



p-ISSN 2085-8507  
e-ISSN 2722-3280

# TECHNOLOGIC

VOLUME 15 NOMOR 1 | JUNI 2024

## POLITEKNIK ASTRA

Jl. Gaya Motor Raya No. 8 Sunter II Jakarta Utara 14330

Telp. 021 651 9555, Fax. 021 651 9821

[www.polytechnic.astra.ac.id](http://www.polytechnic.astra.ac.id)

Email: [editor.technologic@polytechnic.astra.ac.id](mailto:editor.technologic@polytechnic.astra.ac.id)

## **DEWAN REDAKSI**

### **Technologic**

**Ketua Editor:**

Dr. Setia Abikusna, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng. (Politeknik Astra)

**Dewan Editor:**

Lin Prasetyani, S.T., M.T. (Politeknik Astra)

Rida Indah Fariani, S.Si., M.T.I (Politeknik Astra)

Yohanes Tri Joko Wibowo, S.T., M.T. (Politeknik Astra)

Dr. Eng. Tresna Dewi, S.T., M.Eng (Politeknik Negeri Sriwijaya)

**Mitra Bestari:**

Abdi Suryadinata Telaga, Ph.D. (Politeknik Astra)

Dr. Eng. Agung Premono, S.T., M.T. (Universitas Negeri Jakarta)

Harki Apri Yanto, Ph.D. (Politeknik Astra)

Dr. Ir. Lukas, MAI, CISA, IPM (Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya)

Prof. Dr. Ir. Muhammad Mukhlisin MT., IPM. (Politeknik Negeri Semarang)

Dr. Ir. Sirajuddin, ST., MT., IPU (Universitas Sultan Ageng Tirtayasa)

Dr. Eng. Syahril Ardi, S.T., M.T. (Politeknik Astra)

Dr. Eng. Tresna Dewi, S.T., M.Eng (Politeknik Negeri Sriwijaya)

**Asisten Editor:**

Asri Aisyah, A.md. (Politeknik Astra)

Kristina Hutajulu, S.Kom. (Politeknik Astra)

**Kantor Editor:**

Politeknik Astra

Jl. Gaya Motor Raya No. 8 Sunter II Jakarta Utara 14330

Telp. 021 651 9555, Fax. 021 651 9821

[www.polytechnic.astra.ac.id](http://www.polytechnic.astra.ac.id)

Email: [editor.technologic@polytechnic.astra.ac.id](mailto:editor.technologic@polytechnic.astra.ac.id)

## **EDITORIAL**

Pembaca yang budiman,

Puji syukur kita dapat berjumpa kembali dengan Technologic Volume 15 No. 1, Edisi Juni 2024.

Pembaca, Jurnal Technologic Edisi Juni 2024 kali ini berisi 12 manuskrip.

Atas nama Redaksi dan Editor, kami do'akan semoga dalam keadaan sehat selalu, dan semoga di tahun 2024 semakin sukses dan berjaya, tak lupa kami haturkan terima kasih atas kepercayaan para peneliti dan pembaca, serta selamat menikmati dan mengambil manfaat dari terbitan Jurnal Technologic kali ini.

Perlu kami sampaikan untuk meningkatkan kualitas jurnal, Jurnal Technologic sudah menggunakan OJS versi 3, dalam rangka persiapan akreditasi jurnal, mohon dukungan dari para peneliti dan pembaca agar persiapan tersebut lancar dan mendapat hasil yang maksimal.

Selamat membaca!

## DAFTAR ISI

<b>MENINGKATKAN BENEFIT PADA PROSES PENGURASAN AIR DARI KONTROL ELEKTRIK KE KONTROL PNEUMATIK, PADA SISTEM UDARA BERTEKANAN</b>	<b>1</b>
Yohanes Climacus Utama, Fauzan Arya Ramadani, Ade Susilo, Afitro Adam Nugraha, Andreas Edi Widyartono	
<b>MENINGKATKAN EFEKTIVITAS PROSES <i>PURGING ENGINE DIESEL</i> MENGGUNAKAN <i>DIESEL PURGING KIT</i> BERBASIS ARDUINO UNO DI PT ASTRA INTERNATIONAL ISUZU SALES <i>OPERATION CABANG CIPUTAT</i></b>	<b>7</b>
Prio Sembodo, Ajib Rosadi, Busrah , Afitro Adam Nugraha, Rusdi Febriyanto	
<b>ALTERNATIF DESAIN STRUKTUR BAJA BENTANG 24 METER STRUKTUR BANGUNAN 3 LANTAI</b>	<b>15</b>
Sofian Arissaputra, Ananda Aprillia	
<b>RANCANG BANGUN ALAT <i>SCALING PORTABEL</i> UNTUK MENURUNKAN WAKTU <i>DOWNTIME</i> PADA <i>DIES</i> TIPE M DI PT. GZB</b>	<b>22</b>
Ferdhika Ariansyah, Nursim	
<b>REKAYASA SISTEM PEMANTAU LEVEL SUSPENSI BELAKANG PADA UNIT KOMATSU DUMP TRUCK HD785-7 DI PT XYZ SITE BATULICIN</b>	<b>28</b>
Elroy FKP Tarigan, Teguh Ramadhan, Nur Rofiq Syuhada	
<b>OPTIMALISASI PROSES DENGAN METODE <i>COMMONIZE BOOTH B</i> UNTUK <i>MATERIAL X** TWO TONE KANSAI PAINT</i> di <i>LINE TOPCOAT ASSEMBLY PLANT</i></b>	<b>35</b>
Akmal Mukhtariz, Andreas Edi Widyartono, Yohanes P Agung Purwoko, Mahardhika Amri, Rusdi Febriyanto	
<b>PEMANFAATAN ENERGI ANGIN <i>COOLING TOWER</i> SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF DI AREA <i>PAINTING</i> PT ASTRA DAIHATSU MOTOR KARAWANG</b>	<b>42</b>
Lukman Wijanarno, Ajib Rosadi, Hadiyanto, Afitro Adam Nugraha	
<b>RANCANG BANGUN UNIVERSAL <i>TOOL BIT</i> UNTUK PENGENCANGAN MUR PENGUNCI <i>TIE ROD</i></b>	<b>49</b>
Yusak Faqih Wibowo, Yohanes C. Utama, dan Ajib Rosadi, Afitro Adam Nugraha	
<b>ANALISA POMPA <i>COOLING WATER SUPPLY</i> UNTUK MENGHASILKAN STANDAR POMPA YANG EFISIEN DI <i>COOLING TOWER</i> 4 PT EFG</b>	<b>56</b>
Fendi Ridho Febrianto, Yohanes P Agung Purwoko, Ade Susilo, Rusdi Febriyanto	
<b>PEMBUATAN JIG POSITIONING UNTUK MENGURANGI <i>CYCLE TIME</i> PROSES <i>ASSY UNIT</i> PEMASANGAN <i>NUT SPRING M5</i> KE <i>LIGHT ASSY FRONT COMB</i> PADA <i>STATION 456 TYPE MU26</i> DI PT.XYZ</b>	<b>64</b>
Nensi Yuselin, Muhamad Usman	

