



RANCANG BANGUN SISTEM COOLING WATER RECIRCULATING TANK UNTUK MESIN BIOMASSA MODEL TG30-1

Slamet Wiyono^{1*}, Erwin¹, Kurnia Nugraha¹, Fendi Ferdiansyah¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Jend. Soedirman KM.3 Cilegon 42435, Indonesia

*Email Penulis: maswie@untirta.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

NaskahDiterima 28/11/2017
NaskahDirevisi 08/12/2017
NaskahDisetujui 08/12/2017
Naskah Online 08/12/2017

ABSTRAK

Penggunaan sistem pendingin untuk mesin gasifikasi tg30-1 memegang peranan penting agar suhu didalam reaktor tidak melebihi batasnya serta mempertahankan suhu-nya agar tetap konstan. Dalam penerapannya sistem pendingin yang ada pada manual book alat tidak dapat diaplikasikan disebabkan oleh ketersediaan lahan yang tidak ada dimana diharuskan melakukan penggalian kedalam tanah. Tujuan dari penelitian ini untuk membuat sistem pendingin yang mampu menurunkan temperatur air yang tidak melebihi batas maksimumnya sebesar 40 °C serta mempertahankannya agar tetap konstan. Metode yang digunakan adalah metode perancangan VDI 2221. Dalam penelitian ini sistem pendingin yang dibuat meliputi bagian penggunaan penambahan untuk rangka pada bagian gasifikasi tg30-1 serta sistem penampungan air yang secara terdistribusi. Pengujian performa dari sistem pendingin ini dilakukan dengan pengoperasian alat gasifikasi tg30-1 menggunakan sekam padi selama 5 jam. Hasilnya temperatur sistem pendingin mulai cenderung konstan pada menit ke 120 berkisar antara temperatur 32,3 °C - 31,8 °C temperatur tertinggi ada pada nilai 32,8 °C untuk sistem pendingin serta 31,5 °C untuk temperatur lingkungan.

Kata kunci: Sistem pendingin tg30-1, performa sistem pendingin, sistem penampungan air terdistribusi

1. PENDAHULUAN

Gasifikasi merupakan proses pembakaran bahan-bakar padat dalam wadah gasifier untuk menghasilkan bahan-bakar gas (syngas). Pembakaran bahan bakar gas (syngas) lebih mudah dalam pengontrolan laju atau suhu pembakaran dibanding pembakaran bahan bakar padat. Disamping itu, hasil pembakaran bahan bakar gas lebih bersih. Namun, untuk menghasilkan syngas dari gasifikasi teknologi gasifikasi masih harus dikembangkan karena efisiensi tertinggi proses gasifikasi masih disekitar 65%. Hal ini karena biomasa khususnya sekam padi memiliki karakteristik yang berbeda dengan jenis bahan bakar lain yaitu memiliki kadar air yang tinggi sekitar 11,7 % (Yin et al, 2002 dalam Anis,dkk, 2010).

Salah satu mesin penghasil gasifikasi adalah keluaran dari perusahaan Trillion International Pte. Ltd. Yakni yang memiliki jenis model Trillion Gasifier TG 30-1

berkapasitas 30 Hp. Mesin yang dikeluarkan tersebut tanpa adanya suatu sistem pendinginan, dimana fungsi dari sistem pendingin itu sendiri adalah untuk menjaga suhu didalam ruang pembakaran (Reaktor) agar tidak melewati batasnya (Overheating) serta menjaga suhu nya agar tetap konstan sehingga gas yang akan dihasilkan dapat digunakan untuk kerja mesin generator. Tanpa adanya sistem pendinginan ini akan mengakibatkan kerusakan pada Reaktor seperti pecahnya dinding ruang bakar yang terbuat dari batu coran serta melelehnya Core atau batas bawah ruang bakar dan juga melelehnya Deashing Handle.

