

## **Trimming Impeller Sebagai Upaya Penurunan Nilai Vibrasi Pada Pompa Sirkulasi Air Pendingin Katalis**

**Andreas Verdinand<sup>1</sup>, Yanti Suprianti<sup>2</sup>, Sapto Prayogo<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559

E-mail : <sup>1</sup>andreas.verdinand.tken420@polban.ac.id;

<sup>2</sup>yanti.suprianti@polban.ac.id;

<sup>3</sup>sapto.prajogo@polban.ac.id

### **ABSTRAK**

Pompa yang digunakan pada proses sirkulasi air pendingin katalis merupakan pompa sentrifugal tipe *between bearing*. Pada proses tersebut terdapat 3 pompa dan hanya 2 pompa saja yang dioperasikan, 1 pompa dengan penggerak motor dan 1 lainnya dengan penggerak turbin. Untuk menyesuaikan kebutuhan operasi, pompa 15-P-111A (*driver motor*) dioperasikan dengan bagian *discharge* yang dipasang jepitan untuk membatasi laju alir yang dihasilkan oleh pompa. Jepitan *discharge* tersebut merupakan kondisi anomali bagi pompa, sehingga hal tersebut menyebabkan terjadinya vibrasi berlebih dengan nilai rata-rata sebesar 5,17 mm/s rms pada pompa posisi IB-Vertikal dengan diagnosa *spectrum* vibrasi *Blade Pass Frequency* (BPF). Untuk mengatasi vibrasi berlebih tersebut yaitu dengan melakukan *trimming* impeller untuk menurunkan kapasitas rated pompa. Sehingga dengan demikian bukaan jepitan pada *discharge* pompa dapat ditambah dan pompa beroperasi sesuai dengan standar yang berlaku. Dari hasil perhitungan didapat diameter impeller hasil *trimming* pada pompa 15-P-111A yaitu dengan ukuran 491 mm dan beroperasi 97,98% dari kapasitas rated dengan kapasitas sebesar 1383,11 m<sup>3</sup>/hr (laju alir 1283 Ton/hr) sehingga vibrasi turun menjadi 2,24 mm/s rms, serta didapat parameter kinerja pompa setelah *trimming* diantaranya yaitu daya listrik motor 414,36 kW; daya poros 389,49 kW; daya hidrolik 253,15 kW; head 72,48 m; tekanan *discharge* 49,32 kg/cm<sup>2</sup>; efisiensi pompa 64,99%.

### **Kata Kunci**

*Trimming Impeller, Pompa, Sentrifugal, vibrasi*

### **ABSTRACT**

*The pump used in the catalyst cooling water circulation process is a between bearing type centrifugal pump. In this process there are 3 pumps and only 2 pumps are operated, 1 pump is motor driven and the other 1 is turbine driven. To adapt to operating needs, the 15-P-111A pump (motor driver) is operated with a discharge section installed with a clamp to limit the flow rate produced by the pump. The discharge clamp is an anomalous condition for the pump, so it causes excessive vibration with an average value of 5.17 mm/s rms on the pump in the IB-Vertical position with a Blade Pass Frequency (BPF) vibration spectrum diagnosis. To overcome this excessive vibration, trim the impeller to reduce the pump's rated capacity. So that the clamp opening on the pump discharge can be increased and the pump operates in accordance with applicable standards. From the calculation results, it is obtained that the impeller diameter resulting from trimming on the 15-P-111A pump is 491 mm and operates at 97.98% of the rated capacity with a capacity of 1383.11 m<sup>3</sup>/hr (flow rate 1283 Ton/hr) so that vibration decreases to 2.24 mm/s rms, and the pump performance parameters obtained after trimming include motor electric power of 414.36 kW; shaft power 389.49 kW; hydraulic power 253.15 kW; head 72.48 m; discharge pressure 49.32 kg/cm<sup>2</sup>; pump efficiency 64.99%.*

### **Keywords**

*Impeller Trimming, Pump, Centrifugal, Vibration*

## 1. PENDAHULUAN

Pompa sangat penting dalam industri, terutama pompa sentrifugal dengan hisapan ganda yang digunakan untuk sirkulasi air dalam produksi minyak dan gas. Salah satu proses penting adalah *Residue Catalytic Cracker (RCC)* yang menggunakan katalis *silica alumina* untuk perengkahan *hidrokarbon*, yang kemudian dipisahkan menjadi produk di *Column Fractionator* dan *Gas Concentration Unit*. Katalis perlu dipanaskan hingga  $\pm 732^{\circ}\text{C}$  di *regenerator* yang memiliki dua tahap, *upper* dan *lower regenerator*. *Upper regenerator* dilengkapi dengan *Catalyst Cooler* untuk mengurangi panas dan menghasilkan *steam*, yang kemudian digunakan di kilang. Dalam sistem ini, terdapat tiga pompa sirkulasi air pendingin katalis dengan kapasitas rated  $2226 \text{ m}^3/\text{hr}$ , namun hanya dua yang beroperasi secara bergantian. Untuk menyesuaikan kebutuhan operasi, laju alir dibatasi dengan jepitan pada *discharge* pompa, menyebabkan peningkatan tekanan dan resirkulasi fluida yang memicu vibrasi tinggi. Vibrasi ini disebabkan oleh *Blade Pass Frequency (BPF)*, getaran yang dihasilkan oleh tepi sudu impeller (1). Mengatasi masalah ini bisa dilakukan dengan menurunkan kapasitas rated pompa agar jepitan bisa dibuka lebih lebar. Metode yang dapat digunakan diantaranya *trimming* impeller, memasang *spill back line*, *gear box*, atau *Variable Speed Drive (VSD)*. *Trimming* impeller mengurangi jarak antara impeller dan stator, menurunkan tekanan dan gaya gelombang (1), serta menyesuaikan kapasitas, head, dan daya poros pompa. Oleh karena itu dengan dilakukannya *trimming* impeller diharapkan dapat menurunkan nilai vibrasi yang terjadi pada pompa dan menyesuaikan kinerja pompa terhadap kebutuhan operasi.

