

REKONDISI PERALATAN PENGUJIAN FAN



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
guna memperoleh Gelar Diploma III
pada Politeknik Negeri Ujung Pandang

Oleh :

DISYON VERIKS
RICHARD P
(05 35 021)

JEFRI
(05 35 024)

**PROGRAM STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2009**

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul **“REKONDISI PERALATAN PENGUJIAN FAN”** oleh :

1. **Disyon Veriks** (05 35 021)
2. **Jefri Richard P** (05 35 024)

telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar diploma III pada Program Studi Teknik Konversi Energi dan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 6 Mei 2009

Mengesahkan,

Pembimbing I



Ir. H. Chandra Buana, MT
NIP : 131 964 666

Pembimbing II



Muh. Yusuf Yunus, S.ST
NIP : 132 310 248

Mengetahui :

a.n. Direktur
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Muh. Tekad, ST, MT
NIP : 131 884 322

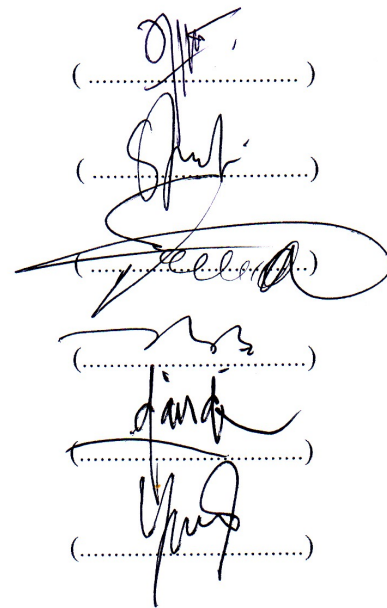
PENERIMAAN PANITIA UJIAN

Pada hari ini, hari **Rabu Tanggal 6 Maret 2009**, Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir, telah menerima dengan baik hasil Tugas Akhir Mahasiswa: **Disyon Veriks/0535021 dan Jefri Richard P/0535024** dengan judul **Rekondisi Peralatan Pengujian Fan.**

Makassar, 6 Maret 2009

Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir :

- | | |
|-----------------------------|---------------|
| 1. Jamal, ST. MT | Ketua |
| 2. Sri Suwasti, S.ST, MT | Sekretaris |
| 3. Sonong, ST. MT | Anggota |
| 4. Muhammad Nuzul, ST. MT | Anggota |
| 5. Ir. H. Chandra Buana, MT | Pembimbing I |
| 6. Muhammad Yusuf, S.ST | Pembimbing II |



(.....)

(.....)

(.....)

(.....)

(.....)

(.....)

KATA PENGANTAR

Segala Puji syukur dan Kemuliaan hanya kepada Tuhan Yesus Kristus karena kasih setia dan penyertaannya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir ini dengan baik.

Proyek Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak. Sehubungan dengan itu, melalui tulisan ini penulis menyampaikan terima kasih banyak kepada :

1. Orang tua dan saudara-saudara beserta seluruh keluarga kami yang juga sangat mendukung, baik itu dukungan moril maupun materil yang sangat berguna bagi penulis
2. Bapak Dr. Pirman, Msi. sebagai Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Muh. Tekad, S.T., M.T. sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak Jamal, S.T., M.T. sebagai Ketua Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Bapak Ir. H. Chandra Buana, MT sebagai pembimbing I dan Bapak Muh. Yusuf Yunus, S.ST sebagai pembimbing II terima kasih banyak untuk setiap bimbingan, masukan, dorongan serta motivasinya selama penulis mengerjakan Proyek Akhir ini.
6. Bapak/Ibu dosen pengasuh yang telah dengan setia dan tanpa kenal lelah mendidik dan mengarahkan kami selama kami kuliah. Seluruh Staf dan Teknisi yang telah banyak membantu dan menuntun penulis selama

mengerjakan Proyek Akhir.

7. Saudara-saudaraku di PKKPN-UP yang penulis tidak dapat sebutkan namanya satu persatu yang senantiasa setia mendoakan. KTB Jechonia (K' Reyms, Abdi, Nopri, Jefry, Yakob, Alex).
8. Untuk Maichel dan Leman Thanks buat laptopnya dan printernya tanpa kalian tugas akhir ini tidak akan selesai pada saat ini.
9. Teman seperjuangan mengerjakan Proyek Akhir ”Samri dan Alex, kami sudah bisa Brother
10. Sahabatku DD 3162 EA dan DD 2570 UF yang selalu setia menemani selama studiku sampai akhirnya bisa menyelesaikan Proyek Akhir ini.
11. Special thanks buat ”Sari Ristianti, A.md” yang telah memberikan kasihnya yang tulus and thanks for your support.
12. Teman-teman HMM dan NEUTRON 05 yang senantiasa Solidarity Forever, Strong.....!

Harapan penulis semoga laporan Proyek Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan penulis sendiri, sehingga dapat menambah wawasan insan Politeknik Negeri Ujung Pandang pada umumnya dan untuk kemajuan Program Studi Teknik Konversi Energi pada khususnya.

IMANUEL

Makassar, Mei 2009

Penulis

J/D

DAFTAR ISI

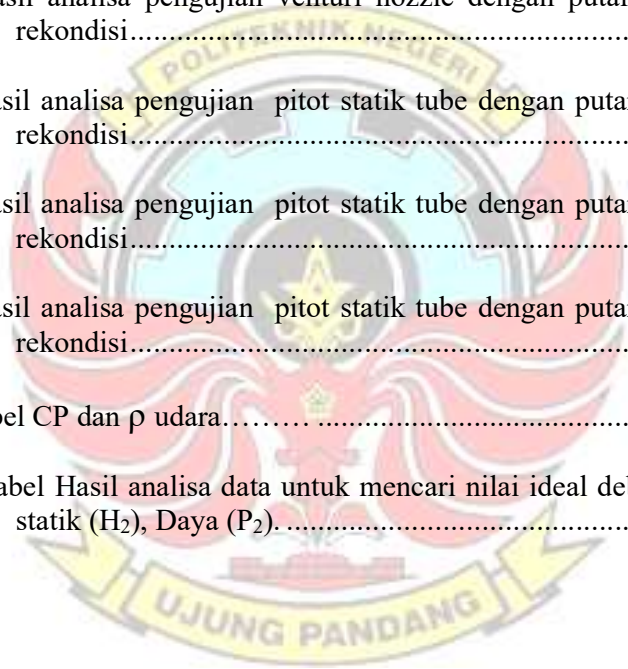
	Halaman
Lembar Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Lembar Penerimaan Panitia Ujian	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	vi
Daftar Tabel	viii
Daftar Gambar	x
Daftar Lampiran	xii
Abstrak	xiii
BAB I Pendahuluan	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
BAB II Tinjauan Pustaka	4
A. Klasifikasi.....	4
B. Pengertian dan Klasifikasi Fan	4
C. Fan Pengujian Pada Laboratorium.....	11
D. Bagian-Bagian yang Terdapat Pada Fan.....	14

E. Persamaan-persamaan untuk Karakteristik Fan.....	17
F. Perawatan Fan	29
G. Gangguan Pada Fan dan Cara Mengatasinya.....	31
BAB III Metode Rekondisi	33
A. Alat dan Bahan	33
B. Prosedur Rekondisi	34
C. Diagram Alir Proses Rekondisi	36
D. Metode Rekondisi	37
E. Metode Pengambilan Data	49
BAB IV Analisa dan Pembahasan	54
A. Analisa Hasil Pengamatan.....	54
B. Pembahasan	74
BAB V Kesimpulan dan Saran	80
A. Kesimpulan	80
B. Saran	80
Daftar Pustaka	81
Lampiran	82

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Data pengujian venturi nozzle dengan putaran 2000 sebelum rekondisi	83
Tabel 2. Data pengujian venturi nozzle dengan putaran 2500 sebelum rekondisi	83
Tabel 3. Data pengujian venturi nozzle dengan putaran 3000 sebelum rekondisi	84
Tabel 4. Data pengujian pitot statik tube dengan putaran 2000 sebelum rekondisi.....	84
Tabel 5. Data pengujian pitot statik tube dengan putaran 2500 sebelum rekondisi.....	85
Tabel 6. Data pengujian pitot statik tube dengan putaran 3000 sebelum rekondisi.....	85
Tabel 7. Hasil analisa pengujian venturi nozzle dengan putaran 2000 sebelum rekondisi	86
Tabel 8. Hasil analisa pengujian venturi nozzle dengan putaran 2500 sebelum rekondisi.....	87
Tabel 9. Hasil analisa pengujian venturi nozzle dengan putaran 3000 sebelum rekondisi.....	88
Tabel 10. Hasil analisa pengujian pitot statik tube dengan putaran 2000 sebelum rekondisi.....	89
Tabel 11. Hasil analisa pengujian pitot statik tube dengan putaran 2500 sebelum rekondisi.....	90
Tabel 12. Hasil analisa pengujian pitot statik tube dengan putaran 3000 sebelum rekondisi.....	91
Tabel 13. Data pengujian venturi nozzle untuk putaran 2000 setelah rekondisi	92
Tabel 14. Data pengujian venturi nozzle dengan putaran 2500 setelah rekondisi	92
Tabel 15. Data pengujian venturi nozzle dengan putaran 3000 setelah rekondisi	93
Tabel 16. Data pengujian pitot statik tube dengan putaran 2000 setelah rekondisi.....	93

Tabel 17. Data pengujian pitot statik tube dengan putaran 2500 setelah rekondisi.....	94
Tabel 18. Data pengujian pitot statik tube dengan putaran 3000 setelah rekondisi.....	94
Tabel 19. Hasil analisa pengujian venturi nozzle dengan putaran 2000 setelah rekondisi.....	95
Tabel 20. Hasil analisa pengujian venturi nozzle dengan putaran 2500 setelah rekondisi.....	96
Tabel 21. Hasil analisa pengujian venturi nozzle dengan putaran 3000 setelah rekondisi.....	97
Tabel 22. Hasil analisa pengujian pitot statik tube dengan putaran 2000 setelah rekondisi.....	98
Tabel 23. Hasil analisa pengujian pitot statik tube dengan putaran 2500 setelah rekondisi.....	99
Tabel 24. Hasil analisa pengujian pitot statik tube dengan putaran 3000 setelah rekondisi.....	100
Tabel 25. Tabel CP dan ρ udara.....	116
Tabel 25. Tabel Hasil analisa data untuk mencari nilai ideal debit (Q_2), tekanan statik (H_2), Daya (P_2).	119



DAFTAR GAMBAR

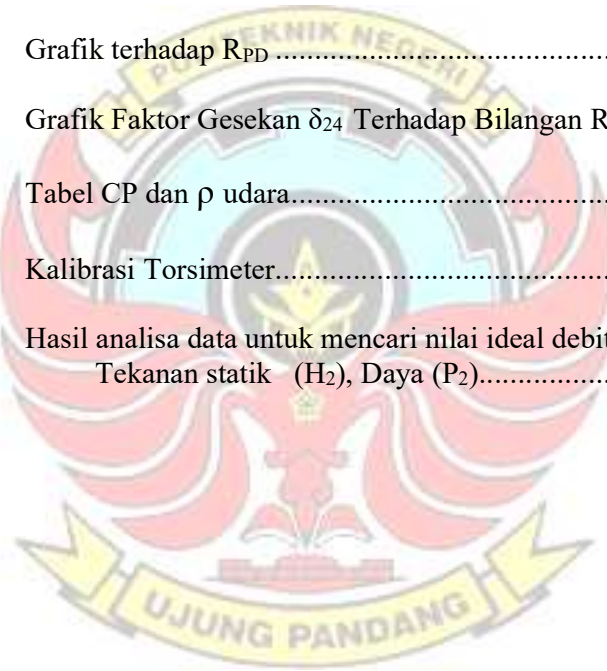
	Halaman
Gambar 2.1 Fan radial.....	6
Gambar 2.2 Karakteristik fan radial.....	7
Gambar 2.3 Instalasi pengujian dengan pitot statik tube dan venturi nozzle.....	11
Gambar 2.4 Kurva karakteristik fan.....	13
Gambar 2.5 Instalasi pengujian fan dengan venturi nozel	17
Gambar 2.6 Instalasi pengujian fan dengan pitot statik tube	21
Gambar 2.7 Pengukuran Tekanan statik dan stagnasi	23
Gambar 2.8 Skematik dari pitot statik tube.....	24
Gambar 2.9 Pengaruh perubahan ukuran dan kelajuan pada penampilan Pompa-pompa homolog: a. Perubahan 20% dalam kecepatan, dengan ukuran tetap; (b) perubahan 20 % dalam ukuran, dalam kelajuan yang tetap.....	28
Gambar 3.1 Diagram alir kegiatan rekondisi peralatan pengujian fan	36
Gambar 3.2 Selang.....	39
Gambar 3.3 Manometer	39
Gambar 3.4 Stan kaki.....	40
Gambar 3.5 Saluran uji	41
Gambar 3.6 Tabung manometer	42
Gambar 3.7 Selang.....	44
Gambar 3.8 Manometer tampak dari belakang	45
Gambar 3.9 Stan kaki.....	45
Gambar 3.10 Saluran uji	46

Gambar 3.11	Pipa pitot	47
Gambar 3.12	Seal saluran.....	47
Gambar 3.13	Baut dan pengait	48
Gambar 3.14	Pitot statik tube	49



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1	Data dan analisa fan sebelum rekondisi 83
Lampiran 2	Data dan analisa fan setelah rekondisi 92
Lampiran 3	Karakteristik fan Sebelum dan setelah rekondisi..... 101
Lampiran 4	Karakteristik Fan untuk Pengujian Venturi Nozzle Pada Manual Book..... 113
Lampiran 5	Grafik terhadap R_{PD} 114
Lampiran 6	Grafik Faktor Gesekan δ_{24} Terhadap Bilangan Reynold 115
Lampiran 7	Tabel CP dan ρ udara..... 116
Lampiran 8	Kalibrasi Torsimeter..... 117
Lampiran 9	Hasil analisa data untuk mencari nilai ideal debit (Q_2), Tekanan statik (H_2), Daya (P_2)..... 119



ABSTRAK

Disyon Veriks dan Jefri Richard P. *Rekondisi Peralatan Pengujian Fan*.
H. Chandra Buana dan Muh. Yusuf Yunus.

Rekondisi fan test dilakukan karena operasional peralatan ini sudah tidak optimal pada saat digunakan, hal ini sudah berlangsung beberapa tahun. Untuk itu harus dilakukan perbaikan peralatan pengujian fan, untuk dapat melakukan pengukuran laju aliran udara dengan menggunakan venturi nozzle dan pipa statik pitot, serta menggambarkan kurva karakteristik hasil pengujian peralatan fan.

Sebelum melakukan rekondisi, dilakukan pengecekan awal, untuk mengetahui komponen-komponen apa yang rusak. Pada rekondisi ini dilakukan perbaikan pada saluran uji, seal saluran, kaki peyangga, manometer, selang, pitot tube, indikator panel. Setelah dilakukan rekondisi maka dilakukan pengujian kembali peralatan.

Hasil pengujian peralatan menunjukkan bahwa peralatan pengujian fan dapat digunakan kembali secara optimal dan kurva karakteristik yang diperoleh menghasilkan hasil yang menyamai kurva karakteristik fan pada saat pengetesan peralatan fan oleh pihak pembuat peralatan.



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Politeknik Negeri Ujung Pandang berdiri pada tahun 1987, sejak awal berdirinya terdapat Jurusan Teknik Energi, lalu jurusan ini digabung dengan Jurusan Teknik Mesin dengan dua program studi yaitu Program Studi Teknik Konversi Energi dan Program Studi Teknik Mesin. Pada Program Studi Teknik Konversi Energi mempunyai beberapa laboratorium yang harus dalam keadaan baik, walaupun pada saat itu sedang tidak digunakan, karena saat semua peralatan berfungsi dengan baik, dapat menunjang dan meningkatkan aktifitas serta kualitas mahasiswa saat melaksanakan praktikum. Pada Laboratorium Konversi Energi khususnya pada praktikum sistem energi digunakan peralatan pengujian fan, dimana operasional peralatan ini sudah tidak optimal. Hal tersebut diakibatkan oleh banyaknya kebocoran pada saluran uji, pengukuran torsi pada motor yang tidak akurat, pengukuran laju aliran dan tekanan yang tidak optimal, serta faktor usia peralatan yang telah berumur ± 20 tahun. Berdasarkan kondisi tersebut di atas maka kami memandang perlu untuk melakukan Rekondisi Peralatan Pengujian Fan sekaligus sebagai judul proyek akhir kami.

Dengan hasil rekondisi ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam meningkatkan kualitas dan efisiensi dari peralatan pengujian fan pada

Laboratorium Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang
khususnya Laboratorium Sistem Energi.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan hasil observasi peralatan fan dapat dirangkum beberapa hal :

1. Ditemukan kerusakan pada :

a. Komponen utama :

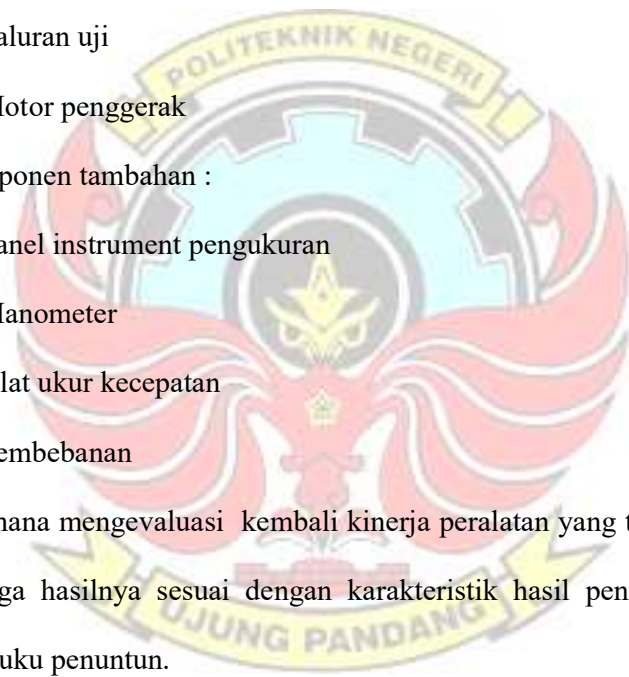
- 1). Saluran uji
- 2). Motor penggerak

b. Komponen tambahan :

- 1). Panel instrument pengukuran
- 2). Manometer
- 3). Alat ukur kecepatan
- 4). Pembebanan

2. Bagaimana mengevaluasi kembali kinerja peralatan yang telah direkondisi, sehingga hasilnya sesuai dengan karakteristik hasil pengujian yang ada pada buku penuntun.

3. Bagaimana membuat hasil evaluasi dari kinerja peralatan yang telah direkondisi.

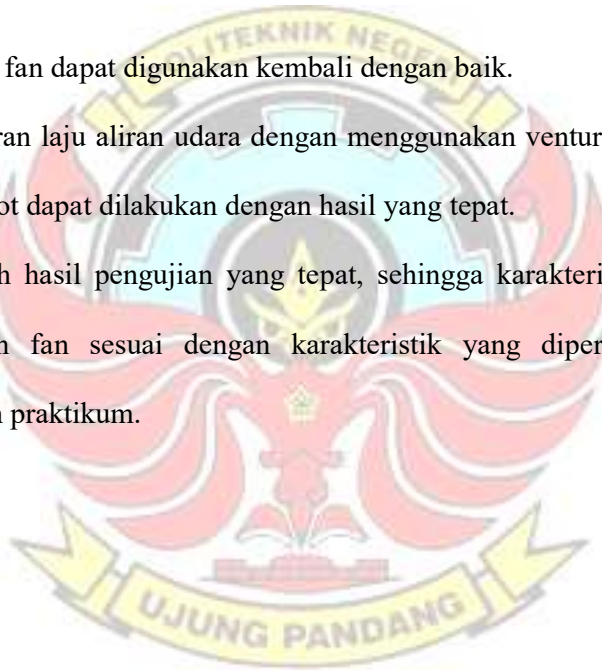


C. Tujuan Penelitian

1. Melakukan perbaikan pada peralatan pengujian fan
2. Melakukan pengukuran laju aliran udara dengan menggunakan venturi nozzle dan pipa statik pitot.
3. Menggambarkan karakteristik hasil pengujian peralatan fan

D. Manfaat Penelitian

1. Peralatan fan dapat digunakan kembali dengan baik.
2. Pengukuran laju aliran udara dengan menggunakan venturi nozzle dan pipa statik pitot dapat dilakukan dengan hasil yang tepat.
3. Diperoleh hasil pengujian yang tepat, sehingga karakteristik hasil analisa pengujian fan sesuai dengan karakteristik yang diperoleh pada buku penuntun praktikum.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Klasikasi

Mesin- mesin pemampat udara secara sentrifugal dapat dibedakan atas :

1. Fan (Ventilator) untuk tekanan yang rendah
2. Blower untuk penghembus udara pada tanur tinggi dan konstruksi-konstruksi yang sejenis pada teknik proses yang umum.
3. Kompresor untuk instalasi-instalasi yang membutuhkan tekanan yang tinggi. (Church dan Hararap. 1990:207)

B. Pengertian dan Klasifikasi Fan

Fan adalah alat untuk mengalirkan udara, karena itu fan dikenal dengan sebutan penukaran, penghembus atau pembuang udara. Fan dipakai bilamana dibutuhkan tekanan yang rendah (dari beberapa inci kolom air sampai 1 psi), dan pengaliran volume yang agak besar dibandingkan dengan jenis mesin-mesin pengalir udara yang lain, seperti blower atau kompresor, rumah dan impelernya dibuat (difabrikasi) dari lembaran-lembaran baja. Tinggi tekan yang dapat dihasilkan fan pada umumnya adalah 100 mm kolom air sampai 400 m kolom air dan kadang-kadang juga bisa mencapai 1000 mm kolom air. Fan banyak dijumpai pada sistem ventilasi dan pesawat pendingin udara (AC), pada instalasi yang mengalirkan udara panas dan gas buangan untuk memberi udara bersih ke dalam

bengkel–bengkel dan pabrik-pabrik untuk memisahkan dan menyaring serta untuk menstransportasi debu bekas gerindra, pada peralatan pengering ruangan, pada instalasi penyemprot cat (bahan warna), sebagai pintu-pintu udara dan lubang-lubang udara. Fan yang menggunakan diameter roda yang besar dapat dijumpai pada instalasi pembangkit uap, sebagai penghembus udara bersih dan penghisap dan pembuang gas asap

Sesuai dengan kebutuhan yang berbeda-beda untuk penggunaannya diberikan pembagian sebagai berikut :

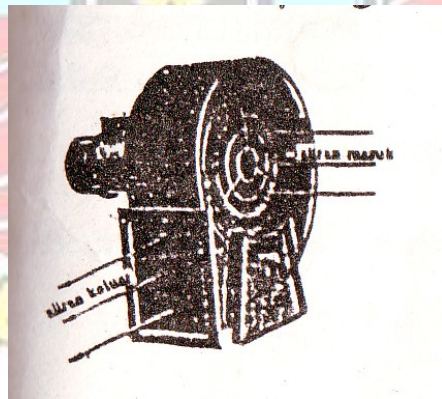
1. Tekanan sedang 160 s/d 400 mm kolom air
2. Tekanan rendah sampai 160 mm kolom air
3. Tekanan tinggi 400 s/d 1000 mm kolom air (Dietzel dan Suriyono. 1980:332)

Berdasarkan konstruksinya fan dibedakan atas fan radial (sentrifugal) dan fan aksial, tetapi yang akan dibahas lebih lanjut adalah fan radial yang terdapat di laboratorium teknik konversi energi:

a. Fan radial (sentrifugal)

Gambar 2.1 memperlihatkan sebuah fan radial yang kecil. Dengan konstruksi seperti ini, dimana roda jalan ditumpu melayang, akan diperoleh biaya konstruksi yang murah. Penggerak didapat langsung dari motor listrik, penggerak tersebut dapat dihubungkan dengan fan melalui V belt (sabuk transmisi yang berbentuk V), sehingga motor dan fan dapat bekerja secara optimum. Karakteristik dari fan sangat mirip dengan karakteristik pompa sentrifugal radial, perbedaan yang nyata adalah bahwa pada sisi isap dari

fan aliran bisa dicekik (throttling). Dengan rotor yang mempunyai 2 buah lubang aliran, untuk suatu kenaikan kapasitas akan dapat dicapai dengan mudah. Konstruksi seperti ini akan sangat bermanfaat apabila pengisapan dapat dilakukan dengan bebas dari kedua sisinya. Bila pengisapan tidak terjadi secara bebas pada kedua sisinya, maka ini berarti terjadi penyempitan penampang dan selanjutnya akan terjadi suatu penurunan randemen. Jadi inilah kekurangan dari rotor yang mempunyai lubang isap pada kedua sisinya. Keuntungannya adalah tidak adanya pergesekan secara aksial, diameter rotor lebih kecil, dengan demikian momen puntirnya lebih kecil, untuk start diperlukan motor yang lebih kecil.



Gambar 2.1 Fan radial (Dietzel dan Suriyono. 1980:343)

Fan yang sudah dibuat sejak lama ini, mempunyai perbandingan diameter yang besar, sudu-sudunya lebar dan melengkung ke arah depan. Keuntungan yang nyata dari fan ini adalah untuk tekanan yang sama fan ini mempunyai ukuran dan suara yang lebih kecil dari fan-fan jenis lainnya,

wealaupun randemennya tidak begitu istimewa fan ini banyak juga dibuat, karena dalam banyak hal suara yang tidak keras lebih penting daripada randemen (Dietzel dan Suriyono. 1980:343)

Radial fan biasanya digunakan dalam jumlah yang besar pada industri-industri yang berbeda, yang mana biasa jadi adalah kipas pada mobil atau kipas pada komputer untuk menjaga heating yang terlalu berlebihan. Kata radial berarti menyebarkan pusat yang penting yang mana artinya bagaimana banyaknya kipas bekerja. Radial fan juga dapat digunakan pada tipe industri besar yang diperuntukkan untuk menekan pendinginan udara atau hanya untuk memnyakinkan bahwa udara mengalir melalui beberapa area tertentu.

Sebuah radial fan biasanya digunakan pada beberapa cara dan biasanya menyala dengan menggunakan listrik melalui radial fan yang dapat juga berfungsi sebagai generator. Kebanyakan industri rumah tangga memiliki sebuah radial fan, umumnya beberapa bagian kipas ditemukan pada kebanyakan rumah. Kipas Radial dapat juga digunakan pada kipas portable normal atau kipas ceiling yang normal paling banyak terdapat pada area perumahan. Ketika kamu harus memiliki kipas ceiling sangat penting untuk diketahui bahwa kebanyakan dari kipas ceiling harus di pasang oleh elektrikan yang telah berpengalaman jika tidak kamu akan menemukan masalah serius dengan itu. Pastinya mereka lebih ekonomis dari pada menyalakan AC, yang mana itu adalah alasan mengapa mereka sangat terkenal pada area perumahan yang memiliki beberapa tempat aliran udara

dingin. Kipas radial juga dapat digunakan di kebanyakan unit AC sekarang, mereka digunakan juga untuk mengalirkan udara dingin keluar dari unit ke dalam ruangan.

