemasangan pintu automatik.

Pengumpulan ais pada lantai dan dinding bilik simpanan juga merupakan petunjuk bahawa kadar perubahan udara adalah amat tinggi. Sekiranya pintu sering digunakan, pasang tirai jalur (*strip curtain*) untuk mengelakkan udara sejuk terlepas dari bilik simpanan. Pastikan bahawa tirai dipasang dengan rapi dan dalam keadaan baik. Gantikan sewajarnya mana-mana jalur yang rosak.

Graf i bawah menunjukkan manfaat pemasangan tirai jalur:

- Pengurangan perubahan suhu
- Pemulihan lebih cepat kepada suhu bilik simpanan sejuk yang ditetapkan



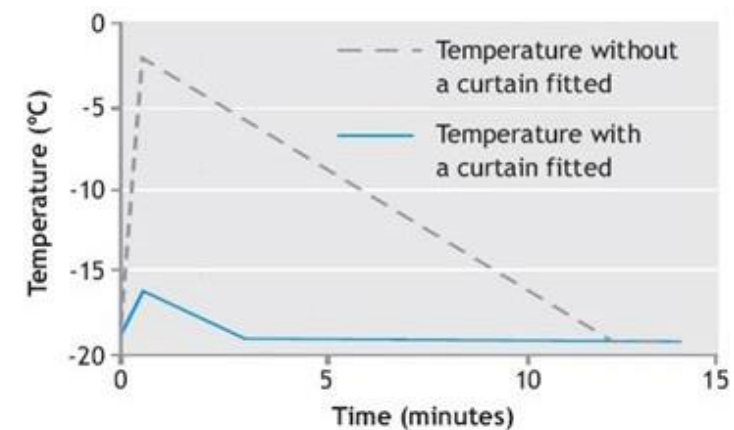
✔ Minimise air changes

Air changes in cooled storerooms can account for up to 30% of the total heat load as cool air escapes and warm air enters. This can be minimised by ensuring that doors remain closed as much as possible. Consider fitting self-closing doors if possible.

Ice build-up on storeroom floors and walls is a good indication that a high level of air change is taking place. Where doors are used regularly, install a strip curtain to prevent cool air escaping from the storeroom. Ensure that the curtains are well fitted and in good condition. Replace damaged strips as required.

The graph below reflects the benefits of having curtains fitted:

- Lower temperature change
- Quicker restoration of set cold storeroom temperature



Periksa bahawa penebat adalah mencukupi

Pastikan penebat paip berada dalam keadaan baik. Kondensasi, fros atau ais pada penebat paip menunjukkan bahawa penebat telah gagal dan perlu diganti.

Rancang beban penyejukan

Untuk memastikan sistem penyejukan digunakan dengan kaedah paling cekap, pra-rancang keperluan pembuatan dan simpanan anda. Sebagai contoh, sekiranya anda mempunyai beberapa ruang penyejukan, adalah lebih baik bagi satu beroperasi pada beban penuh, berbanding dengan dua beroperasi pada beban separa.

Sebaliknya juga, ruang penyejukan tidak patut diisi dengan terlalu penuh kerana ia akan mengurangkan kadar pengalihan udara sejuk sekitar produk, dan mengurangkan prestasi dan kecekapan sistem penyejukan.

Check that insulation is adequate

Ensure that pipe insulation is in a good condition. Condensation, frosting or ice on pipe insulation is a clear indication it has failed and needs replacing.

Plan loads

To ensure that refrigeration systems are used in the most efficient way, pre-plan production and storage needs. For example, if there are a number of cold storage areas, it is more efficient to have one of them on full-load, rather than two on part-load.

Equally, overstocking the cooled area will reduce the cold airflow around the products, reducing the performance and efficiency of the refrigeration system.

Kurangkan penyerapan haba dalaman

Pencahayaan dan kipas penyejat boleh memberi haba kepada ruang penyejukan dan mengurangkan kecekapan sistem penyejukbekuan.

Pastikan bahawa lampu dalaman ruang penyejukan adalah LED dan berautomasi.

