



**ANALISIS PENGARUH JUMLAH SUDU TERHADAP UNJUK
KERJA BLOWER SENTRIFUGAL *TYPE BACKWARD*
DENGAN *HONEYCOMB* DAN TANPA *HONEYCOMB***

SKRIPSI

Oleh

**Achmad 'Ima Duddin
NIM. 151910101021**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**ANALISIS PENGARUH JUMLAH SUDU TERHADAP UNJUK
KERJA BLOWER SENTRIFUGAL *TYPE BACKWARD*
DENGAN *HONEY COMB* DAN TANPA *HONEYCOMB***

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Achmad 'Ima Duddin
NIM. 151910101021**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan ridhonya yang sangat besar;
2. Nabi Muhammad SAW, yang telah membawa kita semua dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang ini.
3. Keluarga saya, Ayahanda (Heri Suhantoro) dan Ibunda (Yuliasutik Fajar Ningsih), dan adik (zharifa Yustr Syifa hanifa) yang selalu memberikan semangat, dorongan, dan pengorbanan yang tidak kenal lelah, dan doa yang tiada hentinya dengan sepuh hati.
4. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa memberikan ilmunya, semoga ilmu yang bermanfaat dan barokah dikemudian hari. Bapak Ir Digdo Listyadi setyawan, Msc. selaku Dosen Pembimbing Utama, bapak Santoso Mulyadi, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang selalu memberikan saran dan arahan yang sangat membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Semua anggota Tim UKM Mobil Listrik (TITEN). Bapak Muh Nurkoyim Kustanto, S.T., M.T yang selalu memberikan saran dan arahan baik dalam teori maupun lapangan.
6. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan SMA yang tidak kenal lelah memberikan ilmunya, membimbing dan mendidik menuju arah yang lebih baik sehingga sampai ke jenjang perguruan tinggi.
7. Saudari Prita yang telah menemani dan memberikan dukungan sejak awal penelitian hingga akhir.
8. Kelompok penelitian yaitu Achmad Murdiono yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini, serta teman-temanku Teknik Mesin angkatan 2015 dan teman-teman Titen Fadea dinata, Abdul kharis ismail, Faza, dimas,

Tofik, Sumanto, Hyang, Agung, Ihsan, Malik, yang tidak kenal lelah memberikan dukungan, bantuan dan doa .

9. Teman-teman Pondok Pesantren Islam Darussalam Aqilul Ghazir, Ahmad Tijani, Mandala Paradise, Jihul, Arif Maulana hidayat, Anas Abim, Qiqul yang selama ini telah membantu dalam penyelesaian alat skripsi saya serta dukungan dan doa.



MOTO

Barang siapa beriman kepada Allah SWT dan hari akhir, maka hendaklah ia berkata baik atau diam.

(Nabi Muhammad SAW)

Amalan yang lebih dicintai Allah SWT adalah amalan yang terus-menerus dilakukan walaupun sedikit.

(Nabi Muhammad SAW)

Setiap permasalahan akan datang bersamaan dengan jawaban.

(Nagamori)

Hidup itu adalah seberapa sungguh-sungguh kita bercerita.

(Ricky Elson)

Kegagalan terjadi ketika kita sudah menyerah.

(B.J Habibi)

Penting segera, Penting tidak segera, Tidak penting segera, Tidak penting tidak segera

(Achmad 'Ima Duddin)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Achmad 'Ima Duddin

NIM : 151910101021

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Blower Sentrifugal *Type Backward* dengan *Honeycomb* dan tanpa *Honeycomb*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 10 Juli 2019

Yang menyatakan,

Achmad 'Ima Duddin

NIM 151910101021

SKRIPSI

**ANALISA PENGARUH JUMLAH SUDU TERHADAP UNJUK
KERJA BLOWER SENTRIFUGAL *TYPE BACKWARD*
DENGAN *HONEYCOMB* DAN TANPA *HONEYCOMB***

Oleh

Achmad 'Ima Duddin

NIM 151910101021

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir Digdo Listyadi setyawan, M.sc

Dosen Pembimbing Anggota : Santoso Mulyadi, S.T.,M.T

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Blower Sentrifugal *Type Backward* dengan *Honeycomb* dan tanpa *Honeycomb*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

hari, tanggal : Rabu, 10 Juli 2019

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama,

Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc.
NIP.196806171995011001

Penguji I,

Hary Sutjahjono, S.T.,M.T.
NIP. 196812051997021002

Dosen Pembimbing Anggota,

Santoso Mulyadi, S.T., M.T.
NIP. 197002281997021001

Penguji II,

Dr. Robertoes Koekoeh K.W, S.T.,M.Eng.
NIP.196707081994121001

Tim Penguji:

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.
NIP 196612151995032001

PRAKATA

Alhamdulillah rabbil'aalamin, segala puja dan puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang Maha Penyayang. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Blower Sentrifugal *Type Backward* dengan *Honeycomb* dan tanpa *Honeycomb*". Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir Digdo Listyadi setyawan, M.sc., selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Santoso Mulyadi, S.T.,M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian pada skripsi ini;
2. Hary Sutjahjono, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji I, dan Dr. Robertoes Koekoeh Koentjoro W., S.T., M.Eng selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan dan saran bersifat konstruktif untuk penyusunan skripsi ini;
3. Ayahanda (Heri Suhantoro) dan Ibunda (Yuliasutik Fajar Ningsih), adek saya (Zharifa Yustr Syifa Hanifa) yang telah memberikan dorongan dan doanya demi terselesaikannya skripsi ini;
4. Semua anggota Tim UKM Mobil Listrik (TITEN). Bapak Muh Nurkoyim Kustanto, S.T., M.T yang selalu memberikan saran dan arahan baik dalam teori maupun lapangan;
5. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan SMA yang tidak kenal lelah memberikan ilmunya, membimbing dan mendidik menuju arah yang lebih baik sehingga sampai ke jenjang perguruan tinggi.
6. Kelompok penelitian yaitu Achmad Murdiono yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini, serta teman-temanku Teknik Mesin angkatan 2015 dan teman-teman Titen Fadea dinata, Abdul kharis ismail,

Faza, dimas, Tofik, Sumanto, Hyang, Agung, Ihsan, Malik, yang tidak kenal lelah memberikan dukungan, bantuan dan doa.

7. Teman-teman Pondok Pesantren Islam Darussalam Aqilul Ghazir, Ahmad Tijani, Mandala Paradise, Jihul, Arif Maulana hidayat, Anas Abim, Qiqul, Azril yang selama ini telah membantu dalam penyelesaian alat skripsi saya serta dukungan dan doa

Jember, 10 Juli 2019

Penulis



RINGKASAN

Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Blower Sentrifugal *Type Backward* dengan *Honeycomb* dan tanpa *Honeycomb*; Achmad 'Ima Duddin, 151910101021: 2019: 57 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Blower sentrifugal adalah sebuah mesin yang memanfaatkan udara inlet blower lalu di putar ke arah sumbu yang berlawanan oleh gaya sentrifugal ke arah outlet blower, tekanan akhir blower tersebut tidak melebihi 2000 Pascal. Sudu impeller merupakan salah satu bagian terpenting dari blower sentrifugal yang berfungsi sebagai tempat berlalunya fluida yang dihisap atau dikeluarkan sehingga berpengaruh besar terhadap unjuk kerja blower.

Penelitian ini difokuskan kepada Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Blower Sentrifugal *Type Backward* dengan *Honeycomb* dan tanpa *Honeycomb*. Metode Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen menggunakan Blower Sentrifugal yang terbuat dari Serat *Fiber Glass* dan *Honeycomb* yang terbuat dari sedotan Penelitian ini menggunakan variasi putaran senilai 400 rpm, 500 rpm, 600 rpm, 700 rpm, dan variasi jumlah sudu dengan menggunakan *Honeycomb* dan tanpa *Honeycomb*. Unjuk kerja yang dimaksud dalam penelitian ini meliputi tekanan dengan satuan pascal (Pa), debit dengan satuan meter/s, dan efisiensi dengan satuan %.

Penelitian ini dilakukan di Bengkel mobil listrik TITEN Fakultas Teknik Universitas Jember pada bulan Januari sampai bulan Juni 2019. Penelitian ini menggunakan motor listrik AC 1 phase dengan putaran maksimal 2800 rpm. pengambilan data dilaksanakan pada tiga posisi dari keluaran blower sentrifugal yaitu pada posisi atas, tengah dan bawah. Masing-masing posisi diambil data tiga kali kemudian diambil rata-ratanya.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin besar putaran motor listrik maka akan semakin besar juga nilai unjuk kerja blower sentrifugal yang diperoleh. Performa terbaik blower sentrifugal terjadi pada saat putaran sebesar 700 rpm dengan jumlah sudu 13 tanpa *Honeycomb* dengan tekanan

senilai 95,26 Pa, debit senilai $0,57 \text{ m}^3/\text{s}$, dan efisiensi senilai 2,36 % pada posisi atas *output* blower sentrifugal. Dan penambahan *Honeycomb* pada output blower membuat aliran fluida menjadi merata dan seragam.



SUMMARY

Analysis of the Effect of Number of Blades on the Performance of Backward Type Centrifugal Blowers with Honeycomb and without Honeycomb; Achmad 'Ima Duddin, 151910101021: 2019: 57 pages; Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Jember.

A centrifugal blower is a machine that utilizes the blower inlet air and is turned towards the axis opposite the centrifugal force towards the outlet blower, the final pressure of the blower does not exceed 2000 Pascal. The impeller blade is one of the most important parts of a centrifugal blower that functions as a place where the fluid is sucked or released so that it has a big effect on the performance of the blower.

This study focused on the effect of the number of blades on the performance of backward type centrifugal blowers with honeycomb and without honeycomb. The research method was carried out by an experimental method using a centrifugal blower made of Fiber Glass and Honeycomb Fiber made from straws. This study used a round variation worth 400 rpm, 500 rpm, 600 rpm, 700 rpm, and variations in the number of blades using Honeycomb and without Honeycomb. The performance referred to in this study includes pressure with pascal units (Pa), discharge with one liter / minute, and efficiency with units %.

This research was conducted at the electric car repair shop TITEN, Faculty of Engineering, University of Jember from January to June 2019. This study uses an AC 1 phase electric motor with a maximum rotation of 2800 rpm. Data retrieval is carried out at three positions from the output of centrifugal blowers which are at the top, middle and bottom positions. Each position data is taken three times and then taken averages.

From the results of the study it can be concluded that the greater the rotation of the electric motor, the greater the performance value of the centrifugal blower obtained. The best performance of a centrifugal blower occurs at a rotation of 700 rpm with a number of blades 13 without Honeycomb with a pressure of

95,26 pa, a discharge of $0,57 \text{ m}^3/\text{s}$, and an efficiency of 2,36 % at the position of a centrifugal blower.



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN SKRIPSI	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
PRAKATA	viii
RINGKASAN	x
SUMMARY	xii
DAFTAR ISIxiv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Blower Sentrifugal	4
2.1.1 Jenis-jenis blower sentrifugal	5
2.1.2 Bagian-bagian blower sentrifugal	7
2.1.3 Kelebihan blower sentrifugal	12
2.1.4 Kelemahan blower sentrifugal	12

2.2 Aliran Fluida	12
2.2.1 Klasifikasi aliran	13
2.2.2 Tipe-tipe aliran	13
2.3 Analisa Aerodinamika Kendaraan dengan CFD	14
2.4 Segitiga Kecepatan	17
2.5 Honeycomb	18
2.6 Perancangan <i>Impeller</i>	19
2.6.1 Menentukan ρ udara	19
2.6.2 Menentukan <i>head</i> total	20
2.6.3 Mencari kecepatan spesifik	20
2.6.4 Mencari diameter luas <i>impeller</i>	20
2.6.5 Mencari kecepatan keliling	21
2.6.6 Mencari luasan sisi masuk	21
2.6.7 Mencari diameter dalam <i>impeller</i>	21
2.6.8 Mencari kecepatan keliling	21
2.6.9 Mencari sudut β	21
2.6.10 Mencari kecepatan sepanjang sudu	22
2.6.11 Mencari kecepatan mutlak kearah U	22
2.6.12 Mencari tebal sudu	22
2.6.13 Mencari kecepatan mutlak kearah meridian	22
2.6.14 Mencari $\tan \alpha$	22
2.6.15 Mencari daya	23
2.6.16 Mencari jumlah sudu <i>impeller</i>	23
2.7 Perancangan <i>Volute</i>	23
2.7.1 Jari-jari minimal <i>volute</i>	23
2.7.2 Jari-jari kelengkungan	23
2.7.3 Diameter input dan output blower	24
2.7.4 Tebal <i>volute</i>	25

2.8 Tinggi Tekan (<i>head</i>)	25
2.9 Parameter Penelitian	26
2.9.1 Tekanan (<i>Pressure</i>)	26
2.9.2 Debit	28
2.9.3 Efisiensi	28
2.10 Hipotesis	29
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1 Metode Penelitian	30
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	30
3.2.1 Tempat penelitian	30
3.2.2 Waktu penelitian	30
3.3 Alat dan Bahan	30
3.3.1 Alat penelitian	30
3.3.2 Bahan penelitian	31
3.4 Diagram Alir	32
3.5 Prosedur Penelitian	33
3.5.1 Penyusunan alat penelitian dan persiapan pengujian	33
3.5.2 Tahap penelitian	33
3.5.3 Prosedur pengambilan data	36
3.6 Pengambilan Data	36
3.7 Pengolahan Data	39
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Hasil Pengujian Blower Sentrifugal	40
4.2 Hasil Pengujian Blower Sentrifugal Variasi Putaran	40
4.2.1 Hasil pengujian jumlah sudu 13 tanpa <i>Honeycomb</i>	40
4.2.2 Hasil pengujian jumlah sudu 13 dengan <i>Honeycomb</i>	41
4.3 Pembahasan Pengujian Blower Sentrifugal Variasi Putaran	41
4.3.1 Pembahasan pengujian jumlah sudu 13 tanpa <i>Honeycomb</i>	41
4.3.2 Pembahasan pengujian jumlah sudu 13 dengan <i>Honeycomb</i>	43

4.4 Hasil Pengujian Blower Sentrifugal dengan Variasi putaran	45
4.4.1 Hasil pengujian jumlah sudu 15 tanpa <i>Honeycomb</i>	45
4.4.2 Hasil pengujian jumlah sudu 15 dengan <i>Honeycomb</i>	45
4.5 Pembahasan Pengujian Blower Sentrifugal Variasi Putaran	46
4.5.1 Pembahasan pengujian jumlah sudu 15 tanpa <i>Honeycomb</i>	46
4.5.2 Pembahasan pengujian jumlah sudu 15 dengan <i>Honeycomb</i>	47
4.6 Hasil Pengujian Blower Sentrifugal dengan Variasi Putaran	49
4.6.1 Pembahasan pengujian putaran 400 rpm.....	49
4.6.2 Pembahasan pengujian putaran 500 rpm.....	50
4.6.3 Pembahasan pengujian putaran 600 rpm.....	51
4.6.4 Pembahasan pengujian putaran 700 rpm.....	52
4.7 Uji kenormalan data sudu 13 dan 15 dengan <i>honeycomb</i>	54
BAB 5. Kesimpulan	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	58

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Dimensi ukuran blower.....	5
2.2 Variasi pengujian jumlah sudu dan sudut sudu	10
2.3 Drag force	15
2.4 Perhitungan jari-jari kelengkungan <i>volute</i>	24
3.1 Pengambilan data dengan jumlah sudu 13 tanpa <i>Honeycomb</i>	36
3.2 Pengambilan data dengan jumlah sudu 13 dengan <i>Honeycomb</i>	37
3.3 Pengambilan data dengan jumlah sudu 15 tanpa <i>Honeycomb</i>	37
3.4 Pengambilan data dengan jumlah sudu 15 dengan <i>Honeycomb</i>	38
4.1 Data hasil pengujian jumlah sudu 13 tanpa <i>Honeycomb</i>	40
4.2 Data hasil pengujian jumlah sudu 13 dengan <i>Honeycomb</i>	41
4.3 Data hasil pengujian jumlah sudu 15 tanpa <i>Honeycomb</i>	45
4.4 Data hasil pengujian jumlah sudu 15 dengan <i>Honeycomb</i>	45
4.5 Data hasil pengujian Pada putaran 400 rpm	49
4.6 Data hasil pengujian Pada putaran 500 rpm	50
4.7 Data hasil pengujian Pada putaran 600 rpm	51
4.8 Data hasil pengujian Pada putaran 700 rpm	52

