

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 9, No. 1, April 2021



Publikasi Resmi
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)
bekerjasama dengan
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. JTEP terbit tiga kali setahun yaitu bulan April, Agustus dan Desember, Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain meliputi teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam **invited paper** yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, **review** perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, **technical paper** hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta **research methodology** berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (*online submission*) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

Penanggungjawab:

Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB
Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia

Dewan Redaksi:

Ketua : Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, IPB University)
Anggota : Abdul Hamid Adom (Scopus ID: 6506600412, University Malaysia Perlis)
(*editorial board*) Addy Wahyudie (Scopus ID: 35306119500, United Arab Emirates University)
Budi Indra Setiawan (Scopus ID: 55574122266, IPB University)
Balasuriya M.S. Jinendra (Scopus ID: 30467710700, University of Ruhuna)
Bambang Purwantana (Scopus ID: 6506901423, Universitas Gadjah Mada)
Bambang Susilo (Scopus ID: 54418036400, Universitas Brawijaya)
Daniel Saputera (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya)
Han Shuqing (Scopus ID: 55039915600, China Agricultural University)
Hiroshi Shimizu (Scopus ID: 7404366016, Kyoto University)
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana)
Agus Arif Munawar (Scopus ID: 56515099300, Universitas Syahkuala)
Armansyah H. Tambunan (Scopus ID: 57196349366, IPB University)
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, IPB University)
M. Rahman (Scopus ID: 7404134933, Bangladesh Agricultural University)
Machmud Achmad (Scopus ID: 57191342583, Universitas Hasanuddin)
Muhammad Makky (Scopus ID: 55630259900, Universitas Andalas)
Muhammad Yulianto (Scopus ID: 54407688300, IPB University & Waseda University)
Nanik Purwanti (Scopus ID: 23101232200, IPB University & Teagasc Food Research Center Irlandia)
Pastor P. Garcia (Scopus ID: 57188872339, Visayas State University)
Rosnah Shamsudin (Scopus ID: 6507783529, Universitas Putra Malaysia)
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin)
Sate Sampattagul (Scopus ID: 7801640861, Chiang Mai University)
Subramaniam Sathivel (Scopus ID: 6602242315, Louisiana State University)
Shinichiro Kuroki (Scopus ID: 57052393500, Kobe University)
Siswoyo Soekarno (Scopus ID: 57200222075, Universitas Jember)
Tetsuya Araki (Scopus ID: 55628028600, The University of Tokyo)
Tusan Park (Scopus ID: 57202780408, Kyungpook National University)

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, IPB University)
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, IPB University)
Bendahara : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, IPB University)
Anggota : Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, IPB University)
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, IPB University)
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, IPB University)
Leopold Oscar Nelwan (Scopus ID: 56088768900, IPB University)
I Wayan Astika (Scopus ID: 43461110500, IPB University)
I Dewa Made Subrata (Scopus ID: 55977057500, IPB University)
Administrasi : Khania Tria Tifani (IPB University)

Penerbit: Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor bekerjasama dengan Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA).

Alamat: Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem,
Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680.
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,
E-mail: jtep@apps.ipb.ac.id
Website: <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

Rekening: BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

Percetakan: PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaah naskah pada penerbitan Vol. 9, No. 1 April 2021. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Dr. Hendriko, ST., M.Eng (Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Agrobisnis Perkebunan, Medan), Dr. Ir. Hermantoro, M.S (Instiper Yogyakarta), Dr.Ir. M. Yanuar Jarwadi Purwanto, MS (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, IPB University), Dr.Ir. Yuli Suharnoto, M.Eng (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, IPB University), Prof.Dr.Ir. Usman Ahmad, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University), Dr. Leopold O. Nelwan, S.TP, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University), Prof.Dr.Ir. Asep Sapei, MS (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, IPB University)

Technical Paper

Analisa Head Losses pada Diameter Pipa terhadap Terbentuknya Kavitasasi Pompa

Analysis of Head Losses on Pipe Diameter to Formation of Pump Cavitation

Siti Aisyah, Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan,
Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Agrobisnis Perkebunan, Email : sitiaisyahchan76@gmail.com
Zulham Effendi, Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan,
Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Agrobisnis Perkebunan, Email : Zulham@stipap.ac.id
Wahyu Yoga Pratama, Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan,
Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Agrobisnis Perkebunan, Email : wahyuyogap99@yahoo.com

