

ANALISA KAVITASI TERHADAP POMPA THORISHIMA BERDASARKAN VARIASI TEMPERATUR DAN KETINGGIAN INSTALASI DEARATOR

Zulham Effendi, Siti Aisyah, dan Suhermansyah Pratama

STIPER Agrobisnis Perkebunan Medan

Email: zulham@stipap.ac.id

ABSTRAK

Unjuk kerja pompa sentrifugal ditandai dengan besarnya efisiensi, *head*, dan kapasitas pompa tersebut apabila digunakan dengan daya yang sama. Untuk memperbaiki unjuk kerja tersebut, maka dibutuhkan penelitian dan kajian yang mendalam untuk mendapatkan karakteristik pompa sentrifugal yang diinginkan dalam mendistribusikan air ke deaerator dengan temperatur yang maksimal tanpa mengalami kavitasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *headloss* serta proses kavitasi yang terjadi pada pipa di PKS Tebing Tinggi. Dari hasil analisis yang telah dilakukan maka telah diketahui total *headloss* yang terjadi pada sistem perpipaan ketinggian 6 m sebesar 2,8498 m, ketinggian 8 m sebesar 3,4648 m, ketinggian 10 m sebesar 4.0698 m, ketinggian 12 m sebesar 4.6798 m. Kemudian proses terjadi kavitasi pada sistem perpipaan hanya terjadi pada ketinggian 6 m pada temperatur 102°C - 105°C dan ketinggian 8 m terlihat pada temperatur 105°C. Selanjutnya pada ketinggian 10 meter dan ketinggian 12 meter proses terjadinya kavitasi itu sudah tidak ada. Maka dari itu berdasarkan potensi yang telah diperhitungkan bahwa semakin tinggi instalasi deaerator kecil kemungkinan terjadinya kavitasi serta pada nilai efisiensi yang ideal terjadi pada ketinggian 10 meter dan 12 meter.

Kata kunci: deaerator; kavitasi; tinggi instalasi pipa

PENDAHULUAN

Pompa merupakan salah satu komponen yang paling penting dalam hal pendistribusian fluida (terutama air). Pada Pabrik Kelapa Sawit (PKS), pompa sangat berperan penting dalam mendistribusikan suatu fluida dari satu tempat menuju tempat lainnya. Pada pompa fluida, pompa sentrifugal memegang peranan yang amat penting karena penggunaannya paling banyak. Selain itu pompa sentrifugal memiliki efisiensi, *head*, dan kapasitas pompa yang besar apabila digunakan dengan daya yang sama. Pompa adalah mesin atau peralatan mekanis (kerja putar poros) yang digunakan untuk menaikkan cairan dari dataran rendah ke dataran tinggi atau untuk mengalirkan cairan dari daerah bertekanan rendah ke daerah yang bertekanan tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpipaan (Sularso 2000). Hal ini dicapai dengan membuat suatu tekanan yang rendah pada sisi masuk (*suction*) dan tekanan yang tinggi pada sisi keluar (*discharge*) dari pompa. Pompa berfungsi untuk memindahkan zat cair dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi. Disamping itu pompa juga digunakan untuk memindahkan zat cair dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah, misalnya pada sistem pemipaan yang panjang dan berbelok-belok, sehingga mempunyai tekanan hidrolis yang lebih tinggi (Dietzel, 1993). Kavitasi terjadi bila tekanan fluida pada saat memasuki pompa turun hingga di bawah tekanan uap jenuhnya (pada temperatur lingkungan), gelembung-gelembung uap kecil akan mulai terbentuk.

Faktor penyebab terjadinya kavitasi adalah : 1) Penguapan (*Vaporization*), dimana fluida menguap bila tekanannya menjadi sangat rendah atau temperturnya menjadi sangat tinggi. Setiap pompa sentrifugal memerlukan *head* (tekanan) pada sisi isap untuk mencegah penguapan. Tekanan yang diperlukan ini, disiapkan oleh pabrik pembuat pompa dan dihitung berdasarkan asumsi bahwa air yang dipompakan adalah '*fresh water*' pada suhu 68 °F, kejadian ini disebut *Net Positive Suction Head Available* (NPSHA). Karena ada pengurangan tekanan (*head losses*) pada sisi *suction* (karena adanya *valve, elbow, reduser, dll*), maka perhitungan *head* total pada sisi *suction* dan biasa disebut *Net Positive Suction Head is Required* (NPSHR). Nilai keduanya mempengaruhi terjadinya penguapan, maka untuk mencegah penguapan, syaratnya adalah : $NPSHA - V_p \geq NPSHR$, dimana : $V_p = Vapor\ pressure$ fluida yang dipompa. 2). Masuknya udara luar ke dalam sistem (*Air Ingestion*). Pompa sentrifugal hanya mampu mengendalikan 0.5% udara dari total volume. Lebih dari 6% udara, akibatnya bisa sangat berbahaya, dapat merusak komponen pompa. 3). Sirkulasi balik di dalam sistem (*Internal Recirculation*), kondisi ini dapat terlihat pada sudut terluar (*leading edge*) *impeller*, dekat

dengan diameter luar, berputar balik ke bagian tengah kipas. 4). Pergolakan aliran (*turbulence*), dimana aliran fluida diinginkan pada kecepatan yang konstan. 5). *Vane Passing Syndrome*, dimana kerusakan akibat kavitasi jenis ini terjadi ketika diameter luar impeller lewat terlalu dekat dengan 'cutwater' pompa.

