

## DESAIN OPTIMASI SUDU KIPAS SENTRIFUGAL

Ali Medi <sup>1)</sup>, Samsul Rizal <sup>2)</sup>

<sup>1) 2)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya  
Jl. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang-30139

### Abstrak

Artikel ini membahas tentang cara optimasi desain kipas sentrifugal menggunakan analisis elemen hingga dengan menggunakan *Autodesk Inventor 2013*. Dalam analisis kipas sentrifugal yang digunakan analisis siklus simetri. Ada dua bahan yang digunakan dalam optimasi desain yaitu; baja ringan dan baja. kekuatan tinggi paduan rendah Harapan desain di bawah 0,5 mm perpindahan dan di atas faktor 1,5 keselamatan. Hasil analisis didapat desain yang baik adalah baja kekuatan tinggi paduan rendah (*high strength low alloy steel*) dengan ketebalan 4 mm dan 5 mm.

**Kata Kunci :** sudu, optimasi, baja

### 1. PENDAHULUAN

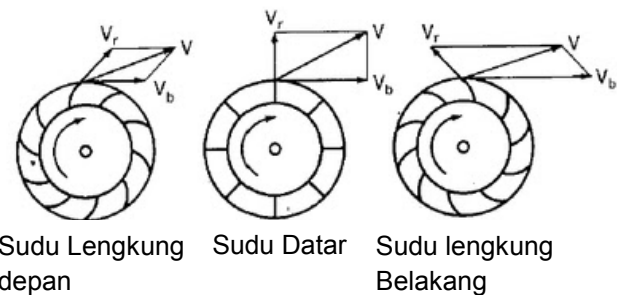
Kipas sentrifugal banyak digunakan dalam berbagai bidang teknik, seperti pada sektor industri, pembangkit listrik, farmasi, kimia dan masih banyak lagi. Kipas sentrifugal digunakan sebagai alat untuk mendinginkan suhu ruangan [1].

Desain kipas sentrifugal biasanya diberikan ketika kondisi : laju aliran volume aliran, tekanan total, media kerja dan densitas (atau suhu medium kerja), dan kadang-kadang ada persyaratan struktural dan persyaratan khusus .

Persyaratan desain dari kipas sentrifugal besar adalah untuk memenuhi kondisi aliran dan tekanan yang dibutuhkan pada titik tertinggi efisiensi, nilai efisiensi maksimum seperti beberapa dari kurva efisiensi datar; kurva tekanan untuk berbagai stabilitas; kipas struktur sederhana, baik itu teknologi, pilihan yang nyaman bahan dan aksesoris; memiliki kekuatan yang cukup, kekakuan, aman dan terpercaya; bekerja dengan stabil, kebisingan rendah, kinerja disesuaikan, adaptasi kerja, ukuran fan sekecil mungkin, ringan, operasi dan pemeliharaan, mudah dalam bongkar pasang.

Beberapa industri yang memproduksi kipas sentrifugal memikirkan faktor-faktor ini, seperti Halifax fan Ltd, Industri Barron dan perusahaan Atex S Ltd. yang membuat desain kipas sentrifugal. Pada kipas sentrifugal memiliki lima bentuk sudu dasar, dan sejumlah konfigurasi sudu seperti DWDI (*Double Width Double Inlet*) atau SWSI (*Single Width Single Inlet*) . Desain sudu akan tergantung pada aerodinamis dan kondisi operasi.

Jenis desain sudu kipas sentrifugal



Gambar 1. Jenis sentrifugal Sudu

#### a . Sudu melengkung ke belakang

Sebuah desain yang sangat efisien impeller . Kekuatan yang melekat itu berarti bahwa selain penanganan udara, dapat digunakan dengan gas yang mengandung jumlah moderat partikel erosi dan pada suhu tinggi. Hal ini dapat membawa liners dan permukaan keras, jika diperlukan.

#### b . Sudu datar

Sebuah bentuk yang efisien dan kuat, desain ini adalah alternatif yang hemat biaya untuk desain melengkung ke belakang tetapi dengan sudu pelat datar bukannya melengkung. Hal ini menghasilkan efisiensi sedikit lebih rendah , dikompensasi oleh pemasangan lebih mudah liners.