Ganti motor kipas penyejat kepada kipas kuasa rendah tukar tertib elektronik (*electronic commutated* atau EC).

Sebelum memindahkan produk kepada ruang sejuk, biarkan ia menyejuk ke suhu bilik.

Projek untuk mengurangkan penyerapan haba dalaman dalam ruang penyejukan boleh memberi tempoh bayaran balik <3 tahun.

Keep condensers clean and cool

Kondenser digunakan untuk menyingkir haba sisa dari cecair penyejuk. Sekiranya ia tersumbat atau rosak, suhunya akan meningkat. Pastikan aliran udara suhu bilik adalah memadai pada permukaan pemindah haba – alihkan sebarang halangan.

Kekisi harus dibersihkan selalu agar tiada habuk atau kotoran. Pertimbangkan juga meneduh kondenser dari cahaya matahari.

Peningkatan 1°C suhu kondenser akan meningkatkan kos operasi sebanyak 2-4%.

Minimise internal heat gain

Lighting and evaporator fans add heat to the cooled space making the refrigeration system work harder.

Ensure that internal lights in refrigerated spaces are LED and automated.

Change evaporator fan motors to electronic commutated (EC) low power fans.

Before introducing product to a chilled space allow it to cool to ambient temperature where possible.

Projects aimed at minimising internal heat gain in refrigerated spaces can payback in <3 years.

Keep condensers clean and cool

Condensers are used to reject waste heat from the refrigerant. When these become blocked or fouled, the temperature increases. Ensure that there is ample flow of ambient over the heat exchange surfaces – remove any obstruction.

Grilles should be kept free of debris or dirt – clean regularly, also consider shading condensers from direct sunlight.

A 1°C rise in condenser temperature increases running costs by 2-4%.



Optimumkan prestasi penyejat

Ais akan terkumpul dari masa ke masa pada penyejat, dan meningkatkan jumlah kerja yang harus dilakukan oleh sistem penyejukan untuk mengatasi kekurangan kecekapan. Penyahfrosan berjadual adalah penting untuk mengekalkan prestasi yang optimum.

Kebanyakan sistem dilengkapi dengan fungsi nyahfros automatik. Periksa bahawa ia berfungsi dengan baik. Jika sistem anda mempunyai masalah ais, pertimbangkan pemasangan sistem nyahfros *on demand* yang memulakan proses nyahfros apabila perlu berbanding dengan penjaga masa.

Pengurangan 1°C dalam suhu penyejatan boleh meningkatkan kos operasi sehingga 2-4 %.



Optimise evaporator performance

Ice will build up overtime over the evaporator causing the refrigeration system to work harder as it seeks to compensate for the drop in evaporator efficiency. Regular defrosting is essential to maintain optimised performance.

Most systems are fitted with automatic defrost so check that this is functioning as expected. If icing is a problem, consider defrost on-demand which initiates defrost when required rather than by timer function.

A 1°C drop in evaporating temperature can increase running costs by 2-4 %.

Kajian kes 1:

Case study 1:

KAJIAN KES – Pan Century Edible Oils, Malaysia¹

CASE STUDY – Pan Century Edible Oils, Malaysia¹

Syarikat ini telah mengambil bahagian dalam **Projek Peningkatan Kecekapan Tenaga Industri Malaysia** dan ketika audit tenaganya, kapasiti pembuatan tahunannya bagi minyak boleh makan dan produk khusus adalah satu juta tan. Pada masa itu, bil tenaga bulanan kilangnya adalah RM2 juta.

Antara pengubahsuaian berkaitan kecekapan penyejukbekuan termasuk:

- **Pengubahsuaian menara penyejukan** diperlukan untuk pembekalan yang lebih cekap bagi air penyejuk untuk penghablur (*crystallizer*), pemindah haba, kompresor dan kondenser. Tujuh menara penyejukan ditempatkan dengan strategiknya di kilang pemeringkatan, penapis fizikal dan '*soap noodle*' tetapi audit tersebut telah menentukan bahawa penjimatan tenaga sebanyak 25 peratus dapat diperolehi dengan melaksanakan

Langkah-langkah kecekapan tenaga.