**MENURUNKAN *CYCLE TIME STOCK OPNAME IMPORT PARTS* DENGAN *PATTERN SUPPLY FORM*  
BERBASIS *WEBSITE* DI *ASSEMBLING K-LINE 5 PT ASTRA DAIHATSU MOTOR* 71**

Rudi Kiswanto, Yohanes Climacus Utama, Afitro Adam Nugraha, dan Pramastya Widya Naluri

**TINJAUAN PERBANDINGAN METODE PERHITUNGAN VOLUME TIMBUNAN DI PROYEK SIERRA  
INTERCULTURAL SCHOOL SECARA MANUAL DAN FOTOGRAMETRI 79**

Merdy Evalina Silaban , Muhammad Fajri Eka Prakasa

## ANALISA POMPA *COOLING WATER SUPPLY* UNTUK MENGHASILKAN STANDAR POMPA YANG EFISIEN DI *COOLING TOWER* 4 PT EFG

Fendi Ridho Febrianto<sup>1</sup>, Yohanes P Agung Purwoko<sup>2\*</sup>, Ade Susilo<sup>3</sup>, Rusdi Febriyanto<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Mesin Otomotif, Politeknik Astra, Bekasi, 17530, Indonesia

<sup>4</sup>Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat, Politeknik Astra, Bekasi, 17530, Indonesia

E-mail: yohanes.agung07@gmail.com\*

*Abstract – PT EFG casting plant is a manufacturing company that produces engine components used for Daihatsu car engines and some Toyota car engines. The production process is closely related to the high-temperature molding process using a casting machine. Overall, it is cooled using water from a cooling tower and the water is supplied using 2 pumps. An analysis was carried out which aims to determine the efficiency of the two cooling water supply pumps and from the results of this analysis obtained a low efficiency of 66% for each pump, this is because there is a 50% closure of the valve after the cooling water supply pump and if the valve is not done closing can cause cavitation in the pump. The low efficiency of the pump motor can result in less than optimal use of electric power in the pump. To overcome this problem the authors make improvements by providing standard pumps that have optimal efficiency in piping installations at PT EFG. So that from the results of these calculations it was found that initially using two cooling water supply pumps to meet the needs of cooling water, it can be reduced and replaced by using one efficient pump and power use can be optimized. Pump motor efficiency can increase up to 74% and can reduce the use of electric power by 53,049.9 kWh.*

*Keywords: cooling tower, pump efficiency, pump standardization, energy.*

*Abstrak – PT EFG casting plant merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi komponen mesin yang digunakan untuk mesin mobil Daihatsu dan beberapa mesin mobil Toyota. Dalam proses produksi erat kaitannya dengan proses pencetakan bersuhu tinggi menggunakan mesin casting. Dari keseluruhan dilakukan pendinginan menggunakan air dari cooling tower dan air tersebut disuplai menggunakan 2 pompa. Dilakukan analisa yang bertujuan untuk mengetahui efisiensi dari kedua pompa cooling water supply dan dari hasil analisa tersebut didapat efisiensi yang rendah yaitu sebesar 66% di setiap pompanya, hal tersebut disebabkan karena terdapat penutupan 50% pada valve after pompa cooling water supply dan jika valve tidak dilakukan penutupan maka dapat menyebabkan kavitasi pada pompa tersebut. Efisiensi motor pompa yang rendah dapat mengakibatkan kurang optimalnya penggunaan daya listrik pada pompa tersebut.. Untuk mengatasi masalah tersebut penulis melakukan improvement dengan memberikan standar pompa yang memiliki efisiensi yang optimal pada instalasi pemipaan yang ada di PT EFG. Sehingga dari hasil perhitungan tersebut didapatkan bahwa yang awalnya menggunakan dua pompa cooling water supply untuk memenuhi kebutuhan air pendingin, dapat direduksi dan diganti menggunakan satu pompa yang efisien dan penggunaan daya dapat dioptimalkan. Efisiensi motor pompa dapat meningkat hingga 74% dan dapat menurunkan penggunaan daya listrik sebesar 53.049,9 kWh.*

*Kata Kunci: cooling tower, efisiensi pompa, standarisasi pompa, energi.*

### I. PENDAHULUAN

*Cooling tower* merupakan suatu sistem penukar kalor yang berfungsi untuk menurunkan suhu air dengan cara mengontakkan air dengan udara sehingga uap uap air panas akan terbuang ke atmosfer [3]. Yang selanjutnya air tersebut digunakan untuk mengontrol suhu mesin dan agar mesin dapat bekerja secara optimal. Dalam sistem pendinginannya, *cooling tower* menggunakan pompa *cooling water supply* untuk menyalurkan air pendingin menuju sistem pendingin yang ada diseluruh mesin.

