



**PENGARUH VARIASI PUTARAN DAN
SUDUT SUDU PADA *IMPELLER* TERHADAP UNJUK KERJA BLOWER
SENTRIFUGAL *TYPE BACKWARD***

SKRIPSI

Oleh

**Muh. Zainul Helmi
NIM. 141910101024**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**PENGARUH VARIASI PUTARAN DAN
SUDUT SUDU PADA *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

Muh. Zainul Helmi
NIM. 141910101024

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Allah SWT, atas segala limpahan karunia dan rahmat-Nya yang teramat besar;
2. Nabi Muhammad SAW, yang menjadi panutan dalam menjalani hidup sebagai bekal kehidupan akhirat;
3. Keluargaku, Ayahanda (Alm. Kasiani) dan Ibunda Aklimah, serta kakak-kakakku tercinta yang senantiasa memberikan semangat, dorongan, kasih sayang dan pengorbanan yang tidak kenal lelah, dan doa yang tiada hentinya tucurahkan dengan sepenuh hati;
4. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa menularkan ilmunya, semoga ilmu yang bermanfaat dan barokah dikemudian hari. Bapak Muh Nurkoyim Kustanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, bapak Dr. Robertoes Koekoeh Koentjoro W., S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang selalu memberikan saran dan arahan yang sangat membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Bapak Ir. Franciscus Xaverius Kristianta, M.Eng. selaku Dosen Penguji Utama dan bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan saran dan arahan menuju kearah yang benar dalam menyelesaikan skripsi ini;
5. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan SMA yang tidak kenal lelah memberikan ilmunya, membimbing dan mendidik menuju arah yang lebih baik sehingga sampai ke jenjang perguruan tinggi;
6. Saudari Gita Elena Amasari yang telah menemani dan memberikan dukungan sejak awal penelitian hingga akhir

7. Kelompok penelitian yaitu Saiful Maarif yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini, serta teman-temanku Teknik Mesin angkatan 2014 yang tidak kenal lelah memberikan dukungan dan doa serta kasih sayang.



MOTO

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

(Nabi Muhammad SAW)

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

(Nabi Muhammad SAW)

Menyia-nyiakan waktu lebih buruk dari kematian. Karena kematian memisahkanmu dari dunia sementara menyia-nyiakan waktu memisahkanmu dari Allah SWT.

(Imam Ibnu Qoyyim)

Menyesali nasib tidak akan mengubah keadaan.

Terus berkarya dan bekerjalah yang membuat kita berharga.

(K.H. Abdurrahman Wahid)

Kemuliaan seseorang adalah agamanya, harga dirinya (kehormatannya) adalah akalnya, sedangkan ketinggian kedudukannya adalah akhlaknya.

(HR. Tirmidzi)

Kegagalan terjadi ketika kita sudah menyerah.

(B.J Habibi)

Jangan pernah bilang tidak bisa sebelum mencoba melakukannya

(Muh Zainul Helmi)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muh Zainul Helmi

NIM : 141910101024

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “PENGARUH VARIASI PUTARAN DAN SUDUT SUDU PADA *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, 27 Agustus 2018

Yang menyatakan,

Muh Zainul Helmi

NIM 141910101024

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI PUTARAN DAN
SUDUT SUDU PADA *IMPELLER* TERHADAP UNJUK KERJA
BLOWER SENTRIFUGAL *TYPE BACKWARD***

Oleh

Muh Zainul Helmi
NIM 141910101024

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Robertoes Koekoeh Koentjoro W., S.T., M.Eng.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “PENGARUH VARIASI PUTARAN DAN SUDUT SUDU PADA *IMPELLER* TERHADAP UNJUK KERJA BLOWER SENTRIFUGAL *TYPE BACKWARD*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

hari, tanggal : Jum’at, 12 Oktober 2018

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

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

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

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Ir. Franciscus Xaverius Kristianta, M.Eng.
NIP. 196501202001121001

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

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

Dr. Ir. Entin Hidayah, M. UM.

NIP 19661215 199503 2 001

PRAKATA

Alhamdulillah Robbil ‘Alamiin, puji syukur kepada Allah SWT atas segala limpahan berkah, rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh variasi putaran dan sudut sudu pada *impeller* terhadap unjuk kerja blower sentrifugal *type backward*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat guna menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

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

1. Kedua orang tua tercinta, Ibunda Aklimah dan Ayahanda (Alm) Kasiani, yang tidak pernah berhenti memberikan kasih sayang, doa, motivasi, dukungan, dan semangat;
2. Bapak Muh Nurkoyim Kustanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan bapak Dr. Robertoes Koekoeh Koentjoro W., S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah memberikan bimbingan dan motivasi dengan penuh kesabaran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan;
3. Bapak Ir. Franciscus Xaverius Kristianta, M.Eng. selaku Dosen Penguji Utama dan bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Anggota, yang telah memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
4. Bapak Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing akademik, yang telah memberikan bimbingan dan motivasi dalam perjalanan studi selama penulis menjadi mahasiswa;
5. Kakak dan adik tersayang yang dengan tulus memberikan do’a dan dukungan dalam setiap langkah saya;
6. Kelompok penelitian yaitu Saiful Ma’arif yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini, serta teman-temanku Teknik Mesin angkatan

2014 yang tidak kenal lelah memberikan dukungan dan doa serta kasih sayang;

7. Tim Kosan Apart, teman-teman KKN UMD 20, terimakasih atas dukungan dan kebersamaannya;
8. Seluruh teman-teman Teknik Mesin 2014, atas kerjasama, semangat, dan kebersamaannya selama ini, tetap semangat untuk teknik mesin lebih baik (SOLIDARITY FOREVER);
9. Saudari Gita Elena Amasari yang selalu memberikan dukungan dan selalu menemani dalam proses penelitian ini.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat dalam pengembangan ilmu keteknikan. Penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini.

Jember, Juli 2018

Penulis

RINGKASAN

Pengaruh Variasi Putaran dan Sudut Sudu Pada *Impeller* Terhadap Unjuk Kerja Blower Sentrifugal *Type Backward* ; Muh Zainul Helmi, 141910101024; 2018; 97 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Blower sentrifugal adalah mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan gas yang akan dialirkan dalam suatu ruangan tertentu juga sebagai pengisapan atau pemvakuman gas tertentu dengan tekanan akhir tidak melebihi 2000 Pa. Sudu *impeller* merupakan salah satu bagian terpenting dari blower sentrifugal yang berfungsi sebagai tempat berlalunya fluida yang dihisap atau dihembuskan sehingga berpengaruh besar terhadap unjuk kerja blower.

Penelitian ini difokuskan kepada pengaruh variasi putaran motor listrik dan sudut sudu *impeller* terhadap unjuk kerja blower sentrifugal. Penelitian ini menggunakan variasi putaran senilai 400 *r.p.m*, 500 *r.p.m*, 600 *r.p.m*, 700 *r.p.m* dan variasi sudut sudu senilai 42 °, 50 °, 60 °, 70 °, 80 °. Unjuk kerja yang dimaksud dalam penelitian ini meliputi tekanan dengan satuan pascal (Pa), debit dengan satuan liter/menit, dan efisiensi dengan satuan %.

Penelitian ini dilakukan di Bengkel mobil listrik TITEN Fakultas Teknik Universitas Jember pada bulan Juli sampai bulan Agustus 2018. Penelitian ini menggunakan motor listrik AC 1 phase dengan putaran maksimal 2800 *r.p.m*. pengambilan data dilaksanakan pada tiga posisi dari keluaran blower sentrifugal yaitu pada posisi bawah, tengah dan atas. 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. Semakin besar sudut sudu maka akan semakin besar juga nilai unjuk kerja blower yang diperoleh. Kedua variasi tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap unjuk kerja blower sentrifugal. Hal ini dibuktikan menggunakan metode Anova

Nilai unjuk kerja blower sentrifugal terbaik terjadi ketika putaran 700 *r.p.m* dengan sudut sudu 80° dengan nilai tekanan senilai 42,118 Pa, debit senilai 1,367 liter/menit, dan efisiensi senilai 0,373 % pada posisi tengah *output* blower sentrifugal.



SUMMARY

Effect of Round Variation and Angle of Blade on Impeller on Performance of Backward Type Centrifugal Blowers; Muh Zainul Helmi, 141910101024; 2018; 76 pages; Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

Centrifugal blowers are machines or devices used to increase or increase the pressure of a gas to be flowed in a particular room as well as suctioning or vacuuming certain gases with a final pressure not exceeding 2000 Pa. The impeller blade is one of the most important parts of a centrifugal blower that functions as the passage of the fluid that is sucked or exhaled so that it has a major effect on the performance of the blower.

This study focused on the effect of variations in electric motor rotation and angle of impeller blade on the performance of centrifugal blowers. This study uses a variation of rotation of 400 r.p.m, 500 r.p.m, 600 r.p.m, 700 r.p.m and blade angle variations valued at 42 °, 50 °, 60 °, 70 °, 80 °. The performance referred to in this study includes pressure with pascal units (Pa), debit with one liter / minute, and efficiency with% units.

This research was conducted at the TITEN electric car workshop at the Faculty of Engineering, University of Jember in July to August 2018. This research uses an AC 1 phase electric motor with a maximum rotation of 2800 r.p.m. Data retrieval is carried out in three positions from the centrifugal blower output at the bottom, middle and top positions. Each position is taken data three times and then the average is taken.

From the results of the study it can be concluded that the greater the rotation of the electric motor, the greater the performance value of the centrifugal blower obtained. The greater the angle of the blade, the greater the performance value of the blower obtained. Both variations significantly influence the performance of centrifugal blowers. This is proven using the Anova method

The performance value of the best centrifugal blower occurs when the rotation is 700 r.p.m with an angle of 80° blade with a pressure value of 42.118 pa, a discharge worth 1.367 liters / minute, and an efficiency of 0.373% at the center position of the centrifugal blower output



DAFTAR ISI

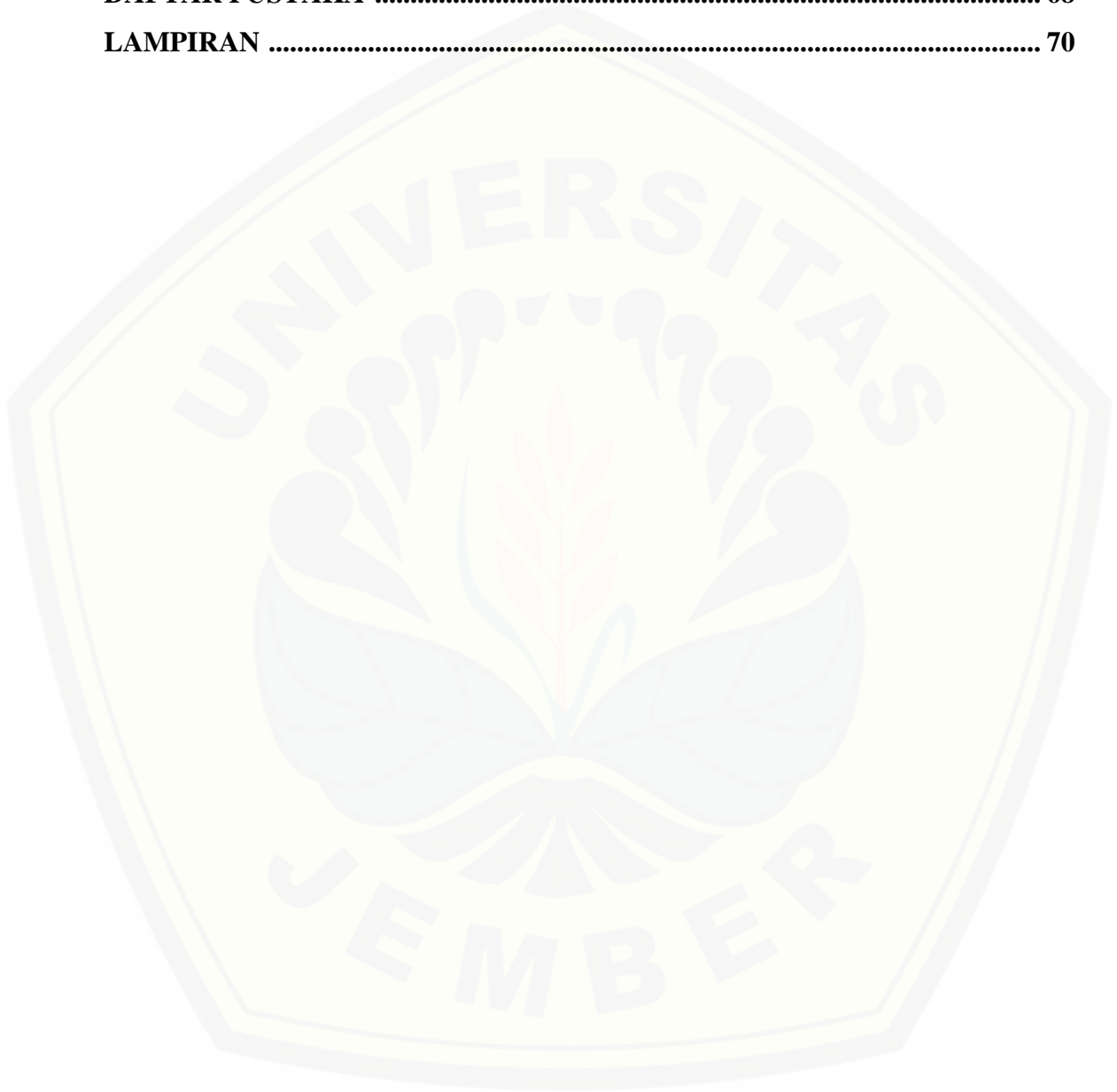
	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN SKRIPSI	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
PRAKATA	viii
RINGKASAN	x
SUMMARY	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR GAMBAR	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Blower Sentrifugal	4
2.1.1 Jenis-jenis blower sentrifugal	4
2.1.2 Bagian-bagian blower sentrifugal	6
2.1.3 Kelebihan blower sentrifugal	10
2.1.4 Kelemahan blower sentrifugal	10
2.2 Aliran Fluida	10

2.2.1 Klasifikasi aliran	11
2.2.2 Tipe-tipe aliran	11
2.3 Segitiga Kecepatan	13
2.3.1 Sisi masuk atau <i>inlet</i>	14
2.3.2 Sisi keluar atau <i>outlet</i>	15
2.4 Perancangan <i>Impeller</i>	17
2.4.1 Menentukan ρ udara	18
2.4.2 Menentukan <i>head</i> total	18
2.4.3 Mencari kecepatan spesifik	18
2.4.4 Mencari diameter luas <i>impeller</i>	18
2.4.5 Mencari kecepatan keliling	19
2.4.6 Mencari luasan sisi masuk	19
2.4.7 Mencari diameter dalam <i>impeller</i>	19
2.4.8 Mencari kecepatan keliling	19
2.4.9 Mencari sudut β	20
2.4.10 Mencari kecepatan sepanjang sudu	20
2.4.11 Mencari kecepatan mutlak kearah U	20
2.4.12 Mencari tebal sudu	20
2.4.13 Mencari kecepatan mutlak kearah meridian	20
2.4.14 Mencari $\tan \alpha$	21
2.4.15 Mencari daya	21
2.4.16 Mencari jumlah sudu <i>impeller</i>	21
2.5 Perancangan <i>Volute</i>	21
2.5.1 Jari-jari minimal <i>volute</i>	21
2.5.2 Lebar dasar busur	22
2.5.3 Jari-jari kelengkungan	22
2.5.4 Tebal <i>volute</i>	23
2.6 Perancangan Poros	23

2.6.1 Mencari torsi	23
2.6.2 Mencari tegangan yang diizinkan	24
2.6.3 Mencari diameter poros	24
2.7 Perancangan Pasak	25
2.7.1 Momen rencana	25
2.7.2 Tegangan geser poros yang diijinkan	25
2.7.3 Gaya tangensial	25
2.7.4 Lebar dan tinggi pasak	26
2.7.5 Tekanan permukaan pasak	26
2.7.6 Panjang pasak	26
2.8 Tinggi Tekan (<i>head</i>)	26
2.9 Parameter Yang Diteliti	27
2.9.1 Tekanan (<i>Pressure</i>)	27
2.9.2 Debit	29
2.9.3 Efisiensi	29
2.9 Hipotesis	30
BAB 3. METODOLOGI KEGIATAN	31
3.1 Metode Penelitian	31
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	31
3.2.1 Tempat penelitian	31
3.2.2 Waktu penelitian	31
3.3 Alat dan Bahan	31
3.3.1 Alat penelitian	31
3.3.2 Bahan penelitian	32
3.4 Diagram Alir	33
3.5 Prosedur Penelitian	33
3.5.1 Penyusunan dan persiapan alat penelitian	33
3.5.2 Tahap penelitian	33
3.6 Pengambilan Data	37

