

Coefficient of Performance pada Coldstorage PT IMPD/PT WIFI Sorong

FIANTI

Program Studi Teknik Mesin
Universitas Kristen Papua
Email: fiantiukip@gmail.com

ABSTRAK

Coldstorage adalah ruangan yang dirancang sedemikian rupa agar dapat mempertahankan tingkat suhu tertentu, yang dibuat dengan tujuan untuk menaruh bermacam produk bahan makanan dan lain sebagainya agar kesegarannya dapat bertahan lebih lama. Sistem Pendingin (Refrigeration system) atau sistem refrigerasi merupakan suatu sistem yang dapat menurunkan dan menjaga temperature ruangan atau material tertentu menjadi lebih rendah temperaturnya dari pada temperatur lingkungan. Yaitu dengan cara memindahkan panas kalor dari ruang/material tersebut ke luar sistem atau ruangan yang lain. Coeffisien of Performance (COP) merupakan suatu nilai perbandingan antara kapasitas penyerapan panas yang terjadi di evaporator dengan sejumlah kerja kompresi yang dilakukan di kompresor. Nilai COP merupakan nilai COP aktual atau yang sebenarnya terjadi. COP carnot, merupakan nilai COP yang ideal dengan menganggap bahwa kalor yang dilepas di kondensor adalah sama dengan kalor yang diambil di evaporator ditambah energi yang dikeluarkan di kompresor. Efisiensi refrigerasi adalah perbandingan antara Coefficient of Performance Actual dan Coefficient of Performance Carnot. Efisiensi refrigerasi juga menunjukkan kedekatan sistem atau siklus pendingin tersebut dengan siklus ideal yang mampu-balik, yaitu siklus Carnot. Dengan Nilai COP aktual sebesar 4.33 dan Nilai COP carnot 4,52 dan efisiensi refrigerasi sebesar 96 %, maka ruang pendingin Cold Storage sudah dimanfaatkan dengan baik.

Kata Kunci: *Coefficient of Performance, Cold Storage, Efisiensi Refrigerasi*

ABSTRACT

Cold storage is a room designed in such a way as to maintain a certain temperature level, which is made with the aim of storing various food products and so on so that their freshness can last longer. A cooling system or refrigeration system is a system that can reduce and maintain the temperature of a room or certain materials to a lower temperature than the ambient temperature. Namely by transferring heat from the space/material to outside the system or another room. Coefficient of Performance (COP) is a comparison value between the heat absorption capacity that occurs in the evaporator and the amount of compression work carried out in the compressor. The COP value is the actual COP value or what actually occurs. Carnot COP, is the ideal COP value assuming that the heat released in the condenser is the same as the heat taken in the evaporator plus the energy released in the compressor. Refrigeration efficiency is a comparison between the Actual Coefficient of Performance and the Carnot Coefficient of Performance. Refrigeration efficiency also shows the closeness of the cooling system or cycle to the ideal reversible cycle, namely the Carnot cycle. With an actual COP value of 4.33 and Carnot COP value of 4.52 and a refrigeration efficiency of 96%, the Cold Storage refrigeration space has been utilized well.

Keywords: *Coefficient of Performance, Cold Storage, Refrigeration Efficiency*

PENDAHULUAN

Coldstorage merupakan suatu mesin refrigerasi yang digunakan untuk menyimpan suatu produk dalam suhu tertentu, sehingga kualitas produk tetap terjaga. Dan merupakan

sebuah penemuan mutahir yang memberikan kemudahan bagi sebagian orang yang ingin menyimpan barangnya agar tetap dalam keadaan segar (Rahmat, Muhammad Rais. 2015). Ruang yang disediakan telah diprogram