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Blower sentrifugal tipe <i>forward curved blade</i>	6
2.2 Blower sentrifugal tipe <i>backward curved blade</i>	6
2.3 Blower sentrifugal tipe <i>straight curved blade</i>	7
2.4 Blower sentrifugal	7
2.5 Poros.....	7
2.6 Bantalan.....	8
2.7 Desain impeller	10
2.8 Grafik efisiensi beberapa jenis impeller	11
2.9 Gambar jenis bilah	12
2.10 Aliran laminar	13
2.11 Aliran transisi	14
2.12 Aliran turbulen	14
2.13 Hasil analisis kecepatan udara	15
2.14 Segitiga Kecepatan sisi masuk dan keluar	17
2.15 Segitiga kecepatan	17
2.16 <i>Honeycomb</i>	18
2.17 Hasil simulasi menggunakan <i>Honeycomb</i> dan tanpa <i>Honeycomb</i>	19
2.18 Metode pengukuran bentuk tinggi tekan.....	26
2.19 Pengukuran tekanan dinamik dan tekanan statik	27
3.1 Diagram alir penelitian	32
3.2 <i>Volute</i> blower	33
3.3 <i>Impeller</i> blower	33
3.4 <i>Honeycomb</i>	34
3.5 Dimensi <i>Honeycomb</i>	34
3.6 Tachometer, Anemometer, Tang ampere, dan Avo meter	34
3.7 Motor listrik	35

3.8 Instalasi pengujian	35
3.9 Posisi pengambilan data anemometer	39
4.1 Grafik tekanan pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran .	42
4.2 Grafik debit keluar pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran	42
4.3 Grafik Efisiensi pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran	43
4.4 Grafik tekanan pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran .	43
4.5 Grafik debit keluar pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran	44
4.6 Grafik Efisiensi pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran	44
4.7 Grafik tekanan pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran .	46
4.8 Grafik debit keluar pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran	46
4.9 Grafik Efisiensi pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran	47
4.10 Grafik tekanan pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran	47
4.11 Grafik debit keluar pada tiga posisi pengukuran, pada setiap variasi putaran ..	48
4.12 Grafik Efisiensi pada tiga posisi pengukuran, pada setiap variasi putaran	48

Daftar Lampiran

	Halaman
Lampiran 6.1 Data hasil pengujian jumlah sudu 13 tanpa <i>Honeycomb</i>	58
Lampiran 6.2 Data hasil pengujian jumlah sudu 13 dengan <i>Honeycomb</i>	61
Lampiran 6.3 Data hasil pengujian jumlah sudu 15 tanpa <i>Honeycomb</i>	64
Lampiran 6.4 Data hasil pengujian jumlah sudu 15 dengan <i>Honeycomb</i>	67
Lampiran 6.5 Gambar proses pembuatan blower sentrifugal 1	70
Lampiran 6.6 Gambar proses pembuatan blower sentrifugal 2	71
Lampiran 6.7 Gambar proses pembuatan blower sentrifugal 3	72
Lampiran 6.8 Gambar perbandingan <i>massa</i> impeller lama dan baru.....	73
Lampiran 6.9 Perancangan impeller sudu 13 dan 15	74
Lampiran 6.10 Perancangan volute impeller 13 dan 15.....	78

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Blower adalah suatu alat atau mesin yang di gunakan untuk memampatkan udara atau memperbesar tekanan fluida gas yang akan di hembuskan dalam suatu ruangan tertentu sebagai pengisapan atau pemvakuman gas tertentu. Blower pada dasarnya merupakan mesin berkecepatan tinggi jika di bandingkan dengan jenis-jenis mesin torak, rotari atau *displacement* (Church dkk,1993).

Blower diklasifikasikan menjadi dua macam yaitu blower sentrifugal dan blower aksial. Blower sentrifugal adalah jenis blower yang mempunyai dua arah yaitu arah x dan y, pertama yaitu arah fluida saat memasuki blower dan yang kedua saat keluar dari blower. Blower aksial adalah jenis blower yang arah aliran udaranya hanya satu arah (Saylor, 2011).

Blower sentrifugal memiliki suatu komponen yang menempel pada *impeller* yaitu sudu-sudu. Sudu-sudu memiliki beberapa fungsi yaitu menghisap fluida dari sisi hisap (*input*) dan menekan fluida hasil hisapan ke arah sentrifugal atau sisi buang (*output*). *Impeller* diklasifikasikan menjadi 3 macam yaitu *radial vanes* ($\beta=90^\circ$), *backward-curved vanes* ($\beta<90^\circ$), *forwad-curved vanes* ($\beta>90^\circ$) (Maherwan, 2002).

Penelitian peningkatan efisiensi blower sentrifugal telah di lakukan sebelumnya salah satu contohnya memvariasikan Rpm dan sudut sudu impeller. Pada penelitian tersebut menghasilkan efisiensi blower sentrifugal cukup rendah sekitar 0,373 % di sebabkan karena Rpm nya kurang tinggi (Helmi, 2018). Blower sentrifugal mempunyai efisiensi yang dapat di tingkatkan dengan beberapa cara, misalnya penambahan sudu, penambahan *honeycomb* dan masih banyak lagi.

Perkembangan di era globalisasi ini sangatlah pesat khususnya di dunia teknologi untuk memenuhi kebutuhan konsumen yang semakin meningkat, salah satunya kebutuhan blower sentrifugal. Banyak variasi atau parameter yang harus di lakukan untuk meningkatkan efisiensi dan unjuk kerja yang lebih baik lagi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada pengaruh penambahan sudu

dan penambahan *honeycomb* terhadap unjuk kerja blower sentrifugal. Sudu yang digunakan pada penelitian ini yaitu tipe sudu *backward-curved vanes*. Penelitian ini fokus pada peningkatan putaran. Hal ini dikarenakan jika meningkatkan putaran maka fluda yang di hasilkan akan lebih banyak dan tekanan pun juga meningkat sehingga efisiensi dari blower juga meningkat. Hasil dari penelitian ini akan di gunakan sebagai alat penyuplai fluida gas yang mempunyai tekanan tinggi pada *wind tunnel* sebagai riset aerodinamis pada *body* mobil listrik.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu :

- 1) Bagaimana pengaruh penambahan jumlah sudu dan *honeycomb* terhadap tekanan (P), debit (Q) dan efisiensi (η) yang dihasilkan ?
- 2) Bagaimana pengaruh *honeycomb* terhadap output aliran fluida ?
- 3) Bagaimana hasil efisiensi blower jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Helmi, 2018 ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah tersebut antara lain yaitu :

- 1) Penelitian menggunakan metode experimental.
- 2) Fluida yang digunakan adalah udara.
- 3) Tekanan yang diukur adalah tekanan dinamis.
- 4) Sudut α pada sudu *impeller* yaitu 57° .
- 5) Sudut β yang di gunakan 80° .
- 6) Tidak membahas proses manufaktur blower.
- 7) Pengukuran temperatur dan kecepatan udara pada blower dilakukan sesaat.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

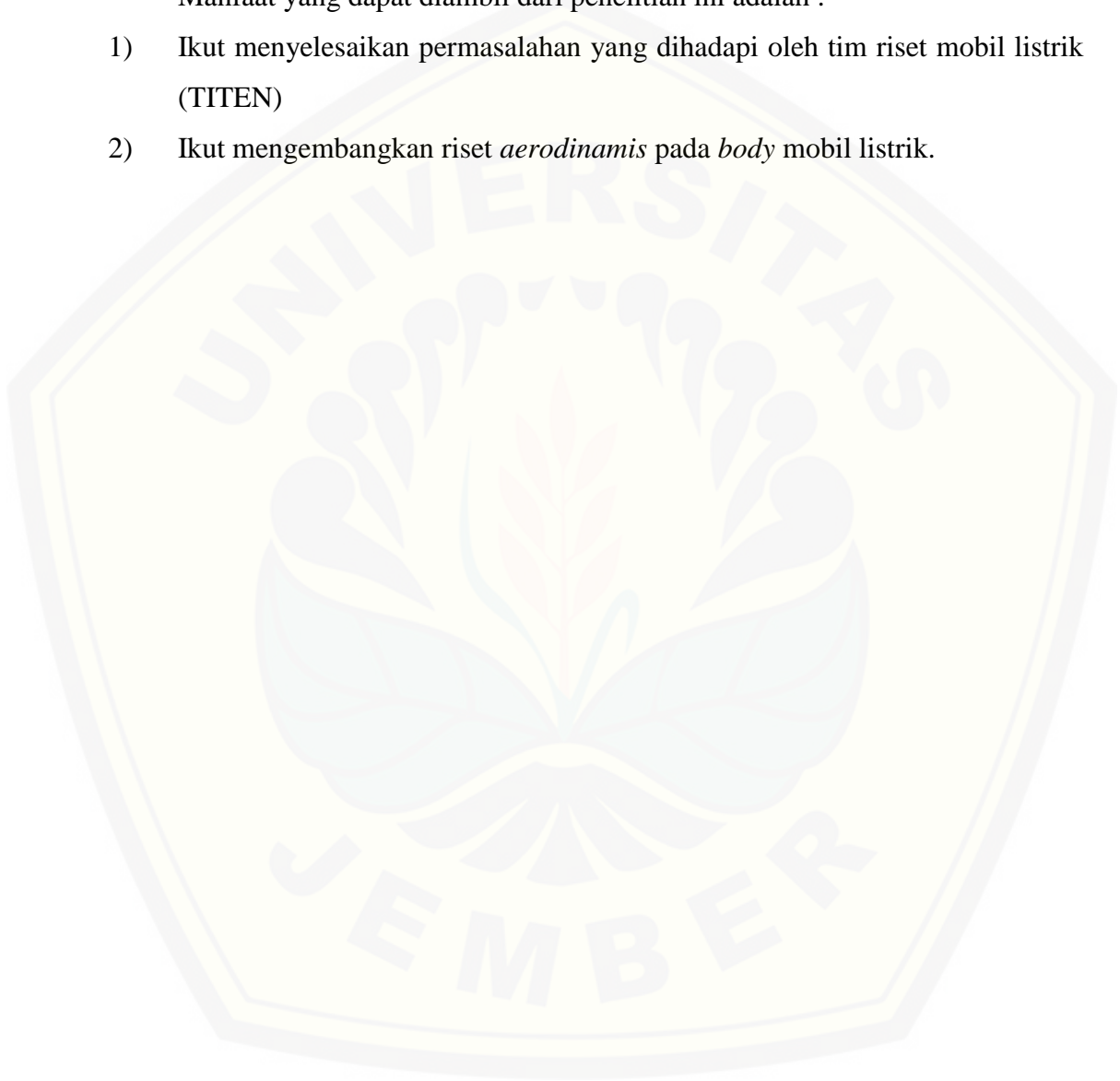
- 1) Mengetahui pengaruh penambahan jumlah sudu dan *honeycomb* terhadap tekanan (P), debit (Q) dan efisiensi (η) yang dihasilkan.
- 2) Mengetahui pengaruh *honeycomb* terhadap output aliran fluida.

- 3) Mengetahui hasil efisiensi blower jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Helmi (2018).

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

- 1) Ikut menyelesaikan permasalahan yang dihadapi oleh tim riset mobil listrik (TITEN)
- 2) Ikut mengembangkan riset *aerodinamis* pada *body* mobil listrik.



BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Blower Sentrifugal

Blower sentrifugal adalah sebuah mesin yang memanfaatkan udara inlet blower lalu di putar ke arah sumbu yang berlawanan oleh gaya sentrifugal ke arah outlet blower, tekanan akhir blower tersebut tidak melebihi 2000 Pascal. Blower sentrifugal apabila dipakai untuk keperluan khusus sering kali diistilahkan dengan nama lain yaitu *Exhaust*. *Exhaust* yaitu blower yang dipakai untuk mengeluarkan gas dari dalam ruang untuk di buang keluar dan pada saat bersamaan menarik udara segar ke dalam ruangan. (Church dkk, 1993).

Prinsip blower sentrifugal dapat kita jumpai pada kegiatan sehari-hari seperti contoh ketika benda terkena gaya pasti akan bereaksi. Blower sentrifugal adalah juga termasuk dalam gaya sentrifugal yaitu mempunyai 2 arah x dan y. Saat motor memutar *impeller* udara memasuki pusat *impeller* (input) lalu udara dimampatkan didalam rumah keong (*volute*) dan pada saat itulah fluida gas memiliki tekanan sebelum terdorong keluar pada *output* blower oleh gaya sentrifugal. Karena adanya gaya sentrifugal akan terlihat bahwa fluida gas akan cenderung berputar terhadap arah yang berlawanan dengan *input* blower dan memiliki tekan udara yang cukup besar. (Church dkk, 1993).

Penelitian dengan memvariasikan jarak volute dengan impeller (*clearance gap*). Blower di rancang dengan putaran 3000 rpm, debit dihasilkan sekitar 24-26 m³/s dan diameter inlet sebesar 0,7 m, variasi jarak volute dengan impeller (*clearance gap*) 2mm dan 3mm. penelitian yang di hasikan semakin lebar *clearance gap* antara inlet blower dengan impeller maka akan mengalami penurunan efisiensi sekitar 1%, dan penurunan tekanan sekitar 1,4% (Chinnasamy dkk, 2013)

Penelitian dengan memvariasikan ukuran lebar inlet dan outlet blower. Terdapat 4 yaitu model A,B,C dan D, dimensi ke empat model blower tersebut ukuran nya berbeda-beda. Lalu di uji dengan laju aliran yang sama. Blower yang di gunakan adalah blower centrifugal tipe *backward curved* dengan jumlah sudu

12 dan sudut β 46,3. Maka di dapat kan hasil efisiensi paling tinggi adalah 9,17 % (Huang, 2009). Berikut adalah dimensi ukuran ke empat blower dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Dimensi ukuran blower

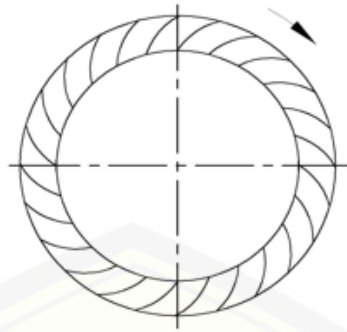
Parameter	Model A	Model B	Model C	Model D
Impeller wheel outer diameter, ^a mm (in.)	910 (35 ⁷ / ₈)	829 (32 ⁵ / ₈)	752 (29 ⁵ / ₈)	678 (26 ⁵ / ₈)
Blade angle, ^b degrees	46.39			
Blade number	12			
Tongue length, ^c mm (in.)	214 (8 ³ / ₈)	206 (8 ¹ / ₈)	190 (7 ¹ / ₂)	172 (6 ³ / ₄)
Impeller wheel width, ^d mm (in.)	224 (8 ⁷ / ₈)	204 (8)	181 (7 ¹ / ₈)	167 (6 ¹ / ₂)
Inlet diameter, ^e mm (in.)	924 (36 ³ / ₈)	850 (33 ¹ / ₂)	765 (30 ¹ / ₈)	695 (27 ³ / ₈)
Outlet size, ^f mm × mm (in. × in.)	824 × 737 (32 ¹ / ₂ × 29)	670 × 760 (26 ³ / ₈ × 30)	594 × 678 (23 ³ / ₈ × 26 ⁵ / ₈)	544 × 614 (21 ³ / ₈ × 24 ¹ / ₈)
Total grid size	1,063,787	871,861	781,310	589,640

2.1.1 Jenis-jenis Blower Sentrifugal

Blower sentrifugal berdasarkan sudu yang dipasang dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu :

1) *Forward Curved Blade*

Impeller yang digunakan pada blower ini yaitu jenis bilah (sudu) yang melengkung searah dengan putaran penggerak. Sudu jenis ini sering di pakai pada kecepatan yang rendah maka udara yang diserap dan dibuang lebih kecil maka akan menghasilkan tekanan cukup rendah. Jika jenis sudu ini dipaksa pada putaran yang tinggi maka fluida didalam *volute* akan mengalami turbulensi dan cenderung udara berputar-putar didalam volute, karena arah sudu searah dengan putaran penggerak (Maherwan, 2002). Jenis bilah ini dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Bilah type *Forward Curved Blade* (Onny, 2017).