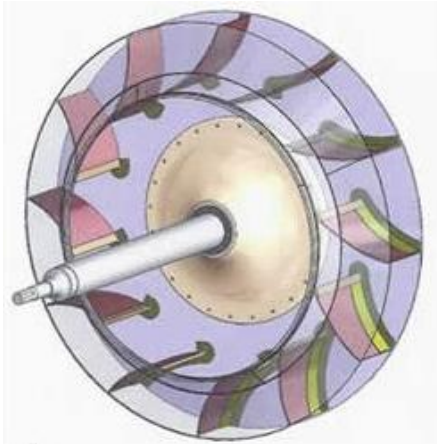
#### c . Sudu melengkung ke depan

Juga disebut radial tip sudu , desain ini mengurangi potensi debu build -up di bawah sudu dalam aplikasi dengan jumlah moderat debu gas - ditanggung .

#### d. Sudu aerofoil

Sudu bersudu aerofoil yang paling sering digunakan dalam aplikasi penanganan volume besar pada tekanan rendah. Desain yang sangat efisien ini fan

digunakan di udara bersih atau dengan gas yang mengandung sejumlah kecil partikel erosi.  
 . Sudu radial



Gambar 2. Sudu Radial

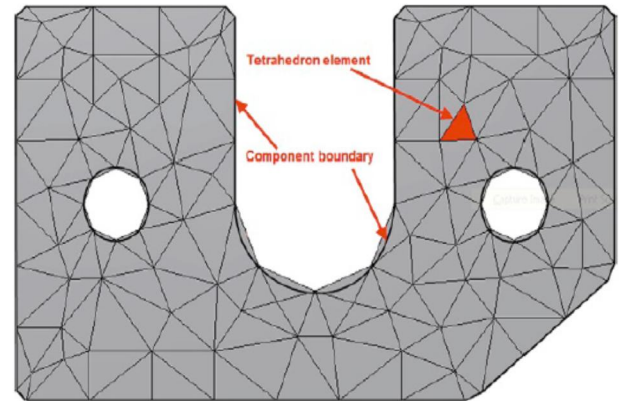
Membentuk rotor pada dasarnya adalah roda dayung besar, ini hasil desain dalam fan relatif tidak efisien dengan konsumsi daya yang lebih tinggi daripada yang menggunakan jauh lebih umum sudu cenderung mundur. Its kekuatan mekanik yang melekat dan ketahanan untuk memakai berarti itu umumnya digunakan ketika jumlah tinggi debu abrasif yang hadir dalam aliran gas, atau ketika suhu gas yang sangat tinggi diharapkan.

### Analisis stress

Pemodelan Finite Element sebagian panduan seni dengan memvisualisasikan interaksi fisik yang terjadi dalam tubuh. Satu tampaknya mendapatkan teknik pemodelan yang baik melalui pengalaman dan dengan bekerja dengan orang-orang yang berpengalaman.

Dalam pemodelan, pengguna pertama kali dihadapkan dengan tugas kadang-kadang sulit untuk memahami perilaku fisik yang terjadi dan memahami perilaku fisik dari berbagai elemen yang tersedia untuk digunakan.

Metode elemen hingga (FEM) adalah teknik numerik matematis / berbasis komputer untuk menghitung kekuatan dan perilaku struktur teknik. Autodesk Inventor dan masih banyak software analisis lainnya didasarkan pada FEM, di mana, sederhana, komponen dipecah menjadi banyak elemen kecil, seperti yang ditunjukkan di bawah ini [2].



Gambar 3. Diskritisasi komponen menjadi beberapa tetrahedron elemen hingga

Teknik numerik ini ditunjukkan sebagai kerangka ideal untuk pemahaman fisik kompleksitas, tiga dimensi dari struktur di daerah interaksi kipas sentrifugal. Selain itu, kontributor berbeda dengan pasukan goyah pada sudu juga dibahas, memberikan pemahaman yang berharga untuk mengidentifikasi asal-usul fenomena interaksi untuk kedua diagnosis dan kriteria desain ulang geometri sudu.