dengan suhu tertentu dan juga rancangan khusus agar dapat mempertahankan kesegaran barang yang disimpan didalamnya. *Coldstorage* adalah ruangan yang dirancang sedemikian rupa agar dapat mempertahankan tingkat suhu tertentu (Rahmat, Muhammad Rais. 2015). Ruangan penyimpanan ini dibuat dengan tujuan untuk menaruh bermacam produk bahan makanan dan lain sebagainya agar kesegarannya dapat bertahan lebih lama. Penyimpanan khusus ini pada umumnya dibuat berdasarkan kebutuhan spesifik dan luas bangunan yang tersedia di lokasi. Dengan mengoptimalkan luas bangunan yang biasa dibuat pada lokasi juga bertujuan agar pembuatan *Coldstorage* dapat memenuhi kebutuhan. Umumnya pembuatan *Coldstorage* ini dimulai dari survei lokasi guna memastikan bahwa segala kebutuhan penyimpanan beku tersebut dapat diakomodasi di lokasi. Ruangan pendingin ini (*Coldstorage*) memiliki banyak daya tampung penyimpanan dari produk yang berkapasita kecil hingga yang berkapasitas besar. Namun didalam pengoperasiannya, massa produk rata-rata yang masuk ruang pendingin (*Coldstorage*) tersebut dalam per harinya sekitar 1 sampai 2 ton produk yang dihasilkan.

Salah satu hal yang perlu diperhatikan ketika membicarakan kualitas suatu proses pendingin bersama produknya adalah bagaimana suatu sistem pendingin bekerja secara maksimal dengan baik agar suatu proses pendinginan dan produk mencapai standar yang di inginkan. Dalam hal ini, memantau sistem kerja mesin pendingin diperusahaan ditempat kami melakukan praktikum masih dipantau secara visual, yaitu dilakukan berdasarkan SOP yang telah ditetapkan. Sehingga dalam penulisan ini akan mengkaji kerja sistem mesin pendingin dengan perhitungan tersebut dapat menjadikan nilai- nilai ini sebagai acuan pada kualitas proses pendingin dan produk yang di inginkan. Beban kalor yang diperhitungkan dalam sistem ini adalah beban kalor transmisi yang tersimpan dalam produk, dihasilkan sebagaimana yang diharapkan maka tekanan dan temperature kerja masing-masing komponen utama dari sistem pembekuan perlu diperhatikan selain waktu yang digunakan dalam penyimpanan tersebut.

KAJIAN PUSTAKA

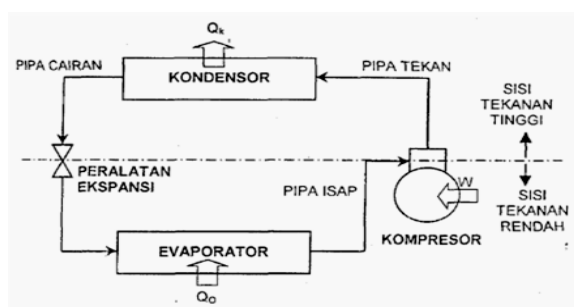
Sistem Pendingin (Refrigeration System)

Sistem Pendingin (*Refrigeration system*) atau sistem refrigerasi merupakan suatu sistem yang dapat menurunkan dan menjaga temperature ruangan atau material tertentu menjadi lebih rendah temperaturnya dari pada temperatur lingkungan. Yaitu dengan cara memindahkan panas kalor dari ruang/material tersebut ke luar sistem atau ruangan yang lain (Anshar, Firman Muhammad, 2018).

Pada dasarnya sistem pendingin udang (*cold storage*) ini memiliki prinsip kerja yang sama dengan kulkas (*freezer*) yang ada pada rumah – rumah. Hanya saja kapasitasnya yang jauh lebih besar dari kulkas ini yang mengakibatkan cold storage memiliki mekanisme mesin yang kompleks dan cukup rumit. Cold storage ini terdiri dari sebuah wadah / tempat penyimpanan udang yang besar yang didinginkan oleh sebuah unit pendingin. Adapun unit pendingin yang digunakan pada cold storage ini adalah jenis sistem refrigerasi kompresi uap, dimana sebagai media pendinginnya masih menggunakan refrigerant R404.

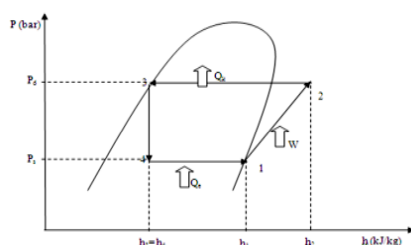
Dinamakan sistem refrigerasi kompresi uap karena pada unit pendingin ini menggunakan kompresor yang memompa uap refrigerant dari sisi tekanan rendah hingga menjadi uap tekanan tinggi. Sehingga pada sistem refrigerasi kompresi uap ini terdapat dua kondisi tekanan berbeda yaitu sisi tekanan tinggi dan sisi tekanan rendah. Pada sisi tekanan rendah inilah yang digunakan untuk proses pendinginan karena temperaturnya juga rendah hingga dapat menyerap panas dari lingkungan sekitarnya.