2) *Backward Curved Blade*

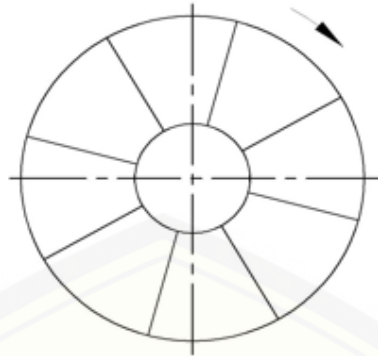
Impeller yang digunakan pada blower ini yaitu jenis bilah (Sudu) yang melengkung berlawanan dengan putaran penggerak. Sudu jenis ini sering dipakai pada kecepatan yang tinggi maka udara yang diserap dan dibuang lebih besar maka tekanan yang dihasilkan lebih besar kalau dibandingkan dengan sudu jenis *forward*. (Maherwan, 2002). Jenis bilah ini dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Bilah type *Backward Curved Blade* (Onny, 2017).

3) *Straight Radial Blades*

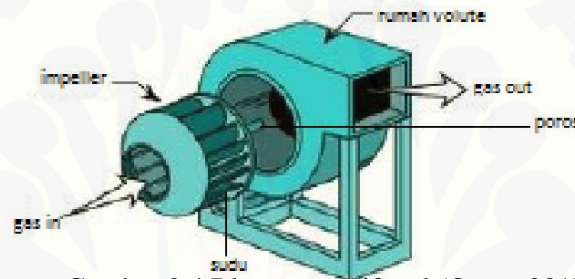
Impeller yang digunakan pada blower ini yaitu jenis sudu (bilah) yang tegak lurus dengan garis sumbu impeller. Sudu jenis ini sering dipakai pada kecepatan yang sedang maka udara yang dihasilkan relative sedang dan tekanan yang dihasilkan lebih tinggi (Maherwan, 2002). Blower sentrifugal jenis ini dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Bilah *type Straight Curved Blade* (Onny, 2017).

2.1.2 Bagian-bagian Blower Sentrifugal

Beberapa bagian dari blower sentrifugal dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Blower sentrifugal (Onny, 2017).

1) Poros

Poros adalah sebuah besi pejal atau berongga yang terdapat pada mesin berfungsi untuk memindahkan putaran atau meneruskan daya. Dimana poros tersebut biasanya terpasang pada elemen-elemen seperti roda gigi, pulley, flywheel. Poros bisa menerima beban lentur, beban tarik, hingga beban puntiran. Poros diproduksi melalui mesin bubut dan mesin milling guna memudahkan pada proses pengerjaan. Poros di bubut bertingkat mulai dari bagian ujung hingga ujung satunya sesuai dengan desain yang kita inginkan. Gambar Poros dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Poros (Sularso, 2004).

2) Bantalan (*bearing*)

Bantalan adalah sebuah elemen mesin yang berfungsi sebagai menopang poros dan memiliki beban. Gerakan *bearing* saat berputar dibantu dengan *ball bearing* dan *roller* yang terdapat diantara *inner* dan *outer*. Pada saat salah satu cincin berputar maka akan menghasilkan gaya gesek dan gaya tersebut menyebabkan adanya hambatan gelinding. Bantalan mempunyai fungsi adalah sebagai berikut :

- a) Meminimalisir gaya gesek.
- b) Melindungi poros agar tidak cepat aus
- c) Perawatan mudah.
- d) Biaya pembuatan poros lebih murah. Karena tidak membutuhkan jenis material yang baik.
- e) Poros lebih kuat dan umur lebih lama.

Bantalan yang biasa dipakai pada blower adalah bantalan luncur disebabkan oleh kecepatan geseknya (*rubbing speed*) yang lebih tinggi. Bantalan-bantalan ini biasanya dilapisi oleh lapisan rubber dan dapat dilumasi dengan menggunakan oli atau singer pada bagian ball bearing atau dengan pelumasan spray. Bantalan yang dipakai harus diletakkan pada poros yang sewaktu-waktu mengalami beban yang terjadi secara tiba-tiba. Bantalan atau *bearing* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Bantalan (*Bearing*) (Erinofiardi, 2011).

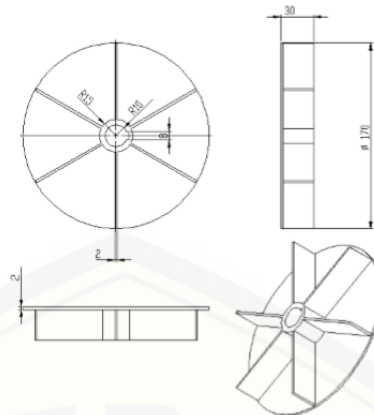
3) Rumah Blower (*volute*)

Rumah blower adalah sebuah komponen yang berfungsi sebagai tempat menampung, pemvakuman dan memampatkan fluida gas sebelum di lontarkan ke bagian output blower. Rumah blower dibuat dari serat *fiber glass*, yang terpisah menjadi dua bagian. Rumah blower dengan jenis yang terpisah terdapat bagian hisap dan bagian buang yang meghadap ke atas.

4) Sudu (bilah)

Sudu adalah bagian dari impeller yang berfungsi sebagai tempat berlalunya fluida gas. Material yang di gunakan pada pembuatan sudu diusahakan terbuat dari material yang ringan karena jika terlalu berat maka beban yang diputar oleh motor terlalu berat dan menyebabkan unjuk kerja blower semakin jelek. Sudu dalam pengaplikasiannya ada 3 jenis yang sering digunakan yaitu *radial vanes* ($\beta=90^\circ$), *backward-curved vanes* ($\beta<90^\circ$), *forwad-curved vanes* ($\beta>90^\circ$). Sudu.

Penelitian dengan memvariasikan 5 impeller dengan jumlah sudu 4,5,6,7,dan 8. Hasil penelitian menunjukkan dengan bertambahnya jumlah sudu maka kecepatan angin yang dihasilkan semakin besar. Pada putaran 580 rpm dengan jumlah sudu 8 debit yang dihasilkan 0,021 m³/s dan kecepatan angin yang dihasilkan 4,2 m/s. Pada putaran 580 rpm dengan jumlah sudu 4 debit yang dihasilkan 0,0182 m³/s dan kecepatan angin yang dihasilkan 3,5 m/s (T.E. Mwinuka, 2016). Semakin banyak jumlah sudu maka unjuk kerja blower akan semakin meningkat akan tetapi terdapat batasan maksimum jumlah sudu sebanyak 12. Apabila jumlah sudu di atas 12 maka unjuk kerja blower akan semakin menurun (Nagpurwala) Gambar desain impeller dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Desain impeller

Penelitian peningkatan efisiensi telah dilakukan dengan cara variasi jumlah sudu yaitu 10,12 dan 14 dan memvariasikan sudut sudu yaitu sudut inlet 18.5, 20.5, dan 22.5 dan sudut outlet 24.5, 26.5, dan 28.5. Hasil penelitian di dapat efisiensi tertinggi yaitu pada jumlah sudu 12 dengan sudut inlet 22.5 dan sudut outlet 28.5 dengan nilai efisiensi sebesar 32,84% (Patel, 2013). Tabel variasi pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.2.

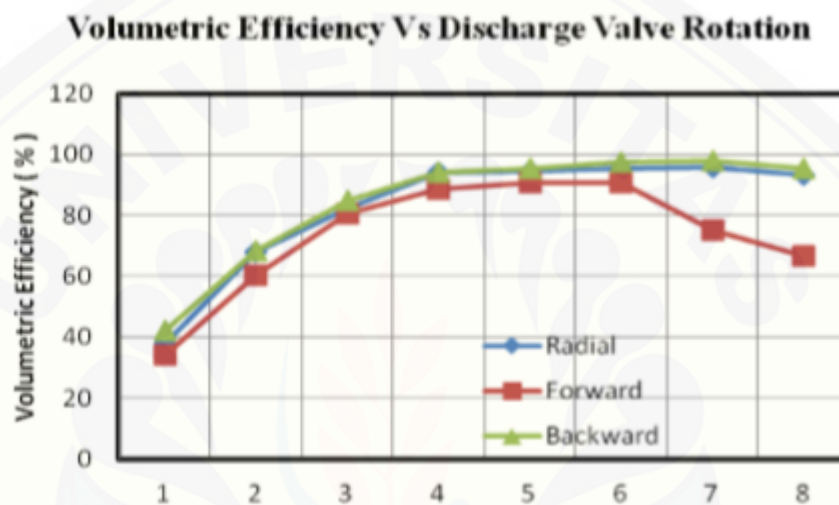
Tabel 2.2 Variasi pengujian jumlah sudu dan sudut sudu

No. Of fan	Inlet Angle	Outlet Angle	No. of Blades	Outlet Pressure(Pa)	Inlet pressure(Pa)	Outlet Velocity (m/sec)	Pressure Rise (Pa)	efficiency
1	18.5	24.5	10	1765	-579	15.63	2344	32.80
2	18.5	26.5	12	1789	-579	16.61	2368	32.36
3	18.5	28.5	14	1815	-579	16.43	2394	31.90
4	20.5	24.5	12	1792	-579	12.25	2371	32.31
5	20.5	26.5	14	1820	-579	16.50	2399	31.81
6	20.5	28.5	10	1785	-579	14.28	2364	31.81
7	22.5	24.5	14	1808	-579	16.28	2387	32.02
8	22.5	26.5	10	1752	-579	14.00	2331	32.04
9	22.5	28.5	12	1763	-579	16.25	2342	32.84

5) Impeller

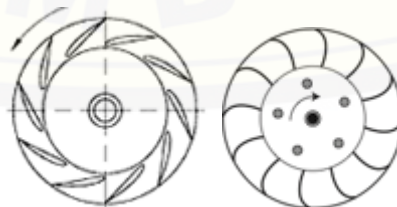
Impeller adalah sebuah alat yang berfungsi untuk menghisap udara masuk (*inlet*) lalu memutar fluida gas kearah output dengan memanfaatkan gaya sentrifugal. Sehingga menghasilkan kecepatan dan tekanan udara yang lebih besar. (Church dkk, 1993)

Penelitian peningkatan efisiensi telah dilakukan dengan cara memvariasikan jenis impeller yaitu jenis impeller *forward*, *backward* dan *radial curved*. Jumlah sudu 14, diameter outside *impeller* 500 mm, ketebalan sudu 3 mm, material yang digunakan baja karbon sedang. Pada penelitian tersebut menghasilkan efisiensi paling tinggi yaitu jenis impeller *backward curved* dengan nilai 90% (Thangarasu, 2015). Grafik efisiensi jenis impeller dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Grafik efisiensi beberapa jenis impeller

Penelitian mengenai impeller yang membandingkan jenis bilah atau geometri bilah yaitu *backward curved* dan *backward airfoil*. Dimensi dan ukuran sama dan yang membedakan adalah jenis bilah atau geometri bilah dan di uji pada putaran yang sama 1000-5000 rpm dan di dapatkan hasil efisiensi untuk *backward airfoil* sebesar 81% dan untuk jenis *backward curved* sebesar 76% (S.P dayal, 2015). Jenis bilah dapat dilihat pada Gambar 2.9



Gambar 2.9 Gambar jenis bilah

Penelitian mengenai impeller yang membandingkan lebar impeller. Dengan dimensi ukuran Impeller sama yaitu inlet: 95mm, impeller diameter inlet D1:

95mm, impeller diameter outlet D2: 240mm, outlet blower: 60mm, diameter casing : 308mm, jumlah sudu 10. Variasi penelitian adalah lebar impeller yaitu A: 17mm, B: 20mm, dan C: 21,5mm. impeller di putar dengan putaran 2800 rpm dan dapat dihasilkan 28,54% dan laju aliran massa sebesar 0,015% . (Sushant Wagh, Dhananjay Panchagade, 2014)

2.1.3 Kelebihan Blower Sentrifugal

Berikut adalah beberapa kelebihan blower senrifugal .

- 1) Kenaikan efisiensi tinggi.
- 2) Biasanya terdiri dari 6-16 blade lebih sedikit dibandingkan dengan blower *forward*.
- 3) Laju aliran udara tinggi.
- 4) Lebih efisien dibandingkan dengan blower *forward*:
- 5) Menghasilkan tekanan tinggi.

2.1.4 Kelemahan Blower Sentifugal

Berikut beberapa kelemahan blower sentrifuga:

- 1) Hanya cocok untuk pelayanan yang bersih.
- 2) Lajua aliran output blower sulit diatur.
- 3) Penggerak harus dipilih secara hati-hati untuk menghindarkan beban motor lebih, sebab kurva daya meningkat sejalan dengan aliran udara.

2.2 Aliran Fluida

Aliran fluida di bedakan dalam 3 jenis yaitu aliran laminar, transisi dan turbulen. Aliran fluida laminer adalah kecepatan udara yang melalui sebuah pipa dengan kecepatan rendah sehingga aliran fluida akan relative konstan dan arahnya seragam. Aliran fluida turbulen adalah kecepatan udara yang melalui sebuah pipa dengan kecepatan tinggi sehingga aliran tak beraturan dan tidak seragam. Aliran transisi adalah suatu titik transisi antara aliran laminar menuju aliran turbulen. Aliran transisi sangat sulit untuk diamati secara tepat karena kecepatan transisi yang terjadi tidaklah konsisten dan untuk pengujian yang dilakukan harus berulang-ulang dan berbeda (Victor dkk, 1998).

2.2.1 Klasifikasi Aliran

Jenis aliran Secara garis besar dapat dibedakan atau dikelompokkan sebagai berikut :

1) Aliran tunak (*steady*)

Aliran tunak adalah aliran yang mempunyai kecepatan konstan dan tidak ada perubahan (tidak mempunyai percepatan

2) Aliran tidak tunak (*unsteady*)

Aliran tidak tunak adalah bisa dikatakan sebagai aliran fluida yang tidak teratur, tidak konstan dan tidak seragam..

2.2.2 Tipe-tipe Aliran

Bilangan Reynold suatu bilangan yang digunakan untuk mendeteksi atau menganalisa apakah aliran tersebut termasuk aliran turbulen, laminet atau tersier.

Bilangan Reynold dapat dicari menggunakan Persamaan 2.1 dibawah ini :

$$Re = \frac{V D \rho}{\mu} \quad (2.1)$$

Dimana :

V = kecepatan fluida (m/s)

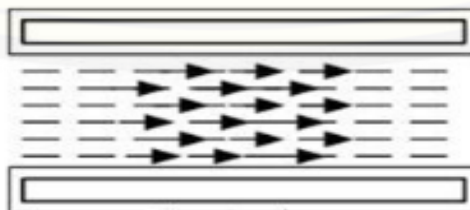
D = diameter dalam pipa (m)

P = rapat massa fluida (kg/m³)

μ = viskositas dinamik fluida (kg/ms)

1) Aliran laminar

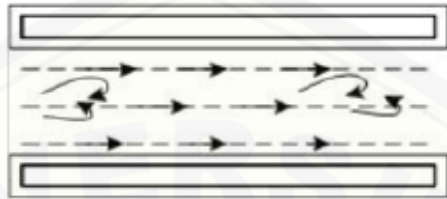
Aliran laminar suatu aliran fluida yang mengalir secara seragam dan teratur tetapi kecepatan rendah. Aliran laminar ini mempunyai nilai reynold kurang dari 2300. Aliran laminar dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Aliran laminar (Olson, 1990)

2) Aliran transisi

Aliran transisi suatu aliran peralihan dari aliran laminar menuju aliran turbulen. Peralihan aliran ini tergantung pada kecepatan fluida yang mengalir. nilai bilangan reynold aliran transisi antara 2300 sampai dengan 4000. Aliran transisi dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Aliran transisi (Olson, 1990).