3.7 Pengolahan Data	39
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Hasil Pengujian Blower Sentrifugal	40
4.2 Hasil Pengujian Blower Sentrifugal Variasi Putaran	40
4.2.1 Hasil pengujian sudu rancang $\beta = 42^\circ$	40
4.2.2 Hasil pengujian sudu rancang $\beta = 50^\circ$	41
4.2.3 Hasil pengujian sudu rancang $\beta = 60^\circ$	42
4.2.4 Hasil pengujian sudu rancang $\beta = 70^\circ$	43
4.2.5 Hasil pengujian sudu rancang $\beta = 80^\circ$	44
4.3 Pembahasan Pengujian Blower Sentrifugal Variasi Putaran	44
4.3.1 Pembahasan pengujian sudu rancang $\beta = 42^\circ$	44
4.3.2 Pembahasan pengujian sudu rancang $\beta = 50^\circ$	46
4.3.3 Pembahasan pengujian sudu rancang $\beta = 60^\circ$	47
4.3.4 Pembahasan pengujian sudu rancang $\beta = 70^\circ$	48
4.3.5 Pembahasan pengujian sudu rancang $\beta = 80^\circ$	50
4.4 Hasil Pengujian Blower Sentrifugal Variasi Sudut sudu	52
4.4.1 Hasil pengujian Putaran 400 rpm	52
4.4.2 Hasil pengujian Putaran 500 rpm	53
4.4.3 Hasil pengujian Putaran 600 rpm	54
4.4.4 Hasil pengujian Putaran 700 rpm	55
4.5 Pembahasan Pengujian Blower Sentrifugal Sudut Sudu	56
4.5.1 Pembahasan pengujian Putaran 400 rpm	56
4.5.2 Pembahasan pengujian Putaran 500 rpm	58
4.5.3 Pembahasan pengujian Putaran 600 rpm	59
4.5.4 Pembahasan pengujian Putaran 700 rpm	61
4.6 Analisa Anova	63
BAB 5. Kesimpulan	67

5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	70



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Perhitungan jari-jari kelengkungan <i>volute</i>	23
3.1 Pengambilan data variasi putaran dan sudut sudu <i>impeller</i>	38
4.1 Data hasil pengujian sudu rancang $\beta = 42^\circ$	40
4.2 Data hasil pengujian sudu rancang $\beta = 50^\circ$	41
4.3 Data hasil pengujian sudu rancang $\beta = 60^\circ$	42
4.4 Data hasil pengujian sudu rancang $\beta = 70^\circ$	43
4.5 Data hasil pengujian sudu rancang $\beta = 80^\circ$	44
4.6 Data hasil perhitungan putaran spesifik (nq)	52
4.7 Data hasil pengujian pada putaran 400 rpm	53
4.8 Data hasil pengujian pada putaran 500 rpm	54
4.9 Data hasil pengujian pada putaran 600 rpm	55
4.10 Data hasil pengujian pada putaran 700 rpm	56
4.11 Data hasil perhitungan sudut sudu β	62
4.12 Data hasil pengujian tekanan pada posisi tengah	63
4.13 Data hasil anova pengujian tekanan pada posisi tengah	64
4.14 Data hasil pengujian debit keluar pada posisi tengah	64
4.15 Data hasil anova pengujian debit keluar pada posisi tengah	65
4.16 Data hasil pengujian efisiensi pada posisi tengah	65
4.17 Data hasil anova pengujian efisiensi pada posisi tengah	66

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Blower sentrifugal tipe <i>forward curved blade</i>	5
2.2 Blower sentrifugal tipe <i>backward curved blade</i>	5
2.3 Blower sentrifugal tipe <i>straight curved blade</i>	6
2.4 Blower sentrifugal	6
2.5 Poros dan selongsong poros	7
2.6 Bantalan	8
2.7 Aliran laminar	12
2.8 Aliran transisi	12
2.9 Aliran turbulen	13
2.10 Segitiga kecepatan masuk dan keluar sudu gerak	13
2.11 Pandangan samping <i>impeller</i> sisi masuk	14
2.12 Segitiga kecepatan pada sisi masuk	15
2.13 Segitiga kecepatan pada sisi keluar	16
2.14 Segitiga kecepatan	17
2.15 Metode pengukuran bentuk tinggi tekan	27
2.16 Pengukuran tekanan dinamik dan tekanan statik	29
3.1 Diagram alir penelitian	33
3.2 Variasi sudut sudu pada <i>impeller</i>	34
3.3 <i>Volute</i> blower	34
3.4 <i>Impeller</i> blower	35
3.5 Wattmeter, anemometer dan tachometer	35
3.6 Motor listrik	36
3.7 Instalasi pengujian	36
3.8 Posisi pengambilan data anemometer	39
4.1 Grafik tekanan pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran ..	45
4.2 Grafik debit _{keluar} pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran	45

4.3 Grafik Efisiensi pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran	45
4.4 Grafik tekanan pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran	. 46
4.5 Grafik debit keluar pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran	46
4.6 Grafik Efisiensi pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran	47
4.7 Grafik tekanan pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran	. 47
4.8 Grafik debit keluar pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran	48
4.9 Grafik Efisiensi pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran	48
4.10 Grafik tekanan pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran	49
4.11 Grafik debit keluar pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran	49
4.12 Grafik Efisiensi pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran	49
4.13 Grafik tekanan pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran	50
4.14 Grafik debit keluar pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran	50
4.15 Grafik Efisiensi pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi putaran	51
4.16 Grafik tekanan pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi sudut	57
4.17 Grafik debit keluar pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi sudut	57
4.18 Grafik Efisiensi pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi sudut	58
4.19 Grafik tekanan pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi sudut	58
4.20 Grafik debit keluar pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi sudut	59
4.21 Grafik Efisiensi pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi sudut	59

4.22 Grafik tekanan pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi sudut sudu	60
4.23 Grafik debit _{keluar} pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi sudut sudu	60
4.24 Grafik Efisiensi pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi sudut sudu	60
4.25 Grafik tekanan pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi sudut sudu	61
4.26 Grafik debit _{keluar} pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi sudut sudu	61
4.27 Grafik Efisiensi pada tiga posisi pengukuran dan pada setiap variasi sudut sudu	62

Daftar Lampiran

	Halaman
Lampiran 6.1 Data hasil pengujian sudut sudu $\beta = 42^\circ$	70
Lampiran 6.2 Data hasil pengujian sudut sudu $\beta = 50^\circ$	71
Lampiran 6.3 Data hasil pengujian sudut sudu $\beta = 60^\circ$	72
Lampiran 6.4 Data hasil pengujian sudut sudu $\beta = 70^\circ$	73
Lampiran 6.5 Data hasil pengujian sudut sudu $\beta = 80^\circ$	74
Lampiran 6.6 Data hasil pengujian pada putaran 400 <i>r.p.m</i>	75
Lampiran 6.7 Data hasil pengujian pada putaran 500 <i>r.p.m</i>	76
Lampiran 6.8 Data hasil pengujian pada putaran 600 <i>r.p.m</i>	77
Lampiran 6.9 Data hasil pengujian pada putaran 700 <i>r.p.m</i>	78
Lampiran 6.10 Perbandingan sudut sudu rancang dan aktual	79
Lampiran 6.11 Gambar proses pembuatan blower sentrifugal 1	81
Lampiran 6.12 Gambar proses pembuatan blower sentrifugal 2	82
Lampiran 6.13 Gambar proses pembuatan blower sentrifugal 3	83
Lampiran 6.14 Gambar proses pembuatan blower sentrifugal 4	84
Lampiran 6.15 Desain <i>impeller</i>	85
Lampiran 6.16 Desain <i>volute</i>	86
Lampiran 6.17 Tabel kenaikan pada masing-masing sudut sudu	87
Lampiran 6.18 Tabel kenaikan pada masing-masing putaran	89
Lampiran 6.19 Perhitungan daya pada sudut sudu 60° dan putaran 700 <i>r.p.m</i>	92

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Blower adalah mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan gas yang akan dialirkan dalam suatu ruangan tertentu juga sebagai pengisapan atau pemvakuman gas tertentu. Blower digunakan di industri-industri kimia untuk mensirkulasikan gas-gas tertentu dalam tahap proses secara kimiawi. Blower pada dasarnya merupakan mesin berkecepatan tinggi jika dibandingkan dengan jenis-jenis mesin torak, rotari, atau *displacement* (Church dkk, 1993).

Blower secara umum dikategorikan menjadi dua jenis yaitu : blower aksial dan blower sentrifugal. Blower aksial adalah blower yang arah aliran udaranya hanya satu arah. Blower sentrifugal adalah blower yang arah aliran udaranya dua arah yaitu aliran udara berubah arah dua kali, pertama ketika memasuki blower dan kedua setelah keluar meninggalkan blower (Saylor, 2011).

Blower sentrifugal memiliki komponen yang disebut sudu yang merekat pada *impeller*. Sudu ini mempunyai fungsi untuk menghisap fluida dari sisi isap dan menekannya ke arah sentrifugal atau sisi buang yang berfungsi untuk merubah energi kinetik atau memberikan energi kinetik pada fluida kerja. Sudu pada *impeller* yang umum digunakan dalam blower sentrifugal ada tiga macam yaitu *radial vanes* ($\beta = 90^\circ$), *backward-curved vanes* ($\beta < 90^\circ$), *forward-curved vanes* ($\beta > 90^\circ$) (Maherwan, 2002).

Blower sentrifugal mempunyai efisiensi yang menggambarkan perbandingan antara masukan dan keluaran blower. Efisiensi blower sentrifugal dapat ditingkatkan dengan beberapa cara, misalnya perhitungan diameter lubang *volute*, mengubah posisi poros sudu *impeller* dan masih banyak lagi. Penelitian peningkatan efisiensi blower sentrifugal telah banyak dilaksanakan. Salah satu contoh penelitian peningkatan efisiensi blower sentrifugal yaitu dengan memvariasikan aspek diameter lubang *volute*. Penelitian ini menjelaskan tentang bagaimana efisiensi blower sentrifugal dengan membuat desain lubang *volute* menggunakan metode Taguchi. Pada penelitian tersebut dihasilkan kinerja yang

lebih baik pada *volute* yang dioptimalkan dari pada *volute* yang asli. Berdasarkan penelitian tersebut efisiensi blower sentrifugal naik sekitar 7,4 % pada desain jika dinilai pada kecepatan konstan (Balloni, 2015).

Ada penelitian lain tentang peningkatan efisiensi blower sentrifugal tetapi menggunakan variasi yang berbeda. Pada penelitian ini menjelaskan tentang bagaimana pengaruh variasi jenis sudu (*ribs*) terhadap efisiensi blower sentrifugal. Penelitian ini menyimpulkan bahwa sudu jenis *foward curve* atau FC dianggap paling efektif digunakan pada blower sentrifugal dengan nilai laju aliran tertinggi yaitu 2,2 m³/min dan torsi 0,09 Nm (Lee, 2015).

Perkembangan teknologi yang pesat menyebabkan kompleksnya kebutuhan blower sentrifugal. Banyak parameter yang harus diteliti agar didapatkan efisiensi yang tinggi dan unjuk kerja yang lebih baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah ada pengaruh dari variasi sudut sudu dan putaran terhadap unjuk kerja blower sentrifugal. Pada penelitian ini digunakan blower sentrifugal dengan tipe sudu *backward-curved vanes*. Penelitian ini fokus pada putaran dan sudut sudu pada *impeller*. Hal ini dikarenakan sudu memiliki pengaruh besar terhadap kinerja blower sentrifugal. Jumlah sudu akan berpengaruh terhadap bidang penangkap yang mengkonversi energi mekanik dari poros motor menjadi hembusan udara. Penelitian ini yang dilakukan dengan memvariasikan putaran dan sudut sudu pada *impeller* dapat meningkatkan kinerja blower sentrifugal yang meliputi tekanan, debit dan efisiensi serta dapat dijadikan sebagai acuan sebagai penelitian selanjutnya. Hasil jadi dari penelitian ini yaitu blower sentrifugal akan digunakan sebagai alat penyuplai udara bertekanan pada *wind tunnel* sebagai riset aerodinamis *body* mobil listrik.

1.2 Rumusan Masalah

Perkembangan teknologi yang semakin pesat menyebabkan kompleksnya kebutuhan blower sentrifugal yang mempunyai tekanan dan debit sesuai keinginan serta kebutuhan akan blower sentrifugal sebagai penghasil udara bertekanan pada *wind tunnel* sebagai riset aerodinamis *body* mobil listrik, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi putaran dan sudut sudu *impeller* blower sentrifugal terhadap tekanan yang dihasilkan (p) ?
2. Bagaimana pengaruh variasi putaran dan sudut sudu *impeller* blower sentrifugal terhadap debit yang dihasilkan (Q) ?
3. Bagaimana pengaruh variasi putaran dan sudut sudu *impeller* blower sentrifugal terhadap efisiensi yang dihasilkan (η) ?

1.3 Batasan masalah

Mengingat kompleksnya permasalahan yang berkaitan dengan penentuan parameter putaran dan sudut sudu, maka harus dilakukan pembatasan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini. Batasan masalah tersebut antara lain sebagai berikut :

1. Penelitian menggunakan metode eksperimental
2. Fluida yang digunakan pada penelitian ini adalah udara
3. Sudut α pada sudu *impeller* tetap
4. Tekanan yang diukur adalah tekanan dinamis

1.4 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu : Untuk mengetahui karakteristik blower sentrifugal yaitu hubungan antara variasi putaran dan sudut sudu *impeller* terhadap tekanan (p), debit (Q) dan pengaruhnya terhadap efisiensi (η)

1.5 Manfaat

Manfaat dari dilakukannya penelitian ini yaitu :

1. Hasil dari penelitian dapat mengetahui performa terbaik blower sentrifugal setelah dilakukan variasi putaran dan sudut sudu *impeller*
2. Hasil dari penelitian dapat menambah rujukan baru sebagai informasi tentang 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 diistilahkan dengan nama lain. *Exhaust* yaitu blower yang dipakai untuk mengeluarkan gas dari dalam oven kokas. *Booster* atau *circulator* yaitu blower yang apabila tekanan pada sisi hisap diatas tekanan atmosfer seperti yang sering dipakai pada industri kimia (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. Fluida 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 perputaran bejana (Church dan Harahap, 1993).

2.1.1 Jenis-jenis blower sentrifugal

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

1. *Forward Curved Blade*

Blower sentrifugal jenis ini menggunakan bilah (sudu) yang melengkung searah dengan putaran fan. *Forward curved blade* dipakai pada laju aliran yang tinggi dan tekanan rendah. Blower jenis ini mempunyai karakteristik yaitu beratnya, dikarenakan jumlah yang diperlukan. Blower jenis ini 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 2.1 dibawah ini :



Gambar 2.1 Blower sentrifugal tipe *Forward Curved Blade* (Onny, 2017).

2. *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*. 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 2.2 berikut ini :



Gambar 2.2 Blower sentrifugal tipe *Backward Curved Blade* (Onny, 2017).

3. *Straight radial blades*

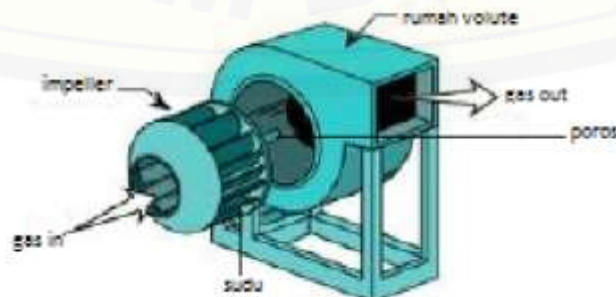
Blower jenis ini memiliki bilah lurus, tidak melengkung yang dipasang langsung dari pusat kipasnya. Blower jenis ini digunakan untuk fluida tidak murni gas, karena *radial fan* yang pengendapannya paling sedikit. Blower ini mempunyai karakteristik suaranya yang bising. Blower ini dapat dipakai di kondisi kecepatan tinggi, volume rendah dan tekanan tinggi. Blower jenis ini memiliki bilah-bilah yang terdapat 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 2.3 dibawah ini :



Gambar 2.3 Blower sentrifugal tipe *Straight Curved Blade* (Onny, 2017).

2.1.2 Bagian-bagian blower sentrifugal

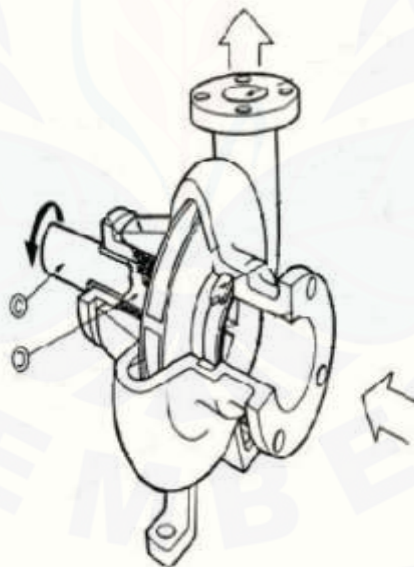
Bagian-bagian dari blower sentrifugal dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut ini :



Gambar 2.4 Blower sentrifugal (Onny, 2017).

1. Poros dan selongsong

Poros dalam sebuah mesin berfungsi untuk meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran. Poros dipasang berputar terhadap poros dukung yang tetap atau dipasang tetap pada poros dukung yang berputar. Poros dibuat dari baja karbon tempa, yang diproses dengan mesin sesudah proses pengolahan panas dilakukan. Pada poros dipasang Selongsong poros yang berfungsi untuk mencegah terjadinya keausan dan korosi pada poros. Selongsong-selongsong ini dipasangkan pada poros dengan memakai mur yang arah ulirnya berlawanan dengan arah putaran poros dan dikunci dengan pin. Mur memiliki fungsi yaitu untuk menjamin agar selongsong itu tetap pada tempatnya. Diameter poros umumnya lebih ditentukan ukurannya oleh kecepatan kritis. Poros dibuat bertingkat dengan diameter yang terbesar berada pada bagian tengah untuk memudahkan perakitan atau pemasangan. Poros dan selongsong poros dapat dilihat pada Gambar 2.5 dibawah ini :



Gambar 2.5 Poros dan Selongsong Poros (Sularso, 2004).