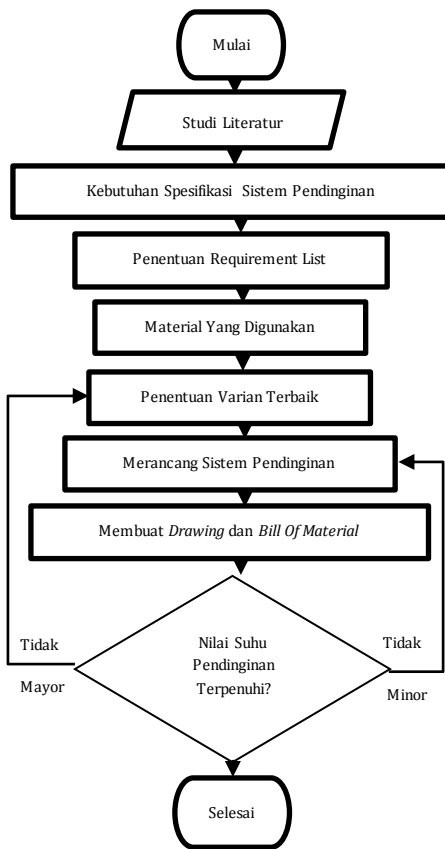
Kendala dalam penerapan pembuatan Sistem pendinginan yang ada pada manual book Gasifier Operation Manual For TG 30-1 adalah tidak adanya ketersediaan lahan baik secara ukuran volumetrik maupun penerapan model dari sistem pendingin yang mengharuskan melakukannya penggalian kedalam

tanah serta ketersediaan media pendinginan berupa air yang terbatas.

Oleh karena itu, pada penelitian ini penulis melakukan suatu perancangan dari sistem pendingin dimana sistem yang dirancang tidak akan merusak lingkungan secara melakukan penggalian kedalam tanah serta pemilihan sistem pendingin secara Close Loop.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang dipakai adalah metode VDI 2221, mengemukakan bahwa suatu perancangan adalah suatu proses kreatifitas tetapi jika tidak diarahkan secara sistematis maka kemungkinan untuk mengeluarkan hasil rancangan melalui proses kreatifitas tersebut akan terbatas.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Target data yang akan digunakan pada sistem pendingin pada alat Trillion Gasifier untuk model TG 30-1 yang akan dioperasikan, antara lain :

Temperature Pendinginan = 30 °C

Waktu Operasi = 8 Jam

Penentuan Kapasitas Volume

$$V = \dot{Q} \times t$$

Perkiraan Kontribusi

a. Properties air saat masuk ke dalam sistem pendingin (Keadaan 1)

$$T_1 = 40 \text{ }^\circ\text{C (Buku Panduan Alat)}$$

$$\rho_1 = 992,2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \text{ (Tabel B-2)}$$

$$Q = 36 \text{ LPM} \times 60 \frac{\text{Hour}}{\text{Minute}} = 2160 \frac{\text{Liter}}{\text{Jam}} \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{Liter}} = 2,16 \frac{\text{m}^3}{\text{Jam}}$$

$$\dot{m}_1 = \rho \times Q = 992,2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 2,16 \frac{\text{m}^3}{\text{Jam}} = 2143,15 \frac{\text{kg}}{\text{Jam}}$$

$$h_{f1} = 167,57 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{ (Tabel A-2)}$$

b. Properties air saat keluar dari dalam sistem pendingin (Keadaan 2)

$$T_2 = 30 \text{ }^\circ\text{C (Target Minimum Berdasarkan Buku Panduan Alat)}$$

$$\rho_2 = 995,7 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \text{ (Tabel B-2)}$$

$$Q = 36 \text{ LPM} \times 60 \frac{\text{Hour}}{\text{Minute}} = 2160 \frac{\text{Liter}}{\text{Jam}} \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{Liter}} = 2,16 \frac{\text{m}^3}{\text{Jam}}$$

$$\dot{m}_2 = \rho \times Q = 992,2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 2,16 \frac{\text{m}^3}{\text{Jam}} = 2143,15 \frac{\text{kg}}{\text{Jam}}$$

$$h_{f2} = 125,79 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{ (Tabel A-2)}$$

c. Properties udara lembab keluar dari sistem pendingin (Keadaan 3)

$$T_3 = 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\phi = 90 \%$$

$$P_3 = 0,05628 \text{ bar (Tabel A-2)}$$

$$h_{g3} = 2565,3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{ (Tabel A-2)}$$

$$h_{a3} = 308,23 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{ (Tabel A-22)}$$

$$p_{v3} = \phi \times P_3 = 0,9 \times 0,05628 \text{ bar} = 0,050652 \text{ bar}$$

$$\omega_3 = 0,622 \times \left(\frac{p_{v3}}{P - p_{v3}} \right) = 0,622 \times \left(\frac{0,050652 \text{ bar}}{1,0135 \text{ bar} - 0,050652 \text{ bar}} \right) = 0,032721$$

d. Properties air dalam sistem pendingin (Keadaan 4)

$$T_4 = 26 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h_{f4} = 109,07 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{ (Tabel A-2)}$$

