

Studi Eksperimen Pengaruh Jumlah Blade Terhadap Karakteristik Kerja Axial Fan Berprofil Curved Backward Berdiameter 120 mm

Rey Rahmad Siregar¹, Dr.Yovial Mahjoedin²

¹Mahasiswa Perodi Teknik Mesin,Fakultas Teknologi Industri,Universitas Bung Hatta

Email : reyrahmad51@gmail.com

²Dosen Perodi Teknik Mesin,Fakultas Teknologi Industri,Universitas Bung Hatta

Email : jmahyoedin@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of the number of blades on the working characteristics of a curved backward axial fan with a diameter of 120 mm. Axial fans are devices used to increase air flow rates with various applications, such as HVAC, electronic device cooling, and the automotive industry. Design parameters, such as the number of blades, affect the efficiency, flow rate, air pressure, and noise level of the fan. Experiments were conducted using two variations of the number of blades, namely 7 and 9 blades. Tests were carried out in pipes using measuring instruments such as wind tunnels, laser tachometers, and U manometers to measure air flow velocity, static pressure, and fan efficiency. The results showed that increasing the number of blades affected the increase in air pressure and fan efficiency, but could decrease the air flow velocity due to greater aerodynamic resistance. This study contributes to determining the optimal design of an axial fan based on the number of blades to achieve maximum efficiency. The results are expected to be a reference for the development of axial fan designs invarious industrial and electronic applications.

Keywords : Axial fan, Curved Backward, number of blades.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jumlah bilah terhadap karakteristik kerja axial fan berprofil curved backward dengan diameter 120 mm. Axial fan merupakan perangkat yang digunakan untuk meningkatkan laju aliran udara dengan berbagai aplikasi, seperti HVAC, pendinginan alat elektronik, dan industri otomotif. Parameter desain, seperti jumlah bilah, memengaruhi efisiensi, kecepatan aliran, tekanan udara, dan tingkat kebisingan kipas. Eksperimen dilakukan dengan menggunakan dua variasi jumlah bilah, yaitu 7 dan 9 bilah. Pengujian dilakukan dalam pipa menggunakan alat ukur seperti wind tunnel, laser tachometer, dan manometer U untuk mengukur kecepatan aliran udara, tekanan statis, serta efisiensi kipas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan jumlah bilah berpengaruh terhadap peningkatan tekanan udara dan efisiensi kipas, namun dapat menurunkan kecepatan aliran udara akibat resistansi aerodinamis yang lebih besar. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam menentukan desain optimal axial fan berdasarkan jumlah bilah untuk mencapai efisiensi maksimum. Hasilnya diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan desain kipas aksial di berbagai aplikasi industri dan elektronik.

Kata kunci : Kipas aksial, Curved Backward,Jumlah bilah.

PENDAHULUAN

Axial fan adalah alat yang digunakan untuk menurunkan tekanan dan meningkatkan volume laju aliran udara. *Axial fan* banyak diaplikasikan di bidang industri, contohnya adalah HVAC, komputer, *automobile*, permesinan, dan aplikasi elektronika. Jenis- jenis *axial fan* yang digunakan disesuaikan dengan tujuan penggunaan dan space yang disediakan untuk instalasi. Karena berbagai macam kebutuhan yang berbeda, desain dari *axial fan* menjadi sangat penting untuk memenuhi tujuan penggunaan. Terdapat beberapa metode untuk menentukan desain awal atau *preliminary design* dari *axial fan*, mulai dari *hub* dan *blade* yang digunakan untuk *axial fan*. *Preliminary design* tersebut ditujukan untuk mendapatkan nilai *efisiensi*, rpm, volume *flow rate* yang tinggi, dan tekanan rendah.

