

## ANALISIS KINERJA GEOMETRIK *IMPELLER* POMPA SENTRIFUGAL BERBASIS PERANGKAT LUNAK

Darto<sup>1</sup>, I Made Sunada<sup>2</sup>

### Abstract

*On the centrifugal impeller is a part that converts the mechanical energy (energy in the blades of the impeller) is passed on to the pump power and efficiency as a result of (their fluid friction losses) due to changes in the flow direction of the blades of the impeller. To obtain performance centrifugal pump impeller, so it needed a thorough analysis, one of which is the analytic geometry. To speed up the process and analytical results are accurate then use the software. In this analysis used software Turbo CF 9.2.8. In this analysis used primary data in the form of geometric parameters of centrifugal pump as an input to the software used. The conclusions in the can are the theoretical performance data from the pump impeller type can be generated quickly and accurately.*

**Key words :** *Sentrifugal Pump, Impeller, Software of CF Turbo*

### Abstraksi

*Impeller* pada pompa sentrifugal adalah suatu bagian yang mengubah energi mekanik (energi pada sudu-sudu *impeller*) diteruskan kepada daya pompa dan akibat adanya efesiensi (adanya kerugian gesekan cairan) karena perubahan arah aliran pada sudu-sudu *impeller*. Untuk mendapatkan kinerja *impeller* pompa sentrifugal tersebut maka diperlukan suatu analisis secara menyeluruh yang salah satunya adalah analisis geometri. Untuk mempercepat proses dan hasil analisis yang akurat maka digunakan perangkat lunak. Dalam analisis ini digunakan perangkat lunak CF Turbo 9.2.8. Dalam analisis ini digunakan data primer yang berupa parameter geometrik dari pompa sentrifugal sebagai masukan terhadap perangkat lunak yang digunakan. Simpulan yang di dapat ini adalah data kinerja secara teoritik dari jenis *impeller* pompa dapat dihasilkan secara cepat dan akurat.

**Kata Kunci :** *Pompa Sentrifugal, Impeller, Perangkat Lunak CF Turbo*

### PENDAHULUAN

*Impeller* pada pompa sentrifugal adalah suatu bagian yang mengubah energi mekanik (energi pada sudu-sudu *impeller*) diteruskan kepada daya pompa dan akibat adanya efesiensi (adanya kerugian gesekan cairan) karena perubahan arah aliran pada sudu-sudu *impeller*. Untuk mendapatkan kinerja *impeller* pompa sentrifugal tersebut maka diperlukan suatu analisis secara menyeluruh yang salah satunya adalah analisis geometri. Untuk mempercepat proses dan hasil analisis yang akurat maka digunakan perangkat lunak. Dalam analisis

ini digunakan perangkat lunak CF Turbo 9.2.8.

Pada saat ini perencanaan *impeller* pompa setrifugal yang ada di lapangan hanya didasarkan pada pengalaman dari kinerja *impeller* pompa yang dibuat sebelumnya. Untuk supaya mendapatkan kinerja *impeller* pompa sentrifugal yang maksimal maka diperlukan suatu analisis dari aspek geometrinya.

Dalam analisis terhadap geometri *impeller* pompa sentrifugal terdapat banyak sekali parameter yang jika kesemuanya dimasukkan dalam perhitungan maka akan

<sup>1</sup> Dosen Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Merdeka Malang

<sup>2</sup> Dosen Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Merdeka Malang

menimbulkan banyak permasalahan. Oleh sebab itu dalam analisis ini parameter yang digunakan disesuaikan dengan perangkat lunak yang digunakan.

Secara umum titik tuju dari analisis geometri *impeller* pompa sentrifugal ini mendapatkan luaran kinerja dari parameter masukan dengan berbantuan perangkat lunak CF Turbo 9.2.8.

Manfaat yang didapatkan dari analisis ini adalah luaran kinerja pompa sentrifugal berdasarkan geometri yang telah ditentukan. Jika kinerja pompa sentrifugal yang didapatkan kurang bisa optimal maka kita bisa melaksanakan proses *trial and error* hingga mendapatkan kondisi kinerja yang maksimal.

