



**ANALISIS PENGARUH LEBAR SUDU *IMPELLER* TERHADAP
UNJUK KERJA *BLOWER SENTRIFUGAL*
*TYPE BACKWARD***

SKRIPSI

Oleh

Dimas Dwi Sahputra

NIM 161910101110

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2021



**ANALISIS PENGARUH LEBAR SUDU *IMPELLER* TERHADAP
UNJUK KERJA *BLOWER SENTRIFUGAL*
*TYPE BACKWARD***

SKRIPSI

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

Oleh

Dimas Dwi Sahputra
NIM 161910101110

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2021

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Allah SWT, atas semua limpahan rahmat dan ridho-Nya yang diberikan kepada seluruh hamba-Nya.
2. Nabi Muhammad SAW, yang telah memberi kita segala petunjuk hidup dalam kitab suci umat islam.
3. Keluarga saya, Ayahanda (Sutrisno), Ibunda (Nurus Umaniyah), dan Kakak (Abdul Wachid Efendy) yang selalu memberikan motivasi, pengorbanan, dan do'a yang tiada henti sepenuh hati.
4. Semua Bapak/Ibu Dosen sebagai orang tua pengganti pada perkuliahan saya di Universitas Jember yang senantiasa memberikan ilmu bahkan pengalamannya, semoga ilmu dan pengalaman yang diberikan bermanfaat dan barokah dikemudian hari. Bapak Dr. Muh. Nurkoyyim Kustanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Ir. Dwi Djumharianto, M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang selalu memberikan saran dan arahan yang sangat membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Semua Anggota Team Research Electric Vehilcle (TITEN). Bapak Dr. Muh. Nurkoyyim Kustanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing utama (TITEN) yang selalu memberikan wawasan dan ilmu teori ataupun lapangan yang sangat berguna untuk mahasiswa.
6. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan Sekolah Menengah Atas yang tidak kenal lelah memberikan ilmunya, membimbing dan mendidik menuju arah yang lebih baik sehingga sampai ke jenjang perguruan tinggi.
7. Saudari Siti Qomariyah yang telah menemani dan memberikan dukungan sejak awal penelitian hingga akhir penelitian.
8. Kelompok penelitian yaitu Novi Aditya Seputro yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini dalam kondisi apapun, serta teman-temanku Teknik Mesin 2016 dan teman teman (TITEN) Agung, Hendrik, Taufik, Thatit, Anam, Mas Sofyan, Ayik, Guntur, Albar, Alwi, Ian, Ikhsan, Aris, Malik, yang tidak kenal lelah memberikan dukungan, bantuan, dan do'a.
9. Teman-teman kontrakan loss brantas Rosid, Atlanta, Faiz, Royan, Aldi, Aldo, Ayub yang telah membantu dalam bentuk motivasi dan do'a yang tulus.
10. Almamater yang saya banggakan, Universitas Jember.

MOTTO

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

(Nabi Muhammad SAW)

Setiap permasalahan akan datang bersamaan dengan jawaban.

(Nagamori)

Hidup itu adalah seberapa sungguh-sungguh kita bercerita.

(Ricky Elson)

Manfaatkan waktumu sebelum waktu memanfaatkanmu.

(Dimas Dwi Sahputra)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dimas Dwi Sahputra

NIM : 161910101110

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Pengaruh Lebar Sudu *Impeller* Terhadap Unjuk Kerja *Blower sentrifugal Type Backward*” 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, 2021

Yang menyatakan,

Dimas Dwi Sahputra

NIM 161910101110

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH LEBAR SUDU *IMPELLER* TERHADAP
UNJUK KERJA *BLOWER SENTRIFUGAL*
*TYPE BACKWARD***

Oleh

Dimas Dwi Sahputra

NIM 161910101110

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Muh. Nurkoyim Kustanto, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Pengaruh Lebar Sudu *Impeller* Terhadap Unjuk Kerja *Blower sentrifugal Type Backward*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

hari, tanggal :, 2021

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Dr. Muh. Nurkoyim Kustanto, S.T., M.T.
NIP. 196911221997021001

Ir. Dwi Djumharianto, M.T.
NIP. 196008121998021001

Tim Penguji:

Penguji I,

Penguji II,

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

Rahma Rei Sakura, S.T., M.T.
NIP. 760017115

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.
NIP 196612151995032001

RINGKASAN

Analisis Pengaruh Lebar Sudu Terhadap Unjuk Kerja *Blower sentrifugal Type Backward*; Dimas Dwi Sahputra; 161910101110; 2021; 81 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 Lebar Sudu *Impeller* Terhadap Unjuk Kerja *Blower sentrifugal Type Backward*. Metode Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen menggunakan *Blower sentrifugal* yang terbuat dari plat besi ini menggunakan Faktor lebar 0,33 m, 0,34 m, 0,35 m, dengan putaran 350 *r.p.m.* Unjuk kerja yang dimaksud dalam penelitian ini meliputi tekanan dengan satuan pascal (N/m^2), debit dengan satuan m^3/s , dan efisiensi dengan satuan %.

Penelitian ini dilakukan di Bengkel mobil listrik TITEN Fakultas Teknik Universitas Jember pada bulan April sampai dengan bulan Desember 2020. Penelitian ini menggunakan motor listrik AC 1 *phase* dengan putaran maksimal 2890 *r.p.m.* 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 menggunakan lebar sudu *impeller* 0,33 m pada putaran 350 *r.p.m* dengan tekanan senilai $10,32 \text{ N/m}^2$, debit senilai $0,18 \text{ m}^3/\text{s}$, dan efisiensi senilai 1,20 %.

SUMMARY

Analysis of the Effect of Angle Width on Backward Type Centrifugal Blower Performance; Dimas Dwi Sahputra; 161910101110; 2021; 81 pages; Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

A centrifugal blower is a machine that utilizes the inlet air of the blower and then rotates it towards the opposite axis by centrifugal force towards the blower outlet, 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 which functions as a place for the fluid to be sucked in or removed so that it has a big effect on blower performance.

This research is focused on the effect of the impeller blade width on backward type centrifugal blower performance. The research method was carried out by an experimental method using a centrifugal blower made of iron plate using a wide variation of 0,33 m, 0,34 m, 0,35 m, with a rotation of 350 r.p.m. The performance referred to in this study includes pressure in units of pascal (N/m^2), discharge with unit m^3 / s , and efficiency in units of %.

This research was conducted at the TITEN electric car workshop, Faculty of Engineering, University of Jember from April to December 2020. This research uses a 1-phase AC electric motor with a maximum rotation of 2890 r.p.m. Data collection is carried out at three positions from the output of the centrifugal blower, namely in the upper, middle and lower positions. Each position was taken three times and then the average was taken.

From the research results it can be concluded that the greater the rotation of the electric motor, the greater the centrifugal blower performance value obtained. The best performance of centrifugal blowers occurs when using an impeller blade width of 0,33 m at a flow of 350 r.p.m with a pressure of 10.32 N/m^2 , a discharge of 0.18 m^3/s , and an efficiency of 1.20%

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 Lebar Sudu *Impeller* Terhadap Unjuk Kerja *Blower sentrifugal Type Backward*". 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 Dr. Muh. Nurkoyyim Kustanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Ir. Dwi Djumhariano, M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian pada skripsi ini;
2. Bapak Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc. selaku Dosen Penguji I, dan Ibu Rahma Rei Sakura, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan dan saran bersifat konstruktif untuk penyusunan skripsi ini;
3. Seluruh dosen dan staf yang ada didalam Fakultas Teknik.
4. Keluarga saya, Ayahanda (Sutrisno), Ibunda (Nurus Umaniyah), dan Kakak (Abdul Wachid Efendy) yang selalu memberikan motivasi, pengorbanan, dan do'a yang tiada henti sepenuh hati.
5. Semua Anggota Team Research Electric Vehilcle (TITEN). Bapak Dr. Muh. Nurkoyyim Kustanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing utama (TITEN) yang selalu memberikan wawasan dan ilmu teori ataupun lapangan yang sangat berguna untuk mahasiswa.
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. Kelompok penelitian yaitu Novi Aditya Seputro yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini dalam kondisi apapun, serta teman-temanku

Teknik Mesin 2016 dan teman teman (TITEN) Agung, Hendrik, Taufik, Thatit, Anam, Mas Sofyan, Ayik, Guntur, Albar, Alwi, Ian, Ikhsan, Aris, Malik, yang tidak kenal lelah memberikan dukungan, bantuan, dan do'a.

8. Teman-teman kontraan loss brantas Rosid, Atlanta, Faiz, Royan, Aldi, Aldo, Ayub, Vigar yang telah membantu dalam bentuk motivasi dan do'a yang tulus.



Jember, 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
HALAMAN RINGKASAN	viii
HALAMAN SUMMARY	ix
HALAMAN PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Blower sentrifugal	4
2.1.1 Jenis-Jenis <i>Blower sentrifugal</i>	5
2.1.2 Kelebihan <i>Blower sentrifugal</i>	13
2.1.3 Kelemahan <i>Blower sentrifugal</i>	13
2.2 Aliran Fluida	13
2.2.1 Klasifikasi Aliran.....	14
2.2.2 Tipe-Tipe Aliran	14
2.3 Segitiga Kecepatan	16

2.4 Perancangan <i>Impeller</i>	17
2.5 Perancangan <i>Volute</i>	22
2.6 Tinggi Tekan (<i>Head</i>)	25
2.7 Parameter Penelitian	25
2.7.1 Tekanan (<i>P</i>).....	25
2.7.2 Debit (<i>Q</i>).....	27
2.7.3 Efisiensi (η).....	28
2.8 Analisis Data Desain Eksperimen.....	29
2.8.1 Prinsip Dasar Desain Eksperimen.....	29
2.8.2 Desain Faktorial.....	30
2.8.3 Analisa Varian Satu Arah (<i>One Way</i>).....	30
2.8.4 Uji Duncan.....	33
2.9 Hipotesis.....	34
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1 Metode Penelitian	35
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	35
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	35
3.3.1 Alat Penelitian.....	35
3.3.2 Bahan	36
3.4 Variabel Penelitian	36
3.4.1 Faktor	36
3.4.2 Respon	37
3.4.3 Kontrol	37
3.5 Prosedur Penelitian	37
3.5.1 Penyusunan Alat Penelitian dan Persiapan Pengujian.....	37
3.5.2 Tahap Penelitian	37
3.6 Pengambilan Data	41
3.7 Diagram Alir	43
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Hasil Pengujian <i>Blower sentrifugal</i>	44
4.2 Tabel Hasil Pengujian <i>Blower sentrifugal</i> dengan Faktor	

Lebar Sudu Terhadap Debit (Q)	45
4.3 Tabel Hasil Pengujian <i>Blower sentrifugal</i> dengan Faktor	
Lebar Sudu Terhadap Tekanan (P)	47
4.4 Tabel Hasil Pengujian <i>Blower sentrifugal</i> dengan Faktor	
Lebar Sudu Terhadap Efisiensi (η)	49
4.5 Analisa Hasil Pengujian <i>Blower sentrifugal</i> dengan Faktor	
Lebar Sudu Terhadap Debit (Q)	50
4.6 Analisa Hasil Pengujian <i>Blower sentrifugal</i> dengan Faktor	
Lebar Sudu Terhadap Tekanan (P)	51
4.7 Analisa Hasil Pengujian <i>Blower sentrifugal</i> dengan Faktor	
Lebar Sudu Terhadap Efisiensi (η).....	52
4.8 Uji Anova Satu Arah Pengaruh Faktor Lebar Sudu Terhadap	
Efisiensi yang Dihasilkan	53
BAB 5. PENUTUP.....	58
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR TABEL