3) Aliran turbulen

Aliran turbulen suatu aliran yang mengalir dengan bentuk yang tidak teratur. Aliran tidak teratur tersebut di karenakan laju aliran tinggi sehingga menyebabkan aliran udara tidak seragam dan tidak teratur. Aliran turbulen memiliki nilai reynold lebih besar dari 4000. Aliran turbulen dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Aliran turbulen (Olson, 1990)

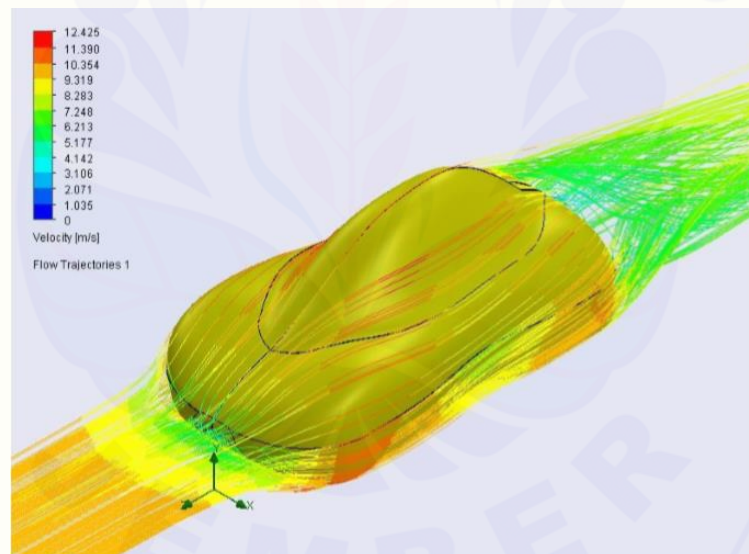
2.3 Analisa Aerodinamika Kendaraan dengan Computational Fluid Dynamics

Aerodinamika adalah studi mengenai aliran udara di sekitar kendaraan, khususnya jika kendaraan bergerak. Konsumsi energi kendaraan juga dipengaruhi oleh adanya hambatan udara ketika kendaraan berjalan. Hambatan tersebut disebut Gaya Hambat (Drag Force). Gaya hambat udara ditentukan oleh kecepatan kendaraan, luas penampang depan kendaran, masa jenis udara dan bentuk (Alexis,

J. Et al, 2011). Hambatan aerodinamika pada kendaraan disebabkan adanya tekanan yang beraksi pada luasan depan kendaraan.

Pemakaian perangkat Computational Fluid Dynamics (CFD) menjadi sangat penting sebagai cara untuk memudahkan menemukan sifat-sifat aerodinamika dari desain kendaraan yang akan dibuat. Dalam simulasi menggunakan CFD yang perlu disiapkan adalah desain Computer Aided Design (CAD). Desain dan simulasi yang dipakai oleh tim Titen EV menggunakan aplikasi Solidworks 2015 yang sudah dilengkapi dengan Solidworks Flow Simulation.

Kecepatan udara rata-rata ditentukan setelah melakukan uji kecepatan kendaraan di sirkuit. Dari pengujian tim di dapatkan kondisi kecepatan yang optimal yaitu 30 km/jam, sehingga kecepatan udara rata-rata di sirkuit lomba diasumsikan memiliki kecepatan 30 km/jam (8,333 m/s). Distribusi kecepatan dan bentuk aliran udara di sekitar mobil dapat dilihat pada Gambar 2.13



Gambar 2.13 Hasil analisis kecepatan udara

Perhitungan Drag Coefficient Dari hasil simulasi didapatkan informasi drag force yang terjadi pada bodi mobil yang dapat dilihat pada Tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2.3 Drag force

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
GG Force (X) 1	[N]	0.028249549	0.041037956	-0.064169214	0.188121292	39.5	Yes	0.045131109	0.017833743
GG Force (Y) 1	[N]	28.90085806	28.88105704	28.74236934	29.01077977	100	Yes	0.025980694	0.290918238
GG Force (Z) 1	[N]	-15.93289729	-15.85545558	-15.93722968	-15.75657541	100	Yes	0.029424767	0.384943825

Nilai drag force pada tabel diatas ditandai warna kuning sebesar 15,757 newton, nilai tersebut berada pada kecepatan mobil 8,333 m/s. Kemudian untuk luas penampang depan kendaraan yang di desain sebesar 0,87 m². Untuk menentukan Drag Coefficient akan dihitung menggunakan persamaan 2.2 dibawah ini.

$$CD = \frac{2Fd}{\rho v^2 A} \quad (2.2)$$

$$CD = \frac{2 \times 15,757}{1,2 \times (8,333)^2 \times 0,87}$$

$$CD = 0,435$$

Dimana:

FD = Gaya hambat udara (N)

CD = Koefisien hambat

P = Massa jenis udara, 1,2 kg/m³

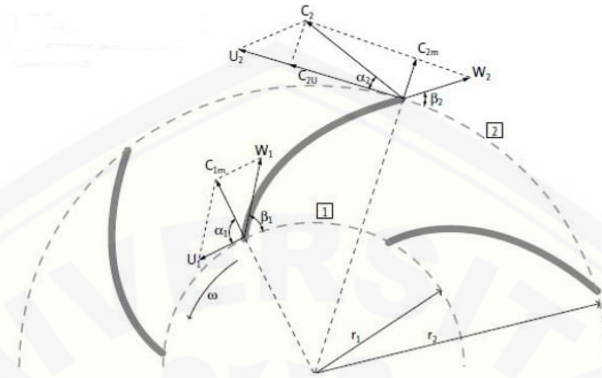
V = Kecepatan udara (m/s)

A = Luas penampang kendaraan dari pandangan depan (m²)

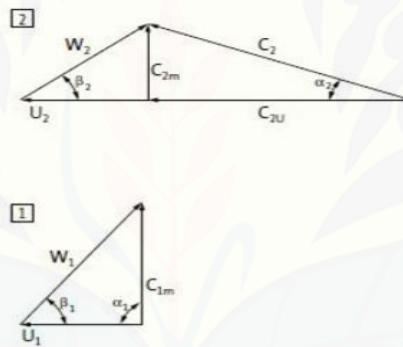
Dari hasil analisa aerodinamika pada desain alternatif dua, bodi mobil Titen Urban pada kondisi kecepatan 8,333 m/s memiliki Gaya Hambat (drag force) sebesar 15,757 newton, sedangkan nilai Koefisien Hambat (drag coefficient) yang dimiliki 0,435.

2.4 Segitiga Kecepatan

Segitiga kecepatan dapat dilihat pada Gambar 2.14 dan Gambar 2.15 dibawah ini :



Gambar 2.14 Segitiga kecepatan sisi masuk dan keluar (Church dkk, 1993).



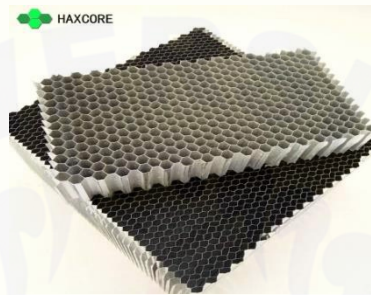
(1) Segitiga kecepatan Sisi masuk; (2) Segitiga kecepatan Sisi Keluar
Gambar 2.15 Segitiga kecepatan (Church dkk, 1993).

Dimana,

- R_1 = jari jari diameter dalam *impeller* (m)
- r_2 = jari jari diameter lura *impeller* (m)
- U = kevepatan tangensial atau kecepatan keliling (m/s)
- w = kecepatan arah sudu atau kecepatan *relative* (m/s)
- C_{2m} = kecepatan mutlak sisi masuk (m/s)
- C_{2U} = kecepatan mutlak ke arah U pada sisi buang (m/s)
- α = sudut sudu pada sisi masuk ($^\circ$)
- β = sudut sudu pada sisi keluar ($^\circ$)

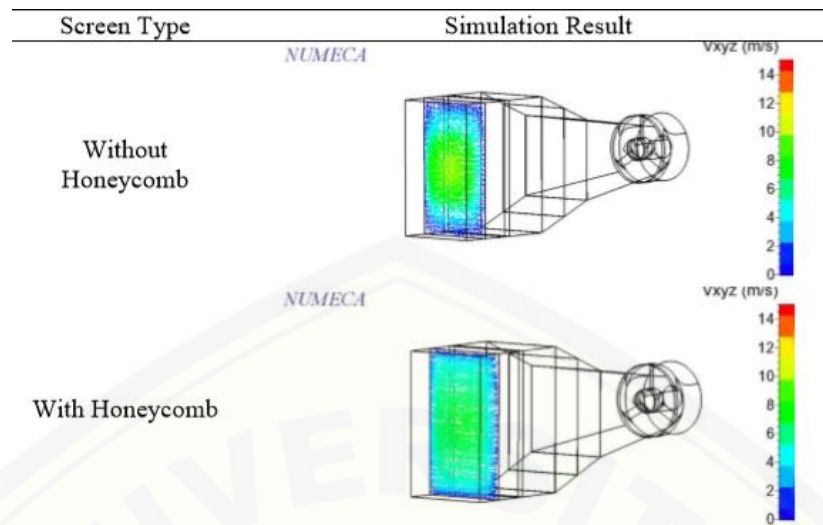
2.5 Honeycomb

Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas dari blower adalah turbulensi. Turbulensi adalah suatu aliran fluida yang sulit di perkirakan gerakannya dan turbulensi yang tinggi akan mengakibatkan pengukuran tidak akurat. Untuk mengantisipasi kejadian tersebut maka posisi output blower diberi *honeycomb* yang bertujuan mendapatkan aliran fluida yang searah, seragam, dan stabil (kusnawan,2016).



Gambar 2.16 *Honeycomb* (kusnawan 2016)

Penelitian penyearah aliran fluida yaitu dilakukan dengan cara penambahan honeycomb. Pada penelitian ini peletakan honeycomb di letakkan pada inlet, bagian tengah dan outlet *wind tunnel*. Pada terowongan angin di pasang beberapa screen(mesh type), screen A dengan porositas 71%, screen B dengan porositas 63%, screen C dengan porositas 57%, screen D dengan porositas 47%, dan bagian yang output *wind tunnel* di pasang *Honeycomb* dengan porositas 80%. Penelitian ini menghasilkan pertama mencegah pemisahan aliran dan yang ke dua yaitu di peroleh aliran yang seragam (Fadilah, 2018). Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 2.17 berikut ini:



Gambar 2.17 Hasil simulasi menggunakan *Honeycomb* dan tanpa *Honeycomb*

2.6 Perancangan *Impeller*

Perancangan *impeller* dipengaruhi oleh kecepatan aliran (v) dan debit aliran (Q). Perancangan *impeller* apabila keluaran blower berbentuk kubus dengan penampang depan berbentuk persegi memiliki panjang 300 mm dan lebar 150 mm, maka perhitungannya sebagai berikut :

$$A = p \times l$$

$$v = 7 \text{ m/s}$$

$$Q = v \times A$$

dimana :

$$p = \text{panjang (m)}$$

$$l = \text{lebar (m)}$$

$$A = \text{luasan (m}^2\text{)}$$

$$v = \text{kecepatan (m/s)}$$

$$Q = \text{debit (m}^3\text{/s)}$$

2.6.1 Menentukan Massa Jenis (ρ) Udara

ρ udara dapat ditentukan menggunakan Persamaan 2.3 berikut ini :

$$\frac{p}{\rho} = R \times T \text{ atau } \rho = \frac{p}{R \times T} \quad (2.3)$$

Dimana :

P = tekanan (N/m^2)

ρ = massa jenis udara (kg/m^3)

R = 287 N/kg (tetapan)

T = suhu $20^\circ C / 293^\circ K$

2.6.2 Perhitungan Head Total

Head total (H) dapat diketahui melalui Persamaan 2.4 sebagai berikut :

$$H = \frac{\Delta p}{\rho \times g} \quad (2.4)$$

Dimana :

H = head total (m)

2.6.3 Perhitungan Kecepatan Spesifik

Kecepatan spesifik (N_q) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan

2.5 sebagai berikut :

$$N_q = n \times \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad (2.5)$$

Dimana :

N_q = kecepatan spesifik (*rpm*)

2.6.4 Perhitungan Diameter Luar *Impeller*

Perhitungan diameter luar *impeller* dapat diketahui dengan cara mencari nilai energi spesifik (y) menggunakan Persamaan 2.6 berikut ini :

$$y = g \times H \quad (2.6)$$

dimana :

y = energi spesifik (J/kg)

Diameter luar *impeller* (D_2) dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan 2.7 sebagai berikut ini :

$$D_2 = \frac{s}{\frac{\sqrt[4]{2y}}{Q} \times \sqrt{\pi}/2} \quad (2.7)$$

Dimana :

D_2 = diameter luar *impeller*

2.6.5 Perhitungan Kecepatan Keliling

Kecepatan keliling (U_2) dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan 2.8 berikut ini :

$$U_2 = \frac{\pi \times D_2 \times n}{60} \quad (2.8)$$

Dimana :

U_2 = kecepatan keliling (m/s)

2.6.6 Perhitungan Luas Sisi Masuk (A_s)

Luasan (A_s) dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan 2.9 apabila nilai C suction (C_s) ditetapkan sebesar 20 m/s berikut ini :

$$A_s = \frac{Q}{C_s} \quad (2.9)$$

Dimana :

C_s = kecepatan absolut di sisi masuk (ditetapkan 20 m/s)

A_s = luas sisi masuk (m^2)

2.6.7 Perhitungan Diameter Dalam *Impeller* (D_1)

Diameter dalam *impeller* dapat diketahui nilainya dengan menggunakan Persamaan 2.10 sebagai berikut :

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \times A_s}{\pi}} \quad (2.10)$$

Dimana :

D_1 = diameter dalam *impeller* (m)

2.6.8 Perhitungan Kecepatan Keliling

Kecepatan keliling (U_1) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.11 berikut ini :

$$U_1 = \frac{\pi \times D_1 \times n}{60} \quad (2.11)$$

Dimana :

U_1 = kecepatan keliling (m/s)

2.6.9 Perhitungan Sudut β

Sudut β dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.12 berikut ini :

$$\beta = \tan^{-1} \frac{C_s}{V_1} \quad (2.12)$$

sudut $\beta = \text{Arc tan } \beta$

dimana :

sudut β = sudut keluar sudu ($^{\circ}$)

2.6.10 Perhitungan Kecepatan Sepanjang Sudu (w_1)

Kecepatan sepanjang sudu (w_1) dapat dihitung menggunakan Persamaan

2.13 berikut ini :

$$w_1 = \frac{V_1}{\cos 48} \quad (2.13)$$

dimana :

w_1 = kecepatan sepanjang sudu (m/s)

2.6.11 Perhitungan Kecepatan Mutlak ke Arah U (C_{2U})

Kecepatan mutlak ke arah U dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.14

sebagai berikut :

$$C_{2U} = \frac{H \times g}{\sin \alpha \times v_2} \quad (2.14)$$

Dimana :

C_{2U} = kecepatan mutlak ke arah U (m/s)

2.6.12 Perhitungan Tebal Sudu

Tebal sudu (b_1) dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.15 berikut ini :

$$b_1 = \frac{Q}{\pi \times D^1 \times C_s} \quad (2.15)$$

Dimana :

b_1 = Tebal sudu (m)

2.6.13 Perhitungan Kecepatan Mutlak ke Arah Meridian (C_{2m})

C_{2m} dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.16 sebagai berikut :

$$C_{2m} = \frac{Q}{A_2} \quad (2.16)$$

Dimana :

C_{2m} = kecepatan mutlak ke arah meridian (C_{2m})

2.6.14 Perhitungan Tan α

Tan α dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.17 sebagai berikut :

$$\tan \alpha = \frac{C_{2m}}{U_1} \quad (2.17)$$

Dimana :

$\tan \alpha$ = sudut masuk sudu ($^{\circ}$)

2.6.15 Perhitungan Daya (P)

Daya (P) dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.18 berikut ini :

$$P = Q \times \Delta p \quad (2.18)$$

Dimana :

P = daya (watt)

Q = debit (m^3/s)

Δp = tekanan rancang (pa)

2.6.16 Perhitungan Jumlah Sudu Impeller

Jumlah sudu z ditentukan berdasarkan diameter sisi isap D_1 dan diameter luar impeller D_2 . Dengan Persamaan 2.19 berikut ini (Church dkk, 1993) :

$$z = 6,5 \times \frac{D_2 + D_1}{D_2 - D_1} \times \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \quad (2.19)$$

2.7 Perancangan *Volute*

Perancangan *volute* meliputi beberapa perhitungan dibawah ini yaitu :

