

RANCANG BANGUN KETEL UAP PADA RUMAH SAKIT DENGAN KAPASITAS 400 TEMPAT TIDUR

Edy Syahputra^{1*}, Riky Wardhana² & Indra Hermawan³
^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Universitas Al Azhar Medan
³Program Studi Mesin Otomotif, Politeknik LP3I Medan
*E-mail: Edysaragih_78@yahoo.com

ABSTRAK

Ketel merupakan suatu bejana yang bertekanan tertutup yang diberikan kalor untuk menaikkan temperatur air hingga menjadi uap. Uap pemanas digunakan untuk sistem pembangkit daya, proses produksi, rumah sakit dan sebagainya. Salah satu pendukung rumah sakit yang peranannya cukup penting adalah ketel uap, dimana penggunaan ketel uap bertujuan untuk meningkatkan pelayanan di rumah sakit. Uap yang dihasilkan berupa uap jenuh dimanfaatkan untuk keperluan laundry dan dapur. Ketel uap mendapat suplai kalor dari pembakaran bahan bakar. Tujuan dari penelitian adalah merancang sebuah ketel uap pipa api untuk kebutuhan uap rumah sakit dengan kapasitas 400 tempat tidur. Perencanaan dilakukan untuk menghitung kebutuhan uap untuk tiap – tiap unit pengguna, perhitungan kapasitas serta tekanan kerja ketel uap yang akan digunakan. Dilakukan juga analisa pembakaran bahan bakar serta perhitungan ukuran–ukuran utama ketel. Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan jenis ketel uap adalah ketel uap pipa api dengan kapasitas 22265 kg/jam, tekanan uap 7 bar, temperatur uap 164,65°C dan efisiensi 80%. Jenis bahan bakar yang digunakan solar dengan konsumsi 151,14 kg/jam, LHV 43.870,68 kJ/kg, HHV 46.453,08 kJ/kg, kebutuhan udara pembakaran 2.557,29 kg udara/jam, produksi gas asap 2.707,36 kg/jam dan kelembaban gas asap 9,978%. Lorong api (ruang bakar) yang digunakan berdiameter dalam 1.010 mm, diameter luar 1.038 mm, tebal dinding 14 mm dan panjang 3.950 mm. Pipa api yang digunakan ukuran 2 in, No. skedul 40, diameter luar 60,3 mm, diameter dalam 52,5 mm, tebal 309 mm, panjang 3.950 mm, jumlah 67 buah dan bahan adalah Baja Karbon Seamless (*Seamless carbon steel*) A53, A106. Ukuran drum ketel, diameter dalam 1.830 mm, diameter luar 1.850 mm, tebal 10 mm, panjang 4.250 mm dan bahan baja karbon SA 515-65. Cerobong asap, diameter 440 mm, tinggi 12.190 mm.

Kata kunci : Ketel Uap, Rumah Sakit.

PENDAHULUAN

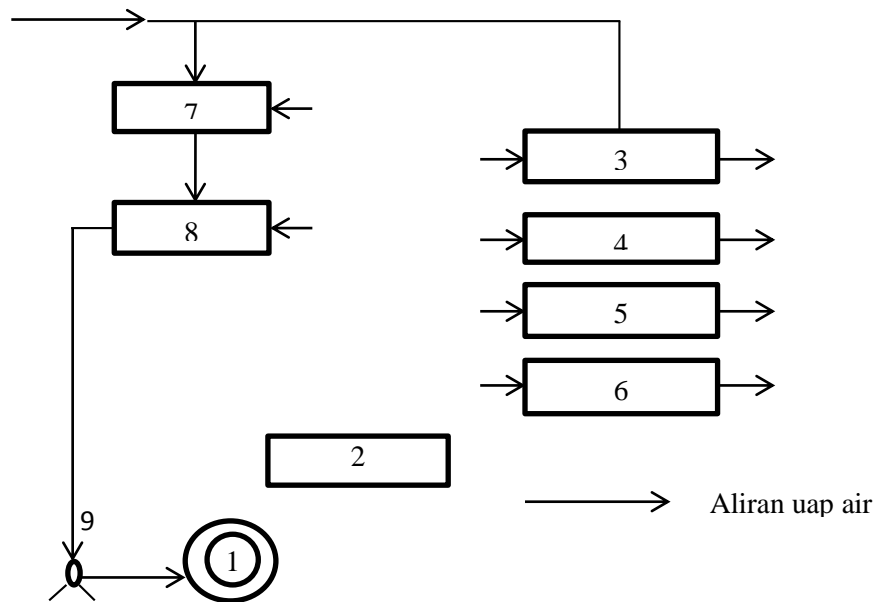
Ketel merupakan suatu bejana yang bertekanan tertutup yang diberikan energy panas (kalor) untuk menaikkan temperature air atau pun memanaskan air hingga menjadi uap. Uap dari pemanasan ini digunakan untuk system pembangkit daya, proses produksi, pabrik, rumah sakit dan proses – proses lainnya.

