

KOMPUTERISASI TABEL SIFAT-SIFAT TERMODINAMIK DARI H₂O, R-12, DAN R-22 (PROTAMIK).

Ainie Khuriati, Detika dan Ari Bawono

Department of Physics, Universitas Diponegoro Semarang

Ainie.khuriati@undip.ac.id

Abstract

A computer program has been created which is used to display the thermodynamic properties (T , p , v , u , h , and s) of the working fluid of the commonly used on the power generation and process industries, H₂O, R-12, and R-22. It also calculates the thermodynamic properties as function of saturation temperature and quality and saturation pressure and quality. Program was developed using the thermodynamic properties of steam properties from 1967 ASME Steam Table [1] and ASHRAE tables [5].

Keywords: *thermodynamics, properties, steam tables, refrigerant tables, quality.*

Abstrak

Sebuah program komputer telah dibuat yang digunakan untuk menampilkan sifat-sifat termodinamika (T , p , v , u , h , dan s) fluida kerja yang paling umum digunakan untuk system pembangkit daya dan proses industry yaitu H₂O, R12, dan R-22. Program ini dapat juga digunakan untuk menghitung sifat-sifat termodinamik dengan mengetahui suhu atau tekanan disertai besarnya kualitas. Program sifat termodinamik dikembangkan menggunakan sifat uap dari n Tabel uap ASME 1967 [1] dan Tabel ASHRAE [5].

Kata kunci: *sifat-sifat termodinamik, tabel uap, tabel refrigerant, kualitas.*

Pendahuluan

Merancang, menguji, atau membuat simulasi system pembangkit atau pendinginan kompresor memerlukan evaluasi sifat termodinamika dari uap atau refrigeran [2]. Sifat-sifat ini dapat diperoleh dari tabel sifat atau diagram sifat. Namun, kedua metode ini memakan waktu.

Dalam makalah disajikan tabulasi elektronik sifat-sifat termodinamik dari uap, R12, dan R-22 untuk mempermudah dan mempercepat pekerjaan dalam mengevaluasi sifat-sifat termodinamis dari zat-zat tersebut .

Tabel Sifat

Untuk sebagian besar zat, hubungan antara sifat termodinamis terlalu kompleks [4][6] untuk diungkapkan dengan persamaan sederhana. Dengan demikian, sifat termodinamis sering disajikan dalam bentuk tabel.

Tabel sifat untuk uap dibedakan menjadi tabel untuk uap jenuh, cairan terkompresi, dan uap panas lanjut. Sifat-sifat termodinamis yang ditabulasikan adalah suhu (T), tekanan (p), volum jenis (v), entalpi jenis (h), energy dalam (u), dan entropi (s)

Tabel Uap Jenuh

Tabel sifat uap jenuh disusun dalam dua cara yakni [3] :

- Tabel suhu jenuh - tabel diatur dalam interval suhu dan digunakan ketika suhu diketahui.
- Tabel tekanan jenuh - tabel diatur dalam interval tekanan dan digunakan ketika tekanan diketahui.

Tabel Uap Panas Lanjut

Uap dikatakan panas lanjut apabila suhunya melebihi suhu jenuh pada suatu tekanan yang diberikan. Perbedaan antara suhu nyata dengan suhu jenuh disebut *panas lanjut* (*superheat*, SH). Tabel uap dimulai dari suhu uap jenuh sampai ke suhu yang lebih tinggi untuk setiap nilai tekanan mutlak yang diberikan. Entri pada tabel ini adalah suhu dan tekanan karena uap panas lanjut berada dalam daerah fase tunggal sehingga tekanan dan suhu merupakan sifat bebas yang menentukan keadaan dalam daerah ini. Tabel ini juga memperlihatkan nilai dari v , u , h , dan s untuk uap superjenuh.

Tabel Cairan Terkompresi

Uap pada suhu jenuh terjadi pada tekanan cairan jenuh, uap basah atau uap jenuh. Jika suhu nyata lebih besar dari suhu jenuh untuk tekanan cairan jenuh yang diberikan, uap berada dalam fase uap panas lanjut. Zat yang berada dalam fase cair pada suhu dibawah suhu jenuh dan tekanan jenuh, keadaannya didefinisikan hanya oleh tekanan dan suhunya. Cairan yang tidak jenuh ini dikatakan *cairan terkompresi*. Misalkan air sungai mempunyai suhu 65°F pada 1atm . Dari tabel suhu tekanan jenuh untuk 65°F adalah $0,3057\text{ psi}$ dan suhu pada tekanan $14,696\text{ psi}$ adalah $211,99^{\circ}\text{F}$. Pada basis tekanan nyata, cairan adalah termampatkan karena berada pada suhu

147° dibawah suhu jenuh. Pada basis suhu nyata, cairan adalah termampatkan karena tekanannya $14,39\text{ psi}$ diatas tekanan jenuh. Karena cairan termampatkan merupakan berada dalam daerah fase tunggal, tabel disusun untuk memberikan nilai beberapa sifat (v , u , h , dan s) sebagai fungsi tekanan dan suhu untuk cairan termampatkan. Tabel ini *diawali* dengan suhu cairan jenuh. Seperti pada tabel panas lanjut, nilai suhu cair jenuh ditempatkan diantara tanda kurung pada setiap tekanan yang diberikan.

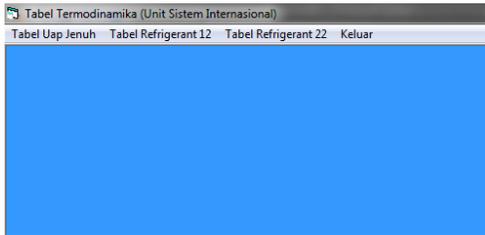
Interpolasi

Seringkali ketika menyelesaikan soal, keadaan yang didapati tidak tepat pada titik nilai yang tersedia dalam tabel sifat. Sehingga diperlukan interpolasi yang teliti terhadap nilai entri yang berdekatan yang pada tabel sifat. Tabel yang tersedia pada lampiran sudah merupakan tabel yang lengkap oleh karena penggunaan interpolasi linier sudah memberikan ketelitian yang memadai. *Sebagai contoh*, Berapakah volum jenis uap pada tekanan 6 kPa ?. Dari tabel diperoleh bahwa untuk $p = 5\text{ kPa}$, $v_f = 0,001005\text{ m}^3/\text{kg}$ dan untuk $p = 7,5\text{ kPa}$, $v_f = 0,001008\text{ m}^3/\text{kg}$. Dengan menggunakan interpolasi linier akan dapat dihitung suhu pada v_f pada $p = 6\text{ kPa}$.

$$v_f = 0,001005 + \frac{6-5}{7,5-5}(0,001008 - 0,001005)\text{ m}^3/\text{kg}$$

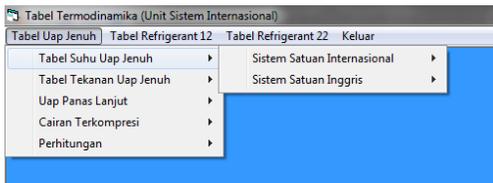
Menampilkan dan Menghitung Sifat-sifat Uap Air dan Refrigerant menggunakan PROTAMIK

Program tabel Termodinamika (PROTAMIK) menyajikan sifat-sifat termodinamis untuk air dan uapnya, R-12, dan R-14. Tampilan utama program ini diberikan dalam gambar 1.



Gambar 1. Tampilan awal PROTAMIK

Program sifat uap dan sifat refrigerant didukung dua satuan yaitu satuan rekayasa (psia, F, Btu/lbm dll) dan unit SI (kPa, C, kJ / kg, dll). Pilih satuan yang sesuai pada menu di bagian atas jendela, ditunjukkan gambar 2.



Gambar 2. Dua system satuan yang digunakan dalam PROTAMIK

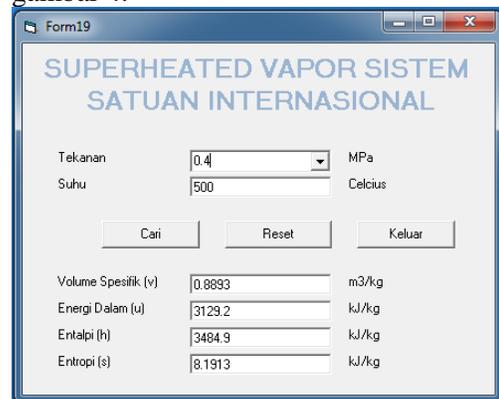
Dalam program ini, tabel ini disajikan secara visual (lihat contoh di bawah) sebagai kumpulan variabel (seperti p , T , v , h , s , dll). Variabel yang diketahui dimasukkan dalam program untuk satuan yang dipilih (lihat Gambar. 3) dan klik pada tombol “Cari” untuk mengevaluasi sifat-sifat zat yang dipilih.



Gambar 3. Tampilan sifat-sifat termodinamis uap jenuh pada suhu 87°C

Program dapat menampilkan sifat uap panas lanjut sebagai fungsi tekanan dan suhu.

Untuk menampilkan sifat uap panas lanjut, memasukkan dua nilai (tekanan dan suhu), kemudian klik tombol “cari”. Misalnya, untuk menghitung sifat uap pada 0.4 MPa dan 500 derajat C, masukkan tekanan dan suhu. Kemudian, klik tombol “cari”, ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Tampilan uap panas lanjut pada tekanan 0,4 MPa dan suhu 500°C

Program ini juga dapat menghitung sifat uap jenuh dan basah sebagai fungsi tekanan jenuh dan kualitas, dan suhu jenuh dan kualitas. Perhitungan uap jenuh dan basah memerlukan masukan kualitas dan tekanan jenuh atau temperatur jenuh. Untuk menghitung sifat uap jenuh, masukkan 1.0 untuk kualitas. Untuk menghitung sifat cair jenuh, masukkan 0.0 untuk kualitas. Untuk calculations steam basah, masukkan nilai kualitas antara 0,0 dan 1,0. Misalnya, untuk menghitung sifat uap jenuh pada 115 derajat C, masukkan 115 untuk suhu dan 1 untuk kualitas. Kemudian, klik tombol “Hitung”, ditunjukkan gambar 5

Gambar 5. Menghitung sifat-sifat uap jenuh termodinamis pada suhu 115°C

Selain sifat uap, program dapat juga digunakan untuk menampilkan sifat R-12 seperti ditunjukkan gambar 6, menampilkan sifat R-12 pada suhu 50 derajat C.

Suhu (C)	Tekanan (MPa)	Sat. Jenuh (C)	Jenuh Jenuh (C)	Sat. Jenuh (C)					
50	1.2193	0.00928	0.01417	0.01344	84.868	121.43	208.248	0.3034	0.3718

Gambar 6. Tampilan sifat sifat R-12 pada suhu 50°C

Kesimpulan

Telah dapat dibuat program yang dapat digunakan untuk menampilkan sifat-sifat termodinamis dari uap berdasarkan tabel ASME, R-12, dan R-22 berdasarkan tabel ASHRAE. Program dapat juga digunakan untuk menghitung sifat-sifat termodinamik berdasarkan tekanan jenuh dan kualitas, suhu jenuh dan kualitas.

Daftar Pustaka

- [1]. Asme Steam Tables Compact Edition, "Properties of Saturated and Superheated Steam in U.S. Customary and SI Units from the International Standard for Industrial Use", Asme, 2006
- [2] Kartsounes, G. T., "Calculation of the Thermodynamic Properties of Refrigerants 12, 22, and 502 Using a Digital Computer", International Compressor Engineering Conference. Paper 43(1972).
- [3]. Khuriati, A, "Termodinamika", Graha Ilmu, 2010.
- [4]. Malhotra, A, Panda D.M.R "Thermodynamic properties of superheated and supercritical steam", Applied Energy 68, pp 387-393 (2001)
- [5]. The ASHRAE Handbook— Fundamentals, 2009.
- [6]. Wang, X, An, B, Duan, Y.Y, Zhi-Xue Wang, Z.X, Lee D.J, "Efficient and accurate computation scheme of p-T thermodynamic properties of water and steam" Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers 43, pp 845–851(2012)