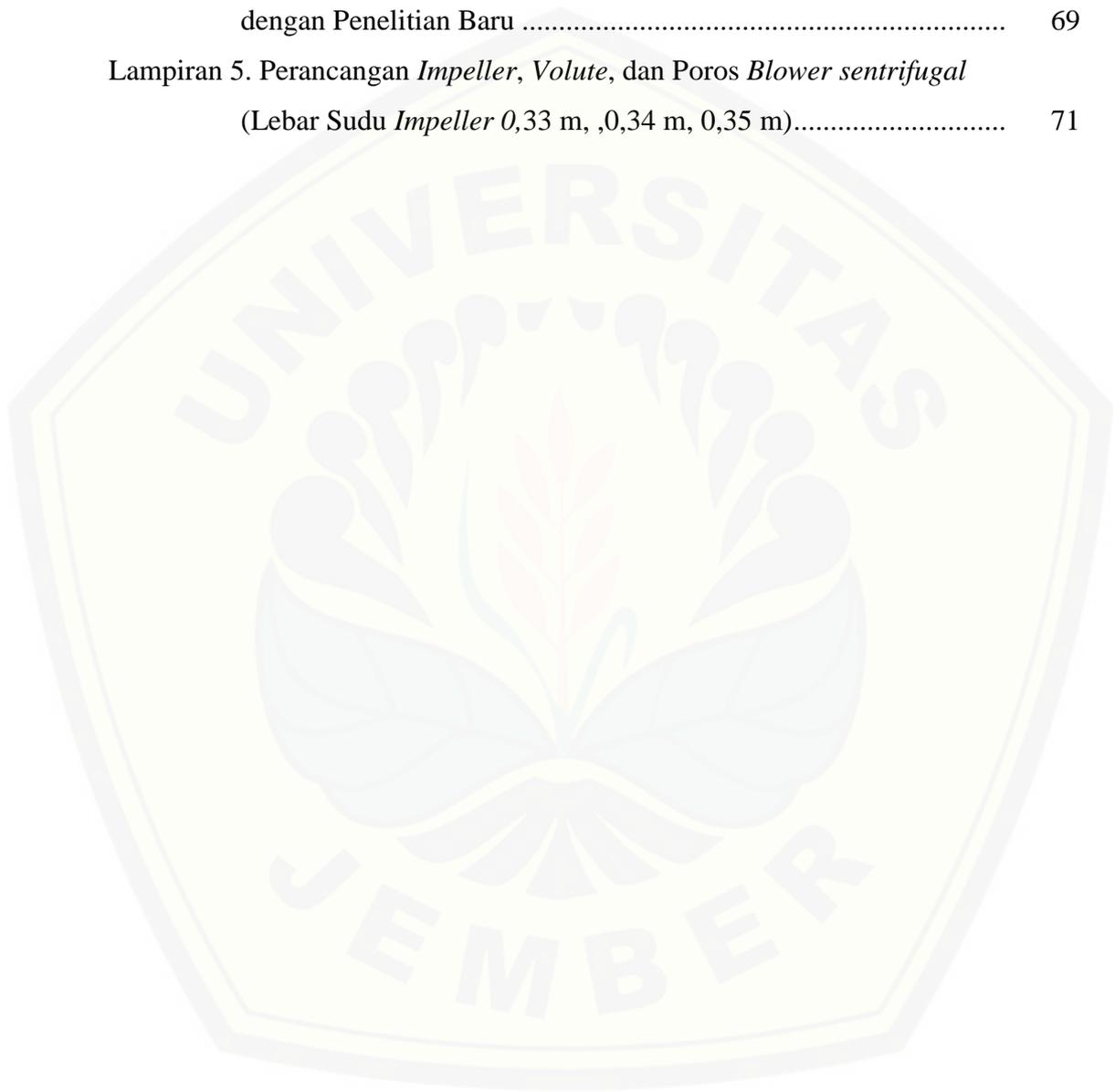
Tabel 2.1	Faktor Pengujian Jumlah Sudu dan Sudut Sudu	11
Tabel 2.2	Perhitungan Jari-Jari Kelengkungan <i>Volute</i>	24
Tabel 2.3	Tabel Analisis Varians Klasifikasi Satu Arah.....	32
Tabel 3.1	Pengambilan Data dengan Lebar Sudu <i>Impeller</i> 0,33 m, 0,34 m, dan 0,35 m	41
Tabel 4.1	Data Hasil Pengujian Lebar <i>Blade</i> 0,33 m, 0,34 m, dan 0,35 m	44
Tabel 4.2	Data Hasil Pengujian Lebar Sudu terhadap Debit.....	45
Tabel 4.3	Data Hasil Perhitungan Lebar Sudu terhadap Debit Beserta Perbandingan Debit Perancangan.....	46
Tabel 4.4	Data Hasil Pengujian Lebar Sudu Terhadap Tekanan	47
Tabel 4.5	Data Hasil Perhitungan Lebar Sudu Terhadap Tekanan Beserta Perbandingan Tekanan Perancangan.....	48
Tabel 4.6	Data Hasil Pengujian Lebar Sudu Terhadap Efisiensi	49
Tabel 4.7	Data Hasil Perhitungan Lebar Sudu Terhadap Efisiensi.....	50
Tabel 4.8	Uji Normalitas	54
Tabel 4.9	Uji Homogenitas	55
Tabel 4.10	Uji Anova Faktor Lebar Sudu Terhadap Debit	55
Tabel 4.11	Uji Anova Faktor Lebar Sudu Terhadap Tekanan	56
Tabel 4.12	Uji Anova Faktor Lebar Sudu Terhadap Efisiensi	56
Tabel 4.13	Uji <i>Duncan</i> Faktor Lebar Sudu Terhadap Efisiensi	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Lebar Sudu <i>Impeller</i>	4
Gambar 2.2	<i>Blower sentrifugal Tipe Forward Curved Blade</i>	5
Gambar 2.3	<i>Blower sentrifugal Tipe Backward Curved Blade</i>	6
Gambar 2.4	<i>Blower sentrifugal Tipe Straight Curved Blade</i>	7
Gambar 2.5	<i>Blower sentrifugal</i>	7
Gambar 2.6	Poros	8
Gambar 2.7	Bantalan atau <i>Bearing</i>	9
Gambar 2.8	Sudu <i>Impeller</i>	10
Gambar 2.9	Desain <i>Impeller</i>	10
Gambar 2.10	Grafik Efisiensi <i>Impeller</i>	12
Gambar 2.11	Gambar Jenis Bilah.....	12
Gambar 2.12	Aliran Laminar	15
Gambar 2.13	Aliran Transisi	15
Gambar 2.14	Aliran Turbulen	16
Gambar 2.15	Segitiga Kecepatan Sisi Masuk dan Keluar.....	16
Gambar 2.16	Segitiga Kecepatan	17
Gambar 3.1	<i>Volute Blower</i>	38
Gambar 3.2	<i>Impeller Blower</i>	38
Gambar 3.3	(a) <i>Tachometer</i> (b) <i>Anemometer</i> (c) Tang meter (d) Avo meter	38
Gambar 3.4	Motor Listrik 1 Fasa (Robith, 2015).....	39
Gambar 3.5	Instalasi Pengujian.....	39
Gambar 3.6	Lebar Sudu <i>Impeller</i>	40
Gambar 3.7	Skema Pengambilan Data.....	40
Gambar 3.8	Posisi Pengambilan Data <i>Anemometer</i>	42
Gambar 4.1	Grafik Lebar Sudu Terhadap Debit	50
Gambar 4.2	Grafik Lebar Sudu Terhadap Tekanan	51
Gambar 4.3	Grafik Lebar Sudu Terhadap Efisiensi	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Pengujian Lebar Sudu <i>Blower sentrifugal</i>	62
Lampiran 2. Gambar Proses Pembuatan <i>Blower sentrifugal</i> dari Plat Besi.....	65
Lampiran 3. Alat dan Bahan	67
Lampiran 4. Gambar Perbandingan Massa <i>Impeller</i> Penelitian Lama dengan Penelitian Baru	69
Lampiran 5. Perancangan <i>Impeller, Volute</i> , dan Poros <i>Blower sentrifugal</i> (Lebar Sudu <i>Impeller</i> 0,33 m, ,0,34 m, 0,35 m).....	71





BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan di era globalisasi ini sangatlah pesat khususnya di dunia teknologi untuk memenuhi kebutuhan konsumen yang semakin meningkat, salah satunya kebutuhan *blower sentrifugal*. Masih banyak variasi atau parameter yang harus dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan unjuk kerja yang lebih baik lagi. *Blower* adalah suatu mesin atau alat digunakan untuk meniupkan atau memperbesar tekanan fluida gas yang akan dihembuskan dalam suatu ruangan tertentu. *Blower* pada dasarnya merupakan mesin berkecepatan tinggi jika dibandingkan dengan jenis-jenis mesin *piston*, rotari atau *displacement* (Church dkk, 1993).

Blower pada umumnya dibedakan menjadi dua jenis 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 ini mempunyai 2 fungsi yaitu fungsi pertama menghisap fluida dari sisi hisap dan fungsi yang kedua yaitu menekan fluida hasil hisapan tersebut ke arah sentrifugal atau sisi buang yang nantinya fluida tersebut memberikan energi kinetik pada fluida kerja. Ada tiga macam sudu pada *impeller* yang digunakan pada *blower* yaitu *radial vanes* ($\beta=90^\circ$), *backward-curved vanes* ($\beta<90^\circ$), *forward-curved vanes* ($\beta>90^\circ$) (Maherwan, 2002).

Penelitian peningkatan efisiensi *blower sentrifugal* telah dilakukan sebelumnya salah satu contohnya memvariasikan putaran dan sudut sudu *impeller*. Pada penelitian tersebut menghasilkan efisiensi *blower sentrifugal* cukup rendah sekitar 0,373 % akibat putarannya kurang tinggi (Helmi, 2018) dan Nilai unjuk kerja *blower sentrifugal* terbaik terjadi ketika putaran 700 *r.p.m* dengan sudut sudu 80° , pada tekanan 96,77 pa, debit 0,57 m^3/s , dan efisiensi 5,08% pada posisi tengah *output blower sentrifugal* (Duddin, 2019).

Blower sentrifugal mempunyai efisiensi yang dapat ditingkatkan dengan beberapa cara, misalnya menambah luas penampang pada sudu, memperkecil *gap* antara *impeller* dengan *volute* dan masih banyak lagi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada pengaruh penambahan lebar sudu *impeller* terhadap tekanan (P), debit (Q), dan efisiensi (η) yang dihasilkan guna mengoptimalkan unjuk kerja *blower sentrifugal*. Sudu yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 13 sudu dengan menggunakan sudu tipe *Backward*. Hal ini dilakukan karena dengan menambah lebar sudu *impeller* maka fluida yang dihisap akan lebih banyak dan tekanan pun juga meningkat sehingga efisiensi dari *blower sentrifugal* juga meningkat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

- Bagaimana pengaruh lebar sudu *impeller* terhadap debit (Q) yang dihasilkan ?
- Bagaimana pengaruh lebar sudu *impeller* terhadap tekanan (P) yang dihasilkan ?
- Bagaimana pengaruh lebar sudu *impeller* terhadap efisiensi (η) yang dihasilkan ?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

- Penelitian menggunakan metode eksperimental.
- Fluida yang digunakan adalah udara.
- Pengukuran kecepatan udara pada *blower sentrifugal* dilakukan sesaat.
- Tidak membahas proses manufaktur *blower sentrifugal*.

1.4 Tujuan

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka tujuan pada penelitian ini sebagai berikut:

- a. Mengetahui pengaruh lebar sudu *impeller* terhadap debit (Q).
- b. Mengetahui pengaruh lebar sudu *impeller* terhadap tekanan (P).
- c. Mengetahui pengaruh lebar sudu *impeller* terhadap hasil efisiensi (η).

1.5 Manfaat

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka manfaat pada penelitian ini sebagai berikut:

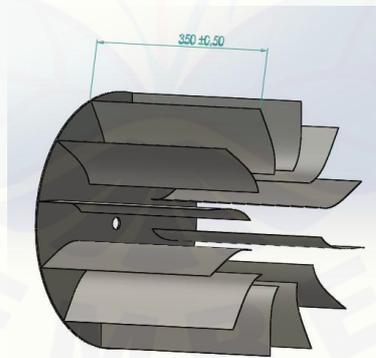
- a. Ikut menyelesaikan penelitian yang dilakukan tim riset mobil listrik (TITEN UNEJ).
- b. Ikut mengembangkan riset *aerodinamis* pada bodi mobil listrik.
- c. Ikut serta memberi sumber informasi baru pada penelitian *blower sentrifugal*.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Blower Sentrifugal*

Blower sentrifugal adalah sebuah mesin yang memanfaatkan udara atau gas oleh gaya sentrifugal ke tekanan akhir yang tidak melebihi 2000 Pascal. *Blower sentrifugal* apabila dipakai untuk keperluan khusus sering kali diartikan dengan nama lain yaitu *Exhaust*. *Exhaust* yaitu *blower* yang dipakai untuk mengeluarkan gas dari dalam ruang untuk dibuang keluar dan pada saat bersamaan menarik udara segar ke dalam ruangan. (Church dkk, 1993).

Prinsip dasar *blower sentrifugal* menyatakan bahwa bila suatu wadah tertutup diisi dengan fluida dan diputar pada sumbunya yang disebabkan oleh inersianya maka akan cenderung untuk berputar dalam arah yang berlawanan terhadap wadahnya. Seperti halnya fluida cair apabila ditempatkan didalam ember (*bucket*) kemudian digerakkan dalam sebuah lingkaran dengan suatu titik tertentu selalu berada paling dekat dengan pusat perputarannya, akan terlihat bahwa fluida akan cenderung untuk berputar atau bersirkulasi dalam arah yang berlawanan dengan arah putaran bejana (Church dkk, 1993).



Gambar 2.1 Lebar Sudu *Impeller*

(Sumber : Arsip pribadi)

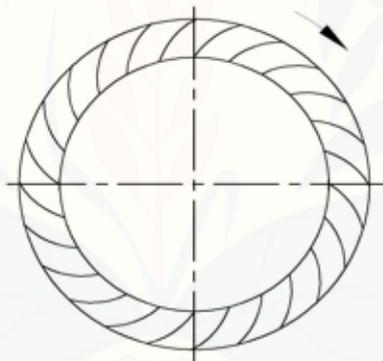
Lebar sudu *impeller* adalah luasan bidang yang berfungsi untuk menangkap fluida dinamis dan menekan fluida dinamis ke arah mulut *volute* untuk dikeluarkan.

2.1.1 Jenis-Jenis *Blower Sentrifugal*

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

a. *Forward Curved Blade*

Blower sentrifugal jenis ini menggunakan bilah (sudu) yang melengkung searah dengan putaran kipas. *Forward curved blade* dipakai pada laju aliran yang rendah dan tekanan rendah. Bilah yang terdapat didalam *impeller* berukuran kecil dan membelok ke dalam searah dengan arah rotasi. *Blower* ini beroperasi pada kegiatan proses pemanasan dengan tekanan rendah, ventilasi dan pendingin ruangan seperti pada tungku pembakaran domestik dan pada alat pendingin lainnya (Maherwan, 2002). *Blower sentrifugal* jenis ini dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut ini :



Gambar 2.2 *Blower sentrifugal* Tipe *Forward Curved Blade*
(Sumber : Onny, 2017)

b. *Backward Curved Blade*

Blower jenis ini menggunakan bilah yang melengkung berlawanan dengan arah putaran *impeller*. *Blower* jenis ini biasanya digunakan pada laju aliran sedang dan tekanan tinggi. *Blower* jenis ini dilihat dari segi berat, lebih ringan bila dibandingkan tipe *forward curve blade* karena tidak memerlukan bilah kipas terlalu banyak. Bilah pada *blower* jenis ini berbentuk rata didalam dan memiliki

arah yang condong serta menjauhi arah rotasi dari *impeller*. *Blower* jenis ini mempunyai kelebihan yaitu lebih efisien dari pada jenis yang lain. Aplikasi penggunaan *blower* jenis ini yaitu pada pendingin udara, digunakan pada berbagai kegiatan di industri, pemanas biasa, dan ventilasi (Maherwan, 2002). *Blower sentrifugal* jenis ini dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut ini :

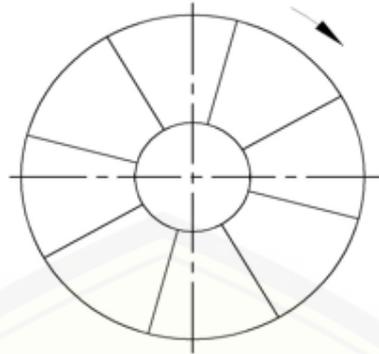


Gambar 2.3 *Blower sentrifugal Tipe Backward Curved Blade*

(Sumber : Onny, 2017)

c. *Straight Radial Blades*

Blower jenis ini memiliki bilah lurus, tidak melengkung yang dipasang langsung dari pusat kipasnya. *Blower* jenis ini digunakan untuk fluida tidak murni yaitu gas, karena kipas *radial* yang pengendapannya paling sedikit. *Blower* ini mempunyai karakteristik suaranya yang bising. *Blower* ini dapat dipakai dikondisi kecepatan tinggi, volume rendah dan tekanan tinggi. *Blower* jenis ini bilah-bilah yang ada didalamnya berbentuk seperti *paddle*. Bilah yang ada memiliki arah tegak lurus dengan arah rotasi *impeller* serta dapat beroperasi pada kecepatan yang sedang. *Blower* jenis ini mempunyai karakteristik memiliki bentuk yang kokoh serta mudah untuk diperbaiki di lapangan. *Blower* jenis ini sering kali diaplikasikan yaitu pada kegiatan *material handling* serta pada industri yang membutuhkan tekanan tinggi (Maherwan, 2002). *Blower sentrifugal* jenis ini dapat dilihat pada Gambar 2.4 dibawah ini :