Abstract

The pump works by converting mechanical energy into kinetic energy where along the fluid flow there will be a flow loss which causes a decrease in the thrust pressure on the discharge side of the pump. This is due to fluid friction against the pipe walls, and the use of elbows, valves, etc. This analysis aims to calculate the amount of pressure loss (head losses) in the cross-sectional area of the pipe, the available Nett Positive Suction Head (NPSHa), and in the end it will be compared with the required Nett Positive Suction Head (NPSHr) of the pump. This research was conducted in one of the Palm Oil Mill in Tanah Putih District, Rokan Hilir Regency, Riau Province. Data obtained from pump specification data, suction pipe specifications, pressure pipe specifications, daerator height data, upper drum height data, and pumped water temperature data. The instrument analyzed is a pump engine that distributes water from the daerator to the upper drum with the Pump Brand: Southern Cross, type: 52L-4, pump capacity: 25 m³/hour, pump rotation: 3000 rpm, head: 40 meters, temperature: 100⁰C, year: 1989. The results obtained that the flow velocity in the suction and compressive pipes is 0.8567 m/s, the Reynold number for pipe Ø 4" is 295050 m (turbulent flow), relative pipe Roughness for pipe Ø 4" is 0.0015, losses on the suction pipe is 0.1082 m, the loss in the pressure pipe is 0.0927 m, the head loss at the 90⁰ elbow pipe connection is 0.0012 m. The head loss on the gate valve resistance is 0.0059 m.

Keywords: *Head losses, Cavitation, Pump*

Abstrak

Pompa bekerja dengan mengkonversi energi mekanik menjadi energi kinetik dimana sepanjang aliran fluida akan mengalami kerugian aliran yang menyebabkan penurunan tekanan dorong di sisi *discharge* pompa. Hal ini disebabkan karena gesekan fluida dengan dinding pipa, dan penggunaan *elbow*, *valve*, dan lain-lain. Analisa ini bertujuan untuk menghitung besarnya kerugian tekanan (*head losses*) pada luas penampang pipa, *Nett Positive Suction Head* yang tersedia (NPSHa), dan pada akhirnya akan dibandingkan dengan *Nett Positive Suction Head* yang diperlukan (NPSHr) dari pompa. Penelitian ini dilaksanakan disalah satu Pabrik Kelapa Sawit di Kecamatan Tanah Putih, Kabupaten Rokan Hilir, Provinsi Riau. Data diperoleh dari data spesifikasi pompa, spesifikasi pipa hisap, spesifikasi pipa tekan, data ketinggian *daerator*, data ketinggian *upper drum*, dan data suhu air yang dipompakan. Alat yang dianalisis berupa mesin pompa yang mendistribusikan air dari *daerator* menuju ke *upper drum* dengan Merek Pompa: *Southern Cross*, tipe: 52L-4, kapasitas pompa: 25 m³/jam, putaran pompa: 3000 rpm, *head*: 40 meter, temperature: 100⁰C, tahun: 1989. Hasil penelitian diperoleh kecepatan aliran pada pipa hisap dan tekan adalah 0.8567 m/s, bilangan *Reynold* untuk pipa Ø 4" adalah 295050 m (aliran *turbulen*), *relative pipe Roughness* untuk pipa Ø 4" adalah 0.0015, kerugian pada pipa hisap sebesar 0.1082 m, kerugian pada pipa tekan 0.0927 m, kerugian *head* pada sambungan pipa *elbow* 90⁰ sebesar 0.0012 m. Kerugian *head* pada hambatan *gate valve* sebesar 0.0059 m.