e. Laju Aliran Massa Sistem Pendingin

$$\begin{aligned} \dot{m}_4 &= \frac{\dot{m}_1(h_{f1} - h_{f2})}{h_{a3} + \omega_3 h_{g3} - \omega_3 h_{f4}} \times \omega_3 \\ &= \frac{(2143,15 \frac{\text{kg}}{\text{Jam}})(167,57 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 125,79 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}})}{(308,23 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}) + (0,032721)(2565,3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}) - (0,032721)(109,07 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}})} \\ &= 230,4755 \frac{\text{Kg}}{\text{Jam}} \end{aligned}$$

f. Maka Besarnya Kapasitas Volumennya adalah

$$\begin{aligned} \dot{V} &= \frac{\dot{m}_4}{\rho_2} \times t = \frac{230,4755 \frac{\text{kg}}{\text{Jam}}}{995,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \times 8 \text{ jam} = 1,85176 \text{ m}^3 \\ \dot{V} &= 1,85176 \text{ m}^3 \times 1000 \frac{\text{Liter}}{\text{m}^3} = 1851,76 \text{ Liter} \end{aligned}$$

2.1 Penentuan Requirement List

Dalam tahap ini akan dijabarkan apa saja kebutuhan untuk merancang sebuah sistem pendingin dari Trillion Gasifier Tg 30-1. Tahap ini menjelaskan dan

mendefinisikan tugas dengan cara menjabarkan tugas tersebut ke dalam *requirement list*, berisikan batasan-batasan yang harus dipenuhi (*demands*) dan batasan-batasan yang diharapkan dapat dipenuhi (*wishes*).

Batasan *demans* dan *wishes*, dapat bersifat internal yaitu batasan dari perancang itu sendiri ataupun eksternal yang merupakan batasan dari pihak konsumen atau pengguna hasil perancangan. *List of requirement* disusun berdasarkan atas kebutuhan, sehingga beberapa *requirement* seperti perhitungan biaya pembuatan belum bisa dihitung atau ditentukan.

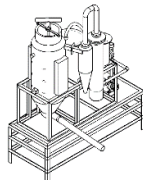
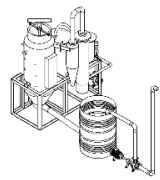


Tabel 1. *Requiment List*

<i>Requiment List</i>	Penjelasan	W = Wishes D = Demans
Fungsional	Dapat Menurunkan Temperatur Air dan Menjaganya agar tetap konstan	D
Sistem Kerja	Dimensi Penampungan Air	D
Geometri	Dimensi Sistem Sambungan	D
	Jenis Material Mudah Didapat	W
Material	Tahan Panas Suhu 40 °C	D
	Material Penampungan Air	D
Material	Tidak bocor	D
	Material Relatif Murah	W
Material	Tahan Korosi	W
	Jenis Material Mudah Didapat	W
Material	Tahan Panas Suhu 40 °C	D
	Material Sistem Sambungan	D
Perakitan	Tidak bocor	D
	Material Relatif Murah	W
Perakitan	Tahan Korosi	W
	Proses Perakitan Menggunakan Peralatan Standar	W
Perakitan	Biaya Produksi Relatif Murah	W
	Biaya	W
Lingkungan	Tidak Merusak lingkungan dengan menggali kedalam tanah	D
Lingkungan	Lahan	D
Lingkungan	Memenuhi atau lebih kecil suhu dari sistem pendinginan yang ditargetkan	D
Hasil Akhir	Temperature Optimal	D

2.2 Penentuan Varian Terbaik

Dalam perancangan sistem pendingin dari Trillion Gasifier Tg 30-1, beberapa komponen memiliki varian-varian yang memiliki kekurangan serta kelebihan, untuk memperoleh desain yang tepat dan optimal, maka akan dijabarkan beberapa varian komponen yang digunakan serta beberapa varian Pemilihan Material.

Tabel 2. Varian Pemilihan Material

No	Varian Bentuk	A	B
1	Kerangka mesin	 Dengan Rangka Tambahan	 Tanpa Rangka Tambahan
2	Wadah Penampungan Air	 Terpusat	 Terdistribusi

Berdasarkan tabel 2 didapat beberapa varian Sistem Cooling Water Recirculating Tank Untuk Mesin Biomass Model TG30-1, Adapun varian-varian yang didapat adalah :

Varian 1 (1A-2A);

Pada varian 1 didapat kerangka mesin dengan rangka tambahan dan wadah penampungan air jenis terpusat.