- **Pemantauan dan sasaran tenaga:** Syarikat telah memasang peralatan meter untuk memantau bekalan dan penggunaan tenaga elektrik, aliran stim, dan beban penyejuk di beberapa titik kritikal sistem. Maklum balas dan laporan data elektronik berpusat menggunakan rangkaian sedia ada telah meningkatkan kecekapan sistem ke tahap yang amat tinggi.

The company had participated in the **Malaysian Industrial Energy Efficiency Improvement Project** and during the time of its energy audit, the company's annual manufacturing capacity for edible oils and specialty products was one million tonnes. At that time the factory's monthly energy bill was RM2 million.

Some of the modifications related to refrigeration efficiency included:

- **Cooling tower modification** was required for more efficient supply of cooling water for crystallizers, heat exchangers, compressors and condensers. Seven cooling towers are located strategically in the fractionation, physical refining and soap noodle plants but the audit established that energy savings of about 25 per cent could be achieved

by implementing thermal efficiency measures.

- **Energy monitoring and targeting:** The company installed metering equipment to monitor supply and consumption of electricity, steam flow and chiller load at critical points in the system. Centralized electronic data feedback and reporting through the local network has made the system extremely efficient.

Senarai semak dan tip bagi operasi sistem penyejukbekuan cekap

Checklist and tips for efficient operation of refrigeration systems

Senarai semak ini merumuskan kriteria dan ciri-ciri utama bagi sebuah sistem penyejukbekuan yang cekap. Jika anda tidak berupaya menjawab “YA” kepada semua soalan, besar kemungkinan bahawa kecekapan sistem anda boleh diperbaiki, dan menjimatkan wang anda dan mengurangkan pelepasan karbon anda.

This checklist summarises the key criteria and characteristics of energy efficient refrigeration systems. If you are unable to indicate “YES” to all questions, it is likely that the efficiency of your system could be improved, saving you money and reducing your carbon emissions.

Senarai semak dan tip

| Ruj | Kriteria amalan terbaik | Jawapan | Maklum balas |
|-----|--|--------------|--|
| 1 | Adakah tetapan suhu yang betul digunakan berdasarkan beban/keperluan sistem? | [ya]/[tidak] | Makanan sejuk harus disimpan pada suhu yang betul. Penyejukbekuan terlampau adalah mahal dan tidak meningkatkan kadar pengawetan produk. Menggunakan suhu penyejukan 1°C di bawah keperluan boleh meningkatkan kos operasi sebanyak 2-4%. Tempoh bayaran balik adalah segera. |
| 2 | Sudahkah anda mengambil semua langkah mengelakkan kemasukan udara suam ke dalam ruang penyejukan? | [ya]/[tidak] | Kemasukan udara suam akan meningkatkan dengan ketara permintaan oleh sistem penyejukbekuan. Pastikan pintu sentiasa ditutup dan kedapan berada dalam keadaan baik. Gunakan pintu tirai tutup cepat dan tirai jalur di mana sesuai. Penyelenggaraan berjadual adalah penting untuk memastikan ketahanan kedapan pintu, dsb. Dan boleh mengurangkan beban penyejukan sebanyak 11%. Tempoh bayaran balik adalah segera. |
| 3 | Sudahkah beban haba dalam ruang penyejukan diminimumkan? | [ya]/[tidak] | Haba dari penyejat dan pencahayaan boleh menambah sebanyak 10-15% beban penyejukan. Pertimbangkan pemasangan kipas kuasa rendah tukar tertib elektronik pada kondenser, dan pencahayaan LED dalam ruang penyejukan. Kedua-dua projek ini boleh memberi tempoh bayaran balik di bawah 3 tahun. |