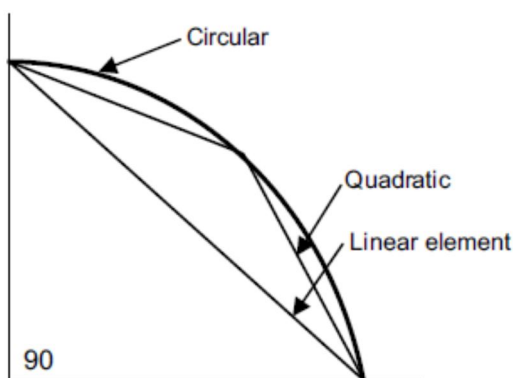
Sebuah pra - prosesor kompatibel (digunakan untuk mengembangkan kedua geometri dan mesh). The diskritisasi geometri dilakukan menjaga rasio optimal antara waktu perhitungan dan urutan akurasi simulasi untuk struktur aliran. Analisis sensitivitas elemen (grid), terutama difokuskan di wilayah dekat sudu, dilakukan selama tes awal. Hal ini dianjurkan tentang perbaikan diikuti dan pertimbangan awal untuk pilihan yang efisien dari skema numerik dan juga pengadopsian untuk menghasilkan meshing efisien dan menghindari unsur-unsur yang sangat miring, mesh terstruktur dikerjakan di seluruh domain, yang mengarah ke domain diskritisasi penuh dengan sekitar satu juta sel prismatic, dalam berbagai simulasi numerik saat ditemukan dalam literatur untuk jenis kipas [3].

Untuk itu diasumsikan bahwa perlu ditentukan perpindahan komponen. Perpindahan ini (kuantitas yang tidak diketahui) bertindak atas setiap elemen dengan cara yang telah ditentukan dengan jumlah dan jenis elemen dipilih sehingga distribusi secara keseluruhan melalui komponen tersebut cukup didekati. Distribusi ini di setiap elemen umumnya disajikan oleh polinomial apakah itu linear, kuadrat, atau bahkan kubik. Penting untuk dicatat bahwa FEM adalah perkiraan komponen yang sebenarnya dan sifatnya akan memiliki kesalahan karena diskritisasi terutama di sekitar batas melengkung (seperti yang ditunjukkan di atas) atau komponen geometris kompleks.

Kesalahan ini karena diskritisasi dapat dikurangi dengan menentukan lebih banyak unsur atau menggunakan polinomial orde tinggi untuk mendekati distribusi kuantitas yang tidak diketahui atas elemen - juga disebut fungsi interpolasi sebagai polinomial. Software elemen hingga menggunakan metode lama, khususnya dikenal sebagai proses H -perbaikan, di mana perangkat lunak berjalan melalui proses berulang-ulang untuk mengurangi jumlah elemen pada setiap iterasi sampai hasil telah berkumpul. Metode terakhir menggunakan polinomial orde tinggi, disebut proses P -perbaikan, di mana perangkat lunak meningkatkan urutan polinomial pada setiap iterasi mulai dari 1 (linear) ke 2 (kuadrat), 3 (circular), dan sebagainya.

### Aspek Rasio dan Bentuk Elemen

Aspek rasio didefinisikan sebagai rasio dimensi terpanjang dengan dimensi terpendek elemen segiempat. Diagram berikut menggambarkan bahwa salah satu elemen kuadrat sekitar melingkar objek/komponen 90 ° lebih baik dari dua elemen linear, sebagai elemen kuadrat mencoba untuk mencocokkan 90 ° busur lebih dekat dan juga dapat mempengaruhi keakuratan hasilnya .