Kata Kunci : *Head losses, Kavitasasi, Pompa*

Diterima: 28 Desember 2020; Disetujui: 15 Maret 2021

Pendahuluan

Pompa digunakan untuk memindahkan fluida yang tidak dapat dimampatkan (*incompressible fluida*) dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan fluida yang dipindahkan tersebut. Pompa akan memberikan energi mekanis pada fluida kerjanya, dan energi yang diterima fluida digunakan untuk menaikkan tekanan dan melawan tahanan-tahanan yang terdapat pada saluran-saluran instalasi pompa (Tardia, 2019). Pada dasarnya, disepanjang aliran fluida akan mengalami kerugian aliran yang menyebabkan penurunan tekanan dorong di sisi *discharge* pompa (Rosid dan Sumarjo, 2017). Hal ini disebabkan karena gesekan fluida dengan dinding pipa dan penggunaan *elbow*, *valve*, dan lain-lain. Pada sistem pemipaan yang menggunakan pompa sentrifugal sangat mungkin terjadi kavitasi yang dipengaruhi oleh kecepatan aliran dan perbedaan penampang yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan sampai turun di bawah tekanan uap jenuhnya sehingga menyebabkan terjadinya fenomena yang disebut kavitasi (Kamiel dan Ramadhan, 2017).

Kavitasi merupakan peristiwa terbentuknya gelembung-gelembung uap didalam cairan yang sedang mengalir (Wijianto dan Effendy, 2010). Fenomena ini terjadi akibat turunnya tekanan fluida sampai di bawah tekanan uap jenuh fluida dan turbulensi (pulsasi) (Cantona et al., 2019). Pada pompa 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 (Kamiel et al., 2019). Gelembung-gelembung uap ini akan terbawa oleh aliran fluida dan masuk pada daerah yang bertekanan lebih tinggi, sehingga gelembung akan pecah dan menimbulkan suara berisik dan getaran. Selain itu performansi pompa akan turun secara tiba-tiba sehingga pompa tidak dapat beroperasi dengan baik (Sari, 2012). Jika pompa dijalankan dalam keadaan kavitasi secara terus-menerus dalam jangka waktu lama, maka permukaan dinding saluran di sekitar aliran akan termakan sehingga menjadi berlubang-lubang (Widodo dan Sulistyowati, 2016). Peristiwa ini yang dinamakan erosi kavitasi, sebagai akibat tumbukan gelembung-gelembung uap yang pecah pada dinding secara terus-menerus (Karrasik et al., 2001). Bagian-bagian yang sering terkena kavitasi adalah sudu-sudu *impeller* dan *difuser* dan juga bagian dalam dinding rumah pompa.

Pada pompa diagonal dan pompa aksial (*propeller pumps*), kavitasi terjadi pada sudu *impeller* dekat sisi masuk, pada bagian dalam dari dinding rumah pompa, dan pada sisi masuk sudu *difuser* (Karrasik et al., 2001). Salah satu penyebab terjadinya kavitasi adalah karena adanya penguapan dimana fluida akan menguap bila tekanannya

menjadi sangat rendah atau temperaturnya menjadi sangat tinggi. Setiap pompa sentrifugal memerlukan *head* (tekanan) pada sisi isap untuk mencegah penguapan (Rosid dan Sumarjo, 2017). Tekanan yang diperlukan ini, disiapkan oleh pabrik pembuat pompa dan dihitung berdasarkan asumsi bahwa air yang dipompakan adalah '*fresh water*' pada suhu 68°F yang disebut *Net Positive Suction Head Available* (NPSHA). Cantona et al. (2019) mengatakan bahwa terjadinya pengurangan tekanan (*head losses*) pada sisi *suction* (karena adanya *valve*, *elbow*, *reducer*, dan lain-lain), maka perhitungan *head total* pada sisi *suction* dan biasa disebut *Net Positive Suction Head is Required* (NPSHR).

Secara umum dapat disimpulkan bahwa terjadinya kavitasi akan mengakibatkan beberapa kerugian yaitu: a) Penurunan *head* dan kapasitas pemompaan, b) Penurunan efisiensi pompa dan c) Pecahnya gelembung-gelembung uap saat melalui daerah yang bertekanan lebih tinggi akan menyebabkan suara berisik, getaran dan kerusakan pada beberapa komponen terutama *impeller* dan *diffuser* (Rosid dan Sumarjo, 2017).

Banyaknya permasalahan pada pompa inilah yang menarik peneliti untuk mengetahui besarnya kerugian tekanan (*head losses*) dan nilai *Net Positive Suction Head* (NPSH) yang akan dikorelasikan dengan terjadinya kavitasi pada pompa. Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung besarnya kerugian tekanan (*head losses*), *Net Positive Suction Head* yang tersedia (NPSHa), dan pada akhirnya akan dibandingkan dengan *Net Positive Suction Head* yang diperlukan (NPSHr) dari pompa.