2. Bantalan (*bearing*)

Bantalan adalah sebuah komponen elemen mesin yang memungkinkan terjadinya pergerakan relatif antara dua bagian dari alat atau mesin. Bantalan mempunyai fungsi adalah sebagai berikut :

- Untuk mengurangi koefisien gesekan antara poros dengan rumahnya
- Menjadikan poros dan rumahnya tidak aus karena tidak bergesekan langsung tetapi melalui bantalan
- Mempermudah perawatan atau *maintenance* peralatan yang berputar
- Mempermudah biaya pembuatan poros karena poros tidak perlu dibuat dari baja yang berkualitas tinggi
- Menjadikan alat yang berputar kuat dan tahan lama atau *heavy duty* dan mengurangi waktu perawatan.

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 babbit dan dapat saja dilumasi dengan menggunakan cincin pemberi oli atau dengan pelumasan paksa dengan pompa atau pendingin oli. Setiap kondisi bantalan jenis kelepak dorong harus dipakai untuk menempatkan poros pada tempatnya dan menerima setiap perubahan beban dorong yang terjadinya secara tiba-tiba. Bantalan atau *bearing* dapat dilihat pada Gambar 2.6 dibawah ini :



Gambar 2.6 Bantalan (*Bearing*) (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 bawah yang maksudnya adalah untuk memudahkan pemeriksaan dan perbaikan. Jenis blower dengan hisapan dari depan adalah jenis yang terpisah secara vertikal. Jenis ini tidak mempunyai pipa hisap dan akan memberikan kemudahan pada pemeriksaan.

4. Sudu (bilah)

Sudu merupakan komponen dari blower sentrifugal yang berfungsi menjadi tempat berlalunya fluida. Sudu menempel dan menjadi satu dengan *impeller*..Sudu dalam pengaplikasiannya ada 3 jenis yang sering digunakan yaitu *radial vanes* ($\beta = 90^\circ$), *backward-curved vanes* ($\beta < 90^\circ$), *forwad-curved vanes* ($\beta > 90^\circ$). Sudu mempunyai sudut masuk dan sudut keluar untuk jenis *bacward* dan *foward type*. Sudu jenis *radial vane* tidak memiliki sudut karena berbentuk lurus terhadap jari-jari *impeller*.

5. *Impeller*

Impeller merupakan bagian terpenting dari sebuah blower sentrifugal yang berfungsi memutar fluida sehingga menghasilkan gaya sentrifugal. Gaya tersebut akan menghasilkan gaya hisap dan gaya tekan pada blower. *Impeller* dapat dibuat dari jenis hisapan ganda atau hisapan tunggal terbuka, semi terbuka atau tertutup. *Impeller* terdiri dari satu, dua dinding atau tanpa dinding sama sekali. *Impeller* yang mempunyai dua dinding tidak akan tergantung pada ruang bebas aksial yang sempit untuk mencegah terjadinya kebocoran. Oleh karena itu *impeller-impeller* ini telah dilengkapi dengan cincin-cincin radial yang dapat diganti sehingga *impeller-impeller* ini biasanya akan mempunyai efesiensi yang lebih tinggi untuk jangka waktu yang lebih lama.

2.1.3 Kelebihan blower sentrifugal

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

1. Mempercepat aliran udara secara laminar sehingga keluaran yang didapat adalah udara yang laminar
2. Konstruksinya kokoh
3. Relatif tidak berisik
4. Dapat beroperasi di berbagai kondisi
5. Kecepatan konstan, blower sentrifugal akan memompa volume udara yang tetap dibandingkan dengan massa udara yang tetap. Ini berarti kecepatan udara di sebuah sistem tetap walaupun laju massanya tidak tetap
6. Lebih mudah dan lebih murah pada pembangunan sehingga blower ini lebih banyak digunakan.

2.1.4 Kelemahan blower sentrifugal

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

1. Hanya cocok untuk layanan yang bersih, untuk layanan kasar dan bertekanan tinggi
2. Keluaran blower sulit diatur secara tepat
3. Penggerak harus dipilih secara hati-hati untuk menghindarkan beban motor lebih, sebab kurva daya meningkat sejalan dengan aliran udara
4. Efisiensi energy relative rendah.

2.2 Aliran Fluida

Aliran fluida laminar adalah apabila kecepatan fluida yang mengalir melalui pipa rendah, partikel-partikelnya aliran bergerak dalam lapisan-lapisan yang paralel dan kecepatan pada sembarang titik adalah 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 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 kecepatan dimana transisi terjadi, karena tidaklah seluruhnya konsisten untuk pengujian-pengujian yang dilakukan berulang-ulang dan berbeda (Victor dkk, 1998).

2.2.1 klasifikasi aliran

Jenis aliran Secara garis besar dapat dibedakan atau dikelompokkan 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 laminer, transisi dan turbulen. Bilangan Reynold dapat dicari menggunakan Persamaan 2.1 dibawah ini :

$$Re = \frac{v D \rho}{\mu} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

v = kecepatan fluida (m/s)

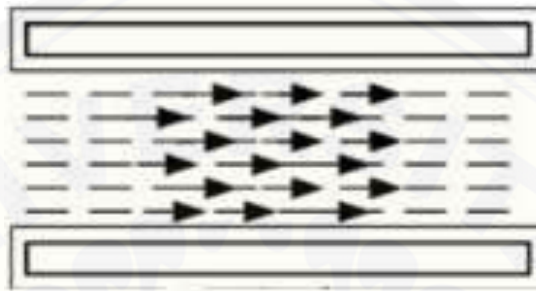
D = diameter dalam pipa (m)

ρ = rapat massa fluida (kg/m³)

μ = viskositas dinamik fluida (kg/ms)

a. Aliran laminar

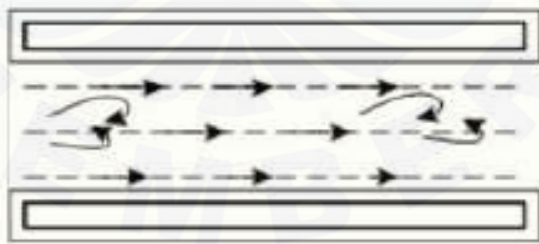
Aliran laminar didefinisikan sebagai aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan atau lamina-lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar. Aliran laminar ini mempunyai nilai reynoldsnya kurang dari 2300. Aliran laminar dapat dilihat pada Gambar 2.7 dibawah ini :



Gambar 2.7 Aliran laminar (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 reynoldsnya antara 2300 sampai dengan 4000. Aliran transisi dapat dilihat pada Gambar 2.8 dibawah ini :



Gambar 2.8 Aliran transisi (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

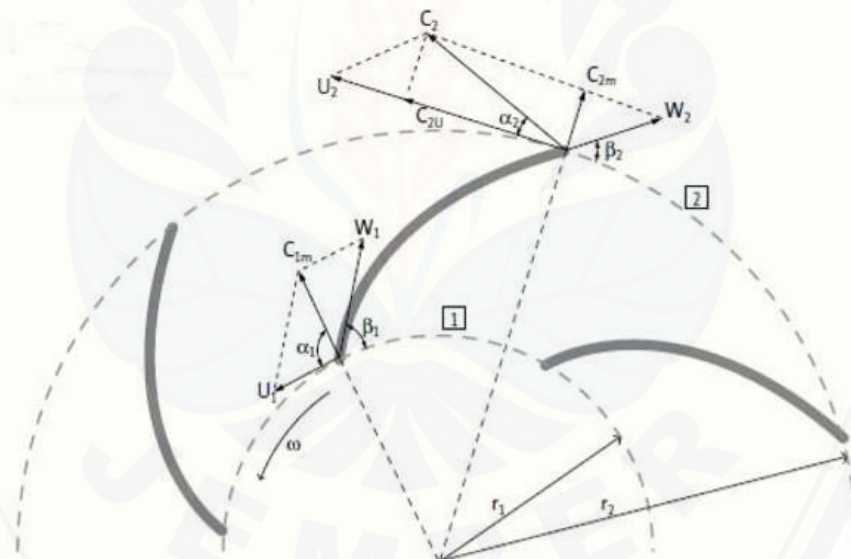
memiliki nilai reynoldsnya lebih besar dari 4000. Aliran turbulen dapat dilihat pada Gambar 2.9 dibawah ini :



Gambar 2.9 Aliran turbulen (Olson, 1990).

2.3 Segitiga kecepatan

Segitiga kecepatan dapat dilihat pada beberapa Gambar 2.10 dibawah ini :



Gambar 2.10. Segitiga kecepatan masuk dan keluar sudu gerak (Setyono, 2016).

Keterangan :

r_1 = jari jari diameter dalam impeller (m)

r_2 = jari jari diameter luar impeller (m)

U = kecepatan tengensial atau kecepatan keliling (m/s)

W = kecepatan sepanjang sudu atau kecepatan relative (m/s)

C_m = kecepatan mutlak meridian pada sisi masuk (m/s)

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

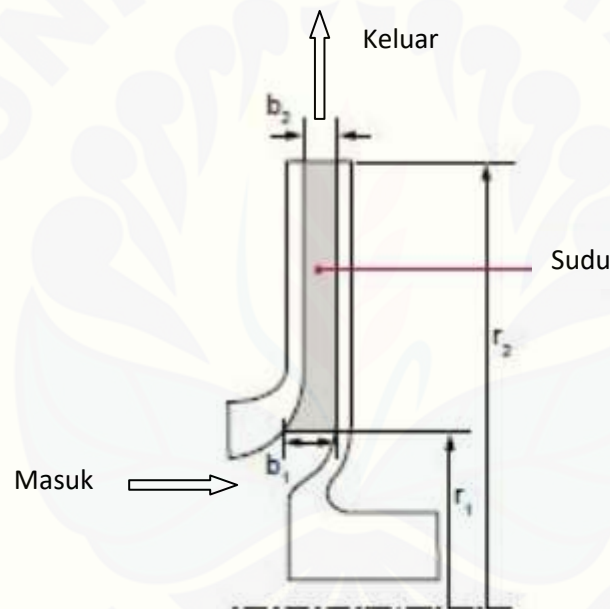
α = sudut sudu pada sisi masuk ($^{\circ}$)

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

Keterangan perhitungan pada Gambar 2.10 dijelaskan lebih lanjut pada Persamaan 2.2 sampai 2.10.

2.3.1 Sisi masuk atau *inlet*

Aliran fluida yang masuk biasanya diasumsikan tidak berputar. Ini berarti bahwa $\alpha_1 = 90^{\circ}$. Segitiga tersebut dijelaskan pada Gambar 2.14 pada posisi 1 dan bahwa C_{masuk} dapat dihitung dari aliran dan lingkaran area di dalam sisi masuk. Pandangan samping *impeller* sisi masuk dapat dilihat pada Gambar 2.11 dibawah ini :



Gambar 2.11 Pandangan samping *impeller* sisi masuk (Setyono, 2016).

Lingkaran area dapat dihitung dengan jalan lain tergantung tipe *impeller* (radial atau semi *axial impeller*). Persamaan 2.2 untuk menghitung luasan *impeller* semi *axial* adalah :

$$A_1 = 2.\pi. \left\{ \frac{r.poros+r.selongsong}{2} \right\}.b_1 \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

A_1 = luas *impeller* (m²)

r = jari – jari (m)

b_1 = tebal sudu (m)

Aliran fluida seluruhnya harus melalui area lingkaran. C_{masuk} dapat dihitung melalui Persamaan 2.3 berikut ini :

$$C_{masuk} = \frac{Q_{impeller}}{A_t} \text{ (m/s)} \dots\dots\dots (2.3)$$

Kecepatan tangensial atau kecepatan keliling (U_1) dihitung dari hasil radius dan sudut dapat dilihat seperti Persamaan 2.4 dibawah ini `:

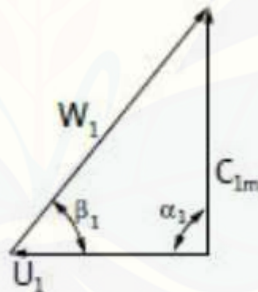
$$U_1 = 2.\pi.r_1.\frac{n}{60} = r_1 . \omega \text{ (m/s)} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

ω = sudut ($^\circ$)

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

Gambar 2.12 menggambarkan ketika segitiga kecepatan berdasarkan α_1 , C_{in} dan U_1 .



Gambar 2.12 Segitiga kecepatan pada sisi masuk (Setyono, 2016).

Sudut aliran relatif β_1 dapat dihitung melalui Persamaan 2.5 dibawah ini :

$$\text{Cos } \beta_1 = \frac{C_{in}}{U_1} \dots\dots\dots (2.5)$$

2.3.2 Sisi keluar (*outlet*)

Segitiga kecepatan pada sisi keluar di jelaskan pada Gambar 2.14 pada posisi 2. Luasan *impeller* dapat dihitung berdasarkan Persamaan 2.6 dibawah ini :

$$A_2 = 2.\pi. \left\{ \frac{r_2.poros+r_2.selongsong}{2} \right\}.b_2 \dots\dots\dots (2.6)$$

C_{2masuk} dapat dihitung berdasarkan Persamaan 2.7 berikut ini :

$$C_{2masuk} = \frac{Q.impeller}{A_2} \text{ (m/s)} \dots\dots\dots (2.7)$$

Kecepatan tangensial U dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.8 berikut :

$$U_1 = 2.\pi.r_2. \frac{n}{60} = r_2 . \omega \text{ (m/s)} \dots\dots\dots (2.8)$$

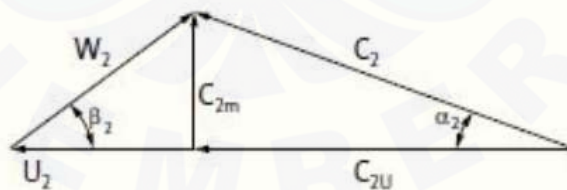
Dalam memulai dari fase desain β_2 asumsinya adalah untuk nilai yang sama dalam sudut sudu. Kecepatan relatif dapat dihitung melalui Persamaan 2.9 berikut ini :

$$W_2 = \frac{C_2 \sin \alpha_2}{\sin \beta_2} \text{ (m/s)} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dan C_{2U} dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.10 berikut ini :

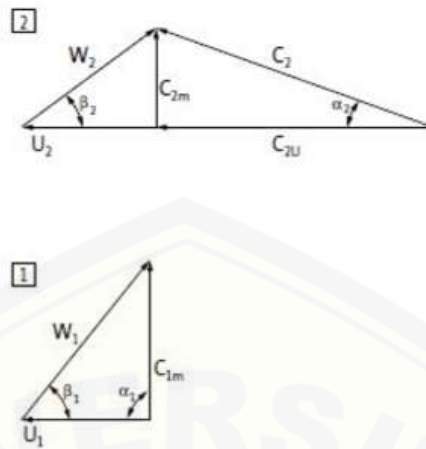
$$C_{2U} = \frac{H \times g}{\cos \alpha_2 \times v_2} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan ini maka segitiga kecepatan pada sisi keluar dapat ditentukan dan tergambar pada Gambar 2.13 dibawah ini :



Gambar 2.13 Segitiga kecepatan pada sisi keluar (Setyono, 2016)

Segitiga kecepatan pada sisi masuk dan keluar dapat dilihat pada Gambar 2.14 dibawah ini :



Gambar 2.14 Segitiga kecepatan (Setyono, 2016).

Dimana,

- U = kecepatan tengensial atau kecepatan keliling (m/s)
- w = kecepatan sepanjang sudu atau kecepatan relative (m/s)
- C_m = 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* ada beberapa hal yang harus diketahui dan harus ditetapkan terlebih dahulu yaitu berapa kecepatan aliran (v), dan debit aliran (Q). Keluaran blower berbentuk kubus dengan penampang depan berbentuk persegi dengan panjang 300 mm dan lebar 300 mm. Sehingga dapat dihitung sebagai berikut :

$$A = p \times l$$

$$v = 7,223 \text{ m/s}$$

$$Q = v \times A$$

dimana :

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

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

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

v = kecepatan (m/s)

Q = debit (m³/s)

2.4.1 Menentukan p udara

p udara dapat ditentukan menggunakan Persamaan 2.11 berikut ini :

$$\frac{p}{\rho} = R \times T \text{ atau } p = \frac{\rho \times R \times T}{1} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

p = tekanan (N/m²)

ρ = rho udara (kg/m³)

R = 287 N/kg (tetapan)

T = suhu 20 °C / 293 °K

2.4.2 Mencari head total

Head total (H) dicari dengan Persamaan 2.12 sebagai berikut :

$$H = \frac{\Delta p}{\rho \times g} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

H = head total (m)

2.4.3 Mencari kecepatan spesifik

Kecepatan spesifik (Nq) dapat dicari dengan Persamaan 2.13 sebagai berikut :

$$Nq = n \times \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana :

Nq = kecepatan spesifik (r.p.m)

2.4.4 Mencari diameter luar *impeller*

Energi spesifik (y) harus dicari terlebih dahulu sebelum mencari diameter luar *impeller*, yang dapat dicari menggunakan Persamaan 2.14 berikut ini :

$$y = g \times H \dots\dots\dots (2.14)$$

dimana :

y = energi spesifik (J/kg)

Diameter luar *impeller* (D_2) dapat dicari menggunakan Persamaan 2.15 sebagai berikut ini :

$$D_2 = \frac{s}{\frac{\sqrt[4]{2y}}{Q} x \sqrt{\pi}/2} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana :

D_2 = diameter luar *impeller*

2.4.5 Mencari kecepatan keliling

Kecepatan keliling (U_2) dapat dicari menggunakan Persamaan 2.16 berikut ini :

$$U_2 = \frac{\pi \times D_2 \times n}{60} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana :

U_2 = kecepatan keliling (m/s)

2.4.6 Mencari luas sisi masuk (A_3)

C suction (C_s) ditetapkan sebesar 20 m/s. Luasan (A_3) dapat dicari menggunakan Persamaan 2.17 berikut ini :

$$A_3 = \frac{Q}{C_s} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana :

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

A_3 = luas sisi masuk (m^2)

