



## **ANALISIS OPTIMASI DESAIN SIMULASI CFD DAN FSI ANTARA IMPELLER CIRCULAR ARC DAN MODEL VARIASI**

**Elisa Sulistyorini<sup>1</sup>, Indah Nurpriyanti<sup>2</sup>, Ninik Martini<sup>3</sup>, M. Khoirul Anas<sup>4</sup>**  
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya,  
Indonesia  
email: [elisasulistyorini@untag-sby.ac.id](mailto:elisasulistyorini@untag-sby.ac.id)

### **ABSTRAK**

*Impeller* adalah sebuah komponen yang berbentuk roda atau baling-baling yang dipasang pada poros pusat dan berputar di dalam sebuah mesin pompa atau kipas. *impeller* biasanya terdiri dari beberapa sudu yang menempel pada bagian pinggirnya dan membentuk aliran fluida yang berputar. Penelitian ini membandingkan optimasi desain hasil simulasi CFD dan FSI antara *impeller Circular Arc* dan *impeller* model variasi. Simulasi menggunakan CFD meliputi tekanan dan distribusi kecepatan. Sedangkan simulasi menggunakan FSI meliputi tegangan, regangan dan deformasi. Berdasarkan hasil simulasi, perbandingan efisiensi *impeller* dengan metode *Circular Arc* dan model variasi dapat disimpulkan bahwa *impeller* metode *Circular Arc* lebih efisien dan dapat menghasilkan air yang lebih besar dari pada *impeller* variasi, namun dengan akibat bahwa nilai dari tegangan, regangan, dan deformasi yang terjadi pada *impeller Circular Arc* jauh lebih tinggi.

**Kata kunci:** *Impeller; Circular Arc; CFD; FSI*

### **ABSTRACT**

*The impeller is a component in the form of a wheel or vane which is mounted on a central shaft and rotates in a pump or fan engine. The impeller usually consists of several blades attached to the edges and forms a rotating fluid flow. This study compares design optimization of CFD and FSI simulation results between circular arc impellers and variation model impellers. Simulation using CFD includes pressure and velocity distribution. While the simulation using FSI includes stress, strain, and deformation. Based on the simulation results, a comparison of the impeller efficiency with the circular arc method and the variation model can be concluded that the circular arc impeller method is more efficient and can produce more water than the variation impeller, but with the result that the values of stress, strain, and deformation that occur in Circular Arc impeller is much higher.*

**Key Word:** *Impeller; Circular Arc; CFD; FSI*

### **PENDAHULUAN**

*Impeller* adalah sebuah komponen yang berbentuk roda atau baling-baling yang dipasang pada poros pusat dan berputar di dalam sebuah mesin pompa atau kipas. Fungsi utama

*impeller* adalah untuk mengalirkan atau menghisap fluida, seperti air atau udara, dan mengubah energi mekanik dari poros putar menjadi energi kinetik atau energi tekanan pada fluida.

*Impeller* biasanya terdiri dari beberapa sudu yang menempel pada bagian pinggirnya dan membentuk aliran fluida yang berputar. Ketika *impeller* berputar, fluida di sekitarnya akan dihisap dan terdorong keluar dari sudut sudu *impeller* yang berputar. Proses ini menciptakan perbedaan tekanan yang menyebabkan fluida bergerak dan dialirkan melalui saluran atau pipa.

Penggunaan *impeller* sangat umum dalam berbagai aplikasi, seperti dalam industri pengolahan air, sistem pendinginan, mesin pompa air, kipas pendingin komputer, dan banyak lagi. Desain *impeller* dapat bervariasi tergantung pada kebutuhan aplikasi dan sifat fluida yang akan dipompa atau dihisap. Dalam proses perancangan dan analisis mesin pompa atau kipas, penting untuk mempertimbangkan desain dan performa *impeller* agar memenuhi persyaratan dan efisiensi yang diinginkan.

Optimasi merujuk pada proses mencari solusi terbaik atau yang paling optimal di antara berbagai pilihan yang tersedia, dengan memaksimalkan atau meminimalkan satu atau beberapa kriteria yang ditetapkan. Tujuan utama dari optimasi adalah mencapai hasil yang terbaik, terutamadalam hal efisiensi, kinerja, keuntungan, atau pemenuhan tujuan tertentu.

Optimasi desain *impeller* adalah proses mencari konfigurasi dan bentuk *impeller* yang paling optimal untuk mencapai performa dan efisiensi tertinggi dalam mengalirkan atau menghisap fluida. Tujuan dari optimasi desain *impeller* adalah untuk meningkatkan kinerja *impeller* dengan cara mengubah geometri, sudut sudu, atau fitur lainnya untuk memaksimalkan aliran fluida, meningkatkan efisiensi, mengurangi kebisingan, atau memenuhi persyaratan khusus dari aplikasi tertentu.