Metode Penelitian

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan disalah satu Pabrik Kelapa Sawit yang berlokasi di Kecamatan Tanah Putih, Kabupaten Rokan Hilir, Provinsi Riau. Waktu penelitian ini selama satu minggu dari tanggal 28 Juni – 4 Juli 2020.

Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan dalam proses penelitian antara lain adalah data spesifikasi pompa, data spesifikasi pipa hisap, data spesifikasi pipa tekan, data ketinggian *daerator*, data ketinggian *upper drum*, dan data suhu air yang dipompakan.

Alat yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah mesin pompa yang mendistribusikan air dari *daerator* menuju ke *upper drum* pada salah satu Pabrik Kelapa Sawit (PKS) yang bertempat di Tanah Putih.

Berikut spesifikasi pompa sentrifugal yang mendistribusikan air dari *daerator* ke *upper drum* di salah satu PKS yang bertempat di Tanah Putih :

Merek Pompa : *Southern Cross*
 Type : 52L-4
 Kapasitas Pompa : 25 m³/jam
 Putaran Pompa : 3000 rpm
 Head : 40 meter
 Temperatur : 100°C
 Tahun : 1989

Hasil dan Pembahasan

Hasil Perhitungan Kecepatan Aliran pada Pipa Hisap dan Tekan

Kecepatan aliran pada pipa hisap dan tekan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$V_s = \frac{Q}{A} \quad (1)$$

Dimana :

$$Q = 0.00694 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 4'' \times 25,4 \text{ mm}$$

$$= 101.6 \text{ mm} = 0.1016 \text{ m}$$

Maka :

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \times (D)^2} \\ &= 0.8567 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Hasil Perhitungan Head Losses pada Pipa Hisap dan Tekan

Head losses atau kerugian *head* merupakan kerugian-kerugian pada instalasi yang terdiri dari: a) *Losses* pada sisi hisap (*Suction head*) dan b) *Losses* pada sisi tekan (*Discharge head*). Kerugian-kerugian tersebut meliputi: a) *Losses mayor*, dimana kerugian *head* akibat fluida bergesekan, didalam saluran pipa dan faktor gesekan dapat dihitung berdasarkan dari jenis pipa yang dipakai dan harga *Re* (Bilangan *Reynold* untuk membantu menentukan jenis aliran dalam pipa), b) *Losses minor*, dimana kerugian *head* lokal (*local head losses*) seperti pemakaian katup, saringan, dan lain-lain (Cantona *et al* 2019).

Sebelum masuk ke perhitungan *head losses mayor* dan *head losses minor* dalam pipa hisap dan tekan, terlebih dahulu untuk mengetahui berapa nilai koefisien gesek yang terjadi di dalam pipa, dapat dicari dengan bilangan *Reynold* (*Re*) dan nilai *relative pipe roughness*, selanjutnya dapat ditentukan nilai *friction factor* (koefisien gesek) pada diagram *Moody* (Sari, 2012).

Bilangan Reynold untuk Pipa Ø 4"

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} \quad (2)$$

Tabel 1. Sifat Air dan Viskositas Kinematik Pada Tekanan Atmosfir.

Suhu °C	Kekentalan Air N.s/m ²	Viskositas Kinematik m ² /dt
0	1.788 x 10 ⁻³	1.788 x 10 ⁻⁶
10	1.307 x 10 ⁻³	1.307 x 10 ⁻⁶
20	1.003 x 10 ⁻³	1.005 x 10 ⁻⁶
30	0.799 x 10 ⁻³	0.802 x 10 ⁻⁶
40	0.657 x 10 ⁻³	0.662 x 10 ⁻⁶
50	0.548 x 10 ⁻³	0.555 x 10 ⁻⁶
60	0.467 x 10 ⁻³	0.475 x 10 ⁻⁶
70	0.405 x 10 ⁻³	0.414 x 10 ⁻⁶
80	0.355 x 10 ⁻³	0.365 x 10 ⁻⁶
90	0.316 x 10 ⁻³	0.327 x 10 ⁻⁶
100	0.283 x 10 ⁻³	0.295 x 10 ⁻⁶