2.4.7 Mencari diameter dalam *impeller* (D_1)

Diameter dalam *impeller* dapat dicari menggunakan Persamaan 2.18 sebagai berikut :

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \times A_3}{\pi}} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana :

D_1 = diameter dalam *impeller* (m)

2.4.8 Mencari kecepatan keliling

Kecepatan keliling (U_1) dapat dicari menggunakan Persamaan 2.19 berikut ini :

$$U_1 = \frac{\pi \times D_1 \times n}{60} \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana :

U_1 = kecepatan keliling (m/s)

2.4.9 Mencari sudut β

Sudut β dapat dicari menggunakan Persamaan 2.10 berikut ini :

$$\beta = \tan^{-1} \frac{C_s}{V_1} \dots\dots\dots (2.20)$$

sudut β = Arc tan β

dimana :

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

2.4.10 Mencari kecepatan sepanjang sudu (w_1)

Kecepatan sepanjang sudu (w_1) dapat dicari menggunakan Persamaan 2.21 berikut ini :

$$w_1 = \frac{V_1}{\cos 48} \dots\dots\dots (2.21)$$

dimana :

w_1 = kecepatan sepanjang sudu (m/s)

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

Kecepatan mutlak ke arah U dapat dicari menggunakan Persamaan 2.22 sebagai berikut :

$$C_{2U} = \frac{H \times g}{\sin \alpha \times v^2} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana :

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

2.4.12 Mencari tebal sudu

Tebal sudu (b_1) dapat dicari menggunakan Persamaan 2.23 berikut ini :

$$b_1 = \frac{Q}{\pi \times D^2 \times C_s} \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana :

b_1 = Tebal sudu (m)

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

C_{2m} dapat dicari menggunakan Persamaan 2.24 sebagai berikut :

$$C_{2m} = \frac{Q}{A_2} \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana :

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

2.4.14 Mencari $\tan \alpha$

Tan α dapat dicari menggunakan Persamaan 2.25 sebagai berikut :

$$\tan \alpha = \frac{c_{2m}}{U_1} \dots\dots\dots (2.25)$$

Dimana :

Tan α = sudut masuk sudu ($^\circ$)

2.4.15 Mencari daya (P)

Daya (P) dapat dicari menggunakan Persamaan 2.26 berikut ini :

$$P = Q \times \Delta p \dots\dots\dots (2.26)$$

Dimana :

P = daya (Watt)

Q = debit (liter/menit)

Δp = tekanan rancang (Pa)

2.4.16 Mencari jumlah sudu impeller

Jumlah sudu z ditentukan berdasarkan diameter sisi isap D_1 dan diameter luar impeller D_2 . Dengan Persamaan 2.27 berikut ini (Church dkk, 1993) :

$$z = 6,5 \times \frac{D_2 + D_1}{D_2 - D_1} \times \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \dots\dots\dots (2.27)$$

2.5 Perancangan *volute*

Perancangan *volute* meliputi beberapa perhitungan dibawah ini yaitu :

2.5.1 Jari-jari minimal *volute* (r_3)

Jari-jari minimal *volute* dapat dihitung dengan Persamaan 2.28 berikut ini (Crunch dkk, 1993) :

$$r_3 = (1,02 \div 1,05) \times r_2 \dots\dots\dots (2.28)$$

dimana:

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

r_2 = Jari-jari luar impeller

2.5.2 Lebar Dasar Busur (b_3)

Lebar dasar busur dapat dihitung dengan Persamaan 2.29 berikut ini (Crunch dkk, 1993) :

$$b_3 = b_2 + (0,025 \times r_2) \dots\dots\dots (2.29)$$

dimana:

b_3 = Lebar dasar busur (mm)

b_2 = Lebar sisi keluar (mm)

r_2 = Jari-jari luar impeller

2.5.3 Jari-jari Kelengkungan (p)

Jari-jari kelengkungan dapat dihitung dengan Persamaan 2.30 berikut ini (Crunch dkk, 1993):

$$p = \frac{\varphi^\circ}{x} + \frac{\sqrt{2\varphi^\circ}}{x} x r_3 \dots\dots\dots (2.30)$$

dimana:

p = Jari-jari kelengkungan (mm)

r_3 = Jari-jari minimal *volute*

x = Koefisien jarak pada sudu

koefisien jarak pada sudu dapat dicari menggunakan Persamaan 2.31 dibawah ini :

$$x = \frac{720}{Q} K_{U2} x \pi \dots\dots\dots (2.31)$$

dimana:

Q = Kapasitas blower (0,65 liter/menit)

K_{U2} dapat dicari menggunakan Persamaan 2.32 dibawah ini :

$$K_{U2} = r_2 \times C_{2u} \dots\dots\dots (2.32)$$

Dengan φ° yang berbeda-beda, maka akan didapat jari-jari kelengkungan (p) yang berbeda-beda pula. Misalnya $\varphi^\circ = 45^\circ$ maka hasilnya adalah $p : 0,025$

Jari-jari kelengkunga dari *volute* dapat dicari dengan Persamaan 2.33 dibawah ini :

$$R_{vol} = r_3 + 2p \dots\dots\dots (2.33)$$

Dengan cara yang sama maka hasilnya dapat dilihat di Tabel 2.1 dibawah ini :

Tabel 2.1 Perhitungan jari-jari kelengkungan *volute*

persimpangan	φ °	p (m)	p (mm)	r_{vol} (mm)
0	0	0	0	287
1	45	0,025	24,454	335,908
2	90	0,035	35,146	357,293
3	135	0,044	43,575	374,149
4	180	0,051	50,831	388,662
5	225	0,057	57,338	401,677
6	270	0,063	63,314	413,627
7	315	0,069	68,886	424,772
8	360	0,074	74,139	435,278

2.5.4 Tebal *volute* (S)

Tebal *volute* blower bahan yang dipakai adalah ST35 dengan sifat mekanis

1. Kekuatan tarik (σ_b) : 35 kg/mm². Tebal *volute* dapat dicari menggunakan Persamaan 2.34 dibawah ini (Crunch dkk, 1993) :

$$S = x \cdot y \cdot \frac{d \cdot \sigma_b}{p} + z \dots\dots\dots (2.34)$$

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 = kaefisien bentuk laluan (1,6)
- z = faktor untuk menghindari penyimpangan pada saat pengecoran yang diijinkan (2-3) mm
- x1 = faktor keamanan direncanakan (4,5)

2.6 Perancangan poros

2.6.1 Mencari Torsi

Poros impeller dilakukan untuk menghitung daya yang bekerja dan momen torsi yang akan dideritanya. Dengan daya sebesar 1300,14 Watt maka momen puntir dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.35 berikut ini :

$$T = \frac{30 P}{\pi n} \dots\dots\dots (2.35)$$

Dimana :

T = torsi (Nm)

P = daya (Watt)

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

2.6.2 Mencari tegangan yang diizinkan

Bahan yang digunakan untuk poros adalah baja asFe 360 dengan tegangan tariknya $\sigma_B = 150000$ kPa ($1\text{Pa}=1 \text{ N/m}^2$) dan dengan mengambil faktor keamanan Sf_1 sebesar 6, dan dengan factor konsentrasi tegangan Sf_2 sebesar 2 maka tegangan yang diizinkan untuk Perancangan 2.36 ($\sigma\alpha$) adalah :

$$\sigma\alpha = \frac{\sigma_B}{Sf_1 \times Sf_2} \dots\dots\dots (2.36)$$

dimana :

$\sigma\alpha$ = tegangan yang diijinkan (kN/m^2)

Sf_1 = factor keamanan

Sf_2 = factor konsentrasi

2.6.3 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 = 1, dan faktor beban lenturnya = 2 maka diameter poros dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.37 (Crunch dkk, 1993) :

$$D_{sh} = \left[\frac{5,1}{\sigma\alpha} \times K_t \times C_b \times T \right]^{1/3} \dots\dots\dots (2.37)$$

Dimana :

K_t = faktor koreksi beban puntir

C_b = faktor beban lenturnya

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 *bearing* yang diameter dalam 30 mm dan diameter luar 70 mm.

2.7 Perancangan Pasak

Dalam perhitungan pasak ada beberapa hal yang harus ditentukan berdasarkan perhitungan elemen mesin sebelumnya, yaitu sebagai berikut :

- Daya (P) : 1,3 kW
- Putaran poros (n) : 1450 *r.p.m*
- Faktor koreksi : 1
- Bahan poros : S45C
- Kekuatan tarik (σ_B) : 58 kg/mm²
- Faktor keamanan ($sf_{1,2}$) : 6, 2
- Faktor koreksi (K_t) : 2
- Faktor lenturan (C_B) : 2
- Diameter poros (D_s) : 25 mm
- Bahan pasak : S30C
- Kekuatan tarik (σ_B) : 70 kg/mm²
- Tegangan geser pasak : 8 kg/ mm²

2.7.1 Momen rencana (T)

Momen rencana (T) dapat dicari menggunakan Persamaan 2.38 sebagai berikut :

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P}{n} \dots\dots\dots (2.38)$$

2.7.2 Tegangan geser poros yang diijinkan (τ_{sa})

Tegangan geser poros yang diijinkan (τ_{sa}) dapat dicari menggunakan Persamaan 2.39 sebagai berikut :

$$\tau_{sa} = \sigma_B / (sf_1 \times sf_2) \dots\dots\dots (2.39)$$

2.7.3 Gaya tangensial (F)

Gaya tangensial dapat dicari menggunakan Persamaan 2.40 sebagai berikut :

$$F = T / (D_s / 2) \dots\dots\dots (2.40)$$

2.7.4 Lebar dan tinggi pasak (b x h)

Lebar dan tinggi pasak (b x h) dapat dicari menggunakan Persamaan 2.41 dan Persamaan 2.42 sebagai berikut :

$$b = D_s / 4 \quad \dots\dots\dots (2.41)$$

$$h = D_s / 8 \quad \dots\dots\dots (2.42)$$

2.7.5 Tekanan permukaan pasak (τ_{ka})

Tekanan permukaan pasak (τ_{ka}) dapat dicari menggunakan Persamaan 2.43 sebagai berikut :

$$\tau_{ka} = F / (b \times h) \quad \dots\dots\dots (2.43)$$

2.7.6 Panjang pasak (l_1 dan l_2)

Panjang pasak (l_1 dan l_2) dapat dicari menggunakan Persamaan 2.44 dan Persamaan 2.45 sebagai berikut :

$$\tau_k = F / (b \times l_1) \leq 3,88 \quad \dots\dots\dots (2.44)$$

$$\tau_k = F / (b \times l_2) \leq 3,88 \quad \dots\dots\dots (2.45)$$

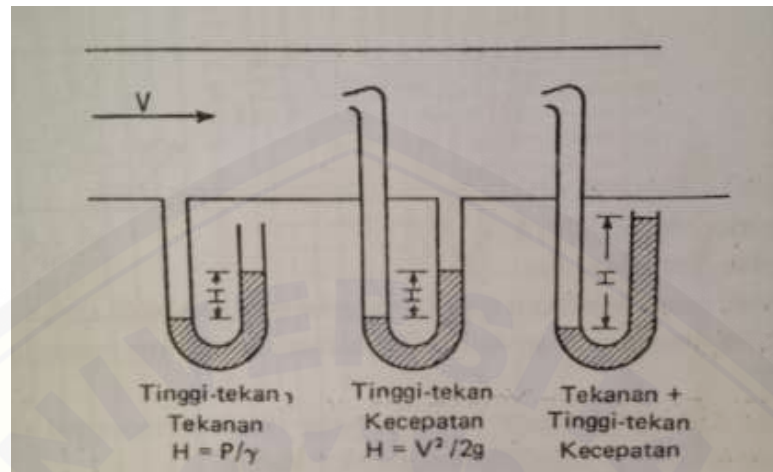
2.8 Tinggi tekan (*Head*)

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

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

Tinggi tekan tekanan adalah energi yang dikandung oleh fluida akibat tekanannya, dan sama dengan p/γ . Bila suatu manometer terbuka dihubungkan tegak lurus dengan aliran, fluida akan naik di dalam tabung ketinggian yang sama

dengan rumus p/γ (Church dkk, 1993). Pengukuran tinggi tekan (*head*) dapat dilihat pada Gambar 2.15 dibawah ini



Gambar 2.15 Metode pengukuran bentuk tinggi tekan (Church dkk, 1993).

2.9 Parameter yang Teliti

2.9.1 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 kompressif (memampatkan). Fluida dapat menahan tekanan kompresi (tekanan pampat) 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 2.46 berikut ini :

$$p = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2.46)$$

Keterangan :

p = tekanan (N/m^2)

F = gaya (N)

A = luas permukaan (m^2)

Tekanan dibagi menjadi tiga yaitu tekanan statis, tekanan dinamis dan tekanan total atau tekanan stagnasi. Tekanan statis adalah tekanan fluida yang diukur oleh alat yang bergerak bersama dengan fluida. Tekanan dinamis adalah tekanan saat fluida dalam keadaan bergerak. Tekanan total atau stagnasi adalah tekanan fluida yang diukur pada aliran fluida yang diperlambat sampai diam. Tekanan statis dapat dicari menggunakan Persamaan 2.47 berikut ini :

$$p_{\text{statis}} = \rho \times g \times H \dots\dots\dots (2.47)$$

Dimana :

p_{statis} = tekanan statis (Pa)

ρ = rho (kg/m^3)

g = gravitasi (m/s^2)

H = head (m)

Tekanan dinamis dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.48 berikut ini :

$$p_{\text{dinamis}} = \frac{1}{2} \times \rho \times v^2 \dots\dots\dots (2.48)$$

Dimana :

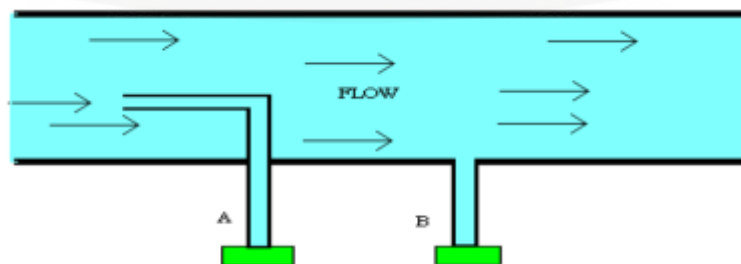
p_{dinamis} = tekanan dinamis (Pa)

v = kecepatan aliran (m/s)

Tekanan total dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.49 sebagai berikut :

$$\text{Tekanan}_{\text{total}} = p_{\text{statis}} + p_{\text{dinamis}} \dots\dots\dots (2.49)$$

Pengukuran tekanan dapat dilihat pada Gambar 2.16 dibawah ini :



Gambar 2.16 Pengukuran Tekanan dinamik (A). Tekanan statis (B) (Fox dkk, 1995).

2.9.2 Debit (Q)

Debit di definisikan sebagai suatu kecepatan aliran fluida yang memberikan banyaknya volume dalam sebuah pipa. Debit suatu aliran dapat dirumuskan pada Persamaan 2.50 sebagai berikut :

$$Q = A \times v \dots\dots\dots (2.50)$$

Keterangan :

Q = debit (liter/menit)

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).

2.9.3 Efisiensi (η)

Efisiensi adalah perbandingan yang terbaik antara *input* (masukan) dan *output* (hasil antara keuntungan dengan sumber-sumber yang dipergunakan) atau hasil optimal yang dicapai dengan penggunaan sumber yang terbatas (Hasibuan, 2005).

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 m³/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 2.51 dibawah ini :

$$\text{Efisiensi mekanik blower} = \frac{\text{debit} \times \Delta p \text{ (selisih tekanan)}}{\text{daya motor listrik}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.51)$$

Daya motor listrik diperoleh dari pengukuran menggunakan wattmeter.