Radial fan juga dikenal dengan nama centrifugal fan, yang dibuat dari tiga tipe berbeda dari setingan pisau. Mereka adalah besi piringan roda padel lurus, lalu multi-vane, multi-blade dan turbo vane bagian belakang. Mereka juga digunakan dalam industri dengan tipe situasi seperti pabrik, lahan parker yang besar di bawah tanah dan gymnasium. Mereka juga dapat digunakan dalam banyak situasi dimana kebanyakan tertutup dalam ruangan terbuka yang membutuhkan beberapa tipe sirkulasi, apabila mengalirkan udara dengan melalui premises atau hanya memiliki celah dari pergerakan udara. Ada berbagai tipe berbeda dari kipas, yang mana yang dapat diletakkan pada industri pabrik seperti mounted fan atau freestanding fan. Biasanya pada area besar anda membutuhkan kipas yang besar jadi jika memiliki mounted dapat juga menguntungkan dan jika menggunakan freestandings dapat juga menguntungkan karena dapat bergerak jika dibutuhkan. Ada juga beberapa level suara yang berbeda dari fan tetapi kebanyakan kipas pada saat ini cukup diam terutama pada area seperti pabrik.

Mobil juga memiliki fan radial yang diletakkan di dalamnya untuk menjaga dari pemanasan, ini mungkin kegunaan yang populer yang digunakan pada fan radial pada hari ini dan seterusnya. Mereka diletakkan di bawah bagian mobil untuk menjaga kedinginan motor dan

menghentikan motor dari pemanasan. Yang menggunakan fan radial juga antara lain komputer, yang pastinya bentuknya lebih kecil daripada fan radial tetapi mereka melakukan pekerjaan mereka dengan baik, dengan menghentikan komputer dari pemanasan juga.

Fan radial juga digunakan untuk berbagai tujuan di hari-hari ini sedangkan yang lain dapat ditemukan pada peralatan rumah tangga atau pada mobil atau kantor. Mereka memainkan peranan penting pada setiap harinya dan juga akan berfungsi seperti itu pada tahun kedepannya.

Perbedaan tipe dari tekanan atas dari kipas dengan kecepatan dari perputaran merupakan gabungan dari diagram kapasitas berikut. fan sentrifugal dengan sudu aliran maju adalah perpaduan dan pengaplikasian dengan volume aliran udara yang sangat tinggi dan tekanan. Di kipas sentrifugal aliran udara relatif diratakan radial ke corong. Fan sentrifugal dapat di klasifikasikan berdasarkan bentuk lingkaran :

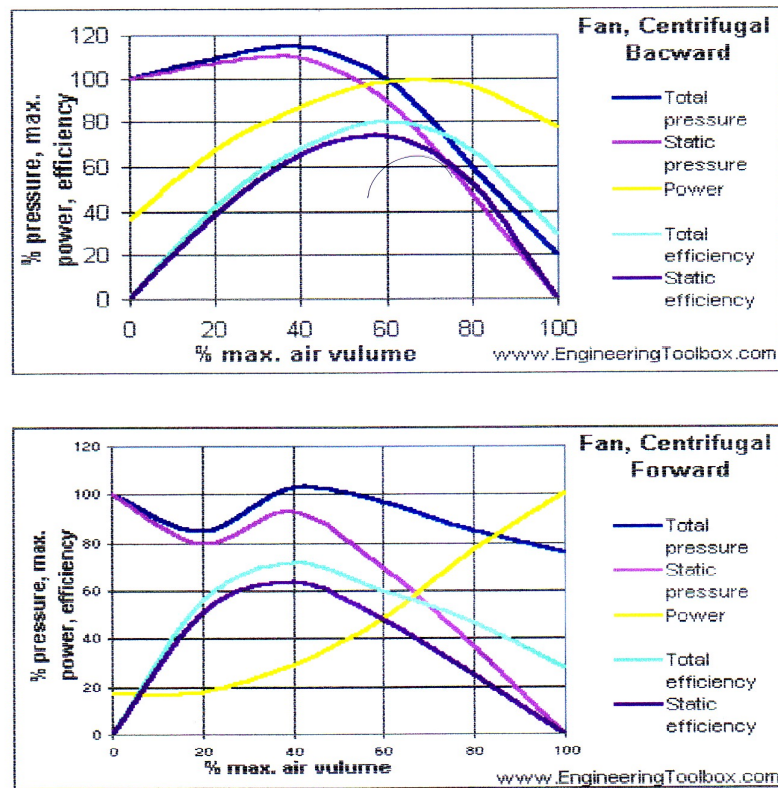
1. Kurva sudu-sudu maju. Efisiensi tinggi, dimensi yang kecil, perubahan tekanan yang memiliki pengaruh ke atas.
2. Kurva sudu-sudu mundur. Efisiensi tinggi, konsumsi energi yang rendah, perubahan tekanan yang memiliki sedikit pengaruh pada volume udara tidak bising, stabil pada arah paralel.
3. Sudu-sudu mundur lurus. Efisiensi tinggi, pembersih otomatis, perubahan tekanan yang memiliki sedikit pengaruh pada volume udara.

4. Sudu-sudu radial lurus. Pembersih otomatis, layak untuk pengangkutan material.

Jenis-jenis sudu-sudu yang digunakan pada fan sentrifugal adalah :

- a. Kincir piringan baja yang lurus
- b. Baling-baling mundur turbo.

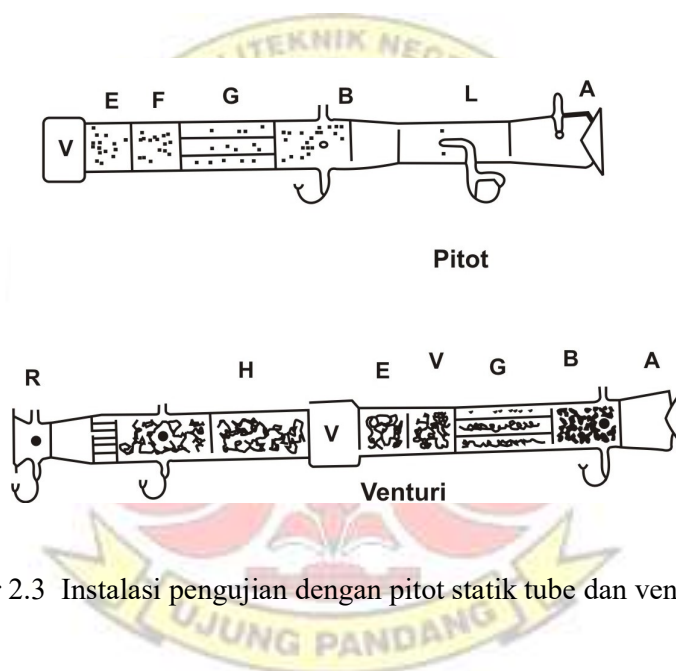
Karakteristik fan radial dapat ditunjukkan dalam diagram kapasitas berikut.



Gambar 2.2 Karakteristik fan radial (White dan Wilarjo. 1986:685)

C. Fan Pengujian pada Laboratorium

Daya masukan yang digunakan diperoleh dari motor listrik. Efisiensi fan adalah perbandingan antara daya udara dengan daya poros untuk menggerakkan fan. Daya aliran udara yang dihasilkan tergantung pada tekanan dan laju aliran udara. Pada pengujian ini, pengukuran laju aliran udara dapat dipilih menggunakan nozel, venturi atau tabung pitot statik.



Gambar 2.3 Instalasi pengujian dengan pitot statik tube dan venturi nozzel

Peralatan yang digunakan adalah sebuah meja pengujian fan dengan motornya, yang dilengkapi dengan dinamometer, meter kecepatan, termometer, serta dua buah manometer. Saluran udara dipakai berupa komponen – komponen yang dapat dibongkar pasang dengan mudah, dan diberi tanda huruf seperti di bawah ini:

1. Huruf A menunjukkan = Pipa divergen 95/145 mm.

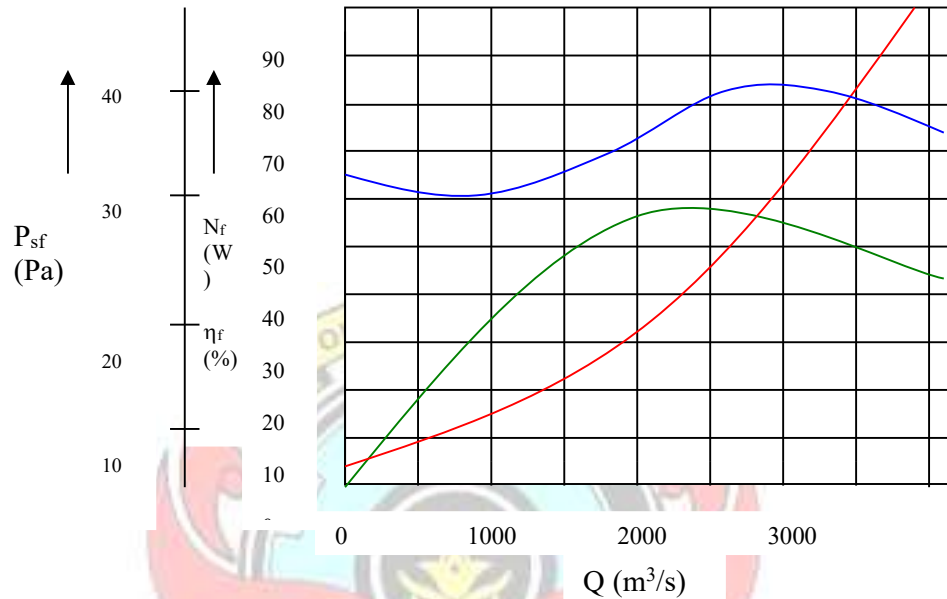
2. Huruf B menunjukkan = Pipa, diameter 145, panjang 400 mm dengan pelurus aliran dan dudukan pipa statik pitot.
3. Huruf E menunjukkan = Pipa, diameter 145 mm, panjang 400 m dengan pelurus aliran sepanjang 350 mm.
4. Huruf F menunjukkan = Pipa, diameter 145 mm, panjang 350 mm.
5. Huruf G menunjukkan = Pipa, diameter 145 mm, panjang 350 mm
6. Huruf H menunjukkan = Pipa, diameter 145 mm, panjang 350 mm.
7. Huruf I menunjukkan = Pipa, diameter 145 mm, panjang 1000 mm untuk ditempatkan pada bagian depan nozzel..
8. Huruf L menunjukkan = Pipa, diameter 95 mm dengan pipa pitot.
9. Huruf R menunjukkan = Sisi masuk konis 60°, diameter 95 mm. (Anonim. 1989:24.)

Untuk memberikan pembebanan kepada fan pada saat beroperasi, digunakan sebuah katup pada sisi keluaran saluran yang dapat diatur pembukannya. Pembebanan tersebut dilakukan dengan membuka katup keluaran saluran secara bertahap dengan putaran fan dijaga konstan. Jadi untuk satu tahap bukaan katup saluran dengan mempertahankan putaran fan konstan, pembacaan berikut harus didapatkan:

- a. Suplai tegangan listrik ke dynamometer DC.
- b. Suplai arus listrik ke dynamometer DC
- c. Torsi yang dihasilkan motor
- d. Kecepatan rotasional fan dan motor
- e. Tekanan statik pada manometer

f. Tekanan dinamik pada pembacaan pitot statik tube. (Anonim. 2008. 4).

Kurva karakteristik fan dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.4 Kurva karakteristik fan

Keterangan gambar :

- 1). Sumbu x menunjukkan laju aliran udara (Q) dalam satuan m³/s
- 2). Sumbu y menunjukkan tekanan statik pada fan (P_{sf}), masukkan daya untuk menggerakkan fan (N_f atau P_{IN f}), efisiensi fan (η_f)
- 3). Garis warna biru menunjukkan hubungan antara laju aliran udara (Q) dengan tekanan statik pada fan (P_{sf})
- 4). Garis warna hijau menunjukkan hubungan antara laju aliran udara (Q) dengan efisiensi fan (η_f).

- 5). Garis warna merah menunjukkan hubungan antara laju aliran udara (Q) dengan masukan daya untuk menggerakkan fan (N_f atau $P_{IN f}$).

D. Bagian-Bagian yang Terdapat pada Fan

Adapun bagian - bagian yang terdapat pada fan adalah sebagai berikut :

1. Motor Listrik

Motor listrik merupakan alat untuk menggerakkan fan, pada motor listrik terjadi perubahan energi yaitu dari energi listrik diubah menjadi energi mekanik. Untuk data-data yang ada pada name plat motor listrik yaitu :

Seial No.	Out put		
8875 H5	1,5 kW		
Type	R.P.M		
DB 61/2	4000		
Volts	Amp		
220	8,1		
DH	WDG	EXCITATION	
	Shunt	SEPEX 200 V	
INSULN	Rating	B.S	Year
F	Cont	5000/11	1987

2. Manometer

Manometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur laju aliran udara di dalam pipa (dalam mm H₂O) yang dilengkapi dengan barometer.

Cairan pada manometer kami gunakan minyak tanah buatan Indonesia yang seharusnya minyak tanah buatan negara Inggris, disebabkan karena minyak tanah buatan Negara Inggris yang akan digunakan sudah susah didapatkan. Untuk perbandingan densitasnya yaitu :

- a. Minyak tanah buatan Inggris $\rho = 0,795$, jadi untuk mendapatkan nilai pada pipa manometer dibagi 1000 hasilnya 1,257
- b. Minyak tanah buatan Indonesia $\rho = 0,820$, jadi untuk mendapatkan nilai pada pipa manometer dibagi 1000 hasilnya 1,219

3. Pipa (Selang)

Pipa merupakan media atau tempat mengalirnya udara ke manometer untuk diukur.

4. Saluran uji

Saluran uji merupakan tempat mengalirnya udara yang dihasilkan oleh motor.

5. Probe (Pengukur suhu)

Probe merupakan alat yang digunakan untuk mengukur suhu saluran uji dan suhu sekitar ruangan.

6. Meter alat ukur

a. Meter torsi

Torsi poros fan diukur dengan bantuan strain gauge yang dipasang pada rangka dasar pengujian dan ujung lain pada lengan motor. Sebelum pengujian sebaiknya motor torsi ini dikalibrasi lebih dahulu.

b. Meter kecepatan

Kecepatan fan diukur menggunakan penginderaan penunjuk (sensor indikator) yang dipasang pada ujung poros fan.

c. Meter tekanan

Perbedaan tekanan udara didalam dan diluar saluran diukur menggunakan manometer yang dapat diukur menggunakan posisi kemiringannya. Sebaiknya, alat ini dikalibrasi sebelum digunakan.

d. Meter tegangan dan arus

Pada panel ukur juga dilengkapi alat untuk mengukur tegangan dan arus motor listrik DC sebagai penggerak fan

e. Meter suhu

Suhu fan diukur menggunakan penginderaan penunjuk (sensor indikator) yang dipasang pada fan, alat ini disebut probe.

6. Seal saluran

Oli seal berfungsi untuk menghalangi udara keluar pada saluran uji.

7. Fan

Fan merupakan alat yang digunakan untuk mengalirkan udara yang mendapatkan daya dari motor.

E. Persamaan-Persamaan untuk Karakteristik Fan

1. Pengukuran laju aliran udara dengan venturi nozzel

Venturi nozzel merupakan salah satu alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan aliran udara. Venturi Nozzel mempunyai penampang yang berbeda pada kedua ujungnya. Jika fluida dialirkan pada suatu saluran maka debitnya (Q) akan konstan ($Q = AV$ konstan).



Gambar 2.5 Instalasi pengujian fan dengan venturi nozel

Keterangan gambar :

- Angka 1 menunjukkan saluran uji
- Angka 2 menunjukkan selang yang digunakan untuk mengukur tekanan yang dihasilkan fan yang terbaca pada alat manometer.
- Angka 3 menunjukkan venturi
- Angka 4 menunjukkan katup. (Anonim. 2008. Jobshett fan test).

a. Persamaan-persamaan pengukuran laju aliran udara dengan venturi nozzel

1). Densitas udara (ρ_u)

Diperoleh dari tabel sifat udara pada tekanan atmosfer dengan menggunakan metode interpolasi.

2). Perbandingan tekanan (r_{pd})

$$r_{pd} = 1 - \frac{\Delta P}{P_{Atm} + P_{sf}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

ΔP = perbedaan tekanan sebelum dan setelah venturi (N/m^2)

P_{atm} = tekanan atmosfer (N/m^2)

P_{sf} = kenaikan tekanan statik udara di tengah fan (N/m^2)

3). Faktor pengukuran pada aliran ($\alpha\varepsilon$)

$\alpha\varepsilon$ didapat dari grafik terhadap r_{pd} (grafiknya terletak di lampiran)

4). Laju aliran udara (Q_v)

$$Q_v = \frac{\alpha\varepsilon}{\rho_u} \frac{\pi d^2}{4} (2\rho_{ud}\Delta p)^{1/2} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

d = garis tengah cekikan (leher) nozzel = 0,095 m

π = phi, nilainya 22/7

ρ_u = densitas udara

5). Kecepatan udara (V_b)

$$V_b = \frac{Q_v}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} \dots\dots\dots(2.3)$$

6). Bilangan Reynolds (Re)

$$Re = \frac{d \cdot V_b \cdot \rho}{\mu} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

μ = kekentalan udara pada besarnya temperatur

7). Koefisien gesek udara (δ_{24})

Diperoleh dari grafik faktor gesekan udara terhadap bilangan reynolds yang terdapat pada lampiran.

8). Tekanan dinamik aliran (P_{d4})

$$P_{d4} = \frac{V_b^2 \cdot \rho}{2} \dots\dots\dots(2.5)$$

9). Tekanan statik pada fan (P_{sf})

$$P_{sf} = P_{s4} + (\delta_{24} \times P_{d4}) \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

P_{s4} = Tekanan statik (P_{sg})

10). Masukan daya untuk menggerakkan fan (N_f atau $P_{in f}$)

$$N_f = \frac{2 \pi N T_q}{60} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

N = Putaran motor

$T_q = \text{Torsi motor}$

11). Daya Keluaran (N_u atau $P_{out f}$)

$$N_u = Qv \cdot P_{sf} \dots \dots \dots (2.8)$$

12). Daya Listrik (N_L atau P_{motor})

$$N_L = V \times I \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan :

$V = \text{Tegangan masukan}$

$I = \text{Arus masukan}$

13). Efisiensi fan

$$H_{fan} = \frac{N_u}{N_F} \times 100\% \dots \dots \dots (2.10)$$

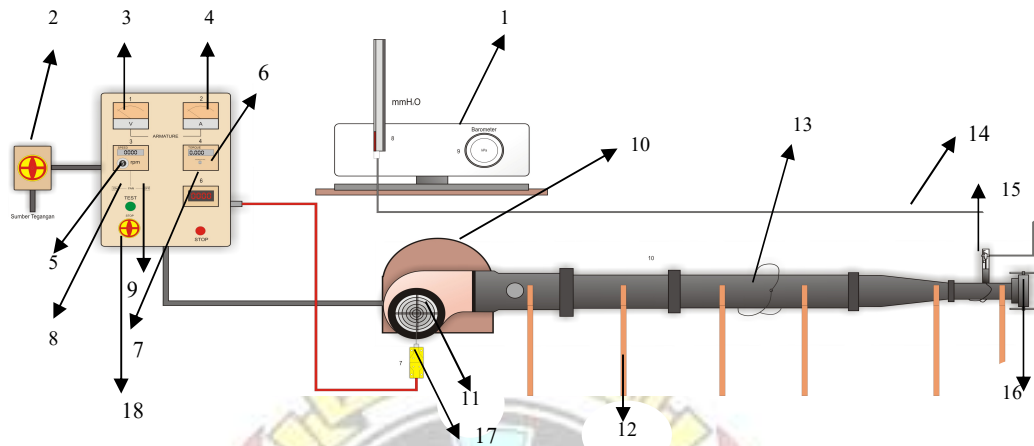
$$\eta_{motor listrik} = \frac{N_F}{N_L} \times 100\% \dots \dots \dots (2.11)$$

$$\eta_{system overall} = \frac{N_u}{N_L} \times 100\% \dots \dots \dots (2.12)$$

(Anonim. 2007. Jobshett fan test)



2. Pengukuran laju aliran udara dengan pitot statik



Gambar 2.6 Instalasi pengujian fan dengan pitot statik tube

Keterangan gambar :

- a. Angka 1 menunjukkan alat manometer
- b. Angka 2 menunjukkan saklar utama pada fan
- c. Angka 3 menunjukkan meter tegangan
- d. Angka 4 menunjukkan meter arus
- e. Angka 5 menunjukkan meter kecepatan
- f. Angka 6 menunjukkan meter torsi
- g. Angka 7 menunjukkan meter suhu
- h. Angka 8 menunjukkan push botton start
- i. Angka 9 menunjukkan push botton off
- j. Angka 10 menunjukkan motor dc
- k. Angka 11 menunjukkan fan

- l. Angka 12 menunjukkan stan kaki
- m. Angka 13 menunjukkan saluran uji
- n. Angka 14 menunjukkan selang
- o. Angka 15 menunjukkan pitot statik tube
- p. Angka 16 menunjukkan katup
- q. Angka 17 menunjukkan probe
- r. Angka 18 menunjukkan saklar pemutus arus. (Anonim. 2008. Jobshett fan test).

a. Pitot statik tube

Pitot tube semacam pasak penguji yang ujungnya terbuka menghadap keatas. Diujung terbuka ini terbentuk sebuah titik stagnasi, tekanan P_2 dan kecepatan nol, dengan menerapkan persamaan Bernoulli pada titik stagnasi tersebut dan juga pada sebuah titik yang berjarak jauh dari pasak itu dimana tekanan (P) dan kecepatan (V).

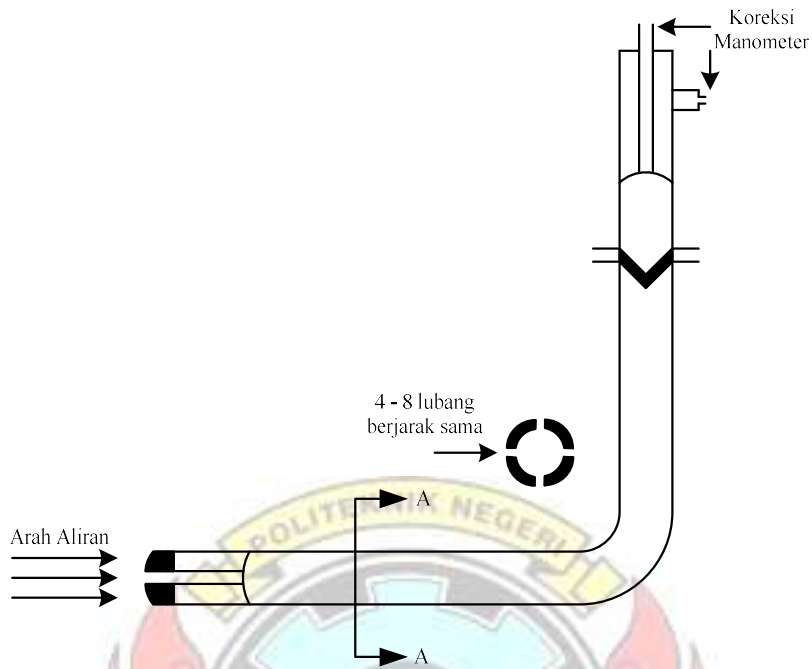
Jika suatu aliran fluida mengalir melalui suatu pipa, maka tekanan aliran tersebut terdiri dari komponen aliran statik dan dinamik. Tekanan statik diukur dengan alat ukur yang bergerak bersama aliran atau yang menyebabkan kecepatannya tidak berubah. Biasanya, untuk mengukur tekanan statik, lubang berukuran kecil dibor tegak lurus terhadap aliran pada dinding saluran dan dihubungkan dengan sebuah manometer (pressure gage) sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 2.14

Tekanan Dinamik adalah akibat pergerakan fluida. Tekanan dinamik dan tekanan statik membentuk tekanan total atau stagnasi. Tekanan stagnasi (total) dapat diukur didalam aliran dengan sebuah pitot tube. Pitot tube adalah tube yang ujung terbukanya menghadap langsung ke aliran. Gambar 2.14 memberikan sketsa dari pengukuran stagnasi.



Gambar 2.7 Pengukuran Tekanan statik dan stagnasi

Pitot statik tube menggabungkan hasil dari pengukuran tekanan statik dan stagnasi kedalam satu alat. Gambar 2.15 adalah skematik dari pitot statik tube. Alat tersebut terdiri dari sebuah tube berada didalam sebuah tube yang ditempatkan didalam saluran menghadap ke hulu (up stream). Tap tekanan yang menghadap aliran secara langsung memberikan pengukuran tekanan stagnasi, sementara tap yang tegak lurus terhadap aliran memberikan pengukuran tekanan statik.



Gambar 2.8 Skematik dari pitot statik tube

Jika pitot statik tube dimasukkan kedalam suatu aliran fluida, perbedaan tekanannya (stagnasi minus statik) dapat disambung secara langsung menggunakan sebuah manometer dengan menghubungkan tap-tap tekanan disetiap kakinya. Dengan menggunakan persamaan Bernouilly antara kedua tekanan menghasilkan :

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

Dengan keadaan 1 sebagai keadaan stagnasi, dan keadaan 2 sebagai keadaan statik. Perbedaan elevasi dapat diabaikan dan pada titik tekanan statik yang diukur, kecepatannya adalah nol. Persamaan Bernouilly kemudian direduksi ke :

$$\frac{p_s}{\rho g} = \frac{p}{\rho g} + \frac{V^2}{2g}$$

Selanjutnya, persamaan sebelumnya disusun kembali dan kecepatannya diselesaikan

$$V = \sqrt{\frac{2(p_s - p)}{\rho}}$$

Manometer yang dihubungkan ke pitot statik tube akan memberikan pembacaan kehilangan head Δh yang diketahui dengan :

$$\Delta h = \frac{p_s - p}{\rho g}$$

Yang densitasnya adalah densitas dari fluida yang mengalir. Jadi kecepatan dalam bentuk kehilangan head dengan demikian adalah :

$$V = \sqrt{2g\Delta h}$$

Ingat bahwa persamaan ini berlaku halnya untuk aliran inkompresibel. Efek kompresibilitas tidak diperhitungkan. Selanjutnya Δh adalah kehilangan head dalam bentuk fluida yang mengalir dan diubah ke dalam bentuk pembacaan pada manometer.