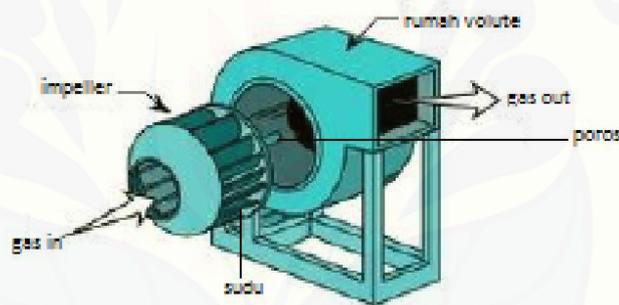


Gambar 2.4 *Blower sentrifugal Tipe Straight Curved Blade*

(Sumber : Onny, 2017)

d. Bagian-Bagian *Blower sentrifugal*

Bagian-bagian dari *blower sentrifugal* dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut ini :



Gambar 2.5 *Blower sentrifugal*

(Sumber : Onny, 2017)

1) Poros

Poros adalah sebuah besi pejal atau berongga yang terdapat pada mesin yang 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 dibubut bertingkat mulai dari bagian ujung hingga ujung satunya sesuai dengan desain yang diinginkan. Gambar poros dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut ini :



Gambar 2.6 Poros
(Sumber : Sularso, 2004)

2) Bantalan (*Bearing*)

Bantalan adalah sebuah elemen mesin yang berfungsi sebagai penopang 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 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 2.7 berikut ini :



Gambar 2.7 Bantalan atau *Bearing*

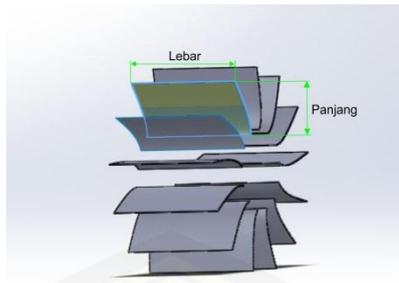
(Sumber : Erinofiardi, 2011)

3) Rumah *blower* (*volute*)

Rumah *blower* adalah komponen yang menjadi wadah atau *casing* dari *blower* yang berfungsi untuk menampung fluida bertekanan sebelum dilontarkan keluar *blower*. Rumah *blower* dibuat dari besi cor yang terpisah dua secara mendatar atau dapat juga dari las-lasan pelat baja dengan memberikan rusuk-rusuk penguat. Rumah *blower* dengan jenis yang terpisah secara mendatar mempunyai pipa hisap dan pipa buang yang meghadap ke atas yang maksudnya adalah untuk memudahkan pemeriksaan dan perbaikan.

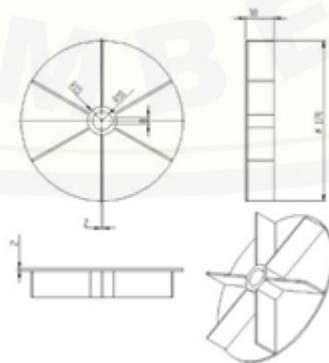
4) Sudu (Bilah)

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* ($\beta>90^\circ$).



Gambar 2.8 Sudu *Impeller*
(Sumber : Arsip Pribadi)

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 *r.p.m* dengan jumlah sudu 8 debit yang dihasilkan 0,021 m³/s dan kecepatan angin yang dihasilkan 4,2 m/s. Pada putaran 580 *r.p.m* 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 berikut ini :



Gambar 2.9 Desain *Impeller*
(Sumber : T.E. Mwinuka, 2016)

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% (Patil, 2013). Tabel variasi pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini :

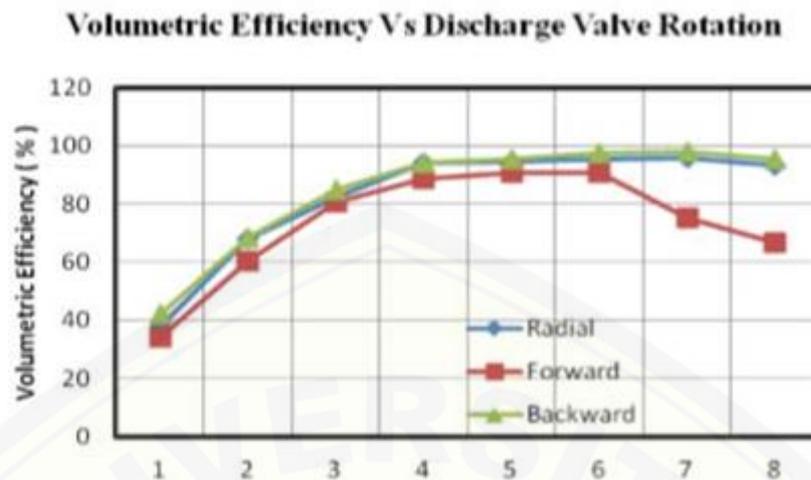
Tabel 2.1 Variasi Pengujian Jumlah Sudu dan Sudut Sudu

No. Of Fan	Inlet Angle	Outlet Angle	No. Of Blades	Outlet Preassure (N/m ²)	Inlet Preassure (N/m ²)	Outlet Velocity (m/s ²)	Preassure Rise (N/m ²)	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	24,5	24,5	14	1808	-579	16,28	2387	32,02
8	26,5	26,5	10	1752	-579	14,00	2331	32,04
9	28,5	28,5	12	1763	-579	16,25	2342	32,84

(Sumber : Patil, 2013)

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 cured* dengan nilai 90% (Thangarasu, 2015). Grafik efisiensi jenis *impeller* dapat dilihat pada Gambar 2.10 berikut ini :



Gambar 2.10 Grafik Efisiensi *Impeller*

(Sumber : Thangarasu, 2015)

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 diuji pada putaran yang sama 1000-5000 rpm dan didapatkan hasil efisiensi untuk *backward airfoil* sebesar 81% dan untuk jenis *backward curved* sebesar 76% (S.P dayal, 2015). Jenis bilah dapat dilihat pada Gambar 2.11 berikut ini :



Gambar 2.11 Gambar Jenis Bilah

(Sumber : Sushant Wagh, Dhananjay Panchagade, 2014)

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* diputar dengan putaran 2800 rpm dan

dapat dihasilkan 28,54% dan laju aliran massa sebesar 0,015% . (Sushant Wagh, Dhananjay Panchagade, 2014).

2.1.2 Kelebihan *Blower Sentrifugal*

Kelebihan *blower sentrifugal* jika dibandingkan dengan *blower* tipe aksial (sudu atau kipas berputar dengan poros utama dengan sudu yang dipasang secara tegak lurus dari diameter luar poros) yaitu :

- a. Mempercepat aliran udara secara laminar sehingga keluaran yang didapat adalah udara yang laminar.
- b. Konstruksinya kokoh.
- c. Relatif tidak berisik.
- d. Dapat beroperasi diberbagai kondisi.
- e. Kecepatan konstan, *blower sentrifugal* akan memompa *volume* udara yang tetap dibandingkan dengan massa udara yang tetap. Ini berarti kecepatan udara disebuah sistem tetap walaupun laju massanya tidak tetap.
- f. Lebih mudah dan lebih murah pada pembangunan sehingga *blower* ini lebih banyak digunakan.

2.1.3 Kelemahan *Blower Sentrifugal*

Kelemahan *blower sentrifugal* terutama tipe *Backward curved blade* adalah :

- a. Hanya cocok untuk layanan yang bersih, untuk layanan kasar, dan bertekanan tinggi.
- b. Keluaran *blower* sulit diatur secara tepat.
- c. Penggerak harus dipilih secara hati-hati untuk menghindarkan beban motor lebih, sebab kurva daya meningkat sejalan dengan aliran udara.
- d. Efisiensi energi relatif rendah.

2.2 Aliran Fluida

Aliran fluida laminar adalah fluida yang memiliki kecepatan rendah, partikel-partikel alirannya bergerak dalam lapisan-lapisan yang paralel dan kecepatan pada sembarang titik, konstan besarnya maupun arahnya. Aliran fluida

turbulen adalah apabila kecepatan tinggi, gerakan tidak lagi *Steady* tetapi bervariasi baik pada besar maupun arahnya pada sembarang titik. Aliran fluida turbulen adalah jenis aliran tak beraturan yang terjadi pada pompa dan *blower*. Kecepatan kritis adalah suatu titik transisi yang harus ada dari satu jenis ke jenis lainnya. Kecepatan kritis 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 dikelompokkan menjadi dua sebagai berikut:

a. Aliran Tunak (*Steady*)

Aliran tunak adalah suatu aliran dimana kecepatannya tidak terpengaruh oleh perubahan waktu sehingga kecepatan konstan pada setiap titik (tidak mempunyai percepatan).

b. Aliran Tidak Tunak (*Unsteady*)

Aliran tidak tunak adalah suatu aliran dimana terjadi perubahan kecepatan terhadap waktu.

2.2.2 Tipe-Tipe Aliran

Bilangan *Reynold* merupakan bilangan yang tak berdimensi yang dapat membedakan suatu aliran dinamakan laminar, transisi dan turbulen. 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)

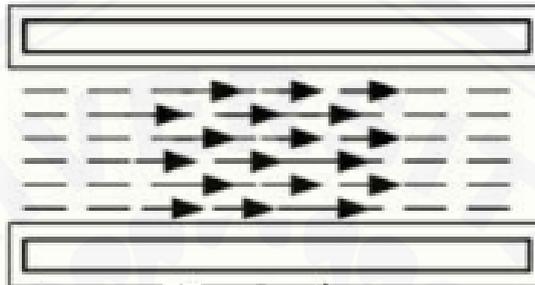
D = diameter dalam pipa (m)

ρ = rapat massa fluida (kg/m³)

μ = viskositas dinamik fluida (kg/ms)

a. Aliran laminar

Aliran laminar didefinisikan sebagai aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan atau lamina-lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar. Aliran laminar ini mempunyai nilai *reynolds* kurang dari 2300. Aliran laminar dapat dilihat pada Gambar 2.12 dibawah ini :

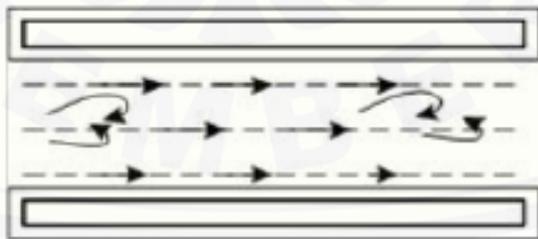


Gambar 2.12 Aliran Laminar

(Sumber : Olson, 1990)

b. Aliran transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Keadaan peralihan ini tergantung pada viskositas fluida, kecepatan dan lain-lain yang menyangkut geometri aliran dimana nilai bilangan *reynolds* antara 2300 sampai dengan 4000. Aliran transisi dapat dilihat pada Gambar 2.8 dibawah ini :



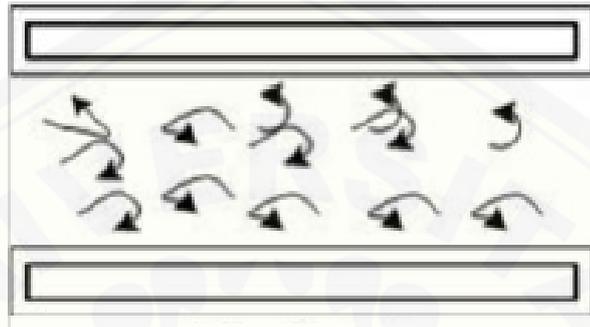
Gambar 2.13 Aliran Transisi

(Sumber : Olson, 1990)

c. Aliran Turbulen

Aliran turbulen didefinisikan sebagai aliran yang dimana pergerakan dari partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami percampuran serta

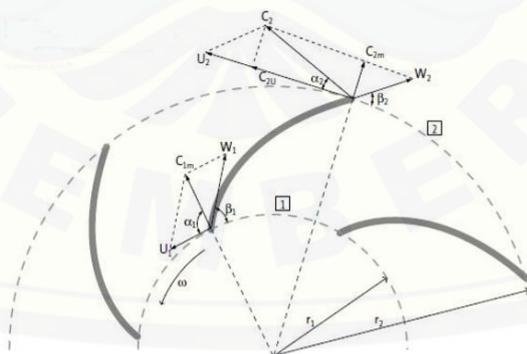
putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida ke bagian fluida yang lain dalam skala besar. Aliran turbulen memiliki nilai *reynolds* lebih besar dari 4000. Aliran turbulen dapat dilihat pada Gambar 2.14 dibawah ini :



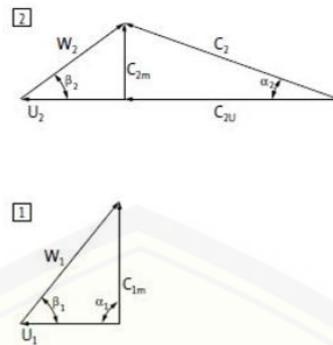
Gambar 2.14 Aliran Turbulen
(Sumber : Olson, 1990)

2.3 Segitiga Kecepatan

Segitiga kecepatan dapat dilihat pada beberapa Gambar 2.15 Gambar 2.16 dibawah ini :



Gambar 2.15 Segitiga Kecepatan Sisi Masuk dan Keluar
(Sumber : Church dkk, 1993)



(1) Segitiga Kecepatan Sisi Masuk; (2) Segitiga Kecepatan Sisi Keluar

Gambar 2.16 Segitiga Kecepatan

(Sumber : Church dkk, 1993)

Dimana :

- r_1 = jari jari diameter dalam *impeller* (m)
- r_2 = jari jari diameter luar *impeller* (m)
- U_1 = kecepatan tengensial (m/s)
- W = kecepatan sepanjang sudu atau kecepatan relatif (m/s)
- C_{2m} = kecepatan mutlak *meridian* pada sisi masuk (m/s)
- C_{2U} = kecepatan mutlak ke arah U pada sisi keluar (m/s)
- α = sudut sudu pada sisi masuk ($^\circ$)
- β = sudut sudu pada sisi keluar ($^\circ$)

2.4 Perancangan *Impeller*

Dalam perancangan *impeller* dipengaruhi kecepatan aliran (v), dan debit aliran (Q). Apabila keluaran *blower* berbentuk kubus dengan penampang depan berbentuk persegi memiliki panjang 0,33 m dan lebar 0,15 m, maka perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A &= p \times l \\
 v &= (11,111 \text{ m/s}) \\
 Q &= v \times A
 \end{aligned}
 \tag{2.2}$$

Dimana :

p = panjang (m)

l = lebar (m)

A = luasan (m^2)

v = kecepatan (m/s)

Q = debit (m^3/s)

a. 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 = (Tetapan) 287 (N/kg)

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

b. Perhitungan *Head* Total

Head total (H) dicari dengan Persamaan 2.4 sebagai berikut :

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

Dimana :