## 2. METODE PENELITIAN

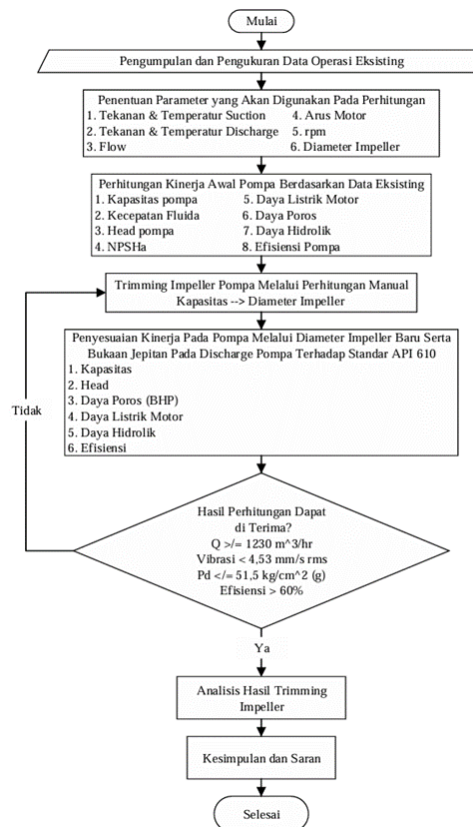
### 2.1 Kriteria dan Alur Penelitian

Pada *trimming* impeller pada pompa sentrifugal ini terlebih dahulu harus menentukan kriteria *trimming* yang diinginkan. Kriteria ini merupakan dasar yang digunakan untuk *trimming* impeller pompa sentrifugal, berikut kriteria *trimming* impeller tertera pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Kriteria *Trimming* Impeller

Parameter	Nilai	Satuan
Diameter Impeller	$482,5 < x < 571,5$	mm
Vibrasi	$< 4,53$	mm/s rms
Efisiensi	$> 60$	%
Kapasitas	$\geq 1230$	$\text{m}^3/\text{hr}$
Tekanan <i>Discharge</i>	$\leq 51,5$	$\text{kg}/\text{cm}^2$

Diagram alir tahap *trimming* impeller pompa sentrifugal seperti pada Gambar 1 dimulai dengan pengumpulan dan pengukuran data eksisting lalu menentukan parameter fluida kerja, seperti laju alir, temperatur, tekanan *suction*, tekanan *discharge*, arus motor, rpm, dan diameter impeller. Kemudian menentukan parameter kinerja awal, seperti kapasitas, kecepatan fluida, head, NPSHa, daya listrik motor, daya poros, daya hidrolik, dan efisiensi pompa. Dengan mengetahui kinerja pompa eksisting selanjutnya melakukan *trimming* impeller pompa melalui perhitungan manual lalu melakukan penyesuaian kapasitas, head, daya, dan efisiensi. Hasil dari perhitungan manual tersebut lalu disesuaikan dengan syarat atau kriteria yang telah ditentukan agar mendapat ukuran impeller yang sesuai. Hasil yang telah didapat, selanjutnya melakukan analisis hasil *trimming* impeller untuk mengetahui apakah layak untuk diaplikasikan atau tidak.



Gambar 1 Alur *Trimming* Impeller

## 2.2 Tahapan *Trimming* Impeller

### 2.2.1 Debit/Kapasitas

Kapasitas pompa (Q) merupakan banyaknya jumlah fluida cair yang mampu dipindahkan oleh pompa setiap satuan waktu (2). Kapasitas umumnya dapat diukur dengan menggunakan *flowmeter* ataupun perhitungan dengan persamaan berikut ini:

$$Q = \frac{\dot{m}}{\rho} \quad (1)$$

Keterangan:

Q = Kapasitas/debit aliran (m<sup>3</sup>/s)

$\dot{m}$  = Laju alir massa (kg/s)

$\rho$  = Massa Jenis (kg/m<sup>3</sup>)

Apabila kapasitas sudah diperoleh, maka kecepatan cairan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$C_s = \frac{Q}{\frac{1}{4}\pi.D_s^2} \quad (m/s) \quad (2)$$

$$C_d = \frac{Q}{\frac{1}{4}\pi.D_d^2} \quad (m/s) \quad (3)$$

Keterangan:

$C_s$  = Kecepatan aliran fluida *Suction* (m/s)

$C_d$  = Kecepatan aliran fluida *Discharge* (m/s)

$D_s$  = Diameter pipa *Suction* (m)

$D_d$  = Diameter pipa *Discharge* (m)

### 2.2.2 Head Pompa (H<sub>s</sub>)

Head adalah besaran energi per satuan berat yang dibutuhkan untuk mengalirkan fluida cair yang direncanakan sesuai dengan instalasi pompa atau tekanan yang diperlukan untuk mengalirkan fluida cair tertentu yang diukur dalam satuan Panjang (2). Untuk menghitung head total pompa dapat menggunakan persamaan berikut:

$$H_s = \left( \left( \frac{P_d}{\rho g} + \frac{C_d^2}{2g} + z_2 \right) - \left( \frac{P_s}{\rho g} + \frac{C_s^2}{2g} + z_1 \right) \right) \quad (4)$$

Keterangan:

$H_s$  = Head pompa (m)

$P_d$  = Tekanan *Discharge* (Pa)

$P_s$  = Tekanan *Suction* (kg/cm<sup>2</sup>)

$\rho$  = Massa jenis (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

$z_1$  = Ketinggian sisi masuk pompa (m)

$z_2$  = Ketinggian sisi keluar pompa (m)

### 2.2.3 Head Loss Mayor (H<sub>lm</sub>)

Head loss mayor merupakan kerugian gesek antara dinding pipa dengan aliran fluida tanpa adanya luas penampang didalam pipa (2). Persamaan yang digunakan:

$$h_l = f \frac{L}{D} \frac{C^2}{2g} \quad (5)$$

Keterangan:

$h_l$  = Head loss mayor (m)

$f$  = Koefisien gesekan

$L$  = Panjang pipa (m)

$D$  = Diameter pipa (m)

Bila aliran fluida *laminar* atau *turbulen* maka dapat digunakan bilangan *Reynold* sebagai patokan (3) dan persamaannya sebagai berikut:

$$Re = \frac{CD}{\nu} \quad (6)$$

Keterangan:

Re = Bilangan Reynold

$\nu$  = Viskositas kinematic zat cair (m<sup>2</sup>/s)

### 2.2.4 Head Loss Minor (H<sub>lm</sub>)

Kerugian ini disebabkan oleh belokan, katup, serta sambungan-sambungan yang ada pada pipa.

$$h_{lm} = K \frac{C^2}{2g} \quad (7)$$

Keterangan:

$h_{lm}$  = Head loss minor (m)

$K$  = Koefisien resistansi katup atau sambungan

### 2.2.5 Head Total Sistem Pompa

Head sistem adalah beban yang dibawa oleh pompa. Head sistem dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$H = H_s + (h_l + h_{lm}) \quad (8)$$

Keterangan:

$H$  = head total pada sistem (m)

### 2.2.6 Net Positive Suction Head available (NPSHa)

NPSH adalah suatu parameter yang digunakan untuk mengevaluasi keberadaan tekanan yang cukup di sisi hisap (*suction side*) pompa untuk mencegah terjadinya kavitasi. NPSHa adalah tekanan absolut yang tersedia di sisi hisap pompa, sering diukur pada titik dimana cairan memasuki pompa (4). Berikut persamaan untuk mencari NPSHa:

$$NPSHa = \left( \frac{P_{s \text{ abs}} - P_v}{\gamma} \right) + \frac{C_s^2}{2g} \quad (9)$$

Keterangan:

$NPSHa$  = Net Positive Suction Head (m)

$P_{s \text{ abs}}$  = Tekanan *suction* absolute (kg/m<sup>2</sup>)

$P_v$  = Tekanan vapor (kg/m<sup>2</sup>)

$\gamma$  = Berat jenis fluida (kg/m<sup>3</sup>)

### 2.2.7 Daya Listrik Motor

Daya listrik motor adalah daya yang digunakan untuk menggerakkan penggerak berupa motor listrik 3 fasa. Adapun persamaan daya listrik motor berikut:

$$P_m = \frac{\sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi}{1000} \quad (10)$$

Keterangan:

- $P_m$  = Daya input motor listrik (kW)  
 $V$  = Tegangan pada motor listrik (V)  
 $I$  = Arus pada motor listrik (A)  
 $\cos \varphi$  = Faktor daya

### 2.2.8 Daya Hidrolik (*Hydraulic Horse Power*)

Daya hidrolik adalah hasil dari energi yang ditransfer oleh pompa dan jumlah fluida yang dipompakan atau dapat disebut juga daya yang dibutuhkan untuk mengalirkan sejumlah fluida cair (4). Keluaran pompa yang dituliskan dengan persamaan berikut:

$$P_h = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{1000} \quad (11)$$

Keterangan:

$P_h$  = Daya hidrolik (kW)