Deaerator adalah alat yang bekerja untuk membuang gas-gas yang terkandung dalam air ketel, sesudah melalui proses pemurnian air (*water treatment*). Selain itu deaerator juga berfungsi sebagai pemanas awal air pengisian ketel sebelum dimasukkan kedalam boiler. Deaerator bekerja berdasarkan sifat 26 dari oksigen yang kelarutannya pada air akan berkurang dengan adanya kenaikan suhu. Alat deaerator ini terdiri dari dua drum dimana drum yang lebih kecil merupakan tempat pemanasan pendahuluan dan pembuangan gas-gas dari bahan air ketel, sedangkan drum yang lebih besar adalah merupakan tempat penampungan bahan air ketel yang jatuh dari drum yang lebih kecil di atasnya. Pada drum yang lebih kecil terdapat *spray nozzle* yang berfungsi untuk menyemprot bahan air ketel menjadi butiran-butiran air halus agar proses pemanasan dan pembuangan gas-gas dari bahan air ketel lebih sempurna. Juga pada drum yang lebih kecil disediakan satu saluran *vent* agar gas-gas dapat terbangun (bersama *steam*) ke atmosfer.

Penggunaan pompa yang demikian luas dengan berbagai macam jenis dan bentuknya, sehingga menarik peneliti untuk melakukan penelitian tentang kavitasi dan efisiensi pompa *thorishima* (Eta N 65x50-315,1) berdasarkan variasi temperatur dan ketinggian instalasi daerator. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *headloss* serta proses kavitasi yang terjadi pada pipa di PKS Tebing Tinggi.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di salah satu Pabrik Kelapa Sawit (PKS) Tebing Tinggi, Sumatra Utara, selama 2 bulan yaitu pada bulan Maret sampai dengan Mei 2020. Alat yang digunakan pada penelitian ini (Gambar 1) yaitu *feed water tank*, *deaerator* dan instalasi perpipaan, pompa, elektromotor, manometer, dan thermometer. Sedangkan bahan yang digunakan berupa data pada pipa dan air. Spesifikasi pompa disajikan pada Tabel 1.



(a)

(b)

(c)

Gambar 1 a). *Feed water tank* PKS, b) *Deaerator* dan instalasi sistem perpipaan, c) Pompa deaerator PKS

Tabel 1. Spesifikasi Pompa PKS Tebing Tinggi

Merk	Thorishima
Type	ETA N 65 x 50 – 315,1
Kapasitas	25 m ³ /jam
Total head	35 m
Putaran	1450/min
Temperatur	10 – 100 °C
Driver	7,5 kw
Tahun	2005

A. Prosedur Penelitian

Tahap pengumpulan data menggunakan tiga macam pendekatan yaitu:

- Observasi, meliputi survey lapangan dan literature secara langsung terhadap objek yang akan di lapangan.
- Wawancara, yang dilakukan kepada pimpinan perkebunan kelapa sawit dan pihak terkait dengan bertanya langsung mengenai data yang penulis perlukan.
- Studi kepustakaan, untuk melengkapi data-data yang diperlukan maka penulis melakukan studi kepustakaan untuk menambah bahan ilmiah yang ada hubungannya dengan rancangan ini.

Data diperoleh dengan mengoptimalkan temperatur pada deaerator untuk membantu mengurangi beban kerja boiler. Selain itu dilihat ketinggian yang ideal pada deaerator serta cara untuk meningkatkan kinerja pada mesin pompa agar lebih efisien dan efektif di PKS.

B. Pengamatan dan Analisis Data

Penelitian ini dilakukan dengan mengefisienkan pompa variasikan temperatur 95 - 105°C serta menghubungkannya dengan variasi ketinggian deaerator 6 m, 8 m, 10 m, dan 12 m yang berada pada salah satu PKS di Tebing Tinggi (Sumatera Utara, Medan). Adapun perhitungan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :

- Perhitungan kecepatan aliran pada pipa, yang bertujuan untuk mengetahui debit atau kecepatan aliran yang melalui pipa hisap Ø 3" dan pipa tekan Ø 2".
- Perhitungan kerugian *head* akibat gesekan dalam pipa, yang bertujuan untuk mengetahui kerugian *head* akibat gesekan yang melalui pipa hisap Ø 3" dan pipa tekan Ø 2" serta menghitung kerugian *head* pada sambungan pipa *elbow* 90° dengan menggunakan rumus berikut:

$$h_f = f \times \frac{L}{d} \times \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