## **KAJIAN PUSTAKA**

*Impeller* pada pompa adalah suatu bagian yang mengubah energi mekanik (energi pada sudu-sudu *impeller*) diteruskan kepada daya pompa dan akibat adanya efisiensi (adanya kerugian gesekan cairan) karena perubahan arah aliran pada sudu-sudu *impeller*.

Pada pompa sentrifugal yang sederhana terdiri dari dua bagian yaitu :

1. Bagian yang berputar (*rotating parts*) biasanya terdiri dari : *impeller*, poros dan lain-lain.
2. Bagian yang tetap (*stationary parts*) biasanya terdiri dari : rumah pompa, packing dan lain-lain.

*Impeller* biasanya di cor dalam satu kesatuan dan terbuat dari besi cor atau borns. Untuk cairan-cairan khusus, *impeller* ini

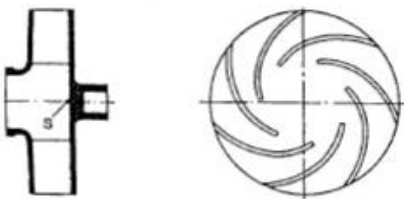
dapat dibuat dari bahan baja tahan karat, timah hitam, gelas/kaca, atau bahan-bahan yang sesuai untuk keperluan. *Impeller* dipasang pada poros dengan suaian (*fit*) tekanan ringan, dipasak, dan dikunci dengan baik pada tempatnya. Untuk mendapatkan efisiensi yang tinggi yang tinggi yang biasa didapati pada pompa-pompa modern, permukaan *impeller* haruslah dibuat sehalus mungkin, baik didalam laluan sudu maupun pada bagian luar *impeller* tersebut.

*Impeller* pada pompa sentrifugal dapat dipasang/disangga dengan bantalan pada kedua ujung porosnya maupun hanya salah satu ujungnya saja (*overhung*). Pada pemasangan *overhung* menghemat satu *seal* tetapi akan terjadi peningkatan dari lekukan/defleksi pada poros, sedangkan lainnya sama. Pada *impeller* yang disangga pada kedua ujungnya. Untuk pompa dengan kapasitas besar dapat di buat *impeller* dengan *double suction*, ini juga direncanakan untuk menyetimbangkan gaya *axial* yang terjadi. Untuk memenuhi kebutuhan akan total *head* yang tinggi maka dapat di konstruksikan dengan pemasangan *impeller* lebih dari satu atau jamak (*multi-stage*). Untuk membantu menghilangkan gaya aksial dari *impeller* jamak tersebut maka dapat dilakukan pemasangan *impeller* dengan posisi berlawanan (*back to back*).

Dilihat dari bentuk arah aliran pada *impeller* maka bentuk *impeller* secara garis besar di bagi menjadi empat.

- a. Radial *impeller*

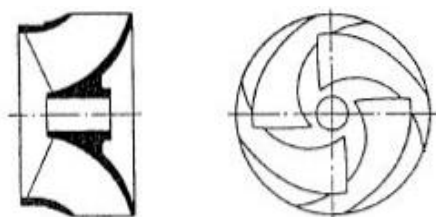
Untuk membantu bentuk sudu-sudu tersebut maka pada setiap radial *impeller* dilengkapi dengan *cover plate* pada bagian belakang dan juga kadang-kadang pada bagian depannya. *Cover plate* ini juga secara otomatis menimbulkan kerugian akibat gesekan dengan cairan. Untuk memperbaiki dalam hal ini meningkatkan efisiensi atau menurunkan nilai NSPH, *impeller* harus dibuat beberapa sudu.



Gambar 1. **Radial Impeller**

b. *Mixed flow impeller*

Type *impler* ini dapat dikatakan sama dengan radial *impeller* hanya berbeda pada arah alirannya saja. Biasanya *impeller* ini dipergunakan untuk memompakan cairan dengan kapasitas besar dengan *total head* yang relatif rendah dibandingkan dengan radial *impeller* tapi lebih tinggi dari axial *impeller*.