Untuk aliran di dalam sebuah saluran, pembacaan manometer dilakukan pada beberapa lokasi di dalam penampang aliran. Tujuannya adalah untuk menentukan kecepatan rata-ratanya. (Anonim. 2008. Jobshett fan test).

b. Persamaan-persamaan pengukuran laju aliran dengan pitot statik

Untuk udara standar, $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ (pada 16°C , 1 bar, 56% RH), maka :

$$V = 1,291 (P_V)^{1/2} \text{ m/se}$$

Untuk udara tidak standar :

$$V = 759,4 \sqrt{\frac{TP_V}{P_o(10^5 + PS)}}$$

Dimana :

P_o = Tekanan udara dalam milibar

PS = Tekanan statik dalam pipa (P_a)

P_V = Tekanan kecepatan (P_a)

T = Temperatur absolut ($^\circ\text{C} + 273$) $^\circ$ K (Anonim. 1989. P3240 Fan test bench).

3. Persamaan Untuk Keserupaan Pompa

Dalam pengkorelasian data pompa membuahkan kaidah-kaidah yang sederhana untuk membandingkan penampilan pompa. Kalau pompa 1 dan pompa 2 termasuk dalam keluarga bentuk geometrik yang sama dan bekerja pada titik-titik homolog, maka laju aliran, hulu, dan daya mereka akan mempunyai hubungan sebagai berikut :

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{n_2}{n_1} \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^3$$

$$\frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2$$

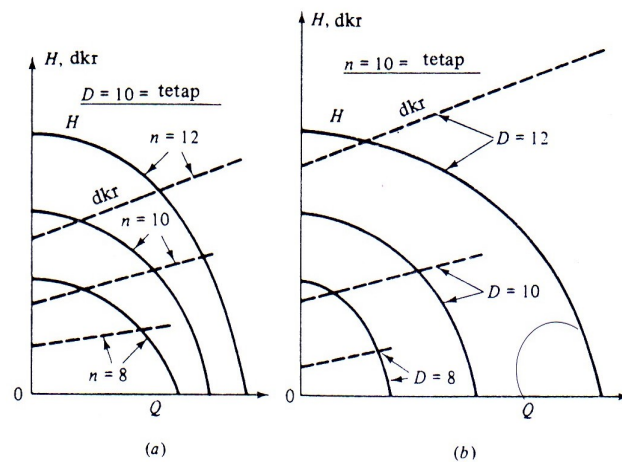
$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^5$$

Ini adalah kaidah-kaidah keserupaan yang dapat dipakai untuk memperkirakan pengaruh perubahan zalir, kalajuan, atau ukuran setiap turbomesin dinamik, pompa, atau turbin yang tergolong dalam keluarga bentuk yang serupa. Sebenarnya kita juga mengharapkan bahwa $\eta_2 = \eta_1$ kalau keserupaannya sempurna, tetapi telah kita lihat bahwa pompa yang lebih besar ternyata lebih tinggi pula daya gunanya, karena bilangan Reynoldnya lebih besar dan nisbah kekasaran dan nisbah selanya lebih kecil. Suatu rumus untuk memperkirakan perubahan dayaguna yang disebabkan oleh perubahan bentuk diberikan oleh Moody.

$$\frac{1-\eta_2}{1-\eta_1} \approx \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^{\frac{1}{4}}$$

Rumus ini, yang semula dimaksudkan untuk turbin, banyak dipakai baik untuk pompa maupun untuk turbin, bila data dayagunanya tidak tersedia. Suatu grafik yang menampilkan kaidah-kaidah keserupaan yang tersirat dalam Persm. (11-28) dilukiskan pada gambar 11.9. Grafik ini memperlihatkan pengaruh perubahan kelajuan dan garis-tengah pada penampilan pompa. Pada gambar 11.9a ukuran pompanya dibuat tetap dan kelajuannya diubah-ubah sebanyak 20%, sedangkan gambar 11. 9b menunjukkan perubahan ukuran sebesar 20% pada kelajuan yang tetap. Grafik-grafik itu dilukis dengan skala yang benar, tetapi satuannya sembarang. Ternyata hulu dan daya kuda-remnya berubah besarnya, namun

bentuknya tetap sama. Pengaruh perubahan kelajuan itu (gambar 11.9a) cukup besar, tetapi efek perubahan bentuknya bahkan lebih hebat lagi (gambar 11.9a), terutama pada daya daya kuda-remya, yang berubah-ubah menurut D^5 . Pada umumnya ukuran dan kelajuan untuk suatu keluarga pompa dapat disesuaikan sehingga memenuhi berbagai macam cirri khas sistem.



Gambar 2.9 Pengaruh perubahan ukuran dan kelajuan pada penampilan pompa-pompa homolog: a. Perubahan 20% dalam kecepatan, dengan ukuran yang tetap; (b) perubahan 20% dalam ukuran, dalam kelajuan yang tetap.

Dari pemaparan teori keserupaan pompa di atas, untuk mencari nilai debit ideal (Q_2), tekanan statik ideal (H_2), daya fan ideal (P_2) maka digunakan rumus :

$$1. \quad Q_2 = \frac{Q_1 N_2}{N_1}$$

$$2. \quad H_2 = H_1 \times \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2$$

$$3. \quad P_2 = P_1 \times \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3$$

Dimana :

Q_1 = Debit

Q_2 = Debit ideal

N_1 = Putaran motor yang diujikan

N_2 = Putaran motor maksimal

P_1 = Daya fan

P_2 = Daya fan ideal

F. Perawatan Fan

Perawatan fan adalah adalah suatu tindakan yang dilakukan dengan tujuan memperpanjang usia pakai, menjamin ketersediaan optimum dari peralatan, menjamin kesiapan operasional.

Berdasarkan jenis kegiatan yang dilaksanakan, maka perawatan dibagi atas dua bagian, yaitu :

1. Perawatan pencegahan

Perawatan pencegahan (*Preventiv Maintenance*) adalah kegiatan perawatan untuk mencegah timbulnya kerusakan yang dapat mengakibatkan terhambatnya kegiatan produksi. Sebagai contoh : Kerusakan pada instalasi listrik, manometer, motor listrik dan lain-lain.

Adapun jenis perawatan pencegahan (*Preventiv Maintenance*) yang dilakukan untuk fan adalah :

a. Perawatan harian

Perawatan harian adalah perawatan yang dilakukan setiap harinya.

Perawatan harian meliputi :

- 1). Pengecekan cairan pada manometer (*Pressure gauge*).
- 2). Pengecekan secara visual, tentang operasional fan secara keseluruhan..
- 3). Pengecekan sistim perlistrikan pada fan.
- 4). Pembersihan secara keseluruhan fan dengan kompresor.
- 5). Mencatat kegiatan perawatan harian fan pada buku jurnal harian mesin.

b. Perawatan mingguan

Perawatan mingguan adalah perawatan yang dilakukan setiap minggunya.

Perawatan mingguan meliputi :

- 1). Pengecekan saluran uji fan dari adanya kebocoran.
- 2). Mencatat kegiatan perawatan mingguan pompa pada buku jurnal harian mesin.

c. Perawatan berkala

Perawatan berkala adalah perawatan yang dilakukan setiap satu tahun.

Perawatan berkala meliputi :

- 1). Pengecekan kebocoran saluran uji yang disebabkan oleh karat, kotoran serangga, debu.
- 2). Penggantian cairan manometer.
- 3). Pengecekan panel alat ukur fan
- 4). Pengecekan seal pada saluran uji.
- 5). Pengecekan selang (pipa). Mencatat kegiatan perawatan buku jurnal harian mesin.

2. Perawatan korektif (*Corective Maintenance*)

Perawatan korektif (*Corective Maintenance*) disebut juga dengan istilah reparasi (*repair*) yaitu kegiatan pemeliharaan yang dilaksanakan setelah terjadi kerusakan peralatan. Perawatan korektif meliputi : reparasi minor, terutama untuk rencana yang mungkin timbul diantara pemeriksaan, juga *overhaul* terencana.

G. Gangguan pada Fan dan Cara Mengatasinya

Gangguan pada fan sering terjadi baik sebelum maupun sesudah praktek, gangguannya yaitu :

1. Kebocoran pada saluran uji
 - a. Penyebab : Oli seal tidak ada atau tidak terpasang dengan baik
Penanggulangan : Periksa dan pasang oli seal dengan baik pada saluran uji.
 - b. Penyebab : Saluran uji tidak terpasang dengan baik
Penanggulangan : Pasang saluran dengan baik
2. Pengukuran torsi yang tidak akurat
 - a. Penyebab : Apakah torsi sudah dikalibrasi
Penanggulangan : Kalibrasi torsi dengan menggunakan alat stroboskop dengan mengikuti petunjuk pada manual book
 - b. Penyebab : Apakah ada sesuatu (manusia, barang, alat) yang menekan saluran uji
Penanggulangan : Segera jauhkan (manusia, barang, alat) dari saluran uji, dan pastikan tidak ada yang menekan saluran uji.

3. Pengukuran laju aliran dan tekanan yang tidak optimal

a. Penyebab : Selang tidak terpasang dengan baik

Penanggulangan : Pasang selang dengan baik

b. Penyebab : Selang mengalami kebocoran

Penanggulangan : Perbaiki, jika rusak ganti dengan selang baru

c. Penyebab : Saluran uji mengalami kebocoran

Penanggulangan : Periksa saluran uji kemudian perbaiki kebocoran

d. Penyebab : Manometer tidak terpasang dengan baik

Penanggulangan : Pasang manometer dengan baik pada tempatnya dengan posisi sejajar.

e. Penyebab : Jumlah cairan manometer tidak cukup

Penanggulangan : Tambahkan cairan manometer



BAB III

METODE REKONDISI

A. Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang digunakan telah tersedia dalam laboratorium Teknik

Konversi Energi :

1. Bahan

- a. Motor penggerak
- b. Fan
- c. Saluran uji
- d. Pembebanan
- e. Alat ukur kecepatan
- f. Manometer
- g. Panel instrument pengukuran

2. Alat

- a. Kunci pas
- b. Kunci Ring
- c. Tang
- d. Obeng (+), (-)
- e. Gergaji besi
- f. Kunci L
- g. Bor listrik



- h. Penitik
- i. Penggaris
- j. Palu-palu
- k..Gurinda
- l. Las listik dan las gas
- m. Cat semi dico

B. Prosedur Rekondisi

Adapun proses untuk perbaikan peralatan pengujian fan dengan urutan sebagai berikut :

1. Persiapan perbaikan

- a. Menyiapkan semua bahan dan alat yang akan digunakan
- b. Melakukan pengujian awal untuk mengetahui kondisi kerusakan dari peralatan pada saat dioperasikan.
- c. Melakukan inventarisasi kerusakan

2. Proses perbaikan

Berdasarkan hasil inventarisasi kerusakan, maka dilakukan proses perbaikan bagian peralatan yang rusak dengan beberapa cara :

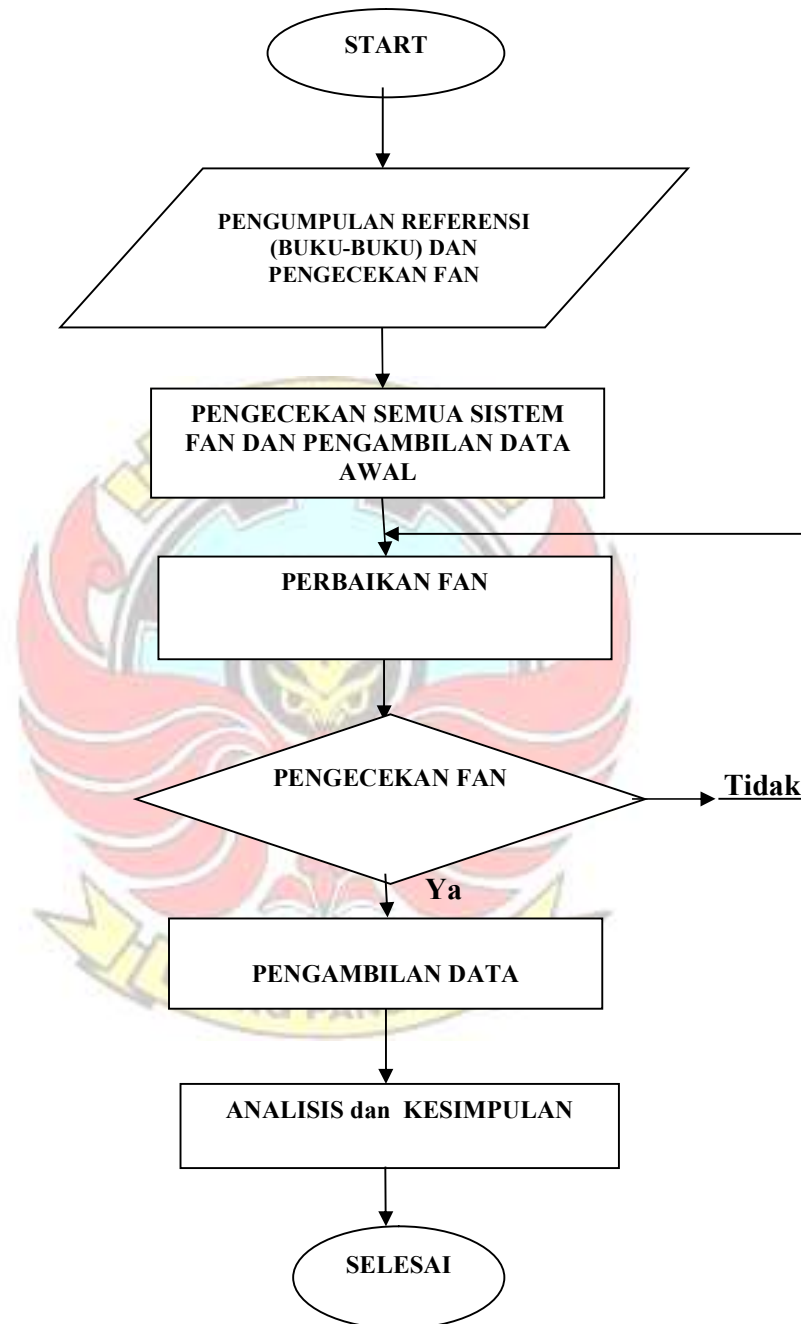
- a. Pengelasan
- b. Permesinan
- c. Perbaikan/ penggantian alat ukur pada panel instrument

3. Proses evaluasi

Setelah proses perbaikan dan penggantian telah selesai maka dilakukan analisis evaluasi kinerja dari peralatan.



C. Diagram Alir Proses Rekondisi



Gambar 3.1 Diagram alir kegiatan rekondisi peralatan pengujian fan

D. Metode Rekondisi

1. Pengambilan data awal

Pengambilan data awal merupakan hal yang sangat penting sebelum melakukan rekondisi sekaligus untuk mengetahui keadaan fan sebelum rekondisi, dimana data awal merupakan pembandingan data setelah perbaikan, dimana setelah mendapatkan data pembandingan maka kita dapat mengetahui peningkatan atau pengurangan performance dari fan yang telah direkondisi.

2. Pembongkaran

Pembongkaran yang dilakukan pada fan yaitu :

a. Saluran uji

- 1). Membuka (melepas) saluran uji yang terpasang pada fan.
- 2). Melepas seal yang ada pada saluran uji.
- 3). Membuka (melepas) baut dan pengikat pada saluran uji
- 4). Membersihkan saluran uji dengan kompresor
- 5). Membersihkan (menghaluskan bodi) saluran uji dengan amplas
- 6). Memasang pipa nozel (dengan lem besi) pada saluran uji.
- 7). Menghitamkan kembali saluran uji dengan pilox
- 8). Memasang kembali baut dan pengikat

b. Manometer

- 1). Membuka (melepas) baut dan pengikat pada manometer
- 2). Melepas (membuka) tabung yang ada pada sisi belakang manometer
- 3). Melepas pipa pengukur

- 4). Membersihkan tabung manometer dan pipa pengukur dengan kompresor
- 5). Membuat tabung baru untuk pengukur tekanan dinamis (P_{sf})
- 6). Mengisi tabung manometer dengan minyak tanah
- 7). Memasang kembali tabung manometer, selang dan pipa pengukur

c. Stan kaki

- 1). Melepas stan kaki pada saluran uji
- 2). Membeli pipa besi kemudian dipotong menjadi beberapa bagian
- 3). Memasang (dengan me-las) pipa besi itu membentuk stan kaki yang ada di fan
- 4). Membuat lubang (dengan mem-bor) beberapa titik di pipa untuk pemasangan mur
- 5). Memasang (dengan me-las) mur di beberapa titik yang di bor
- 6). Membuat penyangga (yang berbentuk huruf Y) dengan plat besi

3. Pengecekan kerusakan

Kerusakan-kerusakan komponen yang terjadi pada fan yaitu :

- 1). Selang

Selang tidak dapat digunakan lagi karena bagian dalam selang terdapat banyak kotoran yang menghambat laju aliran udara. Kotoran itu tidak dapat keluar walaupun sudah dikompresor, dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.2 Selang

2). Manometer

Pada fan ada 2 manometer yang mengukur tekanan statik dan dinamik tapi manometer yang mengukur tekanan dinamik tidak dapat berfungsi lagi karena tabung pengisi cairan kerosin rusak, dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.3 Manometer

3). Stan kaki

Stan kaki pada fan mengalami kerusakan akibat timbulnya karat pada bodi dan baut stan kaki sehingga mengakibatkan saluran uji tidak dapat sejajar saat dipasang dan saat praktikum, hal itu mengakibatkan pengambilan data tidak optimal.



Gambar 3.4 Stan kaki

4). Saluran uji

Di dalam saluran uji terdapat banyak kebocoran dan karat yang menghambat laju aliran udara.



Gambar 3.5 Saluran uji

5). Pitot tube

Pitot tube pada pada fan banyak yang lepas dan rusak sehingga mengakibatkan kebocoran dan pengambilan data tidak optimal.

6). Seal saluran

Seal saluran pada fan banyak yang rusak dan tidak layak pakai sehingga mengakibatkan kebocoran dan pengambilan data tidak optimal.

7). Baut dan pengait

Baut mengalami perkaratan dan banyak yang rusak sehingga diperlukan penggantian, sedangkan pengait banyak yang hilang, hal ini mengakibatkan pemasangan saluran uji tidak maksimal, mengakibatkan kebocoran dan pengambilan data tidak optimal.

8). Pitot Statik tube

Pitot statik tube mengalami karatan sehingga saat digunakan saat pengujian tidak maksimal karena pitot yang akan dinaikkan dan diturunkan tidak bisa lagi.

4. Perbaikan fan

Perbaikan yang dilakukan pada komponen-komponen fan yaitu :

a. Selang

1). Mengganti selang yang baru (3 selang)

b. Manometer

1). Membuat tabung manometer yang baru lalu mengisi dengan minyak tanah lalu membersihkan pipa pengukur dengan kompresor.



Gambar 3.6 Tabung manometer

c. Stan kaki

- 1). Akibat kerusakan pada stan kaki maka dibuatkan lagi sebanyak 2 buah.

d. Saluran uji

- 1). Melakukan pengamplasan pada bagian luar saluran uji untuk menghilangkan karat serta terak yang melekat.
- 2). Membersihkan bagian dalam saluran uji dengan kompresor.

e. Pitot tube

- 1). Memasang (me-lem) kembali pitot tube tersebut dan membuat yang baru untuk mengganti yang rusak.

f. Seal saluran

- 1). Mengganti seal saluran dengan yang baru.

g. Baut dan pengait

- 1). Mengganti baut dan pengikat yang baru.

h. Pitot statik tube

- 1). Membersihkan saluran uji dengan kompresor kemudian memberikan oli pada permukaan pitot statik tube.

5. Pengecekan fan

Pengecekan fan merupakan salah satu hal penting yang harus dilakukan untuk dapat mengetahui apakah bagian fan yang telah mendapat perbaikan tidak mengalami masalah atau kebocoran pada saat melakukan pengambilan data.

6. Kondisi setelah rekondisi

Kondisi fan pada saat setelah rekondisi yaitu :

a. Selang

Setelah dilakukan pergantian selang dapat berfungsi dengan baik sehingga pada saat pengujian tidak ada masalah lagi dan pengukuran laju aliran dan tekanan tidak ada masalah lagi.



Gambar 3.7 Selang

b. Manometer

Setelah perbaikan pada tabung manometer untuk tekanan dinamik dapat lagi digunakan dan juga pada hasil pengujian dengan jelas dapat dibedakan tekanan dinamik dan statik sehingga berpengaruh juga pada grafik hasil pengujian



Gambar 3.8 Manometer tampak dari belakang

c. Stan kaki

Setelah perbaikan dapat sejajar saat dipasang sehingga pengambilan data dapat optimal lagi.



Gambar 3.9 Stan kaki

d. Saluran uji

Setelah perbaikan pada saluran uji kebocorannya tidak ada lagi dan karatannya tidak ada lagi



Gambar 3.10 Saluran uji

e. Pitot tube

Setelah perbaikan, pitot tube dapat terpasang, tidak mengalami lagi kebocoran dan pengambilan data dapat optimal.



Gambar 3.11 Pipa pitot

f. Seal saluran

Setelah perbaikan seal saluran terpasang dengan baik pada fan tidak terdapat lagi kebocoran.



Gambar 3.12 Seal saluran

g. Baut dan pengait

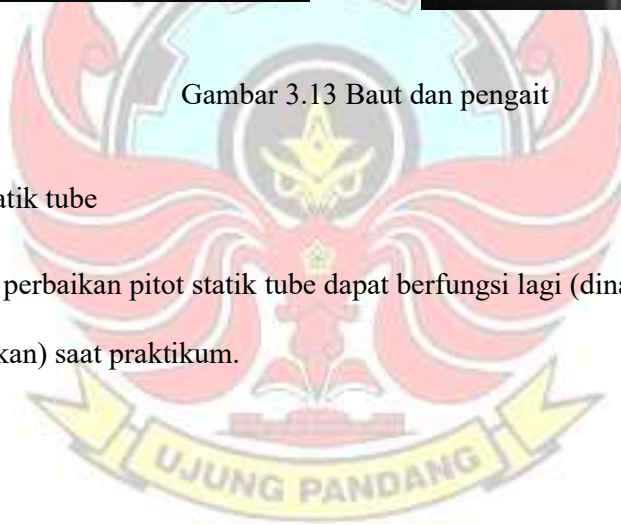
Setelah perbaikan pada baut dan pengait pemasangan saluran uji kembali baik



Gambar 3.13 Baut dan pengait

h. Pitot statik tube

Setelah perbaikan pitot statik tube dapat berfungsi lagi (dinaikkan dan diturunkan) saat praktikum.





Gambar 3.14 Pitot statik tube

E. Metode Pengambilan Data

1. Persiapan

a. Proses persiapan dilakukan dengan pengecekan secara pribadi dan lingkungan

- 1). Memastikan peserta pengambilan data telah dilengkapi dengan APD (alat Pelindung Diri) seperti sepatu safety, dan mengenakan baju lab.
- 2). Melakukan pengecekan terhadap kondisi mesin dan lingkungan sekitar mesin terhadap potensi bahaya yang bisa timbul.
- 3) Memastikan bahwa tidak ada orang yang bekerja disekitar mesin (khususnya pada fan, dan meja panel control).

- 4). Memastikan bahwa tidak ada benda-benda asing yang dapat menghalangi pipa manometer, pitot dan memeriksa level cairan tabung manometer (memastikan pembacaan dalam kondisi level 0).
- 5). Memastikan bahwa tidak ada baut-baut atau mur yang kendur serta saluran uji terpasang dengan baik.
- 6). Memastikan bahwa semua pelindung dan tutup pengaman sudah terpasang dengan baik (kondisi aman).

2. Prosedure pengoperasian fan (proses pengujian)

a. Proses pengujian secara umum

- 1). Meng-ON kan saklar utama untuk fan pada panel control utama.
- 2). Melakukan kalibrasi pada meter Torsi dan meter putaran
- 3). Mengoperasikan fan dengan menekan tombol ON
- 4). Mengatur putaran motor sesuai dengan petunjuk pembimbing.
- 5). Melakukan pengambilan data untuk putaran motor tertentu.
- 6). Mengulangi langkah percobaan untuk kondisi putaran yang berbeda.
- 7). Setelah pengambilan data, maka menurunkan putaran dan meng-off kan saklar utama pada panel.

3. Proses pengujian secara khusus

a. Detail prosedure pengujian venturi nozzle

- 1). Memeriksa dengan mempersiapkan alat-alat yang akan digunakan dalam percobaan.

- 2). Merangkai/ memasang peralatan yang akan digunakan.
- 3). Mengkalibrasi seluruh peralatan dan mensetting semua penunjukan alat ukur pada angka nol.
- 4). Memasukkan suplay listrik dengan men-ON-kan saklar dan biarkan kira-kira 10 menit untuk menstabilkan.
- 5). Mensetting kecepatan motor pada putaran 1000 rpm.
- 6). Mencatat hasil penunjukan pada table pengamatan.
- 7). Menaikkan kecepatan motor dan mencatat pengamatan tiap kenaikan 500 rpm hingga mencapai putaran 3000 rpm. (Anonim. 2008. Jobsheet fan test).

b. Detail prosedur pengujian pitot statik tube

- 1). Memeriksa semua alat ukur dan perlengkapan apparatus pengujian fan yang dibutuhkan dalam percobaan beserta kelengkapan dan kelayakan penggunaannya
- 2). Memutar saklar pemutus arus yang berada pada sisi dan depan panel control apparatus pengujian fan untuk memulai percobaan
- 3). Mengatur pembukaan katup agar dapat dilakukan pembukaan secara bertahap sebanyak 9 sampai 15 tahap bukaan katup. Pertama – tama membuka katup ini pada bukaan maksimumnya.
- 4). Menghubungkan manometer ke pipa saluran uji.
- 5). Menghubungkan manometer ke pitot statik tube.
- 6). Mencatat pembacaan tekanan atmosfer pada apparatus pengujian fan.
- 7). Mencatat pengukuran temperatur udara sekeliling.

- 8). Menekan push botton start / stop untuk memutar fan.
- 9). Mengatur putaran fan dengan memutar potensiometer control kecepatan ke putaran tertentu (ditetapkan oleh pembimbing). Membaca putaran fan dapat dilihat pada displai tersedia pada panel control.
- 10). Setelah beberapa menit dan fan telah mengalami pemanasan awal percobaan siap dilakukan.
- 11). Pertama – tama menutup secara penuh katup keluaran, dan menset agar putaran berada pada nilai yang telah ditetapkan oleh pembimbing.
- 12). Membiarkan fan berjalan beberapa saat agar fan beroperasi mendekati keadaan steady state.
- 13). Melakukan pengukuran aliran dengan tidak menggeser pitot statik tube dari posisi normalnya.
- 14). Mencatat parameter – parameter yang diperlukan.
- 15). Setelah semua parameter yang diperlukan sudah dicatat, membuka katup keluaran pada tahap bukaan berikutnya yang telah diberi tanda sebelumnya.
- 16). Mengatur putaran fan agar kembali keputaran yang telah ditetapkan sebelumnya dengan memutar potensiometer kontrol kecepatan.
- 17). Mengulangi langkah 12 sampai 16.
- 18). Setelah pengambilan data selesai apparatus pengujian fan dioffkan dengan menekan tombol start/stop.