Rumah sakit merupakan suatu bentuk sarana pelayanan kesehatan masyarakat yang disediakan bagi setiap orang yang membutuhkan pelayananyang meliputi perawatan dan pengobatan serta pelayanan rawat inap berikut makan minum. Kesadaran masyarakat akan pentingnya kesehatan harus diimbangi dengan peningkatan pelayanan dirumah sakit. Untuk alasan tersebut suatu rumah sakit haruslah dilengkapi dengan berbagai fasilitas secara medis maupun teknis. Salah satu pendukung rumah sakit yang peranannya cukup penting adalah ketel uap, dimana pelayanan penggunaan ketel uap bertujuan untuk meningkatkan pelayanan di rumah sakit. Uap yang dihasilkan dari ketel uap berupa uap jenuh yang dimanfaatkan untuk keperluan laundry dan dapur. Ketel uap mendapat suplai kalor dari pembakaran bahan bakar cair.

Tujuan dari penelitian ini adalah Merancang sebuah ketel uap pipa api untuk kebutuhan uap suatu rumah sakit umum dengan kapasitas rumah sakit 400 tempat tidur. Perencanaan ini dilakukan perhitungan kebutuhan uap untuk tiap – tiap unit pengguna uap, perhitungan kapasitas serta tekanan kerja ketel uap yang akan digunakan untuk menetapkan spesifikasi ketel rancangan. Juga dilakukan analisa pembakaran bahan bakar serta perhitungan ukuran – ukuran utama ketel.

METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian perencanaan ketel uap untuk kebutuhan rumah sakit ini data-data yang digunakan merupakan data yang diperoleh dari survey lapangan pada rumah sakit yang ada sebagai data acuan dalam perhitungan perencanaan ketel uap, selain itu dilakukan juga studi literatur untuk melengkapi data-data yang sudah ada. Pada gambar 1 diperlihatkan skema instalasi distribusi uap yang direncanakan.



Gambar 1. Skema distribusi uap

Keterangan gambar

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1. Ketel Uap | 6. Rice Cooker |
| 2. Steam Header | 7. Water Treatment |
| 3. Mesin Cuci | 8. Deaerator |
| 4. Mesin Pengering | 9. Pompa Pengisian |
| 5. Setrika | |

Pada gambar 1 dapat dilihat air pengisian dipompakan kedalam drum ketel, kemudian dipanaskan hingga menjadi uap. Uap yang dihasilkan dikumpulkan dalam steam header yang selanjutnya dialirkan melalui pipa – pipa penyalur ke unit – unit pengguna uap. Tekanan uap untuk setiap peralatan dapat dikontrol melalui katub – katub yang ada pada pipa. Air kondesat yang dihasilkan disalurkan kembali ke deaerator setelah mengalami proses water treatment. Sebagian uap yang dihasilkan kemudian digunakan untuk memanaskan air yang terkumpul di deaerator. Air panas yang dihasilkan kemudian dipompakan kedalam drum ketel. Proses ini berlangsung secara berulang – ulang dan terkendali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketel uap dirancang untuk kelengkapan sebuah rumah sakit dengan tempat tidur 400 buah, dengan rincian seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kamar dan Jumlah tempat tidur

No.	Tipe kamar	Jumlah ruangan	Jumlah tempat tidur per ruangan	Jumlah tempat tidur	Letak kamar (lantai)
1.	Super VIP	4	1	4	I
2.	VIP	12	1	12	I
3.	Kelas I Plus	25	2	50	II
4.	Kelas I	8	2	16	III
5.	Kelas II	12	5	60	III
6.	Kelas III	30	8	240	I
7.	Ruang Operasi	6	1	6	I
8.	Ruang Bayi	2	4	8	
	Total	99		400	

Kesetimbangan energy yang terjadi pada proses pencampuran uap dan air pada laundry ada 3 unit mesin yang menggunakan uap yaitu mesin cuci, pengering dan setrika pakaian. Jenis – jenis pakaian yang dicuci dan frekuensi pengantiannya diperlihatkan pada tabel 2.