Kelebihan :

Relatif tidak memerlukan banyak instalasi sambungan
Area yang dibutuhkan tidak terlalu besar

Material mudah didapat

Kekurangan :

Proses pemasangan mesin biomass yang terlalu sulit

Memerlukan banyak komponen alat tambahan

Biaya yang relatif lebih besar

Varian 2 (1A-2B);

Pada varian 2 didapat kerangka mesin dengan rangka tambahan dan wadah penampungan air jenis terdistribusi.

Kelebihan :

Pemasangan mesin biomass pada rangka relatif lebih mudah
Biaya yang relatif lebih murah

Tidak memerlukan banyak komponen alat tambahan

Kekurangan :

Melalui proses pembuatan yang lebih panjang

Memerlukan lahan yang lebih besar

Memerlukan banyak instalasi sambungan

Varian 3 (1B-2A);

Pada varian 3 didapat kerangka mesin tanpa rangka tambahan dan wadah penampungan air jenis terpusat.

Kelebihan :

Area yang dibutuhkan tidak terlalu besar

Material mudah didapatkan

Pemasangan instalasi yang paling mudah diantara semua varian

Kekurangan :

Membutuhkan biaya yang paling besar diantara semua varian

Membutuhkan banyak komponen alat tambahan

Material yang digunakan beragam

Varian 4 (1B-2B);

Pada varian 4 didapat kerangka mesin tanpa rangka tambahan dan wadah penampungan air jenis terdistribusi.

Kelebihan :

Material yang seragam

Material mudah didapatkan

Proses pembuatan yang relatif mudah

Kekurangan :

Desain yang tidak sederhana

Biaya yang relatif besar

Memerlukan banyak instalasi sambungan

Dari varian yang didapat, maka Sistem Cooling Water Recirculating Tank Untuk Mesin Biomass Model TG30-1 harus memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Tabel 3.4 menjelaskan prinsip solusi penentuan varian terbaik.

Tabel 3. Prinsip solusi sistem cooling water recirculating tank untuk mesin biomass model TG30-1

Spesifikasi Yang Diinginkan										Keterangan	
Memenuhi Kebutuhan dan Spesifikasi											
Vari an	Kompatibel Untuk Fungsi Keseluruhan									0	Sangat Tidak Memuaskan
	Dapat Menurunkan Temperatur Dari Air									1	Kurang Memuaskan
	Dapat Mempertahankan Temperatur Air Secara Kontinyu										
	Lebih Disukai Perancang									2	Cukup Memuaskan
	Area Instalasi Sedikit										
	Secara Prinsip Dapat Diwujudkan									3	Memuaskan
	Informasi Memadai										
	No									Keterangan	Ranking
	A B C D E F G H Total										
	V1	3	3	4	4	1	4	2	4	25	Sesuai
V2	4	4	4	4	4	3	4	4	31	Sesuai	1
V3	2	3	4	4	2	3	2	4	24	Sesuai	4
V4	3	4	4	4	3	2	3	4	27	Sesuai	2

Berdasarkan tabel 3 bahwa varian 2 lebih baik dari varian lainnya, karena memenuhi kebutuhan, kompatibel untuk fungsi keseluruhan, Dapat Menurunkan Temperatur Dari Air, Dapat Mempertahankan Temperatur Air Secara Kontinyu, Lebih Disukai Perancang, Area Instalasi Sedikit, Secara Prinsip Dapat Diwujudkan dan Informasi Memadai.

Spesifikasi Sistem Cooling Water Recirculating Tank Untuk Mesin Biomass Model TG30-1

Kerangka Mesin

Karena yang terbaik adalah varian 2 jenis Dengan Rangka Tambahan, maka dimensi yang dibutuhkan kerangka mesin adalah :

Profil Rangka Yang Digunakan adalah berbentuk L berdimensi 50 mm x 50 mm x 5 mm.

Lebar rangka Mengikuti dari lebar minimum dari mesin yaitu sebesar 800 mm.

Panjang rangka Mengikuti dari panjang minimum dari mesin serta penambahan panjang untuk meletakkan pompa yaitu sebesar 2000 mm.

Tinggi rangka mengikuti dari ketinggian puncak dari wadah penampungan air yaitu menjadi sebesar 680 mm.

Wadah Penampungan Air

Karena yang terbaik adalah varian 2 jenis wadah terdistribusi, maka dimensi yang dibutuhkan Wadah Penampungan Air adalah :

Material wadah penampung air adalah tangki drum

Tinggi tangki drum 838.20 mm

Diameter tangki drum 582.20 mm

Volume maksimal tangki drum 220 Liter

Jumlah kebutuhan tangki drum sebanyak 9 buah

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Pengujian Pada Tiap Tangki Drum

Pengujian ini dilakukan pada tanggal 12 sampai 13 September 2017 dari pukul 20.00 WIB – 01.30 WIB. Berlokasi di Fakultas Teknik Universitas Sultang Ageng Tirtayasa. Pengujian dilakukan menggunakan bahan bakar sekam padi.

