

Analisa Kecepatan Aliran Uap Pada Aplikasi Pemanfaatan Sampah Rumah Tangga Sebagai Media Pembakaran dalam Perencanaan Ketel Uap

Ahmad Farid⁽¹⁾, Hadi Wibowo²⁾, Galuh Renggani W⁽³⁾
⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ Jurusan Teknik Mesin, Universitas Pancasila Tegal,
Email: ahmadfaridmt@gmail.com ⁽¹⁾

Abstrak

Sampah merupakan permasalahan yang menjadi pekerjaan rumah bagi kita semua yang perlu dilakukan solusi dan penanganan yang kongkrit, dimana kita ketahui limbah rumah tangga yang ada semakin hari kian bertambah baik di tempat pembuangan sementara (TPS) maupun pembuangan akhir (TPA) dan bila hal tersebut tidak dikelola atau dimanfaatkan dengan baik maka akan berdampak pada pencemaran lingkungan. Upaya atau solusi yang ditawarkan adalah dengan pemanfaatan sampah tersebut sebagai media pembakaran pada ketel uap yang dapat diaplikasikan sebagai pemasakan bahan makanan atau sebagai pembangkit listrik skala mikro/rumah tangga.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen dimana melakukan ujicoba rancangan alat ketel uap berbahan bakar sampah rumah tangga dengan beberapa variable berupa volume air dalam tabung ketel dan sehingga diperoleh data untuk dianalisa dan diambil suatu kesimpulan.

Hasil pengujian yang dilakukan dengan variasi volume air diperoleh data bahwa variasi volume air dari 200ml, 300ml, 400ml dan 500ml pada ketel uap berkapasitas 600ml dihasilkan bahwa kecepatan aliran uap tertinggi pada volume 300ml sedangkan terendah pada volume 200ml. Adapun volume 400 dan 500 cenderung mengalami penurunan karena debit keluar uap pada 400 dan 500 terlalu penuh berdasarkan kapasitas ruang ketel sehingga pengeluaran uap menjadi terhambat. Sedangkan hasil pengujian yang lain yaitu diperoleh data bahwa volume mempengaruhi penambahan peningkatan rpm karena lamanya pengeluaran uap yang berdampak pada bertambahnya kecepatan aliran uap dan yang akhirnya dapat meningkatkan putaran poros turbin.

Kata Kunci: Aliran , Debit, Ketel uap, Sampah, Volume

Pendahuluan

Pengolahan sampah skala rumah tangga perlu dilakukan mengingat jumlahnya yang semakin meningkat sedangkan lokasi tempat penampungan sementara dan armada untuk pengangkut yang tidak seimbang menjadikan menumpuknya ditempat-tempat pembuangan sampah. Berdasar demikian perlu adanya upaya pengolahan di skala rumah tangga untuk meminimalisir permasalahan tersebut. Oleh karena itu upaya yang dilakukan dengan memanfaatkan sampah rumah tangga sebagai bahan bakar untuk memanaskan air dalam ketel uap untuk dapat menghasilkan uap yang dimanfaatkan sebagai penggerak turbin-generator sehingga menghasilkan listrik. Analisa kecepatan aliran uap dari boiler (ketel uap) adalah untuk mengetahui laju uap pada suhu-suhu dan selang waktu tertentu. Data ini dapat digunakan bersama massa uap yang dihasilkan, untuk menghitung energi kinetik uap. Perhitungan daya uap yang dihasilkan ini, akan mempengaruhi besar atau kecilnya turbin yang kita rancang.

Landasan Teori

(1) Sistem Kerja Ketel Uap

Ketel Uap/*Boiler* adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau *steam*. Air panas atau *steam* pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Jika air dididihkan sampai menjadi *steam*, tekanannya akan meningkat dan menghasilkan tenaga yang menyerupai bubuk mesiu yang mudah meledak, sehingga ketel uap/*boiler* merupakan peralatan yang harus dikelola dan dijaga dengan sangat baik. Sistem ketel uap/*boiler* terdiri dari:

a. Sistem air umpan

Sistem air umpan menyediakan air awal untuk ketel uap/*boiler* secara otomatis sesuai dengan kebutuhan *steam*. Berbagai peralatan disediakan untuk keperluan pengisian air ke dalam ketel uap/*boiler* antara lain Pompa air, valve, pelampung otomatis, tangki penampung, deaerator, tangki softener, bak proses regenerasi, panel kontrol, manometer, termometer.