Proses optimasi desain *impeller* melibatkan analisis matematis, simulasi numerik, dan teknik pemodelan untuk mengidentifikasi dan menguji berbagai konfigurasi desain *impeller*. Langkah-langkah umum dalam optimasi desain *impeller* termasuk:

1. Pemahaman Kebutuhan Aplikasi: Memahami persyaratan kinerja dan tujuan aplikasi *impeller* adalah langkah pertama dalam optimasi. Hal ini mencakup aliran yang diinginkan, tekanan, efisiensi, dan kebisingan yang diperbolehkan, serta karakteristik fluida yang akan dipompa atau dihisap.
2. Simulasi Komputasi Fluida (CFD): Menggunakan perangkat lunak simulasi CFD, aliran fluida di sekitar *impeller* dapat dimodelkan dan dianalisis. Dengan CFD, berbagai konfigurasi desain *impeller* dapat diuji dan dievaluasi untuk melihat bagaimana setiap perubahan mempengaruhi performa *impeller*.
3. Optimasi Geometri *impeller*: Selama simulasi CFD, variasikan bentuk geometri, sudut sudu, jumlah sudu, dan fitur lainnya pada *impeller* untuk mencari kombinasi yang memberikan performa hidrolis dan efisiensi terbaik.
4. Analisis Kekuatan Struktural: Selain performa hidrolis, pastikan untuk menganalisis kekuatan struktural *impeller*. Pastikan bahwa desain *impeller* tetap kuat dan aman saat berputar dengan kecepatan tinggi.
5. Evaluasi Hasil: Lakukan evaluasi terhadap hasil simulasi dan identifikasi desain *impeller* yang memberikan performa dan efisiensi yang optimal sesuai dengan kriteria yang ditetapkan.
6. Pembuatan Prototipe dan Uji Coba: Setelah desain dianggap memadai berdasarkan simulasi CFD, buat prototipe *impeller* dan uji di lingkungan yang sesuai dengan kondisi operasional yang diinginkan. Uji kinerja *impeller* dan pastikan hasilnya sesuai dengan prediksi dari simulasi CFD.
7. Iterasi dan Perbaikan: Jika hasil uji coba tidak memenuhi kriteria yang ditetapkan, lakukan iterasi kembali ke langkah-langkah sebelumnya untuk meningkatkan desain. Lakukan evaluasi dan perbaikan berulang hingga desain mencapai performa yang optimal.

Optimasi desain *impeller* dapat dilakukan dengan simulasi CFD dan FSI. CFD merupakan singkatan dari "Computational Fluid Dynamics" atau dalam bahasa Indonesia dikenal sebagai "Dinamika Fluida Komputasional." CFD adalah cabang ilmu yang menggunakan metode numerik dan komputasi untuk menganalisis dan memodelkan perilaku aliran fluida secara virtual di sekitar benda atau dalam sistem tertentu.

Dalam CFD, persamaan dasar yang menggambarkan aliran fluida, yaitu persamaan konservasi massa, momentum, dan energi, dipecahkan menggunakan metode numerik untuk memprediksi aliran fluida di sekitar suatu objek atau dalam suatu domain tertentu. CFD digunakan untuk memahami dan mengoptimalkan berbagai fenomena yang terkait dengan aliran fluida, termasuk tekanan, kecepatan, distribusi suhu, turbulensi, dan gaya yang dihasilkan oleh fluida pada benda.

Simulasi FSI adalah singkatan dari "Fluid-Structure Interaction" atau dalam bahasa Indonesia dikenal sebagai "Interaksi Fluida-Struktur." Simulasi FSI adalah metode yang digunakan untuk memodelkan dan menganalisis interaksi antara aliran fluida dan struktur yang terkena aliran tersebut.

Dalam simulasi FSI, bagian dari sistem dianggap sebagai fluida, sementara bagian lainnya dianggap sebagai struktur yang berinteraksi dengan fluida. Ketika aliran fluida bergerak di sekitar struktur, tekanan dan gaya dari fluida akan mempengaruhi gerakan atau deformasi struktur, dan sebaliknya, deformasi atau gerakan struktur juga akan mempengaruhi aliran fluida di sekitarnya.

Pilihan desain *impeller* sangat tergantung pada karakteristik aplikasi dan sifat fluida yang akan dipompa atau dihisap. Desain *impeller* Circular Arc dapat menjadi pilihan yang baik untuk aplikasi dengan kecepatan putaran tinggi, aliran tinggi, dan beban sentrifugal yang harus dikelola dengan baik. *Impeller* Circular Arc (Ark Pelampung) adalah jenis desain *impeller* yang bentuk sudu-sudunya menyerupai sejumlah arc lingkaran (busur) yang berputar mengelilingi poros pusatnya. *Impeller* dengan desain seperti ini sering digunakan dalam beberapa aplikasi, terutama di industri turbin angin atau turbin hidro yang menggunakan air sebagai fluida kerjanya.