TINJAUAN PUSTAKA

Fan/Kipas adalah sebuah perangkat yang dirancang untuk mengalirkan fluida seperti bentuk gas, seperti udara dari satu tempat ketempat lain. Fan memiliki hubungan yang erat dengan blower dan kompresor. *American Society Of Mechanical Engineering* (ASME) membedakan *fan*, blower, kompresor berdasarkan pada rasio tekanan spesifik (pd/ps), yaitu perbandingan antara tekanan untuk sisi tekan dengan tekanan pada sisi hisap. Pembagiannya dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 1 Perbedaan *Fan*, *Blower* dan juga *Compressor*

(Sumber : Bureu of Energy Efficiency, 2004)

Alat	<i>Specific Pressure Ratio</i>	<i>Pressure Rise (Pascal)</i>
Fan	<1.1	<1108
<i>Blower</i>	1.11 - 1.20	1108-20201
<i>Compressor</i>	>1.20	>20201

Seperti Tabel 1, terlihat bahwa fan memiliki rasio tekanan spesifik yang paling rendah. Selain itu, fan juga memiliki karakteristik lain yaitu meskipun memiliki tekanan yang rendah, tetapi laju aliran yang lebih tinggi. Selanjutnya, fan dapat dibedakan berdasarkan posisi aliran udara masuk dan keluarnya, yaitu *fan* aksial dan *fan* sentrifugal.

Kipas sentrifugal menggerakkan udara secara radikal keluar dengan aksi sentrifugal, dan kemudian secara tangensial menjauh dari ujung bilah. Jenis kipas ini biasanya dikenal sebagai blower dan cocok untuk kondisi pengoperasian yang keras seperti sistem dengan suhu tinggi, lembab, dan penanganan material.

Kipas aksial menggerakkan udara melalui impeler dalam perkiraan arah aksial. Kipas aksila menggunakan bilah yang memaksa udara bergerak sejajar dengan poros tempat bilah berputar

Peforma kipas secara umum dipengaruhi langsung oleh kesesuaian desain bilah pada baling-baling dan motor penggerak. Peningkatan spesifikasi motor tanpa disertai penyesuaian desain kipas memiliki kecenderungan terhadap peningkatan

penggunaan energi atau hilangnya kemampuan dorong udara yang diakibatkan kecepatan putar tidak sesuai

Pengembangan desain melalui manipulasi parameter desain baling-baling kipas berhasil memberikan peningkatan kualitas aliran. Parameter dari jumlah bilah, diameter *hub*, diameter bilah, tinggi *hub*, tinggi bilah, dan geometri *airfoil* berpengaruh langsung terhadap hasil aliran

Desain kipas aksial biasanya didasarkan pada teori airfoil, dimana airfoil awalnya dirancang dan kemudian ditumpuk disepanjang garis susun. Garis susun adalah faktor desain penting yang menentukan struktur kipas. Menyesuaikan garis susun secara melingkar memengaruhi sudut kemiringan, sementara menyesuaikan secara aksial memengaruhi sudut dihedral, menjadikan kedua parameter desain ini sebagai variabel penting yang memengaruhi kinerja kipas

Efisiensi kipas aliran aksial sangat bergantung pada profil bilah, dan karakteristik aerodinamis kipas sangat dipengaruhi oleh bentuk penampang bilah. Penampang bilah kipas berbentuk asimetris yang ramping, disebut profil aerodinamis bilah dan menentukan kinerja bilah. Bahkan perubahan kecil pada bentuk profil dapat mengubah kurva daya dan tingkat kebisingan secara drastis. Oleh karena itu, sangat penting untuk memilih bentuk yang tepat dengan sangat hati-hati, untuk mendapatkan efisiensi aerodinamis yang maksimal

METODOLOGI PENELITIAN

1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut data hasil yang di peroleh dari pengujian kedua fan yang jumlah bilah 7 dan 9. Data diambil dalam 3 kali percobaan, untuk bilah 9 percobaan pertama mendapatkan kecepatan rotor 945,2 RPM, pada percobaan kedua di dapatkan kecepatan rotor 951,4 RPM dan pada percobaan ketiga didapatkan kecepatan rotor 961,4 RPM. Pada kipas dengan jumlah 9 didapatkan nilai, 922,1

