

## TUGAS 2

### REFRIGERASI DASAR (TEORI)

#### **Ketentuan :**

Jawablah pertanyaan atau tugas berikut (termasuk soal-soal latihan), dan kumpulkan pada minggu ke -15 (**tanggal 26 Juni 2009**)

Ditulis pada kertas A4.

Tugas ini adalah wajib, dan merupakan syarat kelulusan. Bila TIDAK mengumpulkan, maka akan diberi nilai E untuk mata kuliah Refrigerasi Dasar.

#### I. UMUM

1. Jelaskan perkembangan dan sejarah sistem pendinginan
2. Jelaskan Metoda-metoda pendinginan yang ada.
3. Pada bidang apa saja aplikasi teknik pendinginan yang ada, jelaskan apa fungsinya.
4. Jelaskan apa yang dimaksud dengan istilah berikut :
  - a. kerja dan energi,
  - b. sifat meteri,
  - c. proses gas ideal,
5. Bagaimana konversi satuan temperatur dari Celsius ke Kelvin atau Rankin atau sebaliknya.
6. Apa yang dimaksud dengan tekanan gauge, tekanan absolut dan tekanan vakum.
7. Jelaskan bagaimana energi dapat berpindah, tuliskan persamaan empiris atau persamaan dasarnya.
8. Bila membekukan 10 kg air dari temperatur 24 °C hingga menjadi es yang bertemperatur -10 °C. Tentukan jumlah energi yang harus dikeluarkan dari air tersebut. Bila air tersebut harus membeku dalam 2 jam, tentukan daya kemampuan alat minimal yang dibutuhkan untuk melakukan hal tersebut.
9. Bila diketahui 5 m<sup>3</sup> udara dapat dikompresi dari tekanan 5 bar gauge menjadi 10 bar gauge, tentukan volume di akhir proses, bila diketahui koefisien politropiknya adalah 1,3. Tentukan kerja yang dilakukan untuk menekan udara tersebut.

#### II. SIKLUS REFRIGERASI KOMPRESI UAP

10. Apa yang dimaksud dengan siklus Carnot untuk sistem refrigerasi
11. Gambarkan Siklus Carnot sistem refrigerasi pada diagram TS dan diagram P-h.

12. Sebutkan komponen sistem refrigerasi kompresi uap, jelaskan cara kerjanya/fungsinya.
13. Gambarkan siklus refrigerasi kompresi uap pada diagram P-h, jelaskan proses yang terjadi pada tiap komponen dan tentukan besaran energi yang dilepas atau diserap pada tiap komponen.
14. Tentukan ukuran prestasi dari suatu mesin refrigerasi.
15. Apa yang dimaksud (definisi) dari COP Carnot, COP aktual dan efisiensi refrigerasi. Jelaskan
16. Apa yang dimaksud dengan superheated dan subcooled pada sistem refrigerasi kompresi uap. Bagaimana pengaruhnya pada kinerja sistem.
17. Apa yang dimaksud dengan rasio kompresi, efek refrigerasi, kapasitas pendinginan, kalor dibuang di kondensator, kapasitas pemanasan dan kerja kompresor. Jelaskan
18. Bila diketahui refrigeran R-22 digunakan pada suatu sistem refrigerasi kompresi uap yang bekerja dengan tekanan evaporasi 3 bar gauge dan rasio kompresi 4,5. Bila kapasitas pendinginannya adalah 25 kW, Tentukanlah :
  - a. Gambarkan siklus pada diagram P-h (lakukan secara manual, tidak boleh menggunakan program)
  - b. COP Carnot, COP aktual, dan efisiensi refrigerasi dari sistem,
  - c. Laju aliran refrigeran dalam sistem
  - d. Kerja yang dilakukan oleh Kompresor,
19. Apa yang akan terjadi dengan kinerja sistem, bila :
  - a. tekanan kerja berlebih,
  - b. kekurangan refrigeran,
  - c. terdapat non kondensabel gas dalam sistem
  - d. terjadi peningkatan temperatur lingkungan.
  - e. Tekanan evaporasi berkurang.