Beberapa karakteristik dari *impeller* Circular Arc termasuk:

1. Efisiensi Tinggi: Desain sudu busur dari *impeller* ini dapat memberikan efisiensi hidrolis yang tinggi dalam mengkonversi energi kinetik menjadi energi tekanan pada fluida yang dihisap atau dipompa.
2. Beban Sentrifugal Rendah: Sudu-sudu busur memungkinkan beban sentrifugal yang lebih merata dan rendah pada sudut-sudut *impeller*, yang dapat mengurangi beban pada bantalan dan meningkatkan keandalan *impeller*.
3. Kemampuan Mengatasi Kavitas: *Impeller* Circular Arc diketahui memiliki kemampuan yang baik dalam mengatasi fenomena kavitas, yaitu pembentukan gelembung-gelembung udara di sekitar sudu-sudu *impeller* akibat tekanan yang rendah. Kavitas dapat menyebabkan penurunan performa dan kerusakan pada *impeller*, dan desain Circular Arc membantu mengurangi risiko kavitas.
4. Stabilitas Rotasi: Desain Circular Arc dapat memberikan stabilitas rotasi yang baik pada *impeller*, yang meminimalkan getaran yang berlebihan dan potensi kerusakan akibat keausan. Namun, desain *impeller* ini mungkin tidak selalu cocok untuk semua aplikasi, dan optimasi desain harus mempertimbangkan persyaratan khusus dari masing-masing aplikasi yang dihadapi.

Pada penelitian ini, penulis membandingkan optimasi desain antara *impeller* model *Circular Arc* dan *impeller* model variasi yang penulis desain sendiri. Optimasi dilakukan menggunakan pendekatan CFD dan FSI. Simulasi menggunakan CFD meliputi tekanan dan distribusi kecepatan. Sedangkan simulasi menggunakan FSI meliputi tegangan, regangan dan deformasi.

## PROSEDUR EKSPERIMEN

Prosedur penelitian ini adalah sebagai berikut:

### 1. Perhitungan Desain Impeller

Perhitungan desain impeller dilakukan untuk menentukan dimensi utama dari impeller. Dimensi utama impeller antara lain: diameter poros, diameter leher, diameter mata, diameter sisi masuk, sudut masuk, lebar Haluan sisi masuk, diameter sisi keluar, sudut keluar dan jumlah sudu. Dimensi utama yang diperoleh dari hasil perhitungan selanjutnya akan digunakan sebagai acuan dalam penggambaran model impeller. Berikut adalah dimensi utama impeller.

Tabel 1. Dimensi utama impeller

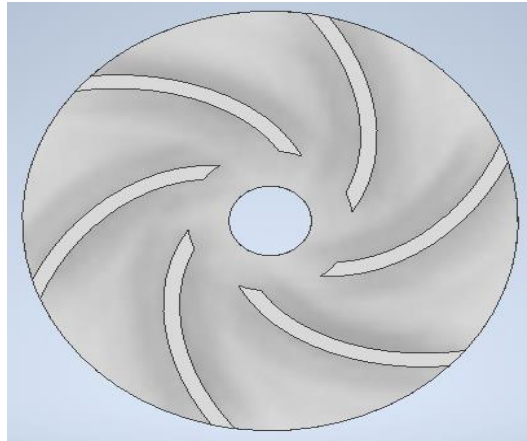
Diameter poros <i>impeller</i>	20 mm
Diameter mata <i>impeller</i>	30 mm
Jumlah sudu	6
Diameter <i>impeller</i>	120 mm

### 2. Perancangan Model Impeller

Model impeller digambarkan melalui software, yang sebelumnya didapat dari data-data hasil perhitungan impeller yang berupa dimensi utama impeller. Dalam penggambaran dimulai dengan menggambar hub dari impeller, selanjutnya dilakukan pelukisan sudu dengan menggunakan metode circular arc dengan membagi impeller menjadi lingkaran-lingkaran konsentris. Berikut adalah data jari-jari lingkaran impeller model circular arc dan model variasi.