H = *head* total (m)

g = (tetapan) $9,81 (m/s^2)$

Δp = tekanan rancang (N/m^2)

c. Perhitungan Kecepatan Spesifik

Kecepatan spesifik (N_q) dapat dicari dengan Persamaan 2.5 sebagai berikut :

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

Dimana :

N_q = kecepatan spesifik (*r.p.m*)

n = kecepatan putaran turbin (*r.p.m*)

d. Perhitungan Diameter Luar *Impeller*

Energi spesifik (y) harus dicari terlebih dahulu sebelum mencari diameter luar *impeller*, yang dapat dicari menggunakan Persamaan 2.6 berikut ini :

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

Dimana :

y = energi spesifik (J/kg)

g = (tetapan) gravitasi 9,81 (m/s^2)

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

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

Dimana :

D_2 = diameter luar *impeller* (m)

S = tebal *volute* (m)

e. Perhitungan Kecepatan Keliling

Kecepatan keliling (U_2) dapat dicari 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)

f. 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 = (tetapan 20 m/s), kecepatan absolut di sisi (m/s)

A_s = luas sisi masuk (m²)

- g. Perhitungan Diameter dalam *Impeller* (D_1)

Diameter dalam *impeller* dapat dihitung 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)

- h. Perhitungan Kecepatan Keliling Diameter *Impeller*

Kecepatan keliling (U_1) dapat dihitung 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)

- i. Perhitungan Sudut β

Sudut β dapat dicari menggunakan Persamaan 2.12 berikut ini :

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

Dimana :

sudut β = Arc tan $\frac{C_s}{V_1}$

β = Sudut keluar sudu (°)

j. Perhitungan Kecepatan Sepanjang Sudu (w_1)

Kecepatan sepanjang sudu (w_1) dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.13 berikut ini :

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

Dimana :

w_1 = kecepatan sepanjang sudu (m/s)

k. Perhitungan Kecepatan Mutlak ke arah tangensial pada Sisi Keluar (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)

H = *head* total (m)

l. 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)

m. 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})

n. Perhitungan $\tan \alpha$

Tan α dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.17 sebagai berikut :

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

Dimana :

α = sudut masuk sudu ($^\circ$)

o. 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 (N/m^2)

p. 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) :

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

2.5 Perancangan *Volute*

Perancangan *volute* meliputi beberapa perhitungan dibawah ini yaitu :

a. 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* (m)

r_2 = jari-jari luar *impeller* (m)

b. Jari-jari Kelengkungan (p)

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

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

Dimana:

p = jari-jari kelengkungan (m)

r_3 = jari-jari minimal *volute* (m)

x = koefisien jarak pada sudut ($^\circ$)

φ = kecepatan sudut *volute* ($^\circ$)

- 2) Koefisien jarak pada sudut dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.22 dibawah ini :

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

Dimana:

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

x = koefisien jarak pada sudut ($^\circ$)

k_{U2} = keliling *impeller* (m)

- 3) 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 $p : 0,01368$.

- 4) Jari-jari kelengkungan dari *volute* (r_{vol}) 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 2.2 sebagai berikut :

Tabel 2.2 Perhitungan Jari-Jari Kelengkungan *Volute*

Simpangan	Derajat	p (m)	p (mm)	r vol(mm)
1	0	0	0	200
2	45	0,01368	13,681	0,227
3	90	0,01961	19,606	0,239
4	135	0,02425	24,254	0,248
5	180	0,02824	28,242	0,256
6	225	0,03181	31,807	0,263
7	270	0,03507	35,073	0,270
8	315	0,03811	38,111	0,276
9	360	0,04097	40,969	0,281

(Sumber : Church dkk, 1993)

- 5) Tebal *volute* (S)

Tebal *volute blower* bahan yang dipakai adalah ST35 dengan sifat mekanis, Kekuatan tarik (σ_b) : 35 kg/mm². Tebal *volute* dapat dicari menggunakan Persamaan 2.25 dibawah ini (Crunch dkk, 1993) :

$$S = x \cdot y \cdot \frac{d \cdot \sigma_b}{P} + z \quad (2.25)$$

Dimana :

S = tebal *volute* (mm)

σ_b = (tetapan = 35 kg/mm²) Kekuatan tarik (kg/mm²)

- d = diameter laluan yang terbesar (mm)
- P = tekanan pada laluan (kg/mm^2)
- y = koefisien bentuk laluan (1,6)
- z = faktor untuk menghindari penyimpangan pada saat pengecoran yang diijinkan (2-3 mm)
- x = faktor keamanan direncanakan (4,5)

2.6 Tinggi Tekan (*Head*)

Tinggi tekan adalah ketinggian dimana kolom fluida harus naik untuk memperoleh jumlah energi yang sama dengan yang dikandung dalam 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 *preassure* 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).

2.7 Parameter Penelitian

2.7.1 Tekanan (*pressure*)

Tekanan rata-rata adalah gaya normal yang mendorong suatu bidang datar dibagi dengan luas bidang tersebut. Tekanan suatu titik ialah perbandingan gaya normal terhadap luas bidang bila luas tersebut mendekati suatu nilai kecil yang melingkupi titik itu. Suatu fluida apabila melakukan tekanan terhadap dinding-

dinding suatu bejana, maka bejana tersebut akan melakukan reaksi terhadap fluida itu yang akan bersifat kompresif (memampatkan). Fluida dapat menahan tekanan kompresi (tekanan padat) yang sangat tinggi, tetapi jika 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 (p) mempunyai suatu gaya per luas, yang dapat berbentuk *Newton* per meter persegi (N/m^2) (Victor dkk, 1999). Tekanan dapat dicari menggunakan persamaan 2.26 berikut ini :

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.26)$$

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 terhenti. Tekanan statis adalah tekanan fluida yang diukur oleh alat yang bergerak bersama dengan fluida. Tekanan dinamis adalah tekanan saat fluida dalam keadaan bergerak. Tekanan total atau tekanan terhenti adalah tekanan fluida yang diukur pada aliran fluida yang diperlambat sampai diam. Tekanan statis dapat dicari menggunakan Persamaan 2.27 berikut ini :

$$P \text{ statik} = \rho \times g \times H \quad (2.27)$$

Dimana :

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

ρ = massa jenis udara (kg/m^3)

g = gravitasi (m/s^2)

H = *head* (m)

Tekanan dinamis dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.28 berikut ini :

$$P \text{ dinamis} = \frac{1}{2} \times \rho \times v^2 \quad (2.28)$$

Dimana :

P dinamis = tekanan dinamis (N/m²)

v = kecepatan aliran (m/s)

Tekanan total dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.29 sebagai berikut :

$$\text{Tekanan total} = p \text{ statis} + p \text{ dinamis} \quad (2.29)$$

2.7.2 Debit (Q)

Debit di definisikan sebagai suatu kecepatan aliran fluida yang memberikan banyaknya *volume* dalam sebuah pipa. Debit suatu aliran dapat dirumuskan pada Persamaan 2.30 sebagai berikut :

$$Q = A \times V \quad (2.30)$$

Keterangan :

Q = debit (m³/s)

A = luas penampang (m²)

V = kecepatan aliran (m/s)

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).

2.7.3 Efisiensi (η)

Efisiensi merupakan hal yang sangat penting pada penggunaan *blower sentrifugal* karna berkaitan dengan energi yang dipakai untuk menggerakkan sistem (Mustakim, 2015). Pendekatan analisis rasio merupakan metode penilaian efisiensi yang paling sederhana karena menghasilkan informasi dari hubungan

antara satu *input* dengan satu *output*. Oleh karena itu, efisiensi didefinisikan sebagai banyaknya unit *output* per unit *input*.

Dalam penelitian ini *output* dalam perhitungan efisiensi mekanik *blower* adalah debit dari aliran fluida *blower sentrifugal* dalam satuan m^3/s dan selisih tekanan yang terjadi sebelum dan setelah keluar dari *blower* dalam satuan pascal. *Input* dari penelitian ini adalah daya motor dalam satuan *Watt*.

Untuk mencari efisiensi *blower sentrifugal* dapat dilihat pada Persamaan 2.31 dibawah ini :

$$\text{Efisiensi mekanik } blower = \frac{Q \text{ keluar} \times \Delta p}{(I \times V \times \text{Cos } \varphi)} \times 100\% \quad (2.31)$$

Q Keluar = Debit keluar (m^3/s)

Δp = Selisih tekanan (N/m^2)

I = Arus yang diterima motor listrik (*Ampere*)

V = Tegangan yang diterima motor listrik (*Volt*)

Cos φ = Faktor daya

Daya motor listrik diperoleh dari pengukuran menggunakan *watt* meter.

2.8 Analisis Data Desain Eksperimen

Desain eksperimen merupakan ilmu statistika yang banyak berkaitan dengan pengumpulan, penyajian, penganalisisan dan pengambilan kesimpulan mengenai populasi berdasarkan sekumpulan data dan dapat di selesaikan dengan menggunakan ilmu hitung peluang. Suatu rancangan percobaan dengan tiap langkah tindakan yang betul – betul terdefinisikan sedemikian sehingga informasi yang berhubungan dengan atau diperlukan untuk persoalan yang sedang diteliti dapat dikumpulkan (Sudjana, 2002).

Tujuan dari desain eksperimen adalah untuk memperoleh dan mengumpulkan informasi yang diperlukan dan berguna dalam melakukan penelitian persoalan yang akan dibahas. Setidaknya penelitian dilakukan sederhana dan seefisien mungkin mengingat waktu, biaya, tenaga dan bahan yang digunakan. Desain yang sederhana akan mudah dilaksanakan dan cepat dianalisis karena bersifat ekonomis. Jadi sangat jelas bahwa desain eksperimen

berusaha untuk memperoleh informasi yang maksimum dengan menggunakan biaya yang minimum.

2.8.1 Prinsip Dasar Desain Eksperimen

a Replikasi

Replikasi diartikan pengulangan eksperimen dasar. Tujuan replikasi adalah untuk mendapatkan estimasi dari kesalahan percobaan (*experimental error*) dan jika mean sampel digunakan untuk menaksir efek dari faktor percobaan, maka akan mendapatkan penaksir yang lebih tepat.

b Kontrol Lokal

Teknik yang digunakan untuk menaikkan presisi dari suatu eksperimen dengan jalan unit-unit percobaan dalam suatu blok mendekati homogen. Jika replikasi dan pengacakan pada dasarnya akan memungkinkan berlakunya uji keberartian, maka kontrol lokal menyebabkan desain lebih efisien, yaitu menghasilkan prosedur pengujian dengan kuasa yang lebih tinggi.

2.8.2 Desain Faktorial

Eksperimen faktorial adalah eksperimen yang semua (hampir semua) taraf sebuah faktor tertentu dikombinasikan atau disilangkan dengan semua (hampir semua) taraf tiap faktor lainnya yang ada dalam eksperimen itu (Sudjana, 1989). Analisis dilakukan untuk menyelidiki apakah terdapat perbedaan yang berarti mengenai rata-rata- efek tiap taraf atau tidak. Dalam hal ini tiap perlakuan merupakan kombinasi dari tiap faktor atas beberapa taraf, maka kombinasi tersebut dari taraf tiap faktor menentukan sebuah kombinasi perlakuan (Sudjana, 1989).

Pada penelitian ini terdapat 1 faktor dengan 3 taraf. Lebar sudu *Impeller* menjadi faktor dan terdapat 3 taraf yaitu debit(Q), tekanan(P), dan efisiensi(η) terhadap unjuk kerja *blower sentrifugal*.

2.8.3 Analisa Varian Satu Arah (One Way)

Metode analisis data merupakan tahapan proses penelitian dimana data yang sudah dikumpulkan dikelola dengan tujuan menjawab rumusan masalah.

Proses pengolahan data inilah yang disebut analisis data. Data kuantitatif pada umumnya berbentuk dataset yang masih mentah. Tahap manajemen data kuantitatif adalah mengkonversi data yang mentah tersebut menjadi lebih matang. Hal ini dilakukan dengan cara clearing. Clearing artinya "membersihkan" data mentah yang tidak relevan untuk diolah. Pengolahan data kuantitatif, dilakukan dengan menggunakan software SPSS versi 22. Pada tahap ini peneliti juga memeriksa kualitas data seperti adakah data *missing* atau *error*.

Anova merupakan singkatan dari "*analysis of varian*" adalah salah satu uji komparatif yang digunakan untuk menguji perbedaan mean (rata-rata) data lebih dari dua kelompok. Prosedur analisis varians menggunakan variabel numerik tunggal (*single numerical variable*) yang diukur dari sejumlah sampel untuk menguji hipotesis nol dari populasi yang (diperkirakan) memiliki rata-rata hitung (*mean*) sama. Variabel yang digunakan dalam acuan adalah variable terikat (Toto Sugiharto, 2009)

Ada dua jenis Anova, yaitu analisis varian satu arah (*one way anova*) dan analisis varian dua arah (*two ways anova*). Uji dalam anova menggunakan uji F karena digunakan untuk menguji lebih dari 2 sampel. Berikut adalah asumsi dasar yang harus terpenuhi dalam analisis varian yaitu :

a. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk menentukan apakah data yang didapat berasal dari populasi yang berdistribusi normal atau tidak (Trihendradi, 2005). Uji ini menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Adapun hipotesis uji adalah sebagai berikut:

H_0 : Data tidak berasal dari populasi yang berdistribusi normal

H_1 : Data berasal dari populasi yang berdistribusi normal

Uji normalitas data dilakukan dengan menggunakan *Test Normality Kolmogorov-Smirnov*. Menurut Singgih Santosa (2012) dasar pengambilan keputusan dilakukan berdasarkan probabilitas (*Asymtotic Significanted*), yaitu:

- 1) Jika probabilitas $> 0,05$ maka data berasal populasi yang berdistribusi normal.

- 2) Jika probabilitas $< 0,05$ maka data tidak berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

b. Uji Homogenitas

Uji homogenitas variansi dilakukan untuk mengetahui apakah kedua kelompok data memiliki varians yang homogen atau tidak. Uji homogenitas variansi maka dilakukan uji *Levene* (Fathoni, 2006). Adapun hipotesis untuk uji ini adalah:

H_0 : (kedua kelompok populasi memiliki varians yang tidak homogen)

H_1 : (kedua kelompok populasi memiliki varians yang homogen).

Jika signifikansi atau nilai probabilitas $> 0,05$ maka data berasal dari populasi-populasi yang mempunyai varians yang sama. Jika signifikansi atau nilai probabilitas $< 0,05$ maka data berasal dari populasi-populasi yang mempunyai varians tidak sama (Putri, 2016).

Dalam penelitian ini menggunakan analisis varian satu arah (*one away*), dikarenakan data memiliki 1 faktor. Jenis data yang tepat untuk anova adalah nominal ataupun ordinal pada variabel bebasnya, jika data pada variabel bebasnya dalam bentuk interval atau ratio maka harus diubah dulu dalam bentuk ordinal atau nominal. Sedangkan responnya adalah data interval atau ratio. Adapun asumsi dasar yang harus terpenuhi dalam analisis varian adalah :

- 1) Populasi yang diuji harus berdistribusi normal,
- 2) Sampel tidak berhubungan satu dengan yang lain,
- 3) Varians atau ragam dan populasi yang diuji sama.