Checklist and tips

| Ref | Best practice criteria | Response | Feedback |
|-----|---|------------|--|
| 1 | Are the correct set point temperatures being used based on system duty/requirements? | [yes]/[no] | Refrigerated food must be stored at the correct temperature. Overcooling is expensive and does not improve the preservation of the product. Setting the refrigeration temperature 1°C higher than required will increase running costs by 2-4%. Payback is immediate |
| 2 | Has every effort been made to minimise the ingress of warm air to the refrigerated spaces? | [yes]/[no] | The ingress of warm air will significantly increase the demand made of the refrigeration system. Keep doors closed and seals in good condition. Utilise rapid closing curtain doors and strip curtains where appropriate. Regular maintenance to ensure the integrity of door seals, etc. could reduce the refrigeration load by as much 11%. Payback is immediate. |
| 3 | Has the heat load within the refrigerated space been minimised? | [yes]/[no] | The heat from evaporator fans and lighting can contribute 10-15% to the refrigeration load. Consider utilising electronically commutated low power fans alternatives on condensers and LED alternatives for chilled space lighting. Both projects will payback in under 3 years. |

Senarai semak dan tip

| Ruj | Kriteria amalan terbaik | Jawapan | Maklum balas |
|-----|---|--------------|---|
| 4 | Adakah kondenser disimpan di ruang sejuk dan sentiasa dibersihkan? | [ya]/[tidak] | Kondenser perlu sentiasa bersih daripada habuk dan kotoran. Pastikan aliran udara yang tak terhalang di atas permukaannya, dan pastikan ia terteduh dari cahaya matahari sekiranya perlu. Peningkatan 1°C dalam suhu kondenser boleh meningkatkan kos operasi sehingga 2-4%. Tempoh bayaran balik adalah segera. |
| 5 | Adakah permukaan penyejat bebas daripada ais? | [ya]/[tidak] | Pengumpulan ais pada permukaan penyejat akan menyebabkan sistem penyejukbekuan bekerja dengan lebih kuat untuk mengatasi kekurangan kecekapan. Jika sistem anda mempunyai masalah ais, pertimbangkan pemasangan sistem nyahfros <i>on demand</i> yang memulakan proses nyahfros apabila perlu berbanding dengan penjaga masa. Pengurangan 1°C dalam suhu penyejatan boleh meningkatkan kos operasi sehingga 2-4 %. |
| 6 | Adakah penebat paip diperiksa dengan berjadual untuk kotoran atau ais? | [ya]/[tidak] | Kondensasi atau ais pada penebat paip menunjukkan kegagalan penebat. Sistem paip harus diperiksa untuk kebocoran/kakisan dan penebat secukupnya diletakkan pada paip dan ruang penyejukan. Peningkatan 1°C dalam suhu penyejuk ke penyejat akan meningkatkan kos operasi sebanyak 2-4%. Kebiasaannya, penambahbaikan kepada penebat akan memberi tempoh bayaran balik 3-5 years. |

Checklist and tips

| Ref | Best practice criteria | Response | Feedback |
|-----|---|------------|--|
| 4 | Are the condensers kept as cool as possible and regularly cleaned? | [yes]/[no] | Condensers should be kept clean and free of debris or dirt. Ensure an unrestricted flow of air over the surfaces and consider solar shading if required. A 1°C rise in condenser temperature will increase running costs by 2-4%. Payback is immediate. |
| 5 | Are the evaporator surfaces free from ice? | [yes]/[no] | Ice build-up on the evaporator surfaces will cause the refrigeration system to work harder as it compensates for the reduction in evaporator efficiency. If icing is a problem, consider defrost-on-demand which initiates defrost when required rather than by timer function. A 1°C drop in evaporator temperature will reduce running costs by 2-4%. Ensuring defrost is effective will have an immediate payback. |
| 6 | Is the pipe insulation regularly checked for staining or ice? | [yes]/[no] | Condensate or ice on pipe insulation indicates that the insulation has failed. Pipework should be checked for leaks/corrosion and that sufficient insulation is in place around pipes and the refrigerated space. A 1°C rise in refrigerant temperature to evaporator will increase running costs by 2-4%. Typically, insulation improvements will pay for itself in 3-5 years. |