2.10 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah putaran dan besar sudut sudu pada *impeller* berpengaruh besar terhadap tekanan, debit dan efisiensi (unjuk kerja) blower sentrifugal tipe *Backward curved blade*. Perubahan putaran dan besar sudut sudu pada *impeller* yang kecil akan berpengaruh terhadap debit. Pengaruh perubahan debit itu akan berpengaruh terhadap tekanan sehingga dapat disimpulkan variasi diatas berpengaruh terhadap unjuk kerja blower.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu metode yang digunakan untuk menganalisis pengaruh variasi putaran dan sudut sudu pada *impeller* terhadap unjuk kerja blower sentrifugal.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat penelitian

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

3.2.2 Waktu penelitian ;

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2018 sampai Agustus 2018.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

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

1. Anemometer, digunakan untuk mengukur kecepatan aliran fluida setelah keluar dari blower sentrifugal.
2. Tachometer, digunakan untuk menghitung putaran motor listrik
3. Mesin las SMAW, digunakan untuk menyambung plat
4. Gerinda potong, digunakan untuk memotong besi plat
5. Software solidwork, digunakan untuk mendesain blower sentrifugal
6. Thermometer, digunakan untuk mengukur suhu ruangan saat pengujian
7. Wattmeter, digunakan untuk mengukur daya dan arus listrik
8. Palu, digunakan untuk membending sudu
9. Kipas angin, sebagai pendingin tambahan motor listrik
10. *Dimmer* atau regulator, untuk mengatur voltase dari motor listrik

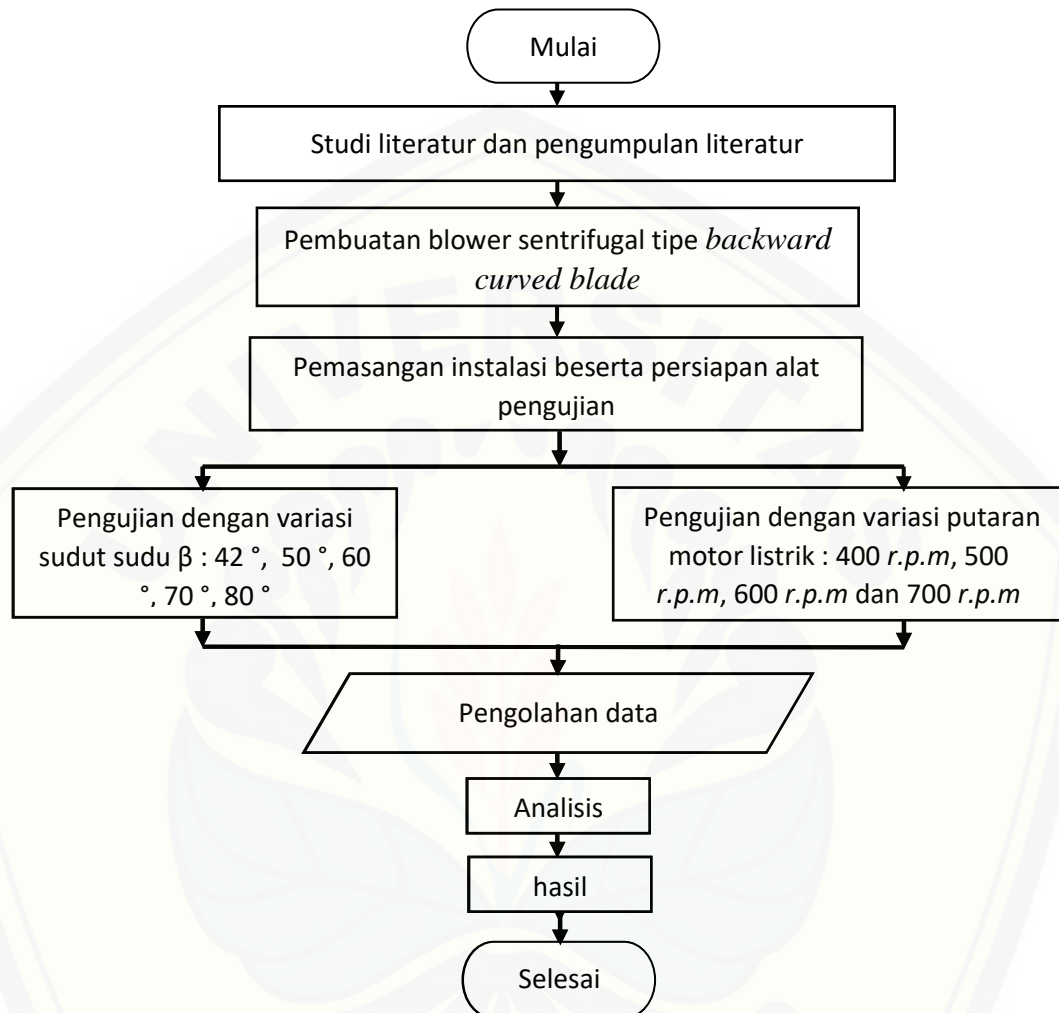
3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Blower sentrifugal
2. Motor listrik AC 1 *phase*, putaran maksimal 2800 *r.p.m*
3. Besi plat tebal 1,8 mm, sebagai bahan dasar *impeller*, sudu dan *volute*
4. Elektroda las, sebagai pengisi ketika proses pengelasan
5. Mata gerinda potong, untuk memotong besi
6. *Plasticine*, sebagai perapat sambungan luar *volute* agar tidak bocor
7. Dempul, untuk menghaluskan bekas gerinda dan mencegah agar tidak bocor
8. Mur dan baut, sebagai pengunci blower
9. Kertas karton, sebagai mal ketika akan memotong di plat besi
10. Cetakan sudu *impeller*, untuk membentuk sudut sudu yang diinginkan
11. Besi poros dan pengunci, untuk penerus daya putar dari motor ke *impeller*
12. *Pillow Blok*, untuk mengunci poros agar tidak goyang
13. Besi siku, untuk rangka
14. kabel, untuk instalasi antara *dimmer* dengan motor listrik

3.4 Diagram Alir

Urutan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini :



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.5 Prosedur penelitian

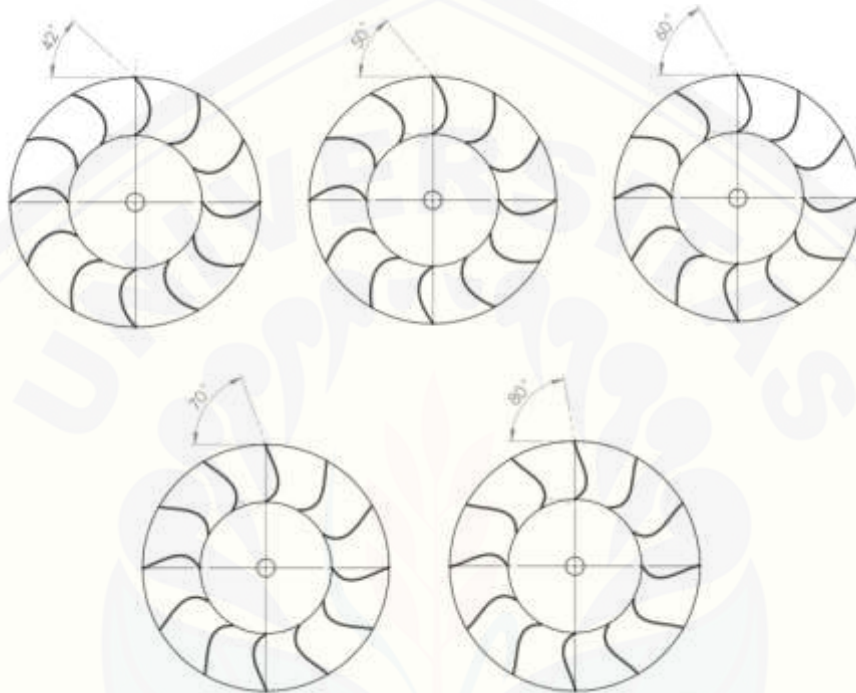
3.5.1 Penyusunan alat penelitian dan persiapan pengujian

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

3.5.2 Tahap penelitian

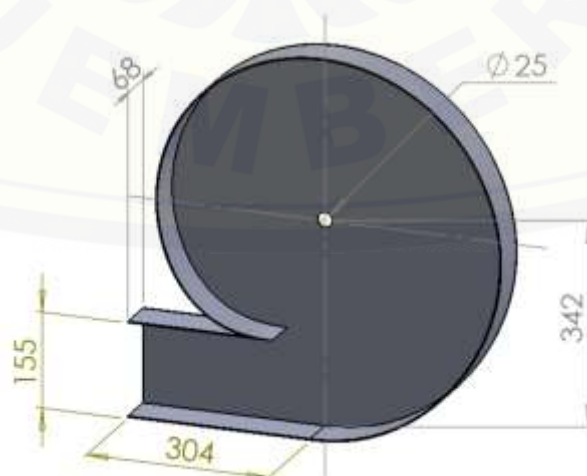
1. Prosedur penelitian

a. Membuat blower sentrifugal sesuai desain dan perencanaan yang telah dilaksanakan sebelumnya dengan membuat variasi sudut sudu *impeller*. Variasi sudut sudu *impeller* dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini :

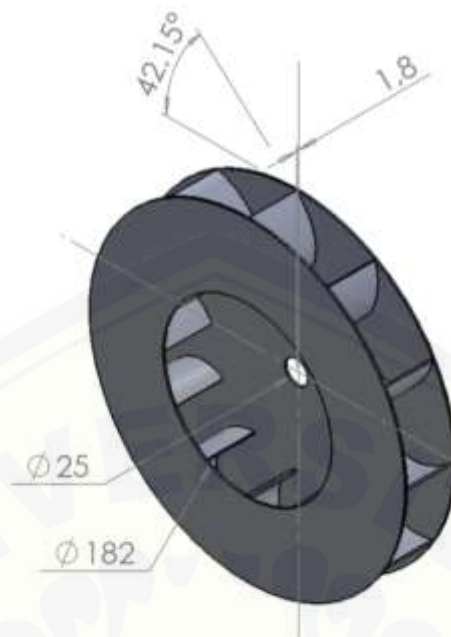


Gambar 3.2 Variasi sudut sudu pada *impeller*

Gambar *volute* dan *impeller* dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan 3.4 dibawah ini :



Gambar 3.3 *Volute* blower



Gambar 3.4 *Impeller blower*

a. Mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk melaksanakan penelitian

Alat penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.5 untuk a. Wattmeter, b. Anemometer dan c. Tachometer dan Gambar 3.6 untuk motor listrik.

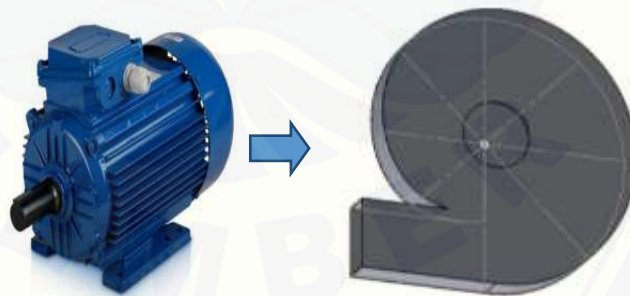


Gambar 3.5 a. Wattmeter b. Anemometer c. Tachometer



Gambar 3.6 Motor listrik 1 fasa (Robith, 2015) .

a. Merangkai instalasi penelitian yang terdiri dari blower sentrifugal di gerakkan dengan motor listrik melalui transmisi poros yang langsung dihubungkan melalui *impeller* lalu aliran udara akan keluar dari blower. Pengukuran meliputi tekanan dan debit dilaksanakan di leher *volute* atau keluaran dari blower sentrifugal. Instalasi pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut ini :



Gambar 3.7 Instalasi pengujian.

b. Melakukan variasi putaran dan sudut sudu *impeller* blower sentrifugal
Variasi putaran dilakukan dengan menggunakan tachometer yang di laserkan pada bagian yang berputar misalnya poros. Variasi sudut sudu

dilakukan dengan mengganti sudu *impeller* yang sudunya sudah dibuat berbeda-beda berdasarkan variabel bebas yang ditentukan.

2. Prosedur pengambilan data

- a. Memasang tachometer di bagian poros yang sudah diberi tanda putih dengan cara memancarkan sinar laser ke bagian yang putih tersebut
- c. Menyesuaikan putaran dengan membaca hasil putaran yang ada di tachometer sambil menggerakkan *dimmer* untuk mencapai putaran yang diinginkan
- d. Data yang diambil berupa angka yang tertera di dalam alat ukur berupa kecepatan aliran. Sedangkan untuk tekanan, debit dan efisiensi dihitung menggunakan rumus dari hasil pengukuran kecepatan aliran.
- e. data diambil pada tiap tiga posisi *output* blower yaitu bagian bawah, tengah dan atas.
- f. Pengambilan data semua dilaksanakan sebanyak 3 kali, kemudian diambil rata-ratanya

3.6 Pengambilan Data Untuk Variasi Putaran dan Sudut Sudu *Impeller*

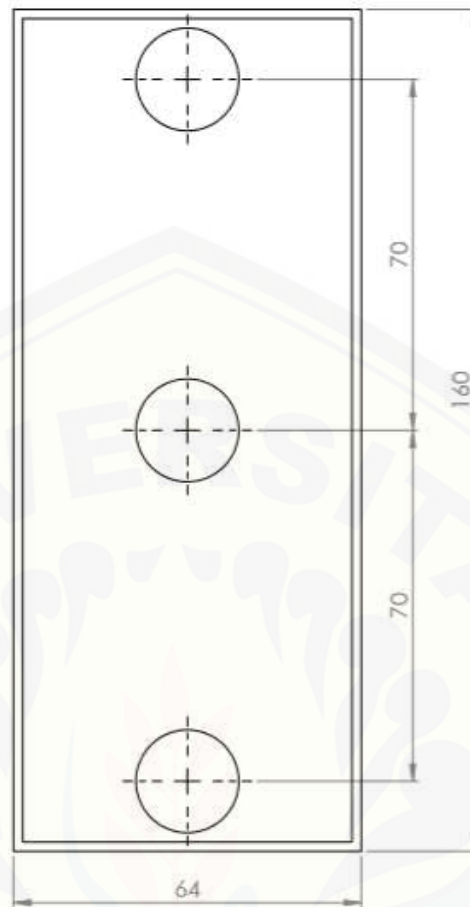
Pengambilan data penelitian dilaksanakan berdasarkan variabel bebas yang telah ditentukan dan bisa dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini :

Tabel 3.1 Pengambilan data variasi putaran dan sudut sudu *impeller*

Putaran (<i>r.p.m</i>)	posisi	T (°C)	v_{masuk} (m/s)	p_{masuk} (Pa)	ρ (kg/m ³)	v_{keluar} (m/s)	p_{keluar} (Pa)	Q (liter/menit)	P (Watt)	I (Ampere)	η (%)
	bawah										
400	tengah										
	atas										
	bawah										
500	tengah										
	atas										
	bawah										
600	tengah										
	atas										
	bawah										
700	tengah										
	atas										

Variasi putaran dilaksanakan dengan cara mengarahkan laser tachometer kearah bagian yang berputar pada blower dan disesuaikan dengan variabel bebas yang telah ditentukan seperti Tabel 3.1 diatas. Variasi sudut sudu dilaksanakan dengan membuat *impeller* dan sudu sebanyak 5 buah dan telah divariasikan sudutnya berdasarkan variabel bebas seperti Tabel 3.1 diatas. *Volute* bagian luar tidak di las tetap melainkan dibaut dan diberi *packing* yaitu dalam penelitian ini digunakan *plasticine* agar tidak bocor sehingga dapat dicopot untuk penggantian *impeller*.

Pengukuran kecepatan alir udara dilaksanakan dengan menggunakan alat anemometer seperti Gambar 3.5 diatas. Pengukuran kecepatan (v) dilaksanakan dengan cara meletakkan anemometer pada aliran fluida di terowongan angin kemudian dapat dilihat di *display* anemometer berapa kecepatan fluidanya dengan satuan m/s. pengukuran kecepatan dilaksanakan pada 3 tempat berbeda seperti pada Gambar 3.8 dibawah ini :



Gambar 3.8 Posisi pengambilan data anemometer

3.7 Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan Ms.Word 2010 dan Ms.Exel 2010. Setelah dilaksanakan semua pengukuran maka data hasil pengukuran dicatat di Ms.Word 2010. Perhitungan data menggunakan Ms.Exel 2010 berdasarkan Tabel 3.1. Data pengukuran tekanan dihitung menggunakan Persamaan 2.47, 2.48, 2.49. Data pengukuran debit dihitung menggunakan Persamaan 2.50. Perhitungan efisiensi dihitung menggunakan Persamaan 2.51.

Setelah semua data didapatkan selanjutnya dilakukan analisa data menggunakan metode Anova *two factor* dengan menggunakan menu analisis data pada Ms. Exel dan menambahkan *Toolpax*. Analisa data ini digunakan untuk mengetahui apakah variasi yang dilaksanakan berpengaruh secara signifikan atau tidak terhadap parameter pengujian.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Semakin besar sudut sudu pada *impeller* dan semakin meningkatnya putaran motor listrik maka semakin meningkat juga unjuk kerja dari blower sentrifugal meliputi tekanan, debit dan efisiensi.
2. Performa terbaik blower sentrifugal terjadi pada saat putaran sebesar 700 *r.p.m* dan besar sudut sudu 80 ° dengan tekanan senilai 42,118 pa, debit senilai 1,367 liter/menit, dan efisiensi senilai 0,373 % pada posisi tengah *output* blower sentrifugal.
3. Besar sudut sudu *impeller* berpengaruh secara signifikan terhadap unjuk kerja blower sentrifugal *type backward* yaitu terjadi kenaikan efisiensi antara sudut sudu 60 ° dan 70 ° sebesar 22 %.
4. Peningkatan putaran motor listrik berpengaruh secara signifikan terhadap unjuk kerja blower sentrifugal *type backward*. yaitu terjadi kenaikan efisiensi antara putaran 400 *r.p.m* dan 500 *r.p.m* sebesar 84 %.

5.2 Saran

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

1. Sangat perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai topik blower sentrifugal.
2. Perlu adanya penelitian mengenai proses manufaktur blower sentrifugal.
3. Menggunakan motor listrik DC yang dapat diatur putarannya.
4. Mengambil sampel putaran tinggi agar motor tidak cepat panas.

5. Perlu *upgrade* alat ukur tekanan yang lebih baru sehingga data lebih akurat.
6. Pengambilan data diusahakan dalam waktu dan kondisi temperatur yang sama.



DAFTAR PUSTAKA

- Atmanegara, Dadi. 2017. “BAB 3 Metodologi Penelitian, Alat dan Bahan”.
<http://repository.umy.ac.id/bitstream/handle/123456789/15147/g.%20Bab%20III.pdf?sequence=7&isAllowed=y>. [diakses 10 Maret 2018]
- Baloni, B, D. 2015. *Centrifugal blower volute optimiation based on taguchi method*. Journal computers and fluids, 02, 274 – 285.
- Church, Austin, H, Zulkifli Harahap, 1993, Pompa dan Blower Sentrifugal,- Cetakan ketiga, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Erinofiardi. 2011. Desain Umur Bantalan Carrier Idler Belt Conveyor PT. Pelindo II Bengkulu. *Jurnal Teknik Mesin*, 8 (1), 41-49.
- Fathurohman, adit., 2015. “*Termodinamika*” <http://ridhopahlawaan.blogspot.co.id/2015/03>. [diakses 10 maret 2018]
- Fox, Robert W. Dan Alan T Mc Donald. 1995. *Introduction to Fluid Mechanics* 3rd edition. John Willey & Sons. USA
- Hasibuan, S.P Malayu, 2005. *Manajemen sumber daya manusia*. Edisi revisi. Jakarta ; Bumi aksara
- Lee, Y, T. 2016. *Performance assessment of various fan ribs inside a centrifugal blower*. Journal energi. 94, 609 – 622.
- Libii, J. N. 2011. “Wind Tunnel and Experimental Fluid Dynamics Research”. USA: Indiana University.
- Maherwan P. Boyce, Gas Turbine Engineering Hand Book, Gulf Professional Publishing, 2002
- Munji, Fatkhul. 2017. “*Hot Wire Anemometer*”.
<https://silviastrips.blogspot.com/2017/12/hot-wire-anemometer.html>. [Diakses 10 maret 2018]
- Olson, R. M. and Wright, S. J. 1990. Dasar-Dasar Mekanika Fluida Teknik. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Onny, 2017. “*Macam-macam kipas (fan)*”. <http://artikel-teknologi.com/macam-macam-kipas-fan>. [diakses 20 februari 2018].