(Sumber : White. 1986:390)

Dimana :

$$V = 0.8567 \text{ m/s}$$

$$D = 0.1016 \text{ m}$$

$$\nu = 0.295 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

(viskositas kinematik, didapat dari Tabel 1)

Maka :

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} = 295050 \text{ m (aliran turbulen)}$$

Pipa yang berada pada salah satu Pabrik Kelapa Sawit yang bertempat di Tanah Putih terbuat dari bahan jenis pipa galvanis dengan harga kekerasan $E = 0.0005 \text{ ft}$. (Dapat dilihat pada tabel 1).

$$\begin{aligned} E &= 0.0005 \times 304.8 \text{ mm (dikonversikan kedalam mm)} \\ &= 0.1524 \text{ mm} \end{aligned}$$

Relative Pipe Roughness Untuk Pipa Ø 4"

$$\frac{E}{D} = \frac{0.1524 \text{ mm}}{101.6 \text{ mm}} = 0.0015$$

Head Losses Mayor Dalam Pipa Hisap Ø 4"

Kerugian pada pipa hisap dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \quad (3)$$

Dimana :

$$f = \text{Koefisien gesek pada pipa} = 0.021$$

(dapat ditentukan dengan bilangan *Reynold* dan diagram *Moody*)

$$L = 14 \text{ m}$$

$$D = 4'' = 0.1016 \text{ m}$$

$$V = 0.8567 \text{ m/s}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Maka :

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} = 0.1082 \text{ m}$$

Head Losses Mayor Dalam Pipa Tekan Ø 4"

Kerugian pada pipa hisap dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

f = Koefisien gesek pada pipa = 0.021
(dapat ditentukan dengan bilangan *Reynold* dan diagram *Moody*)

L = 12 m

D = 4" = 0.1016 m

V = 0.8567 m/s

g = 9.81 m/s²

Maka :

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} = 0.0927 \text{ m}$$

Head Losses Minor Dalam Pipa Hisap Ø 4"

Kerugian *head* pada sambungan pipa *elbow* 90° dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$h_{el} = K_{el} \times \frac{V^2}{2g} \quad (4)$$

Dimana :

K = Koefisien gesek pada sambungan pipa *elbow* 90°
= 0.30

V = 0.8567 m/s

g = 9.81 m/s²

Maka :

$$h_{el} = K_{el} \times \frac{V^2}{2g} = 0.0112 \text{ m}$$

Dikarenakan untuk pipa hisap (*inlet*) Ø 4" sepanjang 14 m terdapat 5 belokan maka untuk h_{el} Ø 4" adalah:

$$h_{el} \text{ Ø 4" } = 0.0112 \times 5 = 0.056 \text{ m}$$

Kerugian *head* pada hambatan *gate valve* dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut :

$$h_{gv} = K_{gv} \times \frac{V^2}{2g} \quad (5)$$

Dimana :

K = Koefisien gesek pada hambatan *gate valve*
= 0.158 (dapat dilihat pada tabel 2)

V = 0.8567 m/s

g = 9.81 m/s²

Maka :

$$h_{gv} = K_{gv} \times \frac{V^2}{2g} = 0.0059 \text{ m}$$

Tabel 2. Sifat Air dan Viskositas Kinematik Pada Tekanan Atmosfir

Material	E	
	Ft	Mm
Riveted Steel	0.003 - 0.03	0.9 - 9.0
Concrete	0.001 - 0.01	0.3 - 3.0
Wood Stave	0.0006 - 0.003	0.18 - 0.9
Cast Iron	0.00085	0.26
Galvanized Iron	0.0005	0.15
Asphalted Cast Iron	0.0004	0.12
Commercial Steel	0.00015	0.046
Drawn Tubing	0.000005	0.0015
Glass	"Smooth"	"Smoth"

(Sumber : Fox, R. & McDonald, A., 1998)

Dikarenakan untuk pipa hisap (*inlet*) Ø 4" sepanjang 14 m terdapat 2 *gate valve* maka untuk h_{gv} Ø 4" adalah :

$$h_{gv} \text{ Ø 4" } = 0.0059 \times 2 = 0.0118 \text{ m}$$

Head Losses Minor Dalam Pipa Tekan Ø 4"