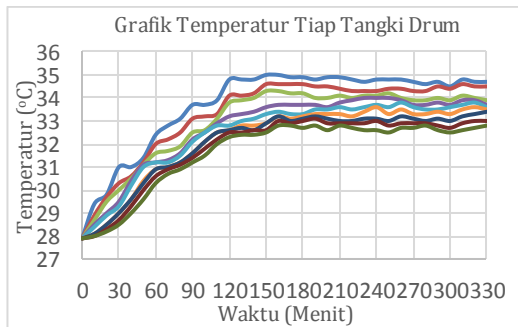
Tabel 4. Temperatur tiap tangki drum berdasarkan waktu operasi

No	Waktu	Drum 1	Drum 2	Drum 3	Drum 4	Drum 5
1	0	27,9	27,9	27,9	27,9	27,9
2	10	29,4	28,9	28,7	28,5	28,4
3	20	29,8	29,7	29,5	29	28,9
4	30	31	30,3	30	29,5	29,3
5	40	31	30,6	30,5	30,4	30,2
6	50	31,4	31,2	31,1	31,1	31
7	60	32,4	32	31,6	31,2	31,2
8	70	32,8	32,2	31,7	31,3	31,2
9	80	33,1	32,5	31,9	31,6	31,5
10	90	33,7	33,1	32,5	32,2	32,1
11	100	33,7	33,2	32,6	32,5	32,5
12	110	33,9	33,3	33,1	32,9	32,8
13	120	34,8	34,1	33,8	33,2	32,8
14	130	34,8	34,1	33,9	33,3	33
15	140	34,8	34,2	34	33,4	33,1
16	150	35	34,6	34,3	33,6	33,3
17	160	35	34,6	34,3	33,7	33,4
18	170	34,9	34,6	34,2	33,7	33,3
19	180	34,9	34,6	34,2	33,7	33,3
20	190	34,8	34,5	34	33,7	33,5
21	200	34,9	34,5	34	33,6	33,5
22	210	34,9	34,4	34,1	33,8	33,6
23	220	34,8	34,3	34	33,9	33,5
24	230	34,7	34,3	34,1	34	33,6
25	240	34,8	34,3	34,1	34	33,7
26	250	34,8	34,4	34,2	34	33,6
27	260	34,8	34,4	34	33,9	33,8
28	270	34,7	34,3	33,9	33,7	33,6
29	280	34,6	34,3	33,9	33,7	33,5
30	290	34,7	34,5	34	33,8	33,5
31	300	34,5	34,4	33,9	33,7	33,6
32	310	34,8	34,6	34,1	33,9	33,7
33	320	34,7	34,5	34	33,9	33,8
34	330	34,7	34,5	33,9	33,7	33,6
No	Waktu	Drum 6	Drum 7	Drum 8	Drum 9	Suhu Ambient
1	0	27,9	27,9	27,9	27,9	27
2	10	28,1	28,1	28	28	27,5
3	20	28,5	28,5	28,3	28,2	27,6
4	30	29	29	28,7	28,5	27,7
5	40	29,6	29,6	29,3	29	28,2
6	50	30,4	30,3	30	29,6	28,8

7	60	30,9	30,9	30,6	30,3	29,4
8	70	31	31	30,9	30,7	29,9
9	80	31,2	31,2	31,1	30,9	30,1
10	90	31,6	31,6	31,4	31,2	30,2
11	100	32,1	32,1	31,8	31,5	30,7
12	110	32,5	32,5	32,2	32	31,2
13	120	32,6	32,6	32,5	32,3	31,4
14	130	32,8	32,7	32,5	32,4	31,5
15	140	32,8	32,6	32,6	32,4	31,4
16	150	32,9	32,9	32,6	32,5	31,4
17	160	33,2	33,2	33	32,8	31,4
18	170	33,1	33	32,9	32,8	31,3
19	180	33,2	33,1	33	32,7	31,2
20	190	33,3	33,2	33,1	32,8	31,4
21	200	33,3	33,1	32,9	32,6	31,2
22	210	33,3	33	32,9	32,8	31,4
23	220	33,2	33	32,9	32,7	31,2
24	230	33,4	33,1	32,9	32,6	31,2
25	240	33,6	33,1	33	32,6	31,2
26	250	33,3	33	32,8	32,5	31,1
27	260	33,5	33,2	32,9	32,7	31,3
28	270	33,3	33,1	32,9	32,7	31,2
29	280	33,3	33	32,9	32,8	31,4
30	290	33,4	33,1	32,8	32,6	31,1
31	300	33,3	33	32,7	32,5	31,2
32	310	33,5	33,2	32,9	32,6	31,1
33	320	33,6	33,3	33	32,7	31,4
34	330	33,5	33,4	33	32,8	31,3