19). Kembalikan posisi sakelar pemutus arus ke posisinya semula.

(Anonim. 2008. Jobsheet fan test).



BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Hasil Pengamatan

1. Analisa hasil pengamatan untuk pengujian venturi nozzel

Sebagai contoh perhitungan pada tabel 25 putaran 3000 setelah rekondisi, sebagai berikut :

Parameter hasil pengukuran nomor 1

Diketahui :

$$T_q = 2,78 \text{ Nm}$$

$$N = 3000 \text{ rpm}$$

$$T = 32 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P_{\text{atm}} = 95500 \text{ Pa}$$

$\Delta P = 200 \text{ mm H}_2\text{O} = 1961,33 \text{ Pa}$, karena manometernya menggunakan minyak tanah buatan indonesia maka nilai ΔP dikali dengan nilai 0,96 (nilai densitas minyak Indonesia dibagi nilai minyak tanah Inggris) untuk mendapatkan nilai manometer yang sebenarnya.

$P_{S4} = P_{sg} = 38 \text{ mm H}_2\text{O} = 372,6527 \text{ Pa}$ karena manometernya menggunakan minyak tanah buatan indonesia maka nilai ΔP dikali dengan nilai 0,96 (nilai densitas minyak Indonesia dibagi nilai minyak tanah Inggris) untuk mendapatkan nilai manometer yang sebenarnya.

$$V = 160 \text{ V}$$

$$I = 6,2 \text{ A}$$

$$d = 0,095 \text{ m}$$

$$D = 0,146 \text{ m}$$

Analisa hasil pengamatan/pengukuran :

a. Densitas udara (ρ_u)

Kerapatan udara pada tekanan atmosfer dengan $T = 32 \text{ }^\circ\text{C} = 305 \text{ }^\circ\text{K}$

Dari tabel sifat udara pada tekanan atmosfer, diperoleh :

$$\rho_u \text{ pada } T = 300 \text{ }^\circ\text{K} = 1,774 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_u \text{ pada } T = 350 \text{ }^\circ\text{K} = 0,998 \text{ kg/m}^3$$

Dengan menggunakan metode interpolasi, didapatkan :

$$\rho_u = \frac{0,998 - ((0,998 - 1,774) \times (350 - 305))}{(350 - 300)}$$

$$\rho_u = 1,15946 \text{ kg/m}^3$$

b. Perbandingan tekanan (r_{pd})

$$r_{pd} = 1 - \frac{\Delta P}{P_{atm} + P_{sf}}, \text{ dimana digunakan metode trial \& error nilai } P_{sf} \approx 0$$

$$= 1 - \frac{1961,33}{95500 + 0}$$

$$= 0,97946$$

c. $\alpha\varepsilon$ (faktor pengukuran pada aliran) didapat dari grafik terhadap r_{pd} yang

terletak di lampiran

$$\alpha\varepsilon = 1,04100$$

$$\beta = \frac{d}{D} = \frac{0,095}{0,146} = 0,65$$

d. Laju aliran udara (Q_v)

$$\begin{aligned} Q_v &= \frac{\alpha \varepsilon}{\rho} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} (2 \rho_u \Delta p)^{1/2} \\ &= \frac{1,04100}{1,15946} \cdot \frac{\pi \cdot 0,095^2}{4} (2 \times 1,15946 \times 1961,33)^{1/2} \\ &= 0,42936 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

e. Kecepatan udara (V_b)

$$\begin{aligned} V_b &= \frac{Q_v}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} \\ &= \frac{0,42936}{\frac{\pi \cdot 0,146^2}{4}} = 25,6363 \text{ m/s} \end{aligned}$$

f. Bilangan reynold (Re)

$$Re = \frac{d \cdot V_b \cdot \rho}{\mu}$$

Dari tabel sifat udara pada tekanan atmosfer yang terletak pada lampiran, diperoleh :

$$\mu \text{ pada } T = 300 \text{ }^\circ\text{K} = 1,8462 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$$

$$\mu \text{ pada } T = 350 \text{ }^\circ\text{K} = 2,075 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$$

Dengan menggunakan metode interpolasi, didapatkan :

$$\mu = \frac{2,075 - ((2,075 - 1,8462) \times (350 - 305))}{(350 - 300)}$$

$$\mu = 1,86908 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$$

$$Re = \frac{0,095 \cdot 25,6363 \cdot 1,15946}{1,86908}$$

$$= 15,1080 \times 10^5$$

g. Koefisien gesek udara (δ_{24})

Dari grafik faktor gesekan udara yang terletak pada lampiran, nilai yang diperoleh $\delta_{24} = 0,2880$

h. Tekanan dinamik aliran (P_{d4})

$$P_{d4} = \frac{V_b^2 \rho}{2}$$

$$P_{d4} = \frac{(25,6363)^2 \cdot 1,5946}{2} = 381,01 \text{ Pa}$$

i. Tekanan statik pada fan (P_{sf})

$$\begin{aligned} P_{sf} &= P_{S4} + (\delta_{24} \times P_{d4}) \\ &= 372,6527 + (0,2880 \times 381,01) \\ &= 482,38 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai P_{sf} yang baru, maka nilai P_{sf} kembali dimasukkan ke persamaan b yaitu Perbandingan tekanan (rpd), dimana nilai P_{sf} yang nilainya 0 diganti dengan nilai 482,38 Pa kemudian dihitung kembali sampai mendapatkan nilai yang benar-benar sama (mendekati) nilai P_{sf} yang baru.

b. Perbandingan tekanan (rpd)

$$\begin{aligned} rpd &= 1 - \frac{\Delta P}{P_{atm} + P_{sf}}, \text{ dimana digunakan metode trial \& error nilai } P_{sf} \approx 0 \\ &= 1 - \frac{1961,33}{95500 + 482,38} \\ &= 0,97957 \end{aligned}$$

c. $\alpha\varepsilon$ (faktor pengukuran pada aliran) didapat dari grafik terhadap r_{pd} yang terletak di lampiran

$$\alpha\varepsilon = 1,04120$$

$$\beta = \frac{d}{D} = \frac{0,095}{0,146} = 0,65$$

d. Laju aliran udara (Q_v)

$$\begin{aligned} Q_v &= \frac{\alpha\varepsilon}{\rho} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} (2 \rho_u \Delta p)^{1/2} \\ &= \frac{1,04120}{1,15946} \cdot \frac{\pi \cdot 0,095^2}{4} (2 \times 1,15946 \times 1961,33)^{1/2} \\ &= 0,42945 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

e. Kecepatan udara (V_b)

$$\begin{aligned} V_b &= \frac{Q_v}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} \\ &= \frac{0,42945}{\frac{\pi \cdot 0,146^2}{4}} = 25,6412 \text{ m/s} \end{aligned}$$

f. Bilangan reynold (Re)

$$Re = \frac{d \cdot V \cdot \rho}{\mu}$$

Dari tabel sifat udara pada tekanan atmosfer yang terletak pada lampiran, diperoleh :

$$\mu \text{ pada } T = 300 \text{ }^\circ\text{K} = 1,8462 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$$

$$\mu \text{ pada } T = 350 \text{ }^\circ\text{K} = 2,075 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$$

Dengan menggunakan metode interpolasi, didapatkan :

$$\mu = \frac{2,075 - ((2,075 - 1,8642) \times (350 - 305))}{(350 - 300)}$$

$$\mu = 1,86908 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \text{Re} &= \frac{0,095 \cdot 25,6412 \cdot 1,15946}{1,86908} \\ &= 15,1109 \times 10^5 \end{aligned}$$

g. Koefisien gesek udara (δ_{24})

Dari grafik faktor gesekan udara yang terletak pada lampiran, nilai yang diperoleh $\delta_{24} = 0,2880$

h. Tekanan dinamik aliran (P_{d4})

$$P_{d4} = \frac{V_b^2 \rho}{2}$$

$$P_{d4} = \frac{(25,6412)^2 \cdot 1,15946}{2} = 381,16 \text{ Pa}$$

i. Tekanan statik pada fan (P_{sf})

$$\begin{aligned} P_{sf} &= P_{S4} + (\delta_{24} \times P_{d4}) \\ &= 372,6527 + (0,2880 \times 381,16) \\ &= 482,43 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Kembali lagi ke persamaan b yaitu Perbandingan tekanan (rpd). Nilai P_{sf} yang baru dimasukkan ke persamaan b, untuk mendapatkan nilai yang sama (mendekati) dengan nilai P_{sf} yang baru lagi.

b. Perbandingan tekanan (rpd)

$$\text{rpd} = 1 - \frac{\Delta P}{P_{\text{atm}} + P_{\text{sf}}}, \text{ dimana digunakan metode trial \& error nilai } P_{\text{sf}} \approx 0$$

$$= 1 - \frac{1961,33}{95500 + 482,43}$$

$$= 0,97957$$

c. $\alpha\varepsilon$ (faktor pengukuran pada aliran) didapat dari grafik terhadap r_{pd} yang terletak di lampiran

$$\alpha\varepsilon = 1,04120$$

$$\beta = \frac{d}{D} = \frac{0,095}{0,146} = 0,65$$

d. Laju aliran udara (Q_v)

$$Q_v = \frac{\alpha\varepsilon}{\rho} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} (2 \rho_u \Delta p)^{1/2}$$

$$= \frac{1,04120}{1,15946} \cdot \frac{\pi \cdot 0,095^2}{4} (2 \times 1,15946 \times 1961,33)^{1/2}$$

$$= 0,42945 \text{ m}^3/\text{s}$$

e. Kecepatan udara (V_b)

$$V_b = \frac{Q_v}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}}$$

$$= \frac{0,42945}{\frac{\pi \cdot 0,146^2}{4}} = 25,6412 \text{ m/s}$$

f. Bilangan reynold (Re)

$$Re = \frac{d \cdot V \cdot \rho}{\mu}$$

Dari tabel sifat udara pada tekanan atmosfer yang terletak pada lampiran, diperoleh :

$$\mu \text{ pada } T = 300 \text{ }^\circ\text{K} = 1,8462 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}$$

$$\mu \text{ pada } T = 350 \text{ }^\circ\text{K} = 2,075 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}$$

Dengan menggunakan metode interpolasi, didapatkan :

$$\mu = \frac{2,075 - ((2,075 - 1,8462) \times (350 - 305))}{(350 - 300)}$$

$$\mu = 1,86908 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}$$

$$\text{Re} = \frac{0,095 \cdot 25,6412 \cdot 1,15946}{1,86908}$$

$$= 15,1109 \times 10^5$$

g. Koefisien gesek udara (δ_{24})

Dari grafik faktor gesekan udara yang terletak pada lampiran, nilai yang diperoleh $\delta_{24} = 0,2880$

h. Tekanan dinamik aliran (P_{d4})

$$P_{d4} = \frac{V_b^2 \rho}{2}$$

$$P_{d4} = \frac{(25,6412)^2 \cdot 1,15946}{2} = 381,16 \text{ Pa}$$

i. Tekanan statik pada fan (P_{sf})

$$P_{sf} = P_{S4} + (\delta_{24} \times P_{d4})$$

$$= 372,6527 + (0,2880 \times 381,16)$$

$$= 482,43 \text{ Pa}$$

Setelah mendapatkan nilai P_{sf} yang sama maka bisa dilanjutkan ke persamaan j yaitu masukan daya untuk menggerakkan fan (N_f atau $P_{in f}$) sampai ke persamaan o yaitu Efisiensi system overall (η_s).

j. Masukan daya untuk menggerakkan fan (N_f atau $P_{in f}$)

$$\begin{aligned} N_f &= \frac{2\pi NT_q}{60} \\ &= \frac{2 \times (3,14) \times 3000 \times (2,78)}{60} \\ &= 873,71 \text{ watt} \end{aligned}$$

k. Daya Keluaran (N_u atau $P_{out f}$)

$$\begin{aligned} N_u &= Qv \cdot P_{sf} \\ &= (0,42945) \times (482,43) \\ &= 207,18 \text{ watt} \end{aligned}$$

l. Daya Listrik. (N_L atau P_{motor})

$$\begin{aligned} N_L &= V \times I \\ &= 160 \times 6,2 \\ &= 992 \text{ watt} \end{aligned}$$

m. Efisiensi fan (η_f)

$$\begin{aligned} \eta_f &= \frac{N_u}{N_f} \times 100\% \\ &= \frac{207,18}{873,71} \times 100\% \\ &= 23,71 \% \end{aligned}$$

n. Efisiensi motor listrik (η_m)

$$\begin{aligned} \eta_m &= \frac{N_f}{N_L} \times 100\% \\ &= \frac{873,71}{992} \times 100\% \\ &= 88,08 \% \end{aligned}$$

o. Efisiensi system overall (η_s)

$$\begin{aligned}\eta_s &= \frac{N_U}{N_L} \times 100 \% \\ &= \frac{207,18}{992} \times 100\% \\ &= 20,88 \%\end{aligned}$$

Dengan menggunakan cara yang sama, hasil analisa sebelum rekondisi pada putaran 1000 rpm sampai 3000 rpm dapat dilihat pada tabel 11 sampai tabel 15 dan setelah rekondisi pada putaran 1000 sampai 3000 dapat dilihat pada tabel 31 sampai tabel 35.

2. Analisa hasil pengamatan untuk pengujian pitot statik tube

Sebagai contoh perhitungan diambil pada Tabel 30 putaran 3000 setelah rekondisi, sebagai berikut :

Parameter hasil pengukuran nomor 1

Diketahui :

$$T_q = 1,57 \text{ Nm}$$

$$N = 3000 \text{ rpm}$$

$$T = 32 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P_{\text{atm}} = 95500 \text{ Pa}$$

$$\Delta P = 89 \text{ mmH}_2\text{O} = 872,823 \text{ Pa}$$

$$P_{S4} = P_{\text{sg}} = 87 \text{ mmH}_2\text{O} = 853,209 \text{ Pa}$$

$$V = 160 \text{ V}$$

$$I = 3,6 \text{ A}$$

$$d = 0,095 \text{ m}$$

$$D = 0,146 \text{ m}$$

Analisa hasil pengamatan/pengukuran :

a. Densitas udara (ρ_u)

Kerapatan udara pada tekanan atmosfer dengan $T = 32 \text{ }^\circ\text{C} = 305 \text{ }^\circ\text{K}$

Dari tabel sifat udara pada tekanan atmosfer, diperoleh :

$$\rho_u \text{ pada } T = 300 \text{ }^\circ\text{K} = 1,774 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_u \text{ pada } T = 350 \text{ }^\circ\text{K} = 0,998 \text{ kg/m}^3$$

Dengan menggunakan metode interpolasi, didapatkan :

$$\rho_u = \frac{0,998 - ((0,998 - 1,774) \times (350 - 305))}{(350 - 300)}$$

$$\rho_u = 1,15946 \text{ kg/m}^3$$

b. Perbandingan tekanan (r_{pd})

$$r_{pd} = 1 - \frac{\Delta P}{P_{atm} + P_{sf}}, \text{ dimana digunakan metode trial \& error nilai } P_{sf} \approx 0$$

$$r_{pd} = 1 - \frac{872,823}{95500 + 0}$$

$$r_{pd} = 0,99086$$

c. $\alpha\varepsilon$ (faktor pengukuran pada aliran) didapat dari grafik terhadap r_{pd} yang terletak di lampiran

$$\alpha\varepsilon = 1,04900$$

$$\beta = \frac{d}{D} = \frac{0,095}{0,146} = 0,65$$

d. Laju aliran udara (Q_v)

$$\begin{aligned} Q_v &= \frac{\alpha \varepsilon}{\rho} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} (2 \rho_u \Delta p)^{1/2} \\ &= \frac{1,04900}{1,15946} \cdot \frac{\pi \cdot 0,095^2}{4} \\ &= 0,2886 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

e. Kecepatan udara (V_b)

$$\begin{aligned} V_b &= 759,4 \sqrt{\frac{TP_v}{P_o(10^5 + PS)}} \\ &= 759,4 \sqrt{\frac{305 \times 872,823}{95500(10^5 + 853,209 \times 10^{-5})}} \\ &= 4,0094 \end{aligned}$$

f. Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{d \cdot V \cdot \rho}{\mu}$$

Dari tabel sifat udara pada tekanan atmosfer, diperoleh :

$$\mu \text{ pada } T = 300 \text{ }^\circ\text{K} = 1,8462 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\mu \text{ pada } T = 350 \text{ }^\circ\text{K} = 2,075 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

Dengan menggunakan metode interpolasi, didapatkan :

$$\mu = \frac{2,075 - ((2,075 - 1,8462) \times (350 - 305))}{(350 - 300)}$$

$$\mu = 1,86908 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

$$Re = \frac{0,095 \cdot 4,0094 \cdot 1,15946}{1,86908}$$

$$= 2,3628 \times 10^5$$

g. Koefisien gesek udara (δ_{24})

Dari grafik faktor gesekan udara yang terletak pada lampiran, nilai yang diperoleh $\delta_{24} = 0,2760$

$$h. P_{d4} = \frac{V_b^2 \rho}{2}$$

$$P_{d4} = \frac{(4,0094)^2 \cdot 1,5946}{2} = 9,32 \text{ Pa}$$

i. Tekanan statik pada fan (P_{sf})

$$\begin{aligned} P_{sf} &= P_{s4} + (\delta_{24} \times P_{d4}) \\ &= 853,209 + (0,2760 \times 9,32) \\ &= 855,78 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai P_{sf} yang baru, maka nilai P_{sf} kembali dimasukkan ke persamaan b yaitu Perbandingan tekanan (r_{pd}), dimana nilai P_{sf} yang 0 diganti dengan nilai 482,38 Pa sampai mendapatkan nilai yang benar-benar sama (mendekati) nilai P_{sf} yang baru .

b. Perbandingan tekanan (r_{pd})

$$\begin{aligned} r_{pd} &= 1 - \frac{\Delta P}{P_{atm} + P_{sf}}, \text{ dimana digunakan metode trial \& error nilai } P_{sf} \approx 0 \\ &= 1 - \frac{872,823}{95500 + 855,78} \\ &= 0,99094 \end{aligned}$$

c. $\alpha\varepsilon$ (faktor pengukuran pada aliran) didapat dari grafik terhadap r_{pd} yang terletak di lampiran

$$\alpha\varepsilon = 1,04840$$

$$\beta = \frac{d}{D} = \frac{0,095}{0,146} = 0,65$$

d. Laju aliran udara (Q_v)

$$\begin{aligned} Q_v &= \frac{\alpha \varepsilon}{\rho} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} (2 \rho_u \Delta p)^{1/2} \\ &= \frac{1,04840}{1,15946} \cdot \frac{\pi \cdot 0,095^2}{4} (2 \times 1,15946 \times 1961,33)^{1/2} \\ &= 0,2885 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

e. Kecepatan udara (V_b)

$$\begin{aligned} V_b &= 759,4 \sqrt{\frac{TP_v}{P_o(10^5 + PS)}} \\ &= 759,4 \sqrt{\frac{305 \times 872,823}{95500(10^5 + 853,209 \times 10^{-5})}} \\ &= 4,0094 \end{aligned}$$

f. Bilangan reynold (Re)

$$Re = \frac{d \cdot V \cdot \rho}{\mu}$$

Dari tabel sifat udara pada tekanan atmosfer yang terletak pada lampiran, diperoleh :

$$\mu \text{ pada } T = 300 \text{ }^\circ\text{K} = 1,8462 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$$

$$\mu \text{ pada } T = 350 \text{ }^\circ\text{K} = 2,075 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$$

Dengan menggunakan metode interpolasi, didapatkan :

$$\mu = \frac{2,075 - ((2,075 - 1,8462) \times (350 - 305))}{(350 - 300)}$$

$$\mu = 1,86908 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \text{Re} &= \frac{0,095.4,0094.1,15946}{1,86908} \\ &= 2.3628 \times 10^5 \end{aligned}$$

g. Koefisien gesek udara (δ_{24})

Dari grafik faktor gesekan udara yang terletak pada lampiran, nilai yang diperoleh $\delta_{24} = 0,2760$

h. Tekanan dinamik aliran (P_{d4})

$$\begin{aligned} P_{d4} &= \frac{V_b^2 \rho}{2} \\ P_{d4} &= \frac{(4,0094)^2 \cdot 1,15946}{2} = 9,32 \text{ Pa} \end{aligned}$$

i. Tekanan statik pada fan (P_{sf})

$$\begin{aligned} P_{sf} &= P_{S4} + (\delta_{24} \times P_{d4}) \\ &= 853,209 + (0,2760 \times 9,32) \\ &= 855,78 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai P_{sf} yang sama maka bisa dilanjutkan ke persamaan j yaitu masukan daya untuk menggerakkan fan (N_f atau $P_{in f}$) sampai ke persamaan o yaitu Efisiensi system overall (η_s).

j. Masukan daya untuk menggerakkan fan (N_f atau $P_{in f}$)

$$\begin{aligned} N_f &= \frac{2\pi NT_q}{60} \\ &= \frac{2 \times (3,14) \times 3000 \times (1,57)}{60} \\ &= 493,43 \text{ watt} \end{aligned}$$

k. Daya Keluaran (N_U atau P_{out})

$$\begin{aligned}N_U &= Q_v \cdot P_{sf} \\ &= (0.2885) \times (855,78) \\ &= 246,86 \text{ watt}\end{aligned}$$

l. Daya Listrik (N_L atau P_{motor})

$$\begin{aligned}N_L &= V \times I \\ &= 160 \times 3,6 \\ &= 576 \text{ watt}\end{aligned}$$

m. Efisiensi fan (η_f)

$$\begin{aligned}\eta_f &= \frac{N_U}{N_F} \times 100\% \\ &= \frac{246,86}{493,43} \times 100\% \\ &= 50,03 \%\end{aligned}$$

n. Efisiensi motor listrik (η_m)

$$\begin{aligned}\eta_m &= \frac{N_F}{N_L} \times 100\% \\ &= \frac{493,43}{576} \times 100\% \\ &= 85,66 \%\end{aligned}$$

o. Efisiensi system overall (η_s)

$$\begin{aligned}\eta_s &= \frac{N_U}{N_L} \times 100\% \\ &= \frac{246,86}{576} \times 100\% \\ &= 42,86 \%\end{aligned}$$



Dengan menggunakan cara yang sama, hasil analisa sebelum rekondisi pada putaran 1000 rpm sampai 3000 rpm dapat dilihat pada tabel 6 sampai tabel 10 dan setelah rekondisi pada putaran 1000 sampai 3000 dapat dilihat pada tabel 36 sampai tabel 40.

B. Pembahasan

1. Kondisi fan test sebelum rekondisi

Sebelum melakukan rekondisi dilakukan pemeriksaan awal pada alat fan test dan didapatkan bahwa keadaan awal alat fan test yaitu :

a. Saluran Uji

Saluran uji banyak mengalami kebocoran pada sambungan saluran uji, dan berdebu serta banyak kotoran dan terak yang melekat.

b. Pitot tube

Pada fan test dudukan pitot tube rusak sehingga tidak dapat digunakan untuk praktikum.

c. Kaki penyangga

Kaki penyangga yang terdapat pada fan test cuma ada dua dan kondisinya tidak dapat berfungsi dengan baik.

d. Seal saluran

Pada saluran uji tidak terdapat seal saluran yang ada Cuma kabel-kabel kecil yang digunakan sebagai pengganti seal saluran sehingga mengakibatkan kebocoran.

e. Indikator panel

Pada indikator panel meter tegangan dan arus terbaca dengan baik sedangkan meter torsi, meter kecepatan dan meter suhu pembacaannya tidak tepat.

f. Manometer

Pada manometer untuk mengukur tekanan statik rusak karena tabungnya sudah tidak ada lagi, sedangkan untuk mengukur tekanan dinamis tidak berfungsi dengan baik.

g. Selang

Selang yang digunakan tidak berfungsi dengan baik karena banyaknya kotoran yang melekat di dalam selang sehingga bisa mempengaruhi laju aliran udara.

2. Kondisi fan test setelah rekondisi

Setelah melakukan rekondisi pada fan test maka didapatkan kondisi fan test adalah :

a. Saluran uji

Metode-metode perbaikan yang dilakukan pada saluran uji yaitu membuka saluran uji yang terpasang pada fan, melepas seal yang ada pada saluran uji, membuka baut pengikat pada saluran uji. Setelah melakukan pembongkaran maka langkah selanjutnya yaitu mengecek kerusakan. Kerusakan yang terdapat pada saluran uji yaitu pada saluran uji banyak terdapat kebocoran dan karat yang dapat menghambat laju aliran udara. Sebagai metode perbaikan yang dilakukan yaitu melakukan pengamplasan pada bagian luar

saluran uji untuk menghilangkan karat serta terak yang melekat dan membersihkan bagian dalam saluran uji dengan kompresor. Setelah rekondisi maka pada saluran uji tidak terdapat lagi kebocoran.

b. Pitot tube

Metode-metode yang dilakukan perbaikan yang dilakukan pada pitot tube yaitu untuk pitot tube yang hilang, dibuatkan yang baru kemudian merekatkan pitot tube pada saluran uji dengan lem besi. Setelah rekondisi maka pitot tube dapat digunakan kembali lagi.

c. Kaki penyangga

Metode-metode perbaikan yang dilakukan pada kaki penyangga yaitu melepas stan kaki pada saluran uji. Sebagai metode perbaikan yang dilakukan yaitu melepas kaki penyangga pada saluran uji. Setelah melakukan pembongkaran maka langkah selanjutnya yaitu mengecek kerusakan. Kerusakan pada stan kaki yaitu kerusakan total akibat timbulnya karat pada bodi dan baut stan kaki sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik . Akibat kerusakan pada stan kaki maka dilakukan penggantian dengan membuat baru stan kaki sebanyak 3 buah. Setelah rekondisi kaki penyangga dapat berfungsi dengan baik menopang saluran uji untuk tetap tegak lurus saat praktikum.

d. Seal saluran

Pada saluran uji seal saluran tidak ada maka dilakukan penggantian untuk setiap sambungan saluran uji (sela-sela), setelah penggantian maka tidak terdapat lagi kebocoran pada setiap sambungan saluran uji.

e. Indikator panel

Perbaikan yang dilakukan pada meter kecepatan yaitu mengkalibrasi ulang. Pada saat mengkalibrasi ulang putaran tidak sama (mempunyai selisih) di alat ukur dan alat stroboskop. Contohnya alat ukur menunjukkan 2111 rpm sedangkan pada stroboskop menunjukkan 2056. Perbaikan pada meter torsi yaitu mengkalibrasi ulang. Pada saat mengkalibrasi ulang, hasil kalibrasi torsi tidak sama (alat ukur menunjukkan 7,65 Nm yang seharusnya pada 8 Nm untuk supply berat pada ikat gantungan berat 5 kg). Untuk meter suhu dilakukan penggantian tetapi kendalanya alatnya susah didapatkan, maka digunakan termokopel.

f. Manometer

Metode-metode perbaikan yang dilakukan pada manometer yaitu membuka baut dan pengikat pada manometer, melepas tabung yang ada pada sisi belakang manometer, melepas pipa pengukur. Setelah melakukan pembongkaran maka langkah selanjutnya yaitu mengecek kerusakan. Kerusakan yang terdapat pada manometer yaitu tabung pengukur tekanan statik rusak. Sebagai metode perbaikan yang dilakukan yaitu membersihkan tabung manometer dan pipa pengukur dengan kompresor, akibat tabung pengukur tekanan statik rusak maka dilakukan penggantian(dibuat baru). Setelah rekondisi maka kedua manometer dapat digunakan kembali untuk praktikum.

g. Selang

Selang yang digunakan tidak berfungsi dengan baik maka dilakukan penggantian dengan selang baru sebanyak 4 selang, sehingga laju aliran udara tidak terhambat dan pengukuran pada manometer bisa optimal.