Secara umum sistem refrigerasi kompresi uap ini terdiri dari 4 (empat) komponen utama, yaitu: kompresor, kondensor, alat ekspansi, dan evaporator (Rahmat, Muhammad Rais. 2015). Keempat komponen utama tersebut dihubungkan oleh pipa besi / tembaga hingga menjadi satu rangkaian tertutup sehingga membentuk suatu siklus (proses yang berulang – ulang) transfer panas dari lingkungan ke sistem, dan dari sistem ke lingkungan kembali. Sebagai media transfer panas yang bersirkulasi di dalam rangkaian tersebut digunakan refrigeran (biasa disebut freon) yang dapat dikompresi maupun di ekspansi untuk menaikkan dan menurunkan temperaturnya pada kondisi tertentu. Berikut adalah diagram rangkaian pemipaan sederhana dari sistem refrigerasi kompresi uap.



Gambar 1. Diagram Pemipaan Sistem Refrigerasi Kompresi Uap Sederhana (Holman, JP. E. Jasifi, 1994)

Jika siklus refrigerasi tersebut digambarkan pada diagram Tekanan– Entalphy (diagram P-h) maka akan terlihat seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 2. Siklus Refrigerasi pada Diagram Tekanan-Entalpi (Dossat, Roy, J. 1981)

Penjelasan proses dari kedua gambar tersebut diatas adalah sebagai berikut:

1. Proses 1–2 (kompresi), merupakan proses kompresi uap refrigeran dari keadaan awal tekanan dan temperatur rendah yang dikompresi secara reversibel dan isentropik sehingga mengakibatkan tekanan dan temperaturnya menjadi lebih tinggi daripada temperatur lingkungan.
2. Proses 2–3 (kondensasi), proses ini terjadi di kondensor dimana uap refrigeran dengan tekanan dan temperatur tinggi tersebut kemudian masuk ke kondensor untuk melepas panas ke lingkungan hingga berubah fasa menjadi refrigeran cair bertekanan tinggi.
3. Proses 3–4 (ekspansi), refrigeran cair yang masih bertekanan tinggi kemudian masuk alat ekspansi untuk diturunkan tekanannya sehingga temperaturnya pun turun (lebih rendah daripada temperatur lingkungan) dan sebagian refrigerant cair tersebut berubah fasa menjadi uap.

Proses Kompresi

Proses kompresi ini terjadi di kompresor, dimana fasa yang masuk ke kompresor adalah uap jenuh dengan tekanan dan temperatur yang rendah. Kerja yang diberikan pada refrigeran dengan cara di pompakan (dikompresikan) agar tekanan naik sehingga temperaturnya juga menjadi naik (titik didih naik). Pada fasa ini, uap refrigeran yang keluar dari kompresor berubah menjadi fasa uap superhead dengan tekanan tinggi.

Temperatur refrigeran akan lebih tinggi daripada temperatur lingkungan tempat kompresor tersebut ditempatkan. Refrigeran mengalami kompresi secara isentropik. Atau dengan kata lain kerja kompresor dihitung dari selisih antara entalpi refrigerant keluaran (h_2) dan entalpi refrigerant masukan kompresor (h_1) dikalikan dengan massa refrigeran yang melewatinya. Karena refrigerant yang melewati kompresor mengalir dengan kecepatan tertentu, dinyatakan dalam satuan energy per satuan waktu (daya) dengan cara mengalikan selisih entalpi keluar dan masuk dengan laju aliran massa refrigerant yang mengalir, yaitu

$$P_{\text{Kompresor}} = m (h_2 - h_1) \quad (1)$$

Dimana:

- $P_{\text{Kompresor}}$: Daya mekanik kompresor, kW
 m : Massa refrigerant yang melewati kompresor, kg/s
 h_2 : Entalpi refrigerant keluaran kompresor, kJ/kg
 h_1 : Entalpi refrigerant masukan kompresor, kJ/kg

Persamaan diatas merupakan rumus untuk menghitung nilai daya mekanik dari kompresor, yaitu kerja yang disebabkan oleh gerakan piston kompresor. Dalam istilah mesin daya ini sering disebut dengan daya output (P_o).