Tabel 2. Jenis pakaian yang dicuci dan frekuensi pengantiannya

No.	Jenis pakaian	Berat rata – rata (gr)	Frekuensi Pengoperasian
1.	Seprei	600	1 kali / hari / tempat tidur
2.	Selimut	500	1 kali / hari / tempat tidur
3.	Sarung Bantal	60	1 kali / hari / tempat tidur
4.	Taplak Meja	60	1 kali / 3 hari / tempat tidur
5.	Handuk	500	2 kali / hari / tempat tidur
6.	Gorden	600	1 kali / 6 hari / tempat tidur
7.	Jas Operasi	300	1 kali / pengoperasian / tempat tidur
8.	Baju Operasi	200	1 kali / pengoperasian / tempat tidur
9.	Celana Operasi	200	1 kali / pengoperasian / tempat tidur
10.	Topi Operasi	20	1 kali / pengoperasian / tempat tidur
11.	Masker	20	1 kali / pengoperasian / tempat tidur
12.	Doek	40	1 kali / pengoperasian / tempat tidur
13.	Laken	40	1 kali / pengoperasian / tempat tidur
14.	Popok	30	8 kali / hari / tempat tidur
15.	Gurita	30	4 kali / hari / tempat tidur
16.	Baju Bayi	30	4 kali / hari / tempat tidur

Dari tabel 2 dapat ditentukan berat kain kotor dari seluruh ruangan yang ada setiap harinya jika seluruh tempat tidur terisi penuh, tabel 3. Diperlihatkan data berat kain kotor dari seluruh ruangan jika tempat tidur ditiap kamar terisi penuh (asumsi maksimum).

Tabel 3. Berat kain kotor dari seluruh ruangan jika tempat tidur terisi penuh

No.	Jenis pakaian	Sumber								Jlh (kg)
		Super VIP	VIP	Kls I Plus	Kls I	Kls II	Kls III	R. bayi	R. Operasi	
1.	Seprei	2,4	7,2	30	9,6	3,6	144	-	3,6	200,4
2.	Selimut	2	6	25	8	30	120	-	-	191
3.	Sarung bantal	24	0,72	3,0	0,96	3,6	14,4	-	0,48	47,16
4.	Taplak meja	0,08	0,24	0,5	0,32	1,2	4,8	-	-	7,14
5.	Handuk	4	1,2	50	1,6	-	-	-	-	56,8
6.	Gorden	0,4	1,2	5	1,6	6	24	0,8	0,6	39,6
7.	Jas operasi	-	-	-	-	-	-	-	16,2	16,2
8.	Baju operasi	-	-	-	-	-	-	-	10,6	10,6
9.	Celana operasi	-	-	-	-	-	-	-	10,6	10,6
10.	Topi operasi	-	-	-	-	-	-	-	1,08	1,08
11.	Masker	-	-	-	-	-	-	-	1,08	1,08
12.	Doek	-	-	-	-	-	-	-	2,16	2,16
13.	Laken	-	-	-	-	-	-	-	2,16	2,16
14.	Popok	-	-	-	-	-	-	1,92	-	1,92
15.	Gurita	-	-	-	-	-	-	0,96	-	0,96
16.	Baju bayi	-	-	-	-	-	-	0,96	-	0,96
Jumlah (gr)		9,12	27,36	104,4	20,48	44,4	347	8,48	44,0,2	588

Kebutuhan uap untuk proses pencucian dan pengeringan (laundry), dapur (rice cooker) dan daerator diperlihatkan pada tabel 4.

Tabel 4. Data kebutuhan uap

No	Jenis pemakaian	Kebutuhan uap (kg/jam)
1.	Mesin Cuci	75,6
2.	Mesin Pengering	121,2
3.	Mesin Sterika	1.864,74
4.	Dapur (Rice cooker)	92,94
5.	Deaerator	86,92
Total		2.242,9

Dari tabel 4 diperoleh bahwa kapasitas ketel uap yang direncanakan adalah ketel dengan uap yang dihasilkan sebesar 2.264 kg/jam dengan tekanan 7 bar.