Peningkatan efisiensi pompa *cooling water supply* sangat berperan penting dalam pengoptimalan penggunaan energi yang dapat mengurangi biaya operasional. Salah satu cara untuk mencapai hal ini adalah, dengan melakukan standarisasi pompa di *cooling tower* 4. Standarisasi pompa akan membantu dalam mengatur dan mengoptimalkan performa pompa, serta meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan. Untuk mendapatkan pompa yang efisien maka perlu mengetahui *flow* dan sistem perpipaan yang ada. Optimasi dalam suatu sistem memang sangat diperlukan seperti penelitian yang di lakukan

oleh komarudin (2021) yang analisis performa main *cooling water pump* pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) PT.X. Perhitungan dan data lapangan menunjukkan pompa mengalami penurunan performa actual daya motor dan efisiensi dibanding spesifikasi standar sehingga dilakukan optimasi [4]. Sehingga perawatan yang diberikan harus lebih ekstra untuk menjaga performa pompa tetap dalam kondisi optimal.

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan daya yang ada pada *cooling tower* sehingga dapat menurunkan cost yang dikeluarkan oleh pihak industri dan selain itu penelitian ini bertujuan untuk studi dan menjelaskan langkah langkah yang harus dilakukan jika ingin melakukan pemilihan pompa dengan memperhatikan tingkat optimalisasi keefisienan pompa pada suatu sistem perpipaaan.

**1.1 Sistem Pemipaan**

Sistem pemipaan adalah suatu sistem yang terpasang dengan tujuan untuk menyalurkan atau memindahkan suatu fluida dari satu tempat ke tempat lain. Berikut komponen dari sistem pemipaan :

**a) Pipa**

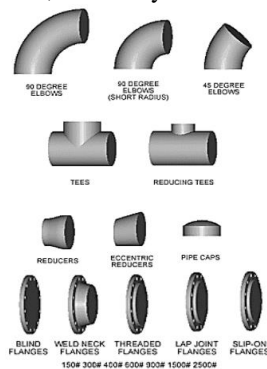
Pipa dideskripsikan sebagai silinder yang memiliki lubang ditengahnya sebagai tempat lewatnya suatu fluida yang bertujuan untuk memindahkan fluida tersebut dari satu tempat ke tempat lainnya.

**b) Flange**

*Flange* merupakan komponen yang berfungsi untuk menyambungkan 2 *element* pemipaan yang terpisah akibat adanya suatu potongan.

**c) Fitting**

*Fitting* adalah suatu komponen pemipaan yang memiliki fungsi mengubah arah, memperkecil atau memperbesar, dan menyebarkan aliran.



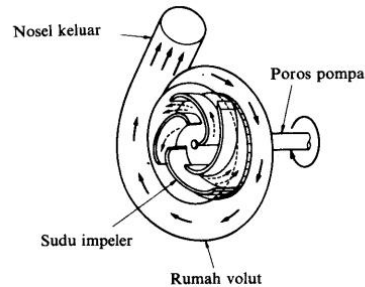
Gambar 1. Fitting

**d) Valve**

*Valve* adalah suatu komponen yang berfungsi untuk mengatur bukaan suatu aliran dengan cara membuka, menutup atau mengatur bukaan aliran tersebut.

**1.2 Pompa Sentrifugal**

Pompa sentrifugal merupakan pompa *non positive displacement* yang menggunakan gaya sentrifugal untuk menghasilkan *head* untuk memindahkan zat cair [2].



Gambar 2. Pompa Sentrifugal

**• Head Pompa**

*Head* pompa adalah energi persatuan berat yang siberikan oleh pompa sehingga fluida dapat berpindah dari sisi *suction* kesisi *discharge* [5]. Head dibagi menjadi 2, head statis dan *head dinamis head* statis meliputi *pressure head* dan *elevation head*. *Pressure head* adalah energi pada fluida karena adanya perbedaan tekanan antara *suction reservoir* dan *discharge reservoir* [2]. Sedangkan *elevation head* merupakan beda ketinggian antara *suction reservoir* dengan *discharge reservoir*. *Elevation head* terdapat dua kondisi, *suction head* dan *suction lift*.

*Suction head* adalah kondisi dimana permukaan fluida sisi hisap diatas sumbu pompa [5]. Besarnya *elevation head* bisa dicari menggunakan persamaan (1).

$$H_a = H_d - H_s \quad (1)$$

*Suction lift* adalah kondisi dimana instalasi permukaan fluida sisi hisap dibawah sumbu pompa. [5] Besarnya *elevation head* bisa dicari menggunakan persamaan (2).

$$H_a = H_d + H_s \quad (2)$$

*Head dinamis* terdiri dari *velocity head* dan *head loss*. *Velocity head* adalah head yang disebabkan adanya perbedaan kecepatan fluida disisi *suction reservoir* dan *discharge reservoir*. [5] *Head loss* adalah penurunan energi total fluida yang mengalir

pada instalasi pemipaan akibat dari adanya unsur-unsur kerugian [6].

1.3 Sifat Aliran Fluida pada Pipa

a) Total Head Loss

Total head loss dari suatu instalasi pipa dapat dicari menggunakan persamaan (3).

$$H = ha + \Delta hp + hl + \frac{v^2 d}{2g} \quad (3)$$

b) Aliran Turbulen

Aliran turbulen merupakan aliran fluida yang memiliki kecepatan aliran berfluktuasi yang saling berinteraksi dan memiliki arah yang acak dan bervariasi [8]. Aliran akan bersifat turbulen apabila hasil perhitungan bilangan *Reynold Number* ( $Re$ ) lebih besar dari 4000.