### 2.2.9 Daya Poros (*Brake Horse Power*)

Daya poros pompa adalah daya yang diterima oleh motor untuk menggerakkan poros dan selanjutnya digunakan untuk memutar impeller pompa (4). Nilai daya poros lebih besar dibandingkan daya hidrolik, hal ini karena untuk mengatasi kehilangan daya yang dibutuhkan oleh poros sehingga dapat dituliskan dengan persamaan berikut:

$$P_s = P_m \times \eta_m \quad (12)$$

Keterangan:

$P_s$  = Daya poros (kW)

$\eta_m$  = Efisiensi motor yang diambil dari data name plate motor (%)

### 2.2.10 Efisiensi Pompa

Efisiensi pompa merupakan persentase perbandingan antara output dan input atau perbandingan daya hidrolik yang dihasilkan pompa dengan daya poros. Efisiensi pompa dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\eta = \frac{P_h}{P_s} \times 100\% \quad (13)$$

Keterangan:

$\eta$  = Efisiensi pompa (%)

### 2.2.11 Hukum Afinitas

Hukum afinitas pompa merupakan hukum yang mengatur kinerja pompa sentrifugal ketika kecepatan putaran atau diameter impeller diubah (5). Hubungan yang ada pada hukum afinitas ini antara kecepatan putaran dan diameter impeller terhadap kapasitas, head, dan daya (6). Hukum ini dapat memprediksi kinerja pada pompa. Berikut untuk persamaan hukum afinitas:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right) \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3 \quad (14)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \quad (15)$$

$$\frac{BHP_1}{BHP_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3 \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^5 \quad (16)$$

Keterangan:

- $Q_1$  = Kapasitas kondisi eksisting ( $m^3/hr$ )  
 $Q_2$  = Kapasitas setelah perubahan kecepatan/diameter impeller ( $m^3/hr$ )  
 $H_1$  = Head kondisi eksisting (m)  
 $H_2$  = Head setelah perubahan kecepatan/diameter impeller (m)  
 $BHP_1$  = Daya poros kondisi eksisting (kW)  
 $BHP_2$  = Daya poros setelah perubahan kecepatan/diameter impeller (kW)  
 $N_1$  = Kecepatan putaran kondisi eksisting (rpm)  
 $N_2$  = Perubahan kecepatan putaran (rpm)

## 3. HASIL DAN ANALISIS

### 3.1 Hasil Perhitungan Kinerja Awal

Sebelum menentukan ukuran diameter impeller yang baru, perlu mengetahui kinerja awal pompa yang digunakan sebagai tolak ukur untuk kinerja yang dihasilkan oleh impeller setelah dilakukan *trimming*. Berikut hasil perhitungan kinerja awal pompa sebelum dilakukan *trimming* pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Kinerja Pompa Eksisting

Parameter	Keterangan	Eksisting (62,13%) Dia 571,5 mm	Satuan
Kapasitas/Debit	Q	1383,11	$m^3/h$
	Q	0,384	$m^3/s$
Kecepatan fluida suction	$C_s$	1,90	m/s
Kecepatan fluida discharge	$C_d$	2,34	m/s
Head	$H_s$	100,52	m
Head Loss Mayor	$H_l$	2,48	m
Head Loss Minor	$H_{lm}$	2,86	m
Total Head Sistem Pompa	H	105,86	m
NPSHa	NPSHa	10,96	m
Daya motor	$P_m$	536,24	kW
BHP	$P_s$	504,07	kW
HHP	$P_h$	369,73	kW
Efisiensi	$\eta$	73,35	%

### 3.2 Menentukan Diameter Impeller

Dalam keadaan eksistingnya, pompa 15-P-111A memiliki kapasitas rated sebesar 2226  $m^3/hr$ . Pompa beroperasi dengan bagian *discharge* yang dijepit dan membatasi laju alir hingga menjadi 1283 Ton/hr atau setara dengan kapasitas sebesar 1383,11  $m^3/hr$ . Dari hal tersebut dapat diketahui bahwa pompa dioperasikan hanya 62,13% dari kapasitas ratednya, atau dengan kata lain jepitan yang ada pada bagian *discharge* pompa

menutup/membatasi 37,87% kapasitas rated pompa.

Standar API 610 merupakan standar yang menetapkan persyaratan untuk pompa sentrifugal pada industri minyak bumi, petrokimia, dan gas alam (7). Dalam standar ini salah satunya tercantum persyaratan operasi untuk pompa sentrifugal yang dimana terbagi menjadi 2 batas, diantaranya yaitu *allowable operating region* (70% s/d 120%) dan *preferred operating region* (80% s/d 110%). Batas operasi tersebut merupakan proporsi pompa untuk beroperasi dengan nilai vibrasi di batas standar yang telah ditentukan.

Berdasarkan standar tersebut, pompa 15-P-111A beroperasi diluar batas syarat yang diizinkan. Karena pompa hanya beroperasi 62,13% dari kapasitas ratednya, yang dimana nilai tersebut diluar batas *allowable operating region* (70% s/d 120%) pompa sentrifugal. Sehingga dengan kondisi tersebut menimbulkan vibrasi berlebih pada pompa.

Agar pompa dapat beroperasi didalam batas standar perlu menurunkan kapasitas rated pompa. Sehingga pompa dapat beroperasi dalam batas *allowable operating region* (70% s/d 120%) dan *preferred operating region* (80% s/d 110%).