dimana: h_f = kehilangan energy (m); f = faktor gesekan, yang tergantung dari angka Reynolds (diagram Moody); L = panjang pipa (m), d = diameter pipa (m), v = kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/s); g = gaya gravitasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan kondisi di pabrik kelapa sawit Tebing Tinggi, pompa yang digunakan adalah jenis pompa sentripugal (ETA-N 65x50-31_5.1) dengan ketinggian deaerator 8 m. Pompa tersebut berfungsi untuk memindahkan air dari *feed water tank* menuju *deaerator* dengan temperatur 90°C. Setelah terjadi proses pendistribusian air menuju deaerator, diharapkan air yang sudah masuk deaerator memiliki temperatur yang tinggi agar kadar oksigen yang terkandung di dalam air dapat terlepas yang berguna untuk mempermudah proses pemanasan boiler serta mencegah proses kavitasi pada pipa di pabrik kelapa sawit. Pada bagian deaerator diharapkan proses meminimalisirkan oksigen sangat optimal untuk memudahkan boiler dalam menghasilkan uap dan menghemat bahan bakar. Pada proses tersebut dibutuhkan temperatur air yang lebih tinggi karena dengan sifat pemanasan inilah faktor kelarutan oksigen menurun.

A. Debit Pipa

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa kecepatan aliran (V) pada sisi isap dengan diameter Ø3" lebih kecil dibanding pada sisi tekan dengan diameter Ø2", hal ini disebabkan karena unsur-unsur yang mengelilingi oksigen pada air yang berupa unsur nitrogen, flor, dan fosfor, sulfur dan klor jika berikatan dengan hidrogen akan menghasilkan gas pada temperatur dan tekanan normal sehingga kecepatan yang keluar pada sisi isap pipa yang besar akan menjadi sedikit (Ubaedillah, 2016).

Tabel 2. Hasil Perhitungan Debit, Kecepatan dan Bilangan *Reynold* (Re)

Pipa	Debit (Q) (m ³ /s)	Luas (A) (m ²)	Kecepatan (V) (m/s)	Bilangan <i>Reynold</i> (Re)
Isap Ø3"	0,0069	0,004558	1,5138	353839
Tekan Ø2"	0,0069	0,002025	3,4074	530969

Pada Tabel 3 terlihat bahwa nilai total mayor *losses* pada pipa isap (H_f) yaitu 0,1128, dimana tinggi tekan merupakan ketinggian fluida yang dibutuhkan agar dapat naik untuk memperoleh jumlah energi yang sama dengan yang dikandung dalam satu satuan bobot fluida pada kondisi yang sama. Nilai pipa total pipa isap dengan ketinggian 1 m sesuai dengan jumlah energi yang dibutuhkan (Ubaedillah 2016).

Tabel 3. Hasil Perhitungan Mayor *Losses* Pada Sisi Isap Ketinggian 1 m

No	Headloss (m)	Panjang (m) Jumlah (pcs)	f (Koefisien Gesek)	H_f Total (m)
1	Gesekan pada pipa ($\emptyset 3$)	1 m	$f = 0.026$	0.0368
2	Gate valve	1 pcs	$f = 0.34$	0.04
3	Belokan pipa (Elbow 90°)	2 pcs	$f = 0.15$	0.036
Total				0.1128

Pada Tabel 4 terlihat bahwa nilai total mayor *losses* pada pipa tekan (H_f) yaitu 3,4648. Nilai ini sesuai dengan persamaan Bernoulli, dimana untuk aplikasi pada instalasi pompa, persamaan Bernoulli dalam bentuk energi "head" terdiri dari empat head, antara lain head elevasi, head tekanan, head kecepatan, dan head kerugian (Tim Pertamina 2009).

Tabel 4. Hasil Perhitungan Mayor *Losses* pada Sisi Tekan Ketinggian 8 m

No	Headloss (m)	Panjang(m) Jumlah (pcs)	F (Koefisien Gesek)	H_f Total (m)
1	Gesekan pada pipa ($\emptyset 2$)	8 m	$f = 0,026$	2,425
2	Gate valve	1 pcs	$f = 0,37$	0,22
3	Belokan pipa (Elbow 90°)	7 pcs	$f = 0,17$	0,707
Total				3,352
Headloss Total				3,4648

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Head Statis*, *Head* total dan NPSH

Temperatur ($^\circ\text{C}$)	P (bar)	Hsp (m)	Hs (m)	H_f (m)	Hvp (m)	Total NPSHa (m)	Keterangan
90	0,7	10,3	7	3,46	7,21	6,63	Tidak Kavitasasi

Pada Tabel 5 terlihat bahwa temperatur 90°C kondisi tidak kavitasasi hal ini disebabkan pada temperatur dan tekanan atmosfer akan menyebabkan tekanan pada air menguap (Ubaedillah 2016). Pada akhirnya hasil perhitungan di atas diperoleh nilai NPSHa dengan kondisi temperatur 90°C . Kondisi tidak kavitasasi itu disebabkan karena temperatur air 90°C dengan nilai tekanan 0,7 bar. Selain itu tekanan pada permukaan air di dalam tangki deaerator yaitu 10,3 m serta perbedaan tinggi antara permukaan air yang diisap dengan pompa yaitu 7 m sehingga kehilangan tekanan akibat gesekan air di dalam pipa sebesar 3,46 m. Setelah dikalkulasikan pada temperatur dengan tekanan atmosfer maka diperoleh nilai tekanan air menguap pada setiap temperaturnya. Pada akhirnya hasil perhitungan di atas diperoleh nilai NPSHa dengan kondisi temperatur 90°C . setelah dilakukan perhitungan didapat hasil perhitungan $\text{NPSHa} > \text{NPSHr}$, dimana nilai NPSHr yaitu 1,7 maka diketahui kondisi instalasi pompa deaerator ke boiler tidak terjadi kavitasasi (Rosid dan Sumarjo 2017).