Dalam pengujian Anova digunakan rumus hitung sebagai berikut :

Tabel 2.3 Analisis Varians Satu Arah

Sumber Varian (SV)	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat Bebas (db)	Kuadrat Rata - Rata (KR)	F hitung	Taraf Signifikan (α)
Antar Group (A)	$\sum \frac{(\sum X_{Af})^2}{n_{Af}} - \frac{(\sum X_T)^2}{N}$	A-1	$\frac{JK_A}{db_A}$	$\frac{KR_A}{KR_D}$	
Dalam Group (D)	$\sum X_T^2 - \sum \frac{(\sum X_{Af})^2}{n_{Af}}$	N-A	$\frac{JK_D}{db_D}$		
Total	$\sum X_T^2 - \frac{(\sum X_T)^2}{N}$	N-1			

Sumber : Yusrina F. (2012)

Langkah - langkah anova satu arah :

- 1) Menentukan hipotesis
- 2) Identifikasi model
- 3) Memeriksa asumsi anova
- 4) Menghitung jumlah kuadrat antar group (JKa) :

$$JKa = \sum \frac{(\sum X_{Af})^2}{n_{Af}} - \frac{(\sum X_T)^2}{N}$$

$$= \left(\sum \frac{(\sum X_{A1})^2}{N_{A1}} + \frac{(\sum X_{A2})^2}{N_{A2}} + \frac{(\sum X_{A3})^2}{N_{A3}} \right) - \frac{(\sum X_T)^2}{N}$$

- 5) derajat bebas antar group dengan rumus $db_A = A-1$

- 6) Hitung kuadrat rata – rata antar group (KR) :

$$KR_A = \frac{JK_A}{db_A}$$

7) Hitung jumlah kuadrat dalam group (JK_D) :

$$JK_D = \sum X^2 - \frac{(\sum X_{Af})^2}{n_{Af}}$$

$$= \sum \frac{(\sum X_{A1})^2}{n_{A1}} + \frac{(\sum X_{A2})^2}{n_{A2}} + \frac{(\sum X_{A3})^2}{n_{A3}}$$

8) Hitung derajat bebas dalam group dengan rumus :

$$db_D = N - A$$

9) Hitung Kuadrat rata – rata dalam group (KR_D) :

$$KR_D = \frac{JK_D}{db_D}$$

10) Mengitung F :

$$F_{Hitung} = \frac{KR_A}{KR_D}$$

2.8.4 Duncan Test

Uji lanjut Duncan adalah uji lanjutan untuk mengetahui nilai tengah mana saja yang sama dan nilai tengah mana saja yang tidak sama ketika pengujian kehomogenan beberapa nilai tengah memberikan hasil menolak hipotesis nol dan menerima hipotesis alternatif. Langkah-langkah perhitungan uji ini adalah :

- Menyusun nilai tengah
- Menghitung simpangan baku dari nilai tengah perlakuan. Percobaan dengan perlakuan-perlakuan yang mempunyai ulang sama yaitu r, maka :

$$s_{\bar{y}} = \left(\frac{s^2}{r} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{MSE}{R} \right)^{\frac{1}{2}}$$

dimana s^2 adalah nilai kuadrat tengah galat dan r adalah jumlah ulangan. Sedangkan, jika perlakuan tidak mempunyai ulangan sama, maka r diganti dengan

$$r_n = \frac{a}{\sum_{i=1}^a \frac{1}{r_n}} \quad a = \text{jumlah perlakuan}$$

- Menghitung daerah signifikan terkecil
- Menguji selisih dua mean.

2.9 Hipotesis

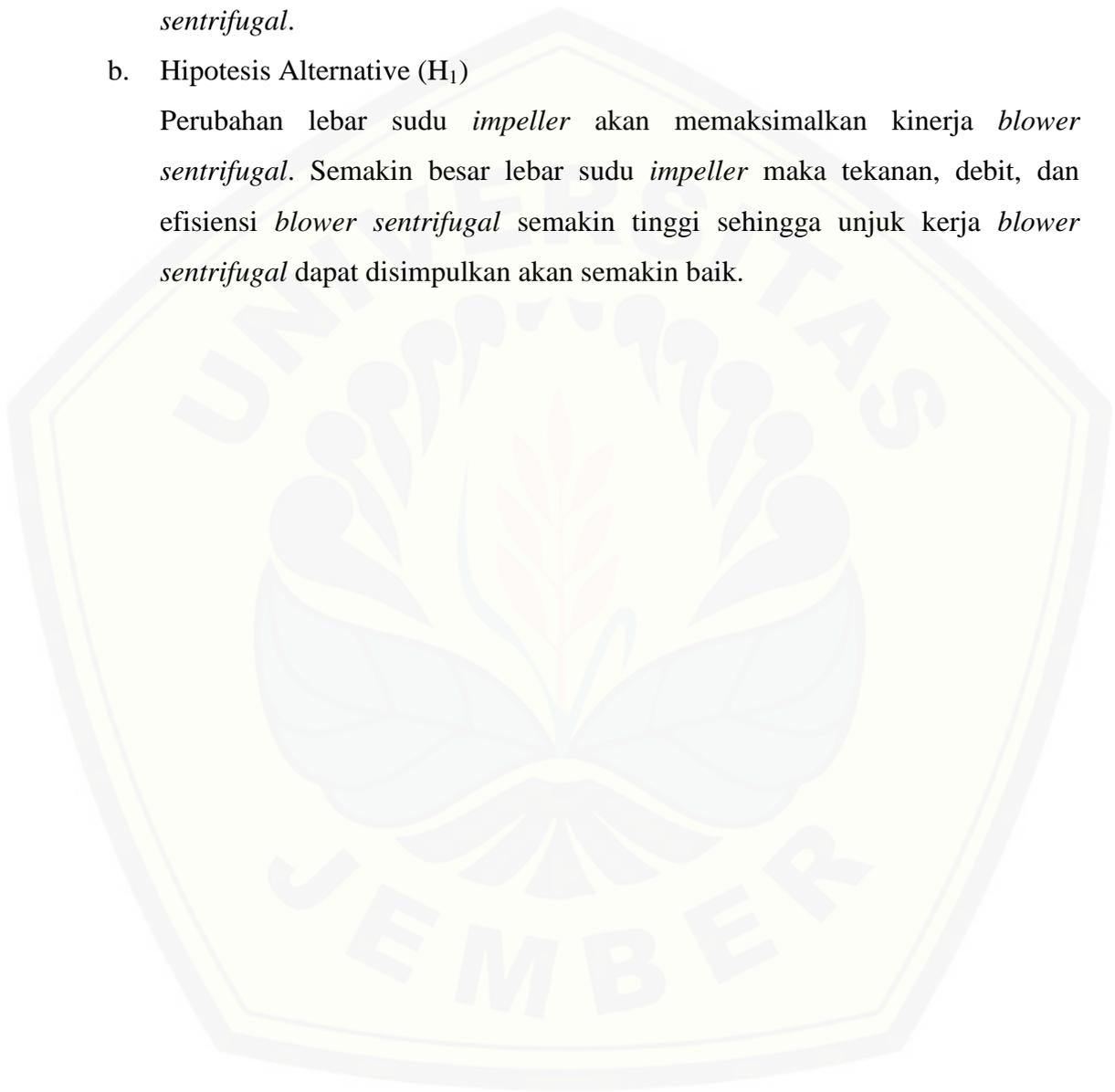
Hipotesis dari penelitian ini adalah :

a. Hipotesis Nol (H_0)

Perubahan lebar sudu *impeller* tidak memaksimalkan kinerja *blower sentrifugal*.

b. Hipotesis Alternative (H_1)

Perubahan lebar sudu *impeller* akan memaksimalkan kinerja *blower sentrifugal*. Semakin besar lebar sudu *impeller* maka tekanan, debit, dan efisiensi *blower sentrifugal* semakin tinggi sehingga unjuk kerja *blower sentrifugal* dapat disimpulkan akan semakin baik.



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan Faktor lebar sudu *impeller* dengan melakukan pengamatan secara langsung untuk memperoleh data sebab dan akibat melalui eksperimen, untuk mendapatkan data secara empiris. Dalam hal ini respon yang diamati adalah debit (Q), tekanan (P), dan Efisiensi (η) dengan menambahkan lebar sudu *impeller* terhadap performa *blower sentrifugal* dengan menggunakan pengolahan data anova satu arah (*one way*).

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian ini dilaksanakan di bengkel mobil listrik TITEN yang bertempat di Lembaga Pengabdian Masyarakat (LPM) Universitas Jember.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

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

- a. *Software solidwork*, digunakan untuk mendesain *blower sentrifugal*.
- b. Mesin las *SMAW*, digunakan untuk menyambung bagian-bagian dari *blower sentrifugal* yang rata-rata terbuat dari plat besi.
- c. *Anemometer*, digunakan untuk mengukur kecepatan aliran fluida setelah keluar dari *blower sentrifugal*.
- d. *Thermometer*, digunakan untuk mengukur suhu ruangan saat pengujian.
- e. *Wattmeter*, digunakan untuk mengukur tegangan dan arus listrik.
- f. *Dimmer* atau *regulator*, untuk mengatur *voltase* dari motor listrik.

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Motor listrik AC 1 *phase*, putaran maksimal 2890 *r.p.m*
- b. Plat besi, sebagai bahan dasar *impeller*, sudu dan *volute*.
- c. Elektroda las *SMAW* sebagai pengisi ketika proses pengelasan *impeller*, *volute*, dan dudukan *blower sentrifugal*.
- d. Dempul, untuk menghaluskan bekas gerinda dan mencegah agar tidak ada kebocoran udara.
- e. Mur dan baut, sebagai pengunci *blower*.
- f. Besi poros dan pengunci, untuk penerus daya putar dari motor ke *impeller*.
- g. *Bearing*, sebagai bantalan poros.
- h. *Pillow Block*, untuk menampung bantalan poros dan membantu poros berputar dengan bantalan *bearing pillow block*.
- i. Kabel, untuk instalasi antara *dimmer* dengan motor listrik.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah sesuatu yang dapat ditetapkan ataupun diubah oleh peneliti untuk diketahui dan dipelajari sehingga dapat diperoleh informasi dan pengaruhnya bagi penelitian baik secara teoritis dan aktual. Beberapa variabel yang digunakan dalam penelitian adalah faktor, respon dan kontrol. Berikut penjelasan dari masing-masing variabel penelitian.

3.4.1 Faktor

Faktor adalah variabel atau perlakuan yang bebas ditentukan oleh peneliti dan dapat menyebabkan terjadinya respon. Faktor yang ditentukan pada penelitian ini adalah memasang *impeller* pada *volute blower sentrifugal* dengan dimensi lebar sudu 0,33 m, 0,34 m, 0,35 m

3.4.2 Respon

Respon adalah variabel hasil yang dapat dicari dan dihitung visual atau nilainya. Variabel ini dapat diperoleh akibat adanya faktor. Respon yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah analisa data yang meliputi :

- a. Tekanan (P)
- b. Debit (Q)
- c. Efisiensi (η)

3.4.3 Kontrol

Kontrol adalah variabel atau perlakuan tetap atau sama yang diberikan pada setiap pengujian penelitian. Kontrol yang digunakan pada penelitian ini adalah putaran motor listrik yang memutar *impeller* pada *blower sentrifugal* yaitu 350 *r.p.m.*

3.5 Prosedur Penelitian

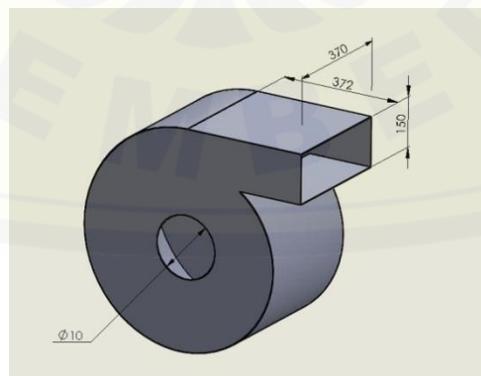
3.5.1 Penyusunan Alat Penelitian dan Persiapan Pengujian

Persiapan menyusun perlengkapan penelitian seperti *blower sentrifugal*, rangka, sambungan poros dan motor listrik sebelum dilaksanakan sebelum penelitian. Selanjutnya dilakukan pengecekan terhadap alat yang akan digunakan dalam penelitian misalnya *wattmeter*, *tachometer*, alat tulis dan kalkulator.