Proses Ekspansi

Proses ekspansi merupakan suatu proses penurunan tekanan. Proses ini terjadi dikatub ekspansi. Setelah refrigeran melepas kalor di kondensor, refrigeran berfasa cair yang berasal dari kondensor akan mengalir menuju katup ekspansi untuk diturunkan tekanan dan

temperaturnya. Diharapkan temperatur yang akan terjadi lebih rendah dari pada temperatur lingkungan, sehingga dapat menyerap kalor pada saat berada di evaporator. Dalam proses ekspansi ini tidak terjadi proses penerimaan ataupun pelepasan energi. Maka, dapat dinyatakan $h_3 = h_4$, dimana h_3 = Entalpi refrigeran keluar kompresor (kJ/kg) dan h_4 = Entalpi refrigeran masuk evaporator (kJ/kg)

Proses Evaporasi

Refrigeran yang mengalir di evaporator sebagian besar berfasa cair dan bertemperatur lebih rendah dari temperatur lingkungan. Selanjutnya refrigerant tersebut menyerap kalor dari lingkungan sekitar yang mengakibatkan semua refrigerant cair pada evaporator tersebut menguap kembali menjadi fasa gas. Sejumlah panas yang diserap di evaporator tersebut dapat dihitung juga berdasarkan data dari siklus refrigerasi kompresi uap pada diagram Tekanan – Entalpi (P-h diagram). Dan berdasarkan gambar 2 diatas besarnya laju panas yang diserap di evaporator dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$Q_{ev} = m (h_2 - h_1) \quad (2)$$

Dimana:

- Q_{ev} : Kapasitas penyerapan panas evaporator, kW
 m : Massa refrigerant yang melewati kompresor, kg/s
 h_1 : Entalpi refrigerant masukan kompresor, kJ/kg
 h_2 : Entalpi refrigerant keluaran kompresor, kJ/kg

Selain kerja kompresor dan kapasitas penyerapan panas di evaporator, pada system refrigerasi kompresi uap juga dikenal istilah *coefficient of performance* (COP) yang mana nilai COP tersebut merupakan suatu nilai perbandingan antara kapasitas penyerapan panas yang terjadi di evaporator dengan sejumlah kerja kompresi yang dilakukan di kompresor. Atau dengan kata lain,

$$COP_{aktual} = \frac{Q_{ev}}{P_{komp}} \quad (3)$$

Dimana;

- COP_{aktual} : *Coefficient of Performance* aktual

Q_{ev} : Kapasitas penyerapan panas evaporator, kW

P_{komp} : Daya mekanik kompresor, kW

Nilai COP tersebut merupakan nilai COP aktual atau yang sebenarnya terjadi. Terdapat juga istilah COP carnot, dimana merupakan nilai COP yang ideal dengan menganggap bahwa kalor yang dilepas di kondensor adalah sama dengan kalor yang diambil di evaporator ditambah energi yang dikeluarkan di kompresor. Sehingga rumus COP Carnot ini adalah:

$$COP_{carnot} = \frac{T_{evaporasi}}{T_{kondensasi} - T_{evaporasi}} \quad (4)$$

Dimana:

- COP_{carnot} : *Coefficient of Performance* berdasarkan siklus carnot
 $T_{evaporasi}$: Temperatur Evaporasi (°C)
 $T_{kondensasi}$: Temperatur Kondensasi (°C)

Efisiensi Refrigerasi

Efisiensi refrigerasi adalah perbandingan antara *Coefficient Of Performance Actual* dan *Coefficient Of Performance Carnot*. Efisiensi refrigerasi juga menunjukkan kedekatan sistem atau siklus pendingin tersebut dengan siklus ideal yang mampu-balik, yaitu siklus Carnot. Efisiensi refrigerasi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\eta = \frac{COP_{aktual}}{COP_{carnot}} \times 100 \% \quad (5)$$