RPM, 915,6 RPM dan 916,5 RPM. Dari tiga kali percobaan dengan hasil kecepatan rotor yang berbeda, tetapi tidak merubah hasil dari tekanan statis dan dinamis pada manometer U. Untuk arus dan tegangan juga tidak terdapat perubahan. Dari percobaan tersebut diambil putaran rotor yang paling tinggi dari kedua jumlah bilah untuk dilakukan perhitungan tekanan total, laju aliran dan efisiensi

Tabel 2 Data Hasil Pengujian

No	Kecepatan rotor (RPM)	I (arus)	V (volt)	Ps (mmH2O)	Pd (mmH2O)	Jumlah bilah
1	922,1	0,27 Ampere	11,8 V	4	2	7
2	962,4	0,21 Ampere	11,9 V	2	1	9

Perhitungan tekanan total dan efisiensi pada fan dengan jumlah bilah 7

Data diambil pada fan berprofil *curved backward* (bilah melengkung kebelakang), dengan jumlah bilah 7, kecepatan fan 922,1RPM.

Mencari tekanan statis

$$P_s = \rho_{\text{minyak rem}} g h_s$$

$$P_s = 0,87 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,004 \text{ mH}_2\text{O}$$

$$P_s = 34,10 \text{ Pa}$$

Mencari debit

Mencari tekanan dinamis

$$P_d = \rho_{\text{minyak rem}} g h_d$$

$$P_d = 0,87 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,002 \text{ mH}_2\text{O}$$

$$P_d = 17,05 \text{ Pa}$$

Mencari kecepatan aliran pada titik uji

$$V = \sqrt{\frac{2 P_d \text{ outlet}}{\rho \text{ udara}}}$$

$$V = \sqrt{\frac{2 \times 17,052}{1,175}}$$

$$V = 5,38 \text{ m/s}$$

$$Q = V A$$

$$Q = 5,38 \text{ m/s} \times 0,0088 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,0473 \text{ m}^3/\text{s}$$

Mencari kerugian tekanan pada sistem

Mencari bilangan reynolds

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

$$Re = \frac{1,175 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 1,70 \text{ m/s} \times 0,106 \text{ m}}{1,81 \times 10^{-5}}$$

$$Re = 11691,29$$

Mencari koefisien gesek

$$f = \frac{0,14}{Re^{0,17}}$$

$$f = \frac{0,14}{11691,29^{0,17}}$$

$$f = 0,0284$$

Mencari perbandingan panjang ekuivalen flow strigter

$$\frac{L_e}{Dh} = \frac{15,04}{[1 - 26,65 \left(\frac{y}{D}\right) + 184,6 \left(\frac{y}{D}\right)^2]^{1,88}}$$

$$\frac{L_e}{Dh} = \frac{15,04}{[1 - 26,6 \left(\frac{0,1}{106}\right) + 184,6 \left(\frac{0,1}{106}\right)^2]^{1,88}}$$

$$\frac{L_e}{Dh} = 15,725$$

$$P_{\text{loss}} = f \left(\frac{L_{\text{outlet}}}{D_{\text{outlet}}} + \frac{L_e}{D} \right) P_{d \text{ outlet}}$$

$$P_{\text{loss}} = 0,0284 \times (8,49 + 15,752) \times 17,052 \text{ Pa}$$

$$P_{loss} = 11,73 \text{ Pa}$$

Mencari total tekanan

$$\Delta P_t = P_{s \text{ outlet}} + P_{d \text{ outlet}} + f \left(\frac{L_{outlet}}{D_{outlet}} + \frac{L_e}{D} \right) P_{d \text{ outlet}}$$

$$\Delta P_t = 34,10 \text{ Pa} + 17,05 \text{ Pa} + 11,73 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_t = 62,88 \text{ Pa}$$