Kerugian *head* pada sambungan pipa *elbow* 90° dapat ditentukan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$h_{gv} = K_{gv} \times \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

K = Koefisien gesek pada sambungan pipa *elbow* 90°
= 0.30 (dapat dilihat pada tabel 2)

V = 0.8567 m/s

g = 9.81 m/s²

Maka :

$$h_{gv} = K_{gv} \times \frac{V^2}{2g} = 0.0112 \text{ m}$$

Dikarenakan untuk pipa tekan (*outlet*) Ø 4" sepanjang 12 m terdapat 3 belokan maka untuk h_{el} Ø 4" adalah :

$$h_{el} \text{ Ø 4" } = 0.0112 \times 3 = 0.0336 \text{ m}$$

Kerugian *head* pada hambatan *gate valve* dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut :

$$h_{gv} = K_{gv} \times \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

K = Koefisien gesek pada hambatan *gate valve*
= 0.158

V = 0.8567 m/s

g = 9.81 m/s²

Maka :

$$h_{gv} = K_{gv} \times \frac{V^2}{2g} = 0.0059 \text{ m}$$

Dikarenakan untuk pipa tekan (*outlet*) $\varnothing 4''$ sepanjang 12 m terdapat 2 *gate valve* maka untuk $h_{gv} \varnothing 4''$ adalah :

$$h_{gv} \varnothing 4'' = 0.0059 \times 2 = 0.0118 \text{ m}$$

Head Losses Total Pipa Hisap dan Pipa Tekan $\varnothing 4''$

Sesuai dengan hasil perhitungan diatas maka total kerugian *head* pada pipa hisap (*inlet*) yang terpasang pada pompa ($\varnothing 4''$) adalah sebagai berikut :

$$H_{loss\text{totalpompa}} = h_f + h_{el} + h_{gv} = 0.176 \text{ m}$$

Sesuai dengan hasil perhitungan diatas maka total kerugian *head* pada pipa tekan (*outlet*) yang terpasang pada pompa ($\varnothing 4''$) adalah sebagai berikut :

$$H_{loss\text{totalpompa}} = h_f + h_{el} + h_{gv} = 0.1381 \text{ m}$$

Head Statis Total (Suction Head)

Setelah didapat data maka didapatkan pula tinggi permukaan fluida pada sisi masuk (*suction head*) sampai ke poros pompa 6.5 m dan tinggi angkat pada sisi tekan (*discharge head*) 8 m. Suatu instalasi pipa *suction* dimana permukaan fluida terletak diatas sumbu pompa. Besarnya *elevation head* adalah :

$$H_a = H_d + H_s$$

Dimana :

$$H_d = 8 \text{ m (head discharge)}$$

$$H_s = 6.5 \text{ m (head suction)}$$

Maka :

$$H_a = H_d + H_s = 1.5 \text{ m}$$

$$\Delta h_p = 0 \text{ (Reservoir bawah dan Reservoir atas tekanan airnya sama)}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan maka *Head Total* yang terjadi dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$H_{tot} = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2g} \quad (5)$$

Dimana :

$$h_a = 1,5 \text{ m (head statis total)}$$

$$\Delta h_p = 0 \text{ (Reservoir bawah dan Reservoir atas tekanan airnya sama)}$$

$$h_l = 0.3141 \text{ m (head losses total pada pipa hisap dan tekan)}$$

$$\frac{v^2}{2g} = \text{head kecepatan luar } \varnothing 4''$$

Maka :

$$H_{tot} = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2g} = 1.8515 \text{ m}$$

Perhitungan NPSH

NPSH dihitung untuk mengetahui kinerja pompa untuk problem kavitasi (Hutabarat, 2019). Syarat kerja pompa tidak mengalami kavitasi adalah NPSH yang tersedia (NPSHa) lebih besar dari NPSH yang diperlukan (NPSHr). Untuk menghitung nilai NPSH yang tersedia (NPSHa) dapat menggunakan rumus berikut:

$$H_{sv} = (\text{NPSH yang tersedia})$$

$$H_{sv} = \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_s - h_{Ls} \quad (6)$$

Dimana :

$$P_a = \text{tekanan pada permukaan cairan} \\ (1 \text{ atm} = 10332.274 \text{ kgf/m}^2)$$

$$P_v = \text{tekanan uap jenuh (100°C} = 10332.24 \text{ kgf/m}^2)$$

$$h_s = \text{head hisap statis (-6.5 m)}$$

$$h_{Ls} = \text{head kerugian pipa hisap (0.176 m)}$$

$$\gamma = \text{berat jenis air (1000 kgf/m}^3)$$

Maka :

$$H_{sv} = \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_s - h_{Ls} = 6.3238 \text{ m}$$

$$H_{cvN} \text{ (NPSH yang diperlukan)}$$

$$H_{svN} = \sigma \times H_N$$

Dimana :

$$\sigma = \text{Koefisien kavitasi Thoma}$$

$$H_N = \text{Head total pompa}$$

Untuk mengetahui nilai koefisien kavitasi *Thoma* maka terlebih dahulu untuk dicari nilai dari putaran spesifik pada pompa dengan menggunakan persamaan dibawah ini.

$$n_s = n \frac{Q_N^{1/2}}{H_N^{3/4}} \quad (7)$$

Dimana :

$$n = 3000 \text{ rpm (putaran pada pompa)}$$

$$Q_N = 0.00694 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 0.4164 \text{ m}^3/\text{min (kapasitas pompa)}$$

$$H_N = 1.8515 \text{ m (head total pompa)}$$

Maka :

$$n_s = n \frac{Q_N^{1/2}}{H_N^{3/4}} = 157.2$$

Nilai besaran σ (koefisien kavitasi) = 0.063 untuk $n_s = 157.2$. Maka menurut persamaan diatas NPSH yang diperlukan (H_{svN}) adalah :

$$H_{cvN} = \sigma \times H_N = 0.1166 \text{ m}$$

NPSHa (6.3238 m) > NPSHr (0.1166 m), dengan

kata lain NPSH yang tersedia (NPSHa) lebih besar dari NPSH yang diperlukan (NPSHr). Sehingga pompa yang mengalirkan air dari *daerator* menuju ke *upper drum* dapat bekerja tanpa gangguan kavitasi (Ubaedillah 2016).

Alternatif Solusi

Beberapa solusi yang dilakukan yaitu:

1. Penggantian diameter pipa pada sisi pipa hisap ke satu nomor lebih besar agar dapat mengurangi kehilangan tekanan akibat gesekan.
2. Mengurangi banyaknya sambungan *elbow* pada sisi pipa hisap agar dapat mengurangi kehilangan tekanan akibat sambungan *elbow*.
3. Memperhatikan instalasi jaringan pipa yang digunakan pada pompa.
4. Menurunkan *nilai nett positive suction head* yang diperlukan (NPSHr) dengan cara meminimalkan penyebab-penyebab kehilangan tekanan pada aliran, dalam pencegahan terjadinya kavitasi.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil perhitungan dari penelitian ini, dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Diameter penampang pipa berpengaruh terhadap besarnya nilai *head losses* yang dihasilkan, semakin besar diameter pipa maka semakin kecil nilai *head losses* yang dihasilkan.
2. Total kerugian tekanan (*head losses total*) pada pipa hisap (*inlet*) yang terpasang pada pompa ($\varnothing 4''$) adalah 0.176 m dan total kerugian tekanan (*head losses total*) pada pipa tekan (*outlet*) yang terpasang pada pompa ($\varnothing 4''$) adalah 0.1381 m.
3. Nilai *nett positive suction head* yang tersedia (NPSHa) adalah 6.3238 m dan nilai *nett positive suction head* yang diperlukan (NPSHr) 0.1166 m, atau NPSHa (6.3238 m) > NPSHr (0.1166 m).

Daftar Pustaka

- Cantona, P., M. Stevanie, C.S. Abadi, dan M. Syujak. 2019. Analisis *Head loss* dan Kavitasi dari Rangkaian Pompa Sentrifugal Ebara di PT. PBI. Jurnal Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
- Evet, Jack B. and Cheng Liu. 1986. *Fundamental of Fluid Mechanics*. New York: Mc.Graw Hill Book Company.
- Hutabarat, B. 2019. Analisis Unjuk Kerja Pompa Sentrifugal Dengan Variasi Head. Medan : Universitas Medan Area.
- Kamiel, B.P., dan R.S. Ramadhan. 2017. Pengaruh Kecepatan Operasi Pompa Sentrifugal Terhadap Sensitifitas Metode Deteksi Fenomena Kavitasi Berbasis Parameter Statistik Domain Waktu. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika. Volume 20, No. 1 (51-66).
- Kamiel, B.P., D.A. Nasaka, B. Riyanta, dan A. Asyratul. 2019. Deteksi Kavitasi Pada Pompa Sentrifugal Menggunakan Spektrum Getaran dan Spektrum Envelope. Jurnal Teknika, Volume 22, No. 1 (1-10). DOI. 10.18196/st.221231.
- Karasik, I.J., C.K. William, H.F. Warren, dan M. Joseph. 2001. *Pump Handbook*. 3rd edition. New York: Mc.Graw Hill Book Company.
- Rosid dan J. Sumarjo. 2017. Analisa Simulasi Kerusakan *Impeller* Pada Pompa Sentrifugal Akibat Kavitasi. Jurnal Mesin Teknologi (SINTEK Jurnal). Volume 11 No. 2.
- Sari, A.P. 2012. Simulasi Pengaruh NPSH Terhadap Terbentuknya Kavitasi Pada Pompa Sentrifugal Dengan Menggunakan Program Komputer *Computational Fluid Dyanamic Fluent*. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Stepanoff, A.J. 1957. *Centrifugal and Axial flow pumps*. 2nd edition. New York: John Willey and Sons.
- Tardia, L. 2019. Pompa Sentrifugal. Jilid 1. Bandung: ITB Press.
- Ubaedillah. 2016. Analisa Kebutuhan Jenis dan Spesifikasi Pompa Untuk Suplai Air Bersih di Gedung Kantin Berlantai 3 PT. Astra Daihatsu Motor. Jurnal Teknik Mesin (JTM). Volume 05 No.3.
- Wijianto, dan M. Effendy. 2010. Aplikasi Response Getaran Untuk Menganalisis Fenomena Kavitasi Pada Instalasi Pompa Sentrifugal. Jurnal Penelitian Sains & Teknologi. Volume 11. No. 2 (191-206).

DAFTAR ISI

Technical Paper

1

**Laju Deoksigenasi dan Reoksigenasi Sungai Bedadung
(Studi Kasus di Desa Tamansari dan Desa Lojejer, Jember)**

*Deoxygenation and Reoxygenation Rate of Bedadung Stream
(Case Study at Tamansari and Lojejer Villages, Jember)*

Agus Dharmawan, Sri Wahyuningsih, Elida Novita

9

**Kajian Kebutuhan Air dan Koefisien Tanaman Padi (*Oryza sativa* L)
di Lahan Rawa Lebak**

*Study of Water Requirements and Coefficient of Rice Crops (*Oryzasativa* L)
in the Lebak Swamp*

Arjuna Neni Triana, Rahmad Hari Purnomo, Feldy Khalid

17

Analisa Head Losses pada Diameter Pipa terhadap Terbentuknya Kavitasasi Pompa

Analysis of Head Losses on Pipe Diameter to Formation of Pump Cavitation

Siti Aisyah, Zulham Effendi, WahyuYoga Pratama

23

**Reduksi Bahan Organik Kulit Kopi dan Eceng Gondok Terhidrolisis
Menggunakan Proses Anaerobik**

*Reduction of Hydrolyzed Coffee Pulp and Water Hyacinth
in Anaerobic Treatment for Coffee Wastewater*

Elida Novita, Sri Wahyuningsih, Subdatul Widad, Hendra Andiananta Pradana

31

**Simulation of Oil Palm Root Water Uptake
by Using 2D Numerical Soil-Water Flow Model**

Lisma Safitri, Andiko Putro Suryotomo, Satyanto Krido Saptomo.

Penerbit:

Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor
d/a Jurnal Keteknik Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem,
Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680.
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com. Website: <http://web.ipb.ac.id/~jtep>.