3.5.2 Tahap Penelitian

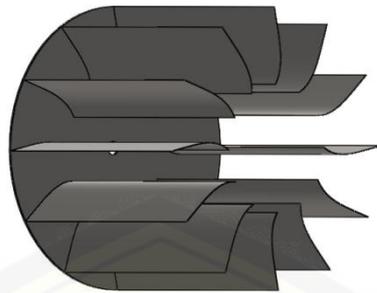
a. Prosedur Penelitian

Membuat *blower sentrifugal* sesuai desain dan perencanaan yang telah dilaksanakan sebelumnya dengan dimensi yang sudah ditentukan. Gambar *volute* dan *impeller* dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan 3.2 dibawah ini :



Gambar 3.1 *Volute Blower*

(Sumber : Arsip pribadi)



Gambar 3.2 *Impeller Blower*

(Sumber : Arsip pribadi)

- b. Mempersiapkan Alat dan Bahan yang dibutuhkan untuk Melaksanakan Penelitian



Gambar 3.3 (a) *Tachometer* (b) *Anemometer* (c) *Tang meter* (d) *Avo meter*

(Sumber : Arsip pribadi)

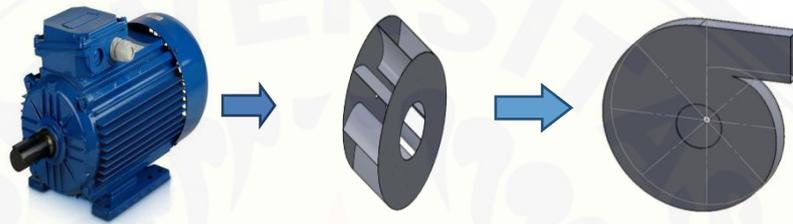


Gambar 3.4 *Motor Listrik 1 Fasa* (Robith, 2015)

(Sumber : Arsip pribadi)

c. Merangkai Instalasi *Blower sentrifugal*

Merangkai instalasi penelitian yang terdiri dari *blower sentrifugal* digerakkan dengan motor listrik melalui poros sebagai transmisi yang dihubungkan dengan *impeller* lalu aliran udara akan keluar dari *blower* setelah motor berputar. Pengukuran meliputi tekanan dan debit dilaksanakan di leher *volute* atau keluaran dari *blower sentrifugal*. Instalasi pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut ini :

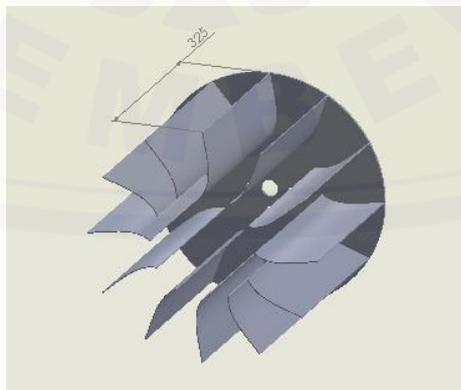


Gambar 3.5 Instalasi Pengujian

(Sumber : Arsip pribadi)

d. Memasang Faktor Lebar Sudu *Impeller Blower sentrifugal*

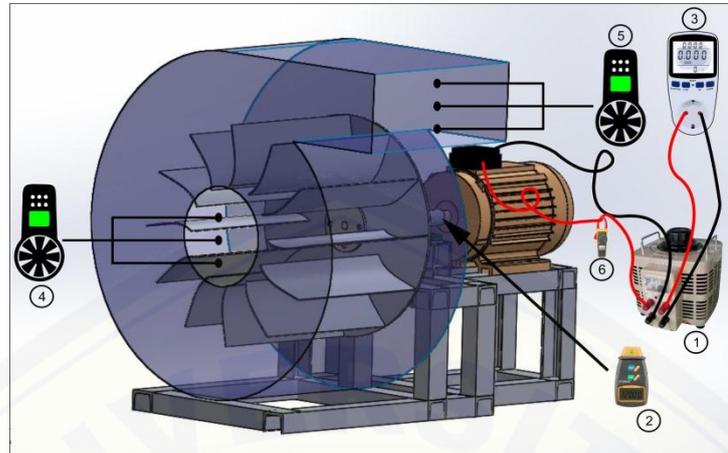
Pemasangan lebar sudu dari 0,33 m, 0,34 m, 0,35 m dilakukan secara bergantian dengan memasang *impeller* ke dudukan yang sudah terpasang jadi satuan dengan poros dan kemudian setelah terpasang pada dudukan *impeller*, *impeller* akan dikunci dengan menggunakan mur. Gambar lebar sudu *impeller* dapat dilihat pada gambar 3.6 berikut ini :



Gambar 3.6 Lebar Sudu *Impeller*

(Sumber : Arsip pribadi)

e. Prosedur pengambilan data



Gambar 3.7 Skema Pengambilan Data

(Sumber : Arsip pribadi)

Keterangan :

- | | |
|------------------------|----------------|
| 1. Regulator. | 4. Anemometer. |
| 2. <i>Tachometer</i> . | 5. Anemometer. |
| 3. <i>Wattmeter</i> . | 6. Tangampere. |

Adapun beberapa prosedur dalam pengambilan data. Diantaranya :

- 1) Menghubungkan rangkaian listrik dengan listrik AC 220 volt dan setelah terhubung dengan arus, Potensio pada regulator penurunan tegangan di naikan agar motor dapat berputar dengan putaran sesuai keinginan.
- 2) Menyesuaikan putaran dengan membaca hasil putaran yang ada di *tachometer* hingga putaran 350 *r.p.m*.
- 3) Mengukur arus, tegangan, dan daya dari motor listrik melalui alat ukur *wattmeter*.
- 4) Pengambilan data kecepatan aliran udara masuk menggunakan anemometer, pada tiga titik (posisi) Lubang hisap yaitu bagian atas, tengah dan bawah.
- 5) Pengambilan data kecepatan aliran udara keluar menggunakan anemometer, pada tiga titik (posisi) Lubang keluar yaitu bagian atas, tengah dan bawah.
- 6) Kalibrasi arus yang dikeluarkan motor listrik yang berfungsi untuk meyakinkan arus yang keluar dan untuk mengamankan regulator penurunan tegangan, karena apabila ada lonjakan arus listrik yang terlalu besar akan merusak regulator penurun tegangan yang digunakan.

- 7) Pengambilan data semua dilaksanakan sebanyak 3 kali, kemudian diambil rata-ratanya.

3.6 Pengambilan Data

Pengambilan data penelitian dilaksanakan berdasarkan faktor yang telah ditentukan dan bisa dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini :

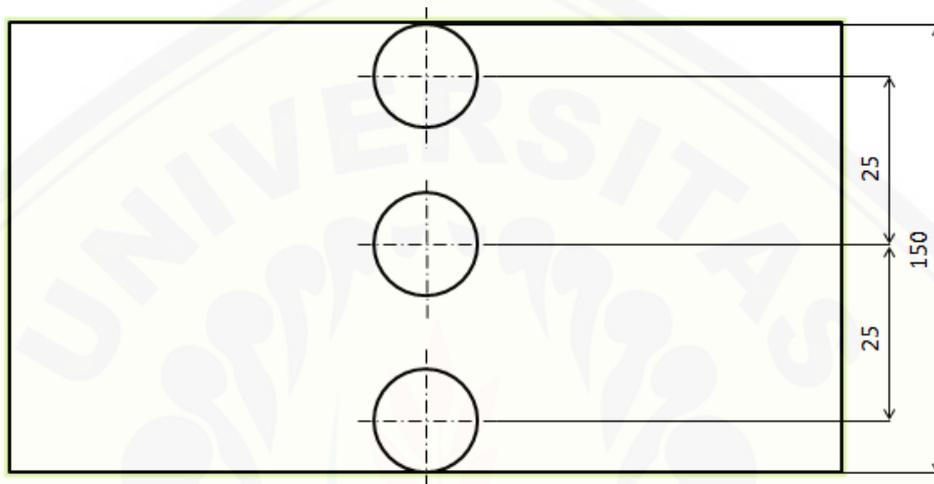
Tabel 3.1 Tabel Pengambilan Data Lebar Sudu 0,33 m, 0,34 m, dan 0,35 m

(Sumber : Arsip pribadi)

Lebar Sudu (m)	T (°C)	V input (m/s)	V out (m/s)	I (Ampere)	Tegangan (Volt)
0,33					
0,34					
0,35					

Faktor lebar sudu *impeller* dilaksanakan dengan menyiapkan *impeller* sebanyak 3 buah, dengan dimensi lebar sudu *impeller* yang diuji yaitu 0,33 m, 0,34 m, 0,35 m sesuai pada tabel 3.1. Dari ketiga buah *impeller* tersebut diuji secara bergantian sesuai dengan responnya, kemudian diuji dengan putaran 350 *r.p.m.*

Pengukuran kecepatan aliran udara (v) dilaksanakan dengan menggunakan alat *anemometer*. Pengukuran kecepatan aliran udara (v) dilaksanakan dengan cara meletakkan *anemometer* pada ketiga titik yang berbeda, ketiga titik pengukuran aliran fluida dapat dilihat pada gambar *output blower sentrifugal* dengan satuan m/s. Pengukuran kecepatan aliran udara (v) dilaksanakan pada 3 titik berbeda seperti pada Gambar 3.7 berikut ini :

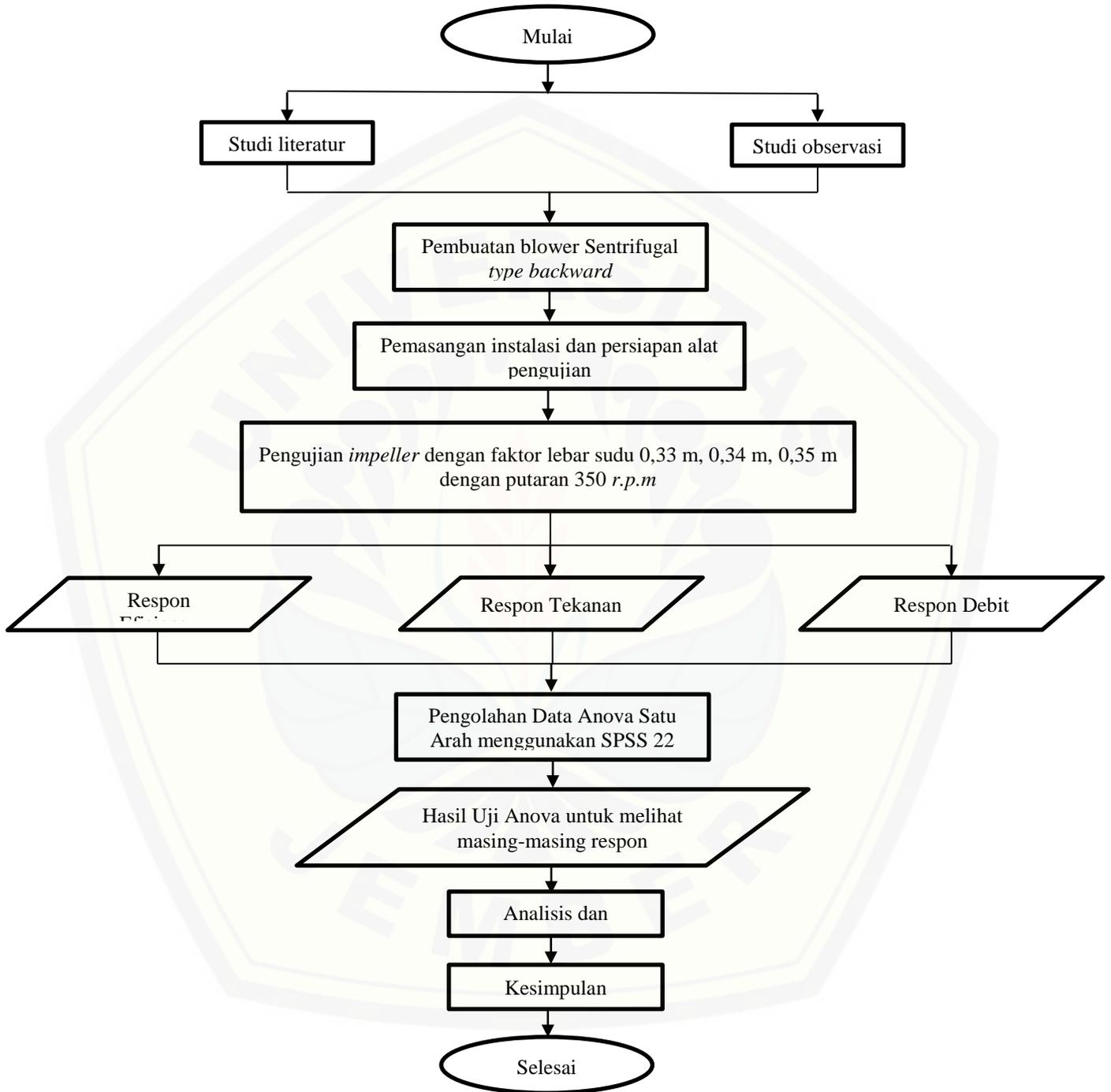


Gambar 3.8 Posisi Pengambilan Data dengan *Anemometer*

(Sumber : Arsip pribadi)

3.7 Diagram Alir

Urutan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.7 dibawah ini :



Gambar 3.8 Diagram Alir Penelitian

(Sumber : Arsip pribadi)



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

- 1) Hasil penelitian *blower sentrifugal* dengan faktor lebar sudu 0,33 m menghasilkan tekanan (P) 10,320 N/m², debit (Q) 0,186 m³/s, dan efisiensi 1,202 % merupakan hasil yang tertinggi pada penelitian ini.
- 2) Hasil penelitian *blower sentrifugal* dengan faktor lebar sudu 0,34 m menghasilkan tekanan (P) 13,843 N/m², debit (Q) 0,220 m³/s, dan efisiensi 1,047 %
- 3) Hasil penelitian *blower sentrifugal* baru dengan faktor lebar sudu 0,35 m menghasilkan tekanan (P) 10,128 N/m², debit (Q) 0,188 m³/s, dan efisiensi 0,534 % merupakan hasil yang terendah pada penelitian ini.
- 4) Penambahan lebar sudu sangat berpengaruh terhadap *output* aliran fluida. Penggunaan lebar sudu yang semakin bertambah disisi lain menguntungkan untuk memperbesar daya hisap dan hembusan pada *blower sentrifugal*. Dan juga berpengaruh jelek terhadap arus dan tegangan yang dialami motor listrik, akibat dari penambahan lebar berakibat bertambahnya massa pada impeller yang akan membebani kinerja motor listrik, sehingga efisiensi akan menurun.
- 5) Hasil penelitian menunjukkan penurunan efisiensi akibat dari penambahan lebar sudu *impeller*.

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 dilakukan kalibrasi alat ukur yang akan digunakan untuk mengukur unjuk kerja blower sentrifugal.

- 3) Perlu adanya kalibrasi *impeller* dengan menggunakan *dial gauge* agar nantinya pada saat pengujian, *impeller* dapat berputar dengan seimbang sesuai pada sumbu putar dari *impeller* tersebut.
- 4) Perlu adanya penelitian mengenai proses manufaktur *blower sentrifugal*.
- 5) Material pembuatan *impeller* dan dudukan *impeller* harus lebih solid dan ringan.



DAFTAR PUSTAKA

- Bagus, T. B. 2015. *Penggunaan SPSS Dalam Statistik*. Yogyakarta : Danisa Media.
- Church, Austin, H, Zulkifli Harahap. 1993. *Pompa dan Blower sentrifugal*. Cetakan ketiga. Jakarta: Erlangga.
- Duddin, A. I. 2019. Analisa Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja *Blower sentrifugal Type Backward* Dengan *Honeycomb* Dan Tanpa *Honeycomb*. Skripsi. Jember : Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Erinofiardi. 2011. Desain Umur Bantalan Carrier Idler Belt Conveyor PT. Pelindo II Bengkulu. *Jurnal Teknik Mesin*, 8 (1), 41-49.
- Fathurohman,A.2015.“*Termodinamika*”.<http://ridhopahlawaan.blogspot.co.id/2015/03>. [Diakses 7 Februari 2020].
- Fox, R. W., dan Alan T Mc Donald. 1995. *Introduction to Fluid Mechanics 3 rd edition*. John Willey & Sons.USA.
- Helmi, Z. 2018. Pengaruh Variasi Putaran Dan Sudut Sudu Pada *Impeller* Terhadap Unjuk Kerja *Blower sentrifugal Type (Backward)*. Jember : Fakultas Teknik Universitas Jember
- Maherwan, P. B. 2002. *Gas Turbine Engineering Hand Book, Gulf Professional Publishing*.
- Mustakim. 2015. Pengaruh Kecepatan Sudut Terhadap Efisiensi Pompa *Sentrifugal* Jenis Tunggal. Medan : Teknik Mekanika Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan
- Nengrum, E.P. 2011. Rancangan Faktorial Fraksional 2^{k-p} . Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang
- Olson, R. M. dan S. J. Wright. 1990. *Dasar-Dasar Mekanika Fluida Teknik*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Onny, 2017. *Macam-macam kipas (fan)*. <http://artikel-teknologi.com/macam-macam-kipas-i>. [Diakses 3 Januari 2020].
- Robith, M. 2015. *Prinsip Kerja Motor Induksi 3 Fasa*. <http://www.insinyoer.com/prinsip-kerja-motor-induksi-3-fasa/>. [Diakses 28 Desember 2019].