Pengukuran ke	Durasi (Menit)	Temperatur Air		Temperatur Ambient
		Inlet (°C)	Outlet(°C)	
15	140	34,8	32,4	31,4
16	150	35	32,5	31,4
17	160	35	32,8	31,4
18	170	34,9	32,8	31,3
19	180	34,9	32,7	31,2
20	190	34,8	32,8	31,4
21	200	34,9	32,6	31,2
22	210	34,9	32,8	31,4
23	220	34,8	32,7	31,2
24	230	34,7	32,6	31,2
25	240	34,8	32,6	31,2
26	250	34,8	32,5	31,1
27	260	34,8	32,7	31,3
28	270	34,7	32,7	31,2
29	280	34,6	32,8	31,4
30	290	34,7	32,6	31,1
31	300	34,5	32,5	31,2
32	310	34,8	32,6	31,1
33	320	34,7	32,7	31,4
34	330	34,7	32,8	31,3

Berdasarkan hasil pengujian diatas dapat dibuat grafik temperatur air pada tiap tangki drum



Gambar 2. Grafik hubungan antara temperatur air pada tiap tangki drum berdasarkan waktu operasi

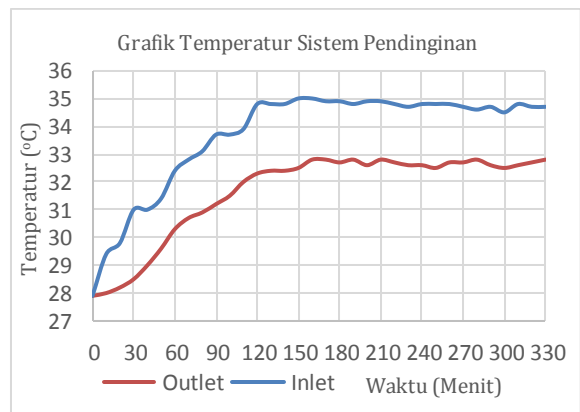
3.2 Data Hasil Pengujian Sistem Pendinginan

Sistem pendinginan merupakan data air yang masuk (inlet) dengan data air yang keluaranya saja (outlet) terhadap waktu operasi.

Tabel 5. Temperatur sistem pendinginan

Pengukuran ke	Durasi (Menit)	Temperatur Air		Temperatur Ambient
		Inlet (°C)	Outlet(°C)	
1	0	27,9	27,9	27
2	10	29,4	28	27,5
3	20	29,8	28,2	27,6
4	30	31	28,5	27,7
5	40	31	29	28,2
6	50	31,4	29,6	28,8
7	60	32,4	30,3	29,4
8	70	32,8	30,7	29,9
9	80	33,1	30,9	30,1
10	90	33,7	31,2	30,2
11	100	33,7	31,5	30,7
12	110	33,9	32	31,2
13	120	34,8	32,3	31,4
14	130	34,8	32,4	31,5

Berdasarkan data tabel diatas dapat dibuat grafik temperatur air masuk dengan temperatur air keluar.



Gambar 3. Grafik hubungan antara temperatur air masuk (inlet) dan keluar (outlet) terhadap waktu operasi

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa suhu air masuk dengan air keluar terus beranjak naik berbentuk linier hingga waktu ke 120 menit temperaturnya telah tampa pada temperatur puncaknya. Hingga waktu kelanjutannya temperatur sistem pendingin cenderung konstan dan tidak lagi mengalami kenaikan temperatur.

3.3 Perhitungan Range

Range adalah perbedaan antara temperatur air masuk dengan temperatur keluaranya. Range sistem pendingin yang tinggi menunjukkan bahwa sistem pendingin telah mampu menurunkan suhu air secara efektif, serta menunjukkan kinerja yang baik.

$$\Delta T \text{ (}^\circ\text{C)} = T_{in} - T_{out}$$

$$\text{Range } \Delta T_{10} \text{ (}^\circ\text{C)} = 29,4 \text{ }^\circ\text{C} - 28 \text{ }^\circ\text{C} = 1,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