Maka dari itu perlu ukuran diameter impeller yang sesuai untuk dilakukan *trimming* sehingga dapat menghasilkan kapasitas dengan operasi yang masuk ke dalam batas standar yang ditentukan. Menurut *U.S. Department of Energy Pumping Systems*, batas untuk melakukan *trimming* impeller yaitu hingga 75% dari ukuran maksimal diameter impeller bawaan pabrik (8). Atas dasar tersebut berikut hasil perhitungan menggunakan hukum afinitas dan variasi ukuran diameter untuk *trimming* impeller dari 1% - 20% ukuran maksimal.

Dapat dilihat pada Tabel 3, untuk ukuran impeller kondisi eksisting yaitu 571,5 mm yang dimana lebih kecil 2,17% dari ukuran diameter impeller maksimal. Untuk batas *trimming* maksimal berubah menjadi hingga 17,41% dikarenakan ukuran tersebut merupakan batas minimum yang direkomendasikan oleh pabrikan (berdasarkan *datasheet*). Lalu pada saat ukuran diameter impeller mencapai 17%, kapasitas rated yang dihasilkan oleh pompa tidak mencapai kebutuhan operasi yang sebesar 1383,11 m<sup>3</sup>/hr. Karena pada ukuran tersebut memiliki kapasitas rated sebesar 1359,55 m<sup>3</sup>/hr.

Tabel 3 Perhitungan Variasi Ukuran Diameter Impeller

Jenis Diameter	Dia Impeller (mm)	Jarak Dari Dia Max	Kapasitas (m <sup>3</sup> /h)	Head (m)	BHP (kW)	Operasi 1383,11 m <sup>3</sup> /hr
Dia Max	584,2	-	2377,72	101,99	627,28	58,17%
Rated / Eksisting	571,5	2,17%	2226	97,60	562	62,13%
Dia Trimming	578,358	1,00%	2307,10	99,96	596,54	59,95%
	572,516	2,00%	2237,89	97,95	567,01	61,80%
	566,674	3,00%	2170,08	95,96	538,67	63,74%
	560,832	4,00%	2103,66	93,99	511,47	65,75%
	554,99	5,00%	2038,60	92,04	485,38	67,85%
	549,148	6,00%	1974,90	90,11	460,36	70,03%
	543,306	7,00%	1912,54	88,21	436,39	72,32%
	537,464	8,00%	1851,50	86,32	413,43	74,70%
	531,622	9,00%	1791,78	84,45	391,44	77,19%
	525,78	10,00%	1733,36	82,61	370,40	79,79%
	519,938	11,00%	1676,22	80,78	350,28	82,51%
	514,096	12,00%	1620,35	78,98	331,04	85,36%
	508,254	13,00%	1565,74	77,19	312,65	88,34%
	502,412	14,00%	1512,36	75,43	295,09	91,45%
	496,57	15,00%	1460,22	73,68	278,33	94,72%
	491	15,95%	1411,63	72,04	263,06	97,98%
	490,728	16,00%	1409,29	71,96	262,34	98,14%
	484,886	17,00%	1359,55	70,26	247,09	101,73%
	479,044	18,00%	1311,00	68,58	232,56	105,50%
	473,202	19,00%	1263,62	66,91	218,72	109,46%
467,36	20,00%	1217,39	65,27	205,55	113,61%	
Dia Min	482,5	17,41%	1339,58	69,57	241,07	103,25%

Maka, untuk ukuran yang sesuai yaitu dengan mentrimming impeller hingga 16% lebih kecil dari ukuran maksimal yakni hingga ukuran impeller menjadi 490,73 mm. Tetapi untuk mendapatkan hasil *trimming* impeller yang lebih akurat, maka ukuran diameter impeller yang diambil yaitu 491 mm. Ukuran tersebut memenuhi kriteria *trimming* impeller yang telah ditentukan, dimana kriteria diameter impeller sebesar 482,5 mm < x < 571,5 mm. Dengan ukuran tersebut juga, pompa memiliki kapasitas rated yang memenuhi kebutuhan operasi. Selain itu, apabila dioperasikan dengan kapasitas sebesar 1383,11 m<sup>3</sup>/hr pompa dapat beroperasi 97,98% dari kapasitas rated, yang dimana operasi tersebut masuk ke dalam batas standar *allowable operating region* (70% s/d 120%) dan *preferred operating region* (80% s/d 110%).