Tabel 2. Data jari-jari lingkaran impeller model circular arc

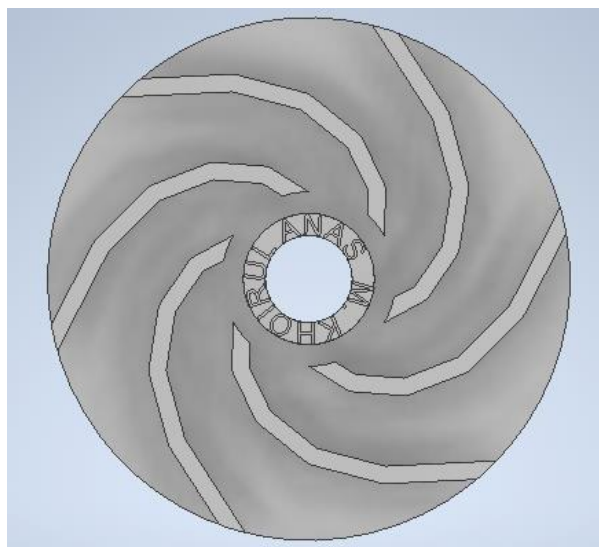
Titik	$\beta$ [°]	R [mm]	$\cos(\beta)$	$\rho$
1	49.5	20	0.649448048	-
2	47.9225	30	0.670135194	35.13657
3	46.345	40	0.690314381	46.61372
4	44.7675	50	0.709970313	57.06358
5	43.19	60	0.729088092	66.69278



Gambar 1. Desain impeller model circular arc

Tabel 3. Data jari-jari lingkaran impeller model variasi

Titik	$\beta$ [°]	R [mm]	$\cos(\beta)$	$\rho$
1	31,8	20	0,8849892693	31,8
2	5,8	27,5	0,99488070	5,8
3	23	35	0,9205048	23
4	45,3	42,5	0,703394	45,3
5	62,7	50	0,45864955	62,7



Gambar 2. Desain impeller model variasi

### 3. Pengambilan Data

Di dalam pengambilan data kita mengidentifikasi jenis pompa apa yang dipakai dengan spesifikasinya, daya, rpm, head dan suction yang dimiliki pompa sentrifugal dan menganalisa secara software.

### 4. Analisis software

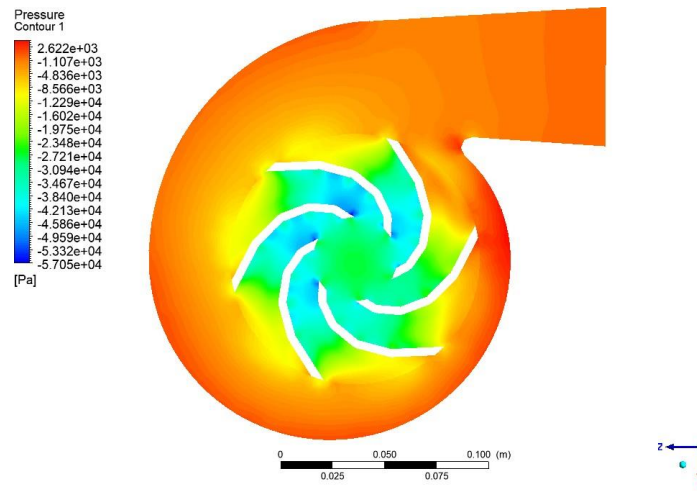
Data-data yang didapat dari identifikasi jenis pompa dijadikan data inputan dalam analisis software dengan menggunakan CFD dan FSI.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

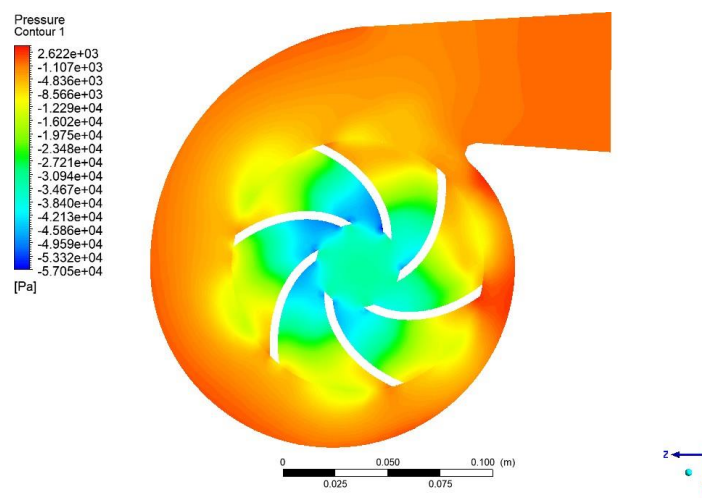
### 1. Hasil Simulasi CFD

#### a) Tekanan

Hasil simulasi CFD pertama yang diamati dari kedua model tersebut adalah berupa Tekanan distribution. Distribusi tekanan dari kedua model tersebut dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3. Kontur tekanan pada impeller model variasi