Senarai semak dan tip

| Ruj | Kriteria amalan terbaik | Jawapan | Maklum balas |
|-----|--|--------------|--|
| 7 | Adakah sistem penyejukbekuan menggunakan <i>Liquid Pressure Amplification</i> (LPA)? | [ya]/[tidak] | LPA merangkumi pemasangan pam untuk memberi kestabilan tekanan dengan lebih cekap daripada kompresor. Penarafan minimum kompresor adalah 100kW. Penjimatan sehingga 25% ke atas sistem menggunakan kompresor sahaja dengan tempoh bayaran balik < 1 tahun. |
| 8 | Adakah sistem menggunakan injap pengembang elektronik dengan pengawal suap balik? | [ya]/[tidak] | Injap Pengembang Elektronik membolehkan pengubahan sejenak kadar aliran cecair penyejuk berdasarkan kawalan suap balik dari ruang penyejukan dan boleh bertindak dengan pantas kepada pertukaran dalam permintaan penyejukan. Kebiasaannya, tempoh bayaran balik adalah < 1.5 years. |
| 9 | Adakah sistem memulihkan haba sisa? | [ya]/[tidak] | Haba gred tinggi dilepaskan oleh proses menyah-panas lampau (<i>de-superheating</i>) cecair penyejuk sebelum kondenser menggunakan pemindah haba. Biasanya, suhu antara 60 – 90°C boleh dicapai. Haba ini biasanya digunakan untuk menghasilkan air panas kegunaan am dan memenuhi permintaan CiP. Penjimatan sehingga 30% daripada beban penyejukan penuh boleh dipulih dan memberi tempoh bayaran balik < 2.5 tahun. |

Checklist and tips

| Ref | Best practice criteria | Response | Feedback |
|-----|---|------------|--|
| 7 | Does the refrigeration system utilise <i>Liquid Pressure Amplification</i> (LPA)? | [yes]/[no] | LPA involves fitting a pump to provide the pressure stability more efficiently than the compressor. Minimum compressor rating of 100kW. Up to 25% savings over compressor only system with payback < 1 year. |
| 8 | Does the system utilise electronic expansion valves with feedback control? | [yes]/[no] | Electronic Expansion Valves allow for a real time adjustment in refrigerant flow rate based on feed back control from the refrigerated space and can quickly respond to changes in demand. Typically payback of < 1.5 years. |
| 9 | Does the system utilise heat recovery? | [yes]/[no] | High grade heat comes from de-superheating the refrigerant before the condenser using a heat exchanger. Typically temperatures between 60 – 90°C are achieved. This heat is typically used to produce general use hot water and to meet CiP demand. Savings of up to 30% of the full cooling load can be recovered giving a project payback < 2.5 years. |

Senarai semak dan tip

| Ruj | Kriteria amalan terbaik | Jawapan | Maklum balas |
|-----|--|--------------|---|
| 10 | Adakah penyejuk menggunakan cecair penyejuk HFC atau HFO? | [ya]/[tidak] | Memandangkan cecair penyejuk HFC dan HFO mempunyai ketidaktentuan ke atas kegunaan serta ketersediaan jangka lamanya, kegunaan cecair penyejuk tanpa GWP iaitu ammonia (R117) adalah pengganti terbaik. Walaupun penyejuk ammonia mempunyai kos modal tinggi, perbelanjaan tambahan ke atas alternatif yang mengandungi GWP boleh dibayar balik dalam tempoh 3 tahun. |
| 11 | Adakah penyejuk anda bersuai 15+ tahun? | [ya]/[tidak] | Dengan pekali prestasi (<i>Coefficient of Performance</i> atau CoP) penyejuk yang kian meningkat sepanjang 20 tahun kebelakangan ini, adalah amat menjimatkan untuk menaik taraf fasiliti penyejuk daripada penggantian sepenuhnya. Menggantikan kompresor omboh dengan kompresor skru moden boleh meningkatkan CoP sebanyak 30-40%, dengan tempoh bayaran balik <2 tahun. Ini akan memanjangkan dengan cekap dan ketara jangka hayat fasiliti penyejukan. |