Dimana:

- η : Efisiensi refrigerasi (%)
 COP_{aktual} : *Coefficient of Performance* aktual
 COP_{carnot} : *Coefficient of Performance* berdasarkan siklus carnot

METODOLOGI PENELITIAN

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dijabarkan sebagai berikut:

1. Persiapan
 Tahap ini kegiatan yang dilakukan adalah penyusunan proposal, dan persiapan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan turun kelapangan dan langsung menuju lokasi penelitian untuk melakukan pengambilan data. Data tersebut di peroleh dengan cara melihat langsung maupun menanyakan kepada responden yaitu pengelola fasilitas *coldstorage* juga data sekunder yang diperoleh dari PT.IMP/PT.WIFI.

Analisis Data

Analisis data diuraikan sebagai berikut:

Analisis Pemanfaatan Fasilitas

Adapun tahapan analisis pemanfaatan fasilitas yaitu dengan cara sebagai berikut:

1. Mengelompokkan yang ada berdasarkan pemanfaatannya, yakni dimanfaatkan atau tidak dimanfaatkannya fasilitas tersebut.
2. Mengelompokkan fasilitas yang dimanfaatkan, yakni sesuai dengan peruntukan dan tidak sesuai peruntukannya.

Analisis Efisiensi

Penggunaan analisis efisiensi adalah untuk menentukan tingkat keefisienan system refrigeras yang ada. Untuk penentuan tingkat keefisienan fasilitas diperlukan data kondisi seharusnya. Data tersebut dijadikan dasar untuk perhitungan tingkat efisiensi system refrigerasi seperti yang telah dikemukakan oleh dari tingkat efisiensi yang diperoleh selanjutnya ditentukan jenis efisiensi pemanfaatan fasilitas dengan menggunakan kriteria sebagai berikut:

Tabel 1. Tingkat Efisiensi Pemanfaatan Fasilitas

No	Tingkat Efisiensi	Jenis Efisiensi
1.	>100%	Sangat Efisiensi
2.	76 – 100%	Efisiensi
3.	51 – 75%	Kurang Efisiensi
4.	26 – 50%	Tidak Efisiensi
5.	1 – 25%	Sangat Tidak Efisiensi

PEMBAHASAN

Hasil Perhitungan COP

Tabel 2. Data Ruang Pendingin

Daya kompresor (P)	22 kW
Jenis kompresor	Sabroe TCMO 28 (8 silinder)
Ukuran ruangan pendingin	P = 12.9 m ; L = 12.3 m ; T = 3.3 m

Jumlah lampu	4 buah masing-masing 40 Watt
Jumlah pekerja	8 orang

Tabel 3. Data Pendingin pada Ruang Pendingin

Hari	P _{dis} (Bar)	P _{suc} (Bar)	T _{dis} (°C)	T _{suc} (°C)
1	11.768	3.923	70	35
2	11.768	3.637	70	40
3	12.768	3.637	65	35
4	10.768	2.874	65	40
5	12.768	2.874	70	35

Tabel 4. Data Pendingin pada Ruang Pendingin

Hari	T _{out kom} (°C)	T _{in eva} (°C)	T _{linek} (°C)	T _{ruang} (°C)
1	33	-22	30	-19
2	34	-21	32	-19
3	32	-22	30	-20
4	35	-21	31	-21
5	37	-22	30	-21

Dari data yang ada, maka kita dapat menghitung masa aliran fluida (m) dnengan menggunakan persamaan (1):

$$\begin{aligned}
 P_{\text{Kom}} &= m(h_2 - h_1) \\
 m &= P_{\text{Kom}} / (h_2 - h_1) \\
 &= 22 / (470,75 - 411,63) \\
 &= 0,38 \text{ kg/s}
 \end{aligned}$$

selanjutnya Nilai aliran fluida (m), digunakan untuk menghitung Nilai kapasitas pendingin di evaporator dengan menggunakan persamaan (2):