Panas atau kalor sebagai sumber energi pada ketel uap diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar didapur ketel (ruang bakar) yang digunakan untuk memanaskan air sehingga diperoleh uap dengan tekanan, kapasitas dan temperature yang diinginkan. Ketel pipa api ini direncanakan menggunakan bahan bakar solar atau *internal diesel oil*. Jenis bahan bakar ini dipilih atas pertimbangan disebabkan karena mudah disimpan (tidak membutuhkan tempat yang khusus), lebih sesuai dipakai pada instalasi dimana beban berfluktuasi dan nilai kalor yang tinggi dibanding bahan

bakar kayu atau batu bara. Kebutuhan bahan bakar dengan massa uap 2.265 kg/jam dengan efisiensi ketel 90% adalah 151,14 kg/jam. Kebutuhan udara selama 1 jam operasi ketel adalah 2.557,29 kg udara/jam. Analisis gas asap yang terbentuk dari hasil pembakaran dan gas sisa pembakaran yang terjadi komposisinya terlihat pada tabel 5.

Table 5. Komposisi gas asap

No.	Gas Asap	Berat (kg/kgbb)	Berat. m _f (kg/jam)	Persentase
1.	CO ₂	3,157	477,148	17,622
2.	H ₂ O	1,071	161,87	5,978
3.	SO ₂	0,024	3,627	0,134
4.	O ₂	0,65	98,24	2,628
5.	N ₂	13,011	1966,48	72,634
Jumlah		17,915	2707,36	100

Ruang bakar merupakan suatu tempat pembakaran bahan bakar untuk mendapatkan panas yang kemudian akan digunakan untuk memanaskan air sehingga menjadi uap, pada bidang pemanas. Perencanaan ini dipilih lorong jenis yang bergelombang dengan alasan teknis: memungkinkan ekspansi tanpa mendesak dinding lorong api atau dengan kata lain mencegah terjadinya tegangan thermal, memperluas bidang pemanas dan memperkokoh konstruksi ruang bakar. Direncanakan posisi lorong api tetap (statis) dengan kata lain lorong apinya tidak dapat digeser ke kiri atau ke kanan, ke atas atau ke bawah. Volume ruang bakar adalah 3,739 m³ dengan panjang ruang bakar 3,95 m.

Di dalam perencanaan temperatur material pipa direncanakan 20°C diatas temperatur jenuhnya, yaitu 164,65°C, sehingga temperatur pipa adalah 184,65°C. Pipa yang direncanakan dipilih nomor skedul 40 dimana ketebalannya 0,154 in untuk diameter luar pipa 2,275 in dan diameter dalam pipa 2,067 in. Jumlah pipa yang direncanakan sebanyak 67 buah.

Drum ketel yang merupakan media atau tempat terjadinya proses perpindahan panas dari alat – alat pemanas terhadap air yang merupakan fluida yang menerima panas sehingga berubah menjadi uap. Pada ketel ini laluan pipa – pipa api serta air berada dalam drum ketel. Drum ketel juga berfungsi untuk mengalir sirkulasi uap dan air. Dalam perencanaan dimensi drum ketel, selain diperhatikan volume air dan volume ruang, juga harus diperhatikan hal – hal berikut :

1. Jumlah, jarak, diameter, dan panjang pipa – pipa api.
2. Diameter dan panjang ruang bakar.
3. Tinggi air (water level) didalam drum ketel harus diatas pipa – pipa api dan ruang bakar. Jika tidak maka akan terjadi penyebaran panas yang tidak merata dan kerugian panas (heat losses) yang besar pada pipa – pipa api dan ruang bakar tersebut, yang akan mengakibatkan retak, kebocoran, dan bahkan dapat menyebabkan ketel meledak.

Luas drum ketel yang direncanakan adalah 1,48 m, jarak permukaan air normal dengan dinding drum ketel yang masih dapat dicapai dan disinggung oleh pipa – pipa api atau gas adalah 150 mm. Jarak antara pipa – pipa api dengan lorong api dan juga pipa api terhadap dinding dalam drum ketel adalah masing – masing sebesar 100 mm. Diameter drum ketel 1,83 m dengan panjang 4,25 m dan tebal 10 mm.

Cerobong Asap berfungsi menyalurkan gas asap ke udara bebas. Pembuangan yang dilakukan terutama untuk membuang kelebihan karbon dioksida dalam gas asap, karena kelebihan karbon dioksida dalam gas asap akan mengakibatkan api pembakaran mati. Pada dasarnya cerobong asap menghasilkan tarikan gas asap yang disebabkan oleh perbedaan berat jenis gas asap terhadap udara luar. Untuk merencanakan dimensi cerobong asap, faktor yang diperhatikan adalah jumlah aliran gas asap, kecepatan aliran gas asap dan temperature rata – rata gas asap melewati

cerobong asap dengan temperatur lingkungan. Direncanakan temperatur gas asap keluar dari cerobong asap 410°F (210°C), tinggi cerobong asap 40 ft (12,19 m) dan diameter cerobong 0,42 m.