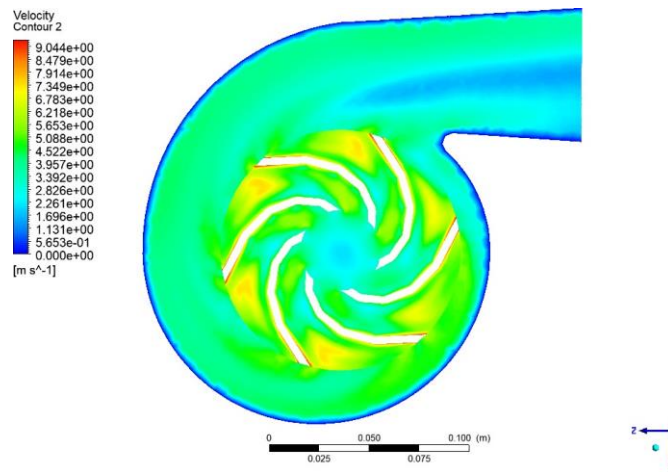


Gambar 4. Kontur tekanan pada model Impeller *Circular Arc*

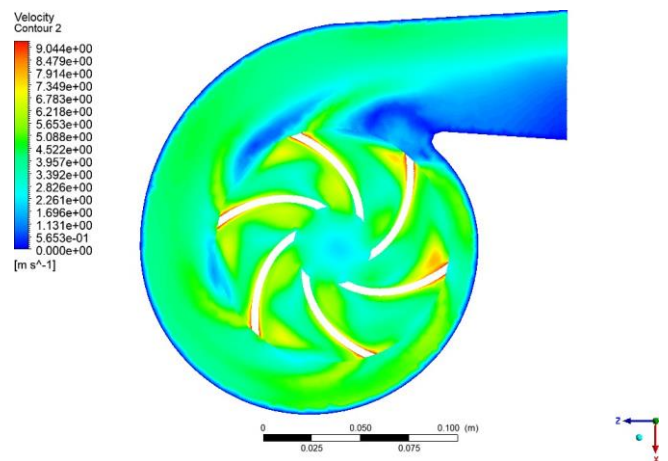
Berdasarkan Contour di atas, pada model Impeller *Circular Arc* terlihat bahwa tekanan air meningkat secara bertahap jika dibandingkan dengan model pertama. Selanjutnya

#### b) Distribusi Kecepatan

Yang diamati nilai perbedaan distribusi kecepatan dari kedua model impeller yang ada dan dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 5. Kontur kecepatan pada impeller Variasi

Gambar 6. kontur kecepatan pada impeller *Circular Arc*

Berdasarkan kontur di atas, kecepatan air pada model pertama (model variasi) Ketika akan meninggalkan pompa menuju outlet masih cenderung tinggi jika dibandingkan dengan model impeller dari *Circular Arc*. Hal tersebut menyebabkan tekanan air yang dihasilkan dari pompa dengan model impeller variasi masih cukup rendah jika dibandingkan dengan pompa dengan impeller model kedua.

Selanjutnya juga dapat dilihat perbedaan tekanan antara sisi inlet dan sisi outlet dari kedua model impeller. Perbedaan nilai tersebut dapat dilihat pada tabel 3 berikut :

Tabel 3. Perbedaan nilai tekanan inlet dan outlet

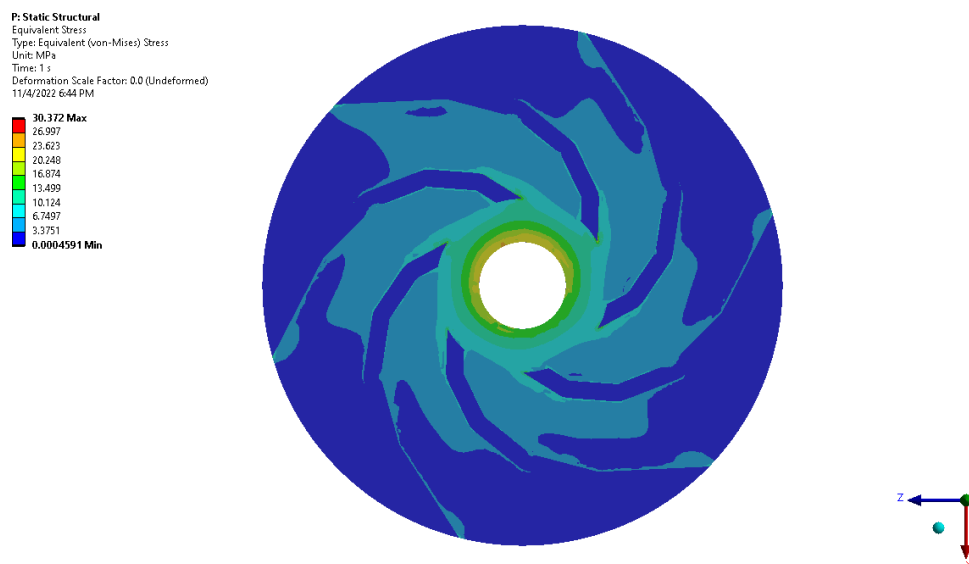
Impeller	Pin	Pout	$\Delta P = P_{out} - P_{in}$
Variasi	-25033	3137	28169
Circular Arc	-298230	37257	33555

Berdasarkan tabel di atas, model impeller yang Digambar menggunakan *Circular Arc* menghasilkan tekanan outlet yang lebih tinggi dan tekanan inlet yang lebih rendah. Hal tersebut juga mengakibatkan kenaikan tekanan yang dihasilkan juga lebih baik daripada model impeller variasi.