- Robith, Muhammad. 2015. “Prinsip Kerja Motor Induksi 3 Fasa”.
<http://www.insinyoer.com/prinsip-kerja-motor-induksi-3-fasa/>. [Diakses 10 Maret 2018].
- Streeter L, E Benjamin, 1999, “Mekanika Fluida Edisi Delapan Jilid 2”, Jakarta, Erlangga.
- Sailor, 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, gatot, 2016. “Segitiga kecepatan sudu pompa”.
<http://dosen.itats.ac.id/gatotsetyono/wpcontent/uploads/sites/32/2016/09/Segitiga-Kecepatan-Pompa.pdf>. [diakses 25 februari 2018]
- Sularso. 2004. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta : Pradnya Paramita.
- Victor L, Streeter, E Benjamin Whyllie, 1998, *mekanika fluida*, terj. Arko prijono, Jakarta : Erlangga
- Wiratama, Caesar. 2017. “Terowongan angin (Wind Tunnel)”.
<https://aeroengineering.co.id/2017/07/pengujian-model-pesawat-terbang-dengan-terowongan-angin-wind-tunnel/>. [Diakses 10 Maret 2018]
- Yunus, yadi. 2011. *Rancang bangun blower sentrifugal untuk pensirkulasi udara*. Seminar nasional SDM teknologi nuklir STTN-BATAN. ISSN 1978-0176.

LAMPIRAN

Lampiran 6.1 Data hasil pengujian sudut sudu $\beta = 42^\circ$

Putaran (<i>r.p.m</i>)	posisi	T (°C)	v masuk (m/s)	p masuk (Pa)	ρ (kg/m ³)	v keluar (m/s)	p keluar (Pa)	Q masuk (m ³ /s)	Q masuk (liter/menit)	Q keluar (m ³ /s)	Q keluar (liter/menit)	P (Watt)	I (Amp)	V (volt)	η (%)
400	bawah	25,2	1,3	0,945	1,119	4,1	9,401	0,036	0,600	0,042	0,700	623,1	6,636	93,902	0,057
	tengah	25,4	1,3	0,953	1,127	4,4	10,750	0,036	0,600	0,045	0,750	591,5	6,465	91,488	0,075
	atas	25,5	1,3	0,958	1,133	3,5	7,073	0,036	0,600	0,036	0,600	579,5	6,292	92,101	0,038
500	bawah	25,3	2,0	2,249	1,124	5,1	14,623	0,055	0,917	0,051	0,850	612,6	6,236	98,236	0,103
	tengah	25,3	2,0	2,246	1,123	5,5	16,985	0,055	0,917	0,056	0,933	642,6	6,114	105,097	0,128
	atas	25,5	2,0	2,270	1,135	4,7	12,411	0,055	0,917	0,048	0,800	631,3	6,614	95,459	0,077
600	bawah	25,5	2,4	3,268	1,135	5,8	19,087	0,067	1,117	0,059	0,983	665,2	6,642	100,156	0,140
	tengah	25,6	2,4	3,281	1,139	6,1	21,370	0,067	1,117	0,063	1,050	695,1	6,975	99,665	0,164
	atas	25,9	2,4	3,315	1,151	5,3	16,167	0,067	1,117	0,054	0,900	649,9	6,759	96,149	0,107
700	bawah	25,6	2,9	4,791	1,139	6,6	25,061	0,080	1,333	0,068	1,133	657,5	6,468	101,654	0,210
	tengah	25,6	2,9	4,791	1,139	7,2	29,537	0,080	1,333	0,074	1,233	678,4	6,910	98,177	0,270
	atas	25,8	2,9	4,822	1,147	6,0	20,868	0,080	1,333	0,062	1,033	687,1	6,872	99,985	0,145

Lampiran 6.2 Data hasil pengujian sudut sudu $\beta = 50^\circ$

Putaran (<i>r.p.m</i>)	posisi	T (°C)	v masuk (m/s)	P masuk (Pa)	ρ (kg/m ³)	v keluar (m/s)	P keluar (Pa)	Q masuk (m ³ /s)	Q masuk (liter/menit)	Q keluar (m ³ /s)	Q keluar (liter/menit)	P (Watt)	I (Amp)	V (volt)	η (%)
400	bawah	26,0	1,5	1,302	1,157	4,2	10,045	0,042	0,700	0,043	0,717	560,9	6,236	89,945	0,067
	tengah	26,0	1,5	1,300	1,156	4,4	11,186	0,042	0,700	0,045	0,750	503,4	6,114	82,331	0,088
	atas	25,2	1,5	1,262	1,121	3,5	6,999	0,042	0,700	0,036	0,600	610,9	6,614	92,374	0,034
500	bawah	26,5	2,3	3,111	1,176	5,0	14,704	0,064	1,067	0,052	0,867	631,8	6,716	94,079	0,095
	tengah	26,5	2,3	3,115	1,178	5,6	18,468	0,064	1,067	0,057	0,950	628,1	6,679	94,036	0,139
	atas	26,0	2,3	3,053	1,154	4,7	12,927	0,064	1,067	0,048	0,800	644,4	6,975	92,387	0,074
600	bawah	26,2	2,7	4,244	1,164	5,8	19,809	0,075	1,250	0,060	1,000	698,1	7,031	99,294	0,134
	tengah	26,2	2,7	4,250	1,166	6,3	22,896	0,075	1,250	0,064	1,067	634,1	6,642	95,473	0,188
	atas	26,4	2,7	4,277	1,173	5,3	16,275	0,075	1,250	0,054	0,900	700,5	7,094	98,745	0,092
700	bawah	26,4	3,0	5,273	1,172	6,7	26,044	0,083	1,383	0,068	1,133	758,4	7,251	104,592	0,186
	tengah	26,5	3,0	5,293	1,176	7,3	31,627	0,083	1,383	0,075	1,250	759,2	7,676	98,897	0,260
	atas	26,5	3,0	5,300	1,178	5,9	20,729	0,083	1,383	0,061	1,017	683,8	7,275	93,998	0,138

Lampiran 6.3 Data hasil pengujian pada sudut sudu $\beta = 60^\circ$

Putaran (<i>r.p.m</i>)	posisi	T (°C)	v masuk (m/s)	p masuk (Pa)	ρ (kg/m ³)	v keluar (m/s)	P keluar (Pa)	Q masuk (m ³ /s)	Q masuk (liter/menit)	Q keluar (m ³ /s)	Q keluar (liter/menit)	p (Watt)	I (Amp)	V (volt)	η (%)
400	bawah	28,6	1,8	2,062	1,273	4,2	11,224	0,050	0,833	0,043	0,717	535,3	6,200	86,339	0,074
	tengah	27,9	1,8	2,009	1,240	4,6	13,119	0,050	0,833	0,047	0,783	576,7	6,650	86,727	0,091
	atas	28,6	1,8	2,057	1,270	3,8	9,008	0,050	0,833	0,039	0,650	584,5	6,547	89,282	0,046
500	bawah	27,8	2,2	2,994	1,237	5,2	16,513	0,061	1,017	0,053	0,883	642,4	6,734	95,396	0,112
	tengah	27,6	2,2	2,965	1,225	5,6	19,211	0,061	1,017	0,057	0,950	716,4	7,460	96,032	0,129
	atas	27,9	2,2	3,001	1,240	4,7	13,504	0,061	1,017	0,048	0,800	633,4	6,828	92,774	0,080
600	bawah	25,2	2,7	4,082	1,120	6,1	20,613	0,075	1,250	0,062	1,033	709,9	7,054	100,647	0,144
	tengah	25,8	2,7	4,180	1,147	6,5	24,223	0,075	1,250	0,067	1,117	687,6	7,020	97,944	0,195
	atas	25,3	2,7	4,093	1,123	5,4	16,373	0,075	1,250	0,055	0,917	746,2	7,019	106,316	0,091
700	bawah	25,5	3,2	5,795	1,132	6,7	25,656	0,089	1,483	0,069	1,150	712,2	7,318	97,317	0,192
	tengah	26,4	3,2	6,000	1,172	7,5	33,249	0,089	1,483	0,077	1,283	753,4	7,427	101,441	0,279
	atas	25,8	3,2	5,871	1,147	6,2	22,274	0,089	1,483	0,064	1,067	740,1	7,252	102,050	0,142

Lampiran 6.4 Data hasil pengujian pada sudut sudu $\beta = 70^\circ$

putaran (<i>r.p.m</i>)	posisi	T (°C)	v masuk (m/s)	P masuk (Pa)	ρ (kg/m ³)	v keluar (m/s)	P keluar (Pa)	Q masuk (m ³ /s)	Q masuk (liter/menit)	Q keluar (m ³ /s)	Q keluar (liter/menit)	P (Watt)	I (Amp)	V (volt)	η (%)
400	bawah	28,9	1,9	2,400	1,284	4,3	12,058	0,054	0,900	0,044	0,733	523,6	6,260	83,652	0,081
	tengah	29,4	1,9	2,441	1,307	4,7	14,636	0,054	0,900	0,048	0,800	607,0	6,582	92,221	0,096
	atas	29,0	1,9	2,411	1,290	3,9	9,980	0,054	0,900	0,040	0,667	564,4	6,304	89,531	0,054
500	bawah	28,9	2,4	3,703	1,286	5,3	17,836	0,067	1,117	0,054	0,900	687,5	7,201	95,464	0,111
	tengah	29,8	2,4	3,810	1,323	5,8	22,252	0,067	1,117	0,059	0,983	611,6	6,708	91,179	0,178
	atas	29,5	2,4	3,772	1,310	4,8	15,087	0,067	1,117	0,049	0,817	652,3	6,964	93,672	0,085
600	bawah	29,1	2,7	4,720	1,295	6,2	24,886	0,075	1,250	0,063	1,050	648,3	6,670	97,187	0,196
	tengah	28,9	2,7	4,687	1,286	6,7	28,862	0,075	1,250	0,069	1,150	758,9	7,518	100,953	0,220
	atas	29,1	2,7	4,714	1,293	5,6	20,279	0,075	1,250	0,057	0,950	695,7	7,016	99,159	0,128
700	bawah	29,4	3,2	6,683	1,305	7,2	33,521	0,089	1,483	0,073	1,217	734,8	7,117	103,246	0,267
	tengah	28,9	3,2	6,584	1,286	7,7	38,121	0,089	1,483	0,079	1,317	758,6	7,578	100,101	0,328
	atas	28,7	3,2	6,538	1,277	6,4	26,153	0,089	1,483	0,066	1,100	739,8	7,241	102,168	0,175

Lampiran 6.5 Data hasil pengujian pada sudut sudu $\beta = 80^\circ$

Putaran (<i>r.p.m</i>)	posisi	T (°C)	v masuk (m/s)	P masuk (Pa)	ρ (kg/m ³)	v keluar (m/s)	P keluar (Pa)	Q masuk (m ³ /s)	Q masuk (liter/menit)	Q keluar (m ³ /s)	Q keluar (liter/menit)	P (Watt)	I (Amp)	V (volt)	η (%)
400	bawah	29,9	2,0	2,654	1,327	4,4	13,038	0,055	0,917	0,045	0,750	587,0	6,428	91,324	0,080
	tengah	29,5	2,0	2,625	1,313	4,8	15,120	0,055	0,917	0,049	0,817	641,8	6,971	92,072	0,095
	atas	29,1	2,0	2,589	1,294	3,8	9,345	0,055	0,917	0,042	0,700	589,8	6,472	91,131	0,048
500	bawah	28,9	2,5	4,013	1,284	5,3	17,814	0,069	1,150	0,054	0,900	638,2	6,698	95,287	0,117
	tengah	29,0	2,5	4,028	1,289	5,9	22,686	0,069	1,150	0,061	1,017	716,3	7,312	97,953	0,159
	atas	28,6	2,5	3,967	1,269	4,8	14,424	0,069	1,150	0,049	0,817	644,7	6,789	94,972	0,079
600	bawah	28,7	2,7	4,642	1,274	6,3	25,538	0,075	1,250	0,065	1,083	718,6	7,127	100,828	0,189
	tengah	28,7	2,7	4,654	1,277	7,0	31,285	0,075	1,250	0,072	1,200	716,5	7,292	98,254	0,268
	atas	29,7	2,7	4,803	1,318	5,7	21,161	0,075	1,250	0,058	0,967	694,2	6,837	101,536	0,137
700	bawah	28,2	3,0	5,647	1,255	7,4	34,356	0,083	1,383	0,076	1,267	702,9	6,887	102,062	0,310
	tengah	29,9	3,0	5,972	1,327	8,0	42,118	0,083	1,383	0,082	1,367	795,2	7,746	102,655	0,373
	atas	28,2	3,0	5,633	1,252	6,4	25,638	0,083	1,383	0,066	1,100	765,5	7,387	103,628	0,172

Lampiran 6.6 Data hasil pengujian pada putaran = 400 r.p.m

sudut sudu (°)	posisi	T (°C)	v masuk (m/s)	p masuk (Pa)	ρ (kg/m ³)	v keluar (m/s)	p keluar (Pa)	Q masuk (m ³ /s)	Q masuk (liter/menit)	Q keluar (m ³ /s)	Q keluar (liter/menit)	P (Watt)	I (Amp)	V (volt)	η (%)
42	bawah	25,2	1,3	0,945	1,119	4,1	9,401	0,036	0,600	0,042	0,700	623,1	6,636	93,902	0,057
	tengah	25,4	1,3	0,953	1,127	4,4	10,750	0,036	0,600	0,045	0,750	591,5	6,465	91,488	0,075
	atas	25,5	1,3	0,958	1,133	3,5	7,073	0,036	0,600	0,036	0,600	579,5	6,292	92,101	0,033
50	bawah	26,0	1,5	1,302	1,157	4,2	10,045	0,042	0,700	0,043	0,717	560,9	6,236	89,945	0,067
	tengah	26,0	1,5	1,300	1,156	4,4	11,186	0,042	0,700	0,045	0,750	503,4	6,114	82,331	0,088
	atas	25,2	1,5	1,262	1,121	3,5	6,999	0,042	0,700	0,036	0,600	610,9	6,614	92,374	0,034
60	bawah	28,6	1,8	2,062	1,273	4,2	11,224	0,050	0,833	0,043	0,717	535,3	6,200	86,339	0,074
	tengah	27,9	1,8	2,009	1,240	4,6	13,119	0,050	0,833	0,047	0,783	576,7	6,650	86,727	0,091
	atas	28,6	1,8	2,057	1,270	3,8	9,008	0,050	0,833	0,039	0,650	584,5	6,547	89,282	0,046
70	bawah	28,9	1,9	2,400	1,284	4,3	12,058	0,054	0,900	0,044	0,733	523,6	6,260	83,652	0,081
	tengah	29,4	1,9	2,441	1,307	4,7	14,636	0,054	0,900	0,048	0,800	607,0	6,582	92,221	0,096
	atas	29,0	1,9	2,411	1,290	3,8	9,316	0,054	0,900	0,040	0,667	564,4	6,304	89,531	0,049
80	bawah	29,9	2,0	2,654	1,327	4,4	13,038	0,055	0,917	0,045	0,750	587,0	6,428	91,324	0,080
	tengah	29,5	2,0	2,625	1,313	4,8	15,120	0,055	0,917	0,049	0,817	641,8	6,971	92,072	0,095
	atas	29,4	2,0	2,613	1,307	3,8	9,434	0,055	0,917	0,042	0,700	589,8	6,472	91,131	0,049