2.7.1 Jari-jari Minimal *Volute* (r_3)

Jari-jari minimal *volute* dapat dihitung dengan Persamaan 2.20 berikut ini (Crunch dkk, 1993) :

$$r_3 = (1,02 \div 1,05) \times r_2 \quad (2.20)$$

dimana:

r_3 = Jari-jari minimal *volute* (mm)

r_2 = Jari-jari luar impeller

2.7.2 Jari-jari Kelengkungan (p)

Jari-jari kelengkungan dapat dihitung dengan Persamaan 2.21 berikut ini (Crunch dkk, 1993):

$$p = \frac{\varphi^{\circ}}{x} + \frac{\sqrt{2\varphi^{\circ}}}{x} x r_3 \quad (2.21)$$

dimana:

p = Jari-jari kelengkungan (mm)

r_3 = Jari-jari minimal *volute*

x = Koefisien jarak pada sudu

koefisien jarak pada sudu dapat dicari menggunakan Persamaan 2.22 dibawah ini :

$$x = \frac{720}{Q} \times k_{U2} \times \pi \quad (2.22)$$

dimana:

Q = Kapasitas blower ($0,65 \text{ m}^3/\text{s}$)

k_{U2} dapat dicari menggunakan Persamaan 2.23 dibawah ini :

$$k_{U2} = r_2 \times C_{2U} \quad (2.23)$$

Dengan φ° yang berbeda-beda, maka akan didapat jari-jari kelengkungan (p) yang berbeda-beda pula. Misalnya $\varphi^\circ = 45^\circ$ maka hasilnya adalah $p : 0,01368$

Jari-jari kelengkunga dari *volute* (r_{va}) dapat dicari dengan Persamaan 2.24 dibawah ini :

$$R_{vol} = r_3 + 2p \quad (2.24)$$

Dengan cara yang sama maka hasilnya dapat dilihat di Tabel 2.4 dibawah ini :

Tabel 2.4 Perhitungan jari-jari kelengkungan *volute*

Persimpangan	φ°	p (m)	p (mm)	r_{vol} (mm)
1	0	0	0	147
2	45	0,00915	9,15	165,3
3	90	0,01309	13,09	173,13
4	135	0,01618	16,18	179,36
5	180	0,01883	18,83	184,66
6	225	0,02120	21,20	189,4
7	270	0,02336	23,36	193,72
8	315	0,02537	25,37	197,74
9	360	0,02726	27,26	201,52

2.7.3 Diameter Input dan Output Blower

Dalam perencanaan *volute* blower diameter input dan output dapat dihitung melalui persamaan 2.25 asas kontiunitas .

$$Q_1 \text{ input} = Q_2 \text{ output} \quad (2.25)$$

$$A_1.V_1=A_2.V_2$$

2.7.4 Tebal *Volute* (S)

Tebal *volute* blower bahan yang dipakai adalah serat fiber glass dengan sifat mekanis 1. Kekuatan tarik (σ_b) : 40 kg/mm². Tebal *volute* dapat dicari menggunakan Persamaan 2.26 dibawah ini (Crunch dkk, 1993) :

$$S = x. y. \frac{d. \sigma_b}{p} + z \quad (2.26)$$

Dimana :

S = Tebal *Volute* (mm)

σ_b = Kekuatan tarik = 40 kg/mm²

d = Diameter laluan yang terbesar (mm)

P = tekanan pada laluan (kg/mm²)

y = kaefisien bentuk laluan (1,6)

z = factor untuk menghindari penyimpangan pada saat peresinan yang diijinkan (2-3) mm

x = factor keamanan direncanakan (4,5)

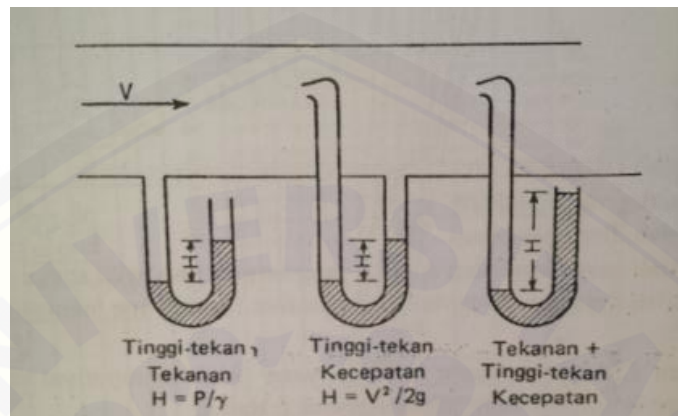
2.8 Tinggi Tekan (*Head*)

Tinggi tekan adalah ketinggian dimana kolom fluida harus naik untuk memperoleh jumlah energi yang sama dengan yang dikandung satu satuan bobot fluida pada kondisi yang sama. Tinggi tekan ada dalam tiga bentuk yang dapat saling dipertukarkan yaitu tinggi tekan potensial, tinggi tekan kinetik, dan tinggi tekan tekanan. Tinggi tekan potensial atau tinggi tekan aktual didasarkan pada ketinggian fluida diatas bidang banding (*datum plane*). Jadi suatu kolom air setinggi z ft mengandung sejumlah energi disebabkan oleh posisinya dan disebutkan fluida tersebut mempunyai tinggi tekan sebesar z ft kolom air.

Tinggi tekan kinetik atau tinggi tekan kecepatan adalah suatu ukuran energi kinetik yang dikandung satu satuan bobot fluida yang disebabkan kecepatannya, dan dinyatakan oleh persamaan yang biasa dipakai untuk energi kinetik, $V^2/2g$. Energi ini dapat diukur dengan tabung pitot yang ditempatkan pada aliran.

Tinggi tekan tekanan adalah energi yang dikandung oleh fluida akibat tekanannya, dan sama dengan p/γ . Bila suatu manometer terbuka dihubungkan

tegak lurus dengan aliran, fluida akan naik di dalam tabung ketinggian yang sama dengan rumus p/γ (Church dkk, 1993). Pengukuran tinggi tekan (*head*) dapat dilihat pada Gambar 2.18 dibawah ini



Gambar 2.18 Metode pengukuran bentuk tinggi tekan (Church dkk, 1993).

2.9 Parameter Penelitian

2.9.1 Tekanan (*Pressure*)

Tekanan adalah perbandingan antara gaya normal terhadap luas bidang, dengan satuan newton per meter persegi (N/m^2) (Streeter dkk, 1981). Tekanan rata-rata adalah gaya normal yang mendorong suatu bidang datar dibagi dengan luas bidang tekan. Apabila suatu fluida melakukan tekanan terhadap dinding suatu bejana, maka bejana tersebut akan melakukan reaksi terhadap fluida yang bersifat kompressif (memampatkan). Fluida dapat menahan tekanan kompresi atau tekanan mampat yang sangat tinggi. Apabila, fluida yang digunakan bersifat tidak sangat murni maka cairan amat lemah terhadap tarikan. Karena itulah maka tekanan mutlak yang dipergunakan tidak pernah negatif, karena tekanan mutlak yang negatif berarti bahwa fluida mengalami tegangan tarik. Tekanan dapat dicari menggunakan Persamaan 2.27 berikut ini :

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.27)$$

Keterangan :

P = tekanan (N/m^2)

F = gaya (N)

A = luas permukaan (m^2)

Tekanan dibagi menjadi tiga yaitu tekanan statis, tekanan dinamis dan tekanan total atau tekanan stagnasi. Tekanan statis adalah tekanan fluida yang dapat diukur menggunakan alat yang bergerak bersama dengan gerakan fluida. Tekanan dinamis adalah tekanan ketika fluida dalam keadaan bergerak. Tekanan total atau stagnasi adalah tekanan fluida yang diukur pada aliran fluida mengalami perlambatan hingga berhenti. Tekanan statis dapat dicari menggunakan Persamaan 2.28 berikut ini :

$$P \text{ statik} = \rho \times g \times H \quad (2.28)$$

Dimana :

P statik = tekanan statik (pa)

ρ = rho (kg/m^3)

g = gravitasi (m/s^2)

H = head (m)

Tekanan dinamis dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.29 berikut ini :

$$P \text{ dinamis} = \frac{1}{2} \times \rho \times v^2 \quad (2.29)$$

Dimana :

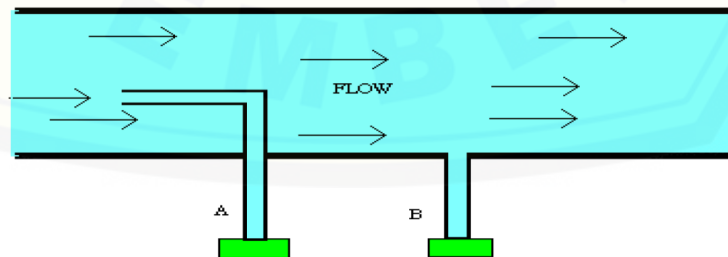
P dinamis = tekanan dinamis (pa)

v = kecepatan aliran (m/s)

Tekanan total dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.30 sebagai berikut :

$$\text{Tekanan total} = p \text{ statis} + p \text{ dinamis} \quad (2.30)$$

Pengukuran tekanan dapat dilihat pada Gambar 2.19 dibawah ini :



(a) Pengukuran Tekanan dinamik; (b) Pengukuran Tekanan Statik
Gambar 2.19 Pengukuran Tekanan (Fox dkk, 1995).

2.9.2 Debit (Q)

Debit adalah suatu kecepatan aliran fluida yang berhubungan dengan banyaknya volume dalam sebuah pipa. Debit suatu aliran dapat dirumuskan pada Persamaan 2.31 sebagai berikut :

$$Q = A \times V \quad (2.31)$$

Keterangan :

Q = debit (m³/s)

A = luas penampang (m²)

V = kecepatan aliran (m/detik)

Besar debit aliran dapat ditentukan dengan dua cara yaitu cara A dan cara B. Cara A yaitu pengukuran besar debit yang memerlukan penentuan perbedaan tekanan atau kelajuan pada suatu penampang. Pengukuran cara B yaitu memerlukan penentuan volume yang melalui suatu penampang dalam selang waktu tertentu. Pengukuran besar debit cara A sering dijumpai pada penyelesaian soal-soal latihan saja (Victor dkk, 1999).

2.9.3 Efisiensi (η)

Efisiensi adalah perbandingan antara tekanan *input* (masukan) dan *output* (keluaran fluida) sehingga menghasilkan aliran yang paling optimum (Hasibuan, 2005). Efisiensi dapat didefinisikan sebagai banyaknya unit output per unit input.

Aliran *output* dalam perhitungan efisiensi mekanik blower adalah debit dari aliran fluida blower sentrifugal dalam satuan m³/s sedangkan selisih tekanan yang terjadi sebelum dan setelah keluar dari blower, satuan pascal. *Input* dari penelitian ini berasal dari daya motor dalam satuan *Watt* dengan mengukur menggunakan Tang Ampere dan Avo meter.

Untuk mencari efisiensi blower sentrifugal dapat dilihat pada Persamaan 2.32 dibawah ini :

$$\text{Efisiensi mekanik blower} = \frac{\text{debit} \times \Delta p \text{ (selisih tekanan)}}{\text{daya motor listrik}} \times 100\%. \quad (2.32)$$

2.10 Hipotesis

Berdasarkan teori yang didapatkan menjelaskan semakin banyak jumlah sudu maka unjuk kerja blower akan semakin meningkat akan tetapi terdapat batasan maksimum jumlah sudu sebanyak 12. Apabila jumlah sudu di atas 12 maka unjuk kerja blower akan semakin menurun. Selain itu, penambahan *honeycomb* akan mempengaruhi bentuk aliran fluida menjadi lebih seragam.



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu metode yang digunakan untuk menganalisis pengaruh jumlah sudu dan penambahan *honeycomb* terhadap unjuk kerja blower sentrifugal.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat penelitian

Tempat penelitian ini dilaksanakan di bengkel mobil listrik TITEN yang berada di LP2M (LEMBAGA PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT) UNIVERSITAS JEMBER.

3.2.2 Waktu penelitian ;

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Januari sampai Juli 2019.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

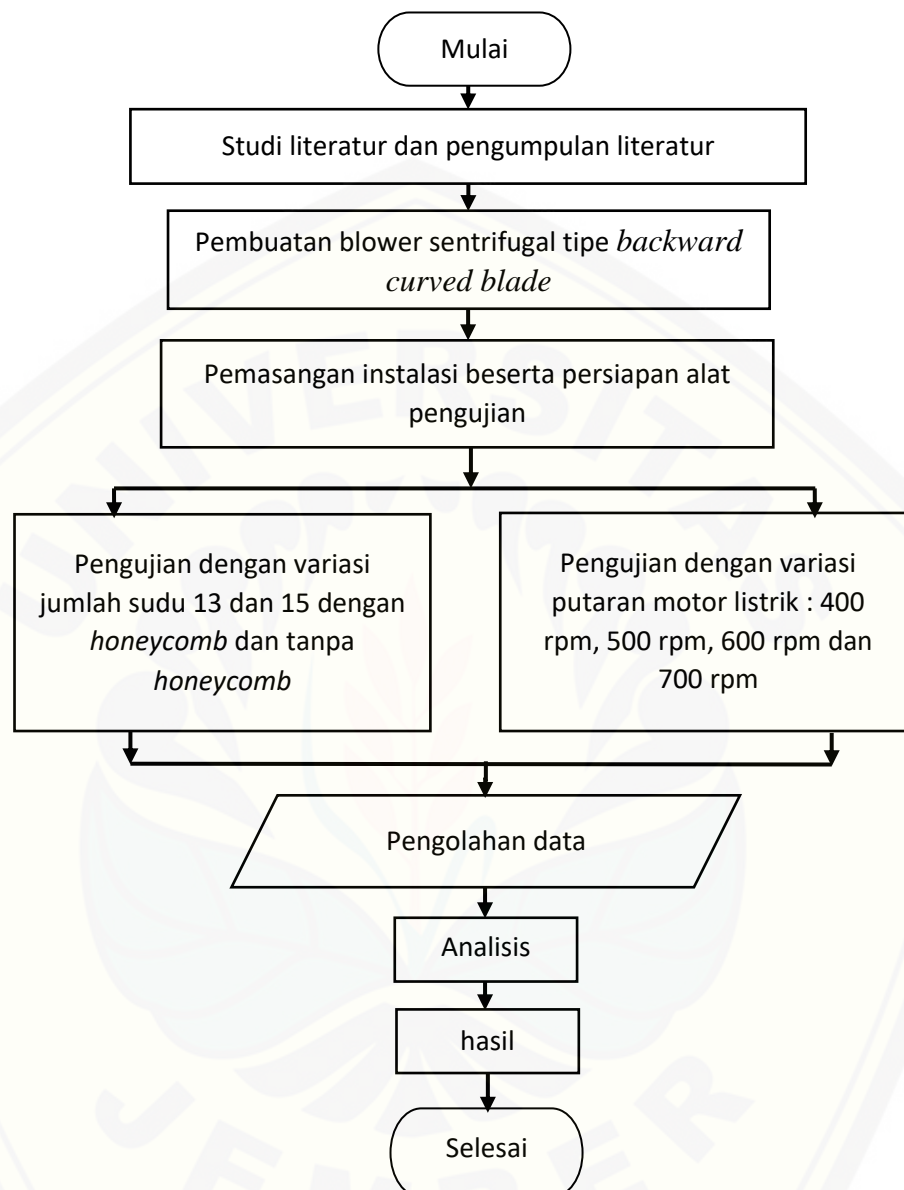
- 1) Anemometer, digunakan untuk mengukur kecepatan aliran fluida.
- 2) Tachometer, digunakan untuk menghitung putaran motor listrik
- 3) Resin dan Katalis, digunakan untuk mengeraskan *fiber glass*
- 4) Gerinda potong, digunakan untuk memotong plat.
- 5) Gunting, di gunakan untuk memotong serat *Fiber glass*.
- 6) Araldite, di gunakan untuk mengolesi Lubang *Impeller*.
- 7) Software solidwork, digunakan untuk mendesain blower sentrifugal.
- 8) Tang ampere, di gunakan untuk menguku arus listrik.
- 9) Avo meter, di gunakan untuk mengukur tegangan listrik.
- 10) Palu, digunakan untuk membending cetakan sudu.
- 11) Kipas angin, sebagai pendingin motor listrik.
- 12) *Dimmer* atau regulator, untuk mengatur voltase dari motor listrik.