Tabel 6. Temperatur Rata-rata Range

Durasi (Menit)	T_{in} (°C)	T_{out} (°C)	Range (°C)
10	29,4	28	1,4
20	29,8	28,2	1,6
30	31	28,5	2,5
40	31	29	2
50	31,4	29,6	1,8
60	32,4	30,3	2,1
70	32,8	30,7	2,1
80	33,1	30,9	2,2
90	33,7	31,2	2,5
100	33,7	31,5	2,2
110	33,9	32	1,9
120	34,8	32,3	2,5
130	34,8	32,4	2,4
140	34,8	32,4	2,4
150	35	32,5	2,5
160	35	32,8	2,2
170	34,9	32,8	2,1
180	34,9	32,7	2,2
190	34,8	32,8	2
200	34,9	32,6	2,3
210	34,9	32,8	2,1
220	34,8	32,7	2,1
230	34,7	32,6	2,1
240	34,8	32,6	2,2
250	34,8	32,5	2,3
260	34,8	32,7	2,1
270	34,7	32,7	2
280	34,6	32,8	1,8
290	34,7	32,6	2,1
300	34,5	32,5	2
310	34,8	32,6	2,2
320	34,7	32,7	2
330	34,7	32,8	1,9

3.4 Perhitungan Approach

Approach adalah perbedaan temperatur air keluar dengan temperatur ambient. Saat kondisi Approach rendah maka semakin baik sistem pendingin. Range dan Approach tetap dipantau, Approach merupakan indikator yang lebih baik untuk kinerja dari sistem pendingin.

$$\text{Approach CT (}^\circ\text{C)} = T_{out} - T_{wb}$$

$$\text{Approach CT}_{10} (^\circ\text{C)} = 29,4 \text{ }^\circ\text{C} - 27,5 \text{ }^\circ\text{C} = 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Tabel 7. Temperatur Rata-rata Approach

Durasi (Menit)	T_{out} (°C)	T_{wb} (°C)	Approach (°C)
10	28	27,5	0,5
20	28,2	27,6	0,6
30	28,5	27,7	0,8
40	29	28,2	0,8
50	29,6	28,8	0,8
60	30,3	29,4	0,9
70	30,7	29,9	0,8
80	30,9	30,1	0,8
90	31,2	30,2	1
100	31,5	30,7	0,8
110	32	31,2	0,8
120	32,3	31,4	0,9
130	32,4	31,5	0,9
140	32,4	31,4	1
150	32,5	31,4	1,1
160	32,8	31,4	1,4
170	32,8	31,3	1,5
180	32,7	31,2	1,5
190	32,8	31,4	1,4
200	32,6	31,2	1,4
210	32,8	31,4	1,4

220	32,7	31,2	1,5
230	32,6	31,2	1,4
240	32,6	31,2	1,4
250	32,5	31,1	1,4
260	32,7	31,3	1,4
270	32,7	31,2	1,5
280	32,8	31,4	1,4
290	32,6	31,1	1,5
300	32,5	31,2	1,3
310	32,6	31,1	1,5
320	32,7	31,4	1,3
330	32,8	31,3	1,5

3.5 Efektivitas Pendinginan

Efektivitas adalah perbandingan dalam presentase antara Range dan Range ideal ialah perbedaan antara temperatur air masuk dengan temperature ambient.

$$\text{Range Ideal } \Delta T_{ideal} (^\circ\text{C)} = T_{in} - T_{wb}$$

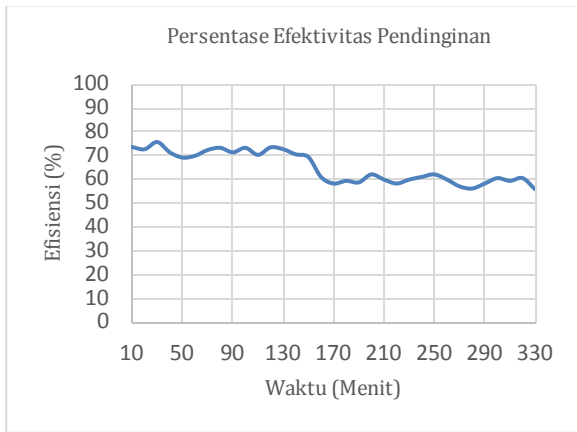
$$\text{Range Idea } \Delta T_{ideal 10} (^\circ\text{C)} = 29,4 \text{ }^\circ\text{C} - 27,5 \text{ }^\circ\text{C} = 1,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{\text{Range}}{\text{Range Idea}} \times 100\%$$