Mencari efisiensi

Mencari daya fan

$$W_{actual} = Q \Delta P_t$$

$$W_{actual} = 0,0473 \text{ m}^3/\text{s} \times 62,88 \text{ Pa}$$

$$W_{actual} = 2,97 \text{ Watt}$$

Mencari daya motor

$$W_m = V I$$

$$W_m = 11,8 \text{ volt} \times 0,27 \text{ A}$$

$$W_m = 3,18 \text{ Watt}$$

$$= \frac{W_{fan}}{W_m}$$

$$= \frac{2,97}{3,18} = 93,39 \%$$

Perhitungan tekanan total dan efisiensi pada fan dengan jumlah bilah 9

Data diambil pada fan berprofil *curved backward* (bilah melengkung kebelakang), dengan jumlah bilah 9, kecepatan fan 962,4 RPM.

Mencari tekanan statis

$$P_s = \rho_{minyak \text{ rem}} g h_s$$

$$P_s = 0,87 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,002 \text{ m H}_2\text{O}$$

$$P_s = 17,05 \text{ Pa}$$

Mencari debit

Mencari tekanan dinamis

$$P_d = \rho_{minyak \text{ rem}} g h_d$$

$$P_d = 0,87 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,001 \text{ m}$$

$$P_d = 8,52 \text{ Pa}$$

Mencari kecepatan aliran pada titik uji

$$V = \sqrt{\frac{2 P_{d \text{ outlet}}}{\rho_{udara}}}$$

$$V = \sqrt{\frac{2 \times 8,526}{1,175}}$$

$$V = 3,809 \text{ m/s}$$

$$Q = V A$$

$$Q = 3,809 \text{ m/s} \times 0,0088 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,0335 \text{ m}^3/\text{s}$$

Mencari kerugian tekanan pada sistem

Mencari bilangan *reynolds*

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

$$Re = \frac{1,175 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 3,809 \text{ m/s} \times 0,106 \text{ m}}{1,81 \times 10^{-5}}$$

$$Re = 26251,44 \text{ Pa}$$

Mencari koefisien gesek

$$f = \frac{0,14}{Re^{0,17}}$$

$$f = \frac{0,14}{26251,44^{0,17}}$$

$$f = 0,02482$$

Mencari perbandingan panjang ekuivalen flow strigter

$$\frac{L_e}{D h} = \frac{15,04}{[1 - 26,65 \left(\frac{y}{D}\right) + 184,6 \left(\frac{y}{D}\right)^2]^{1,83}}$$

$$\frac{Ls}{Dh} = \frac{15,04}{[1 - 26,6(\frac{0,1}{106}) + 184,6(\frac{0,1}{106})^2]^{1,88}}$$

$$\frac{Ls}{Dh} = 15.725$$

$$P_{loss} = f \left(\frac{L_{outlet}}{D_{outlet}} + \frac{L_{\epsilon}}{D} \right) P_{d outlet}$$

$$P_{loss} = 0,0284 \times (8,49 + 15,752) \times 8,526 \text{ Pa}$$

$$P_{loss} = 5,869 \text{ Pa}$$

Mencari total tekanan

$$\Delta P_t = P_{s outlet} + P_{d outlet} + f \left(\frac{L_{outlet}}{D_{outlet}} + \frac{L_{\epsilon}}{D} \right) P_{d outlet}$$

$$\Delta P_t = 17,05 \text{ Pa} + 8,526 \text{ Pa} + 5,869 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_t = 31,44 \text{ Pa}$$

Mencari efisiensi

Mencari daya fan

$$W_{actual} = Q \Delta P_t$$

$$W_{actual} = 0,0335 \text{ m}^3/\text{s} \times 31,447 \text{ Pa}$$

$$W_{actual} = 1,05 \text{ Watt}$$

Mencari daya motor

$$W_m = V I$$

$$W_m = 11,9 \text{ volt} \times 0,21 \text{ A}$$

$$W_m = 2,47 \text{ Watt}$$

$$= \frac{W_{fan}}{W_m}$$

$$= \frac{1,05}{2,47}$$

$$= 42,51 \%$$

Perhitungan Tekanan Teoritis

Contoh perhitungan tekanan teoritis diambil pada kipas dengan jumlah bilah

9, pada putaran 962,4 RPM, pada sudut bilah 30° mempunyai $\beta_2 = 60^\circ$.