b. Sistem *steam* / uap

Uap (*steam*) dalam pembicaraan selanjutnya dimaksudkan uap air yaitu uap yang timbul akibat perubahan fase air (cair) menjadi uap dengan cara pendidihan (*boiling*). Untuk melakukan proses pendidihan diperlukan energi panas yang diperoleh dari sumber panas, misalnya dari pembakaran bahan bakar (padat, cair, dan gas) tenaga listrik dan gas panas sebagai sisa proses kimia serta tenaga nuklir. Penguapan bisa saja terjadi disembarang tempat dan waktu pada tekanan normal, bila di atas permukaan zat cair tekanan turun dibawah tekanan mutlak. Uap yang dihasilkan dengan cara demikian tidak mempunyai energi potensial, jadi tidak dapat digunakan sebagai sumber energi. Sistem *steam* mengumpulkan dan mengontrol produksi *steam* dalam ketel uap. *Steam* dialirkan ke *Steam header* dan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna. Pada keseluruhan sistem, tekanan *steam* diatur menggunakan *valve* dan dipantau dengan alat pemantau tekanan (Manometer).

c. Sistem Bahan bakar

Sistem bahan bakar adalah semua *equipment* atau peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar boiler. Peralatan yang digunakan tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan boiler. Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar cair yaitu solar.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen dimana melakukan uji coba rancangan alat ketel uap berbahan bakar sampah rumah tangga dengan beberapa variable berupa volume air dalam tabung ketel dan sehingga diperoleh data untuk dianalisa dan diambil suatu kesimpulan.

a. Proses Persiapan

Persiapan sebelum melakukan pembakaran air di dalam ketel uap adalah menyiapkan bahan-bahan dan alat uji sebagai berikut:

- 1) Air yang akan dimasukkan ke dalam ketel dengan sebelumnya di ukur volume dan massanya
- 2) Menimbang atau mengukur berat bahan bakar sampah (kayu, kertas, plastic dan daun-daunan) yang digunakan dalam kilogram.
- 3) Menyiapkan alat uji dan alat-alat ukur seperti: thermometer, tachometer dan voltmeter.

b. Proses Pengujian:

- 1) Masukkan air yang telah diukur dalam ketel dan tutup dengan rapat.
- 2) Bahan bakar sampah yang kering dimasukkan ke dalam ruang bakar. Nyalakan bahan bakar dari sampah tersebut dengan menggunakan pematik api/korek. dan ukur suhu ruang bakarnya dengan thermometer digital laser.
- 3) Lihat suhu air dan amati waktu mulai kerluarnya uap.
- 4) Mengamati uap air yang keluar dari ketel uap.
- 5) Ukur kecepatan poros turbin dengan tachometer.
- 6) Atur kekencangan karet puli bila tertalu kencang mempengaruhi transmisi putaran ke puli

generator.

- 7) Bila lampu sudah mulai menyala ukur volt dan amper pada generator.



Gambar 3.3 Proses Pengujian Ketel Uap Sampah

Hasil Penelitian Dan Pembahasan

Hasil Penelitian

Dari hasil pengujian yang dilakukan diperoleh data sebagai berikut:

Table.1 Hasil pengujian

No	V _a (ml)	t ₁ (mnt)	t ₂ (mnt)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	T ₄ (°C)	n (rpm)
1	200	5	1	325	101	70	85	65	420
2	300	6	2	334	102	75	88	70	455
3	400	8	3	360	101	73	84	74	460
4	500	10	4	387	100	73	85	80	460
	Rata2	7,25	2,5	351,5	101	72,75	85,5	72,25	448,75

Dari data penelitian diatas kemudian dilakukan analisa perhitungan untuk mengetahui kecepatan aliran uap nya dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Perhitungan debit aliran : } Q = \frac{V}{t}$$

Dimana Q = debit aliran (m³/s)

V= volume air

t = waktu yangdiperlukan dari air menjadi uap

$$t = t_2 - t_1$$

Kemudian untuk mencari Kecepatan aliran menggunakan persamaan :

$$Q = v \cdot A$$

Sehingga $v = \frac{Q}{A}$ dimana v = kecepatan aliran (m/s)