### 3.3 Hasil Kinerja Pompa Setelah *Trimming* Impeller

Setelah mendapat ukuran diameter impeller yang sesuai, selanjutnya melakukan perhitungan kinerja pompa pada saat dioperasikan dengan kondisi kapasitas 1383,11 m<sup>3</sup>/hr. kondisi ini diberlakukan pada pompa dengan diameter impeller 491 mm yang dapat menghasilkan kapasitas rated sebesar 1411,63 m<sup>3</sup>/hr. Selain itu juga, pada kondisi ini pompa beroperasi hingga 97,98% dari kapasitas rated atau dengan kata lain pompa beroperasi dengan bagian *discharge* yang dijepit hingga membatasi 2,02% kapasitas rated. Berikut hasil perhitungan kinerja pompa setelah dilakukan *trimming* yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Kinerja Pompa Setelah *Trimming*

Parameter	Keterangan	Operasi 97,98%	Satuan
		Dia 491 mm	
Kapasitas/Debit	Q	1383,11	m <sup>3</sup> /hr
	Q	0,384	m <sup>3</sup> /s
Kecepatan fluida suction	C <sub>s</sub>	1,90	m/s
Kecepatan fluida discharge	C <sub>d</sub>	2,34	m/s
Head	H <sub>s</sub>	67,14	m
Head Loss Mayor	H <sub>l</sub>	2,48	m
Head Loss Minor	H <sub>lm</sub>	2,86	m
Total Head Sistem Pompa	H	72,48	m
NPSHa	NPSHa	10,96	m
Daya motor	P <sub>m</sub>	414,36	kW
BHP	P <sub>s</sub>	389,49	kW
HHP	P <sub>h</sub>	253,15	kW
Efisiensi	h	64,99	%
Tekanan Discharge	Pd	4836231,549	Pa
		49,32	kg/cm <sup>2</sup>

### 3.4 Nilai Vibrasi Setelah dilakukan *Trimming*

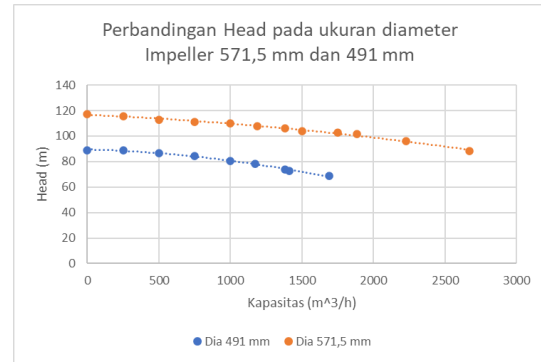
Pada kondisi eksistingnya, pompa 15-P-111A beroperasi dengan 62,13% dari kapasitas ratednya (2226 m<sup>3</sup>/hr) yang dimana operasi tersebut menimbulkan vibrasi berlebih karena operasinya yang melebihi standar *allowable operating region* (70% s/d 120%) dan *preferred operating region* (80% s/d 110%). Berdasarkan hasil pengukuran pada tanggal 11 Januari 2024 nilai vibrasi yang ditimbulkan mencapai 5,17 mm/s rms pada posisi Pump-IB-Vertikal dengan diagnosis *spectrum* vibrasi *Blade Pass Frequency* (BPF). Sedangkan untuk batas nilai vibrasi yang ditentukan terdapat 2 batas, yaitu *alert* (4,53 mm/s rms) dan *danger* (7,16 mm/s rms). Setelah dilakukan *trimming* hingga diameter impeller menjadi 491 mm, operasi pompa berubah menjadi 97,98% dari kapasitas rated yakni dioperasikan dengan kapasitas sebesar 1383,11 m<sup>3</sup>/hr. Sebagai acuan, operasi pompa pada saat 70% memiliki nilai vibrasi sesuai dengan batas alert (4,53 mm/s rms). Untuk nilai vibrasi pada kondisi setelah *trimming* dicari dengan menggunakan persamaan interpolasi pada excel dengan hasil pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5 Hasil Perhitungan Nilai Vibrasi

Dia Impeller (mm)	Kapasitas Rated (m <sup>3</sup> /hr)	Kapasitas Operasi (m <sup>3</sup> /hr)	Operasi	Vibrasi Pump-IB-Vert (mm/s rms)
571,5	2226	1383,11	62,13%	5,174
491	1411,63	1383,11	97,98%	2,24
Batas Nilai Alert			70%	4,53

### 3.5 Perbandingan Kapasitas Terhadap Head

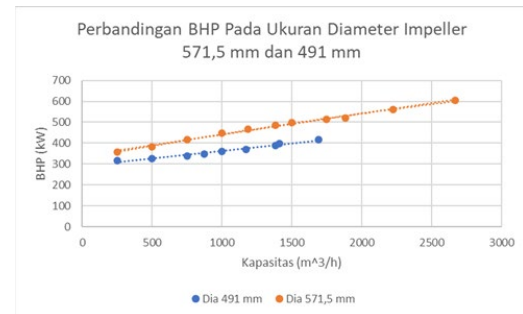
Grafik pada Gambar 2 menunjukkan perbedaan karakteristik head pada operasi pompa diameter impeller 571,5 mm (eksisting) dan 491 mm (hasil *trimming*).



Gambar 2 Perbandingan Head Sebelum dan Sesudah *Trimming*

Terlihat bahwa karakteristik head pada hasil *trimming* memiliki nilai yang lebih rendah dari pada kondisi eksisting. Hal ini disebabkan karena impeller dengan diameter 491 mm menghasilkan energi kinetik yang lebih rendah karena adanya resirkulasi didalam volute pompa (9). Sehingga terjadi losses energi yang diakibatkan oleh gap antara impeller dan casing yang lebih jauh (10).