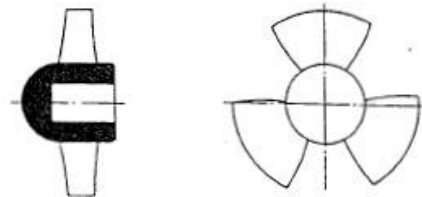


Gambar 2. **Mixed Flow Impeller**

c. *Axial impeller*

*Axial flow impeller* disebut juga propeller dimana dapat dipasang secara tetap atau dapat diubah-ubah ketika pompa dibuka maupun diubah-ubah pada saat pompa tersebut dioperasikan. Pompa dengan

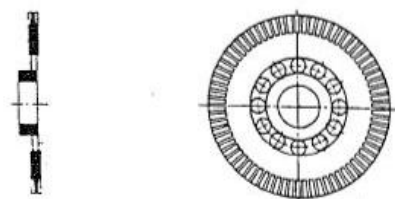
*impeller* ini digunakan untuk memompa cairan dengan kapasitas yang besar tetapi *total head* yang dicapai relatif rendah. Contoh penggunaan pompa *axial impeller* ini adalah untuk pompa penanggulangan banjir, pompa irigasi, pompa air pendingin pembangkit tenaga listrik dan lain-lain.



Gambar 3. **Axial Impeller**

d. *Special impellers*

Selain *impeller-impeller* yang telah di sebutkan diatas ada juga *impeller* dengan tipe-tipe khusus.



Gambar 4. **Peripheral Impeller**

**METODOLOGI**

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan data primer yaitu dengan melaksanakan pengukuran terhadap pompa sentrifugal dengan spesifikasi teknis sebagai berikut :

Tabel 1. **Spesifikasi Pompa Sentrifugal**

Parameter Terukur	Dimensi
Hub diameter ( $d_H$ )	28 mm
Suction diameter ( $d_S$ )	94 mm
Impeller diameter ( $d_2$ )	220 mm
Outlet width ( $b_2$ )	15 mm
Kapasitas Pemompaan ( $Q$ )	60 m <sup>3</sup> /h
Head Total Pompa ( $H$ )	50 m

Rotation ( $n$ )	2900/min
Casing efficiency ( $\eta_c$ )	0.90%

Untuk mendapatkan hasil maksimal analisis kinerja pompa sentrifugal berdasarkan geometrinya maka ada beberapa parameter yang harus disesuaikan dengan kondisi pompa sentrifugal yang dimodelkan. Hal tersebut dilakukan karena tidak semua parameter yang dibutuhkan tersebut bisa diukur secara langsung.

Di samping itu metode yang dilakukan dalam proses simulasi ini terdapat beberapa batasan yang memang harus diberlakukan. Hal tersebut dilakukan untuk mensiasati kondisi yang sebenarnya terjadi. Adapun batasan tersebut adalah sebagai berikut:

- Kondisi fluida diasumsikan homogen
- Material *impeller* diasumsikan sesuai standar
- Tidak terdapat cacat pada *impeller* pompa
- Kekasaran permukaan *impeller* diasumsikan sesuai dengan standar

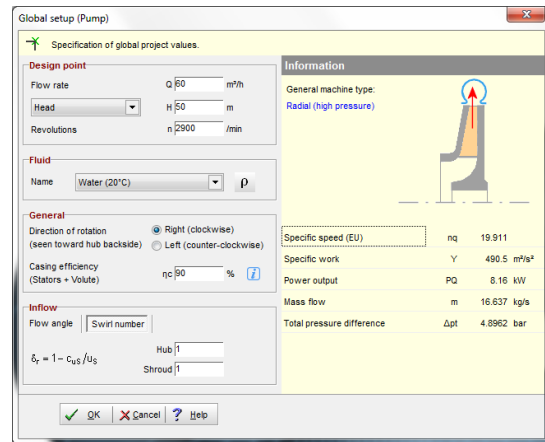
## PEMBAHASAN

Dalam proses analisis kinerja *impeller* pompa sentrifugal berbasis perangkat lunak CF Turbo terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan secara berurutan. Adapun langkah proses tersebut adalah sebagai berikut:

### a. Project

Proses ini merupakan proses memasukkan parameter dimensi pompa sentrifugal serta menentukan model *impeller* sesuai dengan jenis pompa yang dianalisis. Parameter yang lainnya merupakan variabel desain yang dapat dimodifikasi untuk

meningkatkan kinerja dan efisiensi *impeller* saat beroperasi.