3. Hasil pengamatan/pengukuran pada pengujian peralatan

a. Sebelum rekondisi

Hasil pengamatan sebelum rekondisi pada hasil pengamatan (pengambilan data) terlihat bahwa pengambilan data untuk pengujian venturi nozzle dan pitot statik tube tidak optimal karena banyaknya kerusakan pada fan test, pada tekanan statik seharusnya bisa mencapai angka nol tetapi kenyataannya tidak bisa.

b. Setelah rekondisi

Hasil pengamatan setelah rekondisi pada hasil pengamatan (pengambilan data) terlihat bahwa pengambilan data untuk pengujian venturi nozzle dan pitot statik tube telah optimal karena komponen-komponen yang rusak pada fan test telah baik. Data pada tekanan statik sudah bisa mencapai angka nol.

4. Hasil analisa dan grafik pengamatan /pengukuran pengujian peralatan

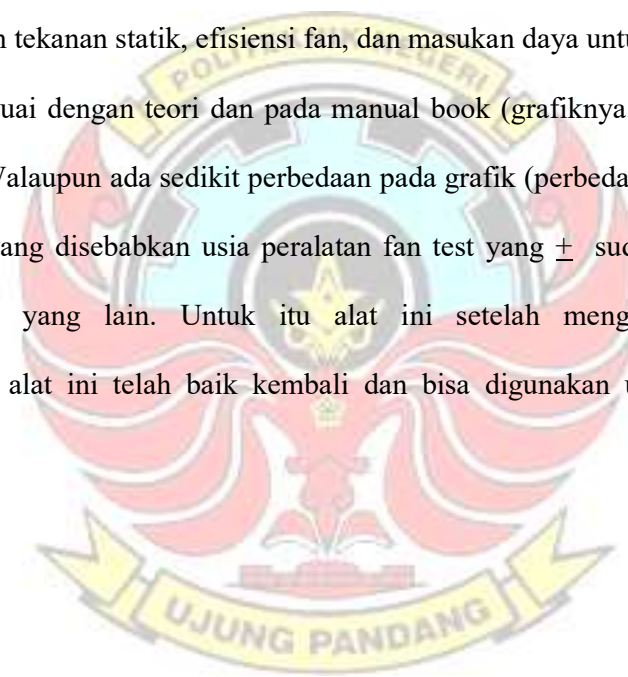
a. Sebelum rekondisi

Dari hasil analisa dan grafik pengujian venturi nozzle dan pipa statik pitot terlihat bahwa grafik hasil analisa yang menunjukkan hubungan antara laju aliran udara dengan tekanan statik, efisiensi fan, dan masukan daya untuk menggerakkan fan tidak sesuai dengan teori dan pada manual book (grafiknya bisa dilihat pada

lampiran), seperti garis warna hijau, biru, merah bentuknya tidak beraturan sehingga disimpulkan alat ini (fan) telah mengalami banyak kerusakan sehingga diperlukan rekondisi agar alat ini bisa berfungsi lagi sebagaimana mestinya dan menghindari bertambahnya kerusakan yang lebih parah lagi.

b. Setelah rekondisi

Dari hasil analisa dan grafik pengujian venturi nozzle dan pipa statik pitot terlihat bahwa grafik hasil analisa yang menunjukkan hubungan antara laju aliran udara dengan tekanan statik, efisiensi fan, dan masukan daya untuk menggerakkan fan telah sesuai dengan teori dan pada manual book (grafiknya bisa dilihat pada lampiran). Walaupun ada sedikit perbedaan pada grafik (perbedaannya tidak begitu mencolok) yang disebabkan usia peralatan fan test yang \pm sudah 20 tahun dan faktor-faktor yang lain. Untuk itu alat ini setelah mengalami rekondisi, disimpulkan alat ini telah baik kembali dan bisa digunakan untuk mahasiswa praktikum.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Peralatn pengujian fan dapat digunakan kembali secara optimal.
2. Alat ukur venturi nozzle dan pitot statik tube telah digunakan mengukur laju aliran udara yang sebenarnya di dalam saluran uji.
3. Karakteristik pengujian fan setelah rekondisi telah menyamai karakteristik pada saat alat ini digunakan pertama kali (uji karakteristik setelah proses pabrikasi).

B. Saran

1. Mahasiswa dan dosen bertanggung jawab atas peralatan serta teknisi diharuskan melakukan pengecekan tiap komponen peralatan sebelum dan sesudah peralatn digunakan, agar tidak ada komponen yang hilang (tercecer) maupun rusak.
2. Menjaga kebersihan peralatan sebelum dan sesudah digunakan.
3. Memupuk rasa saling memiliki diantara civitas akademia demi life time peralatan yang panjang.

DAFTAR PUSTAKA

Budiarso, Harinaldi. 2005. *Mekanika Fluida jilid 1*. Jakarta: Universitas Indonesia.

Church, H dan Zulkifli Hararap. 1990. *Pompa dan blower sentrifugal*. Jakarta: Erlangga.

Dietzel frit. 1980. *Turbin Pompa dan Compressor*. Jakarta: Erlangga.

Priambodo, Bambang dan Dugdale. Jakarta: Erlangga

Sularso. 1991. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: PT. Pradnya Pramita.

Wyle, Benyamin dan Streeter. 1985. Jakarta: Erlangga

Maridjo. 1999. *Petunjuk Praktikum Mesin Konversi Energi*. Bandung: Pusat Pengembangan Pendidikan Politeknik.





Lampiran 1 : Data dan hasil analisa fan sebelum rekondisi

Tabel 1. Data pengujian venturi nozzle untuk putaran 2000

No.	N (rpm)	Tq (Nm)	T (°C)	ΔP (mmH ₂ O)	P _{sg} (mmH ₂ O)	V (Volt)	I (Amp)
1.	2000	1.08	32	78	15	100	2.6
2.	2000	1.07	32	76	15	100	2.3
3.	2000	1.06	32	75	16	100	2.3
4.	2000	1.05	32	74	16	100	2.2
5.	2000	1	32	72	17	100	2.2
6.	2000	0.98	32	70	18	100	2.1
7.	2000	0.94	32	68	20	100	2
8.	2000	0.85	32	62	22	100	1.9
9.	2000	0.8	32	54	25	100	1.7
10.	2000	0.75	32	42	27	100	1.5
11.	2000	0.66	32	33	30	100	1.4
12.	2000	0.62	32	21	33	100	1.2
13.	2000	0.55	32	10	35	100	0.9
14.	2000	0.32	32	4	35	100	0.6
15.	2000	0.26	32	2	36	100	0.4

Tabel 2. Data pengujian venturi nozzle untuk putaran 2500

No.	N (rpm)	Tq (Nm)	T (°C)	ΔP (mmH ₂ O)	P _{sg} (mmH ₂ O)	V (Volt)	I (Amp)
1.	2500	1.35	32	130	25	180	4.1
2.	2500	1.34	32	128	26	120	4
3.	2500	1.33	32	126	26	120	4
4.	2500	1.3	32	124	28	120	3.9
5.	2500	1.28	32	121	29	120	3.9
6.	2500	1.25	32	116	32	120	3.8
7.	2500	1.2	32	108	35	120	3.7
8.	2500	1.11	32	97	36	120	3.5
9.	2500	1.02	32	86	39	120	3.1
10.	2500	0.94	32	71	42	120	3
11.	2500	0.86	32	51	48	120	2.6
12.	2500	0.63	32	45	53	120	2.2
13.	2500	0.45	32	28	56	120	1.4
14.	2500	0.32	32	7	57	120	1
15.	2500	0.21	32	3	57	120	0.5

Tabel 3. Data pengujian venturi nozzle untuk putaran 3000

No.	N (rpm)	Tq (Nm)	T (°C)	ΔP (mmH ₂ O)	P _{sg} (mmH ₂ O)	V (Volt)	I (Amp)
1.	3000	2.44	32	186	32	155	5.8
2.	3000	2.42	32	182	34	155	5.8
3.	3000	2.41	32	180	35	155	5.7
4.	3000	2.37	32	175	37	155	5.6
5.	3000	2.35	32	171	38	155	5.6
6.	3000	2.3	32	166	39	155	5.5
7.	3000	2.27	32	160	41	155	5.3
8.	3000	2.21	32	144	44	155	5.1
9.	3000	2.13	32	133	50	155	4.9
10.	3000	2.11	32	120	55	155	4.6
11.	3000	1.02	32	105	62	155	3.2
12.	3000	0.98	32	74	66	155	2.6
13.	3000	0.9	32	44	74	155	2
14.	3000	0.81	32	12	75	155	1.1
15.	3000	0.72	32	6	76	155	0.9

Tabel 4. Data pengujian pitot statik tube untuk putaran 2000

No.	N (rpm)	Tq (Nm)	T (°C)	ΔP (mmH ₂ O)	P _{sg} (mmH ₂ O)	V (Volt)	I (Amp)
1.	2000	0.59	32	30	32	100	1.2
2.	2000	0.57	32	29	32	100	1.2
3.	2000	0.56	32	29	32	100	1.2
4.	2000	0.56	32	28	33	100	1.1
5.	2000	0.54	32	27	33	100	1.1
6.	2000	0.53	32	26	33	100	1.1
7.	2000	0.52	32	26	34	100	1
8.	2000	0.49	32	24	34	100	1
9.	2000	0.46	32	20	34	100	1
10.	2000	0.39	32	15	35	100	0.8
11.	2000	0.36	32	9	35	100	0.7
12.	2000	0.3	32	6	35	100	0.6
13.	2000	0.22	32	4	36	100	0.4
14.	2000	0.17	32	3	36	100	0.4
15.	2000	0.1	32	2	37	100	0.3

Tabel 5. Data pengujian pitot statik tube untuk putaran 2500

No.	N (rpm)	Tq (Nm)	T (°C)	ΔP (mmH ₂ O)	P _{sg} (mmH ₂ O)	V (Volt)	I (Amp)
1.	2500	0.91	32	58	55	130	2.2
2.	2500	0.9	32	57	55	130	2.2
3.	2500	0.88	32	56	55	130	2.2
4.	2500	0.86	32	55	57	130	2.2
5.	2500	0.85	32	53	57	130	2.2
6.	2500	0.84	32	52	57	130	2.1
7.	2500	0.8	32	49	58	130	2.1
8.	2500	0.75	32	44	59	130	2.1
9.	2500	0.69	32	39	59	130	2
10.	2500	0.66	32	36	59	130	2
11.	2500	0.5	32	21	60	130	2
12.	2500	0.36	32	11	60	130	1.6
13.	2500	0.31	32	7	61.5	130	1.1
14.	2500	0.28	32	4	61.5	130	0.8
15.	2500	0.19	32	2	62	130	0.6

Tabel 6. Data pengujian pitot statik tube untuk putaran 3000

No.	N (rpm)	Tq (Nm)	T (°C)	ΔP (mmH ₂ O)	P _{sg} (mmH ₂ O)	V (Volt)	I (Amp)
1.	3000	1.4	32	83	80	150	3
2.	3000	1.38	32	81	81	150	3
3.	3000	1.37	32	80	81	150	3
4.	3000	1.36	32	79	81.5	150	2.9
5.	3000	1.31	32	76	81.5	150	2.9
6.	3000	1.3	32	74	82	150	2.9
7.	3000	1.24	32	68	83	150	2.8
8.	3000	1.19	32	63	83	150	2.7
9.	3000	1.09	32	52	83	150	2.6
10.	3000	1.03	32	43	84	150	2.6
11.	3000	0.97	32	32	84	150	2.2
12.	3000	0.77	32	21	84	150	1.8
13.	3000	0.62	32	8	84.5	150	1.6
14.	3000	0.51	32	4	84.5	150	1.4
15.	3000	0.22	32	2	85	150	0.8

Tabel 7. Hasil analisa pengujian venturi nozzle dengan putaran 2000

No.	ΔP (Pa)	P_{sg} (Pa)	r_{pd}	$\alpha\varepsilon$	u (kJ/kg. $^{\circ}C$)	Q_v (m ³ /s)	V_b (m/s)	Re (x 10 ⁵)	δ_{24}	P_{d4} (Pa)	P_{sf} (Pa)	N_f (Watt)	N_U (Watt)	N_L (Watt)	η_f (%)	η_{motor} (%)	η_{sistem} (%)
1.	376.6999	94.1750	0.99606	1.04819	1.86908	0.18947	26.7193	15.7462	0.2808	413.88	210.39	226.29	39.86	260.00	17.62	87.03	15.33
2.	357.8649	103.5925	0.99625	1.04840	1.86908	0.18471	26.0480	15.3506	0.2804	393.34	213.89	224.19	39.51	230.00	17.62	97.47	17.18
3.	348.4474	122.4275	0.99635	1.04850	1.86908	0.18228	25.7054	15.1487	0.2800	383.07	229.69	222.10	41.87	230.00	18.85	96.56	18.20
4.	329.6124	141.2625	0.99655	1.04860	1.86908	0.17730	25.0034	14.7350	0.2788	362.43	242.31	220.00	42.96	220.00	19.53	100.00	19.53
5.	320.1949	150.6800	0.99665	1.04881	1.86908	0.17478	24.6485	14.5259	0.2800	352.22	249.30	209.52	43.57	220.00	20.80	95.24	19.81
6.	301.3599	169.5150	0.99684	1.04901	1.86908	0.16960	23.9172	14.0949	0.2800	331.62	262.37	205.33	44.50	210.00	21.67	97.78	21.19
7.	282.5249	178.9324	0.99704	1.04922	1.86908	0.16425	23.1623	13.6500	0.2860	311.02	267.88	196.95	44.00	200.00	22.34	98.48	22.00
8.	273.1074	197.7674	0.99714	1.04983	1.86908	0.16158	22.7862	13.4284	0.2808	301.00	282.29	178.10	45.61	190.00	25.61	93.73	24.01
9.	235.4374	207.1849	0.99753	1.05065	1.86908	0.15014	21.1730	12.4777	0.2816	259.89	280.37	167.62	42.09	170.00	25.11	98.60	24.76
10.	216.6024	226.0199	0.99773	1.05189	1.86908	0.14418	20.3324	11.9823	0.2800	239.66	293.13	157.14	42.26	150.00	26.89	104.76	28.18
11.	169.5150	235.4374	0.99822	1.05281	1.86908	0.12766	18.0028	10.6094	0.2816	187.89	288.35	138.29	36.81	140.00	26.62	98.78	26.29
12.	141.2625	254.2724	0.99852	1.05404	1.86908	0.11667	16.4535	9.6964	0.2800	156.94	298.22	129.90	34.79	120.00	26.78	108.25	28.99
13.	94.1750	263.6899	0.99901	1.05417	1.86908	0.09527	13.4359	7.9180	0.2791	104.65	292.90	115.24	27.91	90.00	24.22	128.04	31.01
14.	47.0875	282.5249	0.99951	1.05479	1.86908	0.06741	9.5062	5.6022	0.2786	52.39	297.12	67.05	20.03	60.00	29.87	111.75	33.38
15.	18.8350	310.7774	0.99980	1.05499	1.86908	0.04264	6.0134	3.5438	0.2780	20.96	316.61	54.48	13.50	40.00	24.78	136.19	33.75

Tabel 8. Hasil Analisa Pengujian Venturi Nozzle dengan Putaran 2500

No.	ΔP (Pa)	P_{sg} (Pa)	r_{pd}	$\alpha\epsilon$	u (kJ/kg. $^{\circ}C$)	Q_v (m ³ /s)	V_b (m/s)	Re (x 10 ⁵)	δ_{24}	P_{d4} (Pa)	P_{sf} (Pa)	N_f (Watt)	N_U (Watt)	N_L (Watt)	η_f (%)	η_{motor} (%)	η_{sistem} (%)
1.	725.1473	141.2625	0.99241	1.04285	1.86908	0.26154	36.8826	21.7357	0.2779	788.62	360.42	353.57	94.26	738.00	26.66	47.91	12.77
2.	706.3123	150.6800	0.99260	1.04306	1.86908	0.25817	36.4078	21.4559	0.2777	768.45	364.08	350.95	93.99	480.00	26.78	73.12	19.58
3.	678.0598	150.6800	0.99290	1.04326	1.86908	0.25300	35.6791	21.0264	0.2771	737.99	355.18	348.33	89.86	480.00	25.80	72.57	18.72
4.	649.8073	169.5150	0.99320	1.04347	1.86908	0.24773	34.9349	20.5878	0.2771	707.53	365.57	340.48	90.56	468.00	26.60	72.75	19.35
5.	630.9723	178.9324	0.99339	1.04377	1.86908	0.24418	34.4348	20.2931	0.2762	687.42	368.80	335.24	90.05	468.00	26.86	71.63	19.24
6.	621.5548	178.9324	0.99349	1.04429	1.86908	0.24247	34.1938	20.1511	0.2777	677.83	367.17	327.38	89.03	456.00	27.19	71.79	19.52
7.	602.7198	197.7674	0.99369	1.04511	1.86908	0.23896	33.6982	19.8590	0.2771	658.32	380.19	314.29	90.85	444.00	28.91	70.79	20.46
8.	574.4673	197.7674	0.99398	1.04624	1.86908	0.23354	32.9345	19.4090	0.2762	628.82	371.45	290.71	86.75	420.00	29.84	69.22	20.65
9.	546.2148	226.0199	0.99428	1.04737	1.86908	0.22797	32.1491	18.9461	0.2762	599.19	391.52	267.14	89.25	372.00	33.41	71.81	23.99
10.	470.8749	226.0199	0.99507	1.04891	1.86908	0.21198	29.8936	17.6169	0.2759	518.06	368.95	246.19	78.21	360.00	31.77	68.39	21.72
11.	423.7874	235.4374	0.99556	1.05096	1.86908	0.20149	28.4150	16.7455	0.2753	468.08	364.30	225.24	73.40	312.00	32.59	72.19	23.53
12.	282.5249	235.4374	0.99704	1.05158	1.86908	0.16462	23.2144	13.6807	0.2748	312.42	321.29	165.00	52.89	264.00	32.05	62.50	20.03
13.	235.4374	244.8549	0.99753	1.05232	1.86908	0.15038	21.2067	12.4975	0.2740	260.72	316.29	117.86	47.56	168.00	40.36	70.15	28.31
14.	141.2625	263.6899	0.99852	1.05448	1.86908	0.11672	16.4603	9.7004	0.2744	157.07	306.79	83.81	35.81	120.00	42.73	69.84	29.84
15.	47.0875	263.6899	0.99951	1.05489	1.86908	0.06742	9.5071	5.6027	0.2740	52.40	278.05	55.00	18.74	60.00	34.08	91.67	31.24

Tabel 9. Hasil Analisa Pengujian venturi Nozzle dengan Putaran 3000

No.	ΔP (Pa)	P_{sg} (Pa)	r_{pd}	$\alpha\epsilon$	u (kJ/kg.°C)	Q_v (m ³ /s)	V_b (m/s)	Re (x 10 ⁵)	δ_{24}	P_{d4} (Pa)	P_{sf} (Pa)	N_f (Watt)	N_U (Watt)	N_L (Watt)	η_f (%)	η_{motor} (%)	η_{sistem} (%)
1.	904.0797	301.3599	0.99053	1.03710	1.86908	0.29042	40.9554	24.1359	0.2494	972.41	543.88	766.86	157.95	899.00	20.60	85.30	17.57
2.	866.4097	320.1949	0.99093	1.03751	1.86908	0.28442	40.1089	23.6370	0.2498	932.63	553.17	760.57	157.33	899.00	20.69	84.60	17.50
3.	847.5748	329.6124	0.99112	1.03772	1.86908	0.28136	39.6786	23.3834	0.2500	912.72	557.79	757.43	156.94	883.50	20.72	85.73	17.76
4.	800.4873	348.4474	0.99162	1.03823	1.86908	0.27357	38.5796	22.7358	0.2502	862.86	564.34	744.86	154.39	868.00	20.73	85.81	17.79
5.	762.8173	357.8649	0.99201	1.03864	1.86908	0.26716	37.6758	22.2031	0.2510	822.91	564.41	738.57	150.79	868.00	20.42	85.09	17.37
6.	715.7298	367.2824	0.99251	1.03915	1.86908	0.25891	36.5124	21.5175	0.2515	772.87	561.66	722.86	145.42	852.50	20.12	84.79	17.06
7.	659.2248	386.1174	0.99310	1.03977	1.86908	0.24863	35.0624	20.6630	0.2540	712.70	567.14	713.43	141.01	821.50	19.76	86.84	17.16
8.	508.5449	414.3699	0.99467	1.04141	1.86908	0.21872	30.8442	18.1771	0.2580	551.53	556.67	694.57	121.75	790.50	17.53	87.86	15.40
9.	404.9524	470.8749	0.99576	1.04254	1.86908	0.19539	27.5538	16.2380	0.2590	440.14	584.87	669.43	114.28	759.50	17.07	88.14	15.05
10.	282.5249	517.9623	0.99704	1.04388	1.86908	0.16341	23.0444	13.5806	0.2600	307.86	598.01	663.14	97.72	713.00	14.74	93.01	13.71
11.	141.2625	583.8848	0.99852	1.04542	1.86908	0.11572	16.3189	9.6171	0.2620	154.39	624.33	320.57	72.25	496.00	22.54	64.63	14.57
12.	113.0100	621.5548	0.99882	1.04760	1.86908	0.10372	14.6265	8.6197	0.2660	124.02	654.55	308.00	67.89	403.00	22.04	76.43	16.85
13.	94.1750	696.8948	0.99901	1.05068	1.86908	0.09496	13.3914	7.8918	0.2750	103.96	725.48	282.86	68.89	310.00	24.36	91.24	22.22
14.	75.3400	706.3123	0.99921	1.05397	1.86908	0.08520	12.0151	7.0808	0.2860	83.69	730.25	254.57	62.22	170.50	24.44	149.31	36.49
15.	56.5050	715.7298	0.99941	1.05458	1.86908	0.07383	10.4114	6.1357	0.0000	62.84	715.73	226.29	52.84	139.50	23.35	162.21	37.88

Tabel 10. Hasil Analisa Pengujian pitot statik tube dengan Putaran 2000

No.	ΔP (Pa)	P_{sg} (Pa)	r_{pd}	$\alpha\varepsilon$	u (kJ/kg. $^{\circ}C$)	Q_v (m ³ /s)	V_b (m/s)	Re (x 10 ⁵)	δ_{24}	P_{d4} (Pa)	P_{sf} (Pa)	N_f (Watt)	N_U (Watt)	N_L (Watt)	η_f (%)	η_{motor} (%)	η_{sistem} (%)
1.	282.5249	207.1849	0.99704	1.05212	1.86908	0.1647	2.2811	1.3443	0.2745	3.02	208.01	123.62	34.26	120.00	27.71	103.02	28.55
2.	273.1074	207.1849	0.99714	1.05222	1.86908	0.1619	2.2428	1.3217	0.2740	2.92	207.98	119.43	33.68	120.00	28.20	99.52	28.07
3.	273.1074	207.1849	0.99714	1.05222	1.86908	0.1619	2.2428	1.3217	0.2732	2.92	207.98	117.33	33.68	120.00	28.71	97.78	28.07
4.	263.6899	216.6024	0.99724	1.05232	1.86908	0.1591	2.2038	1.2987	0.2732	2.82	217.37	117.33	34.59	110.00	29.48	106.67	31.45
5.	254.2724	216.6024	0.99734	1.05243	1.86908	0.1563	2.1641	1.2753	0.2728	2.71	217.34	113.14	33.97	110.00	30.02	102.86	30.88
6.	244.8549	216.6024	0.99744	1.05253	1.86908	0.1534	2.1236	1.2515	0.2728	2.61	217.32	111.05	33.33	110.00	30.02	100.95	30.30
7.	244.8549	226.0199	0.99744	1.05253	1.86908	0.1534	2.1236	1.2515	0.2724	2.61	226.73	108.95	34.78	100.00	31.92	108.95	34.78
8.	226.0199	226.0199	0.99763	1.05274	1.86908	0.1474	2.0403	1.2024	0.2720	2.41	226.68	102.67	33.41	100.00	32.54	102.67	33.41
9.	188.3499	226.0199	0.99803	1.05315	1.86908	0.1346	1.8625	1.0976	0.2713	2.01	226.57	96.38	30.50	100.00	31.64	96.38	30.50
10.	141.2625	235.4374	0.99852	1.05366	1.86908	0.1166	1.6130	0.9506	0.2710	1.51	235.85	81.71	27.51	80.00	33.66	102.14	34.38
11.	84.7575	235.4374	0.99911	1.05428	1.86908	0.0904	1.2494	0.7363	0.2710	0.90	235.68	75.43	21.30	70.00	28.24	107.76	30.44
12.	56.5050	235.4374	0.99941	1.05458	1.86908	0.0738	1.0201	0.6012	0.2708	0.60	235.60	62.86	17.39	60.00	27.67	104.76	28.99
13.	37.6700	244.8549	0.99961	1.05479	1.86908	0.0603	0.8329	0.4909	0.2713	0.40	244.96	46.10	14.77	40.00	32.04	115.24	36.92
14.	28.2525	244.8549	0.99970	1.05489	1.86908	0.0522	0.7214	0.4251	0.2710	0.30	244.94	35.62	12.79	40.00	35.91	89.05	31.98
15.	18.8350	254.2724	0.99980	1.05499	1.86908	0.0427	0.5890	0.3460	0.2706	0.20	254.33	20.95	10.86	30.00	51.84	69.84	36.21