### 3.6 Perbandingan Kapasitas Terhadap Daya Poros

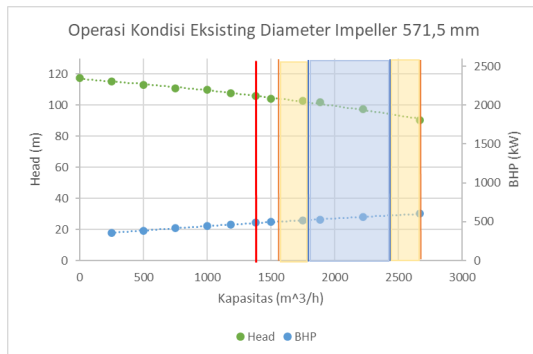


Gambar 3 Perbandingan BHP Sebelum dan Sesudah *Trimming*

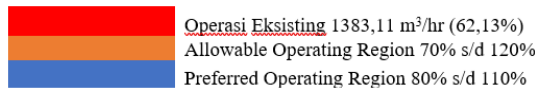
Gambar 3 diatas menunjukkan perbedaan karakteristik daya poros dari kondisi yang dihasilkan oleh masing-masing ukuran diameter. Pada ukuran 491 mm menghasilkan nilai BHP yang lebih rendah dibandingkan pada ukuran 571,5mm. Hal ini disebabkan karena pompa dengan diameter impeller yang lebih kecil memiliki beban yang lebih rendah (11), sehingga nilai BHP yang dihasilkan pun lebih rendah.

### 3.7 Perbandingan Operasi Sebelum dan Sesudah *Trimming*

#### 3.7.1 Operasi Kondisi Eksisting



Gambar 4 Karakteristik Kondisi Eksisting

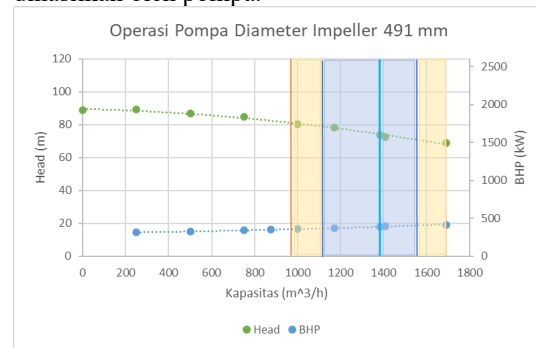


Berdasarkan Gambar 4, pada kondisi eksistingnya dengan ukuran diameter impeller 571,5 mm pompa 15-P-111A dioperasikan dengan bagian *discharge* yang dijepit untuk membatasi kapasitas hingga 1383,11 m<sup>3</sup>/hr. Jumlah kapasitas yang dibatasi tersebut merupakan 62,13% dari kapasitas seharusnya, yakni 2226 m<sup>3</sup>/hr. Berdasarkan standar API 610 untuk operasi pompa centrifugal, *allowable operating region* pompa dibatasi dari 70% s/d 120% dan *preferred operating region* dibatasi dari 80% s/d 110%. Proporsi dari operasi tersebut merupakan batas operasi yang diizinkan dan dianjurkan bagi pompa agar tidak terjadi vibrasi berlebih (dalam batas atas pada standar) yang dapat menyebabkan kerusakan pada pompa. Apabila mengacu pada standar tersebut, kondisi eksisting pompa 15-P-111A pada *allowable operating region* dibatasi dari 1558,2 m<sup>3</sup>/hr s/d 2671,2 m<sup>3</sup>/hr dan *preferred operating region* dibatasi dari 1780,8 m<sup>3</sup>/hr s/d 2448,6 m<sup>3</sup>/hr. Dari pernyataan tersebut dan Gambar 4 diatas dapat diketahui bahwa pada operasi kondisi eksistingnya, pompa beroperasi diluar batas dari standar API 610, sehingga dengan pola operasi tersebut menimbulkan adanya vibrasi berlebih yang terjadi pada pompa 15-P-111A.

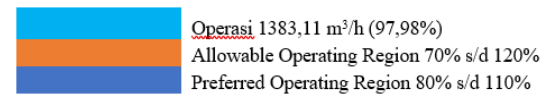
#### 3.7.2 Operasi Setelah *Trimming* Impeller

Setelah dilakukan *trimming*, ukuran diameter impeller berubah dari 571,5 mm menjadi 491 mm. Kapasitas rated yang dihasilkan oleh pompa 15-P-111A setelah *trimming* ini yakni mencapai 1411,63 m<sup>3</sup>/hr. Disisi lain kapasitas yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan operasi

masih tetap dibawah kapasitas rated yang dihasilkan oleh pompa.