Q= debit aliran uap (m³/s)

A = Luas Penampang pipa uap (m²)

Sehingga diperoleh data (sampel point 1):

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{diketahui volume air} = 200 \text{ ml} = 0,0002 \text{ m}^3$$

dan t₁ = 5 menit dan t₂ = 1 menit, dimana t = t₁ + t₂

$$= 5 + 1 = 6 \text{ mnt}$$

$$= 360 \text{ dtk}$$

$$\text{Jadi } Q = \frac{0,0002}{360} = 0,56 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Sedangkan } A = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 = 3,14 \cdot \left(\frac{3}{2}\right)^2 = 7,07 \text{ m}^2$$

Maka, $v = \frac{Q}{A} = \frac{0,56}{7,07} = 0,08 \text{ m/s}$

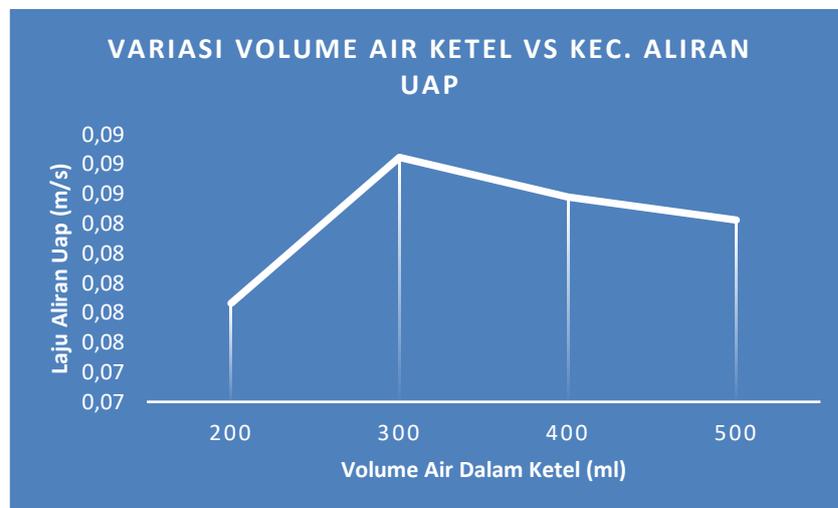
Jadi laju uap pada ketel uap berbahan bakar sampah pada volume air 200ml adalah 0,08 m/s. Adapun untuk hasil perhitungan lengkapnya dan untuk variable lainnya yaitu 300, 400 dan 500 ada dalam table berikut:

Table.2 Hasil pengujian lanjutan.

No	Vair (ml)	Vair (m ³)	t= (t1+t2) (mnt)	t (detik)	Q (m ³ /s)	A (m ²)	V (mm/s)
1	200	0,0002	6	360	0,56	7,07	0,08
2	300	0,0003	8	480	0,63	7,07	0,09
3	400	0,0004	11	660	0,61	7,07	0,09
4	500	0,0005	14	840	0,60	7,07	0,08

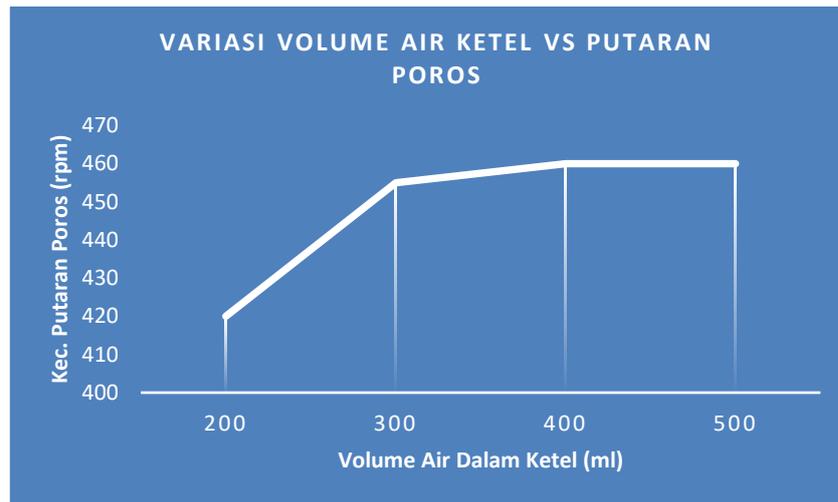
Pembahasan

Hasil penelitian diatas kemudian dianalisa dengan menggunakan grafik sebagai berikut :