Mencari kecepatan keliling

$$U = \frac{\pi D_{mid} N}{\beta_2}$$

$$U = \frac{\pi \times 0,08 \times 962,4}{60}$$

$$U = 4,039 \text{ m/s}$$

Mencari kecepatan arah aksial

$$C_x = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} (D_{tip}^2 - D_{hub}^2)}$$

$$C_x = \frac{0,0473 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{\pi}{4} (0,011 \text{ m}^2 - 0,005 \text{ m}^2)}$$

$$C_x = 9,947 \text{ m/s}$$

Mencari flow coefficient

$$\phi = \frac{C_x}{U}$$

$$\phi = \frac{9,947 \text{ m/s}}{4,039 \text{ m/s}}$$

$$\phi = 2,462$$

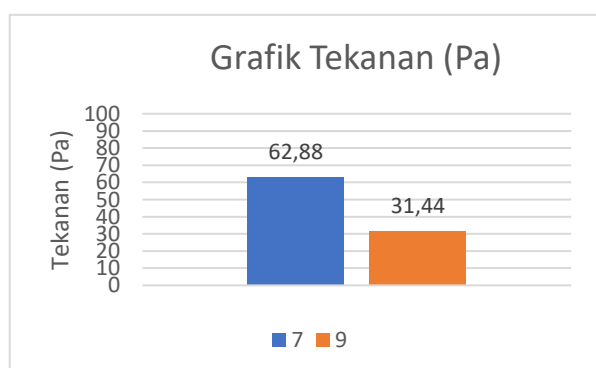
Mencari tekanan teoritis

$$\Delta p_{th} = \rho U^2 (1 - \phi \tan \beta_2)$$

$$\Delta p_{th} = 1,175 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \left(4,039 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 \times \{ 1 - 2,462 \times \tan 60 \}$$

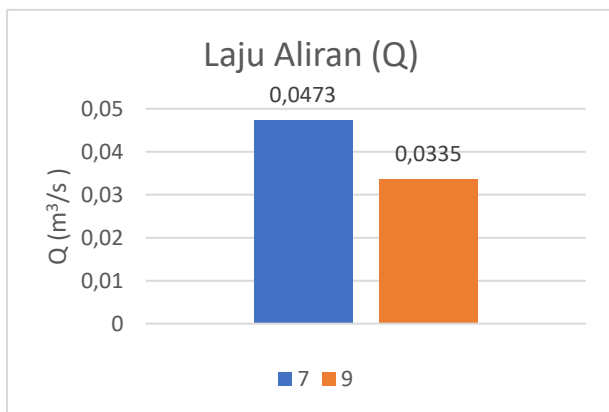
$$\Delta p_{th} = 48,535 \text{ Pa}$$

GRAFIK HASIL PENGUJIAN



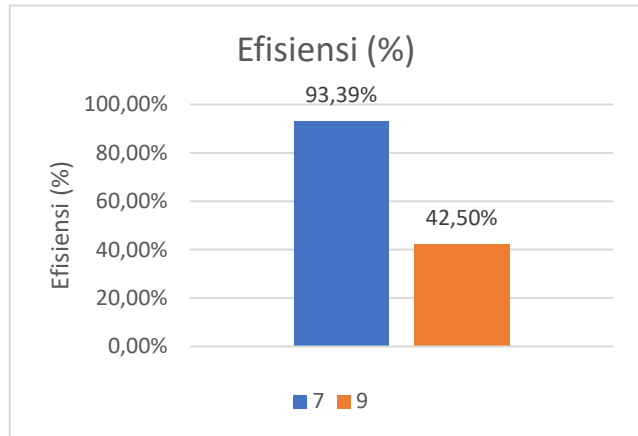
Grafik 1. Tekanan *Fan* dengan jumlah bilah 7 dan 9