## 2. Hasil Simulasi FSI

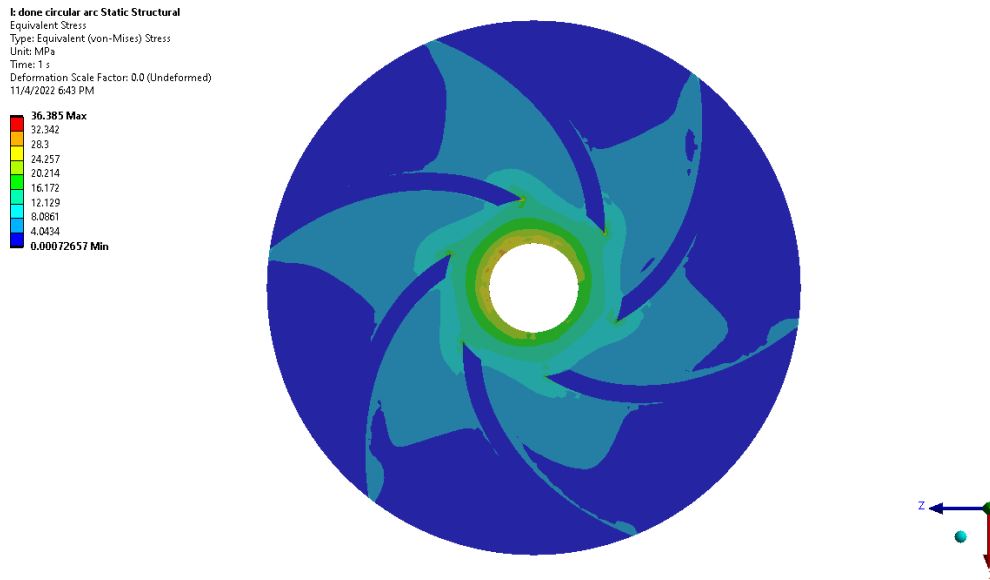
### a) Tegangan

Hasil simulasi FSI pertama yang diamati dari kedua model tersebut adalah bagaimana Stress yang dialami kedua impeller. Distribusi tegangan von-mises dari kedua model impeller dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 7. Tegangan von-mises pada Impeller Variasi