### III. KOMPRESOR

20. Sebutkan fungsi dari kompresor
21. Sebutkan jenis-jenis kompresor
22. Bagaimana cara/prinsip kerja kompresor
23. Jelaskan apa yang dimaksud dengan :
  - a. Piston displacement
  - b. Efisiensi volumetrik

c. Clearance factor dari kompresor

24. Bagaimana hubungan antara volume refrigeran yang dikompresi dengan kerja yang dilakukan oleh kompresor.
25. Bila diketahui suatu kompresor terdiri dari 4 silinder dengan bore (diameter silinder) dan stroke (langkah piston) masing-masing silinder adalah 3 cm dan 4 cm, dengan putaran kompresor sebesar 900 RPM, tentukan piston displacement kompresor. Bila kompresor digunakan pada sistem yang bekerja pada temperatur evaporasi  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan temperatur kondensasi  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , tentukan kapasitas pendinginan sistem tersebut. Hitunglah jumlah panas yang dibuang di Kondensor persatuan waktu.
26. Bagaimana memilih kompresor dari katalog yang ada. (contoh kasus, katalog terbitan Bitzer)

#### IV. KONDENSOR

27. Sebutkan fungsi kondensor, jelaskan.
28. Sebutkan jenis-jenis kondensor.
29. Gambarkan sistem refrigerasi yang dilengkapi dengan kondensor berpendingin air (*water cooled condenser*).
30. Jelaskan prinsip kerja *cooling tower*.
31. Sebutkan jenis *cooling tower* berdasarkan proses pertukaran kalor antara tetesan air dan udaranya.
32. Bila diketahui kapasitas kondensor, bagaimana menentukan besarnya/ukuran kondensor .
33. Apa yang dimaksud dengan heat rejection factor.
34. Apa yang dimaksud dengan beda temperatur kondensor (Condensor Temperatur Difference) ? Bagaimana cara menentukan beda temperatur tersebut.
35. Bila diketahui sistem refrigerasi dengan R-134 bekerja pada temperatur kerja evaporasi  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dan temperatur kondensasi  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . bila kapasitas pendinginan besarnya adalah 2,5 kW, tentukanlah :
  - a. kalor yang dilepas di kondensor,
  - b. Bila udara mengalir pada kondensor mengalami kenaikan temperatur sebesar 9 K, tentukanlah laju aliran volume udara yang mengalir pada kondensor tersebut.
  - c. Bila kondensor diganti dengan jenis berpendingin air, berapa ukuran pipa yang dibutuhkan, bila disyaratkan kecepatan air pada pipa adalah 2 m/s. Anggaplah kenaikan temperatur air sebesar 5 K.

36. Jelaskan bagaimana cara memilih kondensor pada suatu katalog. (contoh kasus, gunakan katalog yang dikeluarkan oleh Bitzer)

#### V. EVAPORATOR

37. Sebutkan fungsi evaporator

38. Sebutkan jenis-jenis evaporator

39. Apa yang dimaksud dengan ETD (*Evaporator Temperature Difference*) ?  
Jelaskan bagaimana cara menentukannya.

40. Tentukan langkah pemilihan evaporator dari katalog. (contoh kasus, gunakan katalog Buffalo atau yang ada)

#### VI. ALAT EKSPANSI

41. Sebutkan fungsi dari alat ekspansi pada sistem refrigerasi.

42. Jelaskan jenis-jenis alat ekspansi

43. Bagaimana cara menentukan panjang pipa kapiler

44. Jelaskan bagaimana cara pemasangan sensing bulb TXV yang benar

45. Sebutkan keunggulan dan kekurangan TXV dibanding dengan kapiler

46. Apa yang dimaksud dengan PCE (Point of Complete Evaporation), jelaskan

47. Bagaimana cara men-set derajat superheat pada TXV.

#### VII. REFRIGERAN

48. Sebutkan fungsi dari refrigeran pada sistem refrigerasi kompresi uap.

49. Bagaimana cara menentukan/penamaan refrigeran

50. Jelaskan jenis refrigeran dan kode warna tabung yang digunakan.

51. Apa yang dimaksud dengan ODP dan GWP, jelaskan

52. Sebutkan refrigeran alternatif pengganti CFC atau HCFC, yang ramah lingkungan

53. Apa yang dimaksud dengan bahan antifreez, jelaskan

54. Jelaskan yang dimaksud dengan refrigeran sekunder.

55. Sebutkan beberapa contoh refrigeran sekunder.

56. Kapan dalam suatu sistem digunakan refrigeran sekunder.

#### VIII. PEMIPAAN SISTEM

57. Apa fungsi pemipaan.
58. Jelaskan bagaimana cara menentukan ukuran *liquid line* dan *suction line*.
59. Jelaskan bagaimana cara penyambungan pipa refrigeran
60. Jelaskan bagaimana dan untuk apa dipasang riser pada sistem refrigerasi.
61. Bagaimana langkah-langkah :
- Flushing,
  - Cek kebocoran, (Sebutkan cara-cara pengecekan kebocoran)
  - Pemvakuman sistem
  - Pengisian refrigeran
62. Bagaimana menentukan jumlah refrigeran yang harus dimasukkan ke dalam sistem.

#### IX. KOMPONEN PENDUKUNG

63. Sebutkan prinsip kerja dan fungsi dari komponen berikut :
- Termostat
  - Pressurestat
  - Overload
  - Starting relay
  - Evaporator Pressure Regulator
  - Check Valve
  - Oil Separator
  - Liquid Receiver
  - Sight Glass
  - Filter dryer
  - Accumulator
64. Jelaskan cara pemasangan komponen pendukung di atas, jelaskan pula maksud pemasangan tersebut.
65. Gambarkan kelistrikan untuk pemasangan termostat dan pressurestat untuk tujuan NO ataupun NC.
66. Gambarkan pemasangan starting relay dan overload pada kompresor hermetik satu fasa.

## X. SOAL-SOAL LATIHAN

Baca soal baik dan teliti, jawablah dengan benar

67. Gambarkan siklus refrigerasi kompresi uap sederhana, tuliskan komponen-komponen utamanya, dan jelaskan cara kerja sistemnya. Sketsalah proses/siklus tersebut pada diagram p-h.
68. (a) Suatu siklus refrigerasi Carnot mempunyai COP pendinginan sebesar 5. Tentukanlah rasio temperatur  $T_k/T_o$ . (b) Jika daya yang dikonsumsi oleh siklus adalah 5,5 kW, tentukanlah kapasitas pendinginan dari mesin dalam TR. (c) Jika mesin digunakan sebagai pompa kalor, tentukanlah COP pemanasannya, dan berapa besar panas yang dapat dipompakan (dilepaskan oleh kondensor)? (Arora, 2.2)
69. (a) Tentukan daya yang dibutuhkan oleh suatu mesin kulkas (dengan refrigeran R12) jika kapasitas pendinginannya (*refrigerating capacity*) adalah 1/8 TR. Kulkas tersebut beroperasi pada temperatur lingkungan 30 °C. Temperatur dalam freezer dijaga pada -15 °C. COP sistem sebenarnya adalah setengah dari COP siklus Carnotnya. Anggaplah beda temperatur evaporasi ataupun kondensasi dengan temperatur lingkungannya masing-masing sekitar 5 K dan 15 K. (b) Tentukanlah laju aliran volume refrigeran masuk ke kompresor. (c) Tentukanlah rasio kompresi dari sistem.
70. Apakah syarat-syarat pemilihan refrigeran yang anda ketahui ?.
71. Tentukan apakah refrigeran R134B1 ada atau tidak ada. Jelaskan jawaban saudara.
72. Tuliskan semua nama refrigeran yang mungkin untuk rumus kimia berikut :  $C_2HClF_3Br$
73. Suatu sistem refrigerasi menggunakan R-12 dengan kompresor jenis Hermetik, beroperasi pada temperatur penguapan dan pengembunan masing masing -10 °C dan 38 °C. Bila kapasitas pendinginan adalah 10 kW, maka :
- Tentukanlah besarnya laju aliran massa refrigeran yang disirkulasikan.
  - Hitung kalor dilepaskan di kondensor berdasarkan perhitungan menggunakan tabel jenuh R-12 dan menggunakan Tabel Heat rejection Factor.

74. Bila suatu sistem refrigerasi kompresi uap bekerja dengan kapasitas pendinginan 5 kW dan COP 3,4, ditempatkan di kota Bandung yang bertemperatur 25 °C. Kondensor yang digunakan berdasarkan spesifikasi mempunyai koefisien perpindahan kalor menyeluruh 0,3 kW/m<sup>2</sup>.K dan luas penampang aliran udara melewati kondensor 0,48 m<sup>2</sup>. Kondensor mempunyai fan yang mampu mensirkulasikan udara dengan debit 0,8 m<sup>3</sup>/s maka :

- a. Tentukan kenaikan temperatur udara saat melewati kondensor.
- b. Tentukan kecepatan udara melewati kondensor.

75. Jika suatu sistem refrigerasi dengan R-12 mempunyai kompresor yang bekerja dengan putaran 900 RPM, dengan bore dan stroke masing-masing 5 cm. Jumlah piston dalam kompresor sebanyak 2. Sistem bekerja sehingga mempunyai rasio kompresi 4. Bila temperatur evaporasinya adalah -10 °C, tentukanlah kapasitas pendinginan dari sistem tersebut. (Hint, Gunakan gambar 12-4 pada Dossat dan tabel jenuh R-12)

76. Perkirakan efisiensi volumetrik dan piston displacement dari kompresor yang digunakan pada soal no 75.

77. Suatu TXV dengan seting derajat superheat 5 K, digunakan pada sistem refrigerasi dengan R-12 dan kapasitas 6 kW. Diinginkan ruangan dalam kabin mempunyai temperatur -18 °C, maka tentukanlah :

- a. Beda temperatur evaporator (ETD),
- b. Tekanan gauge (tekanan terukur) di discharge kompresor bila rasio kompresi sistem adalah 7,
- c. Temperatur dan entalpi refrigeran saat masuk kompresor (dengan asumsi sepanjang suction line tidak terjadi kenaikan temperatur)
- d. Temperatur dan entalpi refrigeran saat keluar kompresor
- e. Panas yang dibuang di kondensor
- f. Laju aliran refrigeran dalam sistem
- g. COP sebenarnya dan efisiensi refrigerasi sistem.
- h. Efisiensi refrigerasi dari sistem
- i. Ukuran pipa suction line yang digunakan bila kecepatan aliran gas didalamnya yang diinginkan adalah 6 m/s.
- j. Ukuran pipa liquid line, bila kecepatan alirannya adalah 0,5 m/s.

78. Suatu sistem refrigerasi yang terdiri dari dua evaporator dan satu kondensing unit. Evaporator A mempunyai temperatur evaporasi -10 °C dan evaporator B adalah 0 °C, dengan kapasitas pendinginan masing-masing adalah 4 kW dan 3 kW. Ruang tersebut dipertahankan pada

temperatur  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Udara berhembus meniggalkan evaporatornya masing-masing pada temperatur  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Bila refrigeran yang digunakan adalah R-12 dan temperatur kondensasi dipertahankan sebesar  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Dengan asumsi siklusnya adalah sederhana, maka :

- a. Gambarkanlah sistem tersebut beserta dengan komponen kelengkapannya agar sistem bekerja dengan baik.
- b. Tentukan laju aliran massa refrigeran yang mengalir pada kompresor A.
- c. Besarnya LMTD di evaporator A dan B,
- d. Estimasi debit udara melewati evaporator A.

79. Suatu siklus refrijerasi dengan R12 beroperasi pada temperatur evaporator dan kondensor masing-masing  $-15^{\circ}\text{C}$  dan  $35^{\circ}\text{C}$ . Dengan menganggap siklusnya adalah sederhana, hitunglah volume refrijerasi saat masuk kompresor dan daya kompresor yang dibutuhkan persatuan TR beban refrijerasi. Tentukan pula COPnya.

80. Apa yang dimaksud dengan NBP (Normal Boiling Point) ? Jelaskan pentingnya dalam menentukan refrijerasi yang dipakai dalam suatu sistem Refrijerasi.

81. Suatu ketika anda ditanya oleh seseorang bahwa kulkasnya tidak dingin. Kira-kira jawaban apakah yang akan anda berikan pada orang tersebut.

82. Sistem refrijerasi kompresi uap sederhana dengan R22 bekerja pada temperatur Evaporator  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  temperatur kondensasi di kondensor. Total panjang pipa dari Kondensing Unit ke Cooling Unit adalah  $15\text{ m}$ . di *liquid line* refrijerasi mengalami *subcooled* sebesar  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dan di *suction line* mengalami *superheat* dengan menyerap kalor sebanyak  $20\text{ kJ/kg}$  refrijerasi. Anggaplah refrijerasi saat keluar evaporator maupun kondensor dalam keadaan jenuh. Besarnya beban pendinginan adalah  $10\text{ TR}$ .

- a. Gambarkan/sket siklus tersebut pada diagram p-h. dan tentukan besarnya entalpi spesifik pada masing-masing titik. (10%)
- b. Hitunglah jumlah kalor yang dibuang persatuan waktu di kondensor. (5%)
- c. Tentukanlah efisiensi refrijerasi (Perbandingan COP aktual terhadap COP Carnot). (5%)
- d. Jika kompresor dipakai dengan 2 silinder dan bekerja pada  $900\text{ RPM}$ , efisiensi volumetriknya  $0,7$  serta perbandingan bore/stroke  $1:1$ , tentukan dimensi piston kompresor.

83. Gambarkan skema sistem refrigerasi (komponen-komponen utamanya), gambarkan pula sistem tersebut pada diagram T-s dan P-h. (Berilah tanda/nomor pada gambar anda).
84. Suatu sistem refrigerasi dengan kapasitas tertentu bekerja pada kondisi tekanan dan temperatur tertentu pula. Jika tekanan/temperatur kerja di evaporator diturunkan, dibandingkan dengan keadaan semula, apa yang terjadi dengan :
- Kapasitas refrigerasi
  - Kerja kompresi
  - COP
85. Suatu sistem refrigerasi mekanik dengan R12 beroperasi pada temperatur evaporator dan kondensor masing-masing  $-5^{\circ}\text{C}$  dan  $27^{\circ}\text{C}$ . Jika laju aliran massa refrigeran pada sistem  $0,78 \text{ kg/s}$ , tentukanlah :
- Gambarkan/sketsalah sistem tersebut pada diagram p-h, serta tentukan besaran/harga entalpinya.
  - Efek pendinginan untuk tiap kg massa refrigeran yang disirkulasikan.
  - Kapasitas refrigerasi dari sistem.
  - Tentukan temperatur refrigeran keluaran kompresor.
  - Tentukan COP dan efisiensi refrigerasinya.
86. Sistem refrigerasi kompresi uap sederhana dengan R12 bekerja pada tekanan Evaporator  $15 \text{ Psig}$  dan  $40^{\circ}\text{C}$  temperatur kondensasi di kondensor. Di *liquid line* refrigeran mengalami *subcooled* dengan hingga temperaturnya turun  $10^{\circ}\text{C}$ , dan di *suction line* mengalami *superheat* sebesar  $50 \text{ KJ/kg}$ . Anggaplah refrigeran saat keluar evaporator maupun kondensor dalam keadaan jenuh. Beban pendinginan adalah  $3.5 \text{ kilowatt}$ .
- Gambarkan/sket siklus tersebut pada diagram p-h. dan tentukan besarnya entalpi spesifik pada masing-masing titik.
  - Hitunglah jumlah kalor yang dibuang persatuan waktu di kondensor.
  - Tentukanlah laju aliran volume refrigeran saat masuk kompresor.
87. Dengan mengabaikan gaya gesek dan lain-lain, tentukan daya dalam kW, yang dibutuhkan untuk memompakan air sebanyak  $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$  hingga mencapai ketinggian vertikal  $30 \text{ m}$ .

88. Uap R-12 mempunyai temperatur jenuh 42 oC dan dipanaskan hingga temperatur 72 oC. Tentukan tekanan, volume spesifik, entalpi, entropi, dan energi dalam dari uap tersebut. (Gunakan tabel superheat).

89. Suatu sistem refrigerasi dengan R12 bekerja pada temperatur penguapan – 18 oC dan refrigeran masuk ke TXV pada temperatur 41 oC. Jika sistem mempunyai kapasitas 15 kW, tentukan :

- Efek refrigerasi persatuan massa refrigeran yang disirkulasikan
- Laju aliran massa dalam kg/s per kWatt beban pendinginan
- Laju aliran massa refrigeran dalam sistem.
- Laju aliran volume refrigeran saat masuk kompresor
- Tentukan COP dan efisiensi refrigerasinya.

90. Beban pendinginan suatu tangki *brine chiller* adalah 1,9 kW. Fluida/brine dijaga pada temperatur –18 oC dengan temperatur evaporator –23 oC. Anggaphlah tidak ada pengaruh pengadukan pada brine. Jika pipa terbuat dari pipa besi dengan ukuran nominal 25 mm, hitunglah panjang linier pipa evaporator yang dibutuhkan.

91. Suatu kompresor mempunyai dimensi panjang langkah (stroke) 30 mm dan diameter dalam (bore) 30 mm digunakan pada sistem refrigerasi dengan R-12, yang bekerja pada temperatur evaporator – 10 oC dan temperatur kondensor 38 oC. Hubungan antara efisiensi volumetrik dan rasio kompresi kompresor dinyatakan dengan persamaan :

$$\eta_v = 1,051e^{-0,0872R_k} \quad \text{dimana } \eta_v = \text{efisiensi volumetrik dan } R_k =$$

rasio kompresi.

Jenis kompresor adalah hermetik dengan putaran motor yang dipakai adalah 1740 RPM, tentukanlah :

- Piston displacement teoritis dari kompresor.
- Efisiensi volumetrik dari kompresor
- Laju aliran volume refrigeran sebenarnya saat masuk kompresor
- Kapasitas pendinginan dari kompresor dalam kW.

92. Beban pendinginan suatu mesin refrigerasi sebesar 12,7 kW. Jika COP sistem sebesar 4,3 perkirakan besarnya kalor yang harus dilepas di kondensor.

93. Suatu sistem pendingin R-22 dengan kompresor *open type*, bekerja pada temperatur evaporator 5 oC dan temperatur kondensor 49 oC, mempunyai beban pendinginan 61,5 kW. Udara disirkulasikan dengan kecepatan 6,1

m<sup>3</sup>/s. Jika temperatur udara masuk kondensor 32 oC, tentukan temperatur udara keluar kondensor.

94. Menara pendingin (*Cooling tower*) dan kondensor berpendingin air (dengan *bypass*) beroperasi pada beban kondensor 70 kW. Tiga liter air per detik disirkulasikan ke kondensor, dan satu liter per detik di *bypass*. Jika temperatur bola basah (*Twb*) 25,5 oC dan hampiran (*approach*) menara pendingin sebesar 4 K, tentukan :

- a. temperatur air masuk kondensor
- b. temperatur air keluar kondensor
- c. temperatur air masuk menara pendingin
- d. kisaran (*range*) menara pendingin.

95. Jawab dengan kalimat yang singkat :

- a. Apa yang dimaksud dengan NBP ? (bukan kepanjangan dari singkatannya)
- b. Apa pentingnya NBP dalam memilih refrigeran ?
- c. Tentukan apakah refrigeran berikut ini ada atau tidak : (1) R-12B2, (2) R-125a, (3) R-1112

96. Sebutkan syarat dan cara pemasangan *sensing bulb* (untuk TXV) pada sistem.

97. Gambarkan dan jelaskan cara kerja katup servis (*service valve*) yang terdapat pada kompresor.

Selamat Mengerjakan.

Bekerjalah dengan cerdas dan cermat.

Bandung, 18 Maret 2009

Windy Hermawan Mitrakusuma

Catatan :

DILARANG MENERJAKAN MENGGUNAKAN SOFTWARE COOLPACK atau sejenisnya.