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \quad (4)$$

- *Head Loss* Mayor

*Head loss* mayor merupakan unsur hilang tekanan yang diakibatkan karena adanya turbulensi dan kekentalan zat cair yang disebabkan karena kekerasan dinding batas pipa sehingga menimbulkan gesekan fluida dengan permukaan dalam pipa lurus [9]. *Head loss* mayor dapat dihitung menggunakan persamaan dari *Hazen William* (*rumus empiris*).

$$hf = \frac{10,666 \times Q^{1,85} \times L}{C^{1,85} \times d^{4,85}} \quad (5)$$

- *Head Loss* Minor

*Head loss* minor merupakan unsur hilang tekanan yang diakibatkan karena adanya aksesoris pemipaan seperti belokan, percabangan, pengecilan

atau pembesaran, *strainer*, *valve*, dan lain lain [12]. Unsur *head loss minor* dapat dihitung menggunakan rumus yang sama, yang membedakan setiap unsur *losses* ada pada koefisiennya.

$$hf = \frac{k \times v^2}{C_{1,85} \times d^{4,85}} \quad (6)$$

- Kavitasi

Kavitasi adalah gejala menguapnya zat cair yang mengalir, karena tekanan pada lubang masuk pompa, dikurangi penurunan tekanan didalam pompa, lebih rendah dari pada tekanan uap zat cair sehingga mengakibatkan penguapan zat cair [1].

- NPSH

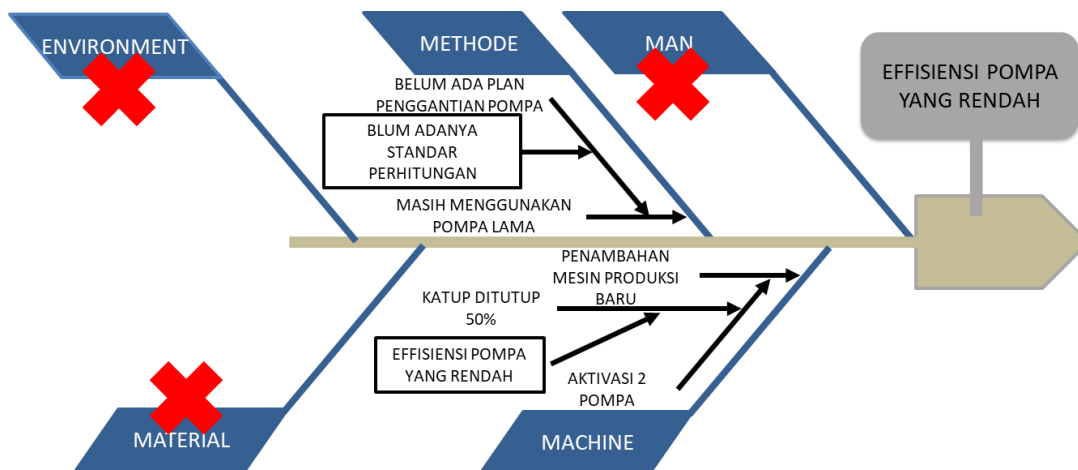
*Net Positive Section Head* (NPSH) merupakan ukuran minimum pompa untuk beekrja secara normal tanpa terjadi *kavitasi* [7]. NPSH dibagi menjadi 2, *Net Positive Section Head Require* (NPSH<sub>r</sub>) dan *Net Positive Section Head Available* (NPSH<sub>a</sub>). *Net Positive Section Head Available* (NPSH<sub>a</sub>) dapat dicari menggunakan persmaan (7).

$$Hsv = Pa/\gamma + Pv/\gamma - hs - hls \quad (7)$$

*Net Positive Section Head Require* (NPSH<sub>r</sub>) dapat dicari menggunakan persmaan (8).

$$Hsvn = \sigma \times Hn \quad (8)$$

Nilai dari NPSH<sub>a</sub> harus lebih besar dari NPSH<sub>r</sub> agar tidak terjadi kavitasi pada instalasi pompa tersebut.



Gambar 3. Fishbone Analysis



**II. METODOLOGI PENELITIAN**



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini berupa penentuan standar pompa yang menyesuaikan dengan kebutuhan yang ada pada kondisi dilapangan dengan melakukan beberapa study parameter dan pengambilan data sistem pemipaan yang ada di PT EFG. Yang dilanjutkan dengan dilakukan perhitungan kebutuhan baik dari sisi *flow* maupun total *head loss* pada sistem pemipaan yang digunakan. Dan hasil dari perhitungan tersebut digunakan untuk menentukan pompa dengan efisiensi optimal untuk sistem pemipaan yang ada dengan memperhatikan daya yang digunakan.

Untuk mengetahui penyebab rendahnya efisiensi motor pompa *cooling water supply* maka dilakukan analisa menggunakan metoda *fishbone*, sehingga masalah utama yang ada dapat dicarikan penyelesaiannya.

Gambar 3 menunjukkan permasalahan dan berbagai faktor yang menyebabkannya sesuai dengan kategori *machine, material, man, metode, dan environment*. Dan berikut penjelasan dari faktor-faktor yang ada.

a. *Machine*

Pada kondisi saat ini terdapat penambahan mesin produksi baru yang mengharuskan mengaktifasi 2 motor pompa, hal tersebut menyebabkan dilakukan penutupan 50% pada *valve after* pompa. Penutupan *valve* tersebut menyebabkan penurunan efisiensi pada kedua pompa tersebut, dan jika dilakukan pembukaan 100% maka akan menimbulkan kavitasi pada turbin pompa tersebut.

b. *Method*

Pada kondisi saat ini belum ada standar perhitungan untuk menentukan pompa yang efisien

pada instalasi pompa *cooling water supply*, hal tersebut dikarenakan belum adanya plan penggantian pompa sehingga mengharuskan mengunkan pompa lama dengan efisiensi yang rendah.