Effisiensi ketel adalah perbandingan panas pada proses dengan panas yang diterima (dihasilkan), yaitu: Panas yang diserap dilorong api sebesar 3.149.401,15 kJ/jam, Panas yang diserap pipa – pipa api sebesar 2.156.134,85 kJ/jam, Sedangkan panas yang dilepaskan dalam lorong api adalah panas pembakaran bahan bakar sebesar 6.630.614,57 kJ/jam. Maka efisiensi ketel sebesar 90%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh maka dapat disimpulkan Jenis ketel uap adalah ketel uap pipa api dengan kapasitas ketel 22265 kg/jam, tekanan uap 7 bar, temperatur uap 164,65°C dan efisiensi ketel uap 90%. Jenis bahan bakar yang digunakan adalah solar dengan konsumsi bahan bakar sebesar 151,14 kg/jam, LHV 43.870,68 kJ/kg, HHV 46.453,08 kJ/kg, kebutuhan udara pembakaran 2.557,29 kg udara/jam, produksi gas asap 2.707,36 kg/jam dan kelembaban gas asap 9,978%. Lorong api (ruang bakar) yang digunakan diameter dalam 1.010 mm, diameter luar 1.038 mm, tebal dinding 14 mm dan panjang 3.950 mm. Pipa-pipa api yang digunakan ukuran nominal 2 in, No. skedul 40, diameter pipa luar 2,375 in (60,3 mm), diameter pipa dalam 2,067 in (52,5 mm), tebal pipa 0,154 in (309 mm), panjang pipa 3.950 mm, jumlah pipa 67 buah dan bahan pipa adalah Baja Karbon Seamless (*Seamless carbon steel*) A53, A106. Ukuran drum ketel, diameter dalam 1.830 mm, diameter luar 1.850 mm, tebal 10 mm, panjang 4.250 mm dan bahan drum baja karbon SA 515-65. Cerobong asap, diameter 440 mm, tinggi 12.190 mm, temperatur gas asap masuk 232°C dan temperatur gas keluar 210°C.

DAFTAR PUSTAKA

- Azrul Anwar. *Perawatan Ruman Sakit*, Edisi Ketiga, Erlangga, Jakarta, 1996.
- Balcock & Wilcox. (1992). *Steam/it's Generation and Used*, 38 th Edition, The Babcock & Wilcox Company, New York.
- Culp, Arcihie, W. (1991). *Prinsip – prinsip Konversi Energi*, Cetakan Ketiga, Erlangga : Jakarta.
- Djokosetyardjo, M. J. (1987). *Ketel Uap*, Cetakan Kedua, PT. Pradnya Paramitha : Jakarta
- Holman, JP. (1995). *Perpindahan Kalor*, Cetakan Kelima, Erlangga : Jakarta.
- Incropera, F, P. (1985). *Fundamental Of Heat And Mass Transfer*, Second Edition, Jhon Wiley & Sons : New York.
- Perwani, Yayuk Sri. (1992). *Teori dan Petunjuk Praktek House Keeping*, PT. Gramedia Pustaka Utama : Jakarta.
- Sharma, P. S & Chander, M. (1984). *Fuels and Combustion*, Tata Mc Graw Hill Book Company Ltd : New Delhi.
- Raswari. (1986). *Teknologi dan Perencanaan Sistem Pemipaan*, UI Press : Jakarta.
- Skrotzki, Bernhardt G. A. (1979). *Power Station Engineering and Economy*, Tata Mc Graw Hill Publishing Book Company Ltd : New Delhi.
- Shigley, J, E. (1994). *Perencanaan Teknik Mesin*, Edisi Keempat, Erlangga : Jakarta.
- Syamsir, A, M. (1988). *Pesawat – pesawat Konversi Energi (Ketel Uap)*, edisi Pertama, CV. Rajawali : Jakarta.
- Thimosenko, S,. (1989). *Dasar – Dasar Perhitungan Kekuatan Bahan*, Bagian satu, Penerbit Restu Agung : Jakarta.
- Prichard, G, R. (1998). *Handbook Gas Utilition*, Guy R Prchard and Sons.