- Saylor, 2011. Effect of Mulligan Mobilization and Maitland Mobilization in Subjects with Unilateral Tibiofemoral Osteoarthritis-Randomized Controlled Trial. *Journal Of Pharmaceutical And Biomedical Sciences*. Issn No-2230-7885.
- Setyono, G. 2016. *Segitiga Kecepatan Sudu Pompa*. <http://dosen.itats.ac.id/gatotsetyono/wpcontent/uploads/sites/32/2016/09/Segitiga-Kecepatan-Pompa.pdf>. [Diakses 25 Januari 2020].
- Sudjana. 1989. *Desain dan Analisis Eksperimen*. Bandung: Tarsito.
- Sularso. 2004. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Trihendradi, C. 2012. *Step by step SPSS 20 Analisis Data Statistik*. Yogyakarta: ANDI.
- Uyanto, S. S. 2009. *Pedoman Analisis Data dengan SPSS*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Walpole, R.E. 1995. *Pengantar Statistika Edisi Ke-3*. Jakarta: Gramedia

LAMPIRAN 1. DATA HASIL PENGUJIAN LEBAR SUDU *BLOWER SENTRIFUGAL*

Percobaan 1

Lebar sudu(cm)	Putaran r.p.m	posisi	v input (m/s)	v output (m/s)	p input	P output	Q input	Q output	Selisih tekanan	Tegangan (volt)	I (ampere)	Suhu (C)	P (watt)	Efisiensi
33	350	Atas	-8,4	3,033333	43,63272	5,68976	- 1,61914	0,15015	37,94296	226,8	1	28,7	62,8236	9,068463
		Tengah	-6,3	2,266667	24,5434	3,177086	- 1,21436	0,1156	21,36632					3,931558
		Bawah	-3,6	2,033333	8,014172	2,556647	- 0,69392	0,10675	5,457525					0,927344
34	350	Atas	-5,6	3,033333	19,39232	5,68976	- 1,07943	0,1547	13,70256	223	1,1	29,5	67,9481	3,119713
		Tengah	-6,1	2,5	23,00983	3,864859	- 1,17581	0,1275	19,14497					3,592423
		Bawah	-4,1	2,333333	10,39493	3,366722	-0,7903	0,119	7,028204					1,230875
35	350	Atas	-7,9	3,533333	38,59294	7,7201	- 1,52276	0,1855	30,87284	223,4	1,89	29,5	116,9566	4,896613
		Tengah	-7,3	2,833333	32,95334	4,964197	- 1,40711	0,14875	27,98914					3,559769
		Bawah	-4,7	2,533333	13,65996	3,968609	- 0,90595	0,133	9,69135					1,102075

Percobaan 2

Lebar sudu(cm)	Putaran r.p.m	posisi	v input (m/s)	v output (m/s)	p input	P output	Q input	Q output	Selisih tekanan	Tegangan (volt)	I (ampere)	Suhu (C)	P (watt)	Efisiensi
33	350	Atas	-7,9	3,933333	38,59294	9,566987	- 1,52276	0,1947	29,02595	230,7	1,2	26,8	76,68468	7,369598
		Tengah	-7,3	3,5	32,95334	7,575124	- 1,40711	0,1785	25,37821					5,907322
		Bawah	-8,4	3,366667	43,63272	7,008965	- 1,61914	0,17675	36,62375					8,441384
34	350	Atas	-7,4	3,433333	33,86235	7,289297	- 1,42639	0,1751	26,57306	230,7	1,1	26,6	70,29429	6,619232
		Tengah	-6,7	2,833333	27,75897	4,964197	- 1,29146	0,1445	22,79477					4,685792
		Bawah	-7,9	2,966667	38,59294	5,442409	- 1,52276	0,1513	33,15053					7,135253
35	350	Atas	-5	3	15,45944	5,565398	- 0,96378	0,1575	9,89404	225,4	2,2	26,6	137,3588	1,134483
		Tengah	-5,4	2,366667	18,03189	3,463601	- 1,04088	0,12425	14,56829					1,317797
		Bawah	-5,7	2,4	20,09108	3,561854	-1,0987	0,126	16,52923					1,516236

Percobaan 3

Lebar sudu(cm)	Putaran <i>r.p.m</i>	posisi	v input (m/s)	v output (m/s)	p input	P output	Q input	Q output	Selisih tekanan	Tegangan (volt)	I (ampere)	Suhu (C)	P (watt)	Efisiensi
33	350	Atas	-3,6	1,9	8,014172	2,232343	- 0,69392	0,09405	5,78183	231	1,3	27,8	83,1831	0,653716
		Tengah	-6,3	1,3	24,5434	1,045058	- 1,21436	0,0663	23,49835					1,872905
		Bawah	-4,1	1,6	10,39493	1,583046	-0,7903	0,084	8,811879					0,889842
34	350	Atas	-4,1	3,066667	10,39493	5,815497	-0,7903	0,1564	4,579429	233,1	1,4	27,8	90,39618	0,792315
		Tengah	-7,9	2,9	38,59294	5,200555	- 1,52276	0,1479	33,39239					5,463432
		Bawah	-4,7	2,933333	13,65996	5,320795	- 0,90595	0,1496	8,339164					1,380079
35	350	Atas	-6,1	2,166667	23,00983	2,902939	- 1,17581	0,11375	20,10689	225,8	2,4	27,8	150,1118	1,523636
		Tengah	-5,6	2,366667	19,39232	3,463601	- 1,07943	0,12425	15,92872					1,318446
		Bawah	-5,4	1,633333	18,03189	1,649694	- 1,04088	0,08575	16,38219					0,935818

**LAMPIRAN 2. GAMBAR PROSES PEMBUATAN *BLOWER*
SENTRIFUGAL DARI PLAT BESI**

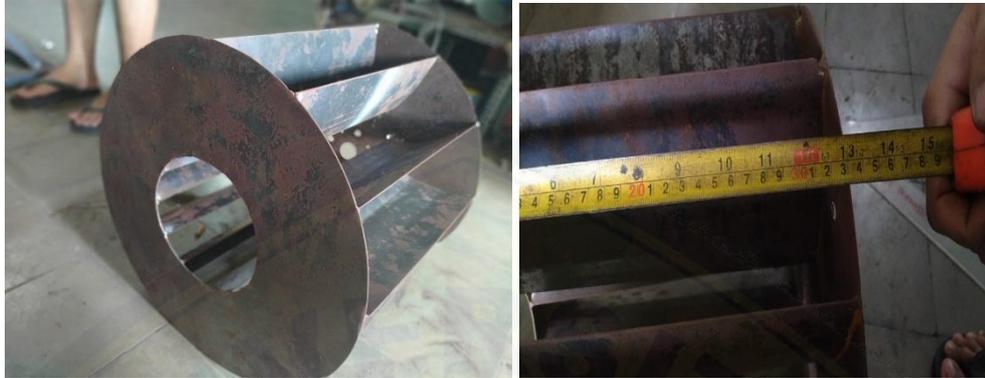




Keterangan :

- a. Print desain *impeller*.
- b. Print desain *volute*.
- c. Pemotongan *volute*.
- d. Pemotongan bagian-bagian dari *impeller*.
- e. Penyambungan bagian-bagian dari *blower sentrifugal* dengan menggunakan las SMAW (*Shield Arc Metal Welding*).
- f. Pengelasan *volute*.
- g. Penyambungan rangka *volute*.
- h. Alat *Bending* sederhana, berfungsi untuk membengkokkan sudu *impeller*.

LAMPIRAN 3. ALAT DAN BAHAN



Gambar *Impeller* Lebar sudu 0,33 m



Gambar *Impeller* Lebar sudu 0,34 m



Gambar *Impeller* lebar sudu 0,35 m



Motor Listrik 1 Phase



Pemasangan *Pillow Block* dan Poros pada Rangka



Perakitan *Volute*, *Pillow Block*, Poros dan Motor Listrik 1 Phase



Pemasangan *Hub* Pada Poros



Pemasangan *Impeller* Pada *Volute*



Instalasi Listrik



Multimeter



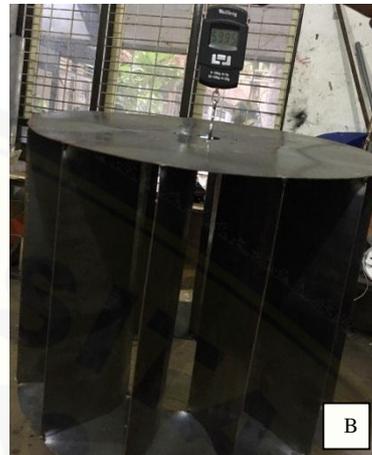
Anemometer



**LAMPIRAN 4. GAMBAR PERBANDINGAN MASSA *IMPELLER*
PENELITIAN LAMA DENGAN PENELITIAN BARU**



a. *Impeller Lama*



b. *Impeller baru*

**LAMPIRAN 5. PERANCANGAN IMPELLER, VOLUTE, DAN POROS
BLOWER SENTRIFUGAL (LEBAR SUDU IMPELLER 0,33 m, 0,34 m, 0,35
m)**

1. Perancangan Impeller

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 0,15 m dan lebar 0,35 m. Sehingga dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A &= p \times l \\ &= 0,15 \text{ m} \times 0,35 \text{ m} \\ &= 0,0525 \text{ m}^2 \\ v &= 11,111 \text{ m/s (ditentukan)} \\ Q &= v \times A \\ &= 11,111 \text{ m/s} \times 0,0525 \text{ m}^2 \\ &= 0,58333 \text{ m}^3/\text{s} \\ \Delta p &= 2000 \text{ N/m}^2 \text{ (ditentukan)} \\ p_s &= 103000 \text{ N/m}^2 \text{ (ditentukan)} \end{aligned}$$

1.1 Menentukan p Udara

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

Dimana :

$$\begin{aligned} p &= \text{tekanan (N/m}^2\text{)} \\ \rho &= \text{rho udara (kg/m}^3\text{)} \\ R &= 287 \text{ N/kg (tetapan)} \\ T &= \text{suhu } 20^\circ \text{ C / } 293^\circ \text{K} \end{aligned}$$

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

$$= 103000 \text{ N/m}^2 + \frac{2000}{2} \text{ N/m}^2$$

$$= 104000 \text{ N/m}^2$$

$$p = \frac{104000 \text{ N/m}^2}{287 \text{ N/kg} \times 293^\circ\text{K}} \dots\dots\dots (3)$$

$$= 1.23676 \text{ kg/m}^3$$

1.2 Mencari *Head* Total

Head total (H) dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$H = \frac{\Delta p}{P \times g} \dots\dots\dots (4)$$

$$= \frac{2000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{1.237 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$= 164.846 \text{ m}$$

1.3 Mencari Kecepatan Spesifik

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

$$Nq = n \times \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \dots\dots\dots (5)$$

$$= 350 \text{ r.p.m} \frac{\sqrt{0.58333 \text{ m}^2}}{164.846^{3/4}}$$

$$= 5,81054 \text{ r.p.m}$$

1.4 Mencari Diameter Luar *Impeller*

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

$$y = g \times H \dots\dots\dots (6)$$

$$= 9.8 \text{ m/s}^2 \times 164.846 \text{ m}$$

$$= 1617.13 \text{ J/kg}$$

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

$$D2 = \frac{s}{\frac{4\sqrt{2y}}{Q} \times \sqrt{\pi}/2} \dots\dots\dots (7)$$

$$= \frac{4,2}{\frac{4\sqrt{2 \times 1617.135 \text{ J/kg}}}{0.583333 \text{ m}^3/\text{s}} \times \sqrt{3.14}/2} \text{ m}$$

$$= 0.4289 \text{ m}$$

1.5 Mencari Kecepatan Keliling

Kecepatan keliling (u_2) dapat dicari menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 U_2 &= \frac{\pi \times D_2 \times n}{60} \dots\dots\dots (8) \\
 &= \frac{3.14 \times 0.4289 \text{ m} \times 350 \text{ rpm}}{60} \\
 &= 7,85609 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

1.6 Mencari Luasan (A_s)

C suction (C_s) ditetapkan sebesar 25 m/s. Luasan (A_s) dapat dicari menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{Q}{C_s} \dots\dots\dots (9) \\
 &= \frac{0.58333 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{20 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \\
 &= 0,02917 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

1.7 Mencari Diameter dalam *Impeller*

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

$$\begin{aligned}
 D_1 &= \sqrt{\frac{4 \times A_s}{\pi}} \dots\dots\dots (10) \\
 &= \sqrt{\frac{4 \times 0,02917 \text{ m}^2}{3.14}} \\
 &= 0,19276 \text{ m}
 \end{aligned}$$

1.8 Mencari Kecepatan Keliling

Kecepatan keliling (u_1) dapat dicari menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 U_1 &= \frac{\pi \times D_1 \times n}{60} \dots\dots\dots (11) \\
 &= \frac{3.14 \times 0.19276 \times 350}{60} \\
 &= 3,53064 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

1.9 Mencari Sudut β

Sudut β dapat dicari menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 \beta &= \frac{C_s}{u_1} \dots\dots\dots (12) \\
 &= \frac{20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3,53064 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \\
 &= 5,6647
 \end{aligned}$$

$$\text{Arc tan } 5,6647 = 79,9886^\circ$$

1.10 Mencari Kecepatan Sepanjang Sudu (w_1)

Kecepatan sepanjang sudu (w_1) dapat dicari menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} w_1 &= \frac{u_1}{\cos \beta} \dots\dots\dots (13) \\ &= \frac{3,53064 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\cos 5,6} \\ &= 20,3092 \text{ m/s} \end{aligned}$$

1.11 Mencari Kecepatan Mutlak ke Arah U (C_{2U})

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

$$\begin{aligned} C_{2U} &= \frac{H \times g}{\sin \beta \times U_2} \dots\dots\dots (14) \\ &= \frac{164.846 \text{ m} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{\sin 54 \times 7,85609 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \\ &= 209,028 \text{ m/s} \end{aligned}$$

1.12 Mencari Tebal Sudu

Tebal sudu (b_1) dapat dicari menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} b_1 &= \frac{Q}{\pi \times D_1 \times C_s} \dots\dots\dots (15) \\ &= \frac{0,5833 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{3.14 \times 0.19276 \text{ m} \times 20 \text{ m/s}} \\ &= 0,04819 \text{ m} \end{aligned}$$