Tabel 11. Hasil Analisa Pengujian pitot statik tube dengan Putaran 2500

No.	ΔP (Pa)	P_{sg} (Pa)	r_{pd}	$\alpha \varepsilon$	u (kJ/kg.°C)	Q_v (m ³ /s)	V_b (m/s)	Re (x 10 ⁵)	δ_{24}	P_{d4} (Pa)	P_{sf} (Pa)	N_f (Watt)	N_U (Watt)	N_L (Watt)	η_r (%)	η_{motor} (%)	η_{sistem} (%)
1.	489.7099	329.6124	0.99487	1.04924	1.86908	0.2162	3.0032	1.7699	0.2666	5.23	331.01	238.33	71.58	286.00	30.03	83.33	25.03
2.	480.2924	329.6124	0.99497	1.04935	1.86908	0.2142	2.9742	1.7528	0.2663	5.13	330.98	235.71	70.89	286.00	30.07	82.42	24.79
3.	470.8749	329.6124	0.99507	1.04945	1.86908	0.2121	2.9449	1.7355	0.2661	5.03	330.95	230.48	70.19	286.00	30.45	80.59	24.54
4.	461.4574	348.4474	0.99517	1.04955	1.86908	0.2100	2.9153	1.7181	0.2659	4.93	349.76	225.24	73.44	286.00	32.61	78.75	25.68
5.	452.0399	348.4474	0.99527	1.04976	1.86908	0.2079	2.8854	1.7004	0.2657	4.83	349.73	222.62	72.70	286.00	32.65	77.84	25.42
6.	442.6224	348.4474	0.99537	1.04986	1.86908	0.2057	2.8552	1.6826	0.2655	4.73	349.70	220.00	71.94	273.00	32.70	80.59	26.35
7.	414.3699	357.8649	0.99566	1.05017	1.86908	0.1991	2.7626	1.6280	0.2652	4.42	359.04	209.52	71.48	273.00	34.12	76.75	26.18
8.	367.2824	367.2824	0.99615	1.05068	1.86908	0.1875	2.6009	1.5327	0.2650	3.92	368.32	196.43	69.07	273.00	35.16	71.95	25.30
9.	329.6124	367.2824	0.99655	1.05120	1.86908	0.1777	2.4639	1.4520	0.2647	3.52	368.21	180.71	65.45	260.00	36.22	69.51	25.17
10.	310.7774	367.2824	0.99675	1.05150	1.86908	0.1726	2.3925	1.4099	0.2642	3.32	368.16	172.86	63.56	260.00	36.77	66.48	24.45
11.	263.6899	376.6999	0.99724	1.05304	1.86908	0.1593	2.2038	1.2987	0.2639	2.82	377.44	130.95	60.11	260.00	45.90	50.37	23.12
12.	160.0975	376.6999	0.99832	1.05407	1.86908	0.1242	1.7172	1.0120	0.2638	1.71	377.15	94.29	46.85	208.00	49.69	45.33	22.52
13.	94.1750	386.1174	0.99901	1.05448	1.86908	0.0953	1.3170	0.7761	0.2630	1.01	386.38	81.19	36.82	143.00	45.35	56.78	25.75
14.	56.5050	386.1174	0.99941	1.05479	1.86908	0.0738	1.0201	0.6012	0.2630	0.60	386.28	73.33	28.52	104.00	38.90	70.51	27.43
15.	18.8350	395.5349	0.99980	1.05499	1.86908	0.0427	0.5890	0.3460	0.2635	0.20	395.59	49.76	16.89	78.00	33.95	63.80	21.66

Tabel 12. Hasil Analisa Pengujian Pitot statik tube dengan Putaran 3000

No.	ΔP (Pa)	P_{sg} (Pa)	r_{pd}	$\alpha\epsilon$	u (kJ/kg. $^{\circ}C$)	Q_v (m ³ /s)	V_b (m/s)	Re (x 10 ⁵)	δ_{24}	P_{d4} (Pa)	P_{sf} (Pa)	N_f (Watt)	N_U (Watt)	N_L (Watt)	η_r (%)	η_{motor} (%)	η_{sistem} (%)
1.	781.6523	753.3998	0.99182	1.04768	1.86908	0.2728	3.7942	2.2360	0.2666	8.35	755.62	440.00	206.13	450.00	46.85	97.78	45.81
2.	762.8173	762.8173	0.99201	1.04788	1.86908	0.2695	3.7483	2.2089	0.2663	8.14	764.99	433.71	206.19	450.00	47.54	96.38	45.82
3.	753.3998	762.8173	0.99211	1.04799	1.86908	0.2679	3.7250	2.1952	0.2661	8.04	764.96	430.57	204.93	450.00	47.59	95.68	45.54
4.	743.9823	767.5260	0.99221	1.04809	1.86908	0.2662	3.7017	2.1815	0.2659	7.94	769.64	427.43	204.91	435.00	47.94	98.26	47.11
5.	715.7298	767.5260	0.99251	1.04840	1.86908	0.2612	3.6307	2.1397	0.2657	7.64	769.56	411.71	201.02	435.00	48.83	94.65	46.21
6.	696.8948	772.2348	0.99270	1.04860	1.86908	0.2578	3.5826	2.1113	0.2655	7.44	774.21	408.57	199.60	435.00	48.85	93.92	45.88
7.	640.3898	781.6523	0.99329	1.04922	1.86908	0.2473	3.4343	2.0239	0.2652	6.84	783.47	389.71	193.73	420.00	49.71	92.79	46.13
8.	593.3023	781.6523	0.99379	1.04973	1.86908	0.2381	3.3056	1.9481	0.2650	6.33	783.33	374.00	186.53	405.00	49.88	92.35	46.06
9.	489.7099	781.6523	0.99487	1.05086	1.86908	0.2166	3.0032	1.7699	0.2647	5.23	783.04	342.57	169.59	390.00	49.50	87.84	43.48
10.	404.9524	791.0698	0.99576	1.05178	1.86908	0.1971	2.7310	1.6094	0.2642	4.32	792.21	323.71	156.16	390.00	48.24	83.00	40.04
11.	301.3599	791.0698	0.99684	1.05291	1.86908	0.1702	2.3559	1.3884	0.2639	3.22	791.92	304.86	134.81	330.00	44.22	92.38	40.85
12.	197.7674	791.0698	0.99793	1.05304	1.86908	0.1379	1.9085	1.1247	0.2638	2.11	791.63	242.00	109.18	270.00	45.12	89.63	40.44
13.	75.3400	795.7785	0.99921	1.05438	1.86908	0.0852	1.1780	0.6942	0.2630	0.80	795.99	194.86	67.84	240.00	34.82	81.19	28.27
14.	37.6700	795.7785	0.99961	1.05479	1.86908	0.0603	0.8329	0.4909	0.2630	0.40	795.88	160.29	47.99	210.00	29.94	76.33	22.85
15.	18.8350	800.4873	0.99980	1.05499	1.86908	0.0427	0.5890	0.3460	0.2635	0.20	800.54	69.14	34.19	120.00	49.45	57.62	28.49

Lampiran 2 : Data dan hasil analisa fan setelah rekondisi

Tabe l 3. Data pengujian venturi nozzle untuk putaran 2000

No.	N (rpm)	Tq (Nm)	T (°C)	ΔP (mmH ₂ O)	P _{sg} (mmH ₂ O)	V (Volt)	I (Amp)
1.	2000	1.26	32	90	19	110	3
2.	2000	1.24	32	88	19	110	2.9
3.	2000	1.23	32	87	20	110	2.9
4.	2000	1.22	32	86	20	110	2.8
5.	2000	1.2	32	83	21	110	2.8
6.	2000	1.18	32	81	22	110	2.8
7.	2000	1.14	32	78	24	110	2.7
8.	2000	1.07	32	71	26	110	2.6
9.	2000	1	32	63	30	110	2.4
10.	2000	0.93	32	55	32	110	2.2
11.	2000	0.82	32	45	35	110	2
12.	2000	0.68	32	31	38	110	1.8
13.	2000	0.51	32	17	40	110	1.4
14.	2000	0.36	32	8	40	110	1.1
15.	2000	0.13	32	0	40	110	0.6

Tabel 14. Data pengujian venturi nozzle untuk putaran 2500

No.	N (rpm)	Tq (Nm)	T (°C)	ΔP (mmH ₂ O)	P _{sg} (mmH ₂ O)	V (Volt)	I (Amp)
1.	2500	2.01	32	144	29	185	4.6
2.	2500	2	32	142	30	185	4.5
3.	2500	1.99	32	140	30	185	4.5
4.	2500	1.95	32	138	32	185	4.4
5.	2500	1.93	32	135	33	185	4.4
6.	2500	1.89	32	130	35	185	4.3
7.	2500	1.82	32	122	38	185	4.2
8.	2500	1.72	32	111	43	185	4
9.	2500	1.62	32	100	47	185	3.8
10.	2500	1.47	32	85	51	185	3.6
11.	2500	1.26	32	65	57	185	3
12.	2500	1.07	32	49	61	185	2.6
13.	2500	0.86	32	32	64	185	2.2
14.	2500	0.53	32	11	64	185	1.6
15.	2500	0.18	32	0	64	185	0.8

Tabel 15. Data pengujian venturi nozzle untuk putaran 3000

No.	N (rpm)	Tq (Nm)	T (°C)	ΔP (mmH ₂ O)	P _{sg} (mmH ₂ O)	V (Volt)	I (Amp)
1.	3000	2.78	32	200	38	160	6.2
2.	3000	2.75	32	196	40	160	6.2
3.	3000	2.74	32	194	41	160	6.2
4.	3000	2.7	32	190	43	160	6
5.	3000	2.66	32	185	44	160	6
6.	3000	2.61	32	180	46	160	6
7.	3000	2.55	32	174	50	160	5.8
8.	3000	2.45	32	160	55	160	5.6
9.	3000	2.35	32	149	63	160	5.4
10.	3000	2.2	32	136	68	160	5
11.	3000	1.95	32	111	78	160	4.6
12.	3000	1.66	32	80	82	160	3.8
13.	3000	1.29	32	50	92	160	3.2
14.	3000	0.82	32	19	93	160	2.2
15.	3000	0.26	32	0	94	160	1.2

Tabel 16. Data pengujian pitot statik tube untuk putaran 2000

No.	N (rpm)	Tq (Nm)	T (°C)	ΔP (mmH ₂ O)	P _{sg} (mmH ₂ O)	V (Volt)	I (Amp)
1.	2000	0.68	31	38	37	105	1.8
2.	2000	0.66	32	37	37	105	1.8
3.	2000	0.65	32	37	37	105	1.8
4.	2000	0.65	32	36	37	105	1.8
5.	2000	0.63	32	35	38	105	1.7
6.	2000	0.62	32	35	38	105	1.7
7.	2000	0.61	32	32	38	105	1.6
8.	2000	0.58	32	29	39	105	1.6
9.	2000	0.55	32	26	39	105	1.6
10.	2000	0.48	32	21	39	105	1.4
11.	2000	0.44	32	17	39	105	1.3
12.	2000	0.38	32	12	39	105	1.2
13.	2000	0.31	32	8	39	105	1
14.	2000	0.26	32	6	39	105	1
15.	2000	0.12	33	0	40	105	0.8

Tabel 17. Data pengujian pitot statik tube untuk putaran 2500

No.	N (rpm)	Tq (Nm)	T (°C)	ΔP (mmH ₂ O)	P _{sg} (mmH ₂ O)	V (Volt)	I (Amp)
1.	2500	1.08	32	62	59	135	2.6
2.	2500	1.07	32	61	59	135	2.6
3.	2500	1.05	32	60	59	135	2.6
4.	2500	1.03	32	59	60	135	2.6
5.	2500	1.02	32	57	60	135	2.5
6.	2500	1.01	32	55	60	135	2.5
7.	2500	0.97	32	52	61	135	2.4
8.	2500	0.93	32	47	62	135	2.4
9.	2500	0.87	32	42	62	135	2.2
10.	2500	0.84	32	39	63	135	2.2
11.	2500	0.68	32	27	63	135	1.8
12.	2500	0.53	32	15	62	135	1.6
13.	2500	0.4	32	8	61	135	1.4
14.	2500	0.37	32	6	60	135	1.2
15.	2500	0.17	33	0	63	135	0.8

Tabel 18. Data pengujian pitot statik tube untuk putaran 3000

No.	N (rpm)	Tq (Nm)	T (°C)	ΔP (mmH ₂ O)	P _{sg} (mmH ₂ O)	V (Volt)	I (Amp)
1.	3000	1.57	32	89	87	160	3.6
2.	3000	1.55	32	85	88	160	3.6
3.	3000	1.54	32	84	88	160	3.6
4.	3000	1.53	32	83	88.5	160	3.5
5.	3000	1.5	32	80	88.5	160	3.5
6.	3000	1.49	32	78	89	160	3.5
7.	3000	1.43	32	72	89.5	160	3.4
8.	3000	1.38	32	67	89.5	160	3.3
9.	3000	1.28	32	58	89.5	160	3
10.	3000	1.22	32	49	90	160	3
11.	3000	1.06	32	39	90	160	2.6
12.	3000	0.88	32	27	90	160	2.2
13.	3000	0.68	32	14	90.5	160	1.8
14.	3000	0.56	32	7	90.5	160	1.6
15.	3000	0.28	32	0	91	160	1

Tabel 19. Hasil analisa pengujian venturi nozzle dengan putaran 2000

No.	ΔP (Pa)	P_{sg} (Pa)	r_{pd}	$\alpha\epsilon$	u (kJ/kg.°C)	Q_v (m ³ /s)	V_b (m/s)	Re (x 10 ⁵)	δ_{24}	P_{d4} (Pa)	P_{sf} (Pa)	N_f (Watt)	N_U (Watt)	N_L (Watt)	η_f (%)	η_{motor} (%)	η_{sistem} (%)
1.	847.5748	178.9324	0.99115	1.04830	1.86908	0.28423	16.9708	10.0013	0.2960	166.97	228.35	264.00	64.91	330.00	24.59	80.00	19.67
2.	828.7398	178.9324	0.99134	1.04900	1.86908	0.28124	16.7924	9.8961	0.2968	163.48	227.45	259.81	63.97	319.00	24.62	81.44	20.05
3.	819.3223	188.3499	0.99144	1.04910	1.86908	0.27967	16.6983	9.8407	0.2970	161.65	236.36	257.71	66.10	319.00	25.65	80.79	20.72
4.	809.9048	188.3499	0.99154	1.04920	1.86908	0.27808	16.6037	9.7849	0.2975	159.82	235.90	255.62	65.60	308.00	25.66	82.99	21.30
5.	781.6523	197.7674	0.99184	1.04930	1.86908	0.27322	16.3130	9.6136	0.2980	154.28	243.74	251.43	66.59	308.00	26.49	81.63	21.62
6.	762.8173	207.1849	0.99203	1.04940	1.86908	0.26993	16.1168	9.4980	0.2988	150.59	252.18	247.24	68.07	308.00	27.53	80.27	22.10
7.	734.5648	226.0199	0.99233	1.05000	1.86908	0.26504	15.8246	9.3258	0.3000	145.17	269.57	238.86	71.45	297.00	29.91	80.42	24.06
8.	668.6423	244.8549	0.99302	1.05100	1.86908	0.25310	15.1122	8.9059	0.3040	132.40	285.10	224.19	72.16	286.00	32.19	78.39	25.23
9.	593.3023	282.5249	0.99381	1.05120	1.86908	0.23846	14.2381	8.3908	0.3110	117.52	319.08	209.52	76.09	264.00	36.31	79.37	28.82
10.	517.9623	301.3599	0.99460	1.05200	1.86908	0.22298	13.3135	7.8459	0.3180	102.76	334.04	194.86	74.48	242.00	38.22	80.52	30.78
11.	423.7874	329.6124	0.99558	1.05250	1.86908	0.20179	12.0483	7.1003	0.3250	84.15	356.96	171.81	72.03	220.00	41.92	78.10	32.74
12.	291.9424	357.8649	0.99696	1.05300	1.86908	0.16756	10.0047	5.8960	0.3380	58.03	377.48	142.48	63.25	198.00	44.39	71.96	31.94
13.	160.0975	376.6999	0.99833	1.05410	1.86908	0.12421	7.4166	4.3707	0.5800	31.89	395.20	106.86	49.09	154.00	45.94	69.39	31.88
14.	75.3400	376.6999	0.99921	1.05550	1.86908	0.08532	5.0945	3.0023	0.6900	15.05	387.08	75.43	33.03	121.00	43.79	62.34	27.30
15.	0.0000	376.6999	1.00000	1.05600	1.86908	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	376.70	27.24	0.00	66.00	0.00	41.27	0.00

Tabel 20. Hasil analisa pengujian venturi nozzle dengan putaran 2500

No.	ΔP (Pa)	P_{sg} (Pa)	r_{pd}	$\alpha\epsilon$	u (kJ/kg.°C)	Q_v (m ³ /s)	V_b (m/s)	Re (x 10 ⁵)	δ_{24}	P_{d4} (Pa)	P_{sf} (Pa)	N_f (Watt)	N_U (Watt)	N_L (Watt)	η_f (%)	η_{motor} (%)	η_{sistem} (%)
1.	1356.1196	273.1074	0.98585	1.04610	1.86908	0.35877	21.4215	12.6242	0.2930	266.03	351.05	526.43	125.95	851.00	23.93	61.86	14.80
2.	1337.2846	282.5249	0.98605	1.04630	1.86908	0.35634	21.2763	12.5386	0.2931	262.43	359.44	523.81	128.09	832.50	24.45	62.92	15.39
3.	1318.4496	282.5249	0.98625	1.04640	1.86908	0.35386	21.1280	12.4512	0.2933	258.79	358.43	521.19	126.83	832.50	24.34	62.61	15.24
4.	1299.6146	301.3599	0.98644	1.04650	1.86908	0.35135	20.9785	12.3631	0.2935	255.14	376.24	510.71	132.19	814.00	25.88	62.74	16.24
5.	1271.3621	310.7774	0.98674	1.04660	1.86908	0.34755	20.7512	12.2291	0.2937	249.64	384.10	505.48	133.49	814.00	26.41	62.10	16.40
6.	1224.2746	329.6124	0.98723	1.04670	1.86908	0.34108	20.3653	12.0017	0.2939	240.44	400.28	495.00	136.53	795.50	27.58	62.23	17.16
7.	1148.9347	357.8649	0.98802	1.04680	1.86908	0.33045	19.7306	11.6276	0.2940	225.69	424.22	476.67	140.18	777.00	29.41	61.35	18.04
8.	1045.3422	404.9524	0.98911	1.04800	1.86908	0.31557	18.8417	11.1038	0.2942	205.81	465.50	450.48	146.90	740.00	32.61	60.88	19.85
9.	941.7497	442.6224	0.99019	1.04850	1.86908	0.29966	17.8922	10.5443	0.2944	185.59	497.26	424.29	149.01	703.00	35.12	60.35	21.20
10.	800.4873	480.2924	0.99166	1.05000	1.86908	0.27667	16.5194	9.7352	0.2980	158.20	527.44	385.00	145.93	666.00	37.90	57.81	21.91
11.	612.1373	536.7973	0.99363	1.05120	1.86908	0.24222	14.4623	8.5229	0.3080	121.26	574.14	330.00	139.07	555.00	42.14	59.46	25.06
12.	461.4574	574.4673	0.99520	1.05250	1.86908	0.21057	12.5724	7.4091	0.3250	91.63	604.25	280.24	127.23	481.00	45.40	58.26	26.45
13.	301.3599	602.7198	0.99686	1.05300	1.86908	0.17024	10.1648	5.9903	0.3350	59.90	622.79	225.24	106.03	407.00	47.07	55.34	26.05
14.	103.5925	602.7198	0.99892	1.05450	1.86908	0.09996	5.9681	3.5171	0.3660	20.65	610.28	138.81	61.00	296.00	43.95	46.90	20.61
15.	0.0000	602.7198	1.00000	1.05600	1.86908	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	602.72	47.14	0.00	148.00	0.00	31.85	0.00

Tabel 21. Hasil analisa pengujian venturi nozzle dengan putaran 3000

No.	ΔP (Pa)	P_{sg} (Pa)	r_{pd}	$\alpha \varepsilon$	u (kJ/kg.°C)	Q_v (m ³ /s)	V_b (m/s)	Re (x 10 ⁵)	δ_{24}	P_{d4} (Pa)	P_{sf} (Pa)	N_f (Watt)	N_U (Watt)	N_L (Watt)	η_f (%)	η_{motor} (%)	η_{sistem} (%)
1.	1883.4994	357.8649	0.98037	1.04120	1.86908	0.42084	25.1273	14.8080	0.2880	366.03	463.28	873.71	194.97	992.00	22.31	88.08	19.65
2.	1845.8295	376.6999	0.98077	1.04150	1.86908	0.41673	24.8819	14.6634	0.2890	358.92	480.43	864.29	200.21	992.00	23.16	87.13	20.18
3.	1826.9945	386.1174	0.98097	1.04160	1.86908	0.41464	24.7570	14.5898	0.2900	355.32	489.16	861.14	202.82	992.00	23.55	86.81	20.45
4.	1789.3245	404.9524	0.98136	1.04170	1.86908	0.41038	24.5028	14.4400	0.2910	348.06	506.24	848.57	207.75	960.00	24.48	88.39	21.64
5.	1742.2370	414.3699	0.98185	1.04220	1.86908	0.40514	24.1899	14.2556	0.2920	339.23	513.42	836.00	208.01	960.00	24.88	87.08	21.67
6.	1695.1495	433.2049	0.98235	1.04220	1.86908	0.39963	23.8607	14.0616	0.2930	330.06	529.91	820.29	211.77	960.00	25.82	85.45	22.06
7.	1638.6445	470.8749	0.98294	1.04300	1.86908	0.39321	23.4777	13.8359	0.2940	319.55	564.82	801.43	222.09	928.00	27.71	86.36	23.93
8.	1506.7996	517.9623	0.98432	1.04350	1.86908	0.37724	22.5242	13.2740	0.2950	294.12	604.73	770.00	228.13	896.00	29.63	85.94	25.46
9.	1403.2071	593.3023	0.98541	1.04500	1.86908	0.36457	21.7674	12.8280	0.2955	274.69	674.47	738.57	245.89	864.00	33.29	85.48	28.46
10.	1280.7796	640.3898	0.98669	1.04600	1.86908	0.34863	20.8160	12.2673	0.2960	251.20	714.75	691.43	249.18	800.00	36.04	86.43	31.15
11.	1045.3422	734.5648	0.98914	1.04810	1.86908	0.31560	18.8435	11.1048	0.2970	205.85	795.70	612.86	251.12	736.00	40.98	83.27	34.12
12.	753.3998	772.2348	0.99218	1.04950	1.86908	0.26828	16.0186	9.4401	0.2980	148.76	816.56	521.71	219.07	608.00	41.99	85.81	36.03
13.	470.8749	866.4097	0.99512	1.05200	1.86908	0.21260	12.6940	7.4808	0.3230	93.42	896.58	405.43	190.62	512.00	47.02	79.19	37.23
14.	178.9324	875.8272	0.99814	1.05450	1.86908	0.13137	7.8437	4.6224	0.3550	35.67	888.49	257.71	116.72	352.00	45.29	73.21	33.16
15.	0.0000	885.2447	1.00000	1.05600	1.86908	0.00000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	885.24	81.71	0.00	192.00	0.00	42.56	0.00

Tabel 22. Hasil analisa pengujian pitot statik tube dengan putaran 2000

No.	ΔP (Pa)	P_{sg} (Pa)	r_{pd}	$\alpha\varepsilon$	u (kJ/kg.°C)	Q_v (m ³ /s)	V_b (m/s)	Re (x 10 ⁵)	δ_{24}	P_{d4} (Pa)	P_{sf} (Pa)	N_f (Watt)	N_U (Watt)	N_L (Watt)	η_f (%)	η_{motor} (%)	η_{sistem} (%)
1.	357.8649	348.4474	0.99627	1.05280	1.86450	0.1852	2.5631	1.5189	0.2860	3.82	349.54	142.48	64.73	189.00	45.43	75.38	34.25
2.	348.4474	348.4474	0.99636	1.05286	1.86908	0.1830	2.5333	1.4929	0.2862	3.72	349.51	138.29	63.97	189.00	46.26	73.17	33.85
3.	348.4474	348.4474	0.99636	1.05286	1.86908	0.1830	2.5333	1.4929	0.2862	3.72	349.51	136.19	63.97	189.00	46.97	72.06	33.85
4.	339.0299	348.4474	0.99646	1.05287	1.86908	0.1805	2.4988	1.4726	0.2864	3.62	349.48	136.19	63.10	189.00	46.33	72.06	33.39
5.	329.6124	357.8649	0.99656	1.05288	1.86908	0.1780	2.4639	1.4520	0.2880	3.52	358.88	132.00	63.89	178.50	48.40	73.95	35.79
6.	329.6124	357.8649	0.99656	1.05289	1.86908	0.1780	2.4639	1.4520	0.2880	3.52	358.88	129.90	63.89	178.50	49.18	72.78	35.79
7.	301.3599	357.8649	0.99686	1.05290	1.86908	0.1702	2.3559	1.3884	0.2890	3.22	358.79	127.81	61.08	168.00	47.79	76.08	36.36
8.	273.1074	367.2824	0.99715	1.05320	1.86908	0.1621	2.2428	1.3217	0.2896	2.92	368.13	121.52	59.67	168.00	49.10	72.34	35.52
9.	244.8549	367.2824	0.99745	1.05330	1.86908	0.1535	2.1236	1.2515	0.2920	2.61	368.05	115.24	56.49	168.00	49.02	68.59	33.63
10.	197.7674	367.2824	0.99794	1.05350	1.86908	0.1380	1.9085	1.1247	0.2940	2.11	367.90	100.57	50.76	147.00	50.47	68.42	34.53
11.	160.0975	367.2824	0.99833	1.05410	1.86908	0.1242	1.7172	1.0120	0.2950	1.71	367.79	92.19	45.68	136.50	49.55	67.54	33.47
12.	113.0100	367.2824	0.99882	1.05520	1.86908	0.1045	1.4427	0.8502	0.3090	1.21	367.66	79.62	38.41	126.00	48.24	63.19	30.48
13.	75.3400	367.2824	0.99921	1.05550	1.86908	0.0853	1.1780	0.6942	0.3240	0.80	367.54	64.95	31.36	105.00	48.28	61.86	29.87
14.	56.5050	367.2824	0.99941	1.05560	1.86908	0.0739	1.0201	0.6012	0.3360	0.60	367.49	54.48	27.16	105.00	49.85	51.88	25.86
15.	0.0000	376.6999	1.00000	1.05600	1.87366	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	376.70	25.14	0.00	84.00	0.00	29.93	0.00