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{ev}} &= m(h_1 - h_4) = 0,38(470,75 - 220,14) \\
 &= 95,23 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Setelah kita memperoleh Nilai Kapasitas pendingin di evaporator (Q_{ev}), selanjutnya kita akan menghitung Nilai *Coefficient Of Performance* Aktual dan Nilai *Coefficient Of Performance Carnot* dengan menggunakan persamaan (3) dan (4):

$$\text{COP}_{\text{aktual}} = \frac{Q_{\text{ev}}}{P_{\text{kom}}} = \frac{95,23}{22} = 4,33$$

$$\begin{aligned}
 \text{COP}_{\text{carnot}} &= \frac{T_{\text{evaporasi}}}{T_{\text{kondensasi}} - T_{\text{evaporasi}}} \\
 &= \frac{(-21,5) + 273}{34,2 - (-21,5)} \\
 &= 4,52
 \end{aligned}$$

Nilai *Coefficient Of Performance* Aktual dan Nilai *Coefficient Of Performance Carnot* yang di peroleh, selanjutnya digunakan untuk

menghitung efisiensi refrigerasi dengan menggunakan persamaan (5):

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{COP_{\text{aktual}}}{COP_{\text{carnot}}} \times 100\% \\ &= \frac{4,33}{4,52} \times 100\% \\ &= 96\%\end{aligned}$$

PENUTUP

Berdasarkan Perhitungan pada hasil dan pembahasaan diperoleh nilai *Coefficient of Performant* (COP) dan efisiensi refrigerasi, maka dapat disimpulkan bahwa:

Dengan Nilai COP aktual sebesar 4.33 dan Nilai COP carnot 4,52 dan efisiensi refrigerasi sebesar 96 %, maka ruang pendingin *Cold Storage* sudah dimanfaatkan dengan baik.

Cold Storage dapat menampung udang beku mencapai 233,86 Kg = 0,234 on dan beban pendingan cold Storage adalah 12866,95 Btu/hr, dengan total jumlah beban pendingin dari luar *cold storage* sebesar 11804.545 Btu /hr.

Untuk kemajuan dan perkembangan perusahaan, dapat ditingkatkan lagi kedisiplinan karyawan dan pengelolaan yang lebih baik agar dapat produktivitas pada PT. WIFI/ PT. IMPD dapat lebih meningkat lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anshar, Firman Muhammad. Refrigerasi dan Pengkondisian Udara. Edited by Firman, Makasar: Garis Putih Praama, 2018.
- Dendy Akbar Hakim, Sapto Andriyono 1998. Aplikasi Teknik Refrigerasi Pada Pembekuan Udang di PT GRAHA
- Dossat, Roy, J. 1981.” Principle of Refrigeration” SI Edition. Canada: Jhon Willey and Son.1981
- Holman, JP. E. Jasifi (penerjemah). Perpindahan Panas, Edisi Keenam. Penerbit Erlangga. Jakarta. 1994
- Juanda dan Martunis. Analisa Kelayakan Finansial Pengembangan Cold Storage Plant Di Pelabuhan Perikanan Lampulo Baru Banda Aceh. Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia. 1985

- Karyanto, E. dan E. Paringga. 2004. Penuntun Praktikum Mesin Pendingin. Restu Agung, Jakarta.
- Ningsih, S.W. Studi Pemanfaatan Fasilitas Pelabuhan Perikanan Nusantara Sibolga Provinsi Sumatera Utara. 2011
- Rahmat, Muhammad Rais. 2015. “Perancangan Cold Storage untuk Produk Reagen” dalam jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol.3, No. 1, Februari 2015. Bekasi: Universitas Islam 45 bekasi.
- Sofyan, I. 1983. Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan. Teknik Pendinginan Ikan. CV. Paripurna, Jakarta.
- Stoecker. W.F. 1980. Refrigeration and Air Conditioning. Tata Mc-Graw Hill Publishing Company Ltd, New Dehli.
- Sumanto, Drs, MA. Dasar-dasar Mesin Pendingin. Penerbit ANDI, Jakarta 2008
- Sumanto dan Handoko. 1981. Dasar-Dasar Mesin Pendingin. Andi, Yogyakarta.
- Sularso dan T. Haruo.1983. Pompa dan Kompresor. Pradnya Paramitha, Jakarta.
- W.A. Jhonston. Freezing and Refrigerated Storage in Fisheries. Food and Agriculture Organization of the United Nations. USA 1994.