Tabel 6. Hasil Perhitungan Daya dan Efisiensi Pompa

Temperatur ($^\circ\text{C}$)	Berat Jenis Air (γ) (kg/m^3)	Kapasitas (Q) (m^3/min)	Head Total (H) (m)	Daya Air (Pw) (Kw)	Daya Motor (P) (Kw)	Efisiensi (η) (%)
90	965.3	0.4166	11.05	4.44	11	40.40

Besarnya energi yang secara efektif diterima oleh air pada temperatur 90°C dengan kapasitas $0,4166 \text{ m}^3/\text{min}$, berat jenis air 965.3 kg/m^3 , dan pada head total pompa 11.05 m maka dapat diketahui nilai daya air sebesar 4,44 Kw sehingga didapat nilai efisiensi pompa yaitu 40,40%. Nilai sesuai

dengan kapasitas yang dialirkan PKS ke pompa.

B. Kofisien Pipa Berdasarkan Potensi Variasi Ketinggian Deaerator dan Temperature Air

Pada objek yang tersedia di PKS Tebing Tinggi masih ada potensi yang perlu dikembangkan dengan spesifikasi pompa yang sama dan instalasi pipa isap yang sama. Perlu dilakukannya perhitungan variasi pipa tekan pada instalasi deaerator sepanjang 6 meter, 8 meter, 10 meter dan 12 meter dengan temperatur air 95°C sampai 105°C berdasarkan sifat fisik airnya. Hal ini dilakukan untuk melihat kondisi yang paling ideal dan paling optimal dalam memanaskan air.

a. Ketinggian Dearator 6 meter

Pada Tabel 7 terlihat bahwa nilai total mayor *losses* pada pipa tekan sepanjang 6 meter (H_f) sebesar 2,737 m dan nilai dari sisi isap dan sisi tekan sebesar 2,8498 m. Nilai ini dinyatakan sebagai tidak kavitasi.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Mayor Losses pada Sisi Tekan Ketinggian 6 m

No	Headloss (m)	Panjang (m) Jumlah (pcs)	f (Kofisien Gesek)	H_f Total (m)
1	Gesekan pada pipa ($\emptyset 2$)	6 m	$f = 0.026$	1.81
2	Gate valve	1 pcs	$f = 0.37$	0.22
3	Belokan pipa (Elbow 90°)	7 pcs	$f = 0.17$	0.707
Total				2.737
Headloss Total				2.8498

Berdasarkan Tabel 8, kondisi tidak kavitasi itu berada pada temperatur 95°C - 101°C dengan tekanan pada permukaan air di dalam tanki deaerator sebesar 10,3 m. Perbedaan tinggi antara permukaan air yang diisap dengan pompa yaitu 5 m dan kehilangan tekanan akibat gesekan air di dalam pipa yaitu 2,85 m. Setelah dikalkulasikan pada masing- masing temperatur dengan tekanan atmosfer maka diperoleh nilai tekanan air menguap pada masing-masing temperaturnya. Pada akhirnya hasil perhitungan di atas diperoleh nilai $NPSHa > NPSHr$, dimana nilai $NPSHr$ yaitu 1,7 maka diketahui kondisi instalasi pompa deaerator ke boiler tidak terjadi kavitasi (Ubaedillah 2017).

Kemudian proses terjadinya kavitasi terjadi pada temperatur 102°C - 105°C dengan nilai tekanan pada permukaan air di dalam tanki deaerator yaitu 10,3 m dan perbedaan tinggi antara permukaan air yang diisap dengan pompa yaitu 5 m sehingga kehilangan tekanan akibat gesekan air di dalam pipa yaitu 2,85 m.

Tabel 8. Hasil Perhitungan *Head Statis*, *Head Total* dan *NPSH* 6 m

Temperatur (°C)	P (bar)	Hsp (m)	Hs (m)	Hf (m)	Hvp (m)	Total NPSHa(m)	Keterangan
95	0.84	10.3	5	2.85	8.65	3.80	Tidak Kavitasi
96	0.87	10.3	5	2.85	8.96	3.49	Tidak Kavitasi
97	0.9	10.3	5	2.85	9.27	3.18	Tidak Kavitasi
98	0.94	10.3	5	2.85	9.68	2.77	Tidak Kavitasi
99	0.97	10.3	5	2.85	9.99	2.46	Tidak Kavitasi
100	1.01	10.3	5	2.85	10.40	2.05	Tidak Kavitasi
101	1.04	10.3	5	2.85	10.71	1.74	Tidak Kavitasi
102	1.08	10.3	5	2.85	11.12	1.33	Kavitasi
103	1.12	10.3	5	2.85	11.54	0.91	Kavitasi
104	1.16	10.3	5	2.85	11.95	0.50	Kavitasi
105	1.2	10.3	5	2.85	12.36	0.09	Kavitasi