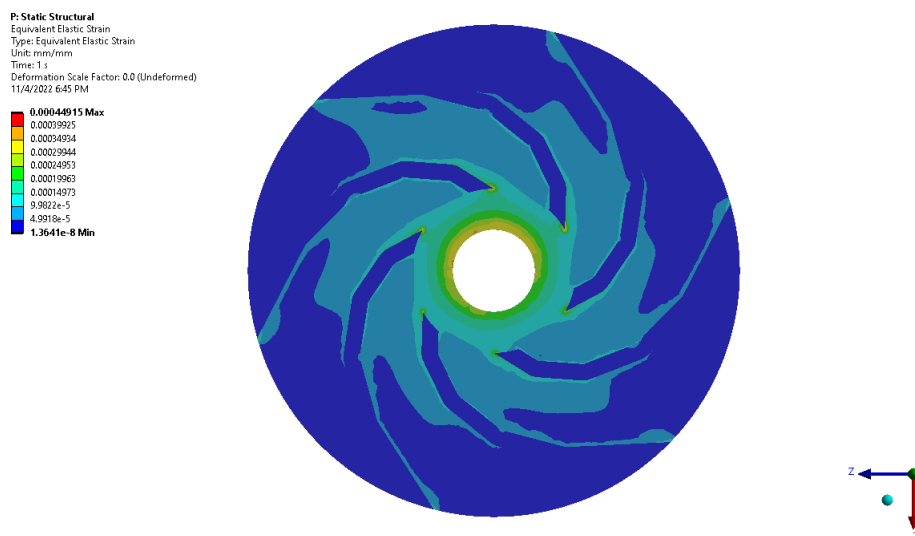




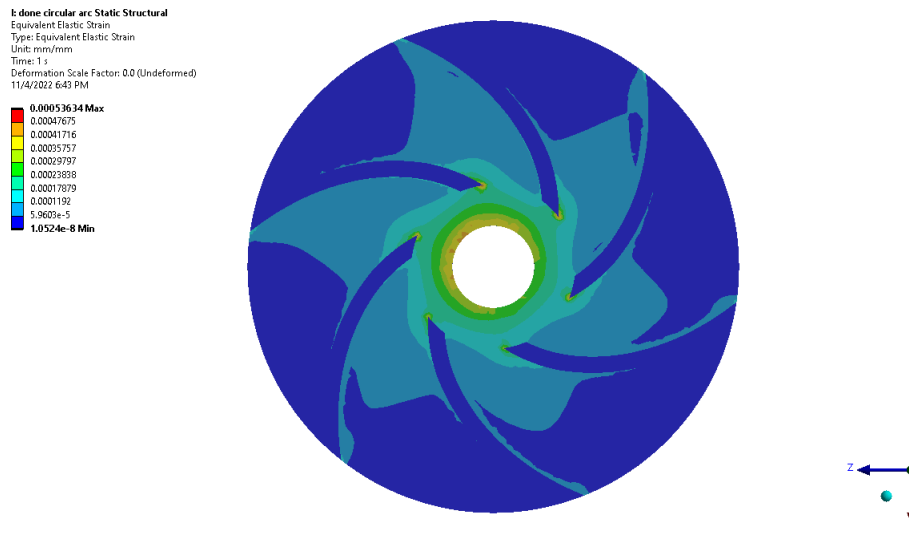
Gambar 8. Tegangan Von-mises pada impeller *Circular Arc*

Berdasarkan kontur diatas, tekanan yang dialami oleh impeller dengan penggambaran *Circular Arc* lebih tinggi dibandingkan dengan model variasi ( $\sigma_{\text{von-Mises max}}$  model variasi = 30,079 MPa dan  $\sigma_{\text{von-Mises max}}$  model *Circular Arc* = 36,395 MPa). Hal tersebut dapat terjadi karena peningkatan tekanan air pada model impeller *Circular Arc* lebih tinggi dibandingkan dengan model impeller variasi berdasarkan hasil simulasi CFD sebelumnya. selanjutnya, bagian yang mayoritas mengalami tekanan adalah pada bagian tengah impeller dekat dengan Suction side yang disebabkan karena terjadinya peningkatan tekanan air Ketika keluar dari impeller.

b) Regangan



Gambar 9. Strain pada model impeller Variasi

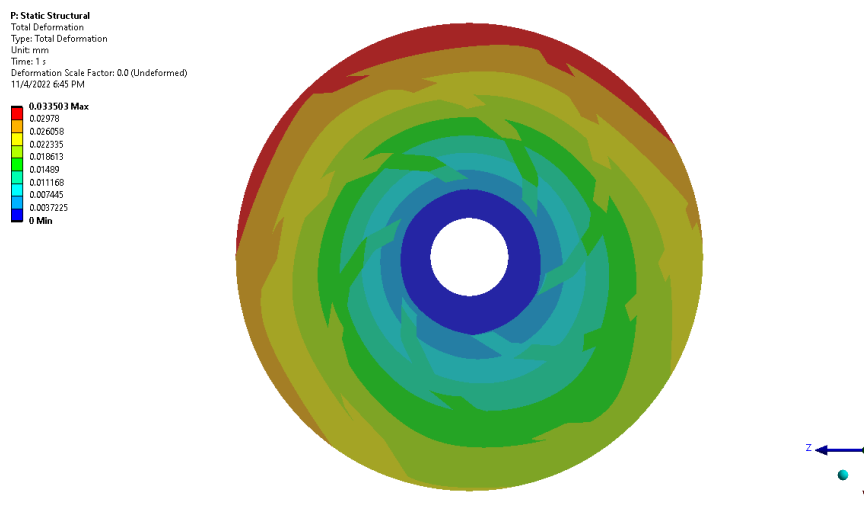


Gambar 10. strain pada impeller *Circular Arc*

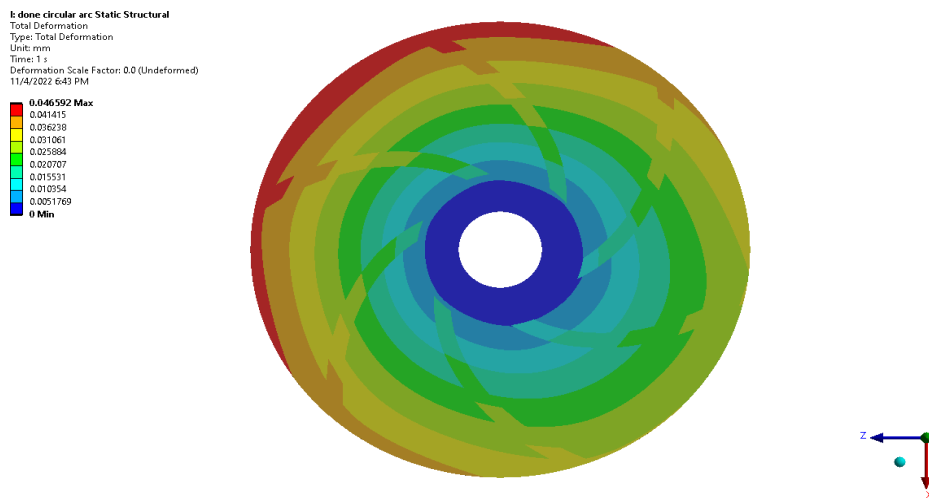
Sama halnya dengan kontur tegangan (von-mises stress) sebelumnya, regangan (strain) yang dialami oleh impeller dengan model *Circular Arc* lebih tinggi dari impeller variasi.