Gambar 4. Jenis Element

### Penggunaan Simmetris

Penggunaan yang tepat dari simetri akan sering mempercepat pemodelan masalah. Penggunaan simetri memungkinkan kita mempertimbangkan masalah berkurang bukan masalah yang sebenarnya . Dengan demikian kita dapat menggunakan subdivisi halus elemen dengan tenaga kerja dan komputer biaya kurang. Dalam tugas akhir ini analisis fan sentrifugal kita akan terbagi dalam dua belas bagian dan panggilan sebagai simetri siklik (*circle symmetric*) di *Autodesk Inventor*. Jadi itu akan menjadi analisis hanya satu dua belas bagian dari kipas sentrifugal [4] .

### Analisis Statis

Dalam analisis ini perangkat lunak Autodesk Inventor akan digunakan untuk menyelesaikan analisis FEM. Analisis statis adalah disiplin teknik yang menentukan stres dalam bahan dan struktur terhadap kekuatan statis atau dinamis atau beban . Tujuan dari analisis biasanya untuk menentukan apakah unsur atau kumpulan elemen-elemen , biasanya disebut sebagai struktur atau komponen , dengan aman dapat menahan kekuatan tertentu dan beban . Hal ini dicapai ketika stres ditentukan dari gaya yang diberikan (s) kurang dari kekuatan luluh material diketahui mampu menahan . Hubungan tegangan ini sering disebut sebagai faktor keamanan ( FOS ) dan digunakan dalam banyak analisis sebagai indikator keberhasilan atau kegagalan dalam analisis.

$$\begin{aligned} \text{MFOS} &= (\text{Yield Stres})/(\text{Hitung Stres}) \\ &= (\text{Ultimate Stres})/(\text{Dihitung Stres}) \end{aligned}$$

Faktor keamanan dapat didasarkan pada hasil baik atau membatasi stres akhir dari materi . The FOS pada kekuatan yield bertujuan untuk mencegah deformasi merugikan dan FOS pada kekuatan ultimate bertujuan untuk mencegah keruntuhan , dan hanya dapat dilakukan oleh perangkat lunak analisis nonlinier . Autodesk Inventor dapat melakukan analisis linier dan karenanya FOS akan lebih sering didasarkan pada batas yield.

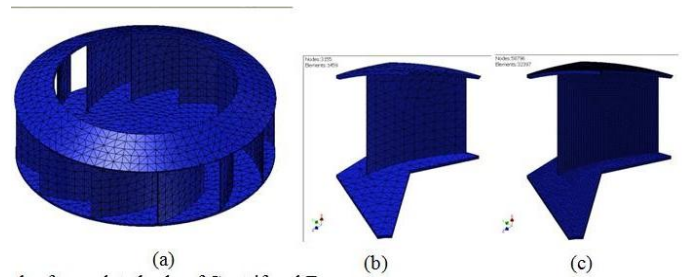
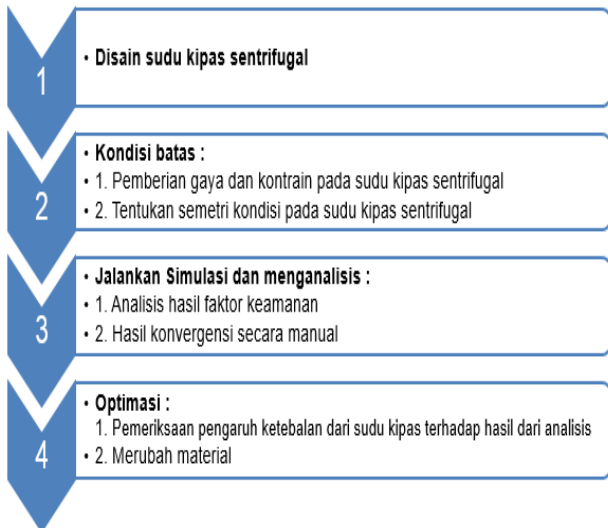
### Desain Pemecahan Masalah

Dalam bagian ini penulis menjelaskan secara singkat desain kipas sentrifugal terutama diameter, ketebalan dan jumlah blade. Tujuan utama dari masalah desain ini adalah:

- Tegangan maksimum dan defleksi sudu kipas
- Faktor keamanan dari desain baru

Flowchart masalah desain :

Kriteria desain kipas sentrifugal yang akan digunakan dalam tulisan ini adalah sebagai berikut: Sudu kipas sentrifugal dirancang belakang impeller melengkung dengan diameter 537 mm, ketebalan fan adalah 184 mm dan jumlah sudu adalah 12 (gambar 1). Bahan yang akan digunakan adalah berupa baja ringan atau baja kekuatan tinggi paduan rendah. Faktor keamanan yang dibutuhkan adalah 1,80, The lendutan maksimum dan ketebalan blade maksimum adalah 0,5 mm dan 5 mm. Rotasi kecepatan kipas sentrifugal adalah 2000 rpm.