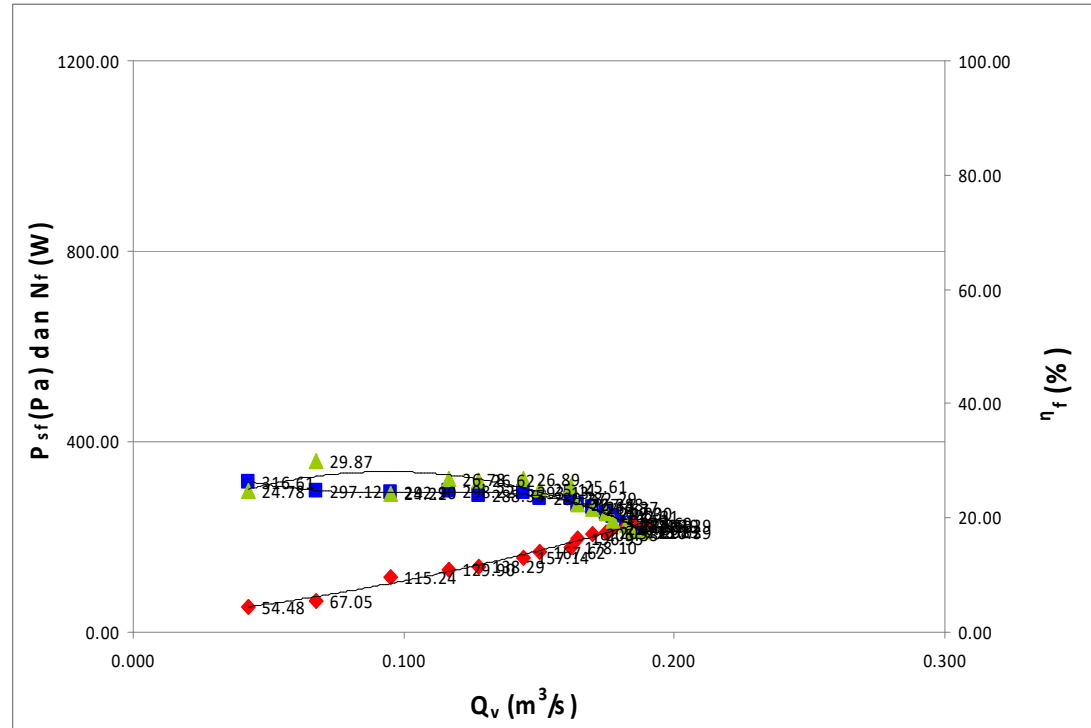
Tabel 23. Hasil analisa pengujian pitot statik tube dengan putaran 2500

No.	ΔP (Pa)	P_{sg} (Pa)	r_{pd}	$\alpha \varepsilon$	u (kJ/kg.°C)	Q_V (m ³ /s)	V_b (m/s)	Re (x 10 ⁵)	δ_{24}	P_{d4} (Pa)	P_{sf} (Pa)	N_f (Watt)	N_U (Watt)	N_L (Watt)	η_f (%)	η_{motor} (%)	η_{sistem} (%)
1.	489.7099	555.6323	0.99490	1.05130	1.86908	0.2167	3.0032	1.7699	0.2820	5.23	557.11	282.86	120.71	351.00	42.67	80.59	34.39
2.	574.4673	555.6323	0.99402	1.05140	1.86908	0.2347	3.2528	1.9169	0.2825	6.13	557.37	280.24	130.81	351.00	46.68	79.84	37.27
3.	565.0498	555.6323	0.99412	1.05150	1.86908	0.2328	3.2260	1.9011	0.2830	6.03	557.34	275.00	129.74	351.00	47.18	78.35	36.96
4.	555.6323	565.0498	0.99422	1.05160	1.86908	0.2309	3.1990	1.8852	0.2835	5.93	566.73	269.76	130.83	351.00	48.50	76.86	37.27
5.	536.7973	565.0498	0.99441	1.05180	1.86908	0.2270	3.1443	1.8530	0.2840	5.73	566.68	267.14	128.61	337.50	48.14	79.15	38.11
6.	517.9623	565.0498	0.99461	1.05200	1.86908	0.2230	3.0886	1.8202	0.2845	5.53	566.62	264.52	126.35	337.50	47.76	78.38	37.44
7.	489.7099	574.4673	0.99490	1.05220	1.86908	0.2169	3.0032	1.7699	0.2850	5.23	575.96	254.05	124.90	324.00	49.16	78.41	38.55
8.	442.6224	583.8848	0.99539	1.05230	1.86908	0.2062	2.8552	1.6826	0.2855	4.73	585.23	243.57	120.67	324.00	49.54	75.18	37.24
9.	395.5349	583.8848	0.99588	1.05260	1.86908	0.1950	2.6991	1.5906	0.2860	4.22	585.09	227.86	114.07	297.00	50.06	76.72	38.41
10.	367.2824	593.3023	0.99618	1.05290	1.86908	0.1879	2.6009	1.5327	0.2870	3.92	594.43	220.00	111.71	297.00	50.78	74.07	37.61
11.	254.2724	593.3023	0.99735	1.05350	1.86908	0.1565	2.1641	1.2753	0.2910	2.71	594.09	178.10	92.95	243.00	52.19	73.29	38.25
12.	141.2625	583.8848	0.99853	1.05400	1.86908	0.1167	1.6130	0.9506	0.2980	1.51	584.33	138.81	68.17	216.00	49.11	64.26	31.56
13.	75.3400	574.4673	0.99922	1.05550	1.86908	0.0853	1.1780	0.6942	0.3230	0.80	574.73	104.76	49.04	189.00	46.81	55.43	25.95
14.	56.5050	565.0498	0.99941	1.05560	1.86908	0.0739	1.0201	0.6012	0.3360	0.60	565.25	96.90	41.77	162.00	43.11	59.82	25.79
15.	0.0000	593.3023	1.00000	1.05600	1.87366	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	593.30	44.52	0.00	108.00	0.00	41.23	0.00

Tabel 24. Hasil analisa pengujian pitot statik tube dengan putaran 3000

No.	ΔP (Pa)	P_{sg} (Pa)	r_{pd}	$\alpha \varepsilon$	u (kJ/kg. $^{\circ}C$)	Q_v (m ³ /s)	V_b (m/s)	Re (x 10 ⁵)	δ_{24}	P_{d4} (Pa)	P_{sf} (Pa)	N_f (Watt)	N_U (Watt)	N_L (Watt)	η_f (%)	η_{motor} (%)	η_{sistem} (%)
1.	838.1872	819.3515	0.99130	1.04840	1.86908	0.2827	3.9291	2.3155	0.2760	8.95	821.82	493.43	232.31	576.00	47.08	85.66	40.33
2.	800.5158	863.0160	0.99169	1.04925	1.86908	0.2756	3.8398	2.2769	0.2764	8.60	865.39	487.14	238.53	576.00	48.96	84.57	41.41
3.	791.0980	863.0160	0.99179	1.04928	1.86908	0.2740	3.8171	2.2634	0.2783	8.50	865.38	484.00	237.12	576.00	48.99	84.03	41.17
4.	781.6802	867.9195	0.99189	1.04935	1.86908	0.2724	3.7943	2.2499	0.2791	8.40	870.26	480.86	237.05	560.00	49.30	85.87	42.33
5.	753.4267	867.9195	0.99218	1.04945	1.86908	0.2674	3.7251	2.2089	0.2793	8.09	870.18	471.43	232.73	560.00	49.37	84.18	41.56
6.	734.5910	872.8230	0.99238	1.05000	1.86908	0.2642	3.6783	2.1811	0.2795	7.89	875.03	468.29	231.20	560.00	49.37	83.62	41.29
7.	678.0840	877.7265	0.99296	1.05100	1.86908	0.2541	3.5340	2.0955	0.2797	7.28	879.76	449.43	223.55	544.00	49.74	82.62	41.09
8.	630.9948	877.7265	0.99345	1.05140	1.86908	0.2456	3.4090	2.0152	0.2810	6.76	879.63	433.71	216.03	528.00	49.81	82.14	40.91
9.	546.2343	877.7265	0.99433	1.05200	1.86908	0.2286	3.1718	1.8750	0.2814	5.85	879.37	402.29	201.05	480.00	49.98	83.81	41.89
10.	461.4738	882.6300	0.99521	1.05250	1.86908	0.2102	2.9154	1.7234	0.2840	4.94	884.03	383.43	185.86	480.00	48.47	79.88	38.72
11.	367.2955	882.6300	0.99619	1.05300	1.86908	0.1877	2.6009	1.5375	0.2860	3.93	883.76	333.14	165.84	416.00	49.78	80.08	39.87
12.	254.2815	882.6300	0.99736	1.05350	1.86908	0.1562	2.1641	1.2793	0.2995	2.72	883.45	276.57	138.01	352.00	49.90	78.57	39.21
13.	131.8497	887.5335	0.99863	1.05450	1.86908	0.1126	1.5583	0.9212	0.2999	1.41	887.96	213.71	99.98	288.00	46.78	74.21	34.71
14.	65.9248	887.5335	0.99932	1.05552	1.86908	0.0797	1.1019	0.6514	0.3350	0.71	887.77	176.00	70.75	256.00	40.20	68.75	27.64
15.	0.0000	892.4370	1.00000	1.05600	1.86908	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	892.44	88.00	0.00	160.00	0.00	55.00	0.00

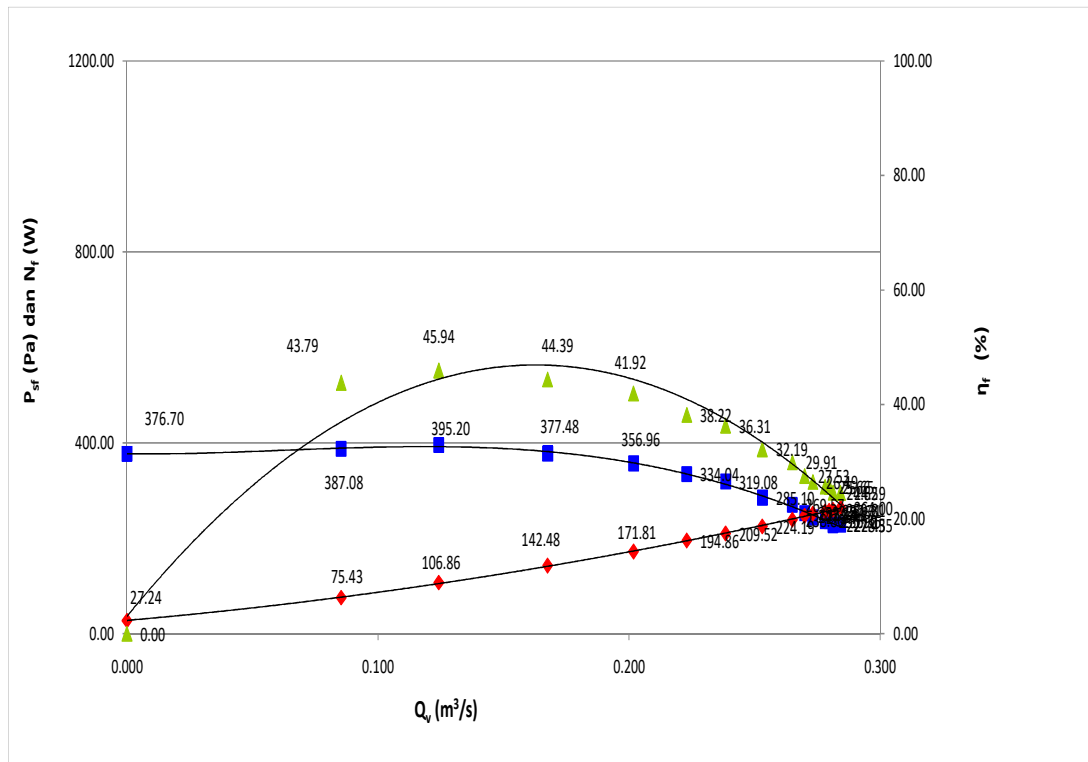
Lampiran 3 : Karakteristik fan sebelum dan sesudah rekondisi



Keterangan :

- Biru : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs P_{sf}
- Hijau : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs N_f
- Merah : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs η_f

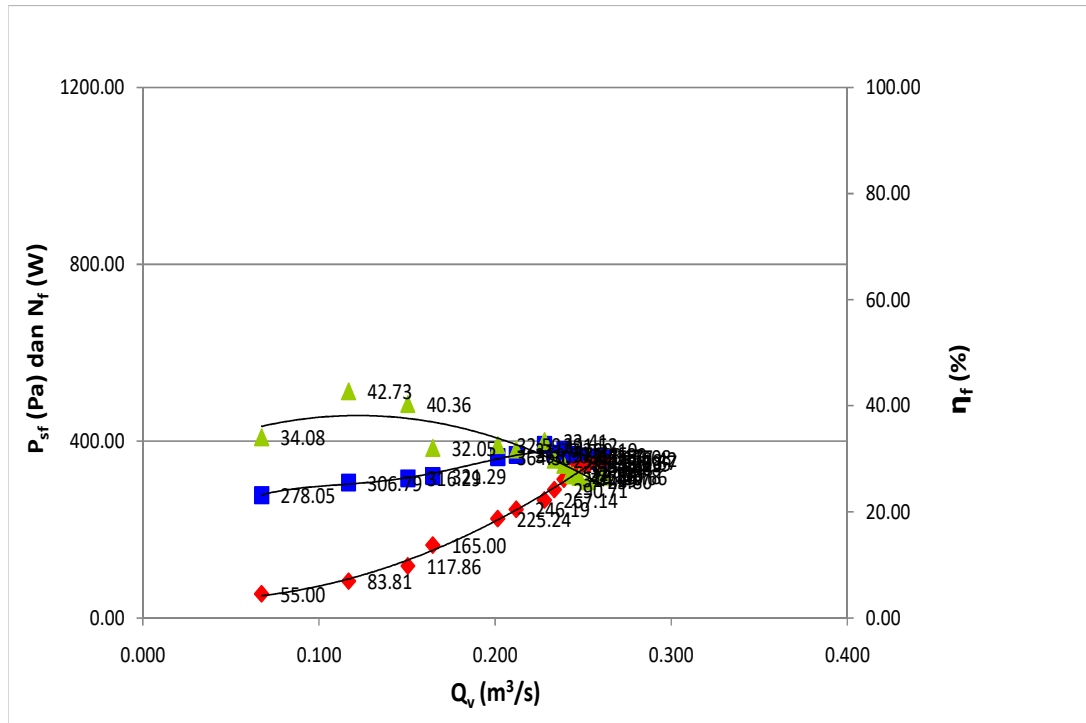
Gambar 1.1 Karakteristik fan untuk pengujian venturi nozzle pada putaran 2000 sebelum rekondisi



Keterangan :

- Biru : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs P_{sf}
- Hijau : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs η_f
- Merah : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs N_f

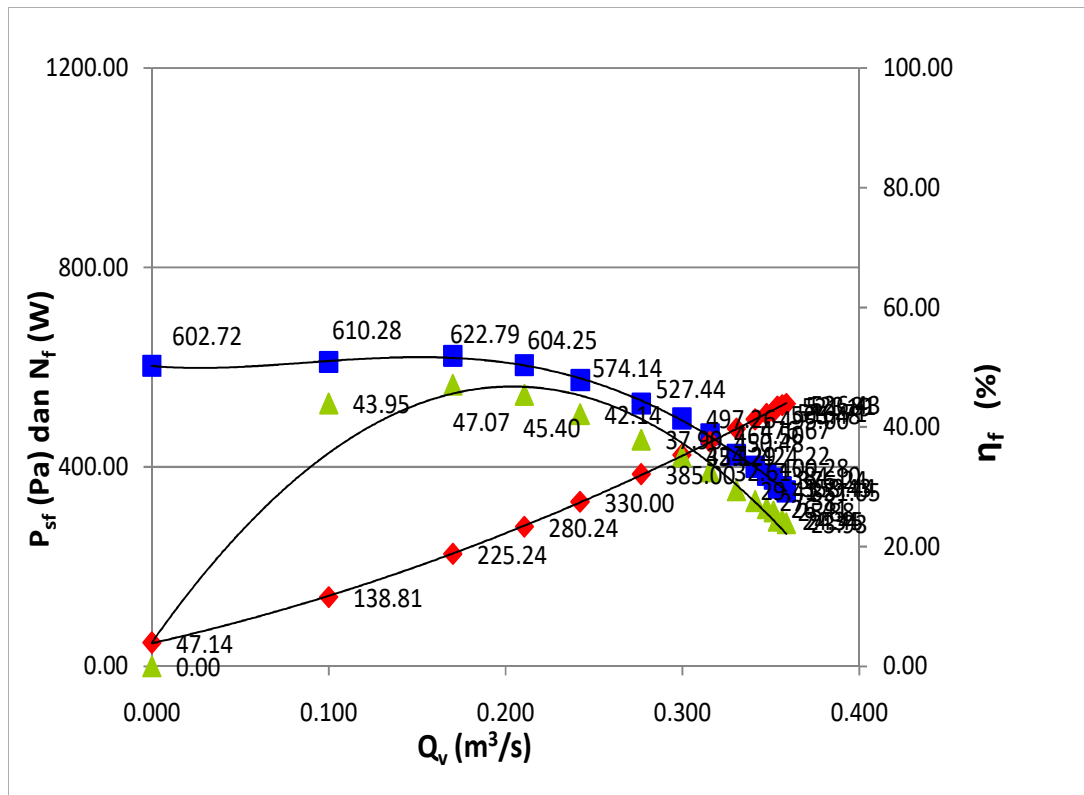
Gambar 1.2 Karakteristik fan untuk pengujian venturi nozzle pada putaran 2000 setelah rekondisi



Keterangan :

- Biru : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs P_{sf}
- Hijau : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs η_f
- Merah : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs η_f

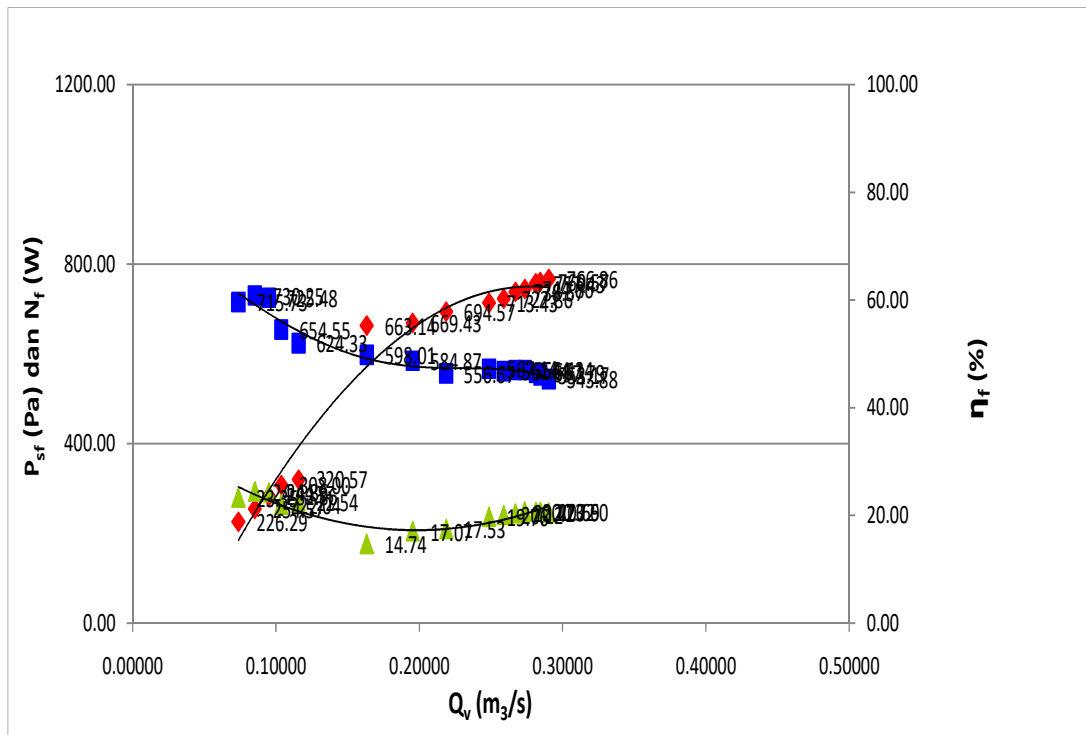
Gambar 1.3 Karakteristik fan untuk pengujian venturi nozzle pada putaran 2500 sebelum rekondisi



Keterangan :

- Biru : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs P_{sf}
- Hijau : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs N_f
- Merah : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs η_f

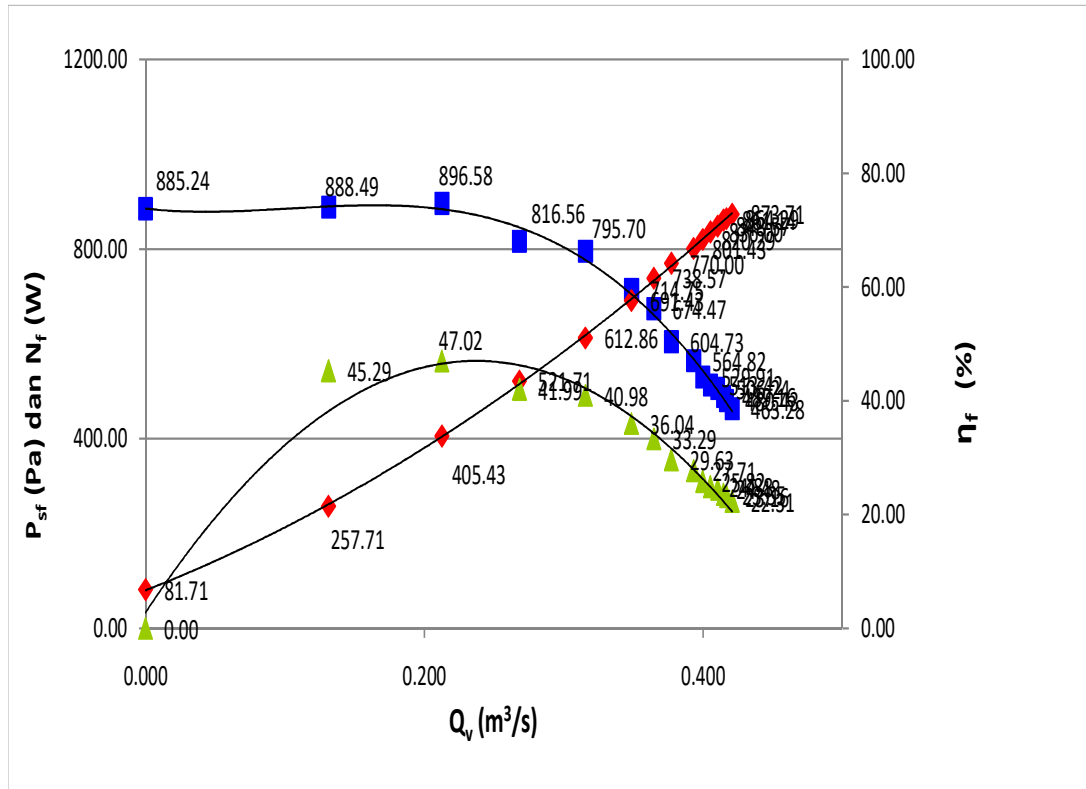
Gambar 1.4 Karakteristik fan untuk pengujian venturi nozzle pada putaran 2500 setelah rekondisi



Keterangan :

- Biru : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs P_{sf}
- Hijau : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs η_f
- Merah : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs η_f

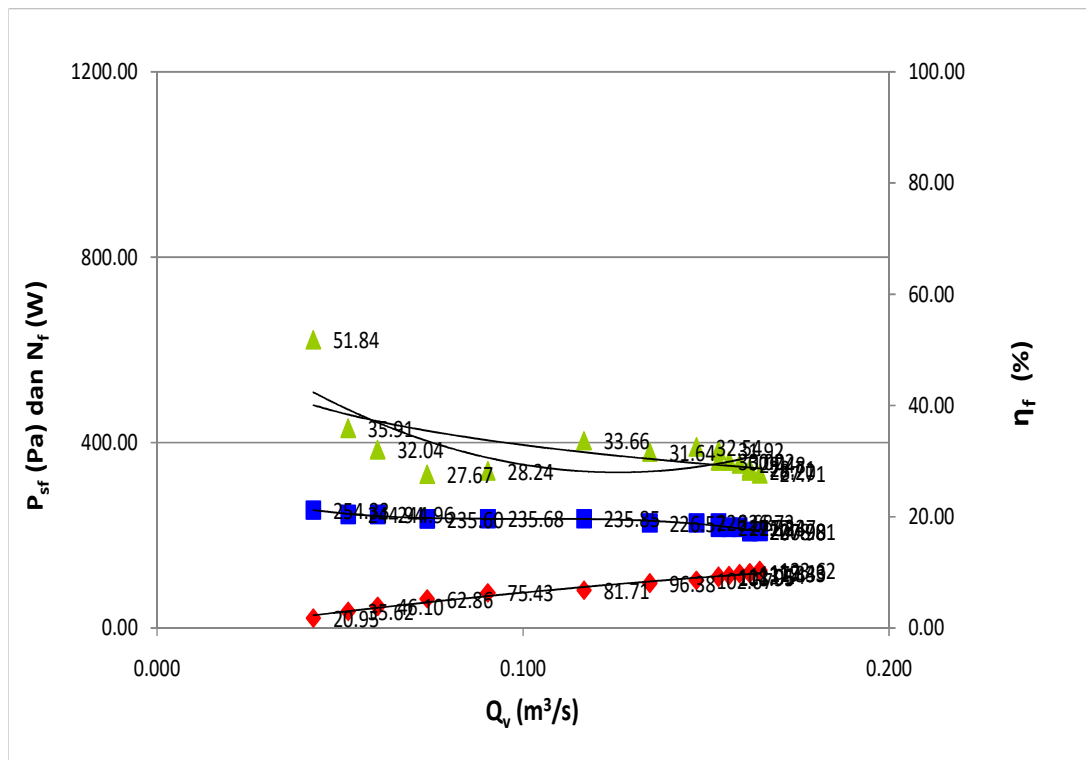
Gambar 1.5 Karakteristik fan untuk pengujian venturi nozzle pada putaran 3000 sebelum rekondisi



Keterangan :

- Biru : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs P_{sf}
- Hijau : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs η_f
- Merah : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs N_f