Lampiran 6.7 Data hasil pengujian pada putaran = 500 r.p.m

sudut sudu (°)	posisi	T (°C)	v masuk (m/s)	P masuk (Pa)	ρ (kg/m ³)	v keluar (m/s)	P keluar (Pa)	Q masuk (m ³ /s)	Q masuk (liter/menit)	Q keluar (m ³ /s)	Q keluar (liter/menit)	P (Watt)	I (Amp)	V (volt)	η (%)
42	bawah	25,3	2,0	2,249	1,124	5,1	14,623	0,055	0,917	0,051	0,850	612,6	6,236	98,236	0,103
	tengah	25,3	2,0	2,246	1,123	5,5	16,985	0,055	0,917	0,056	0,933	642,6	6,114	105,097	0,128
	atas	25,5	2,0	2,270	1,135	4,7	12,411	0,055	0,917	0,048	0,800	631,3	6,614	95,459	0,077
50	bawah	26,5	2,3	3,111	1,176	5,0	14,704	0,064	1,067	0,052	0,867	631,8	6,716	94,079	0,109
	tengah	26,5	2,3	3,115	1,178	5,6	18,468	0,064	1,067	0,057	0,950	628,1	6,679	94,036	0,139
	atas	26,0	2,3	3,053	1,154	4,7	12,927	0,064	1,067	0,048	0,800	644,4	6,975	92,387	0,074
60	bawah	27,8	2,2	2,994	1,237	5,2	16,513	0,061	1,017	0,053	0,883	642,4	6,734	95,396	0,112
	tengah	27,6	2,2	2,965	1,225	5,6	19,211	0,061	1,017	0,057	0,950	716,4	7,460	96,032	0,149
	atas	27,9	2,2	3,001	1,240	4,7	13,504	0,061	1,017	0,048	0,800	633,4	6,828	92,774	0,080
70	bawah	28,9	2,4	3,703	1,286	5,3	17,836	0,067	1,117	0,054	0,900	687,5	7,201	95,464	0,111
	tengah	29,8	2,4	3,810	1,323	5,8	22,252	0,067	1,117	0,059	0,983	611,6	6,708	91,179	0,178
	atas	29,5	2,4	3,772	1,310	4,8	15,087	0,067	1,117	0,049	0,817	652,3	6,964	93,672	0,085
80	bawah	28,9	2,5	4,013	1,284	5,3	17,814	0,069	1,150	0,054	0,900	638,2	6,698	95,287	0,117
	tengah	29,0	2,5	4,028	1,289	5,9	22,686	0,069	1,150	0,061	1,017	716,3	7,312	97,953	0,198
	atas	29,6	2,5	4,111	1,316	4,9	15,793	0,069	1,150	0,049	0,817	644,7	6,789	94,972	0,089

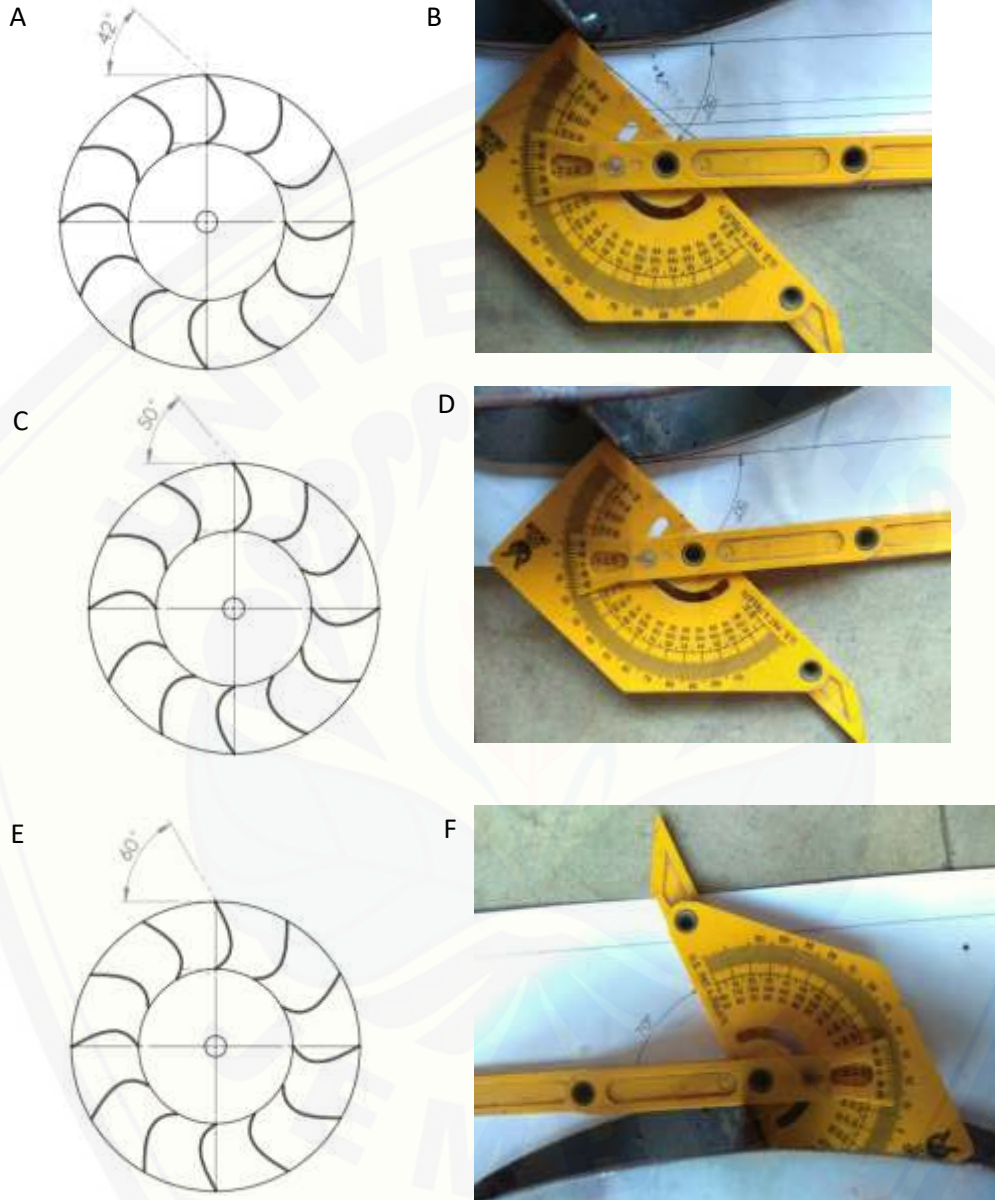
Lampiran 6.8 Data hasil pengujian pada putaran = 600 r.p.m

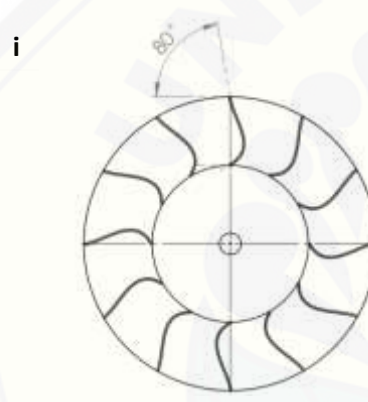
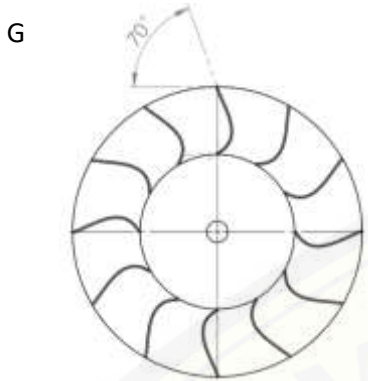
sudut sudu (°)	posisi	T (°C)	v masuk (m/s)	P masuk (Pa)	ρ (kg/m ³)	v keluar (m/s)	P keluar (Pa)	Q masuk (m ³ /s)	Q masuk (liter/menit)	Q keluar (m ³ /s)	Q keluar (liter/menit)	P (Watt)	I (Amp)	V (volt)	η (%)
42	bawah	25,5	2,4	3,268	1,135	5,8	19,087	0,067	1,117	0,059	0,983	665,2	6,642	100,156	0,134
	tengah	25,6	2,4	3,281	1,139	6,1	21,370	0,067	1,117	0,063	1,050	695,1	6,975	99,665	0,164
	atas	25,9	2,4	3,315	1,151	5,3	16,167	0,067	1,117	0,054	0,900	649,9	6,759	96,149	0,080
50	bawah	26,2	2,7	4,244	1,164	5,8	19,809	0,075	1,250	0,060	1,000	698,1	7,031	99,294	0,140
	tengah	26,2	2,7	4,250	1,166	6,3	22,896	0,075	1,250	0,064	1,067	634,1	6,642	95,473	0,188
	atas	26,4	2,7	4,277	1,173	5,3	16,275	0,075	1,250	0,054	0,900	700,5	7,094	98,745	0,092
60	bawah	25,2	2,7	4,082	1,120	6,1	20,613	0,075	1,250	0,062	1,033	709,9	7,054	100,647	0,144
	tengah	25,8	2,7	4,180	1,147	6,5	24,223	0,075	1,250	0,067	1,117	687,6	7,020	97,944	0,195
	atas	25,3	2,7	4,093	1,123	5,4	16,373	0,075	1,250	0,055	0,917	746,2	7,019	106,316	0,091
70	bawah	29,1	2,7	4,720	1,295	6,2	24,886	0,075	1,250	0,063	1,050	648,3	6,670	97,187	0,196
	tengah	28,9	2,7	4,687	1,286	6,7	28,862	0,075	1,250	0,069	1,150	758,9	7,518	100,953	0,220
	atas	29,1	2,7	4,714	1,293	5,6	20,279	0,075	1,250	0,057	0,950	695,7	7,016	99,159	0,128
80	bawah	28,7	2,7	4,642	1,274	6,3	25,538	0,075	1,250	0,065	1,083	718,6	7,127	100,828	0,200
	tengah	28,7	2,7	4,654	1,277	7,0	31,285	0,075	1,250	0,072	1,200	716,5	7,292	98,254	0,268
	atas	29,7	2,7	4,803	1,318	5,7	21,161	0,075	1,250	0,058	0,967	694,2	6,837	101,536	0,137

Lampiran 6.9 Data hasil pengujian pada putaran = 700 r.p.m

sudut sudu (°)	posisi	T (°C)	v masuk (m/s)	P masuk (Pa)	ρ (kg/m ³)	v keluar (m/s)	P keluar (Pa)	Q masuk (m ³ /s)	Q masuk (liter/menit)	Q keluar (m ³ /s)	Q keluar (liter/menit)	P (Watt)	I (Amp)	V (volt)	η (%)
42,148	bawah	25,6	2,9	4,791	1,139	6,6	25,061	0,080	1,333	0,068	1,133	657,5	6,468	101,654	0,180
	tengah	25,6	2,9	4,791	1,139	7,2	29,537	0,080	1,333	0,074	1,233	678,4	6,910	98,177	0,255
	atas	25,8	2,9	4,822	1,147	6,0	20,868	0,080	1,333	0,062	1,033	687,1	6,872	99,985	0,133
50	bawah	26,4	3,0	5,273	1,172	6,7	26,044	0,083	1,383	0,068	1,133	758,4	7,251	104,592	0,186
	tengah	26,5	3,0	5,293	1,176	7,3	31,627	0,083	1,383	0,075	1,250	759,2	7,676	98,897	0,260
	atas	26,5	3,0	5,300	1,178	5,9	20,729	0,083	1,383	0,061	1,017	683,8	7,275	93,998	0,138
60	bawah	25,5	3,2	5,795	1,132	6,7	25,656	0,089	1,483	0,069	1,150	712,2	7,318	97,317	0,192
	tengah	26,4	3,2	6,000	1,172	7,5	33,249	0,089	1,483	0,077	1,283	753,4	7,427	101,441	0,279
	atas	25,8	3,2	5,871	1,147	6,2	22,274	0,089	1,483	0,064	1,067	740,1	7,252	102,05	0,142
70	bawah	29,4	3,2	6,683	1,305	7,2	33,521	0,089	1,483	0,073	1,217	734,8	7,117	103,246	0,267
	tengah	28,9	3,2	6,584	1,286	7,7	38,121	0,089	1,483	0,079	1,317	758,6	7,578	100,101	0,328
	atas	28,7	3,2	6,538	1,277	6,4	26,153	0,089	1,483	0,066	1,100	739,8	7,241	102,168	0,175
80	bawah	28,2	3,0	5,647	1,255	7,4	34,356	0,083	1,383	0,076	1,267	702,9	6,887	102,062	0,310
	tengah	29,9	3,0	5,972	1,327	8,0	42,118	0,083	1,383	0,082	1,367	795,2	7,746	102,655	0,373
	atas	28,2	3,0	5,633	1,252	6,4	27,200	0,083	1,383	0,066	1,100	765,5	7,387	103,628	0,186

Lampiran 6.10 Perbandingan sudut sudu rancang dan aktual





Keterangan :

A : sudut 42° desain

E : sudut 60° desain

I : sudut 80° desain

B : sudut 42° aktual

F : sudut 60° aktual

J : sudut 80° aktual

C : sudut 50° desain

G : sudut 70° desain

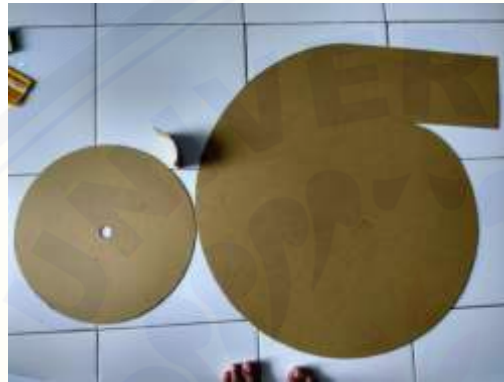
D : sudut 50° aktual

H : sudut 70° aktual

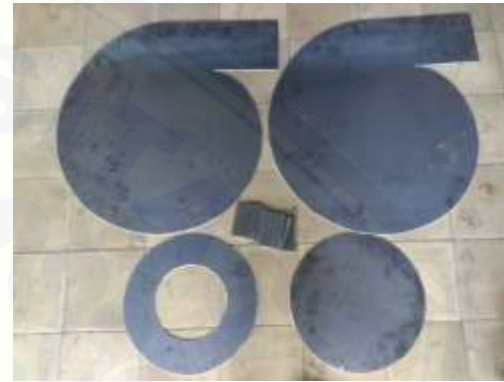
Lampiran 6.11 Gambar proses pembuatan blower sentrifugal 1



A



B



C



Keterangan : D



E



F

A : *Print* desain blower

C : Hasil pemotongan besi dari desain blower E : Proses setelah pembendingan sudu

B : Proses mal ke kertas karton D : Proses sebelum pembendingan sudu

F : Proses mal sudu setelah dibending

Lampiran 6.12 Gambar proses pembuatan blower sentrifugal 2



A

B

C



D

E

F

Keterangan :

A : Hasil sudu setelah di las

C : *Impeller* yang sudah di las E : *Volute* setelah di dempul

B : *Impeller* beserta penutupnya

D : *Volute* setelah di las

F : *Volute* beserta penutupnya

Lampiran 6.13 Gambar proses pembuatan blower sentrifugal 3



A



B



C



D



E



F

Keterangan :

A : Mekanisme transmisi ke *impeller* C : *Wind tunnel*

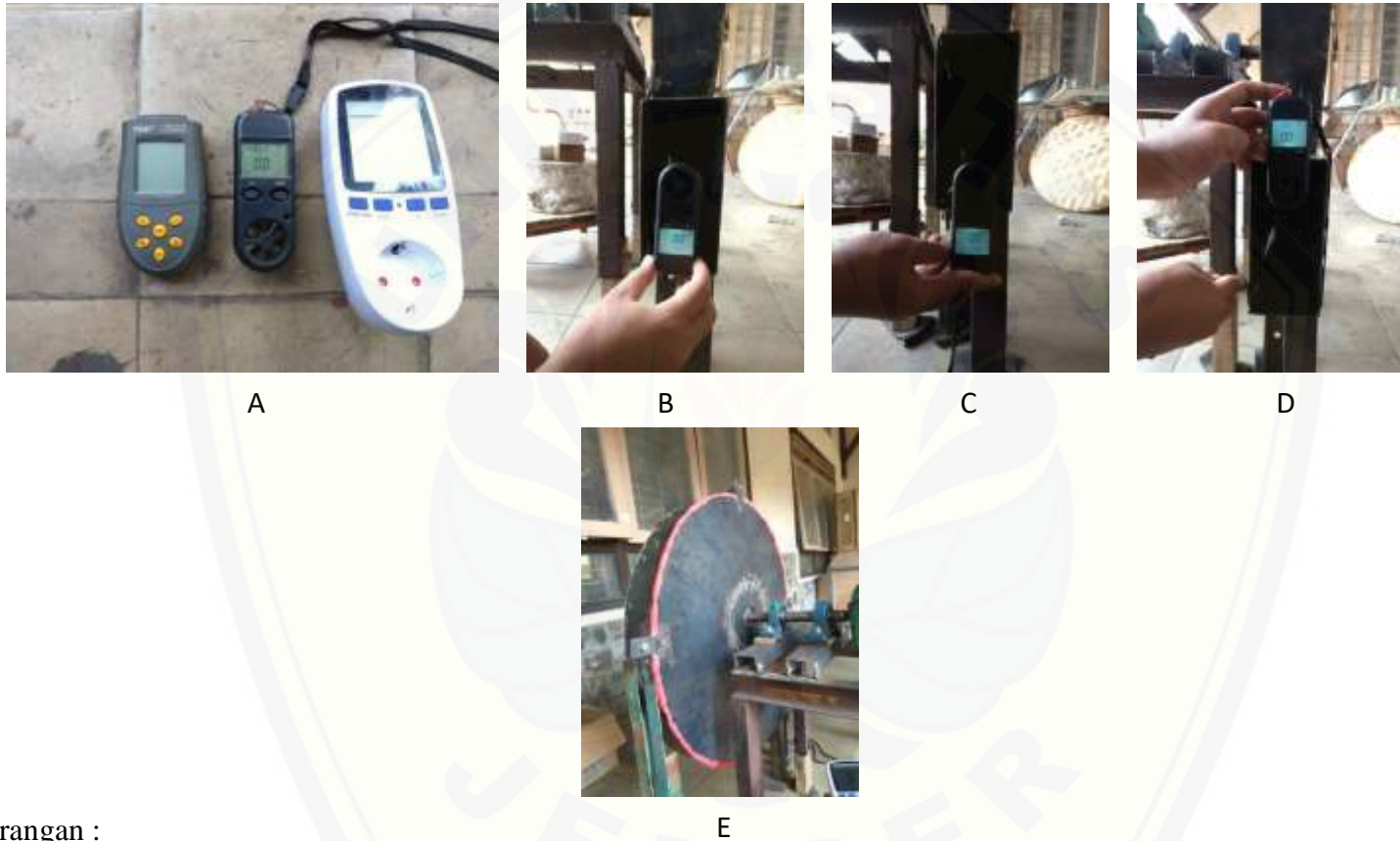
E : Mekanisme pemasangan blower 2

B : Mekanisme transmisi

D : Mekanisme pemasangan blower 1

F : Mekanisme pemasangan wattmeter

Lampiran 6.14 Gambar proses pembuatan blower sentrifugal`4



Keterangan :