Pada Tabel 9, besarnya energi yang secara efektif diterima oleh air pada temperatur 95°C - 105°C dengan kapasitas 0,4166 m³/min, berat jenis air terdapat pada masing-masing temperatur, dan pada head total pompa 8,43 m.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Daya dan Efisiensi Pompa 6 m

Temperatur (°C)	Berat Jenis Air (γ) (kg/m ³)	Kapasitas (Q) (m ³ /min)	Head Total (H) (m)	Daya Air (Pw) (Kw)	Daya Motor (P) (Kw)	Efisiensi (η) (%)
95	961.9	0.4166	8.43	3.38	11	30.71
96	961.2	0.4166	8.43	3.38	11	30.69
97	960.5	0.4166	8.43	3.37	11	30.67
98	959.8	0.4166	8.43	3.37	11	30.64
99	959.1	0.4166	8.43	3.37	11	30.62
100	958.3	0.4166	8.43	3.37	11	30.60
101	957.7	0.4166	8.43	3.36	11	30.58
102	956.9	0.4166	8.43	3.36	11	30.55
103	956.2	0.4166	8.43	3.36	11	30.53
104	955.5	0.4166	8.43	3.36	11	30.51
105	954.7	0.4166	8.43	3.35	11	30.48

b. Ketinggian Deaerator 8 meter

Pada ketinggian 8 meter, hasil perhitungan *mayor losses* dapat dilihat pada proses terjadi kavitasi dan tidak terjadi kavitasi yang terdapat pada Tabel 10. Pada prinsip yang sama, terlihat pada temperatur 105°C telah terjadi kavitasi, dimana tekanan pada permukaan air di dalam tanki deaerator yaitu 10,3 m, serta perbedaan tinggi antara permukaan air yang diisap dengan pompa yaitu 7 m. Selanjutnya kehilangan tekanan akibat gesekan air di dalam pipa sebesar 3,46 m. Hasil perhitungan diperoleh nilai NPSHa < NPSHr, dimana nilai NPSHr yaitu 1,7 dan diketahui kondisi instalasi pompa deaerator ke boiler terjadi kavitasi.

Tabel 10. Hasil Perhitungan Head Statis, Head Total dan NPSH 8 m

Temperatur (°C)	P (bar)	Hsp (m)	Hs (m)	Hf (m)	Hvp (m)	Total NPSHa (m)	Keterangan
95	0.84	10.3	7	3.46	8.65	5.19	Tidak Kavitasi
96	0.87	10.3	7	3.46	8.96	4.88	Tidak Kavitasi
97	0.9	10.3	7	3.46	9.27	4.57	Tidak Kavitasi
98	0.94	10.3	7	3.46	9.68	4.16	Tidak Kavitasi
99	0.97	10.3	7	3.46	9.99	3.85	Tidak Kavitasi
100	1.01	10.3	7	3.46	10.40	3.44	Tidak Kavitasi
101	1.04	10.3	7	3.46	10.71	3.13	Tidak Kavitasi
102	1.08	10.3	7	3.46	11.12	2.72	Tidak Kavitasi
103	1.12	10.3	7	3.46	11.54	2.30	Tidak Kavitasi
104	1.16	10.3	7	3.46	11.95	1.89	Tidak Kavitasi
105	1.2	10.3	7	3.46	12.36	1.48	Kavitasi

Kemudian, kondisi tidak kavitasi berada pada temperatur 95°C - 104°C dengan nilai tekanan pada permukaan air di dalam tanki deaerator yaitu 10,3 m serta perbedaan tinggi antara permukaan air yang diisap dengan pompa yaitu 7 m dan kehilangan tekanan akibat gesekan air di dalam pipa yaitu 3,46 m. sehingga didapat hasil perhitungan di atas diperoleh nilai NPSHa > NPSHr, dimana nilai NPSHr yaitu 1,7 yang diketahui kondisi instalasi pompa deaerator ke boiler tidak terjadi kavitasi

Pada Tabel 11, besarnya energi yang secara efektif diterima oleh air pada temperatur 95°C - 105°C dengan kapasitas 0,4166 m³/min, berat jenis air terdapat pada masing-masing temperatur, dan pada head total pompa 11,05 m.

Tabel 11. Hasil Perhitungan Daya dan Efisiensi Pompa 8 m

Temperatur (°C)	Berat Jenis Air (Y) (kg/m ³)	Kapasitas (Q) (m ³ /min)	Head Total (H) (m)	Daya Air (Pw) (Kw)	Daya Motor (P) (Kw)	Efisiensi (η) (%)
95	961.9	0.4166	11.05	4.43	11	40.25
96	961.2	0.4166	11.05	4.42	11	40.23
97	960.5	0.4166	11.05	4.42	11	40.20
98	959.8	0.4166	11.05	4.42	11	40.17
99	959.1	0.4166	11.05	4.42	11	40.14
100	958.3	0.4166	11.05	4.41	11	40.10
101	957.7	0.4166	11.05	4.41	11	40.08
102	956.9	0.4166	11.05	4.41	11	40.05
103	956.2	0.4166	11.05	4.40	11	40.02
104	955.5	0.4166	11.05	4.40	11	39.99
105	954.7	0.4166	11.05	4.39	11	39.95

c. Ketinggian Deaerator 10 Meter

Pada Tabel 12 dapat dilihat bahwa nilai dari sisi isap dan sisi tekan sebesar 4,0698 m. Nilai yang diperoleh sesuai dengan perhitungan dengan menggunakan Hukum Bernoulli.