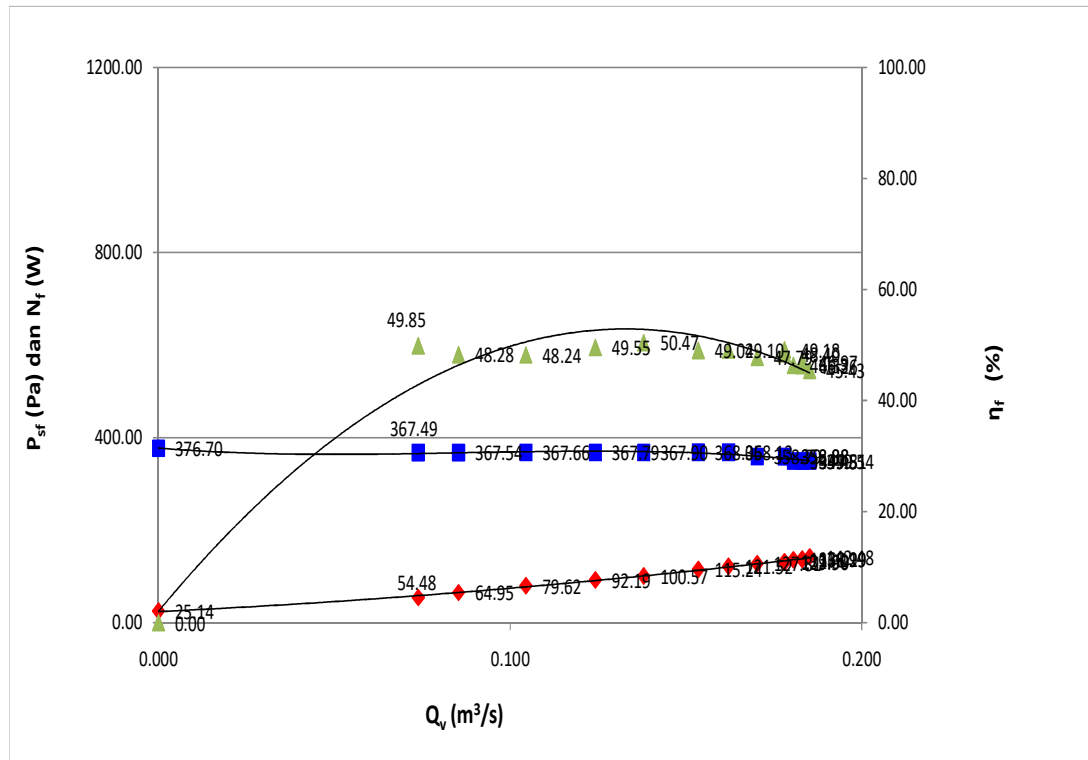
:
Gambar 1.6 Karakteristik fan untuk pengujian venturi nozzle pada putaran 3000 setelah rekondisi



Keterangan :

- Biru : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs P_{sf}
- Hijau : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs η_f
- Merah : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs η_f

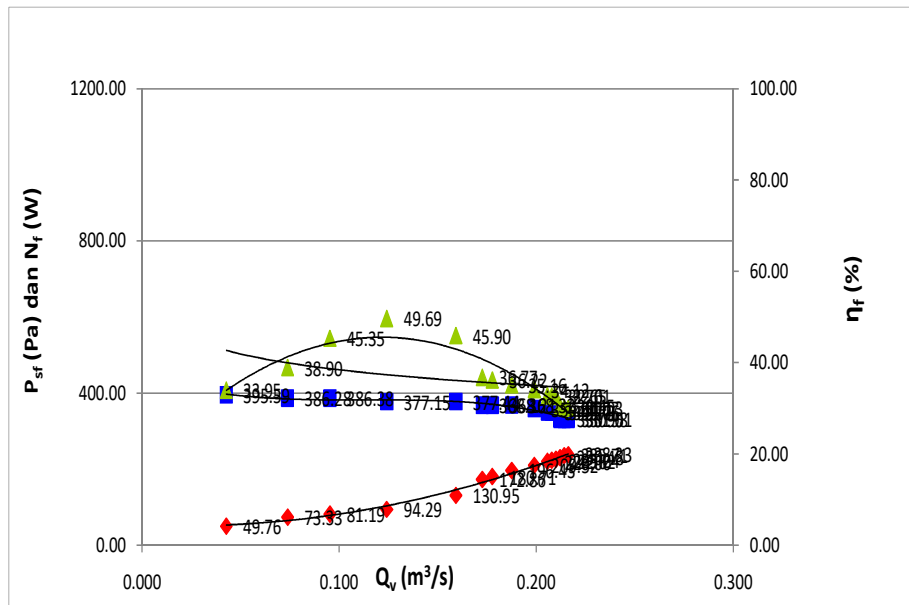
Gambar 1.7 Karakteristik fan untuk pengujian pitot statik tube pada putaran 2000 sebelum rekondisi



Keterangan :

- Biru : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs P_{sf}
- Hijau : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs N_f
- Merah : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs η_f

Gambar 1.8 Karakteristik fan untuk pengujian pitot statik tube pada putaran 2000 setelah rekondisi

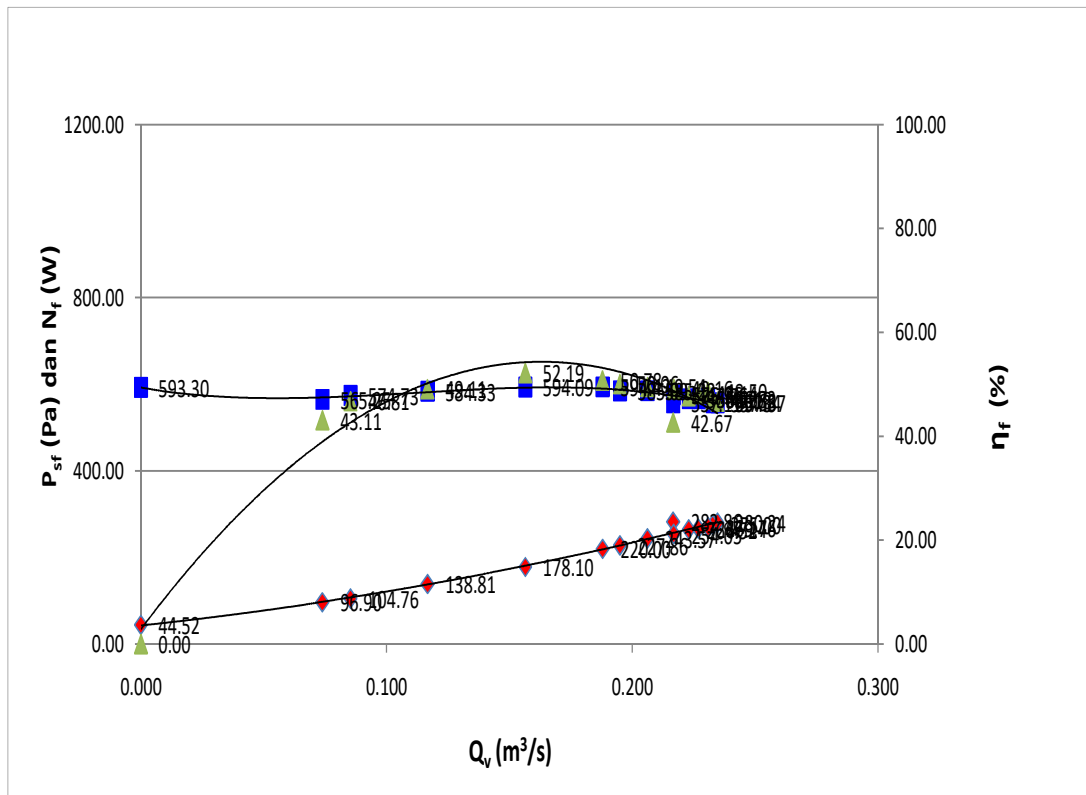


Keterangan :

- Biru : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs P_{sf}
- Hijau : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs N_f
- Merah : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs η_f

:

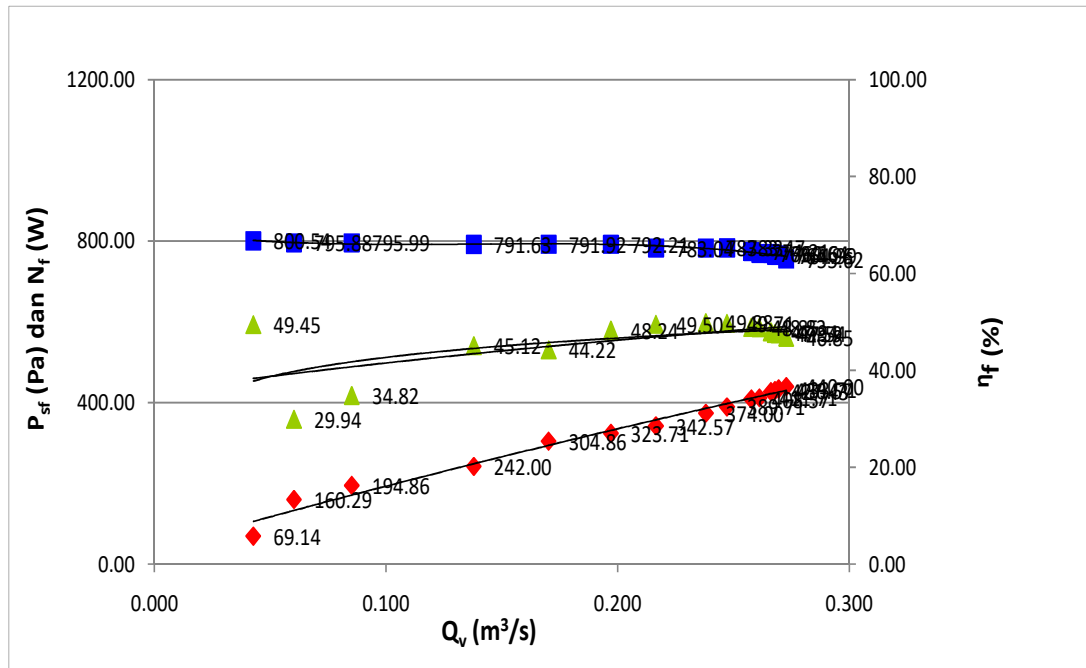
Gambar 1.9 Karakteristik fan untuk pengujian pitot statik tube pada putaran 2500 sebelum rekondisi



Keterangan :

- Biru : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs P_{sf}
- Hijau : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs N_f
- Merah : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs η_f

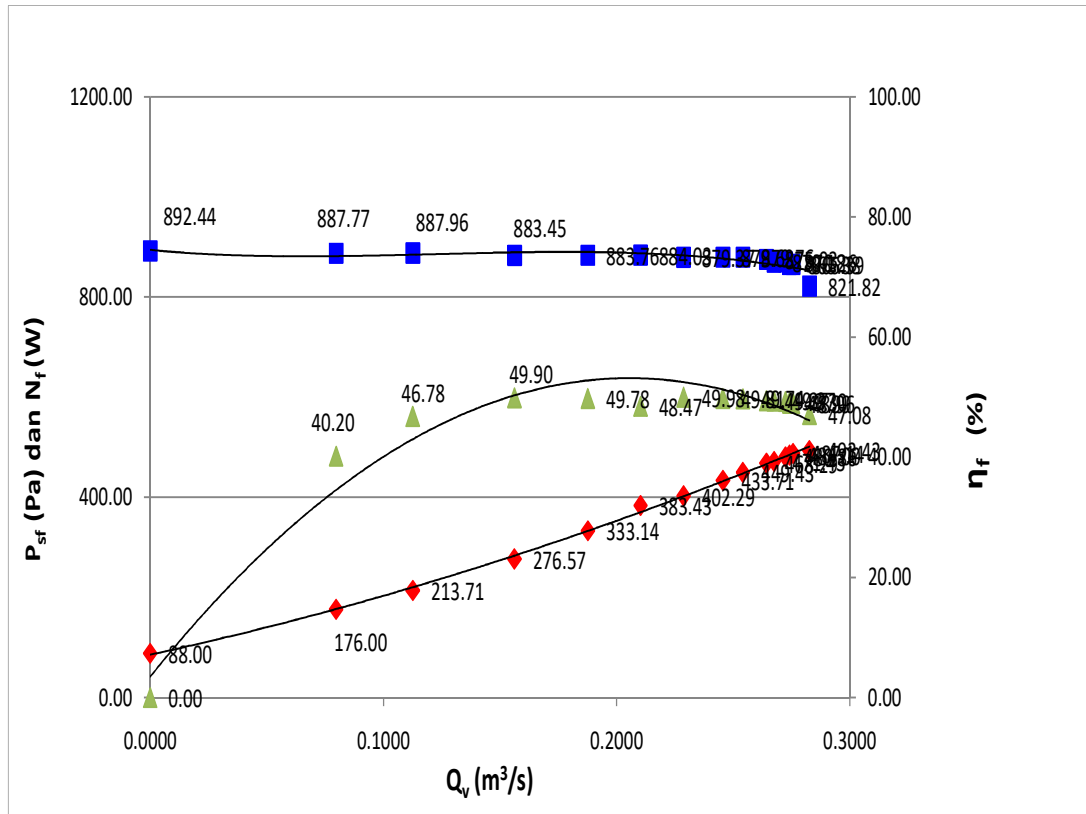
Gambar 1.10 Karakteristik fan untuk pengujian pitot statik tube pada putaran 2500 setelah rekondisi



Keterangan :

- Biru : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs P_{sf}
- Hijau : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs N_f
- Merah : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs η_f

Gambar 1.11 Karakteristik fan untuk pengujian pitot statik tube pada putaran 3000 sebelum rekondisi



Keterangan :

- Biru : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs P_{sf}
- Hijau : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs N_f
- Merah : menunjukkan grafik hubungan Q_v Vs η_f

Gambar 1.12 Karakteristik fan untuk pengujian pitot statik tube pada putaran 3000 setelah rekondisi

Lampiran 4 : Karakteristik fan untuk pengujian venturi meter pada manual book

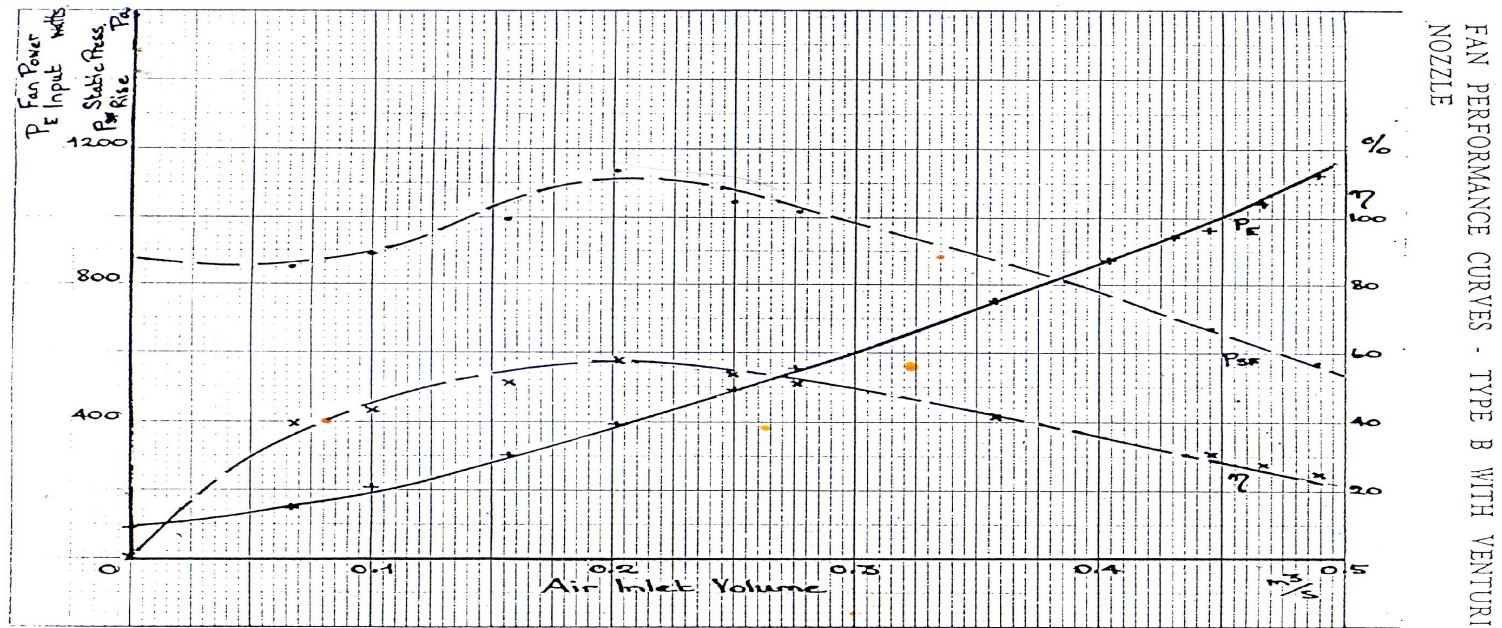


FIG. 4

PSHOCMP
26

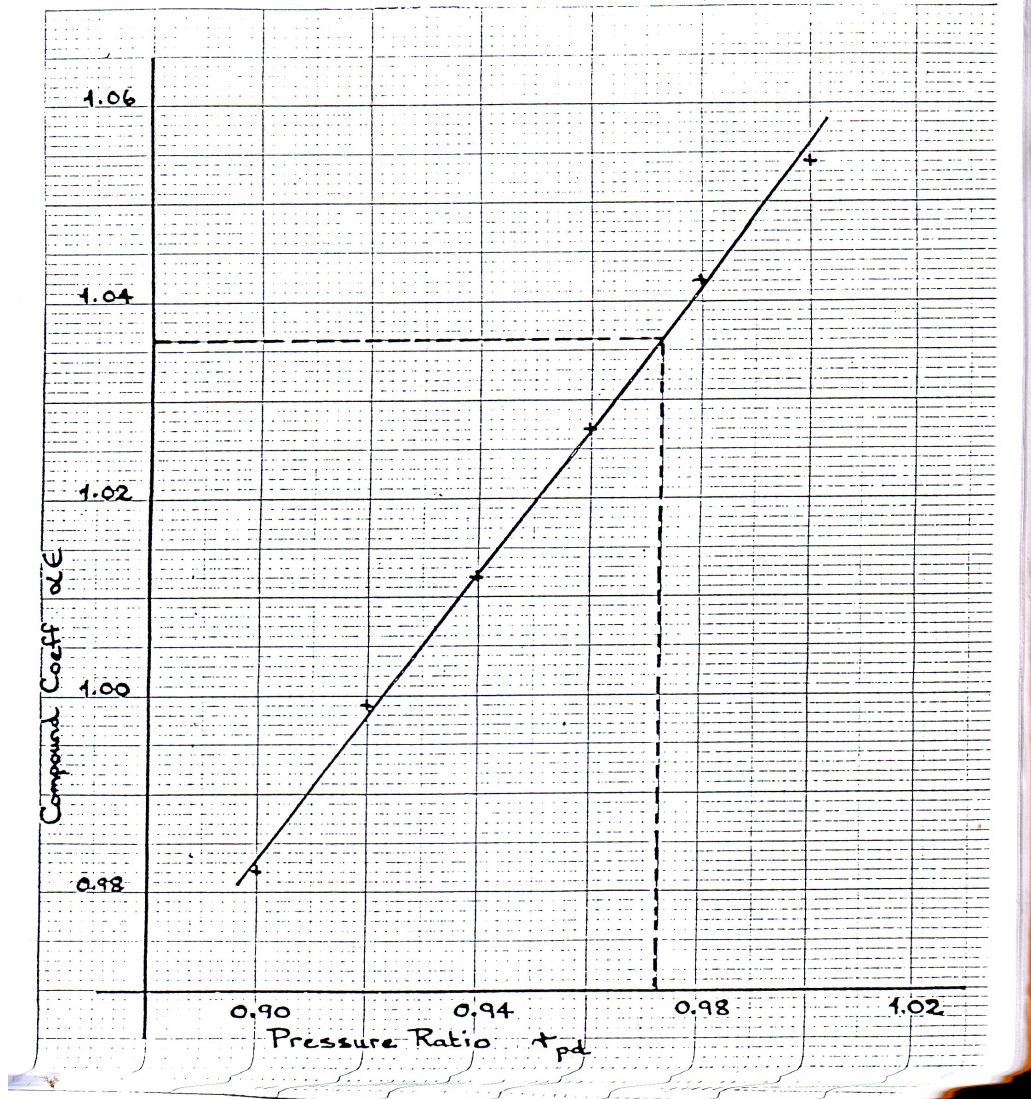
Gambar 1. 13 Karakteristik fan untuk pengujian venturi meter pada manual book

Lampiran 5 :Grafik terhadap R_{PD}

P3240C.WP

23

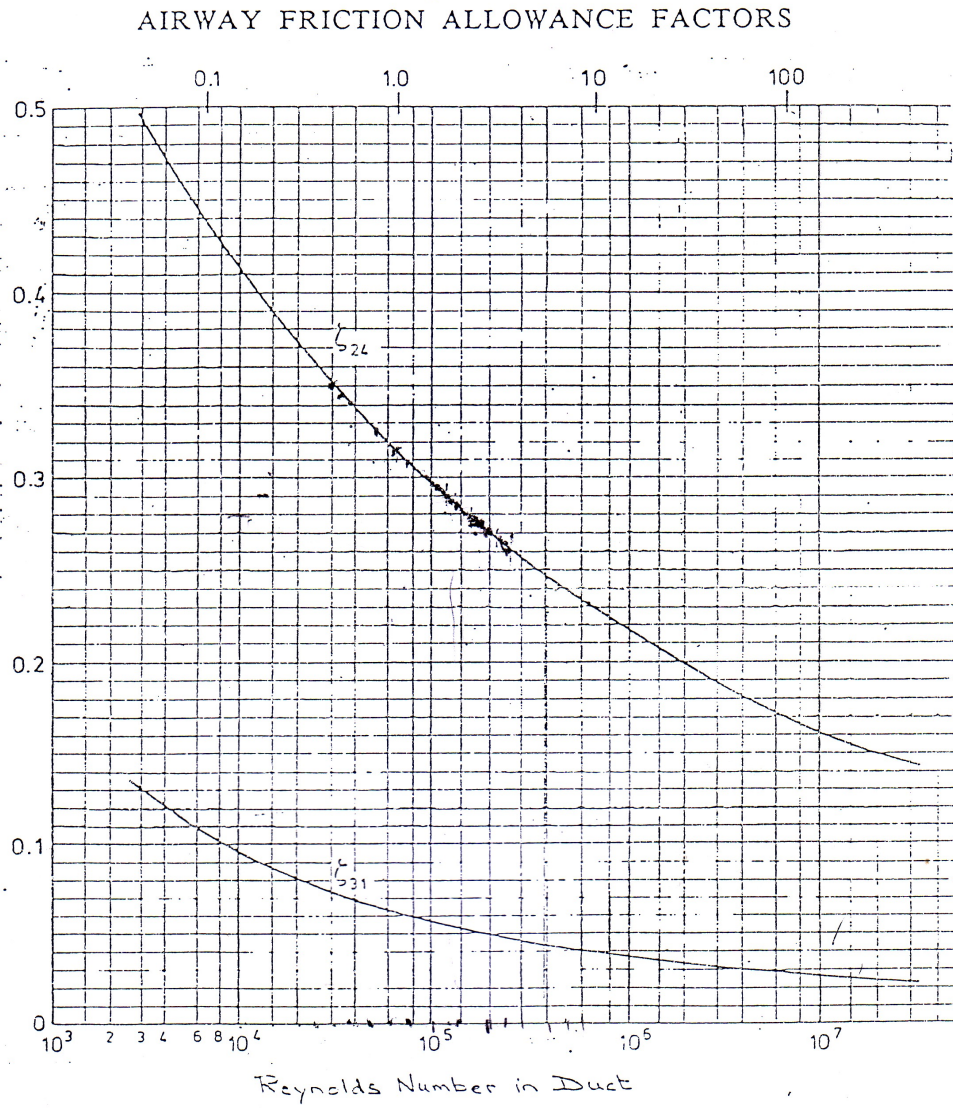
FIG. 1
PLOT OF $\alpha\epsilon$ AGAINST r_{pd} FOR $\beta = 0.65$



Gambar 1.14 Grafik terhadap R_{PD}

Lampiran 6 : Grafik faktor Gesekan δ_{24} terhadap bilangan Reynold

FIG. 3



Gambar 1.15 Grafik faktor gesekan Grafik δ_{24} terhadap bilangan reynold.

Lampiran 7 : Tabel CP dan ρ udara

Tabel 25. Tabel CP dan ρ udara

No	T	ρ	μ
	(°K)	(Kg/m ³)	(kg/m.s x 10 ⁵)
1	100	3.6010	0.6924
2	150	2.3675	1.0283
3	200	1.7684	1.3289
4	250	1.4128	1.5990
5	300	1.1774	1.8462
6	350	0.9980	2.075
7	400	0.8826	2.286
8	450	0.7833	2.484
9	500	0.7048	2.671
10	550	0.6423	2.848
11	600	0.5879	3.018
12	650	0.5430	3.177
13	700	0.5030	3.332
14	750	0.4709	3.481
15	800	0.4405	3.625

Lampiran 8 : Kalibrasi Torsimeter

Kalibrasi Torsimeter

Dynamometer torsi dapat diukur dari sel aktif yang tersambung dengan lengan dynamometer torsi (lengan torsi memiliki radius 0,16 m) dan ditunjukkan dalam Nm digital meter pada panel instrumen. Sebuah potensiometer dengan dilengkapi panel depan jika diperlukan nilai nol dapat diatur seperti yang diminta sistem harus diukur secara periodik seperti dibawah.

Peringatan : selama mengikuti prosedur diawah, sangat penting untuk tidak mengis isolator dan pintu electrical enclosure, karena banyak supply dari electrical penting diperoleh. Peringatan ini harus diperhatikan dan hanya orang yangberkualifikasi yang dapat mengerjakan ini :

1. Buka panel depan dari electrical enclosure dan nyalakan isolator depan. Biarkan sistem menjadi hangat selama 30 menit.
2. Memeriksa bahwa tidak ada sel yang tidak aktif dari sel yang aktif dan cek apakah meternya menunjukan angka nol. Jika penting atur dengan menggunakan panel depan parameter zero.
3. Ikat gantungan berat dengan peniti yang diberi di atasnya sel yang aktif dan secara perlahan-lahan tambahkan ukuran dari supply berat (100 gram berat penggantung dan 2x2 kg + 1x1 kg berat).

4. memeriksa apakah panel meter telah menunjukkan angka 8,0 Nm. Jika perlu untuk mencapai ukuran tersebut atur RV2 pada torsi/tachometer yang tercetak pada papan sirkuit (CBA 60 A).
5. Pindahkan berat kalibrasi dan berat gantungan lalu cek ulang lalu atur jika perlu.
6. Ulangi langkah 3,4,5 dan 5 sampai angka nol dan 8,0 Nm dapat dibaca dengan benar.
7. Matikan isolator lalu tutup panel depan



Lampiran 9 : Hasil analisa data untuk mencari nilai ideal debit (Q_2), Tekanan statik (H_2), Daya (P_2)

Tabel 26. Hasil analisa data untuk mencari nilai ideal debit (Q_2), Tekanan statik (H_2), Daya (P_2)

Q_v (Q_1)	P_{sf} (H_2)	N_f (P_2)	Q_2	H_2	P_2
0.489	563	1125	0.652	1000.889	2666.667
0.467	617	1038	0.622667	1096.889	2460.444
0.445	665	981	0.593333	1182.222	2325.333
0.431	698	944	0.574667	1240.889	2237.63
0.403	764	869	0.537333	1358.222	2059.852
0.357	876	750	0.476	1557.333	1777.778
0.276	1017	550	0.368	1808	1303.704
0.35	1040	488	0.466667	1848.889	1156.741
0.202	1127	394	0.269333	2003.556	933.9259
0.156	987	300	0.208	1754.667	711.1111
0.1	887	206	0.133333	1576.889	488.2963
0.067	848	144	0.089333	1507.556	341.3333
0	880	81	0	1564.444	192