Tabel 8. Efektivitas Pendinginan

Durasi (Menit)	T_{in} (°C)	T_{wb} (°C)	Range Idea (°C)	Efektivitas (%)
10	29,4	27,5	1,9	73,68
20	29,8	27,6	2,2	72,73
30	31	27,7	3,3	75,76
40	31	28,2	2,8	71,43
50	31,4	28,8	2,6	69,23
60	32,4	29,4	3	70,00
70	32,8	29,9	2,9	72,41
80	33,1	30,1	3	73,33
90	33,7	30,2	3,5	71,43
100	33,7	30,7	3	73,33
110	33,9	31,2	2,7	70,37
120	34,8	31,4	3,4	73,53
130	34,8	31,5	3,3	72,73
140	34,8	31,4	3,4	70,59
150	35	31,4	3,6	69,44
160	35	31,4	3,6	61,11
170	34,9	31,3	3,6	58,33
180	34,9	31,2	3,7	59,46
190	34,8	31,4	3,4	58,82
200	34,9	31,2	3,7	62,16
210	34,9	31,4	3,5	60,00
220	34,8	31,2	3,6	58,33
230	34,7	31,2	3,5	60,00
240	34,8	31,2	3,6	61,11
250	34,8	31,1	3,7	62,16
260	34,8	31,3	3,5	60,00
270	34,7	31,2	3,5	57,14
280	34,6	31,4	3,2	56,25
290	34,7	31,1	3,6	58,33
300	34,5	31,2	3,3	60,61
310	34,8	31,1	3,7	59,46
320	34,7	31,4	3,3	60,61
330	34,7	31,3	3,4	55,88

Berdasarkan hasil pengukuran diatas dapat dibuat grafik efektifitas dari sistem pendinginannya.



Gambar 4. Grafik efektifitas pendinginan selama waktu operasi

Efektifitas didapat setelah diketahui perbandingan Range dan Range ideal (dalam persentase) yaitu antara temperatur air masuk dan temperatur ambient dan didapatkan efektifitas pendinginan yaitu pada awal pengukuran pada durasi 10 menit sebesar 73,68% lalu mencapai titik tertingginya pada menit ke 30 yaitu sebesar 75,76% lalu titik terendahnya ada pada waktu ke menit 330 yaitu sebesar 55,88%.

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan serangkaian proses perancangan, analisa serta pengujian maka disimpulkan dari perancangan sistem pendingin Trillion Gasifier untuk model TG 30-1 sebagai berikut :

Dengan target temperatur air pendinginan tidak melebihi ketentuannya yakni sebesar 40 oC serta temperatur ambient sebesar 35 oC maka perancangan sistem pendingin ini telah memenuhi spesifikasi dari segi maksimal temperatur yang telah ditargetkan. nilai temperatur maksimum untuk masing-masing ketentuan yang telah didapatkan yakni sebesar maksimal 32,8 oC pada sistem pendinginan serta 31.5 oC untuk nilai yang didapatkan dari temperatur ambient.

Membutuhkan durasi waktu selama 120 menit dari awal waktu pengoperasian mesin agar temperatur air dapat mempertahankan temperaturnya tetap konstan sehingga temperatur didalam reaktor juga tidak akan berubah-ubah.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adilla Mutia Fatimah, Friga Siera Ragina, Nataliawati Siahaan dan Hakimul Batih. 2014. Gasifikasi Biomassa: Studi Kasus Proyek di Desa Munduk, Buleleng, Bali.
- Gasifier Operation Manual For TG 30-1, Trillion International Pte. Ltd, Editor. 2013.
- Holman, JP.1986. Perpindahan Kalor. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Michael J.Moran, Howard N.Shapiro. 2004. Termodinamika Teknik. Erlangga : Jakarta.
- Munson,Bruce R., and Young,Donald R.2004. Mekanika Fluida. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Musbach,Mussadiq.1995. Termodinamika Dan Mekanik Statistik. Jakarta: Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan.

- Nimas Puspito Pratiwi, Gunawan Nugroho, dan Nur Laila Hamidah. Analisa Kinerja Cooling Tower Induced Draft Tipe LBC W-300 Terhadap Pengaruh Temperatur Lingkungan.
- Pudjanarsa,Astu., and Nursuhud,Djati.2009. Mesin Konversi Energi - Edisi Revisi. Yogyakarta: Andi Publisher
- Reynolds,William C., et al. 1977. Termodinamika Teknik. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Sukmanto Diby. 2009. Perhitungan desain termal kondensor pada sistem pendingin PWR.
- Yopi Handono. 2015. Analisis Performa Cooling Tower LCT 400 Pada PT.XYZ, Tambun Bekasi.