Dari grafik tekanan diatas dapat disimpulkan, *fan* yang memiliki jumlah bilah 7 yang ditunjukkan oleh grafik warna biru mendapatkan nilai tekanan 62,88 Pa, yang dimana nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan *fan* dengan jumlah bilah 9 yang ditunjukkan oleh grafik berwarna merah dimana didapatkan nilai 31,44 Pa. Dengan hasil tekanan dari kedua *fan* tersebut dapat dijelaskan *fan* dengan bilah berjumlah lebih baik untuk menghasilkan tekanan yang tinggi.



Grafik 3 laju aliran (Q) *Fan* dengan jumlah bilah 7 dan 9

Dari grafik laju aliran (Q) dapat dilihat *fan* dengan jumlah bilah 7 yang ditunjukkan pada grafik berwarna biru di dapatkan nilai $0,0473 m^3/s$. Nilai tersebut lebih besar dari pada *fan* dengan jumlah bilah 9 yang ditunjukkan pada grafik berwarna merah, pada *fan* dengan jumlah bilah 9 didapatkan nilai $0,0335 m^3/s$. Dari keterangan tersebut dapat dijelaskan *fan* dengan jumlah bilah 7 lebih baik untuk pengaplikasian yang membutuhkan laju aliran yang besar.



Grafik 2. Efisiensi (%) *Fan* dengan jumlah 7 dan 9

Dari grafik efisiensi diatas dapat dijelaskan, *fan* dengan bilah berjumlah 7 yang ditunjukkan pada grafik berwarna biru mendapatkan nilai efisien sebesar 93,39% , dimana nilai tersebut lebih besar dibandingkan dengan *fan* dengan jumlah bilah 9 yang ditunjukkan pada grafik berwarna merah, didapatkan nilai 42,51 %. Dari keterangan diatas dapat disimpulkan *efisien* dari *fan* dengan jumlah bilah 7 lebih dari *fan* dengan jumlah bilah 9.

Dari ketiga garfik perbandingan karakterisasi kedua *fan* dengan jumlah bilah 7 dan 9. Dapat disimpulkan *fan* dengan jumlah bilah 7 lebih baik dari ketiga grafik perbandingan yang tampilan. Dari ketiga grafik tersebut terlihat perbandingan yang sangat jauh terutama pada grafik tekanan dan efisiensi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh jumlah bilah pada karakterisitik kerja kipas aksial, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Pengaruh jumlah bilah terhadap kinerja kipas

Hasil penelitian menunjukan bahwa jumlah bilah yang lebih

sedikit menghasilkan karakteristik kerja yang lebih optimal dibandingkan dengan jumlah bilah yang lebih banyak. Hal ini dapat dilihat pada peningkatan efisiensi dan kinerja kipas dengan jumlah bilah lebih sedikit, yang mampu menghasilkan aliran udara yang lebih baik dan tekanan yang lebih besar.

2. Efisiensi dan tekanan udara

Meskipun pada umumnya peningkatan pada jumlah bilah diharapkan dapat meningkatkan tekanan udara, dalam penelitian ini ditemukan bahwa kipas dengan jumlah bilah yang lebih sedikit justru memberikan hasil yang lebih baik. Dengan pengurangan beban pada motor penggerak, sehingga efisiensi keseluruhan lebih tinggi.

3. Pengaruh desain terhadap performa kipas

Penurunan jumlah bilah juga mempengaruhi faktor-faktor lain seperti turbulensi dan gesekan, cenderung lebih rendah pada kipas dengan bilah sedikit. Hal ini berkontribusi pada peningkatan efisiensi kipas dalam menghasilkan aliran udara yang lebih besar dan konsumsi daya yang lebih rendah. Untuk karakteristik aerodinamis kipas aksial dengan jumlah bilah 7 dan 9 dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kecepatan aliran udara

Untuk kecepatan aliran udara yang dihasilkan kedua kipas aksial dengan jumlah bilah 7 dan 9 adalah $0,0473 \text{ m}^3/\text{s}$ pada bilah 7 dan $0,0335$ pada bilah 9, yang

dimana dari hasil tersebut dapat disimpulkan dengan jumlah bilah yang sedikit mendapatkan nilai laju aliran yang besar dan penambahan pada bilah untuk kipas aksial tidak menjamin menghasilkan laju aliran yang lebih besar.