Tabel 12. Hasil Perhitungan *Mayor Losses* pada Sisi Tekan Ketinggian 10 m

No	Headloss (m)	Panjang (m) Jumlah (pcs)	f (Kofisien Gesek)	Hf Total (m)
1	Gesekan pada pipa (Ø2)	10 m	f = 0.026	3.03
2	Gate valve	1 pcs	f = 0.37	0.22
3	Belokan pipa (Elbow 90°)	7 pcs	f = 0.17	0.707
Total				3.957
Headloss Total				4.0698

Tabel 13. Hasil Perhitungan *Head Statis*, *Head Total* dan NPSH 10 m

Temperatur (°C)	P (bar)	Hsp (m)	Hs (m)	Hf (m)	Hvp (m)	Total NPSHa (m)	Keterangan
95	0.84	10.3	9	4.07	8.65	6.58	Tidak Kavitasi
96	0.87	10.3	9	4.07	8.96	6.27	Tidak Kavitasi
97	0.9	10.3	9	4.07	9.27	5.96	Tidak Kavitasi
98	0.94	10.3	9	4.07	9.68	5.55	Tidak Kavitasi
99	0.97	10.3	9	4.07	9.99	5.24	Tidak Kavitasi
100	1.01	10.3	9	4.07	10.40	4.83	Tidak Kavitasi
101	1.04	10.3	9	4.07	10.71	4.52	Tidak Kavitasi
102	1.08	10.3	9	4.07	11.12	4.11	Tidak Kavitasi
103	1.12	10.3	9	4.07	11.54	3.69	Tidak Kavitasi
104	1.16	10.3	9	4.07	11.95	3.28	Tidak Kavitasi
105	1.2	10.3	9	4.07	12.36	2.87	Tidak Kavitasi

Pada Tabel 13, kondisi tidak kavitasi itu berada pada temperatur 95°C - 105°C dengan nilai tekanan tekanan pada permukaan air di dalam tanki deaerator yaitu 10,3 m serta perbedaan tinggi antara permukaan air yang diisap dengan pompa sebesar 9 m dan kehilangan tekanan akibat gesekan air di dalam pipa yaitu 4,07 m. Hasil perhitungan diperoleh nilai NPSHa > NPSHr, dimana nilai NPSHr yaitu 1,7 maka diketahui kondisi instalasi pompa deaerator ke boiler tidak terjadi kavitasi.

Pada Tabel 14, dapat dilihat besarnya energi yang secara efektif diterima oleh air pada temperatur 95°C - 105°C dengan kapasitas 0,4166 m³/min, berat jenis air terdapat pada masing-masing temperatur, dan pada head total pompa 13,66 m maka dari itu dapat diketahui nilai daya air terdapat pada masing-masing temperaturnya.

Tabel 14. Hasil Perhitungan Daya dan Efisiensi Pompa 10 m

Temperatur (°C)	Berat Jenis Air (Y) (kg/m ³)	Kapasitas (Q) (m ³ /min)	Head Total (H) (m)	Daya Air (Pw) (Kw)	Daya Motor (P) (Kw)	Efisiensi (η) (%)
95	961.9	0.4166	13.66	5.47	11	49.76
96	961.2	0.4166	13.66	5.47	11	49.73
97	960.5	0.4166	13.66	5.47	11	49.69
98	959.8	0.4166	13.66	5.46	11	49.65
99	959.1	0.4166	13.66	5.46	11	49.62
100	958.3	0.4166	13.66	5.45	11	49.58
101	957.7	0.4166	13.66	5.45	11	49.55
102	956.9	0.4166	13.66	5.45	11	49.50
103	956.2	0.4166	13.66	5.44	11	49.47
104	955.5	0.4166	13.66	5.44	11	49.43
105	954.7	0.4166	13.66	5.43	11	49.39

Berdasarkan Tabel 15, kondisi tidak kavitasi itu berada pada temperatur 95°C - 105°C dengan nilai tekanan masing-masing dapat dilihat pada tabel 2.1. Kemudian tekanan pada permukaan air di dalam tanki deaerator yaitu 10,3 m serta perbedaan tinggi antara permukaan air yang diisap dengan pompa yaitu 11 m dan kehilangan tekanan akibat gesekan air di dalam pipa yaitu 4,68 m. Setelah dikalkulasikan pada masing-masing temperatur dengan tekanan atmosfer maka diperoleh nilai tekanan air menguap pada masing-masing temperaturnya. Pada akhirnya hasil perhitungan di atas diperoleh nilai NPSHa dengan kondisi temperatur 95°C - 105°C. Karena hasil nilai perhitungan NPSHa > NPSHr, dimana nilai NPSHr yaitu 1,7 maka diketahui kondisi instalasi pompa deaerator ke boiler tidak terjadi kavitasi.

