

**Gunawan Dwi Haryadi**

Dosen  
Departemen Teknik Mesin, Fakultas  
Teknik, Universitas Diponegoro,  
Semarang.  
gunawan\_dh@ft.undip.ac.id

**Ismoyo Haryanto**

Dosen  
Departemen Teknik Mesin, Fakultas  
Teknik, Universitas Diponegoro,  
Semarang

**I.M.W. Ekaputra**

Tenaga Pengajar (Dosen)  
Universitas Sanata Dharma Jurusan  
Teknik Mesin  
made@usd.ac.id

**Rando Tungga Dewa**

Tenaga Pengajar (Dosen)  
Universitas Pertahanan Indonesia  
Jurusan Teknik Mesin  
rando.td@gmail.com

**Deka Setyawan**

Program Studi Teknik Mesin,  
Departemen Teknik Mesin, Fakultas  
Teknik, Universitas Diponegoro,  
Semarang.

## ANALISA STRUKTUR DAN PERFORMA IMPELLER POMPA SENTRIFUGAL DENGAN MENGGUNAKAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC AND FINITE ELEMENT METHOD

*Centrifugal pumps are divided into two main components, namely the impeller and the volute. The impeller is a rotating pump component, while the volute is a stationary pump component. The current problem in the industrial world is that the pump capacity that operates is not in accordance with the written capacity so that the pump does not work optimally. In addition, the structural analysis of the pump is minimally carried out so that damage to the pump often occurs. To overcome this, it is necessary to analyze the performance and structure of the centrifugal pump design using computational fluid dynamics and static structural analysis methods on variations in the number of blades & impeller rotation speed. The results of the CFD analysis obtained are validated using existing product specifications and studies that have been carried out. The maximum value of the resulting von-mises stress is 20,238 Mpa, the maximum value of the resulting strain is 0.00010133, while the maximum total deformation value is 0.051984 mm. The three maximum values occur in the variation of the 7 blade impeller with a rotational speed of 1800 rpm.*

**Keywords:** Centrifugal Pump, Impeller, Numerical Simulation Blade, Computational Fluid Dynamic, Static Structural Analysis.

### 1. PENDAHULUAN

Banjir merupakan suatu kondisi dimana aliran air melebihi kapasitas saluran dan limpasan mengalir keluar permukaan sehingga mengakibatkan genangan di kawasan yang tidak seharusnya tergenang dan menimbulkan kerugian [1]. Salah satu upaya mencegah dan mengurangi dampak dari bencana banjir yaitu dengan menggunakan pompa di daerah titik – titik rawan banjir.

Pompa merupakan sebuah alat yang digunakan untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat lain melalui sebuah media atau saluran. Pompa dirancang untuk menghasilkan sebuah tekanan, dimana konfigurasi pompa dapat bervariasi tergantung pengaplikasiannya. Pompa umumnya dibagi menjadi dua kategori utama yaitu dynamic displacement pump dan positive displacement pump. Berdasarkan metode pengoperasian pompa juga diklasifikasikan menjadi beberapa jenis seperti rotary pump, reciprocating pump, centrifugal pump dan axial pump [2]. Fluida dialirkan oleh pompa sentrifugal dengan menggunakan energi hidrodinamik yang dikonversi berdasarkan energi kinetik rotasi dari aliran fluida. Fluida mengalir dari tekanan tinggi melalui impeller [3]. Pompa sentrifugal banyak digunakan untuk berbagai aplikasi seperti irigasi air, sistem desalinasi, pembangkit listrik, kapal, dan penyedot banjir [4].

Pompa sentrifugal dibagi menjadi dua komponen utama yaitu impeller dan volute. Impeller merupakan komponen pompa yang berputar, sedangkan volute merupakan komponen pompa yang stasioner [5]. Geometri pada impeller merupakan parameter yang paling berpengaruh dalam kinerja pompa. Geometri impeller mempengaruhi gaya radial, kecepatan aliran, dan juga tekanan keluar yang dihasilkan [6]. Terdapat beberapa penelitian mengenai pompa sentrifugal dengan dengan berbagai metode, seperti penelitian tentang pengujian pengaruh dari kecepatan putar pompa terhadap pressure fluctuations pompa sentrifugal, yang menyatakan bahwa pressure fluctuations dapat meningkatkan getaran pada pompa dimana getaran tersebut akan mengurangi efisiensi pompa tersebut [7], penelitian tentang karakterisasi aliran pada pompa sentrifugal [8], fenomena kavitasi [9], pendeteksi getaran pada pompa sentrifugal [10], dan lain-lain. Optimasi kinerja pompa sentrifugal tersebut dapat mengurangi biaya produksi dan maintenance dalam dunia industri [11].

Permasalahan yang terjadi saat ini pada dunia industri, kapasitas pompa yang beroperasi tidak sesuai dengan kapasitas yang tertulis sehingga pompa tidak bekerja maksimal. Selain itu, analisis struktur pada pompa sangat minim dilakukan sehingga kerusakan pada pompa sering terjadi. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu dilakukan analisis performa dan struktur pada desain pompa sentrifugal. Parameter struktur geometri seperti jumlah sudu dan kondisi kerja kecepatan putar impeller merupakan salah satu faktor terpenting dalam menentukan performa pompa sentrifugal. Terdapat banyak penelitian tentang variasi geometri yang dapat meningkatkan kinerja pompa sentrifugal seperti sudut pada sudu impeller [12] tipe bentuk impeller [13], ketebalan sudu [14], dan lain-lain.

Untuk mengetahui hubungan parameter tersebut maka perlu dilakukan sebuah penelitian dengan menganalisa pengaruh variasi geometri dan kecepatan putar pada impeller terhadap performa dan kehandalan pompa sentrifugal dengan menggunakan metode computational fluid dynamic & finite element method. Dengan mengetahui pengaruh tersebut tentunya akan mempermudah dalam perencanaan desain pompa yang optimal. Penelitian ini diharapkan dapat memaksimalkan efisiensi energi dan meminimalkan kerugian dalam permasalahan tersebut.

## 2. METODE DAN BAHAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir gambar 1. Proses penelitian dimulai dari studi literatur dan studi lapangan. Langkah selanjutnya adalah proses perancangan desain dengan sistem *reverse engineering* dari produk pompa produksi dalam negeri. Desain pompa sentrifugal yang telah dibuat, dilakukan proses analisa menggunakan dua metode yaitu *Computational Fluid Dynamic* (CFD) dan *Static Structural Analysis* yang dihubungkan dengan menggunakan metode *Fluid-Structure Interaction* (FSI). Hasil kedua metode tersebut divalidasi berdasarkan kaidah simulasi yang berlaku, spesifikasi produk, dan juga penelitian-penelitian sebelumnya mengenai topik terkait.

### 2.1 Perancangan Desain

Proses desain impeller dilakukan dengan tiga variasi geometri berdasarkan jumlah sudunya yang terdiri dari impeller 5 sudu, 6 sudu dan 7 sudu. Geometri impeller secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 1. Pada proses desain impeller, terdapat dua domain yaitu *domain solid* yang dijadikan sebagai dasar analisis struktural dan domain fluid yang dijadikan sebagai dasar analisis CFD.

**Tabel 1.** Geometri Impeller

Parameter	Value
Impeller Type	Semi-open impeller
Impeller Diameter	320 mm
Hub diameter	48.51 mm
Suction Diameter	145 mm & 250 mm
Outlet Width	40 mm
Hub Leading edge	6 mm
Shroud Leading edge	6 mm
Hub Trailing edge	10 mm

Shroud Trailing edge	10 mm
Number of Blades	5, 6, & 7
Inner & Outer Blade Angle	12 <sup>0</sup> & 28 <sup>0</sup>

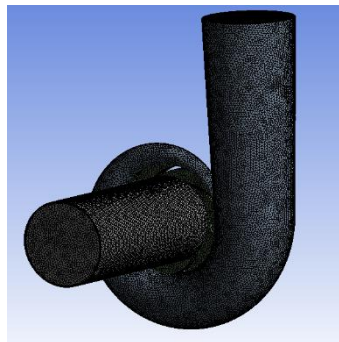
Sedangkan, proses desain pada komponen volute tidak dilakukan secara keseluruhan melainkan hanya pada domain fluida yang bekerja. Geometri volute diperoleh dari software CFTurbo yang mempertimbangkan geometri impeller dan juga diameter outlet yang telah ditetapkan. Geometri tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Geometri Volute

Volute Angle (degree)	Volute Radius (mm)
0	160
40	183
80	207,5
120	231
160	255
200	279
240	302,1
320	352,21
360 (outlet diameter)	370,77

## 2.2 Set-up Simulasi CFD

Metode meshing yang diterapkan pada komponen pompa sentrifugal adalah *inflation unstructured mesh (tetrahedrons conforming method)* yang terdiri dari volume mesh berbentuk *tetrahedral* pada keseluruhan komponen dan surface mesh berbentuk *prism layer* pada lapis batas *inlet & outlet*. Ukuran elemen yang digunakan adalah 0,007 mm pada keseluruhan komponen yang menghasilkan jumlah elemen sebesar 1.819.400 dan jumlah node sebesar 422.776 dengan nilai skewness maksimal 0.78. Geometri hasil proses meshing dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Fluid Mesh

Proses simulasi CFD menggunakan software ANSYS dengan prosedur yaitu *pre-processor, solver, & post-processor*. Model simulasi dapat dilihat pada tabel 3. Konvergensi diatur pada 10<sup>-5</sup> pada masing-masing parameter residual.

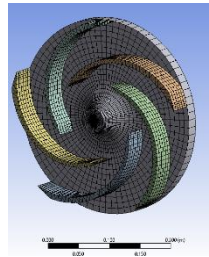
**Tabel 3.** Fluent Set-up

<b>General Set-up</b>	
Type	Pressure-Based
Time	Steady
<b>Model Fisik Aliran</b>	
Model Aliran	Turbulen SST K-omega
<b>Cell Zone Conditions</b>	

<i>Rotary Based</i>	<i>Motion Reference Frame</i>
Fluida	Air fasa cair
<b>Boundary Conditions</b>	
Rotary Domain	Impeller (1500, 1650, 1800 rpm)
Stationary domain	<i>Volute</i> dan pipa
<i>Inlet</i>	<i>Velocity Inlet</i>
<i>Outlet</i>	<i>Outflow</i>
<b>Solver Setup</b>	
<i>Scheme</i>	SIMPLE
<i>Gradient</i>	<i>Green-Gauss Node Based</i>

### 2.3 Set-up Simulasi *Static Structural*

Proses meshing pada analisis struktur menggunakan dua metode, yang pertama dengan volume mesh berbentuk quadrilateral dan surface mesh berbentuk Quad/Tri mesh pada *impeller body* dengan menggunakan metode *automatic* dan yang kedua menggunakan metode *sweep* dengan volume mesh & surface berbentuk *All Tri mesh* pada sudu impeller. Ukuran *element mesh* yang digunakan adalah 0.007 mm pada keseluruhan geometri, dan juga body sizing specific 0.003 mm pada impeller body. Hasil proses meshing dapat dilihat pada Gambar 2.

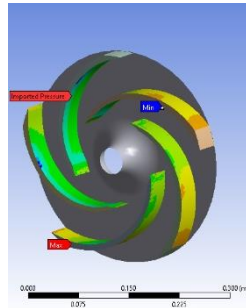


**Gambar 2.** Solid Mesh

**Tabel 4.** Static Structural Set-up

<b>General</b>	
Domain	Solid
Material	Cast Stainless Steel
<b>Pembebanan</b>	
Rotation Velocity	1500 rpm, 1650 rpm, 1800 rpm
Fixed Support	Hub Impeller
Pressure Fluid	Blade & Body
<b>Cell Zone Conditions</b>	
Rotary Based	Motion Reference Frame
Fluida	Air fasa cair
<b>Boundary Conditions</b>	
Rotary Domain	Impeler (1500, 1650, 1800 rpm)
Stationary domain	Volute

Proses input tekanan yang dihasilkan pada proses simulasi *computational fluid dynamic* dilakukan dengan metode Fluid-Structure Interaction. Pembebanan metode tersebut dapat dilihat pada gambar 3. Pada gambar tersebut terlihat distribusi tekanan yang dihasilkan dari proses simulasi CFD yang mendefinisikan bahwa distribusi tekanan pada domain fluida impeller berinteraksi dengan domain solid yang ada pada impeller sebagai beban struktur.



**Gambar 3.** Distribusi Tekanan

### 2.3 Penentuan Solusi Persamaan

Dalam memprediksi performa yang dihasilkan oleh simulasi pompa sentrifugal terdapat beberapa persamaan umum yang digunakan yaitu persamaan *pressure head*, *velocity head*, *total head*, kontinuitas, dan juga efisiensi. Persamaan dari total head pompa sendiri dapat dilihat pada persamaan 1.

$$H = \frac{P_{outlet} - P_{inlet}}{\rho g} + \frac{(V_{outlet})^2 - (V_{inlet})^2}{2g} + Z \quad (1)$$

Persamaan yang dapat digunakan dalam memprediksi kapasitas pompa sentrifugal adalah persamaan kontinuitas yang dapat dilihat pada persamaan 2.

$$Q_{outlet} = A_{outlet} \times v_{outlet} \quad (2)$$

Efisiensi pompa merupakan perbandingan dari besarnya daya fluida yang dihasilkan terhadap daya input yang digunakan oleh pompa sentrifugal. Persamaan efisiensi pompa melibatkan *head* pompa dan juga kapasitas pompa sentrifugal yang dapat dilihat pada persamaan 3.

$$E = \frac{\rho \times g \times Q \times H}{T \times \omega} \quad (3)$$

Sedangkan persamaan yang digunakan pada tegangan *von mises (equivalent)* menggabungkan vektor tegangan pada sumbu x, y, dan z) yang dapat ditulis dalam persamaan 4.

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_2\sigma_3 - \sigma_1\sigma_3} \quad (4)$$

$$\sigma' = \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)} \quad (5)$$

Hubungan regangan dan tegangan dapat dinyatakan dalam persamaan modulus young pada persamaan sebagai berikut dimana modulus young merupakan perbandingan dari tegangan dan regangan.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (6)$$

### 3. HASIL DAN DISKUSI

Proses analisis hasil & pembahasan dilakukan dengan mengkorelasikan hasil simulasi menggunakan metode computational fluid dynamic dan static structural analysis terhadap performa dan kehandalan impeller pompa sentrifugal dengan dasar teori yang ada. Selain itu, pada proses tersebut juga dilakukan dengan mendeskripsikan hubungan sebab akibat yang dihasilkan oleh parameter variasi yang berupa variasi jumlah sudu (5,6, & 7) dan variasi putaran impeller (1500, 1650, & 1800 rpm) terhadap performa dan struktur impeller pompa sentrifugal.

#### 3.1 Grid Independence & Validasi Spesifikasi

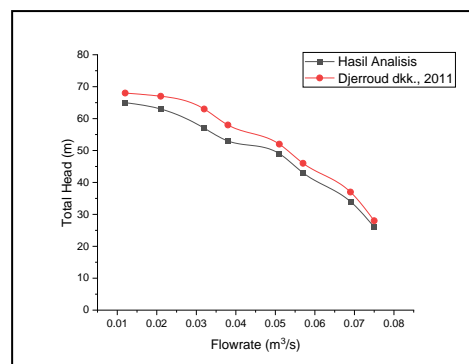
Uji mesh/grid independence digunakan untuk menguji kestabilan mesh terhadap keakuratan hasil. Uji grid disertai dengan proses validasi pada spesifikasi pompa industri untuk menentukan jumlah elemen yang digunakan. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 5. Terlihat bahwa jumlah elemen 1800000 memiliki total error terkecil sehingga jumlah elemen tersebut digunakan pada simulasi ini.

**Tabel 5.** Hasil *Grid Independence Test*

No.	Jumlah Elemen	Head (m)			Flow Rate (L/s)		
		Head Simulasi	Prediksi Head	Error	Flowrate Simulasi	Prediksi Flowrate	Error
1	500000	9.71	10	2.90%	192.4	200	3.80%
2	800000	9.63	10	3.70%	193.2	200	3.40%
3	1200000	9.79	10	2.10%	191.45	200	4.28%
4	1800000	9.87	10	1.30%	190.18	200	4.91%
5	2500000	9.9	10	1.00%	188.21	200	5.90%

#### 3.2 Validasi Simulasi

Validasi ini dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dengan penelitian yang dilakukan oleh Djerroud dkk [15] hasil grafik dapat dilihat pada gambar 4 dimana semakin besar flowrate yang dihasilkan maka total head akan relatif lebih kecil. Hal ini dilakukan pada geometri impeler yang sama pada 7 impeler 1500 rpm dengan diameter inlet dan outlet sebesar 145 mm.

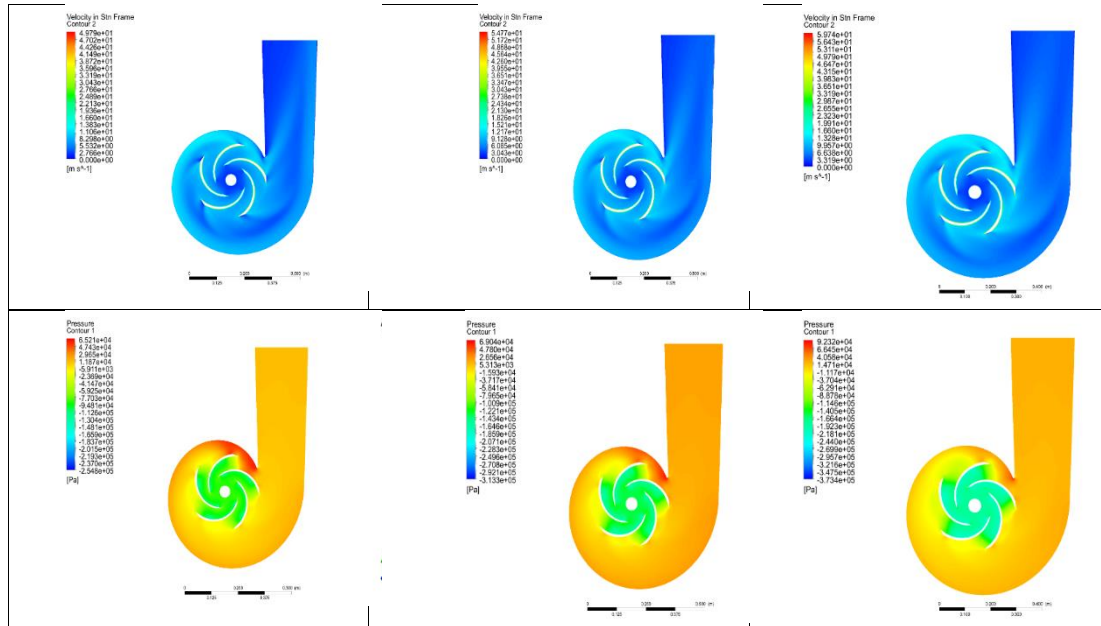


**Gambar 4.** Perbandingan Hasil Simulasi

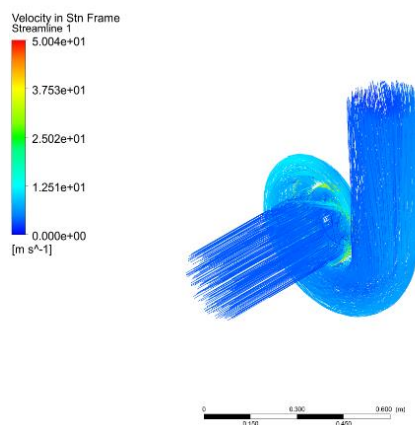
#### 3.3 Distribusi Tekanan & Kecepatan

Berikut merupakan contoh distribusi tekanan dan kecepatan yang dihasilkan proses simulasi yang dapat dilihat pada tabel 5.

**Tabel 6.** Distribusi Tekanan dan Kecepatan



Pada *velocity contour* terlihat bahwa kecepatan terbesar terjadi pada saat air berada pada dinding impeller dan dinding *volute* pada *rotation zone*. Selain itu, perbedaan kecepatan air pada *inlet* dan *outlet* relatif kecil. Kedua hal tersebut disebabkan oleh mekanisme aliran fluida dimana air yang masuk melalui *inlet* dengan kecepatan tertentu mengalir dari *impeller eye* ke ujung luar impeller yang disertai dengan penambahan kecepatan akibat putaran yang dihasilkan oleh impeller. Kecepatan air tersebut relatif berkurang ketika air menjauhi zona putar. Untuk mengetahui fenomena tersebut lebih jelas, dapat dilihat pada Gambar 5. mengenai contoh *contour streamline* yang dihasilkan pada simulasi. Ketika fluida (air) mengalir ke dalam pompa melalui inlet pada *volute*, air mulai berputar akibat putaran impeller yang terjadi, hal tersebut menyebabkan tekanan dan kecepatan fluida mulai berubah. Distribusi tekanan di dalam pompa menunjukkan bahwa terdapat peningkatan tekanan dari daerah di sekitar *Leading edge* sudu impeller menuju ke *Trailing edge* sudu impeller sepanjang arah radial dalam lintasan sudu. Tekanan yang tinggi dan seragam terlihat pada bagian saluran outlet setelah fluida meninggalkan daerah rotasi. Sedangkan tekanan paling rendah terjadi pada sisi hisap pompa dan *impeller eye*, hal ini disebabkan oleh putaran impeller yang mendorong air mengalir keluar menuju *volute* melewati aliran radial diantara sudu-sudu yang menyebabkan terjadinya ruang hampa di *impeller eye* dan sisi hisap pompa sehingga menghasilkan tekanan rendah [16].

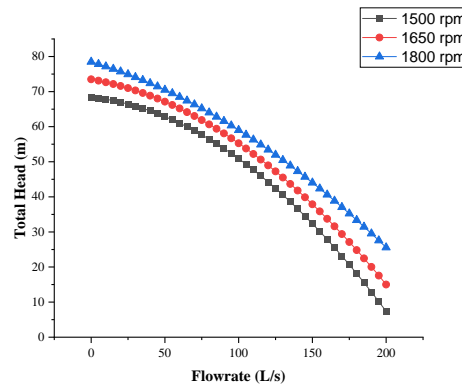


Gambar 4: Streamline contour

### 3.4 Pengaruh Kecepatan Putar dan Jumlah Blade Impeller Terhadap Performa

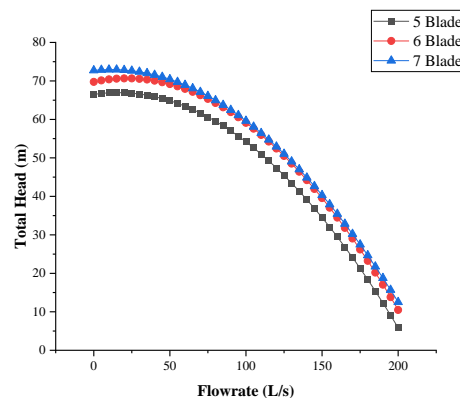
Untuk mengetahui pengaruh perubahan kecepatan putar terhadap performa yang dihasilkan oleh impeller

pada masing-masing variasi, maka solusi dibuat dengan menghitung parameter kecepatan rata-rata dan tekanan rata-rata yang dihasilkan pada outlet pompa sentrifugal. Hubungan sebab-akibat antar parameter tersebut dapat dilihat pada kurva pompa *flowrate* vs total *head* dibawah ini.



**Gambar 6.** Grafik Flowrate-Total Head pada Variasi Kecepatan Putar

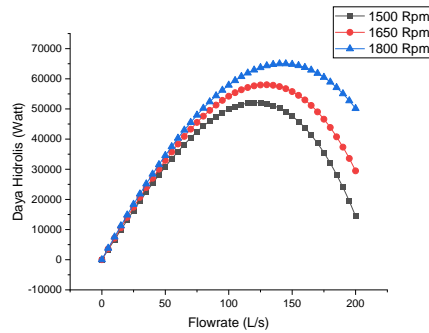
Pada gambar 6. terlihat bahwa semakin tinggi kecepatan putar impeller maka kurva total head yang dihasilkan juga semakin tinggi. Hal ini membuktikan bahwa pada flowrate tertentu pompa dengan peningkatan kecepatan putar impeller juga akan menghasilkan total head yang semakin tinggi pula [17]. Hal ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Xiaojun dkk [18]. Pada penelitian tersebut juga dihasilkan bahwa semakin tinggi kecepatan putar impeller maka total head yang dihasilkan juga semakin tinggi. Hal ini diakibatkan oleh peningkatan kondisi kerja pada impeller akan menghasilkan total head yang lebih tinggi walaupun dengan kapasitas aliran yang sama.



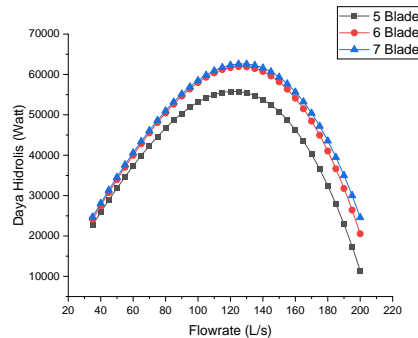
**Gambar 7.** Grafik Flowrate-Total Head pada Variasi Jumlah Blade

Pada kruva 7. dapat dilihat juga bahwa semakin banyak jumlah blade pada struktur impeller maka semakin tinggi pula total head yang dihasilkan pada kondisi flowrate tertentu. Kurva tersebut serupa dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Djerroud dkk. yang menyatakan bahwa semakin banyak jumlah blade pada struktur impeller maka semakin tinggi pula total head. Selain itu, pada kedua kurva tersebut dapat disimpulkan pula bahwa semakin tinggi nilai flowrate, total head dihasilkan relatif menurun. Kurva pompa *flowrate* vs daya output/hidrolis juga dapat dilihat pada **Gambar 8.** & **Gambar 9.**





**Gambar 8.** Grafik Flowrate-Daya Hidrolis pada Variasi Kecepatan Putar

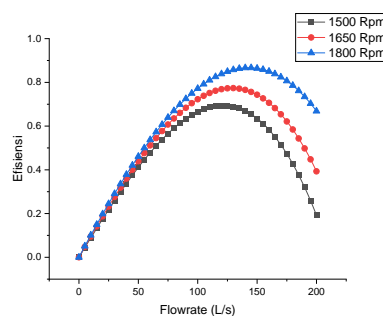


**Gambar 8.** Grafik Flowrate-Daya Hidrolis pada Variasi Jumlah Blade

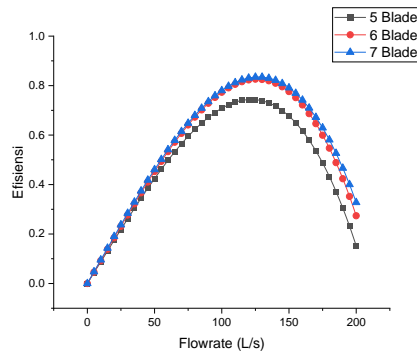
Pada kurva *flowrate*-daya hidrolis, dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai kecepatan putar dan jumlah blade maka semakin tinggi pula daya hidrolis yang dihasilkan pada kondisi *flowrate* tertentu. Kedua kurva tersebut masing-masing memiliki daya maksimum dimana daya semakin meningkat seiring dengan peningkatan *flowrate* hingga daya maksimum, dan daya akan turun seiring dengan peningkatan *flowrate* ketika melewati titik puncak daya maksimum.

Dari kedua grafik tersebut juga dapat disimpulkan bahwa kecepatan putar impeller lebih berpengaruh secara signifikan dibandingkan variasi jumlah blade dalam kurva pompa *flowrate*-daya hidrolis.

Sedangkan kurva pompa pada *flowrate*-efisiensi juga dapat dilihat pada gambar **Gambar 9** & **Gambar 10**. Pada kurva pompa *flowrate*-efisiensi memiliki pola dan bentuk yang serupa dengan kurva *flowrate*-daya hidrolis,.



**Gambar 9.** Grafik Flowrate-Efisiensi pada Variasi Kecepatan Putar



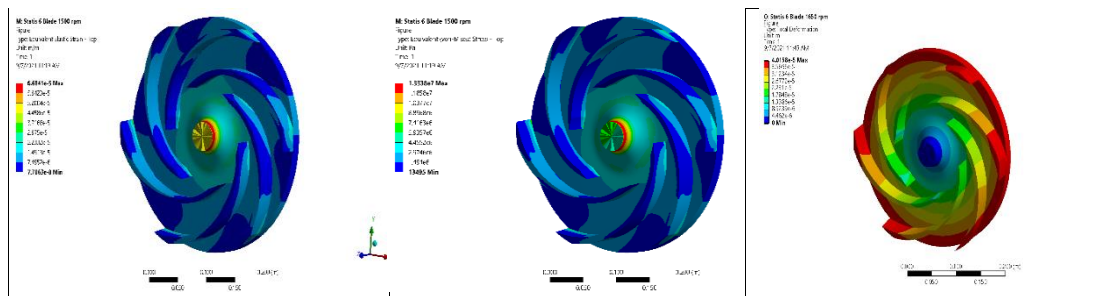
**Gambar 10.** Grafik Flowrate-Efisiensi pada Variasi Kecepatan Putar

Pada kedua kurva *flowrate*-efisiensi juga diperlihatkan bahwa efisiensi semakin meningkat seiring bertambahnya nilai *flowrate* hingga pada titik maksimum efisiensi, dan akan turun seiring bertambahnya nilai *flowrate* setelah melewati titik maksimum efisiensi.

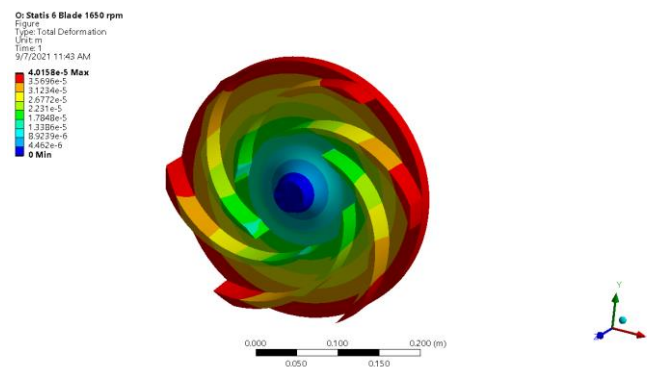
### 3.5 Distribusi tegangan, regangan, dan total deformasi

Berikut merupakan contoh distribusi tegangan, regangan dan total deformasi yang dihasilkan proses simulasi yang dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Distribusi tegangan, regangan, dan Total Deformasi



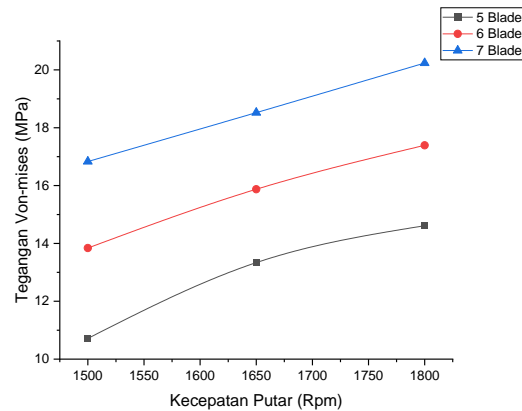
Dari ketiga tabel diatas, terlihat bahwa morfologi distribusi tegangan dan regangan yang dihasilkan dari proses *static structural analysis* relatif sama. Tetapi yang membedakan adalah nilai yang tercantum pada *contour* tersebut. Perbedaan ini diakibatkan oleh kondisi kerja yang dialami masing-masing impeller. Untuk melihat efek pengaruh tegangan dan regangan terhadap deformasi, dapat dilihat pada **Gambar 4.9** mengenai contoh *contour* deformasi pada impeller.



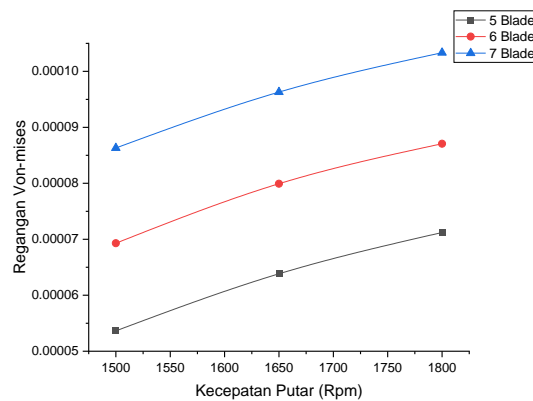
**Gambar 11.** *Contour* Total Deformasi Impeller

Dari *contour* total deformasi yang terlihat pada gambar 11, dapat dilihat bahwa total deformasi terkecil berada pada *shaft hub* impeller sedangkan deformasi terbesar berada pada lapisan terluar dari impeller. Hal ini dapat disebabkan karena pada pusat impeller memiliki kekakuan konstruksi silinder yang cukup tinggi sehingga pada semua beban deformasi yang terjadi relatif kecil [19]. Selain itu, morfologi distribusi total deformasi tersebut linear dengan distribusi tekanan dan kecepatan pada simulasi *computational fluid dynamic*, dimana tekanan dan kecepatan fluida terkecil pada pusat impeller yang semakin meningkat dari *leading edge* menuju ke *trailing edge* secara radial akibat pengaruh putaran impeller.

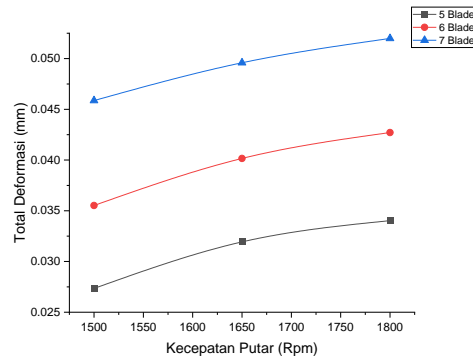
Untuk melihat pengaruh parameter kecepatan putar dan jumlah sudu terhadap parameter dapat dilihat pada gambar 12, gambar 13, dan gambar 14.



**Gambar 12.** Pengaruh Kecepatan Putar Impeler Terhadap Tegangan Maksimum

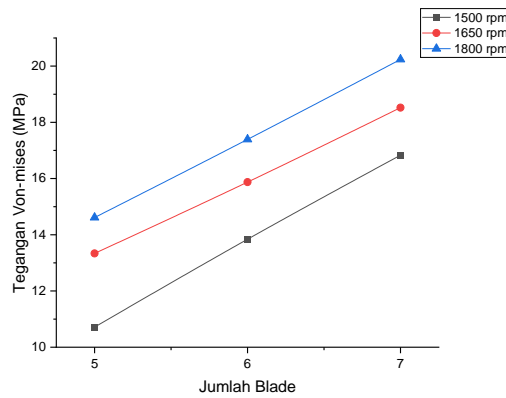


**Gambar 13.** Pengaruh Kecepatan Putar Impeler Terhadap Regangan Maksimum

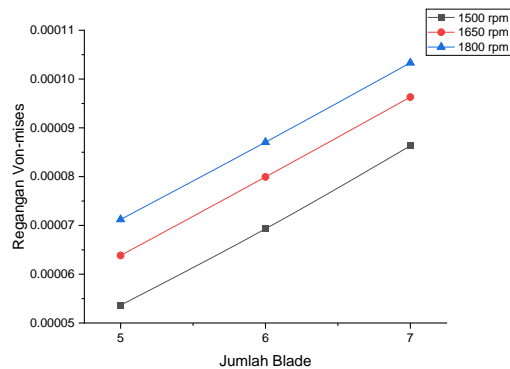


**Gambar 14.** Pengaruh Kecepatan Putar Impeler Terhadap Total Deformasi

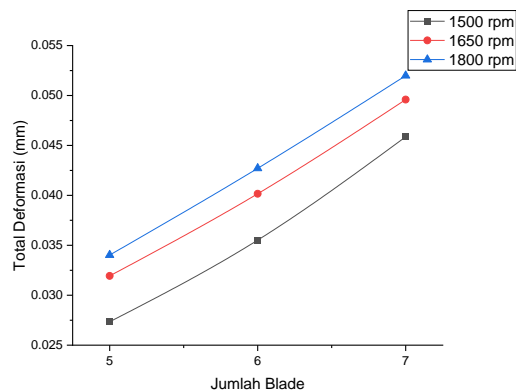
Dari ketiga grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar kecepatan putar impeler maka nilai tegangan von-mises, regangan von-mises, dan total deformasi juga semakin besar. Hal ini disebabkan oleh peningkatan kondisi kerja yang meningkatkan beban yang diterima struktur impeler dalam hal putaran maupun tekanan fluida [20].



**Gambar 13.** Pengaruh Jumlah Blade Impeler terhadap Tegangan Maksimum



**Gambar 14.** Pengaruh Jumlah Blade Impeler terhadap Regangan Maksimum



**Gambar 15.** Pengaruh Jumlah Blade Impeller terhadap Total Deformasi Maksimum

Pada ketiga gambar tersebut terlihat bahwa semakin banyak jumlah sudu maka tegangan, regangan, dan total deformasi maksimal juga meningkat. Hal tersebut tidak disebabkan hanya pada satu faktor desain struktur jumlah sudu, melainkan dipengaruhi juga oleh tekanan fluida yang dihasilkan oleh putaran impeller pada variasi jumlah sudu. Pada variasi jumlah blade, gradien peningkatan parameter tegangan, regangan, dan total deformasi relatif lebih tinggi dibandingkan peningkatan yang disebabkan oleh variasi kondisi kerja kecepatan putar impeller. Hal ini disebabkan oleh variabel jumlah blade sangat berpengaruh terhadap tekanan dan kecepatan fluida air pada saat beroperasi, sehingga tekanan dan kecepatan fluida yang tinggi memberikan beban yang relatif lebih tinggi pada struktur impeller.

#### 4. KESIMPULAN

Pada penelitian Analisis Performa & Struktur Impeller Pompa Sentrifugal Menggunakan *Numerical Computational* terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil antara lain :

1. Semakin besar kecepatan putar impeller pada variasi yang dilakukan maka total *head*, daya hidrolis, dan efisiensi yang dihasilkan pompa sentrifugal juga semakin besar. Selain itu, semakin banyak jumlah *blade* pada variasi (5, 6, & 7) pada struktur impeller maka total *head*, daya hidrolis, dan efisiensi yang dihasilkan juga semakin besar.
2. Pada kurva pompa Q-H tiap-tiap variasi, semakin tinggi nilai *flowrate* maka *total head* yang dihasilkan semakin kecil, pada kurva pompa Q-P dan kurva pompa Q-Eff nilai daya dan efisiensi semakin meningkat seiring bertambahnya nilai *flowrate*, dan akan turun seiring bertambahnya nilai *flowrate* setelah melewati titik maksimumnya.
3. Proses analisis struktur impeller menggunakan *static structural analysis* dan *fluid-structure interaction* dengan *software* ANSYS memberikan hasil bahwa semakin besar kecepatan putar dan semakin banyak jumlah blade pada struktur impeller akan menghasilkan nilai tegangan von-misses, regangan von-misses, dan total deformasi semakin besar pula.
4. Nilai tegangan von-misses maksimum yang dihasilkan adalah 20.238 Mpa, nilai regangan maksimal yang dihasilkan adalah sebesar 0.00010133, sedangkan nilai total deformasi maksimal yang dihasilkan adalah sebesar 0.051984 mm. Ketiga nilai maksimum tersebut terjadi pada variasi impeller 7 *blade* dengan kecepatan putar 1800 rpm.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] PRASETYO, ANGGA, and MOH BHANU SETYAWAN. "Purwarupa Internet of Things Sistem Kewaspadaan Banjir Dengan Kendali Raspberry Pi." *Network Engineering Research Operation* 3.3 (2018).
- [2] PAPAGEORGIU, DIMITRIS G., et al. "Fracture analysis of a cooling water pump shaft." *MATEC Web of Conferences*. Vol. 188. EDP Sciences, 2018.
- [3] SELAMAT, FARAH ELIDA, WAN HARIZ ISKANDAR WAN IZHAN, and BAKHTIAR SAFFUAN

- BAHARUDIN. "Design and Analysis of centrifugal pump impeller for performance enhancement." *Journal of Mechanical Engineering (JMEchE)* 1 (2018): 36-53.
- [4] AL-OBAIDI, AHMED RAMADHAN. "Investigation of effect of pump rotational speed on performance and detection of cavitation within a centrifugal pump using vibration analysis." *Heliyon* 5.6 (2019): e01910.
- [5] SUBBARAO, B., et al. "Investigation Into Flow Field of Centrifugal Pump Impeller." *International Journal of Engineering and Manufacturing Science* 7.2 (2017): 309-318.
- [6] SONG, YU, et al. "Influence of impeller staggered arrangement on radial force and pressure fluctuation for a double-suction centrifugal pump." *Advances in Mechanical Engineering* 10.6 (2018): 1687814018781467.
- [7] WANG, CHUAN, et al. "Numerical study on pressure fluctuation of a multistage centrifugal pump based on whole flow field." *AIP Advances* 9.3 (2019): 035118.
- [8] ZORE, KRISHNA, et al. "ANSYS CFD Study for High Lift Aircraft Configurations." 2018 Applied Aerodynamics Conference. 2018.
- [9] MUROVEC, JURE, et al. "Psychoacoustic approach for cavitation detection in centrifugal pumps." *Applied Acoustics* 165 (2020): 107323.
- [10] AMIT KUMAR, PROF, et al. "CFD analysis of centrifugal pump impeller having different exit blade width, exit diameter and trailing edge blade angle to enhance performance." (2017).
- [11] CABEZA, ROBERTO, et al. "Maintenance, reserve and compensation: the cognitive neuroscience of healthy ageing." *Nature Reviews Neuroscience* 19.11 (2018): 701-710.
- [12] GUO, CHANG, and MING GAO. "Investigation on the flow-induced noise propagation mechanism of centrifugal pump based on flow and sound fields synergy concept." *Physics of Fluids* 32.3 (2020): 035115.
- [13] HUNDSHAGEN, MARKUS, et al. "Numerical investigation of two-phase air-water flow in a centrifugal pump with closed or semi-open impeller." *Proceedings of the 13th European Turbomachinery Conference on Turbomachinery Fluid Dynamics and Thermodynamics*, Paper ID: ETC2019-011. 2019.
- [14] YOUSEFI, HOSSEIN, et al. "Numerical simulation for obtaining optimal impeller's blade parameters of a centrifugal pump for high-viscosity fluid pumping." *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 34 (2019): 16-26.
- [15] DJERROUD, MASSINISSA, GUYH DITUBA NGOMA, and WALID GHIE. "Numerical identification of key design parameters enhancing the centrifugal pump performance: impeller, impeller-volute, and impeller-diffuser." *International Scholarly Research Notices* 2011 (2011).
- [16] AL-OBAIDI, AHMED. *Experimental and numerical investigations on the cavitation phenomenon in a centrifugal pump*. Diss. University of Huddersfield, 2018.
- [17] CHAKRABORTY, SUJOY, K. M. PANDEY, and B. ROY. "Numerical analysis on effects of blade number variations on performance of centrifugal pumps with various rotational speeds." *International Journal of Current Engineering and Technology* 2.1 (2012): 143-152.
- [18] LI, XIAOJUN, et al. "Experimental and numerical investigations of head-flow curve instability of a single-stage centrifugal pump with volute casing." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy* 230.7 (2016): 633-647.
- [19] WANG, CHUAN, et al. "Numerical calculation and finite element calculation on impeller of stainless steel multistage centrifugal pump." *Journal of Vibroengineering* 16.4 (2014): 1723-1734.
- [20] TRAYA, SUJAL U., and HIREN J. RATHOD. "Design and Analysis of Centrifugal Pump Impeller for Optimizing Strength & Weight of Impeller." *International Journal of Progressive Research in Science and Engineering* 1.7 (2020): 7-15.