Dengan melihat faktor-faktor yang menyebabkan rendahnya efisiensi pompa *cooling water supply* maka didapatkan penyebab utama dari permasalahan tersebut. Setelah dilakukan perhitungan dan diskusi maka penulis membuat standar untuk pompa CWS yang ada di *cooling tower 4*.

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data secara langsung baik itu dari sisi sistem pemipaan yang ada ataupun dari kebutuhan *flow* dari sistem pemipaan tersebut. Standar *flow* yang harus dipenuhi oleh pompa didapatkan dari kebutuhan *flow* pada setiap mesin yang menjadikan pompa *cooling water supply* sebagai sistem penunjang pemenuhan kebutuhan *flow*nya, lalu pada data sistem pemipaan didapatkan dengan memperhatikan gambar teknik dari sistem pemipaan yang ada dan ditambah dengan pengambilan data secara langsung dilapangan.

Beracuan pada grafik pemilihan pompa pada web EBARA untuk menentukan pemilihan pompa yang efisien maka diperlukan 2 data penting yaitu *flow* dan total *head loss* yang ada pada sistem pemipaan. Lalu untuk mencari total *head loss* pada sistem pemipaan yang ada dilakukan perhitungan menggunakan rumus empiris dari *Hazen William* yang beracuan pada buku Pompa Dan Kompresor oleh Ir Sularso dan H.Tahara tahun 2000.

Tabel 1. Standar *flow*

Tipe Mesin	Flow Individual Cooling	Flow Oil Cooler	Flow Total Permesin
SSDC 1250T #1	720 l/minute	50 l/m	770 l/minute
SSDC 1250T #2	720 l/minute	50 l/m	770 l/minute
SSDC 1250T #3	720 l/minute	50 l/m	770 l/minute
SSDC 1250T #4	600 l/minute	50 l/m	650 l/minute
SSDC 1250T #5	600 l/minute	50 l/m	650 l/minute
SSDC 1250T #6	600 l/minute	50 l/m	650 l/minute
SSDC 800T #3	280 l/minute	50 l/m	330 l/minute
DCM 800T #3	280 l/minute	50 l/m	330 l/minute
DCM 800T #4	280 l/minute	50 l/m	330 l/minute
LPC NR	240 l/minute	-	240 l/minute
LPC NR	-	-	-
LPC WA	350 l/minute	-	350 l/minute
LPC WA	-	-	-
LPC WA	-	-	-
Flow Total			5850 l/minute

Dilakukan pengambiln data standar *flow* yang dibutuhkan setiap mesin yang menggunakan *cooling tower 4* sebagai *supply* pendinginannya. Pengambilan data dilakukan dengan berpatokan pada

manual book yang ada dan didapatkan data seperti pada tabel 1.

Pada instalasi pemipaan yang ada di PT EFG menggunakan pipa jenis cast iron diakibatkan karena sistem perpipaan yang ada menggunakan pipa jenis galvanis dengan bermacam diameter pipa yang digunakan dengan panjang total panjang 752,03 meter dan ada unsur unsur *head loss* minor seperti elbow, tee, gate valve, katup hisap dengan saringan, dan reducer dengan jumlah total terdapat pada tabel 2.

Tabel 2. *Head loss* pada Instalasi Pipa

Unsur Head Loss	Total	Nilai Head
Gesekan pipa lurus	752,03 m	33,5562 m
Elbow	252 pcs	12,762 m
Tee	52 pcs	6,3839 m
Gate valve	12 pcs	0,742 m
Katup hisap dengan saringan	2 pcs	1,472 m
Reducer	22 pcs	0,5924 m
<b>Total</b>		<b>55,508 m</b>

Pada tabel 2 memperlihatkan data *head loss* yang ada pada instalasi pipa *cooling tower* menuju mesin yang ada di gedung c. Nilai besaran *head loss* didapatkan dengan memasukkan data pada rumus *Hazen William*.

- Perhitungan dan pemilihan pompa

Untuk melakukan pemilihan pompa maka dibutuhkan 2 data penting yaitu data total *head loss* dan data *flow* total.

*Flow* total

$$Q = 5850 \text{ l/menit}$$

$$= 0,0975 \text{ m}^3/\text{second}$$

$$= 5,85 \text{ m}^3/\text{menit}$$

*Head* total

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2 d}{2g}$$

Diketahui:  $h_a = 5,85$  meter

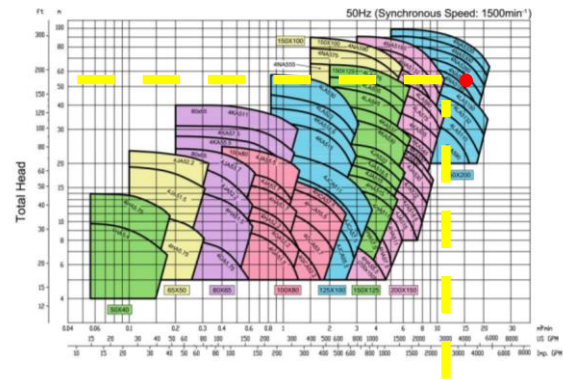
$\Delta h_p = 0$  (tekanan atm)

$h_l = 55,5088$  meter

$Vd/2g = 0,487$  meter

$H_t = 5,85 + 0 + 55,508 + 0,487$

$H_t = 61,8485$  meter



Gambar 5. Diagram Pemilihan Pompa

Gambar 5 menjelaskan grafik hubungan antara *flow* pada sumbu x dan total *head* pada sumbu y dari suatu sistem pemipaan. Dan jika ditarik garis lurus antara titik pada sumbu x dan sumbu y maka akan didapatkan satu titik pertemuan untuk memilih suatu pompa yang efisien. Lalu pada penelitian ini didapatkan dengan *head* total dan *flow* yang dibutuhkan, maka didapatkan pompa yang memiliki efisiensi paling optimal yaitu pompa EBARA 150X100 FS4NA 590.