Gambar 5. *Global Setup*

### b. Impeller

Menu ini digunakan untuk melaksanakan proses perhitungan untuk mendapatkan tiga variabel tampilan yaitu :

- *Value*

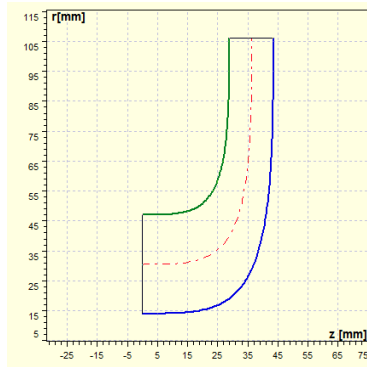
Menu ini merupakan menu yang menampilkan hasil perhitungan berdasarkan parameter pompa sentrifugal yang telah dimasukkan.

Flow coefficient	$\phi_t$	0.01
Meridional flow coefficient	$\phi_m$	0.06
Work coefficient	$\psi$	0.95
Diameter coefficient	$\delta$	8.15
Average inlet velocity	cmS	2.7625 m/s
Average inlet velocity (net)	cmS*	2.6355 m/s
Inlet circ. velocity	cuS	0 m/s
Inlet rel. velocity	wS	14.538 m/s
Outlet peripheral speed	u2	32.191 m/s
Outlet mer. velocity	cm2	1.7966 m/s
Outlet mer. velocity (net)	cm2*	1.714 m/s
Outlet circ. velocity	cu2	23.192 m/s
Outlet rel. velocity	w2	9.1763 m/s
Meridional deceleration	cm2/cmS	0.65
Relative deceleration ratio S->2	w2/wS	0.63
Outlet width ratio	b2/d2	0.07
NPSHR estimation	NPSHR	2.7238 m
Axial force	Fax	2787 N

Gambar 6. Hasil Perhitungan *Impeller*

- *Meridian*

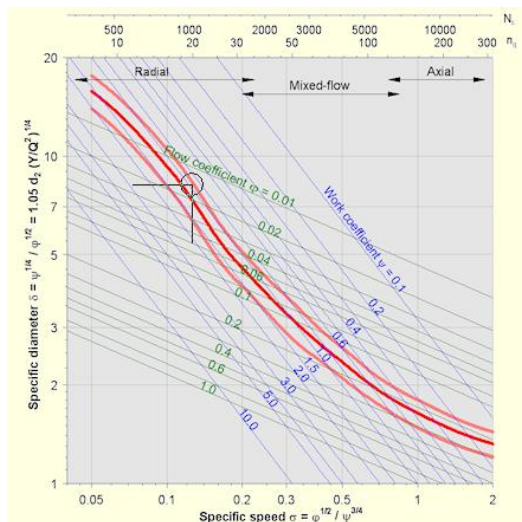
Menu ini menggambarkan secara sket dari penampang *impeller* pompa sentrifugal hasil dari masukan parameter dimensi.



Gambar 7. Sket Penampang *Impeller*

• Diagram Cordier

Parameter dimensi pompa sentrifugal yang dimasukkan akan bisa ditampilkan jenis *impeller* yang sesuai. Dalam kasus ini parameter dimensi pompa yang dimasukkan menghasilkan jenis *impeller* yang sesuai adalah radial berdasarkan diameter spesifik, kecepatan spesifik serta koefisien kerja.

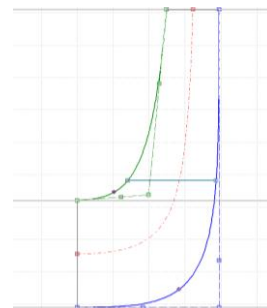


Gambar 8. Sket Penampang *Impeller*

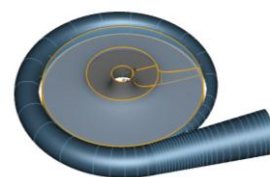
c. *Meridional Contour*

Kontur *meridional* merupakan hal terpenting kedua setelah perencanaan *impeller*. Dalam menu ini kita bisa mengubah posisi garis sesuai dengan kebutuhan untuk mendapatkan kinerja pompa yang paling maksimal. Melalui menu ini kita bisa melihat

kontur meridional dalam 2 dan 3 dimensi serta detail dimensi geometri *impeller*.