1.13 Mencari c_{2m}

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

$$\begin{aligned} C_{2m} &= \frac{Q}{A_2} \dots\dots\dots (16) \\ &= \frac{Q}{(3,14 \times D_2 \times 0,9 \times b_1)} \\ &= \frac{0,58333 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.05884403796 \text{ m}^2} \\ &= 9,98698 \text{ m/s} \end{aligned}$$

1.14 Mencari α

Sudut α dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut

$$\text{Sudut } \alpha = \frac{c_{2m}}{U_1} \dots\dots\dots (17)$$

$$= \frac{9,98698 \frac{m}{s}}{3,53064 \frac{m}{s}}$$

$$= 2,828$$

$$\text{Arc tan } \alpha = 70,5303^\circ$$

1.15 Mencari Daya (p)

Daya (p) dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P = Q \times \Delta p \dots\dots\dots (17)$$

$$= 0,5833 \times 2000$$

$$= 1166,655 \text{ watt}$$

Dimana :

- P = daya (watt)
- Q = debit m³/s
- Δp = tekanan rancang (N/m²)

1.16 Mencari Jumlah Sudu *Impeller*

Jumlah sudu z ditentukan berdasarkan diameter sisi isap $D_1 = 0,172406$ m dan diameter luar *impeller* $D_2 = 0,307$. Dengan persamaan berikut ini (Church dkk, 1993) :

$$z = 6,5 \times \frac{D_2 + D_1}{D_2 - D_1} \times \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \dots\dots\dots (18)$$

$$= 6,5 \times 2,63249 \times 0,70735$$

$$= 16,548 \text{ sudu}$$

Jadi dari perhitungan diatas dapat disimpulkan *impeller* 13 dengan lebar 0,33 m, 0,34 m dan 0,35 m :

- a. Diameter dalam *impeller* (D_1): 0,19276 m
- b. Diameter luar *impeller* (D_2) : 0.4289 m
- c. Jumlah sudu : 13 sudu

2. Perancangan *Volute*

2.1 Jari-Jari Minimal *Volute* (r_3)

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

$$\begin{aligned}
 r_3 &= (1,02 \div 1,05) \times r_2 \dots\dots\dots (1) \\
 &= (1,02 \div 1,05) \times 0.214452 \\
 &= 1,05 \times 0.214452 \text{ m} \\
 &= 225 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dimana:

r_3 = Jari-jari minimal rumah pompa (mm)

r_2 = Jari-jari luar rumah pompa (mm)

$$\begin{aligned}
 r_2 &= \frac{D_2}{2} \\
 &= \frac{0,428904}{2} \\
 &= 0,2144452 \text{ m} \\
 &= 214,4519 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

2.2 Lebar Dasar Busur (b_3)

Lebar dasar busur dapat dihitung dengan rumus (Crunch, A. H 1993) :

$$\begin{aligned}
 b_3 &= b_2 + (0,025 \times r_2) \dots\dots\dots (2) \\
 &= 0,043337 + (0,025 \times 214,4519) \\
 &= 4,873125 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dimana:

b_3 =Lebar dasar busur (mm)

b_2 = Lebar sisi keluar (mm)

r_2 = Jari-jari luar rumah pompa (mm)

2.3 Jari-Jari Kelengkungan (p)

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

$$p = \frac{\varphi^\circ}{x} + \frac{\sqrt{2\varphi^\circ}}{x} \cdot r_3 \dots\dots\dots (3)$$

$$= \frac{45^\circ}{173733,7} + \frac{\sqrt{2 \times 45^\circ}}{173733,7} \times 225$$

$$= 11,05939 \text{ mm}$$

Dimana:

p = Jari-jari kelengkungan (mm)

r_3 = Jari-jari minimal rumah pompa (mm)

x = Koefisien jarak pada sudu

$$x = \frac{720}{Q} \times K_u^2 \times \pi \dots\dots\dots (4)$$

$$= \frac{720}{0,5833} \times 1044,826 \times 3,14$$

$$= 173733,7$$

Dimana:

Q = Kapasitas pompa (0,583328 m³/s)

$K_u^2 = r_2 \times C_{2u} \dots\dots\dots (5)$

maka:

C_{2u} = Kecepatan absolut sisi keluar = 209,028 m/s

$K_u^2 = 0,214452 \times 209,028 = 44,826 \text{ m}^2/\text{s}$

Dengan φ° yang berbeda-beda, maka akan didapat jari-jari kelengkungan (p) yang berbeda-beda pula. Misalnya $\varphi^\circ = 45^\circ$ maka hasilnya adalah $p : 0,011059$ m. Jari-jari kelengkungan dari *volute* (r_{vol}) dapat dicari dengan rumus :

$$R_{vol} = r_3 + 2p \dots\dots\dots (6)$$

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

N.	derajat	p (m)	p (mm)	r_{vol}
1	45	0,011059	11,05939	0,247293
2	90	0,015792	15,79207	0,256759
3	135	0,019484	19,48385	0,264142
4	180	0,022637	22,63682	0,270448
5	225	0,025445	25,44546	0,276065
6	270	0,02801	28,00951	0,281193
7	315	0,030388	30,38823	0,285951
8	360	0,03262	32,62021	0,290415

$$\begin{aligned}
 R_v &= \text{Jari-jari laluan terbesar rumah pompa(m)} \\
 &= r_{vol} - r_2 \\
 &= 0,290415 - 0,214452 \\
 &= 0,076 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi $d = 2 \times 0,076 = 0,151926 \text{ m}$

Tekanan pada laluan (p) dapat dicari dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 P &= \gamma \times H_{th} \\
 &= 1,106 \times 10^{-6} \times 164845,5 \text{ mm} \\
 &= 0,182 \text{ Pa}
 \end{aligned}$$

2.4 Tebal *Volute* (S)

Dalam perencanaan rumah pompa bahan yang sering dipakai adalah ST37 dengan sifat mekanis: 1. Kekuatan tarik (σ_b) = 37 kg/mm², Tebal rumah pompa dapat dicari dengan rumus (Crunch, A. H 1993):

$$\begin{aligned}
 S &= x \cdot y \cdot \frac{d \cdot p}{\sigma_b} + z \quad \dots\dots\dots (7) \\
 S &= 4,5 \cdot 1,6 \cdot \frac{151,926 \text{ mm} \times 0,182 \text{ Pa}}{200,37 \text{ kg/mm}^2} + 3 \\
 &= 3,028 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dimana:

- S = tebal *volute* (mm)
- σ_b = kekuatan tarik = 35 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 pengecoran yang diijinkan (2 ÷ 3) mm
- x = Faktorkeamanandirencanakan(4,5)

3. Perancangan Poros

3.1 Mencari Torsi

Poros *impeller* dilakukan untuk menghitung daya yang bekerja dan momen torsi yang akan jadi hambatan motor. Dengan daya sebesar 1166,655 watt maka momen punter dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini :

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{30 P}{\pi n} \dots\dots\dots (1) \\
 T &= \frac{30 \times 1166,655}{3,14 \times 350} \\
 T &= 31,84682 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

3.2 Mencari Tegangan yang Diizinkan

Bahan yang digunakan untuk poros adalah baja S35C dengan tegangan tariknya $\sigma_B = 52 \text{ kg/mm}^2$ dengan mengambil faktor keamanan Sf_1 sebesar 6, dan dengan faktor konsentrasi tegangan Sf_2 sebesar 2 maka tegangan yang diizinkan untuk perancangan σ_a adalah :

$$\begin{aligned}
 \sigma_a &= \frac{\sigma_B}{Sf_1 \times Sf_2} \dots\dots\dots (2) \\
 &= \frac{52}{6 \times 2} \\
 &= 4,333333 \text{ kg/mm}^2
 \end{aligned}$$

Dimana :

Sf_1 = Faktor keamanan untuk mempengaruhi massa, sebesar 6

Sf_2 = Faktor konsentrasi tegangan poros, sebesar (1,3 ÷ 3), diambil 2

3.3 Mencari Diameter Poros

Beban puntir yang akan terjadi pada poros ini adalah beban dengan kejutan ringan dan fluida yang dipindahkan merupakan fluida gas, maka dianggap tidak terjadi tumbukan, sehingga faktor koreksi beban puntir untuk bahan dapat diambil = 2, dan faktor beban lenturnya = 2 maka diameter poros dapat dihitung menggunakan persamaan (Crunch.A, 1993) :

$$\begin{aligned}
 D_{sh} &= \left[\frac{5,1}{\sigma_a} \times K_t \times C_b \times T \right]^{1/3} \dots\dots\dots (3) \\
 &= \left[\frac{5,1}{4,333333} \times 2 \times 2 \times 31,84682 \right]^{1/3} \\
 &= 44,805 \text{ mm} \\
 &= 4,4805 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Dimana :

K_t = Faktor koreksi untuk momen lentur ($1,5 \div 3$) diambil 1

C_b = Faktor koreksi untuk momen lentur ($1,2 \div 2,3$) diambil 2

Dengan memperhatikan pengaruh momen puntir sebenarnya ukuran 19,121 mm, tetapi berhubung poros juga harus dapat menahan momen bengkok yang terjadi maka diameter poros yang diperoleh dari hasil perhitungan perlu sedikit diperbesar hingga menjadi 25 mm. Sedangkan dari tebal *bearing* dengan diameter poros 25 mm diambil *pillow block* ASB P 205.

Kesimpulan dari perancangan *impeller*, *volute* dan poros diatas adalah ;

- a. Diameter dalam *impeller* (D_1) = 0,19276 m
- b. Diameter luar *impeller* (D_2) = 0,4289 m
- c. Tebal sudu (b_1) = 0,04819 m
- d. Sudut α = 70,5303 °
- e. Sudut β = 79,9886 °
- f. Daya (p) = 1166,655 watt
- g. Jumlah sudu = 13
- h. Bahan = Plat besi ST37
- i. Jari-jari minimal rumah *volute* = 225 mm
- j. Jari-jari kelengkungan rumah *volute* = 214,4519 mm
- k. Tebal *volute* = 3,028 mm
- l. Diameter terluar *volute* = 271 mm
- m. Diameter poros = 25 mm
- n. Bahan poros = S35C

4. Perancangan *Impeller Blower Sentrifugal* Terhadap Respon

4.1 Perancangan lebar sudu impeller 0,33 m

$$A = p \times l$$

$$= 0,15 \text{ m} \times 0,33 \text{ m}$$

$$= 0,495 \text{ m}^2$$

$$v = 11,111 \text{ m/s (ditetapkan)}$$

$$\Delta P = 2000 \text{ N/m}^2 \text{ (ditetapkan)}$$

$$P_s = 103000 \text{ N/m}^2 \text{ (ditetapkan)}$$

4.1.1 Debit

$$Q = V \times A$$

$$Q = 11,111 \times 0,495$$

$$Q = 0,5499 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.1.2 Tekanan

$$P = P_s + \left(\frac{\Delta P}{2}\right)$$

$$P = 103000 + \left(\frac{2000}{2}\right)$$

$$P = 104000 \text{ N/m}^2$$

4.1.3 Daya

$$P_{\text{daya}} = Q \times \Delta P$$

$$P_{\text{daya}} = 0,5499 \times 2000$$

$$P_{\text{daya}} = 1099,99 \text{ Watt}$$

4.2 Perancangan lebar sudu impeller 0,34 m

$$A = p \times l$$

$$= 0,15 \text{ m} \times 0,34 \text{ m}$$

$$= 0,051 \text{ m}^2$$

$$v = 11,111 \text{ m/s (ditetukan)}$$

$$\Delta P = 2000 \text{ N/m}^2 \text{ (ditetukan)}$$

$$P_s = 103000 \text{ N/m}^2 \text{ (ditetukan)}$$

4.2.1 Debit

$$Q = V \times A$$

$$Q = 11,111 \times 0,051$$

$$Q = 0,56666 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.2.2 Tekanan

$$P = P_s + \left(\frac{\Delta P}{2}\right)$$

$$P = 103000 + \left(\frac{2000}{2}\right)$$

$$P = 104000 \text{ N/m}^2$$

4.2.3 Daya

$$P_{\text{daya}} = Q \times \Delta P$$

$$P_{\text{daya}} = 0,56666 \times 2000$$

$$P_{\text{daya}} = 1133,32 \text{ Watt}$$

4.3 Perancangan lebar sudu impeller 0,35 m

$$A = p \times l$$

$$= 0,15 \text{ m} \times 0,35 \text{ m}$$

$$= 0,0525 \text{ m}^2$$

$$v = 11,111 \text{ m/s (ditetapkan)}$$

$$\Delta P = 2000 \text{ N/m}^2 \text{ (ditetapkan)}$$

$$P_s = 103000 \text{ N/m}^2 \text{ (ditetapkan)}$$

4.3.1 Debit

$$Q = V \times A$$

$$Q = 11,111 \times 0,0525$$

$$Q = 0,58333 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.3.2 Tekanan

$$P = P_s + \left(\frac{\Delta P}{2}\right)$$

$$P = 103000 + \left(\frac{2000}{2}\right)$$

$$P = 104000 \text{ N/m}^2$$

4.3.3 Daya

$$P_{\text{daya}} = Q \times \Delta P$$

$$P_{\text{daya}} = 0,58333 \times 2000$$

$$P_{\text{daya}} = 1166,66 \text{ Watt}$$

5. Uji Anova

5.1 Uji Normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		<i>Unstandardized Residual</i>
N		9
<i>Normal Parameters^{a,b}</i>	<i>Mean</i>	,0000000
	<i>Std. Deviation</i>	,43165753
<i>Most Extreme Differences</i>	<i>Absolute</i>	,181
	<i>Positive</i>	,120
	<i>Negative</i>	-,181
<i>Test Statistic</i>		,181
<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>		,200 ^{c,d}

- a. Test distribution is Normal.
- b. Calculated from data.
- c. Lilliefors Significance Correction.
- d. This is a lower bound of the true significance.

5.2 Uji Homogenitas

Test of Homogeneity of Variances

	<i>Levene Statistic</i>	df1	df2	Sig.
Efisiensi	1,224	2	6	,358
Debit	,004	2	6	,996
Tekanan	,274	2	6	,769

5.3 Uji Anova Faktor Lebar Sudu terhadap Debit

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: DEBIT

Source variety	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,002	2	,001	2,187	,193
Within Groups	,003	6	,001		
Total	,005	8			

5.4 Uji Anova Faktor Lebar Sudu terhadap Tekanan

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TEKANAN

Source variety	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	26,246	2	13,123	1,397	,318
Within Groups	56,375	6	9,396		
Total	82,621	8			

5.5 Uji Anova Faktor Lebar Sudu terhadap Efisiensi

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: EFISIENSI

Source variety	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,737	2	,369	6,011	,037
Within Groups	,368	6	,061		
Total	1,105	8			

5.6 Uji Duncan

Efisiensi

Duncan^a

Lebar Sudu	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
0,35 m	3	,5326	
0,34 m	3		1,0470
0,33 m	3		1,2022
Sig.		1,000	,472

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.