Merk : Ebara

Type : 150x100 FS4NA

Kap : 90 – 360 m<sup>3</sup>/hour

Head : 55 - 80 m

Power : 90 kW, 380 V, 50 Hz, 1500 Rpm, 4 Pole

- Membandingkan efisiensi

*Flow* aktual saat ini

Ukuran Bak CWR : P = 9 m, L = 7 m

Tabel 3.  $\Delta H$  Permukaan Air Bak CWR

Time	H Awal	H Akhir	Selisih H
290 s (4,8 minute)	1,5 m	1,05 m	0,45 m
280 s (4,6 minute)	1,5 m	1,05 m	0,45 m
285 s (4,75 minute)	1,5 m	1,05 m	0,45 m

$$Q = V : t \quad (9)$$

$$Q1 = V : t = (9 \times 7 \times 0,45) : 4,8$$

$$= 5,86 \text{ m}^3/\text{minute}$$

$$Q2 = (9 \times 7 \times 0,45) : 4,6$$

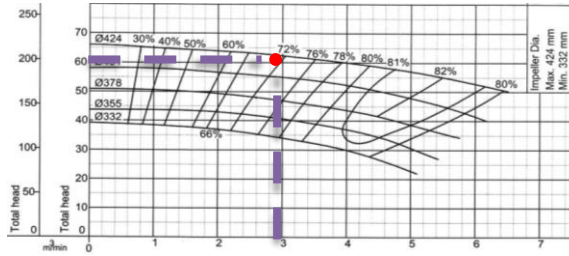
$$= 6,07 \text{ m}^3/\text{minute}$$

$$Q3 = (9 \times 7 \times 0,45) : 4,75$$

$$= 5,96 \text{ m}^3/\text{minute}$$

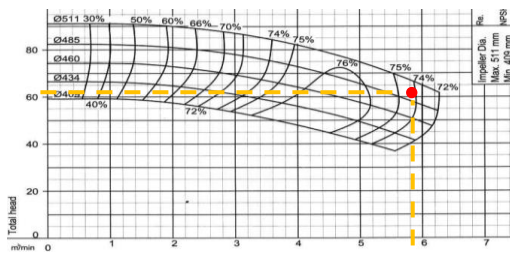
Qrata-rata = 5,96 m<sup>3</sup>/minute

Q setiap pompa = 2,98 m<sup>3</sup>/minute



Gambar 6. Kurva Efisiensi EBARA 150X125 FS4LA

Gambar 6 menjelaskan grafik efisiensi pompa EBARA 150X125 FS4LA, dimana sumbu x menjelaskan *flow* yang dibutuhkan pada sistem pemipaan dalam satuan  $m^3/minute$  dan pada sumbu y menjelaskan total head pada sistem pemipaan dalam satuan *meter*, dan jika ditarik garis lurus antara 2 titik pada sumbu x dan y maka akan didapatkan 1 titik pertemuan yang dimana titik tersebut menjelaskan tingkat efisiensi pompa tersebut jika digunakan pada *flow* dan total head yang ada. Pada pompa lama digunakan besaran head standar yaitu 61,8485 *meter* dan *flow* aktual saat ini dibagi 2 untuk setiap pompanya yaitu 2,98  $m^3/minute$ , maka efisiensi pompa berada direntang 66% - 72% pada masing masing pompanya.

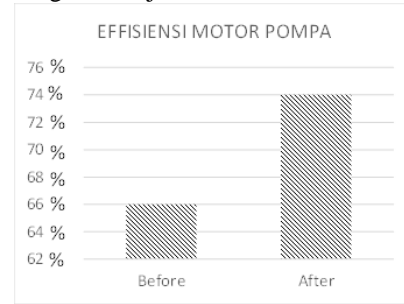


Gambar 7. Kurva Efisiensi EBARA 150x100 FS4NA

Gambar 7 menjelaskan grafik efisiensi pompa EBARA 150x100 FS4NA, dimana sumbu x menjelaskan *flow* yang dibutuhkan pada sistem pemipaan dalam satuan  $m^3/minute$  dan pada sumbu y menjelaskan total head pada sistem pemipaan dalam satuan *meter*, dan jika ditarik garis lurus antara 2 titik pada sumbu x dan y maka akan didapatkan 1 titik pertemuan yang dimana titik tersebut menjelaskan tingkat efisiensi pompa tersebut jika digunakan pada *flow* dan total head yang ada. Jika pompa dengan spesifikasi yang baru bekerja pada head total sebesar 61,8485 *meter* dan *flow* total 5850  $l/minute$  maka efisiensi akan berada direntang 74%-75%.

Gambar 8 membandingkan tingkat efisiensi yang didapat dari pembacaan masing masing grafik antara pompa lama yaitu EBARA 150X125 FS4LA dengan pompa baru yaitu EBARA 150x100 FS4NA.

Dengan standar ini akan meningkatkan efisiensi pompa motor yang awalnya ada direntang 66% - 72% akan meningkat menjadi 74% - 75%.



Gambar 8. Kenaikan Efisiensi Penggantian Pompa

- Estimasi Efisiensi Aktual Pompa

$$Eff(\%) = 65,08xH^{\wedge} - 0,124476xQ^{\wedge}0,094734 \quad (10)$$

Dimana :

- $H$  = Operasi Aktual Head (m)
- $Q$  = Laju Air ( $m^3/jam$ )

Diketahui :  $H = 61,8485 \text{ m}$   
 $Q = 351 \text{ m}^3/hour$

$$Eff(\%) = 65,08 \times 61,8485^{-0,124476} \times 351^{0,094734}$$

$$= 65,08 \times 0,5984 \times 1,7423$$

$$= 67,8573 \%$$

• Perhitungan NPSH

NPSH dihitung untuk mengetahui pompa dapat beekerja dengan baik tanpa adanya kavitasi. Syarat kerja pompa tanpa adanya kavitasi adalah  $NPSH_a > NPSH_r$ .