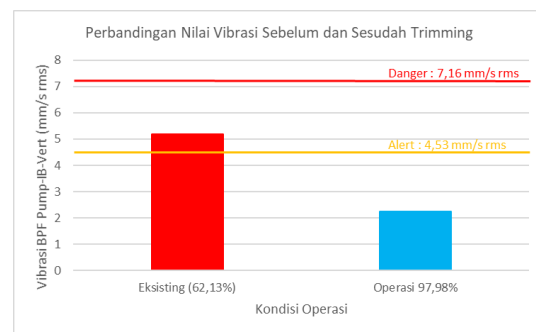


Gambar 5 Karakteristik Setelah *Trimming* Impeller

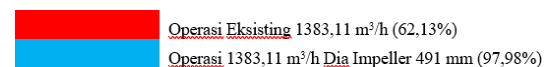


Berdasarkan pada Gambar 5 pengoperasian pompa tetap dengan kondisi laju alir pompa sebesar 1283 Ton/hr atau setara dengan kapasitas yang mencapai 1383,11 m<sup>3</sup>/hr seperti kapasitas kondisi eksisting. Dengan kondisi kapasitas yang sama seperti eksisting dan beroperasi dengan diameter impeller setelah dilakukan *trimming*, membuat operasi pompa menjadi 97,98% dari kapasitas ratednya. Sehingga dengan begitu pompa dapat beroperasi dalam batas standar *allowable operating region* (70% s/d 120%) dan *preferred operating region* (80% s/d 110%), serta vibrasi yang terjadi pada pompa nilainya dapat berkurang dan berada pada batas yang dianjurkan (aman).

### 3.8 Pengaruh Terhadap Nilai Vibrasi



Gambar 6 Perbandingan Vibrasi Sebelum dan Sesudah *Trimming*



Dapat dilihat pada Gambar 6 diatas, terdapat perbandingan nilai vibrasi antara kondisi eksisting dan kondisi setelah *trimming* pada pompa 15-P-111A. Pada kondisi eksisting nilai

vibrasi berada diatas nilai alertnya yaitu dengan nilai vibrasi sebesar 5,17 mm/s rms. Setelah dilakukan *trimming* dengan operasi 97,98% dari kapasitas rated yang dimana operasi tersebut masuk ke dalam batas *preferred operating region* (80% s/d 110%), vibrasi menjadi lebih rendah dan dibawah nilai alertnya (4,53 mm/s rms) yakni dengan nilai vibrasi sebesar 2,24 mm/s rms.

#### 4. KESIMPULAN

Ukuran diameter impeller yang sesuai untuk melakukan *trimming* yaitu 491 mm yang dimana impeller di *trimming* 15,95% lebih kecil dari ukuran diameter impeller maksimal (584,2 mm). Operasi pompa setelah penyesuaian kebutuhan operasi mencapai 98,14%. Operasi tersebut masuk ke dalam batas *preferred operating region* (80% s/d 110%) berdasarkan persyaratan pada standar API 610 dengan kapasitas pompa yang beroperasi sebesar 1383,11 m<sup>3</sup>/hr. Parameter kinerja yang dihasilkan diantaranya yaitu, daya listrik motor 414,36 kW; daya poros 389,49 kW; daya hidrolik 253,15 kW; head 72,48 m; tekanan *discharge* 49,32 kg/cm<sup>2</sup>; efisiensi pompa 64,99%. Dari parameter diatas dapat dikatakan bahwa *trimming* impeller pada pompa 15-P-111A ini layak dilakukan karena hasilnya yang memenuhi kriteria dan standar.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Aroeira, Carlos. 2023. *Frequency Of Passing Blades Technical Articles. Engenharia e Sistemas Ibericos*. Lda
2. Sularso. Tahara, Haruo. 2006. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: PT Prandy Paramita.
3. Najafi, Amir F. 2020. “*Effect of impeller shroud trimming on the hydraulic performance of centrifugal pumps with low and medium specific speeds*”. Tandfonline.com. Diakses pada 6 Mei 2024
4. Dietzel, F. 1990. *Turbin, Pompa, Kompresor*. Diterjemahkan oleh Dakso Sriyono. Jakarta: Erlangga.
5. Archer, Cameron. 2021. “*How to Calculate and Improve Pump Efficiency*”. WELLAWARE. San Antonio, Texas
6. “*Trimming of The Pump Impeller*”. www.pumpsaudit.com, [https://www.pumpsaudit.com/trimming-of-impeller#google\\_vignette](https://www.pumpsaudit.com/trimming-of-impeller#google_vignette). Diakses pada 3 Mei 2024
7. *API Standard 610, Twelfth Edition*. 2021. *Centrifugal Pump for Petroleum, Petrochemical, and Natural Gas Industries*. American Petroleum Institute
8. *Pumping Systems Tip Sheet #7*. 2006. *Trim or Replace Impeller on Oversized Pumps*. U.S. Department of Energy
9. Aldiansyah, Ridwan. 2016. “Pengaruh Dari *Trimming* Impeller Terhadap Karakteristik Performa *Centrifugal Pump* Pada Pompa Interdab MQC 175”. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Indonesia
10. Adisasmita, Imam. 2018. “Perencanaan Impeller Pompa Sentrifugal Berdiameter 16 Inch Pada Kapal *Cutter Suction Dredger* (CSD) Dengan Menggunakan *Solidwork*”. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
11. Arifullah, Rifqy. 2020. ” STUDI EKSPERIMEN PENGARUH *TRIMMING* IMPELLER TERDAHAP PERFORMA POMPA SENTRIFUGAL PADA POMPA MQC 175 MENGGUNAKAN *BRITISH STANDARD ISO 9906:1999*”. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya