

Rancangan Sensor Kecepatan Angin Pada Wind Tunnel

Munnik Haryanti¹, Muhammad Awaludin¹

ABSTRAC : Wind Tunnel is a tool used in aerodynamic research to study the effect of moving air trough solid object. Data retrieval carried out in the wind tunnel at Suryadarma still uses a ruler. The method is still manual, resulting in less precision in data collection. To facilitate reading in the wind tunnel, a system is made using the MPXV 7002 sensor. This data reading system is connected to an LCD as a display in monitoring the resulting speed changes. From the results of the study it can be concluded that the measurement of pressure the greater the rotation of the engine in the wind tunnel, the greater the value of pressure produced based on testing using MPXV7002 sensor with 800 RPM, 1000 RPM, 1200 RPM. The resulting voltage is 2.25 V, 2.27 V, 2.28 V. With observed speeds 8, 10, 12 m / s compared with anemometers 7.8 m / s, 9.5 m / s and 12 m / s. And the resulting error is 1.5%, 1.9%, 2%.

KEY WORD : Wind Tunnel, pressure, velocity, sensor.

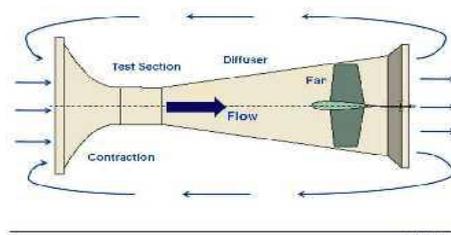
ABSTRAK : Wind Tunnel adalah sebuah alat yang di gunakan dalam penelitian aerodinamika untuk mempelajari efek dari udara yang bergerak melewati benda padat. Pengambilan data yang dilakukan pada wind tunnel Universitas Suryadarma masih menggunakan penggaris. Cara tersebut masih manual sehingga mengakibatkan kurang presisi dalam pengambilan data. Untuk memudahkan pembacaan pada wind tunnel maka dibuatlah sebuah sistem dengan menggunakan sensor MPXV 7002. Sistem pembacaan data ini dihubungkan dengan sebuah LCD sebagai tampilan dalam memonitoring perubahan kecepatan yang dihasilkan. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pengukuran tekanan semakin besar putaran Engine pada wind tunnel semakin besar pula nilai tekanan yang dihasilkan berdasarkan pengujian menggunakan sensor MPXV7002 dengan RPM 800, RPM 1000, RPM 1200 . Tegangan yang dihasilkan 2,25 V, 2,27 V, 2,28 V. Dengan kecepatan yang diamati 8, 10, 12 m/s dibandingkan dengan anemometer 7,8 m/s , 9,5 m/s dan 12 m/s. Dan eror yang dihasilkan 1,5 %, 1,9 %, 2 %.

KATA KUNCI : Wind Tunnel, tekanan, kecepatan, sensor.

PENDAHULUAN

Wind tunnel adalah sebuah alat yang digunakan dalam penelitian aerodinamika untuk mempelajari efek dari udara yang bergerak melewati benda padat. Wind Tunnel atau terowongan angin digunakan untuk mensimulasikan keadaan sebenarnya pada suatu benda yang berada dalam pengaruh gaya-gaya aerodinamik dalam bidang aeronautika kinerja mekanika terbang (flight mechanic) dari suatu benda terbang (aerial vehicle) dapat diuji secara experimental, dengan peralatan system pendukung yang memiliki kemampuan ukur enam derajat kebebasan (degree of freedom), yaitu gaya, drag, thrust, weight, lift, side, momen, pitch, roll, yaw. Obyek analisa ini sangat luas sehingga dibagi dalam beberapa sub klasifikasi. Pada bidang otomotif penelitian ini digunakan pada desain mobil, bentuk (shape) yang futuristic sehingga hambatan angin dapat direduksi sehingga konsumsi bahan bakar lebih hemat. Dalam bidang lainnya digunakan pada uji jembatan, uji polusi dan lain sebagainya.

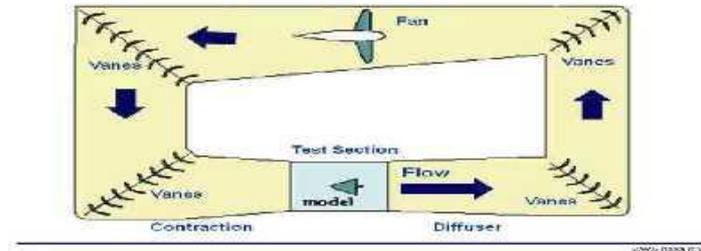
Prinsip kerja dilihat dari rangkaiannya ada 2 jenis, yakni wind tunnel rangkaian terbuka dan rangkaian tertutup. Pada rangkaian terbuka motor penggerak menghasilkan energy mekanik dalam bentuk putaran poros. Fan terhubung dengan poros penggerak, dan ketika poros penggerak berputar maka fan ikut berputar. Putaran udara menyebabkan aliran udara dengan kecepatan tertentu. Aliran udara yang dihasilkan fan belum laminar. Kemudian aliran udara tersebut masuk dalam sisi *inlet wind tunnel*. Setelah aliran udara masuk sisi *inlet wind tunnel*, aliran udara tersebut masuk kedalam tiap lubang *honeycomb*. Setelah melalui *honeycomb* aliran udara menjadi laminar. Kemudian aliran tersebut masuk kedalam *diffuser*, dan setelah melewati *diffuser* maka kecepatan aliran udara menurun. Setelah melewati *diffuser* maka aliran udara tersebut masuk kedalam *contraction*, dan setelah melewati *contraction* maka kecepatan aliran udara meningkat. Setelah melewati *contraction*, aliran udara masuk kedalam *test section*, dan setelah melewati *testsection* aliran udara terbuang keluar lingkungan.



■ Gambar 1. Wind Tunnel Rangkaian Terbuka

¹ Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma

Pada *wind tunnel* rangkaian tertutup yaitu motor penggerak menghasilkan energi mekanik dalam bentuk putaran poros. *Fan* terhubung dengan poros motor penggerak, dan ketika poros penggerak berputar maka *fan* ikut berputar. Putaran *fan* menyebabkan aliran udara dengan kecepatan tertentu. Kemudian aliran udara tersebut belok dan diarahkan oleh sudu pengarah (*vane*), lalu setelah beberapa jarak melewati terowongan, aliran udara tersebut kembali belok dan diarahkan oleh sudu pengarah. Kemudian aliran udara tersebut masuk kedalam *contraction*, dan setelah melewati *contraction* maka kecepatan aliran udara akan meningkat. Setelah melewati *contraction*, aliran udara tersebut masuk kedalam ruang *testsection*. Setelah melalui ruang *test section*, aliran udara tersebut masuk kedalam *diffuser*, dan setelah melewati *diffuser* maka kecepatan aliran udara akan turun. Setelah melewati *diffuser*, aliran udara tersebut belok dan diarahkan oleh sudu pengarah, lalu setelah beberapa jarak melewati terowongan, aliran udara tersebut kembali belok dan diarahkan oleh sudu pengarah, dan aliran udara tersebut tidak terbuang keluar lingkungan, melainkan dihisap kembali oleh *fan*.



■ Gambar 2. Wind Tunnel Rangkaian Tertutup

Di dalam wind tunnel data-data yang dihasilkan adalah tekanan udara yang diukur dalam beberapa cara. Penyebaran tekanan pada model uji secara historis diukur berdasarkan banyaknya lubang-lubang kecil yang terbentuk di sepanjang jalur aliran udara dengan menggunakan manometer banyak tabung untuk mengukur tekanan di setiap lubang. Penyebaran tekanan dapat diukur dengan menggunakan air ataupun cat yang sensitive terhadap perubahan tekanan, yang menunjukkan fluoresensi air/cat lebih rendah pada titik terjadinya tekanan lebih tinggi. Penyebaran tekanan juga dapat dilakukan dengan menggunakan survey olak. Yang dalam tes ini satu tabung pitot digunakan untuk mendapatkan beberapa ukuran yang terdapat pada model uji, atau beberapa manometer tabung dipasang pada aliran dan semua ukuran diambil. Banyaknya tabung yang dipasang membutuhkan waktu dalam proses pengamatan. Ketelitian dalam pengamatan perlu dilakukan supaya tidak salah dalam mengambil data.

LANDASAN TEORI

Pengukuran tekanan dinamis, tekanan statis dan (hanya untuk aliran yang termampatkan) kenaikan suhu dalam aliran udara. Arah aliran dalam setiap model dapat ditentukan dari jumbai benang yang melekat pada permukaan aerodinamika. Arah aliran udara yang mendekati permukaan dapat divisualisasikan dengan pemasangan benang pada aliran udara di depan dan dibelakang model uji. Kecepatan udara yang melalui beberapa tes ditentukan dengan menggunakan rumus Bernoulli seperti pada rumus 1.

$$V = \frac{\sqrt{2^2(P_t - P_s)}}{\rho} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

V : kecepatan

Pt : total pressure

Ps : static pressure

ρ : masa udara

Kecepatan udara (airspeed) adalah kecepatan relatif pesawat terhadap udara, konvensi umum pada penerbangan untuk mengkuilifikasi kecepatan udara yaitu : Indicated Airspeed (IAS), Calibrated Airspeed (CAS), True Airspeed (TAS), Equivalent Airspeed (EAS) dan Density Airspeed. Pengukur Airspeed atau kecepatan udara pada pesawat dikenal dengan nama Airspeed Indicator (ASI). *Air Speed Indicator* adalah pengukuran tekanan dinamis yang penunjukannya dirubah dari satuan tekanan menjadi satuan kecepatan. *Air Speed Indicator* digunakan oleh pilot dalam semua fase penerbangan, dari *takeoff*, *memanjat/climb*, posisi stabil

(lurus)/*cruise*, menurun/*descent*, dan mendarat/*landing* untuk mengetahui dan mempertahankan kecepatan pada jenis pesawat model dalam kondisi operasi yang ditetapkan pada Manual Operasi.

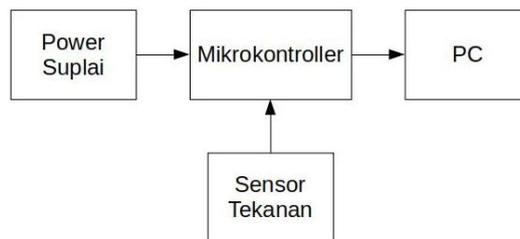
Instrument Air Speed Indicator digunakan untuk menunjukkan kecepatan pesawat saat terbang. Kecepatan pesawat yang diukur adalah kecepatan relatif terhadap udara disekitarnya. Kecepatan udara diukur dengan mengukur perbedaan tekanan udara. Tekanan udara diperoleh dengan menggunakan sistem *pitot static*. Kecepatan pesawat diukur dalam satuan *m/sec*. Bagian utama dari *air speed indicator* adalah sebuah *diafragma* dari logam yang fleksibel. *Diafragma* ini dihubungkan dengan *pitot tube* bila pesawat bergerak maju maka tekanan dinamis masuk melalui *pitot tube* dan menekan *diafragma* sehingga mengembang, diafragma akan mengembang dan mengempis sesuai dengan besar kecilnya tekanan dinamis yang masuk melalui *pitot tube*. Gerakan mengembang dan mengempisnya *diafragma* akan diteruskan melalui sebuah tuas yang akan memutarakan sebuah *rocking shaft* dengan berputarnya *rocking shaft*, maka tuas yang lain akan menggerakkan sektor yang bergigi. Sektor yang bergigi akan memutarakan *hand shaft* dimana terpasang *pointer* dari *air speed indicator* tekanan yang masuk dekat dalam *diafragma* disamping dinamis juga tekanan statis, kedua tekanan ini dinamakan tekanan *pitot*. Tekanan *statis* ini tidak tergantung pada kecepatan jadi *diafragma* harus bebas dari pengaruh tekanan ini. Untuk menghilangkan pengaruh tekanan *statis*, *diafragma* ditempatkan dalam rumah *instrument* yang kedap udara dan dihubungkan dengan *atmosfer* melalui lubang *static*.

Tegangan output didapatkan dari tegangan referensi dibagi 10 bit dikalikan dengan nilai ADC, sesuai dengan rumus 2 di bawah ini.

$$V_{out} = V_{in} / 10 \text{ Bit} * \text{ADC Output} \dots\dots\dots(2)$$

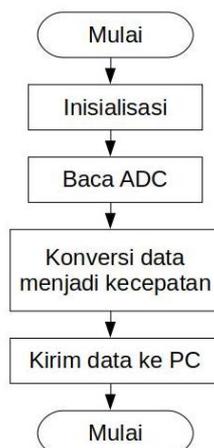
RANCANGAN

Blok rancangan alat pendeteksi kecepatan angin pada wind tunnel ini adalah seperti pada gambar 3 dibawah ini. Wind tunnel menggunakan sensor tekanan untuk mengukur tekanan angin, dimana sensor tekanan menggunakan MPXV7002. Data diambil oleh mikrokontroller dan diolah untuk menjadi kecepatan dan kemudian dikirim ke PC untuk ditampilkan dalam layar monitor.



■ Gambar 3. Blok Rancangan Alat

Di bawah ini merupakan flowchart dari sistem yang digunakan. Setelah alat dinyalakan maka mulai dengan inialisasi semua port-port yang dipakai. Baca data ADC sehingga data-data dapat dikonversi menjadi kecepatan.



■ Gambar 4. Flow chart sistem

Setelah data-data di konversi ke dalam kecepatan, data-data kecepatan tersebut di kirim ke dalam PC sehingga dapat dipantau secara *real time*.

PENGUJIAN

Hasil pengujian yang dilakukan pada rancangan adalah seperti tabel- tabel dibawah ini.

■ **Tabel 1.** Pengujian Data ADC pada RPM 800

NO	DATA ADC	Vout (Vdc)	Multitester (Vdc)	Engine (Rpm)
1	549	2.25	2.25	800
2	548	2.24	2.24	800
3	549	2.25	2.25	800
4	547	2.24	2.24	800
5	547	2.24	2.24	800
6	549	2.25	2.25	800
7	548	2.24	2.24	800
8	548	2.24	2.24	800
9	549	2.25	2.25	800
10	549	2.25	2.25	800

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai tegangan yang di dapatkan pada perhitungan sama dengan tegangan yang diperoleh dengan melakukan pengukuran multitester.

■ **Tabel 2.** Pengujian Data ADC pada RPM 1000

NO	DATA ADC	Vout (Vdc)	Multitester (Vdc)	Engine (Rpm)
1	553	2.27	2.27	1000
2	553	2.27	2.27	1000
3	554	2.27	2.28	1000
4	554	2.27	2.28	1000
5	552	2.26	2.26	1000
6	553	2.27	2.27	1000
7	554	2.27	2.28	1000
8	554	2.27	2.28	1000
9	552	2.26	2.26	1000
10	552	2.26	2.26	1000

Pada rpm 1000 terdapat beberapa perhitungan dan pengujian dengan menggunakan multitester yang sedikit berbeda.

■ **Tabel 3.** Pengujian Data ADC pada RPM 1200

NO	DATA ADC	Vout (Vdc)	Multitester (Vdc)	Engine (Rpm)
1	557	2.29	2.28	1200
2	556	2.28	2.28	1200
3	556	2.28	2.28	1200
4	556	2.28	2.28	1200
5	557	2.29	2.29	1200
6	555	2.27	2.27	1200
7	556	2.28	2.28	1200
8	555	2.27	2.27	1200
9	557	2.29	2.28	1200
10	556	2.28	2.27	1200

Begitu juga pada rpm 1200 data yang diperoleh dengan menggunakan multitester mengalami sedikit perbedaan.

■ **Tabel 6.** Konversi Tekanan pada rpm 800

NO	DATA ADC	Pressure (Pa)	Vout(Vdc)	Engine (Rpm)
1	554	207.72	2.27	800
2	553	202.83	2.27	800

3	555	212.61	2.28	800
4	554	207.72	2.27	800
5	554	207.72	2.27	800
6	555	212.61	2.28	800
7	555	212.61	2.28	800
8	554	207.72	2.27	800
9	554	207.72	2.27	800
10	554	207.72	2.27	800

■ **Tabel 7.** Konversi Tekanan pada rpm 1000

NO	DATA ADC	Pressure (Pa)	Vout(Vdc)	Engine (Rpm)
1	558	227.27	2.29	1000
2	558	227.27	2.29	1000
3	558	227.27	2.29	1000
4	558	227.27	2.29	1000
5	557	222.39	2.29	1000
6	557	222.39	2.29	1000
7	555	212.61	2.28	1000
8	555	212.61	2.28	1000
9	555	212.61	2.28	1000
10	557	222.39	2.29	1000

■ **Tabel 8.** Konversi Tekanan pada rpm 1200

NO	DATA ADC	Pressure (Pa)	Vout(Vdc)	Engine (Rpm)
1	564	256.60	2.32	1200
2	564	256.60	2.32	1200
3	562	246.82	2.31	1200
4	562	246.82	2.31	1200
5	562	246.82	2.31	1200
6	561	241.94	2.30	1200
7	561	241.94	2.30	1200
8	561	241.94	2.30	1200
9	564	256.60	2.32	1200
10	562	246.82	2.31	1200

Di bawah ini merupakan pengujian yang dilakukan dengan menggunakan sensor dan membandingkan dengan anemometer.

■ **Tabel 9.** Pengujian dan pengukuran Kecepatan menggunakan anemometer

No	Pressure (Pa)	AirSpeed (m/s)	Anemometer (m/s)	Engine (Rpm)
1	207.72	7.71	7.6	800
2	207.72	7.71	7.6	800
3	202.83	7.29	7.2	800
4	202.83	7.29	7.2	800
5	202.60	7.28	7.2	800
6	202.60	7.28	7.2	800
7	212.61	8.11	8	800
8	212.61	8.11	8	800
9	207.72	7.71	7.6	800
10	207.72	7.71	7.6	800

■ **Tabel 10.** Pengujian dan pengukuran Kecepatan menggunakan anemometer

No	Pressure (Pa)	AirSpeed (m/s)	Anemometer (m/s)	Engine (Rpm)
1	227.27	9.23	9.2	1000
2	227.27	9.23	9.2	1000
3	222.39	8.87	9	1000
4	232.16	9.58	9.8	1000
5	232.16	9.58	9.8	1000
6	232.16	9.58	9.8	1000
7	222.39	8.87	9	1000
8	222.39	8.87	9	1000
9	227.27	9.23	9.2	1000
10	232.16	9.58	9.8	1000

■ **Tabel 11.** Pengujian dan pengukuran Kecepatan menggunakan anemometer

No	Pressure (Pa)	AirSpeed (m/s)	Anemometer (m/s)	Engine (Rpm)
1	256.60	11.19	11.9	1200
2	246.82	10.57	10.6	1200
3	246.82	10.57	10.6	1200
4	246.82	10.57	10.6	1200
5	256.60	11.19	11.9	1200
6	251.71	10.89	10.9	1200
7	251.71	10.89	10.9	1200
8	256.60	11.19	11.9	1200
9	246.82	10.57	10.6	1200
10	256.60	11.19	11.9	1200

Berdasarkan data-data tabel diatas maka semakin tinggi nilai rpm pada engine wind tunnel maka akan semakin tinggi tekanan yang terjadi. Semakin tinggi Rpm pada putaran motor mengakibatkan semakin besar pula tegangan yang dihasilkan sehingga mengakibatkan berubahnya kecepatan angin.

Berdasarkan pada hasil uji coba dilapangan menggunakan selang tabung pada manometer air dapat diketahui hasil kondisi dalam selevel air didapat nilai 1,5cm dengan Rpm 800 kemudian dikonversi menjadi tekanan dan didapat hasil 147,15Pa begitu pula dengan Rpm 1000 dan Rpm 1200. Error yang terjadi pada masing-masing rpm adalah 1,551% di rpm 800, 1,967 % di rpm 1000 dan 2,017 % di rpm 1200.

KESIMPULAN

1. Pada tegangan 2,25 volt di rpm 800 ; 2,27 volt di rpm 1000 dan 2,28 volt di rpm 1200.
2. Pitot berbasis sensor yang dikembangkan pada wind tunnel menunjukkan hasil airspeed 8, 10, 12 sedangkan perbandingan dengan menggunakan anemometer menunjukkan hasil 7.8, 9.5 dan 12.0
3. Perhitungan error yang di dapat pada Rpm 800 adalah 1.551%, pada Rpm 1000 adalah 1.967% dan Rpm 1200 adalah 2.017%.

REFERENSI :

- [1]. Fisika Edisi Schaum Edisi Ke sepuluh oleh Frederick J. Bueche
- [2]. "Low Speed Wind Tunnel Testing" Third Edition ISBN 9788126525683, Jewel B Barlow, Willian H, Rae, Jr, Alan Pope.
- [3]. Rancang Bangun Alat Monitoring Kecepatan Angin Dengan Koneksi Wireless Pada Arduino Uno, O Derek, EK Allo, NM Tulung; Jurnal Teknologi Elektro Dan Komputer Vol 5 Nomor 4; UNSRAT ; ISSN : 2301-8402, 2016.
- [4]. Perancangan Dan Realisasi Anemometer Digital Untuk Aplikasi Sistem Peringatan Dini, MR Mahal, AR Al Tahtawi, Sudrajat Sudrajat; Jurnal Teknologi Rekayasa Politeknik Sukabumi (JTERA); ISSN : 2548-737X; e ISSN : 2548-8678, 2017.
- [5]. Rancang Bangun Alat Ukur Kecepatan Angin Berbasis Arduino Uno Atmega 328P, Jurnal Inovasi Fisika Indonesia, Vol 4 Nomor 3, Hal 150-156, 2015