c) Deformasi

Selanjutnya juga dapat diamati deformasi yang terjadi akibat dari tekanan air yang dialami oleh kedua impeller yang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 10. Deformasi yang pada impeller variasi



Gambar 11. Deformasi yang pada impeller *Circular Arc*

Berdasarkan kontur diatas, dapat dilihat bahwa deformasi yang dialami oleh impeller pada *Circular Arc* lebih tinggi dibandingkan dengan model yang pertama ( $\delta_{\max}$  model variasi = 0,011779 mm dan  $\delta_{\max}$  model circular arc = 0,036154 mm) dan terjadi pada pinggir luar impeller. Hal ini dapat terjadi karena tekanan air yang keluar dari impeller pada model penggambaran *Circular Arc* lebih tinggi dari model impeller variasi, selain itu terjadi peningkatan tekanan air sepanjang volute yang menyebabkan bagian pinggir impeller mengalami deformasi yang besar. Dari kontur tersebut juga dapat diamati bahwa pada pompa dengan model impeller variasi terjadi penurunan tekanan air Ketika akan keluar melewati outlet yang ditandai dengan terjadinya penurunan deformasi yang dialami impeller variasi pada bagian atas impeller pada kontur (area dekat dengan sisi outlet). Sedangkan pada model impeller *Circular Arc*, deformasi mengalami kenaikan pada bagian atas impeller pada kontur (area dekat dengan outlet). Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan tekanan air pada pompa dengan menggunakan model impeller *Circular Arc* lebih optimal.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil simulasi, perbandingan efisiensi impeller dengan metode *Circular Arc* dan model variasi dapat disimpulkan bahwa impeller metode *Circular Arc* lebih efisien dan dapat menghasilkan air yang lebih besar dari pada impeller variasi, namun dengan akibat bahwa nilai dari tegangan, regangan, dan deformasi yang terjadi pada impeller *Circular Arc* jauh lebih tinggi.

## REFERENSI

- [1] Iskandar, Y., Nazaruddin, N., & Arif, Z. (2021). Pengaruh Jumlah Sudu Impeller Terhadap Debit Air Yang Dihasilkan Pompa Centrifugal. *Journal of Mechanical Engineering Manufactures Materials and Energy*, 5(1), 78–90. <https://doi.org/10.31289/jmemme.v5i1.4472>
- [2] Wang, S. G., Guo, Z. J., and Li, D. R., 2003, *Shadow Compensation of Color Aerial Images*, Geomatics and Information Science of Wuhuan University (Chinese), Vol. 28, No. 5, 514-516.
- [3] Musyafa, A. A., & Siregar, I. H. (2020). Pengaruh Jumlah Sudu Sentrifugal Impeller Terhadap Kapasitas Dan Efisiensi Pompa Sentrifugal. *Teknik Mesin*,

- 
- Universitas Negeri Surabaya, 03, 136–144. Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya, 03, 136–144
- [4] Pendidikan, S., Mesin, T., Teknik, F., Surabaya, U. N., Mesin, J. T., Teknik, F., & Surabaya, U. N. (1800). POMPA SENTRIFUGAL Dimas Alief Pratama Indra Herlamba Siregar. 83–88.
- [5] Putra, L. A. (2017). Analisa Kerusakan Pompa Sentrifugal P-011C Di Pt. Sulfindo Adiusaha Dengan Menggunakan Transducer Getaran Accelerometer. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(3), 9. <https://doi.org/10.22441/jtm.v5i3.1211>
- [6] Rahman, A., Zakinura, M., Mesin, T., Negeri, P., & Performance, L. (n.d.). Analisa low performance pompa sentrifugal single stage double suction radially split tipe bb.2 (pp. 496–501).
- [7] Rangatama, G., & Pranoto, H. (2020). Analisis perancangan pompa sentrifugal pada perancangan Shower Tester Booth di PT X. *Jurnal Teknik Mesin*, 09(2), 88–95.
- [8] S Muttalli, R., Agrawal, S., & Warudkar, H. (2014). CFD Simulation of Centrifugal Pump Impeller Using ANSYS-CFX. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 03(08), 15553–15561. <https://doi.org/10.15680/ijirset.2014.0308066>
- [9] Suhadi, A., Studi, P., Teknik, M., & Pancasila, U. (n.d.). PENGEMBANGAN PROSES PEMBUATAN IMPELLER. 8(3), 115–119.
- [10] Teknik, J., Perkapalan, S., & Kelautan, F. T. (2015). Optimasi Desain Impeller Pompa Sentrifugal Menggunakan Pendekatan CFD. 4(2), 6– 11.