Checklist and tips

| Ref | Best practice criteria | Response | Feedback |
|-----|---|------------|--|
| 10 | Do your current chillers use HFCs or HFOs as refrigerants? | [yes]/[no] | With the level of uncertainty surrounding the long-term use and market availability of both HFCs and HFOs the use of the zero GWP refrigerant ammonia (R117) is a natural replacement choice. While ammonia chillers have high capital costs this additional expense over the purchase of high GWP alternatives would be recouped in 3 years. |
| 11 | Are you operating a 15+ year old chiller? | [yes]/[no] | With the Coefficient of Performance (CoP) of chillers having increased dramatically over the past 20 years it has become very economical to upgrade chiller plant rather than replace completely. Replacing piston compressors with modern screw type will increase CoP by 30-40%, paying back in <2 years, efficiently and significantly extended the useful life of the plant. |

Carbon Trust merupakan sebuah syarikat dengan misi untuk mempercepatkan peralihan kepada ekonomi yang lebih mampan dan rendah karbon. Carbon Trust:

- menasihati perniagaan, kerajaan dan sektor awam mengenai pelbagai peluang dalam dunia yang mampan dan rendah karbon;
- menilai dan memperakui kesan alam sekitar sesebuah organisasi, produk atau perkhidmatan;
- membantu dalam pembangunan dan pelaksanaan teknologi dan penyelesaian rendah karbon, dari kecekapan tenaga hingga ke tenaga boleh baharu.

www.carbontrust.com

+44 (0) 20 7170 7000

Sedangkan langkah-langkah wajar telah diambil untuk memastikan maklumat terkandung dalam penerbitan ini adalah tepat, pihak pengarang, Carbon Trust, ejennya, kontraktornya dan sub-kontraktornya tidak memberi sebarang jaminan dan tidak memberi kepastian atas kejituaannya dan tidak menerima sebarang liabiliti ke atas apa-apa kekhilafan atau peninggalan. Sebarang tanda dagangan, tanda perkhidmatan atau logo yang digunakan dalam penerbitan ini, dan hak cipta di dalamnya, adalah milik Carbon Trust. Tiada apa dalam penerbitan ini akan dianggap sebagai kelulusan pelesenan atau hak untuk menggunakan atau menghasilkan semula mana-mana tanda dagang, tanda perkhidmatan, logo, hak cipta atau mana-mana maklumat hak milik dalam apa jua bentuk tanpa kelulusan bertulis sebelumnya oleh Carbon Trust. Carbon Trust menguatkuasakan pelanggaran hak milik intelektualnya sepenuhnya setakat yang dibenarkan undang-undang.

Carbon Trust adalah sebuah syarikat terhad oleh jaminan dan berdaftar di England dan Wales di bawah nombor Syarikat 4190230 dengan alamat berdaftar di: 4th Floor, Dorset House, 27-45 Stamford Street, London SE1 9NT.

© The Carbon Trust 2020. Hak cipta terpelihara.

The Carbon Trust is an independent company with a mission to accelerate the move to a sustainable, low-carbon economy. The Carbon Trust:

- advises businesses, governments and the public sector on opportunities in a sustainable, low-carbon world;
- measures and certifies the environmental footprint of organisations, products and services;
- helps develop and deploy low-carbon technologies and solutions, from energy efficiency to renewable power.

Whilst reasonable steps have been taken to ensure that the information contained within this publication is correct, the authors, the Carbon Trust, its agents, contractors and sub-contractors give no warranty and make no representation as to its accuracy and accept no liability for any errors or omissions. Any trademarks, service marks or logos used in this publication, and copyright in it, are the property of the Carbon Trust. Nothing in this publication shall be construed as granting any licence or right to use or reproduce any of the trademarks, service marks, logos, copyright or any proprietary information in any way without the Carbon Trust's prior written permission. The Carbon Trust enforces infringements of its intellectual property rights to the full extent permitted by law.

The Carbon Trust is a company limited by guarantee and registered in England and Wales under Company number 4190230 with its Registered Office at: 4th Floor, Dorset House, 27-45 Stamford Street, London SE1 9NT.

© The Carbon Trust 2020. All rights reserved.