2. Tekanan total

Tekanan total yang dihasilkan pada jumlah bilah 7 lebih besar dibanding dengan bilah 9 yang dimana bilah 7 mendapatkan nilai tekanan total 62,88 dan pada bilah 9 mendapatkan nilai 31,44. Hal bisa disimpulkan dengan banyaknya jumlah bilah pada kipas aksial tidak menjamin akan bertambahnya nilai tekanan yang dihasilkan oleh kipas aksial

Karakteristik kinerja kipas

Dari pengujian dilakukan dapat dilihat pada kipas aksial dengan bilah 7 memerlukan daya yang lebih sedikit namun menghasilkan laju aliran dan tekanan yang lebih baik, berbanding terbalik dengan jumlah bilah 9 yang menghasilkan nilai aliran udara dan tekanan udara yang lebih kecil. Dimana hal tersebut mempengaruhi efisiensi pada kipas aksial, dari hasil pengujian terlihat nilai efisiensi pada bilah 7 mendapatkan nilai 93,39% yang dimana nilai tersebut lebih baik dari jumlah bilah 9 yang mendapatkan nilai 42,50%..

Suhu dalam casing pc dapat mencapai 80° sampai 100° pada penggunaan yang berat (gaming/rendering). Dimana semakin tinggi suhu dapat mempengaruhi kinerja dari pc tersebut. Dengan kipas aksial yang optimal dapat menjaga suhu pada pc tetap rendah agar tidak mengurangi kinerja dari pc tersebut. Untuk mencegah suhu dalam pc meningkat dibutuhkan pendinginan menggunakan kipas. Kipas

aksial dengan jumlah bilah 7 dapat menjadi alternatif untuk pendinginan pada pc. Kipas dengan jumlah bilah 7 memberikan keseimbangan antara aliran udara dan efisiensi.

DAFTAR PUSTAKA

Aditia Syamputra Tanjung 2015 conducted an experimental study to test the effect of blade angle settings of 30° and 60° with a flat plate profile on the performance characteristics of a 120mm axial fan. This research was conducted at the Mechanical Engineering Program, Faculty of Industrial Technology, Sepuluh Nopember Institute of Technology.

CA 210, 2000. Laboratory methods for testing fan aerodynamic performance. Air Movement and Control Association International Inc. New York.

Bleir, Frank P. 1998. Fan handbook. McGraw-Hill Companies Inc. New York.

Bloch, Heinz P. 1998. Plant machinery and equipment. Butterworth-Heinemann.

Durga Charan Panigrahi, Dewi Prasad Mishra. 2014. CFD simulation for the selection of an appropriate blade profile for improving energy efficiency in axial flow mine ventilation fans. Journal of Sustainable Mining.

Dyah Arum Wulandari, Endri Sariadi. 2014. Pengaruh sudut bilah pada performa kipas aksial terowongan angin kecepatan rendah menggunakan metode komputasi. Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ.

G.M.D.P. Dananjaya, A.A.A. Suryawan,

I.G.K. Sukadan. 2021. Pengaruh variasi jumlah sudu pada blower aksial terhadap tekanan dinamis. Jurnal ilmiah Teknik Desain Mekanika.

Hadid Tunas Bangsawan, Lukman Hanafi, Y. Wimba Agung Prasetya, Darmono Hariadi. 2014. Pengaruh penambahan sirip pada baling-baling untuk peningkatan performa kipas aksial. Balai Riset dan Standarisasi Industri Surabaya.