Tabel 15. Hasil Perhitungan Head Statis, Head Total Dan NPSH 12 m

Temperatur (°C)	P (bar)	Hsp (m)	Hs (m)	Hf (m)	Hvp (m)	Total NPSHa (m)	Keterangan
95	0.84	10.3	11	4.68	8.65	7.97	Tidak Kavitasi
96	0.87	10.3	11	4.68	8.96	7.66	Tidak Kavitasi
97	0.9	10.3	11	4.68	9.27	7.35	Tidak Kavitasi
98	0.94	10.3	11	4.68	9.68	6.94	Tidak Kavitasi
99	0.97	10.3	11	4.68	9.99	6.63	Tidak Kavitasi
100	1.01	10.3	11	4.68	10.40	6.22	Tidak Kavitasi
101	1.04	10.3	11	4.68	10.71	5.91	Tidak Kavitasi
102	1.08	10.3	11	4.68	11.12	5.50	Tidak Kavitasi
103	1.12	10.3	11	4.68	11.54	5.08	Tidak Kavitasi
104	1.16	10.3	11	4.68	11.95	4.67	Tidak Kavitasi
105	1.2	10.3	11	4.68	12.36	4.26	Tidak Kavitasi

Berdasarkan variasi temperatur dan variasi ketinggian instalasi deaerator, maka dapat dilihat beberapa hasil perbandingan yang terjadi, diantaranya yang paling signifikan berdasarkan temperaturnya adalah nilai NPSHa dan efisiensi dengan variasi ketinggian yang dapat dilihat pada Tabel 16.

Pada Tabel 16, dapat dilihat pada ketinggian 6 meter dengan temperatur 95 °C - 105 °C masih ada yang terjadi kavitasi karena nilai NPSHa menunjukkan lebih rendah dari nilai NPSHr. Proses terjadinya kavitasi tersebut terdapat pada temperatur 102 °C – 105 °C. Kemudian pada nilai efisiensi menunjukkan persentase yang masih rendah sekali. Pada ketinggian 8 meter dengan temperatur 95 °C – 105 °C masih ada yang terjadi kavitasi karena nilai NPSHa menunjukkan lebih rendah dari nilai NPSHr. Proses terjadinya kavitasi tersebut terdapat pada temperatur 105°C. Kemudian pada nilai efisiensi menunjukkan persentase yang masih rendah. Pada prinsip yang sama dengan ketinggian 10

meter dengan temperatur 95 °C – 105 °C sudah tidak terjadi kavitasi. Hal ini karena nilai NPSHa menunjukkan lebih tinggi dari nilai NPSHr, serta pada nilai efisiensi menunjukkan persentase yang cukup tinggi. Sedangkan pada prinsip yang sama dengan ketinggian 12 meter dengan temperatur 95 °C – 105 °C sudah tidak terjadi kavitasi. Hal ini karena nilai NPSHa menunjukkan lebih tinggi dari nilai NPSHr, serta pada nilai efisiensi menunjukkan persentase yang tinggi.

Tabel 16. Nilai NPSHa dan efisiensi pompa dengan variasi tinggi

Data	Tinggi 6 m		Tinggi 8 m		Tinggi 10 m		Tinggi 12 m	
	NPSHa (m)	Efisiensi (%)	NPSHa (m)	Efisiensi (%)	NPSHa (m)	Efisiensi (%)	NPSHa (m)	Efisiensi (%)
T 95 °C	3.8	30.71	5.19	40.25	6.58	49.76	7.97	59.27
T 96 °C	3.49	30.69	4.88	40.23	6.27	49.73	7.66	59.23
T 97 °C	3.18	30.67	4.57	40.2	5.96	49.69	7.35	59.18
T 98 °C	2.77	30.64	4.16	40.17	5.55	49.65	6.94	59.14
T 99 °C	2.46	30.62	3.85	40.14	5.24	49.62	6.63	59.1
T 100 °C	2.05	30.6	3.44	40.1	4.83	49.58	6.22	59.05
T 101 °C	1.74	30.58	3.13	40.08	4.52	49.55	5.91	59.01
T 102 °C	1.33	30.55	2.72	40.05	4.11	49.5	5.5	58.96
T 103 °C	0.91	30.53	2.3	40.02	3.69	49.47	5.08	58.92
T 104 °C	0.5	30.51	1.89	39.99	3.28	49.43	4.67	58.88
T 105 °C	0.09	30.48	1.48	39.95	2.87	49.39	4.26	58.83