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- 1) Blower sentrifugal.
- 2) Motor listrik AC 1 *phase*, putaran maksimal 2800 rpm.
- 3) Besi plat tebal 1 mm, sebagai bahan cetakan sudu.
- 4) Triplek tebal 1,5 cm, sebagai cetakan *impeller*, dan *volute*
- 5) Seng tebal 1 mm, sebagai cetakan *Volute* bagian lengkungan.
- 6) Elektroda las, sebagai pengisi ketika proses pengelasan
- 7) Mata gerinda potong, untuk memotong plat
- 8) *Plasticine*, sebagai perapat sambungan luar *volute* agar tidak bocor
- 9) Mur dan baut, sebagai pengunci blower
- 10) Cetakan sudu *impeller*, untuk membentuk sudut sudu yang diinginkan
- 11) Besi poros dan pengunci, untuk penerus daya putar dari motor ke *impeller*
- 12) Kertas karton, sebagai mall untuk pembuatan cetakan
- 13) Besi hollow , untuk rangka blower.
- 14) kabel, untuk instalasi antara *dimmer* dengan motor listrik.
- 15) Honeycomb, untuk menyeragamkan aliran udara.

3.4 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

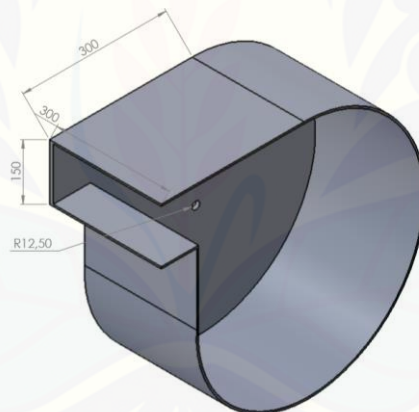
3.5 Prosedur penelitian

3.5.1 Penyusunan alat penelitian dan persiapan pengujian

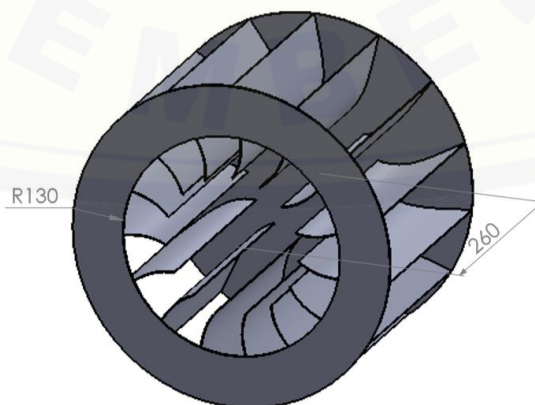
Persiapan menyusun perlengkapan penelitian misalnya blower sentrifugal, rangka, sambungan poros dan motor listrik sebelum dilaksanakan sebelum penelitian. Selanjutnya dilakukan pengecekan terhadap alat yang akan digunakan dalam penelitian misalnya Avo meter, Tang ampere, Tachometer, Anemo meter alat tulis dan kalkulator.

3.5.2 Tahap penelitian

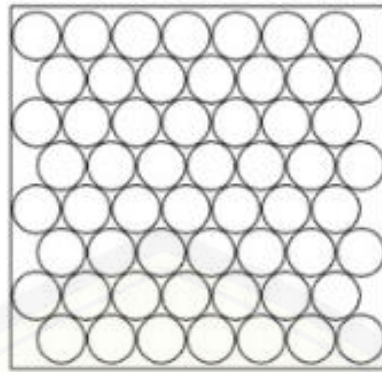
- 1) Membuat blower sentrifugal sesuai desain dan perencanaan yang telah dilakukan sebelumnya. Memasang *impeller* dan *Honeycomb* pada blower. Gambar *volute* dan *impeller* dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 di bawah ini.



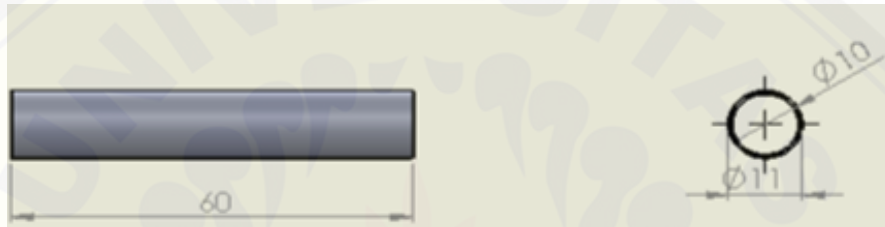
Gambar 3.2 *Volute* blower



Gambar 3.3 *Impeller* blower



Gambar 3.4 *Honeycomb*



Gambar 3.5 dimensi *Honeycomb*

- 2) Mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk melaksanakan penelitian.



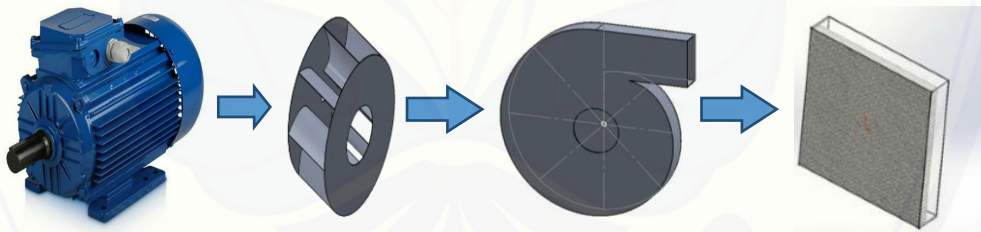
(A) Tachometer; (B) Anemometer; (C) Tang ampere; (D) Avo meter

Gambar 3.6 Alat dan bahan penelitian



Gambar 3.7 Motor listrik 1 fasa.

- 3) Merangkai instalasi penelitian yang terdiri dari blower sentrifugal di gerakkan dengan motor listrik melalui poros dihubungkan dengan *impeller* lalu aliran udara akan keluar dari blower. Pengukuran meliputi tekanan, debit, dan efisiensi. Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur kecepatan angin dengan Anemometer di bagian *inlet* dan *outlet* blower. Instalasi pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut ini :



Gambar 3.8 Instalasi pengujian.

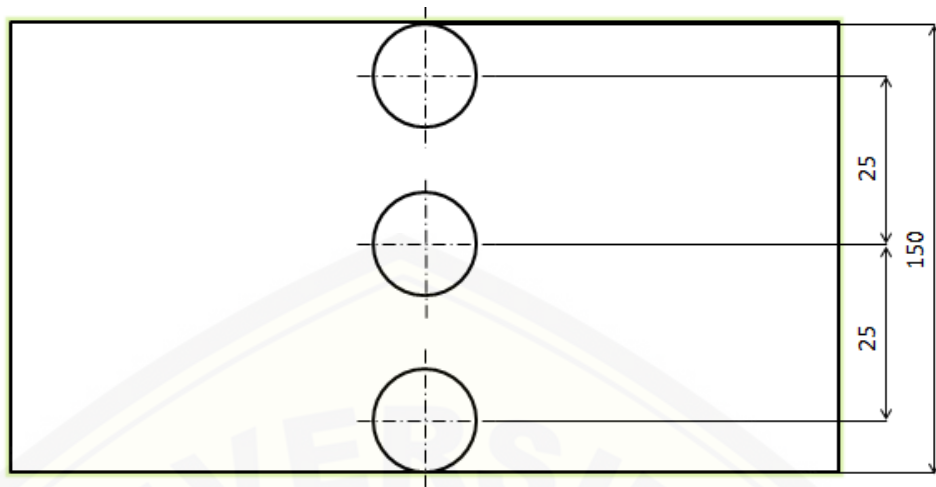
- 4) Melakukan variasi putaran dan jumlah sudu *impeller* blower sentrifugal pengukuran variasi putaran dilakukan dengan menggunakan Tachometer yang di laserkan pada bagian yang berputar yaitu Poros. Variasi jumlah sudu dilakukana dengan mengganti sudu *impeller* yang sudu nya sudah dibuat berbeda-beda berdasarkan variabel bebas yang ditentukan.

Tabel 3.4 Pengambilan data dengan jumlah sudu 15 dengan *Honeycomb*

rpm	posisi	T (°C)	v input (m/s)	P input (Pa)	V out (m/s)	P out (Pa)	Q out(m ³ /s)	P (watt)	I (ampere)	efisiensi (%)
400	atas									
	tengah									
	bawah									
500	atas									
	tengah									
	bawah									
600	atas									
	tengah									
	bawah									
700	atas									
	tengah									
	bawah									

Variasi putaran dilaksanakan dengan cara mengarahkan laser tachometer kearah bagian yang berputar pada blower dan disesuaikan dengan variabel bebas yang telah ditentukan seperti Tabel 3.1, 3.2, 3.3, dan 3.4 di atas. Variasi jumlah sudu dilaksanakan dengan membuat *impeller* dan sudu sebanyak 2 buah dan telah divariasikan jumlah sudu nya. *Volute* bagian luar tidak di resin, melainkan dibaut. Pada penelitian ini digunakan *plasticine* agar tidak bocor sehingga dapat dicopot untuk penggantian *impeller*.

Pengukuran kecepatan aliran udara dilaksanakan dengan menggunakan alat anemometer seperti Gambar 3.6 diatas. Pengukuran kecepatan (v) dilaksanakan dengan cara meletakkan anemometer pada aliran fluida bagian output blower tanpa *honeycomb* dan dengan *honeycomb* kemudian dapat dilihat di *display* anemometer berapa kecepatan fluidanya dengan satuan m/s. pengukuran kecepatan dilaksanakan pada 3 tempat berbeda seperti pada Gambar 3.9 dibawah ini :



Gambar 3.9 Posisi pengambilan data anemometer

3.7 Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan Ms.Word 2010 dan Ms.Exel 2010. Setelah dilaksanakan semua pengukuran maka data hasil pengukuran dicatat di Ms.Word 2010. Perhitungan data menggunakan Ms.Exel 2010 berdasarkan Tabel 3.1 dan Tabel 3.2. Data pengukuran tekanan dihitung menggunakan Persamaan 2.29. Data pengukuran debit dihitung menggunakan Persamaan 2.31. Perhitungan efisiensi dihitung menggunakan Persamaan 2.32.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian blower sentrifugal yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Hasil penelitian desain blower baru jumlah sudu 13 tanpa menggunakan *honeycomb* didapatkan tekanan 95,26 Pa, debit 0,57 m³/s, dan efisiensi 2,36%.
- 2) Penggunaan *honeycomb* dan tanpa *honeycomb* sangat berpengaruh pada *output* aliran fluida. Pemberian *honeycomb* pada *output* blower menghasilkan aliran fluida yang lebih rapat atau merata. pada sudu 15 nilai sebaran datanya lebih mendekati nilai rata-rata ditunjukkan dengan nilai *standard* deviasi yang lebih kecil. Hal ini disebabkan desain impeller sudu 15 jarak antar sudu lebih rapat sehingga udara yang dihasilkan akan lebih rapat atau merata, tetapi memiliki kecepatan angin yang lebih rendah.
- 3) Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi kenaikan efisiensi 6,43x dari hasil efisiensi penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Helmi (2018).

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian, ada beberapa saran yang diberikan untuk menyempurnakan penelitian selanjutnya, diantaranya sebagai berikut :

- 1) Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai topik blower sentrifugal.
- 2) Perlu adanya penelitian mengenai proses manufaktur blower sentrifugal.
- 3) Material pembuatan bahan *impeller* harus lebih ringan.

LAMPIRAN

Lampiran 6.1 Data hasil pengujian jumlah sudu 13 tanpa *Honeycomb*

Pengulangan 1

rpm	posisi	T (°C)	v in (m/s)	P in (pa)	rho (kg/m ³)	v out(m/s)	P out (pa)	Q in (m ³ /s)	Q out (m ³ /s)	p (watt)	I (Amp)	V (volt)	η (%)
400	Atas	28,4	-4,2	10,58	1,2	8,1	39,36	-0,22	0,36	923	6,5	142	1,14
	Tengah	28,4	-4	9,6	1,2	7,2	31,10	-0,21	0,32	923	6,5	142	0,75
	Bawah	28,4	-3,6	7,77	1,2	6,1	22,32	-0,19	0,27	923	6,5	142	0,43
500	Atas	28,7	-5,8	20,18	1,2	9,7	56,45	-0,30	0,43	1109,6	7,3	152	1,43
	Tengah	28,7	-5,7	19,49	1,2	9,1	49,68	-0,30	0,40	1109,6	7,3	152	1,11
	Bawah	28,7	-4,9	14,40	1,2	7	30,24	-0,25	0,31	1109,6	7,3	152	0,46
600	Atas	28,4	-6,9	28,56	1,2	11	72,6	-0,36	0,49	1020	6	170	2,14
	Tengah	28,4	-6,9	28,56	1,2	9,7	56,45	-0,36	0,43	1020	6	170	1,19
	Bawah	28,4	-5,6	18,81	1,2	8	38,4	-0,29	0,36	1020	6	170	0,69
700	Atas	28,4	-7,6	34,65	1,2	12,7	96,77	-0,40	0,57	1479	8,5	174	2,40
	Tengah	28,4	-7,6	34,65	1,2	11,3	76,61	-0,40	0,50	1479	8,5	174	1,44
	Bawah	28,4	-7,4	32,85	1,2	9,8	57,62	-0,39	0,44	1479	8,5	174	0,74

Pengulangan 2

rpm	posisi	T (°C)	v in (m/s)	P in (pa)	rho (kg/m ³)	v out(m/s)	P out (pa)	Q in (m ³ /s)	Q out (m ³ /s)	p (watt)	I (Amp)	V (volt)	η (%)
400	Atas	28,4	-4,1	10,09	1,2	8	38,40	-0,22	0,36	923	6,5	142	1,10
	Tengah	28,4	-3,9	9,13	1,2	7,1	30,25	-0,21	0,32	923	6,5	142	0,73
	Bawah	28,4	-3,5	7,35	1,2	6	21,60	-0,19	0,27	923	6,5	142	0,42
500	Atas	28,7	-5,7	19,49	1,2	9,6	55,30	-0,30	0,43	1109,6	7,3	152	1,39
	Tengah	28,7	-5,6	18,82	1,2	9	48,60	-0,30	0,41	1109,6	7,3	152	1,09
	Bawah	28,7	-4,8	13,82	1,2	7	29,40	-0,25	0,32	1109,6	7,3	152	0,44
600	Atas	28,4	-6,8	27,74	1,2	10,9	71,29	-0,36	0,49	1020	6	170	2,09
	Tengah	28,4	-6,8	27,74	1,2	9,6	55,30	-0,36	0,43	1020	6	170	1,17
	Bawah	28,4	-5,5	18,15	1,2	7,9	37,45	-0,29	0,36	1020	6	170	0,67
700	Atas	28,4	-7,5	33,75	1,2	12,6	95,26	-0,40	0,57	1479	8,5	174	2,36
	Tengah	28,4	-7,5	33,75	1,2	11,2	75,26	-0,40	0,50	1479	8,5	174	1,41
	Bawah	28,4	-7,3	31,97	1,2	9,7	56,45	-0,39	0,44	1479	8,5	174	0,72

Pengulangan 3

rpm	posisi	T (°C)	v in (m/s)	P in (pa)	rho (kg/m ³)	v out(m/s)	P out (pa)	Q in (m ³ /s)	Q out (m ³ /s)	p (watt)	I (Amp)	V (volt)	η (%)
400	Atas	28,4	-4	9,60	1,2	7,9	37,45	-0,21	0,36	923	6,5	142	1,07
	Tengah	28,4	-3,8	8,66	1,2	7	29,40	-0,20	0,32	923	6,5	142	0,71
	Bawah	28,4	-3,4	6,94	1,2	5,9	20,89	-0,18	0,27	923	6,5	142	0,40
500	Atas	28,7	-5,6	18,82	1,2	9,5	54,15	-0,30	0,43	1109,6	7,3	152	1,36
	Tengah	28,7	-5,5	18,15	1,2	8,9	47,53	-0,29	0,40	1109,6	7,3	152	1,06
	Bawah	28,7	-4,7	13,25	1,2	6,9	28,57	-0,25	0,31	1109,6	7,3	152	0,43
600	Atas	28,4	-6,7	26,93	1,2	10,8	69,98	-0,36	0,49	1020	6	170	2,05
	Tengah	28,4	-6,7	26,93	1,2	9,5	54,15	-0,36	0,43	1020	6	170	1,14
	Bawah	28,4	-5,4	17,50	1,2	7,8	36,50	-0,29	0,35	1020	6	170	0,65
700	Atas	28,4	-7,4	32,86	1,2	12,5	93,75	-0,39	0,56	1479	8,5	174	2,32
	Tengah	28,4	-7,4	32,86	1,2	11,1	73,93	-0,39	0,50	1479	8,5	174	1,39
	Bawah	28,4	-7,2	31,10	1,2	9,6	55,30	-0,38	0,43	1479	8,5	174	0,71