Gambar. 1 Pengaruh Variasi Volume Air terhadap Laju Aliran Uap

Dari gambar grafik diatas dapat dianalisa bahwa variasi volume air dalam tabung dari 200,300, 400 dan 500 diperoleh data bahwa volume mempengaruhi laju aliran uap dimana diketahui laju aliran uap tertinggi pada volume 300ml sedangkan terendah pada volume 200ml. Adapun volume 400 dan 500 cenderung mengalami penurunan karena debit keluar uap pada 400 dan 500 terlalu penuh berdasarkan kapasitas ruang ketel sehingga pengeluaran uap menjadi terhambat.



Gambar. 2 Pengaruh Variasi Volume Air terhadap Kecepatan Poros Turbin

Dari gambar grafik diatas dapat dianalisa bahwa variasi volume air dalam tabung dari 200ml,300 ml, 400 ml dan 500 ml diperoleh data bahwa volume mempengaruhi penambahan peningkatan rpm karena lamanya pengeluaran uap yang berdampak pada bertambahnya laju uap dan yang akhirnya dapat meningkatkan putaran poros turbin.

Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada aplikasi pemanfaatan sampah rumah tangga yang berupa kayu-kayu ranting pepohonan yang berada di sekitar perumahan, daun-daunan, kertas-kertas bekas dan lainnya dapat dijadikan menjadi bahan bakar untuk menghasilkan uap pada ketel uap (boiler) yang diaplikasikan untuk penggerak turbin uap sebagai penghasil listrik skala pico. Adapun hasil pengujian yang dilakukan dengan variasi volume air diperoleh kesimpulan sebagai berikut: 1). Variasi volume air dari 200ml, 300ml, 400ml dan 500ml pada ketel uap kapasitas 600ml dihasilkan bahwa laju aliran uap tertinggi pada volume 300ml sedangkan terendah pada volume 200ml. Adapun volume 400 dan 500 cenderung mengalami penurunan karena debit keluar uap pada 400 dan 500 terlalu penuh berdasarkan kapasitas ruang ketel sehingga pengeluaran uap menjadi terhambat. 2). Sedangkan variasi volume air dalam tabung dari 200ml, 300ml, 400ml dan 500ml diperoleh data bahwa volume mempengaruhi penambahan peningkatan rpm karena lamanya pengeluaran uap yang berdampak pada bertambahnya laju uap dan yang akhirnya dapat meningkatkan putaran poros turbin.

Daftar Pustaka

- Qamaruddin, Muhammad Ilyas Sikki, 2016, Analisis Kebutuhan Bahan Bakar Terhadap Perubahan Tekanan Uap, Jurnal Imiah Teknik Mesin, Vol. 4, No.2 Agustus 2016 Universitas Islam 45 Bekasi, <http://ejournal-unisma.net>
- Bandriyana, B., 2002, Pengaruh Beban Pada Operasi Turbin Dan Pembangkit Uap Pltn-Ap600, Prosiding Seminar ke- 7 Teknologi dan Keselamatan PLTN Serlo Fasilitas Nuklir Bandung. 19 Februari 2002 ISSN: 0854 -2910.
- Farel H. Napitupulu, 2006, Pengaruh Nilai Kalor (Heating Value) suatu Bahan Bakar terhadap Perencanaan Volume Ruang Bakar Ketel Uap berdasarkan Metode Penentuan Nilai Kalor Bahan Bakar yang dipergunakan, Jurnal Sistem Teknik Industri Volume 7, No. 1, Januari 2006.
- Rizki Kurniawan, 2014, Kalorimeter Bom, <http://rizkibotaks.blogspot.com/2014/03/kalorimeter-bom.html>
- TMZ, 2016, Menghitung Nilai Kalor Bahan Bakar, <http://teknikmesinzone.blogspot.com/2016/09/menghitung-nilai-kalor-bahan-bakar.html>