Pada perbandingan di atas maka dapat diketahui bahwa pada ketinggian 10 meter dan ketinggian 12 meter proses terjadinya kavitasi itu sudah tidak ada. Berdasarkan potensi yang telah diperhitungkan bahwa semakin tinggi instalasi deaerator maka kecil kemungkinan terjadinya kavitasi sedangkan untuk nilai efisiensi yang ideal terjadi pada ketinggian 10 meter dan 12 meter. Hal ini terjadi karena semakin tinggi instalasi deaerator maka semakin besar nilai persentasenya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dari sistem perpipaan air menuju tangki deaerator yang berada pada pabrik kelapa sawit maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Total *headloss* yang terjadi pada sistem perpipaan yang ada pada PKS di Tebing Tinggi dengan ketinggian 6 m sebesar 2,8498 m, ketinggian 8 m sebesar 3,4648 m , ketinggian 10 m sebesar 4,0698 m, ketinggian 12 m sebesar 4,6798 m.
2. Proses terjadi kavitasi pada sistem perpipaan hanya terjadi pada ketinggian 6 m pada temperatur 102 °C – 105 °C dan ketinggian 8 m terlihat pada temperatur 105 °C.
3. Berdasarkan potensi, semakin tinggi instalasi deaerator maka akan kecil kemungkinan terjadinya kavitasi dan semakin besar nilai persentasenya.
4. Nilai efisiensi yang ideal terjadi pada ketinggian 10 meter dan 12 meter.

DAFTAR PUSTAKA

- Bruce, M. R. & Donald, F. Y., 1994. *Fundamentals of fluid mechanics*. Second Edition. John Wiley & Sons. Inc Toronto.
- Cantona, P., Dwi, M. S. A., Abadi, C. S., & Syujak M., 2019. Analisis *head loss* dan kavitasi dari rangkaian pompa sentrifugal ebara di PT. PBI. Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, 87-93
- Dietzel, F., 1996. Turbin pompa dan kompresor. Alih Bahasa Dakso Sriyono. Jakarta: Erlangga Fluid Mechanics CCFL 120D. Alternate Examinations: The University of Trinidad & Tobago H. Curch, Agustin. 1986. Pompa dan Blower Sentrifugal. Jakarta: Erlangga.
- Hutabarat, B., 2019. Analisis unjuk kerja pompa sentrifugal dengan variasi *head*. Medan: Universitas Medan Area.

- Kamiel, B. P., Nasaka D. A., Riyanta B., & Asyaratul A., 2019. Deteksi kavitasasi pada pompa sentrifugal menggunakan spektrum getaran dan spektrum envelope. *Journal Semesta Teknik*, 22 (1), 1-10, doi: 10.18196/st.221231.
- Kamiel, B. P., & Ramadhan, R. S., 2017. Pengaruh kecepatan operasi pompa sentrifugal terhadap sensitifitas metode deteksi fenomena kavitasasi berbasis parameter statistik domain waktu. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*. 20 (1), 51-66.
- Karrasik, I. J., Krutzch W, Cincin & Warren, F., 1978. *Pump Handbook* 2nd edition. USA: Mc Graw Hill Company.
- Lazarkiewics S., 1965. *Impleller pump*. Warszawa : Widawnicta Naukowo Techniczne
- Nuarsa, Z. I. M., & Sayoga, I. M. A., 2012. Analisa pengaruh variasi sudut sambungan belokan terhadap *head losses* aliran pipa. *Jurnal Teknik Mesin*, 2 (2), 25-33.
- Pratama,R., 2020. Analisa pengaruh konsumsi bahan bakar terhadap penghematan daya ditinjau dari eksergi pabrik kelapa sawit. Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Agrobisnis Perkebunan. Medan.
- Puspawan, A., Nuramal, A., & Suandi, A., 2016. Analysis of headloss and effeciency Of UGA-301AB type-centryfugal pump from cooling tower instalation to dust chamber un Urea P-IV maintenance division (Case Study In PT. Pupuk Sriwidjaja, Palembang City, South Sumatera Province). *Jurnal Teknosia*, II (12). 235-244.
- Rosid dan Sumarjo, J., 2017. Analisa simulasi kerusakan impeller pada pompa sentrifugal akibat kavitasasi. *Jurnal Mesin Teknologi (SINTEK Jurnal)*. 11 (2). 12-25.
- Sari, A. P., 2012. Simulasi pengaruh NPSH terhadap terbentuknya kavitasasi pada pompa sentrifugal dengan menggunakan program komputer komputer computational fluid dyanamic fluent. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Stepanoff, A. J., 1957. *Centrifugal and axial flow pumps : Theory, design, and application*. New York: Wiley.
- Sularso., 2000. *Pompa dan kompresor*. Jakarta : Pradaya Paramita.
- Tardia L. 2019. *Pompa sentrifugal*. Jilid 1. Bandung : ITB Press
- Tim Pertamina, 2009. *Modul expertest Centryfugal Pumping Unit (CPU)*. Jakarta: Erlangga.
- Ubaedilah. 2016. Analisa kebutuhan jenis dan spesifikasi pompa untuk suplai air bersih di gedung kantin berlantai 3 PT. Astra Daihatsu Motor. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*. 05 (3). 346-355.
- Wijianto dan Effendy, M., 2010. Aplikasi response getaran untuk menganalisi fenomena kavitasasi pada instalasi pompa sentrifugal. *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*. 11 (2). 191–206.