Lampiran 6.2 Data hasil pengujian jumlah sudu 13 dengan *Honeycomb*

Pengulangan 1

rpm	posisi	T (°C)	v in (m/s)	P in (pa)	rho (kg/m ³)	v out(m/s)	P out (pa)	Q in (m ³ /s)	Q out (m ³ /s)	p (watt)	I (Amp)	V (volt)	η (%)
400	Atas	28	-4,3	11,09	1,2	6,7	26,93	-0,22	0,30	812	6,3	129	0,59
	Tengah	28	-4	9,6	1,2	6,5	25,35	-0,21	0,29	812	6,3	129	0,57
	Bawah	28	-3,2	6,14	1,2	5,6	18,81	-0,16	0,25	812	6,3	129	0,39
500	Atas	28	-5,8	20,18	1,2	8	38,4	-0,30	0,36	1007,4	7,3	138	0,65
	Tengah	28	-5,7	19,49	1,2	7,9	37,44	-0,30	0,35	1007,4	7,3	138	0,63
	Bawah	28	-4,5	12,15	1,2	6,7	26,93	-0,23	0,30	1007,4	7,3	138	0,44
600	Atas	28,4	-6,7	26,93	1,2	9,4	53,01	-0,35	0,42	1065,6	7,2	148	1,04
	Tengah	28,4	-6,6	26,13	1,2	9,4	53,01	-0,34	0,42	1065,6	7,2	148	1,07
	Bawah	28,4	-5,2	16,22	1,2	8,3	41,33	-0,27	0,37	1065,6	7,2	148	0,88
700	Atas	28,4	-7,6	34,65	1,2	12,3	90,77	-0,40	0,55	1469,1	8,3	177	2,11
	Tengah	28,4	-7,6	34,65	1,2	12	86,84	-0,40	0,54	1469,1	8,3	177	1,90
	Bawah	28,4	-6,7	26,93	1,2	11	72,6	-0,35	0,49	1469,1	8,3	177	1,54

Pengulangan 2

rpm	posisi	T (°C)	v in (m/s)	P in (pa)	rho (kg/m ³)	v out(m/s)	P out (pa)	Q in (m ³ /s)	Q out (m ³ /s)	p (watt)	I (Amp)	V (volt)	η (%)
400	Atas	28	-4,2	10,58	1,2	6,6	26,14	-0,22	0,30	812	6,3	129	0,57
	Tengah	28	-3,9	9,13	1,2	6,4	24,58	-0,21	0,29	812	6,3	129	0,55
	Bawah	28	-3,1	5,77	1,2	5,5	18,15	-0,16	0,25	812	6,3	129	0,38
500	Atas	28	-5,7	19,49	1,2	7,9	37,45	-0,30	0,36	1007,4	7,3	138	0,63
	Tengah	28	-5,6	18,82	1,2	7,8	36,50	-0,30	0,35	1007,4	7,3	138	0,62
	Bawah	28	-4,4	11,62	1,2	6,6	26,14	-0,23	0,30	1007,4	7,3	138	0,43
600	Atas	28,4	-6,6	26,14	1,2	9,3	51,89	-0,35	0,42	1065,6	7,2	148	1,01
	Tengah	28,4	-6,5	25,35	1,2	9,3	51,89	-0,34	0,42	1065,6	7,2	148	1,04
	Bawah	28,4	-5,1	15,61	1,2	8,2	40,34	-0,27	0,37	1065,6	7,2	148	0,86
700	Atas	28,4	-7,5	33,75	1,2	12,2	89,30	-0,40	0,55	1469,1	8,3	177	2,08
	Tengah	28,4	-7,5	33,75	1,2	11,9	84,97	-0,40	0,54	1469,1	8,3	177	1,87
	Bawah	28,4	-6,6	26,14	1,2	10,9	71,29	-0,35	0,49	1469,1	8,3	177	1,51

Pengulangan 3

rpm	posisi	T (°C)	v in (m/s)	P in (pa)	rho (kg/m ³)	v out(m/s)	P out (pa)	Q in (m ³ /s)	Q out (m ³ /s)	p (watt)	I (Amp)	V (volt)	η (%)
400	Atas	28	-4,1	10,09	1,2	6,5	25,35	-0,22	0,29	812	6,3	129	0,55
	Tengah	28	-3,8	8,66	1,2	6,4	24,58	-0,20	0,29	812	6,3	129	0,56
	Bawah	28	-3	5,40	1,2	5,5	18,15	-0,16	0,25	812	6,3	129	0,39
500	Atas	28	-5,6	18,82	1,2	7,8	36,50	-0,30	0,35	1007,4	7,3	138	0,62
	Tengah	28	-5,5	18,15	1,2	7,8	36,50	-0,29	0,35	1007,4	7,3	138	0,64
	Bawah	28	-4,3	11,09	1,2	6,6	26,14	-0,23	0,30	1007,4	7,3	138	0,44
600	Atas	28,4	-6,5	25,35	1,2	9,2	50,78	-0,34	0,41	1065,6	7,2	148	0,99
	Tengah	28,4	-6,4	24,58	1,2	9,2	50,78	-0,34	0,41	1065,6	7,2	148	1,02
	Bawah	28,4	-5	15,00	1,2	8,2	40,34	-0,27	0,37	1065,6	7,2	148	0,88
700	Atas	28,4	-7,4	32,86	1,2	12,1	87,85	-0,39	0,54	1469,1	8,3	177	2,04
	Tengah	28,4	-7,4	32,86	1,2	11,9	84,97	-0,39	0,54	1469,1	8,3	177	1,90
	Bawah	28,4	-6,5	25,35	1,2	11	72,60	-0,34	0,50	1469,1	8,3	177	1,59

Lampiran 6.3 Data hasil pengujian jumlah sudu 15 tanpa *Honeycomb*

Pengulangan 1

rpm	posisi	T (°C)	v in (m/s)	P in (pa)	rho (kg/m ³)	v out(m/s)	P out (pa)	Q in (m ³ /s)	Q out (m ³ /s)	p (watt)	I (Amp)	V (volt)	η (%)
400	Atas	28,4	-4	9,6	1,2	7,4	32,85	-0,21	0,33	819	6,3	130	0,95
	Tengah	28,4	-3,8	8,66	1,2	6,7	26,93	-0,20	0,30	819	6,3	130	0,67
	Bawah	28,4	-3,6	7,77	1,2	5,2	16,22	-0,19	0,23	819	6,3	130	0,24
500	Atas	28,7	-4,5	12,15	1,2	9,1	49,68	-0,23	0,40	1080,4	7,4	146	1,42
	Tengah	28,7	-4,4	11,61	1,2	8,4	42,33	-0,23	0,37	1080,4	7,4	146	1,07
	Bawah	28,7	-4,3	11,09	1,2	6,3	23,81	-0,22	0,28	1080,4	7,4	146	0,33
600	Atas	28,4	-5,4	17,49	1,2	10	60	-0,28	0,45	1327,2	8,4	158	1,44
	Tengah	28,4	-5,3	16,85	1,2	9,3	51,89	-0,28	0,41	1327,2	8,4	158	1,10
	Bawah	28,4	-5,2	16,22	1,2	7,7	35,57	-0,27	0,34	1327,2	8,4	158	0,51
700	Atas	30,7	-6,9	28,56	1,2	11,8	83,54	-0,36	0,53	1674,4	9,2	182	1,74
	Tengah	30,7	-6,6	26,13	1,2	10,7	68,69	-0,34	0,48	1674,4	9,2	182	1,22
	Bawah	30,7	-6,4	24,57	1,2	10	60	-0,33	0,45	1674,4	9,2	182	0,95

Pengulangan 2

rpm	posisi	T (°C)	v in (m/s)	P in (pa)	rho (kg/m ³)	v out(m/s)	P out (pa)	Q in (m ³ /s)	Q out (m ³ /s)	p (watt)	I (Amp)	V (volt)	η (%)
400	Atas	28,4	-3,9	9,13	1,2	7,1	30,25	-0,21	0,32	819	6,3	130	0,82
	Tengah	28,4	-3,7	8,21	1,2	6,4	24,58	-0,20	0,29	819	6,3	130	0,57
	Bawah	28,4	-3,5	7,35	1,2	5,1	15,61	-0,19	0,23	819	6,3	130	0,23
500	Atas	28,7	-4,4	11,62	1,2	8,8	46,46	-0,23	0,40	1080,4	7,4	146	1,26
	Tengah	28,7	-4,2	10,58	1,2	8,1	39,37	-0,22	0,36	1080,4	7,4	146	0,96
	Bawah	28,7	-4,3	11,09	1,2	6	21,60	-0,23	0,27	1080,4	7,4	146	0,26
600	Atas	28,4	-5,3	16,85	1,2	9,7	56,45	-0,28	0,44	1327,2	8,4	158	1,30
	Tengah	28,4	-5,1	15,61	1,2	9	48,60	-0,27	0,41	1327,2	8,4	158	1,01
	Bawah	28,4	-5,1	15,61	1,2	7,4	32,86	-0,27	0,33	1327,2	8,4	158	0,43
700	Atas	30,7	-6,8	27,74	1,2	11,5	79,35	-0,36	0,52	1674,4	9,2	182	1,59
	Tengah	30,7	-6,5	25,35	1,2	10,4	64,90	-0,34	0,47	1674,4	9,2	182	1,11
	Bawah	30,7	-6,3	23,81	1,2	9,6	55,30	-0,33	0,43	1674,4	9,2	182	0,81

Pengulangan 3

rpm	posisi	T (°C)	v in (m/s)	P in (pa)	rho (kg/m ³)	v out(m/s)	P out (pa)	Q in (m ³ /s)	Q out (m ³ /s)	p (watt)	I (Amp)	V (volt)	η (%)
400	Atas	28,4	-4,1	10,09	1,2	7,3	31,97	-0,22	0,33	819	6,3	130	0,88
	Tengah	28,4	-3,9	9,13	1,2	6,6	26,14	-0,21	0,30	819	6,3	130	0,62
	Bawah	28,4	-3,7	8,21	1,2	5,3	16,85	-0,20	0,24	819	6,3	130	0,25
500	Atas	28,7	-4,6	12,70	1,2	9	48,60	-0,24	0,41	1080,4	7,4	146	1,35
	Tengah	28,7	-4,4	11,62	1,2	8,3	41,33	-0,23	0,37	1080,4	7,4	146	1,03
	Bawah	28,7	-4,4	11,62	1,2	6,2	23,06	-0,23	0,28	1080,4	7,4	146	0,30
600	Atas	28,4	-5,5	18,15	1,2	9,9	58,81	-0,29	0,45	1327,2	8,4	158	1,36
	Tengah	28,4	-5,3	16,85	1,2	9,2	50,78	-0,28	0,41	1327,2	8,4	158	1,06
	Bawah	28,4	-5,3	16,85	1,2	7,6	34,66	-0,28	0,34	1327,2	8,4	158	0,46
700	Atas	30,7	-7	29,40	1,2	11,7	82,13	-0,37	0,53	1674,4	9,2	182	1,66
	Tengah	30,7	-6,7	26,93	1,2	10,6	67,42	-0,36	0,48	1674,4	9,2	182	1,15
	Bawah	30,7	-6,5	25,35	1,2	9,8	57,62	-0,34	0,44	1674,4	9,2	182	0,85

Lampiran 6.4 Data hasil pengujian jumlah sudu 15 dengan *Honeycomb*

Pengulangan 1

rpm	posisi	T (°C)	v in (m/s)	P in (pa)	rho (kg/m ³)	v out(m/s)	P out (pa)	Q in (m ³ /s)	Q out (m ³ /s)	p (watt)	I (Amp)	V (volt)	η (%)
400	Atas	29	-4	9,6	1,2	6,4	24,57	-0,21	0,28	884	6,8	130	0,49
	Tengah	29	-4	9,6	1,2	6,3	23,81	-0,21	0,28	884	6,8	130	0,47
	Bawah	29	-3,5	7,3	1,2	6,1	22,32	-0,18	0,27	884	6,8	130	0,46
500	Atas	29,2	-4,4	11,61	1,2	7,2	31,10	-0,23	0,32	986,7	6,9	143	0,64
	Tengah	29,2	-4,4	11,61	1,2	7,2	31,10	-0,23	0,32	986,7	6,9	143	0,64
	Bawah	29,2	-3,4	6,93	1,2	6,7	26,93	-0,18	0,30	986,7	6,9	143	0,61
600	Atas	28,4	-5,6	18,81	1,2	8,4	42,33	-0,29	0,37	1168	7,3	160	0,76
	Tengah	28,4	-5,5	18,15	1,2	8,1	39,36	-0,29	0,36	1168	7,3	160	0,66
	Bawah	28,4	-5,3	16,85	1,2	7,9	37,46	-0,28	0,35	1168	7,3	160	0,63
700	Atas	28,4	-6,7	26,93	1,2	10	60	-0,35	0,45	1469,1	8,3	177	1,01
	Tengah	28,4	-6,4	24,57	1,2	9,3	51,89	-0,33	0,41	1469,1	8,3	177	0,78
	Bawah	28,4	-5,7	19,49	1,2	8,6	44,37	-0,30	0,38	1469,1	8,3	177	0,66

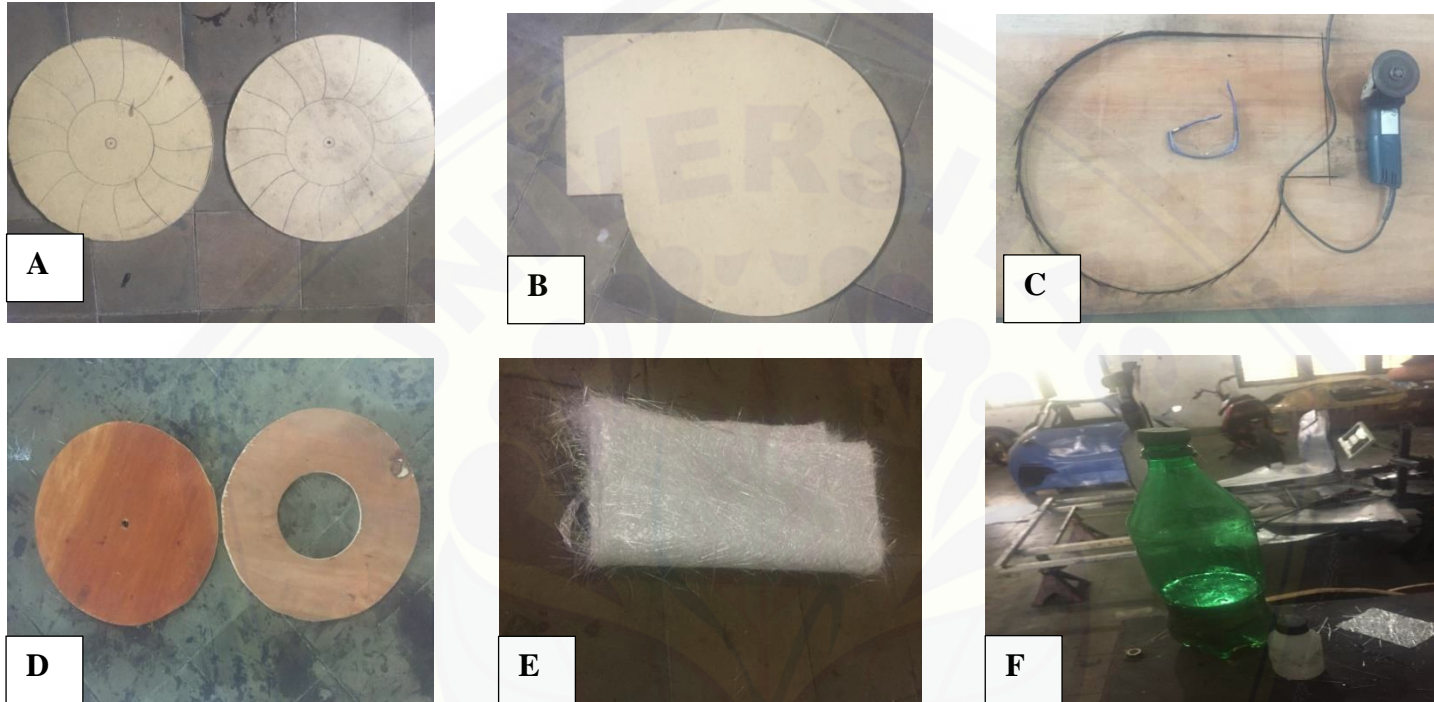
Pengulangan 2

rpm	posisi	T (°C)	v in (m/s)	P in (pa)	rho (kg/m ³)	v out(m/s)	P out (pa)	Q in (m ³ /s)	Q out (m ³ /s)	p (watt)	I (Amp)	V (volt)	η (%)
400	Atas	29	-3,9	9,13	1,2	6,3	23,81	-0,21	0,28	884	6,8	130	0,47
	Tengah	29	-3,9	9,13	1,2	6,2	23,06	-0,21	0,28	884	6,8	130	0,44
	Bawah	29	-3,4	6,94	1,2	6	21,60	-0,18	0,27	884	6,8	130	0,45
500	Atas	29,2	-4,3	11,09	1,2	7,1	30,25	-0,23	0,32	986,7	6,9	143	0,62
	Tengah	29,2	-4,3	11,09	1,2	7,1	30,25	-0,23	0,32	986,7	6,9	143	0,62
	Bawah	29,2	-3,3	6,53	1,2	6,6	26,14	-0,17	0,30	986,7	6,9	143	0,59
600	Atas	28,4	-5,5	18,15	1,2	8,3	41,33	-0,29	0,37	1168	7,3	160	0,74
	Tengah	28,4	-5,4	17,50	1,2	8	38,40	-0,29	0,36	1168	7,3	160	0,64
	Bawah	28,4	-5,2	16,22	1,2	7,8	36,50	-0,28	0,35	1168	7,3	160	0,61
700	Atas	28,4	-6,6	26,14	1,2	9,9	58,81	-0,35	0,45	1469,1	8,3	177	0,99
	Tengah	28,4	-6,3	23,81	1,2	9,2	50,78	-0,33	0,41	1469,1	8,3	177	0,76
	Bawah	28,4	-5,6	18,82	1,2	8,5	43,35	-0,30	0,38	1469,1	8,3	177	0,64