A : Tachometer, anemometer, wattmeter

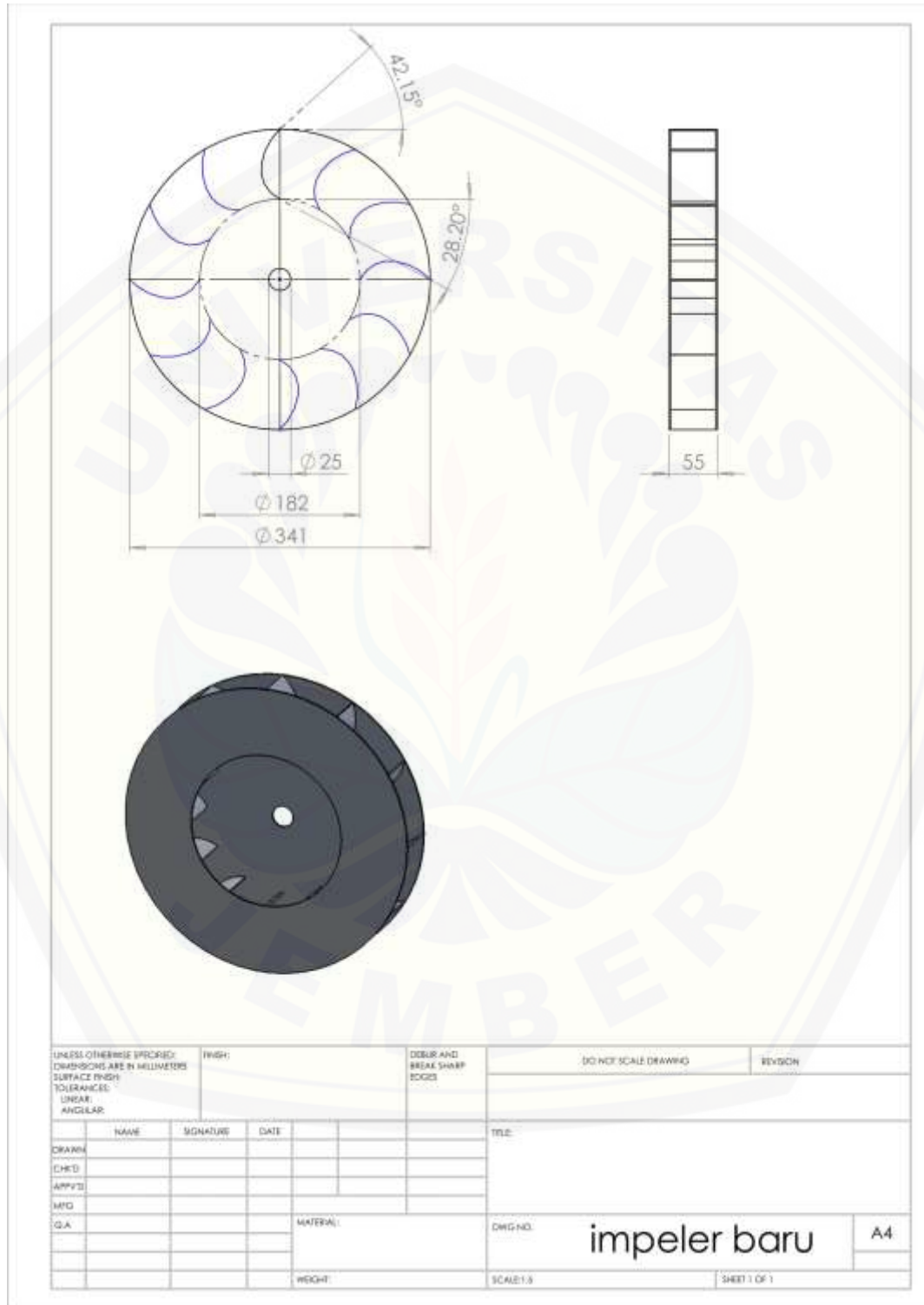
C : Pengambilan data posisi bawah

E : Pemasangan *plasticine*

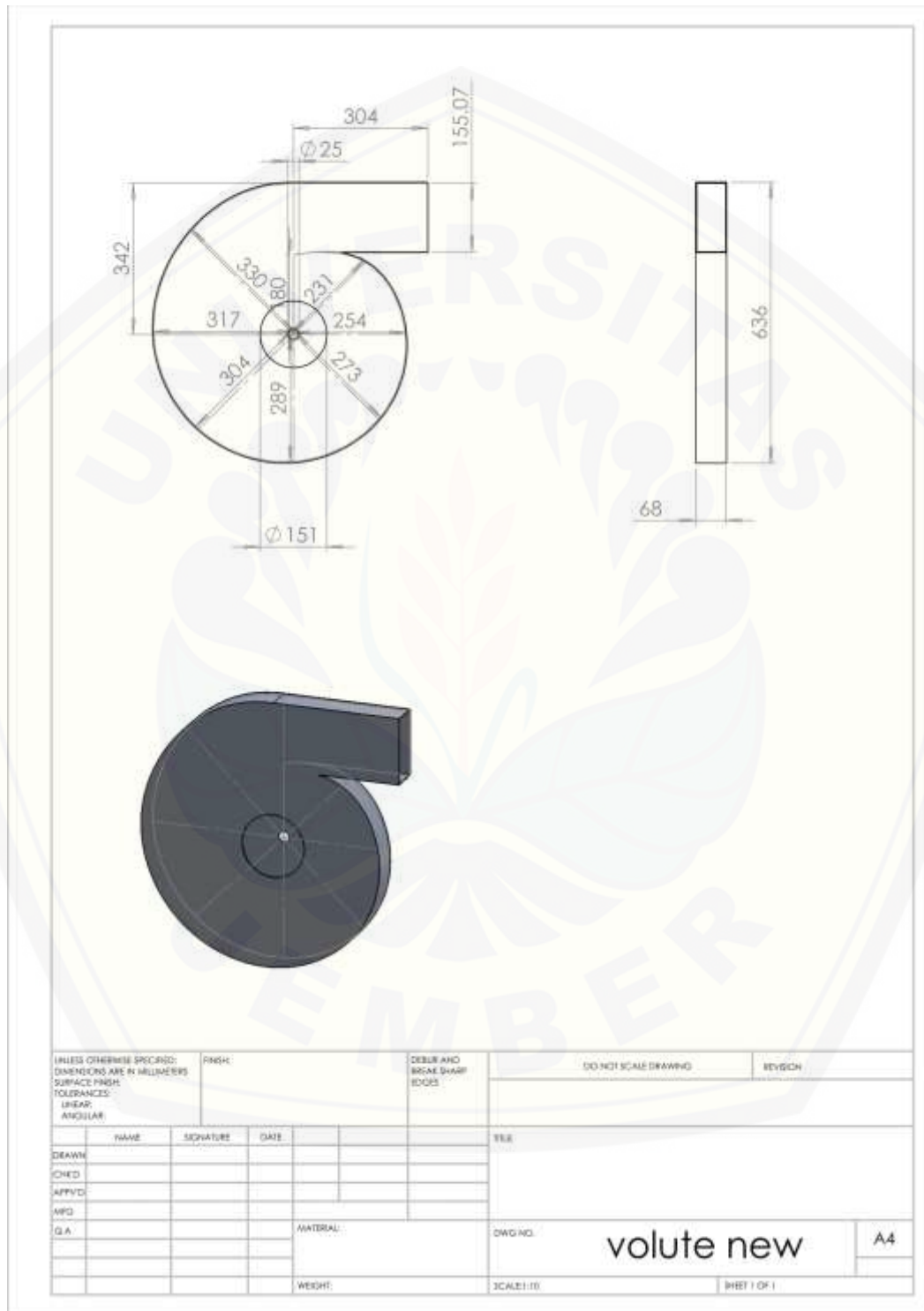
B : Pengambilan data posisi tengah

D : Pengambilan data posisi atas

Lampiran 6.15 Desain *impeller*



Lampiran 6.16 Desain *volute*



Lampiran 6.17 Tabel kenaikan pada masing-masing sudut sudu**Sudut sudu 42 °**

Putaran (<i>r.p.m</i>)	Tekanan (Pa)	Kenaikan (%)	Debit (liter/menit)	kenaikan (%)	Efisiensi (%)	kenaikan (%)
400	10,750		0,750		0,075	
		58		24		72
500	16,985		0,933		0,128	
		26		13		28
600	21,370		1,050		0,164	
		38		17		65
700	29,537		1,233		0,270	

Sudut sudu 50 °

Putaran (<i>r.p.m</i>)	Tekanan (Pa)	kenaikan (%)	Debit (liter/menit)	kenaikan (%)	Efisiensi (%)	kenaikan (%)
400	11,186		0,750		0,088	
		65		27		58
500	18,468		0,950		0,139	
		24		12		35
600	22,896		1,067		0,188	
		38		17		38
700	31,627		1,250		0,260	

Sudut sudu 60 °

Putaran (<i>r.p.m</i>)	Tekanan (Pa)	kenaikan (%)	Debit (liter/menit)	Kenaikan (%)	Efisiensi (%)	Kenaikan (%)
400	13,119		0,783		0,091	
		46		21		43
500	19,211		0,950		0,129	
		26		18		51
600	24,223		1,117		0,195	
		37		15		43
700	33,249		1,283		0,279	

Sudut sudu 70 °

Putaran (<i>r.p.m</i>)	Tekanan (Pa)	Kenaikan (%)	Debit (liter/menit)	Kenaikan (%)	Efisiensi (%)	Kenaikan (%)
400	14,636		0,800		0,096	
		52		23		84
500	22,252		0,983		0,178	
		30		17		24
600	28,862		1,150		0,220	
		32		14		49
700	38,121		1,317		0,328	

Sudut sudu 80 °

Putaran (<i>r.p.m</i>)	Tekanan (Pa)	Kenaikan (%)	Debit (liter/menit)	Kenaikan (%)	Efisiensi (%)	Kenaikan (%)
400	15,120		0,817		0,095	
		50		24		67
500	22,686		1,017		0,159	
		38		18		68
600	31,285		1,200		0,268	
		35		14		39
700	42,118		1,367		0,373	

Lampiran 6.18 Tabel kenaikan pada masing-masing putaran*Putaran 400 r.p.m*

sudut sudu (°)	Tekanan (Pa)	Kenaikan (%)	Debit (liter/menit)	Kenaikan (%)	Efisiensi (%)	Kenaikan (%)
42	10,750		0,750		0,075	
		4		0		19
50	11,186		0,750		0,088	
		17		4		2
60	13,119		0,783		0,091	
		12		2		7
70	14,636		0,800		0,096	
		3		2		-1
80	15,120		0,817		0,095	

Putaran 500 r.p.m

sudut sudu (°)	Tekanan (Pa)	Kenaikan (%)	Debit (liter/menit)	Kenaikan (%)	Efisiensi (%)	Kenaikan (%)
42	16,985		0,933		0,128	
		9		2		8
50	18,468		0,950		0,139	
		4		0		7
60	19,211		0,950		0,149	
		16		4		19
70	22,252		0,983		0,178	
		2		3		11
80	22,686		1,017		0,198	

Putaran 600 *r.p.m*

sudut sudu (°)	Tekanan (Pa)	Kenaikan (%)	Debit (liter/menit)	Kenaikan (%)	Efisiensi (%)	Kenaikan (%)
42	21,370		1,050		0,164	
		7		2		15
50	22,896		1,067		0,188	
		6		5		4
60	24,223		1,117		0,195	
		19		3		13
70	28,862		1,150		0,220	
		8		4		22
80	31,285		1,200		0,268	

Putaran 700 *r.p.m*

sudut sudu (°)	Tekanan (Pa)	Kenaikan (%)	Debit (liter/menit)	Kenaikan (%)	Efisiensi (%)	Kenaikan (%)
42	29,537		1,233		0,255	
		7		1		2
50	31,627		1,250		0,260	
		5		3		7
60	33,249		1,283		0,279	
		15		3		18
70	38,121		1,317		0,328	
		10		4		13
80	42,118		1,367		0,373	

Lampiran 6.19 Perhitungan daya pada sudut sudu 60 ° dan putaran 700 r.p.m

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

$$\begin{aligned} A &= p \times l \\ &= 300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm} \\ &= 90000 \text{ mm}^2 \\ &= 0,09 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$v = 4 \text{ m/s (ditentukan)}$$

$$\begin{aligned} Q &= v \times A \\ &= 4 \text{ m/s} \times 0,09 \text{ m}^2 \\ &= 0,36 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\Delta p = 2000 \text{ N/m}^2 \text{ (ditentukan)}$$

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

1) Menentukan p udara

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

Dimana :

- p = tekanan (N/m²)
- ρ = rho udara (kg/m³)
- R = 287 N/kg (tetapan)
- T = suhu 29,9 °C / 302,9 °K

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

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

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

$$P = \frac{104000 \text{ N/m}^2}{287 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \times 302,9 \text{ °K}} \dots\dots\dots (3)$$

$$= 1,196 \text{ kg/m}^3$$

2) Mencari head total

Head total (H) dicari dengan persamaan sebagai berikut :

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

$$= \frac{2000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{1,196 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$= 170,415 \text{ m}$$

3) Mencari putaran spesifik

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

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

$$= 1450 \text{ r.p.m} \frac{\sqrt{0,36 \text{ m}^2}}{170,415^{3/4}}$$

$$= 18,445 \text{ r.p.m}$$

4) Mencari diameter luar *impeller*

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

$$\begin{aligned}
 y &= g \times H \dots\dots\dots (6) \\
 &= 9,8 \text{ m/s}^2 \times 1670,415 \text{ m} \\
 &= 1671,775 \text{ J/kg}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 D2 &= \frac{s}{\frac{\sqrt[4]{2y}}{Q} \times \sqrt{\pi}/2} \dots\dots\dots (7) \\
 &= \frac{4,8}{\frac{\sqrt[4]{2 \times 1671,775 \text{ J/kg}}}{0,36 \text{ m}^3/\text{s}} \times \sqrt{3,14}/2} \text{ m} \\
 &= 0,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

5) Mencari kecepatan keliling

Kecepatan keliling (u2) dapat dicari menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 U2 &= \frac{\pi \times D2 \times n}{60} \dots\dots\dots (8) \\
 &= \frac{3,14 \times 0,3 \text{ m} \times 1450 \text{ rpm}}{60} \\
 &= 22,766 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

6) Mencari luasan (A3)

C suction (Cs) ditetapkan sebesar 20 m/s. Luasan (A3) dapat dicari menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 A3 &= \frac{Q}{Cs} \dots\dots\dots (9) \\
 &= \frac{0,36 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{20 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \\
 &= 0,018 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

7) Mencari diameter dalam *impeller*

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

$$D1 = \sqrt{\frac{4 \times A3}{\pi}} \dots\dots\dots (10)$$

$$= \sqrt{\frac{4 \times 0,018 \text{ m}^2}{3,14}}$$

$$= 0,151 \text{ m}$$

8) Mencari kecepatan keliling

Kecepatan keliling (u_1) dapat dicari menggunakan persamaan berikut :

$$U_1 = \frac{\pi \times D_1 \times n}{60} \dots\dots\dots (11)$$

$$= \frac{3,14 \times 0,018 \times 1450}{60}$$

$$= 11,491 \text{ m/s}$$

9) Mencari sudut β

Sudut β dapat dicari menggunakan persamaan berikut :

$$\beta = \frac{C_s}{u_1} \dots\dots\dots (12)$$

$$= \frac{20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{11,491 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$= 1,741$$

$$\text{Arc Tan } 1,741 = 60,121^\circ$$

10) Mencari kecepatan sepanjang sudu (w_1)

Kecepatan sepanjang sudu (w_1) dapat dicari menggunakan persamaan :

$$w_1 = \frac{u_1}{\cos 48} \dots\dots\dots (13)$$

$$= \frac{11,491}{1,741}$$

$$= 23,066 \text{ m/s}$$

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

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

$$C_{2U} = \frac{H \times g}{\sin \beta \times U_2} \dots\dots\dots (14)$$

$$= \frac{170,415 \text{ m} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1,741 \times 22,766 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$= 84,691 \text{ m/s}$$

12) Mencari tebal sudu

Tebal sudu (b_1) dapat dicari menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned}
 b_1 &= \frac{Q}{\pi \times D_1 \times C_s} \dots\dots\dots (15) \\
 &= \frac{0,36 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{3,14 \times 0,151 \text{ m} \times 20} \\
 &= 0,038 \text{ m}
 \end{aligned}$$

13) Mencari c_{2m}

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

$$\begin{aligned}
 C_{2m} &= \frac{Q}{A_3} \dots\dots\dots (16) \\
 &= \frac{0,036 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,018 \text{ m}^2} \\
 &= 11,216 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

14) Mencari $\tan \alpha$

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

$$\begin{aligned}
 \tan \alpha &= \frac{c_{2m}}{U_1} \dots\dots\dots (17) \\
 &= \frac{11,216 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{11,491 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \\
 &= 0,976
 \end{aligned}$$

$$\text{Arc tan } \alpha = 44,308^\circ$$

15) Mencari daya (P)

Daya (P) dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P &= Q \times \Delta p \dots\dots\dots (17) \\
 &= 0,36 \times 2000 \\
 &= 720 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Dimana :

$$P = \text{daya (watt)}$$

Q = debit m^3/s

Δp = tekanan rancang (Pa)