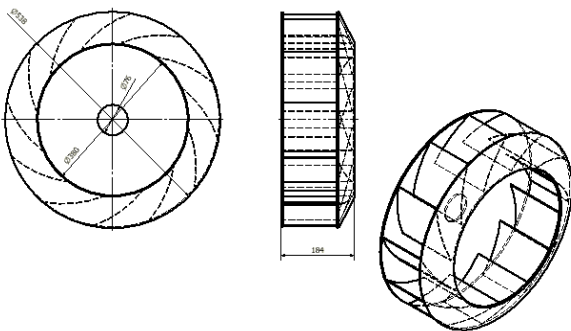


Gambar 6. Meshing Of Kipas Sentrifugal Menerapkan Boundary Kondisi

- a. Mesh dari kipas sentrifugal
- b. Mesh dari satu sudu dengan ukuran 0.1
- c. Mesh dari satu sudu dengan ukuran 0,0025

Autodesk Inventor digunakan untuk memecahkan masalah desain sudu kipas sentrifugal.

1. Desain sudu kipas sentrifugal.



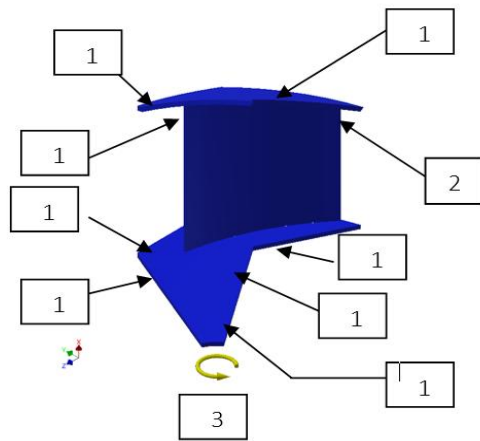
Gambar 5. Desain Kipas sentrifugal

2. Kondisi Dasar (Boundary Condition) Pada Kipas sentrifugal

Pada bagian ini kita harus membuka lingkungan di Autodesk Inventor untuk Analisis Stres. Karena sebagian besar kipas memiliki sudu yang sama, sehingga, bila dalam operasi, defleksi dan stres diinduksi di sudu adalah identik dan untuk alasan ini hanya diperlukan untuk menganalisis salah satu sudu kipas saja. Pendekatan penyederhanaan ini juga disebut simetri siklik dan itu adalah mengurangi ukuran model, memberikan lebih banyak ruang untuk mendesain ulang dan dianalisis hasilnya efisien. Selain itu dalam langkah selanjutnya, model kipas terpisah yang hanya satu sudu.

Sebagai awal desain kipas sentrifugal memiliki 12 sudu, sehingga perpecahan model dengan 30 sudu derajat.

Angle split untuk membuat sudu tunggal =  $360 / (\text{Jumlah sudu}) = 360 / 12 = 30$  derajat



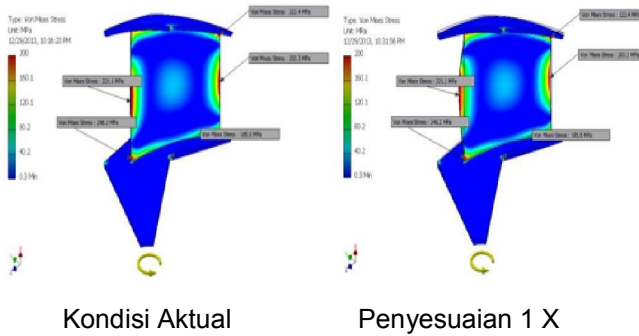
- 1. Kontrain Tanpa Gesekan
- 2. Kontrain Tetap
- 3. Gaya