- Hsv (NPSH<sub>a</sub> / NPSH yang tersedia)

$$Hsv = Pa/\gamma + Pv/\gamma - hs - hls$$

Diketahui :  $Pa = 10332,274 \text{ kgf/m}^3$   
 $Pv = 30^\circ C = 432,596 \text{ kgf/m}^3$   
 $\gamma = 1000 \text{ kgf/m}^3$   
 $hs = 1,5 \text{ meter}$   
 $hls = (0,1965 + 0,0486 + 0,8 + 0,736)$   
 $hls = 1,7811 \text{ meter}$

$$Hsv = Pa/\gamma + Pv/\gamma - hs - hls \quad (13)$$

$$Hsv = \frac{10332,274}{1000} + \frac{432,596}{1000} - 1,5 - 1,7811$$

$$= 10,332274 + 0,432596 - 3,2811$$

$$Hsv = 7,4837 \text{ m}$$

- Hsvn (NPSH<sub>a</sub> / NPSH yang dibutuhkan)

$$Hsvn = \sigma \times Hn$$

Diketahui :  $Hn = 61,8485 \text{ m}$

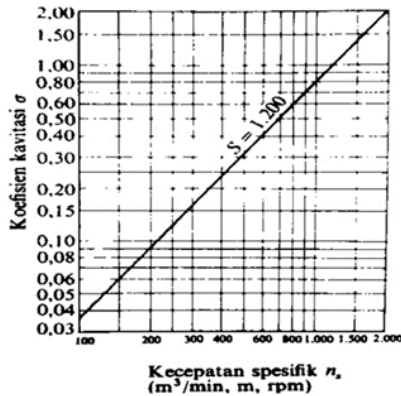
Koefisien kavitasi :

$$ns = n \times Q^{0,5} / Hn^{0,75}$$

Diketahui :  $n = 1450 \text{ rpm}$   
 $Q = 5,85 \text{ m}^3/\text{minute}$   
 $Hn = 61,8485 \text{ m}$

$$ns = 1450 \times 5,85^{0,5} / 61,8485^{0,75}$$

$$= 159,0190$$



Gambar 9. Grafik Hubungan ns Dan Koefisien Kavitasi

$ns = 159,0190 < 200$  maka didapatkan nilai  $\sigma$  sebesar :

$$\sigma = 0,09$$

$$Hsvn = 0,09 \times 61,8485$$

$$Hsvn = 5,5663$$

$$Npsh_a > Npsh_r$$

$$7,48377 > 5,5663$$

Dari hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa pompa akan bekerja tanpa adanya kavitasi.

• Data energy

- Energy listrik Pompa Lama

Merk : Ebara  
 Type : 150 x 125 FS4LA  
 Kap : 200 m<sup>3</sup>/hour  
 Head : 60 mH  
 Power : 75 kW, 380 V, 50 Hz, 1500 Rpm, 4 Pole

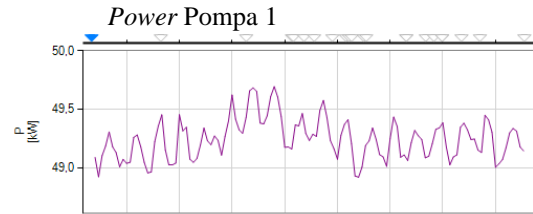
$$Ptjam = P \times t \quad (11)$$

Dimana :

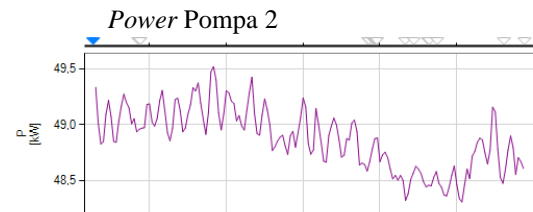
P = Daya yang digunakan (kW)

t = Lama digunakan (hour)

Dilakukan pengukuran power yang digunakan pada pompa *cooling water supply* menggunakan alat HIOKI dan hasil record alat tersebut dibaca menggunakan software PQONE, dan didapatkan grafik hasil pembacaan sebagai berikut.



Gambar 10. Grafik Penggunaan Daya Pompa 1



Gambar 11. Grafik Penggunaan Daya Pompa 2

Gambar 10 dan 11 menjelaskan grafik penggunaan daya pada masing masing pompa yang terukur dalam rentang waktu rekam tertentu, perekaman dilakukan menggunakan alat HIOKI dan data hasil perekaman dibaca menggunakan software PQONE, dimana sumbu x menjelaskan satuan waktu dari data perekaman, sumbu y menjelaskan naik turun penggunaan daya pompa yang ada, Dari gambar tersebut terlihat adanya data fluktuatif dalam pompa yang ditangkap daya puncak sebesar 49,69 kW pada pompa 1 dan 49,52 kW pada pompa 2, sehingga pada kondisi tersebut didapatkan jumlah *power 2* pompa adalah 99,21 kW.