Gambar 9. Meredional *Contour* 2D



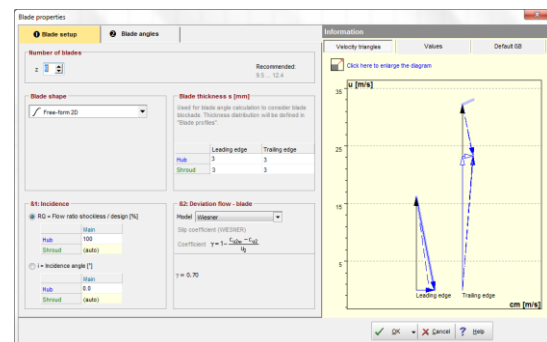
Gambar 10. Meredional *contour* 3D

d. *Blade Properties*

Dalam proses perancangan *blade* maka terdapat dua langkah yaitu:

*Blade Setup*

*Blade setup* digunakan untuk menentukan berapa jumlah, ketebalan serta bentuk *blade* yang ada di dalam pompa.

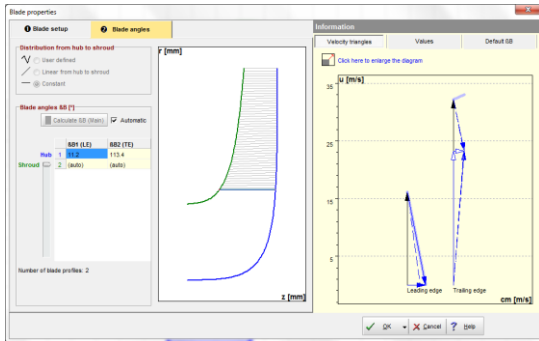


Gambar 11. *Blade Setup*

*Blade Angles*

Perencanaan garis rata-rata tergantung pada jumlah dan posisi meridional profil blade yang disebut dengan *blade angles*. Blade angles  $\beta_{B1}$  and  $\beta_{B2}$  dihitung berdasarkan segitiga kecepatan.

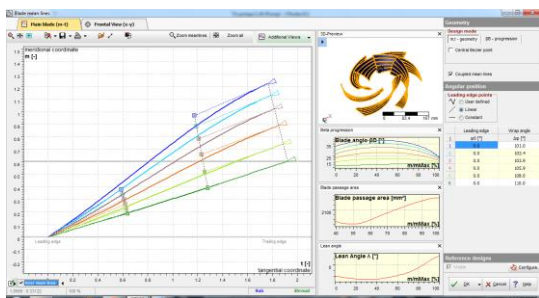
Derajat kebebasan perencanaan *blade* tergantung pada bentuk blade. Hal tersebut harus mengacu pada *blade angles* yang merupakan hasil dari perhitungan garis rata-rata.



Gambar 12. *Blade Angles*

*Blade means line*

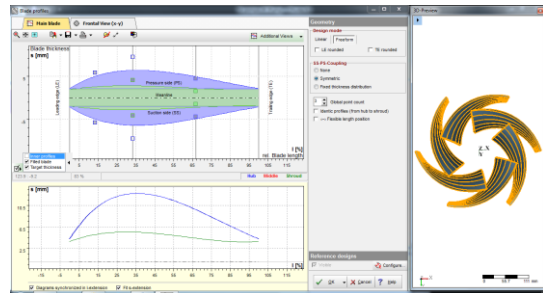
Merupakan penggambaran yang memadukan *blade angle*, *blade passage area* dan *lean angle*. Berdasarkan paduan dari ketiganya maka dapat dilihat bahwa tidak semua garis profil *blade* memiliki panjang yang sama. Itu disebabkan karena garis profil *blade* memiliki maksimum nilai-*m* yang berbeda.



Gambar 13. *Blade Mean Line*

*Blade profile*

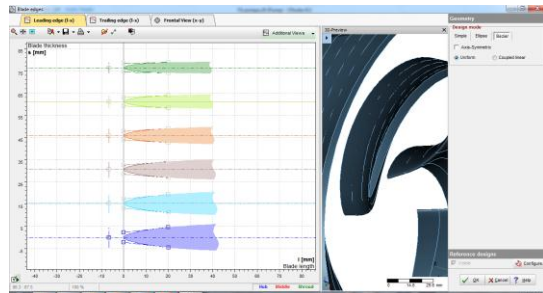
Untuk membuat profil *blade* distribusi ketebalan pisau orthogonal untuk *hub* dan profil *shroud* yang digunakan. Nilai-nilai ketebalan pisau orthogonal ditambahkan pada kedua sisi pisau untuk menciptakan tekanan dan hisap sisi pisau.



Gambar 14. *Blade Profile*

*Blade edges (Leading Edge)*

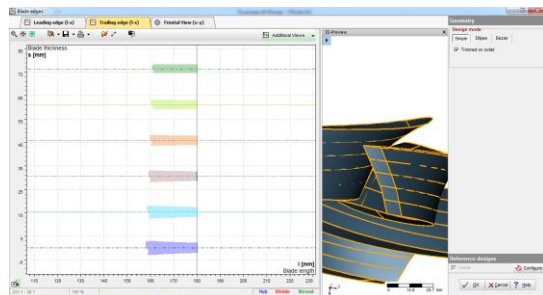
*Blade* dirancang sebelumnya memiliki tepi ujung yang tumpul dan *trailing edge* (garis hubungan antara *endpoint* dari *suction* dan sisi tekanan). Tepi pisau dirancang dengan menentukan distribusi ketebalannya.



Gambar 15. *Blade Edge – Leading Edge*

*Blade edge (trailing edge)*

*Trailing edge* merupakan bagian yang direncanakan pada bagian tepi bagian belakang *impeller*.

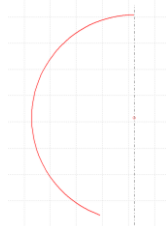


Gambar 16. *Blade Edge – Trailing Edge*

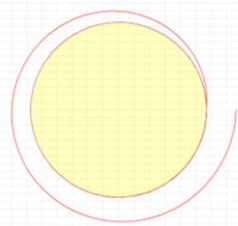
### c. Volute

Pengembangan area spiral dapat dihitung secara manual maupun secara otomatis. Hasil dari perhitungan tersebut bisa ditampilkan dalam bentuk gambar

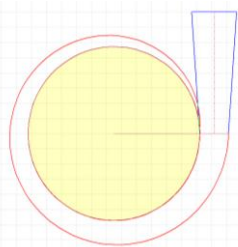
penampang, area spiral, difuser serta *cut-water*.



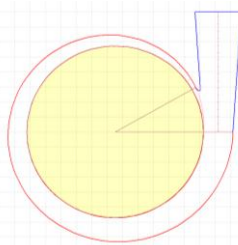
Gambar 17. Penampang *Volute*



Gambar 18. Area *Spiral*



Gambar 19. *Difuser*



Gambar 20. *Cut-Water*

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan seperti langkah yang tersebut di atas maka didapatkan hasil parameter optimal sebagai berikut:

Tabel 2. Parameter Masukan Dan Luaran Perangkat Lunak

Design Point			
Mass flow	$m$	[kg/s]	16.637
Revolutions	$n$	[/min]	2900
Casing efficiency	$\eta_c$	[%]	90
Specific work	$Y$	[m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> ]	490.5

Specific speed (EU)	$n_q$		20
Power output	$P_O$	[kW]	8.2
Rotation direction			Right
Swirl number	$\delta_r$	[-]	1
Flow rate	$Q$	[m <sup>3</sup> /h]	60
Total pressure difference	$\Delta_{pt}$	[bar]	4.8962
Head	$H$	[m]	50
Fluid properties			
Fluid name			Water (20°C)
Density	$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	998.2
Parameters			
Hydraulic efficiency	$\eta_h$	[%]	73
Volumetric efficiency	$\eta_v$	[%]	95.4
Empirical function for $dS$ parameter			$CF_{turbo}$ default
Empirical function for $d1$ parameter			$CF_{turbo}$ default
Empirical function for $b1$ parameter			$CF_{turbo}$ default
Empirical function for $d2$ parameter			$CF_{turbo}$ default
Empirical function for $b2$ parameter			$CF_{turbo}$ default
Work coefficient	$\psi$	[-]	0.95
Outlet width ratio	$b_2/d_2$	[-]	0.069
Use efficiency for $d2$			No
Mechanical efficiency	$\eta_m$	[%]	99
Motor efficiency	$\eta_{mot}$	[%]	80
Required driving power	$P_D$	[kW]	14.6
Power loss	$P_L$	[kW]	6.5
Required power incl. motor losses	$P_R$	[kW]	18.3
Impeller efficiency	$\eta_{Im}$	[%]	62.7
Stage efficiency	$\eta_{St}$	[%]	55.8
Stage efficiency incl. motor	$\eta_{St}^*$	[%]	44.7
Side friction efficiency	$\eta_s$	[%]	90
Intake coefficient	$\epsilon$	[-]	0.088

Main Dimensions			
Automatic calculation			No
Hub diameter	$d_H$	[mm]	28
Suction diameter	$d_S$	[mm]	94
Impeller diameter	$d_2$	[mm]	212
Outlet width	$b_2$	[mm]	14.6
Work coefficient	$\psi$	[-]	0.95
Average inlet velocity	$cmS$	[m/s]	2.76
Average inlet velocity (net)	$cmS^*$	[m/s]	2.64
Average outlet velocity	$cm2$	[m/s]	1.80
Average outlet velocity (net)	$cm2^*$	[m/s]	1.71
Meridional contour			
Design mode			Hub, Shroud
Curve mode			Bezier
Axial extension default	$\Delta z_D$	[mm]	32.166
Axial extension max.	$\Delta z_{Max}$	[mm]	39.466
Radial extension max.	$\Delta r_{Max}$	[mm]	92
Setup			
Type			Single
Volumetric efficiency	$\eta_v$	[-]	1
Flow factor	$F_Q$	[-]	1
Spiral inlet			
Diameter	$d_4$	[mm]	229
Width	$b_4$	[mm]	26.3
Inlet			
Hub point		[mm]	[39.466;106]
Shroud point		[mm]	[24.866;106]
Center point		[mm]	[32.166;106]
Offset hub		[mm]	[5.85;8.5]
Offset shroud		[mm]	[-5.85;8.5]
Offset center		[mm]	[0;8.5]
Width	$b$	[mm]	26.3
Angle mode			User-defined
Outlet angle	$\gamma$	[°]	180
Flow angle (abs.)	$\alpha$	[°]	6.4181
Cross Section			
Cross section			Circle
Angle	$\varphi$	[°]	360
Spiral areas Geometry			
Design rule			Pfleiderer
Swirl exponent		[-]	1

Wrap angle	$\varphi$	[°]	360
Diffuser			
Direction			Tangential
Excentricity	$\Delta x$	[mm]	0
Excentricity mode			Centric
Height	$h_6$	[mm]	160
Start angle	$\varphi_0$	[°]	0
End cross section			Circle
Exit diameter	$D_6$	[mm]	60
End cross section shape position		[%]	100
Length	$L$	[mm]	160
Cone angle	$\theta$	[°]	3.3
Cutwater			
Mode			Simple
Position	$\varphi_{C,0}$	[°]	29.6
Radial offset	$e$	[mm]	0
Side position left			0.17
Side position right			0.17
Rounded edges			No

## SIMPULAN

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan berdasarkan parameter dimensi pompa sentrifugal dengan spesifikasi teknis yang telah disebutkan di atas, maka dapat disimpulkan:

1. Jenis *impeller* pompa sentrifugal tersebut adalah radial *impeller*
2. Simulasi yang dilakukan pada *impeller* pompa sentrifugal telah menghasilkan parameter paling optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ashish Bowade, 2014, *A Review of Different Blade Design Methods for Radial Flow Centrifugal Pump*, International Journal of Scientific Engineering and Research IJSER), [www.ijser.in](http://www.ijser.in), ISSN (Online): 2347-3878, Impact Factor
- Church, AH, 1986, **Pompa Blower Sentrifugal**, Penerbit Erlangga Jakarta



Sularso dan Haruo Tahara, 1987, **Pompa dan Kompresor**, Cetakan Ketiga, Penerbit Pradnya Paramita Jakarta

<https://en.cfturbo.com/tutorials/>

<https://www.indotrading.com/product/pompa-sentrifugal-kyodo-p270760.aspx>