Type gaya  
 Kecepatan Sudut  
 Magnitud 12000.00 deg/s  
 Vektor X 12000.00 deg/s  
 Vektor Y 12000.00 deg/s  
 Percepatan sudut  
 Magnitud 0.00 deg/s<sup>2</sup>

Gambar 7. Menerapkan Kondisi Dasar pada Kipas sentrifugal

3. Jalankan Simulasi dan Analisa  
 Setelah menjalankan simulasi kita dapat melihat hasilnya:  
 Von Misses Stres adalah maksimum 248 Mpa





Gambar 8. Pemindahan pada Kipas sentrifugal

4. Optimasi pada Kipas sentrifugal

Hasil simulasi dan dianalisis tidak membuat kita puas, jadi kami melakukan langkah berikutnya yaitu, optimasi untuk memenuhi batas desain yang telah ditetapkan di awal.

Pada bagian ini, kita akan membuat alternatif ketebalan blade dari 2 sampai 5 mm dan bahan alternatif pilihan secara manual dari baja ringan sampai baja kekuatan tinggi paduan rendah.

Tabel 1. Perbandingan Data Hasil dari Kipas sentrifugal

Thickness of material (mm)	Mild Steel			High Strength Low Alloy Steel		
	Von Stress Max (MPa)	Deformation Max (mm)	Safety Factor	Von Stress Max (MPa)	Deformation Max (mm)	Safety Factor
2	348.525	0.728503	0.92	344.7	0.8449	1.27
3	378.654	0.4881	1.09	375.2	0.5252	1.51
4	408	0.3817	1.21	404.1	0.4191	1.66
5	448.5	0.3352	1.32	444.5	0.3678	1.83

**KESIMPULAN**

Dari hasil dan pembahasan dengan menggunakan software *Autodek Inventor 2013* ini dapat disimpulkan sebagai berikut;

1. Bahan baja ringan tidak dapat digunakan dalam desain sudu kipas sentrifugal, karena tidak memenuhi harapan desain. Sementara kekuatan tinggi paduan rendah baja dapat digunakan untuk blade fan sentrifugal dengan ketebalan 4 mm dan 5 mm.

2. Optimasi desain semua bahan ketebalan dari 2mm sampai 5 mm dari baja ringan memiliki bawah faktor keamanan 1.5, sementara kekuatan tinggi paduan rendah baja memiliki atas faktor keamanan 1.5 dan di bawah 0.5 displacement untuk 4mm dan 5mm.
3. Perangkat lunak Autodesk Inventor 2013 dapat dilihat hasil dari Stres, deformasi dan faktor keamanan Elemen Hingga Analisis Analisis Statis. Dalam hal desain optimasi dari kipas sentrifugal dapat diterapkan analisis lingkaran simetris (*Cycle Analysis Symmetry*).

**REFERENSI**

1. ...., <http://centrifugalfanengineering.blogspot.tw/2013/01/basic-design-of-centrifugal-fan.html>, diunduh 2 Januari, 2014
2. [J.M. Fernández Oro](#) et. al, 2013, Numerical methodology for the assessment of relative and absolute deterministic flow structures in the analysis of impeller–tongue interactions for kipas sentrifugals, Computers & Fluids, journal homepage: [www.elsevier.com/locate/complfluid](http://www.elsevier.com/locate/complfluid)
3. ...., <http://www.processbarron.com/industrial-fans/centrifugal-fans>, retrieved January 2<sup>nd</sup>, 2014
4. Daryl L. Logan, 2012, A first Course in the Finite Element Method, 5<sup>th</sup> Edition, SI, University of Wisconsin-Platteville, Cengage Learning, USA
5. Thom Tremblay, 2012, Autodesk Inventor 2013 And Autodesk Inventor Lt 2013 Essential, John Willy and Sons, Indianapolis, Indiana
6. ...., <http://www.halifax-fan.co.uk>, retrieved January 2<sup>nd</sup>, 2014