$$P_{16jam} = 99,21 \times 16$$

$$= 1587,36 \text{ kWh}$$

- Energy listrik Pompa Baru

Merk : Ebara  
 Type : 150x100 FS4NA  
 Kap : 90 – 360 m<sup>3</sup>/hour  
 Head : 55 - 80 mH  
 Power : 90 kW, 380 V, 50 Hz, 1500 Rpm, 4 Pole

$$P_{16jam} = 90 \times 16$$

$$= 1440 \text{ kWh}$$

• Cost penghematan

$$P_{penghematan} = P_{pompa \text{ lama}} \times P_{pompa \text{ baru}}$$

$$= 571.449,9 \text{ kWh} - 518.400 \text{ kWh}$$

$$= 53.049,9 \text{ kWh}$$

$$Cost = P_{penghematan} \times 1114,74$$

$$= 53.049,9 \text{ kWh} \times 1.114,74$$

$$= Rp 59.136.845,52$$

Didapatkan *cost* penghematan dari standar ini sebesar Rp 59.136.845,52

Tabel 4. Biaya Penggantian Pompa

Material	Jumlah	Harga
Pompa 150x100 FSNA	1	70.000.000
Motor 90 kW	1	78.550.000
Pipa galvanis 100 mm	2	285.000
Gate valve 100 mm	1	1.872.000
Silent check valve 100 mm	1	1.685.000
Flange besi 4 Inch	1	1.025.000
Flexible joint 4 Inch	5	1.774.890
Estimasi jasa	1	7.500.000
Total		162.691.890

• (BEP) Break Event Point

$$\begin{aligned} \text{BEP} &= \text{Biaya Penggantian Pompa} : \text{Cost} \\ &\quad \text{Penghematan} \\ &= 162.691.890 : 59.136.845,52 \\ &= 2,75 \text{ Tahun} \end{aligned}$$

IV. KESIMPULAN

Pada *cooling tower* 4 PT EFG terdapat ketidak efisienan pada pompa *cooling water supply* sehingga menyebabkan terjadinya pemborosan penggunaan daya. Sejalan dengan penelitian komarudin (2021) dengan melakukan perawatan yang diberikan harus lebih ekstra untuk menjaga performa pompa tetap dalam kondisi optimal. Pengambilan data dan perhitungan menyesuaikan dengan kondisi yang ada pada saat ini maka untuk memenuhi kebutuhan pendinginan mesin yang ada digedung c maka dibutuhkan pompa yang efisien dengan *head* sebesar 61,8485 mH dan *flow* sebesar 5,85 m<sup>3</sup>/jam. Dan pompa yang memiliki efisiensi yang paling optimal untuk instalasi ini adalah pompa EBARA 150x100 FS4NA 590. Dengan standarisasi ini akan mengoptimalkan penggunaan daya yang ada sehingga berdampak pada penurunan biaya operasional sebesar Rp 59.136.845,52 pertahunnya. Dengan penghematan tersebut maka didapatkan BEP selama 2,75 tahun. Untuk selanjutnya dapat dilakukan instalasi pompa dari hasil perhitungan tersebut dan membandingkan tingkat akurasi antara hasil perhitungan dengan kondisi *real* setelah dilakukan pemasangan dan untuk mempertahankan efisiensi pompa *cooling water supply* maka perlu adanya update terbaru jika ada penambahan mesin.

V. DAFTAR PUSTAKA

[1] Sularso and H. Tahara. (2000). *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.  
 [2] Ubaedilah. (2016). *Analisis Kebutuhan Jenis dan Spesifikasi pompa untuk suplai air bersih Gedung Kantin Berlantai 3 PT Astra Daihatsu Motor*. Jurnal Teknik Mesin (JTM): Vol. 05, No. 3.

[3] Yopi Handoyo. (2015). *Analisis Performa Cooling Tower LCT 400 Pada P.T. XYZ, Tambun Bekasi*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin: Vol. 3, No.1.  
 [4] Komarudin, Andrian Saputro, and Kuart Suparto (2021). *ANALISIS PERFORMA MAIN COOLING WATER PUMP PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS BUMI (PLTP) PT.X*. Jurnal Tera Volume 01, Issue 02  
 [5] Ziad Hafid Muhammad and Fajar Anggara. (2019). *Analisa Head Pompa Water Intake Terhadap Self Cleaning Filter Pada PT XY*. Jurnal Teknik Mesin: Vol. 08, No. 2.  
 [6] Achmad Rijanto and Sueshti Rahayu Ningsih. (2022). *Analisis Head Losses Pada Mesin Pompa Air Sawah*. Majamecha: Vol. 4, No. 1.  
 [7] E. P. Putro, E. Widodo, A. Fahrudin, and Iswanto. (2020). *Perancangan Pompa Sentrifugal Dan Diameter Luar Impeller Untuk Kebutuhan Air Kapasitas 60 LPM Di Gedung F Dan C Universitas Muhammadiyah Tangerang*. Jurnal teknik: Vol. 7, No. 1.  
 [8] Darianto. (2019). *Analisa Pengaruh Waktu Dan Turbulensi Asap Pada Mesin Pengering Ikan Lele*. JMEMME: Vol. 3, No. 2.  
 [9] Fadhly Mujahid. (2021). *Pengaruh Head Losses Mayor Dan Minor Pada Sistem Instalasi Turbin Pelton Skala Mikro*. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik: Vol. 1  
 [10] PT Lukes Indonesia. (2014). *Ebara - Centrifugal End Suction Pump*. 30 Maret 2023. 13.50 (Diakses 30 Maret 2023). Diakses dari <https://www.lukesindonesia.com/ebara-centrifugal-end-suction-volute-pump/>  
 [11] PT Lukes Indonesia. (2014). *Kurva Ebara Centrifugal End Suction – FSA*. 30 Maret 2023. 14.55 (Diakses 30 Maret 2023). Diakses dari <http://www.lukesindonesia.com/?s=Kurva+Ebara+Centrifugal+End+Suction+>  
 [12] Engineering Data Library (2020). *Fluid Flow – General*. 24 Maret 2023. 13.30 (Diakses 25 Maret 2023). Diakses dari <https://edl.pumps.org/fluid-flow-iii/general.html>  
 [13] Hablinur Alkindi, Hasan Santosa, dan Edi Sutoyo. (2023). *Analisa Head Losses Pada Circulating Flluida Air Dalam Dua Jenis Pipa*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin: Vol. 9 No. 1.