Pengulangan 3

rpm	posisi	T (°C)	v in (m/s)	P in (pa)	rho (kg/m ³)	v out(m/s)	P out (pa)	Q in (m ³ /s)	Q out (m ³ /s)	p (watt)	I (Amp)	V (volt)	η (%)
400	Atas	29	-3,8	8,66	1,2	6,2	23,06	-0,20	0,28	884	6,8	130	0,45
	Tengah	29	-3,8	8,66	1,2	6,1	22,33	-0,20	0,27	884	6,8	130	0,42
	Bawah	29	-3,3	6,53	1,2	6	21,60	-0,17	0,27	884	6,8	130	0,46
500	Atas	29,2	-4,2	10,58	1,2	7	29,40	-0,22	0,32	986,7	6,9	143	0,60
	Tengah	29,2	-4,2	10,58	1,2	7	29,40	-0,22	0,32	986,7	6,9	143	0,60
	Bawah	29,2	-3,2	6,14	1,2	6,6	26,14	-0,17	0,30	986,7	6,9	143	0,60
600	Atas	28,4	-5,4	17,50	1,2	8,2	40,34	-0,29	0,37	1168	7,3	160	0,72
	Tengah	28,4	-5,3	16,85	1,2	8	38,40	-0,28	0,36	1168	7,3	160	0,66
	Bawah	28,4	-5,1	15,61	1,2	7,8	36,50	-0,27	0,35	1168	7,3	160	0,63
700	Atas	28,4	-6,5	25,35	1,2	9,8	57,62	-0,34	0,44	1469,1	8,3	177	0,97
	Tengah	28,4	-6,2	23,06	1,2	9,2	50,78	-0,33	0,41	1469,1	8,3	177	0,78
	Bawah	28,4	-5,5	18,15	1,2	8,5	43,35	-0,29	0,38	1469,1	8,3	177	0,66

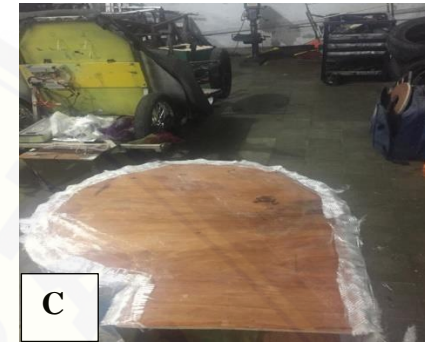
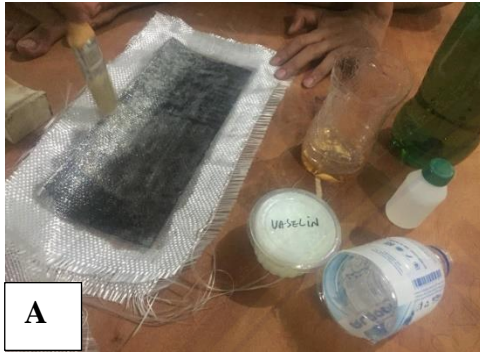
Lampiran 6.5 Gambar proses pembuatan blower sentrifugal dari serat *Fiber Glass* 1



Keterangan :

- | | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| A. <i>Print</i> desain Impeller | D. Cetakan impeller dari kayu |
| B. <i>Print</i> desain Volute | E. Serat <i>Fiber glass</i> |
| C. Cetakan volute dari kayu | F. Resin dan katalis |

Lampiran 6.6 Gambar proses pembuatan blower sentrifugal dari serat *Fiber Glass* 2



Keterangan:

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| A. Proses peresinan sudu | D. Hasil peresinan sudu |
| B. Proses peresinan <i>impeller</i> | E. Hasil peresinan <i>impeller</i> |
| C. Proses peresinan <i>volute</i> | F. Hasil peresinan <i>Volute</i> |

Lampiran 6.7 Gambar proses pembuatan blower sentrifugal dari serat *Fiber Glass* 3



A



B



C



D



E



F

Keterangan :

- A. Proses *Assembly* sudu dengan *Impeller*
- B. Hasil *Assembly* sudu dengan *Impeller*
- C. *Impeller* dari serat *Fiber Glass*

- D. Pengunci *Impeller*
- E. Mekanisme pemasangan Blower, Tang ampere, Avo meter
- F. Pemasangan *plasticine*

Lampiran 6.8 Gambar perbandingan massa impeller lama dan baru



Keterangan :

- A. Impeller lama
- B. Impeller baru

Lampiran 6.9 Perancangan *impeller* sudu 13 dan 15

Dalam perancangan *impeller* ada beberapa hal yang harus diketahui dan harus ditetapkan terlebih dahulu yaitu berapa kecepatan aliran (v), debit aliran (Q), kenaikan tekanan (Δp), dan tekanan pada suction (p suction). Dalam pembuatan *impeller* ini nantinya akan diaplikasikan pada *wind tunnel* (terowongan angin) yang *test section* nya berbentuk kubus dengan penampang depan berbentuk persegi dengan panjang 300 mm dan lebar 150 mm. Sehingga dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A &= p \times l \\ &= 300 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \\ &= 45000 \text{ mm}^2 \\ &= 0,045 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$v = 10 \text{ m/s (ditentukan)}$$

$$\begin{aligned} Q &= v \times A \\ &= 10 \text{ m/s} \times 0.045 \text{ m}^2 \\ &= 0,45 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\Delta p = 1800 \text{ N/m}^2 \text{ (ditentukan)}$$

$$p_s = 103000 \text{ N/m}^2 \text{ (ditentukan)}$$

1. Menentukan p udara

$$\frac{p}{p} = R \times T \text{ atau } p = \frac{p}{R \times T} \quad (1)$$

Dimana :

$$p = \text{tekanan (N/m}^2\text{)}$$

$$p = \text{rho udara (kg/m}^3\text{)}$$

$$R = 287 \text{ N/kg (tetapan)}$$

$$T = \text{suhu } 20^\circ \text{ C / } 293^\circ \text{ K}$$

$$P = p_s + \frac{\Delta p}{2} \quad (2)$$

$$= 103000 \text{ N/m}^2 + \frac{1800}{2} \text{ N/m}^2$$

$$= 103900 \text{ N/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 p &= \frac{103900 \text{ N/m}^2}{287 \text{ N/kg} \times 293^\circ\text{K}} \\
 &= 1.236 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

2. Mencari head total

Head total (H) dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{\Delta p}{P \times g} \\
 &= \frac{1800 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{1.236 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \\
 &= 148.504 \text{ m}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

3. Mencari kecepatan spesifik

Kecepatan spesifik (Nq) dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Nq &= n \times \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \\
 &= 700 \text{ rpm} \frac{\sqrt{0.45 \text{ m}^2}}{148.504^{3/4}} \\
 &= 11,038 \text{ rpm}
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

4. Mencari diameter luar *impeller*

Energi spesifik (y) harus dicari terlebih dahulu sebelum mencari diameter luar *impeller*, yang dapat dicari menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 y &= gxH \\
 &= 9.8 \text{ m/s}^2 \times 148.504 \text{ m} \\
 &= 1456.822 \text{ J/kg}
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

Diameter luar *impeller* (D2) dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 D_2 &= \frac{s}{\frac{\sqrt[4]{2y}}{Q} \times \sqrt{\pi}/2} \\
 &= \frac{4.8}{\frac{\sqrt[4]{2 \times 1456.822 \text{ J/kg}}}{0.63 \text{ m}^3/\text{s}} \times \sqrt{3.14}/2} \text{ m} \\
 &= 0.388 \text{ m}
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

5. Mencari kecepatan keliling

Kecepatan keliling (u_2) dapat dicari menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} U_2 &= \frac{\pi \times D_2 \times n}{60} & (8) \\ &= \frac{3.14 \times 0.38 \text{ m} \times 700 \text{ rpm}}{60} \\ &= 14.219 \text{ m/s} \end{aligned}$$

6. Mencari luasan (A_s)

C suction (C_s) ditetapkan sebesar 20 m/s. Luasan (A_s) dapat dicari menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{Q}{C_s} & (9) \\ &= \frac{0.45 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{20 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \\ &= 0.0225 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

7. Mencari diameter dalam *impeller*

Diameter dalam *impeller* dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} D_1 &= \sqrt{\frac{4 \times A_s}{\pi}} & (10) \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0.0225 \text{ m}^2}{3.14}} \\ &= 0.16 \text{ m} \end{aligned}$$

8. Mencari kecepatan keliling

Kecepatan keliling (u_1) dapat dicari menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} U_1 &= \frac{\pi \times D_1 \times n}{60} & (11) \\ &= \frac{3.14 \times 0.16 \times 700}{60} \\ &= 6,202 \text{ m/s} \end{aligned}$$

9. Mencari kecepatan mutlak ke arah U (C_{2U})

Kecepatan mutlak ke arah U dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} C_{2U} &= \frac{H \times g}{\sin \beta \times U_2} & (12) \\ &= \frac{148 \text{ m} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{\sin 80 \times 14,219 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \end{aligned}$$

$$= 104,038 \text{ m/s}$$

10. Mencari C_{2m}

C_{2m} dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} C_{2m} &= \frac{Q}{A_2} & (13) \\ &= \frac{0,45 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,046 \text{ m}^2} \\ &= 9,6 \text{ m/s} \end{aligned}$$

11. Mencari $\tan \alpha$

$\tan \alpha$ dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut

$$\begin{aligned} \tan \alpha &= \frac{c_{2m}}{U_1} & (14) \\ &= \frac{9,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{6,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \\ &= 1,5 \end{aligned}$$

$$\text{Arc tan } \alpha = 57^\circ$$

12. Mencari Jumlah Sudu

$$\begin{aligned} Z &= 6,5 \frac{D_1 + D_2}{D_2 - D_1} \sin \frac{\beta_2 + \beta_1}{2} & (15) \\ &= 15 \end{aligned}$$

Jadi dari perhitungan diatas dapat disimpulkan impeller 13 dan 15:

- Diameter dalam *impeller* = 0,16 m
- Diameter luar *impeller* = 0,38 m
- Jumlah sudu = 15 dan 13
- Sudut β = 80°
- Sudut α = 57°

Lampiran 6.10 Perancangan *volute* impeller 15 dan 131. Jari-jari minimal *volute* (r_3)

Jari-jari minimal *volute* dapat dihitung dengan rumus (Crunch, A. H 1993):

$$\begin{aligned} r_3 &= (1,02 \div 1,05) \times r_2 & (1) \\ &= (1,02 \div 1,05) \times 0,19 \\ &= 0.200 \text{ m} \\ &= 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Jari-jari Kelengkungan (p)

Jari-jari kelengkungan dapat dihitung dengan rumus (Crunch, A. H 1993):

$$\begin{aligned} p &= \frac{\varphi^\circ}{x} + \frac{\sqrt{2\varphi^\circ}}{x} \times r_3 & (2) \\ &= \frac{45^\circ}{102396} + \frac{\sqrt{2 \times 45^\circ}}{102396} \times 0.200 \\ &= 0.227 \text{ mm} \end{aligned}$$

dimana:

p = Jari-jari kelengkungan (mm)

r_3 = Jari-jari minimal *volute*

x = Koefisien jarak pada sudu

$$\begin{aligned} x &= \frac{720}{Q} \times K_{u2} \times \pi & (3) \\ &= \frac{720}{0.65} \times 2038 \times 3.14 \\ &= 102.396 \end{aligned}$$

dimana:

Q = Kapasitas pompa ($0,56 \text{ m}^3/\text{s}$)

$$K_{u2} = r_2 \times C_{2u} & (4)$$

maka:

C_{2u} = Kecepatan absolut sisi keluar = $104,038 \text{ m/s}$

K_{u2} = $0,19 \times 104,038 = 2038 \text{ m}^2/\text{s}$

Dengan φ° yang berbeda-beda, maka akan didapat jari-jari kelengkungan (p) yang berbeda-beda pula. Misalnya $\varphi^\circ = 45^\circ$ maka hasilnya adalah $p : 0.227$

Jari-jari kelengkungan dari *volute* (r_{va}) dapat dicari dengan rumus :

$$R_{vol} = r_3 + 2p \quad (5)$$

Dengan cara yang sama maka hasilnya dapat dilihat di table dibawah ini :

simpangan	derajat	p (m)	p (mm)	r vol (mm)
0	0	0	0	200
1	45	0,01368	13,681	0,227
2	90	0,01961	19,606	0,239
3	135	0,02425	24,254	0,248
4	180	0,02824	28,242	0,256
5	225	0,03181	31,807	0,263
6	270	0,03507	35,073	0,270
7	315	0,03811	38,111	0,276
8	360	0,04097	40,969	0,281

4. Diameter input dan output blower

Dalam perencanaan volute blower diameter input dan output dapat dihitung melalui persamaan asas kontinuitas masa.

$$Q_1(\text{input blower}) = Q_2(\text{output blower}) \quad (6)$$

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2$$

$$\pi r^2 \cdot V_1 = \text{Panjang} \times \text{lebar} \cdot V_2$$

$$3,14 \cdot 13^2 \cdot V_1 = 15 \times 30 \cdot V_2$$

$$530,66 \text{ cm}^2 \cdot V_1 = 450 \text{ cm}^2 \cdot V_2$$

Jadi diameter input blower = 26 cm

3. Tebal volute (S)

Dalam perencanaan rumah pompa bahan yang dipakai adalah fiber glass dengan sifat mekanis: 1. Kekuatan tarik (σ_b) = 40 kg/mm²

Tebal rumah pompa dapat dicari dengan rumus (Crunch, A. H 1993):

$$S = x \cdot y \cdot \frac{d \cdot p}{p} + z \quad (7)$$

$$= 4.5 \cdot 1.6 \cdot \frac{281 \times 2000}{200 \times 35} + 3$$

$$= 5,8 \text{ mm}$$

dimana:

S = tebal volute (mm)

σ_b = kekuatan tarik = 40 kg/mm²

d = diameter laluan yang terbesar (mm)

p = tekanan pada laluan (kg/mm²)

y = Koefisien bentuk laluan (1,6)

z = Faktor untuk menghindari penyimpangan pada saat peresinan

yang diijinkan ($2 \div 3$) mm

x = Faktor keamanan direncanakan(4,5)

kesimpulan dari perencanaan volute diatas adalah :

bahan = Serat fiber glass

jari-jari minimal volute = 200 mm

jari-jari kelengkunga volute = 0.227 mm

tebal volute = 5,8 mm

diameter terluar volute = 537 mm

diameter input blower = 260 mm

luas output blower = 300 x 150 mm