

**OPTIMASI *SUBSONIC WIND TUNNEL* DENGAN PENAMBAHAN VARIASI
SCREEN PADA *CONTRACTION CONE* UNTUK EKSPERIMEN
AERODINAMIKA BODI KENDARAAN**

*“Diajukan Sebagai Persyaratan Untuk Menyelesaikan Program Sarjana Pada
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Departemen Teknik Otomotif Fakultas
Teknik Universitas Negeri Padang”*



Disusun Oleh :

ASHIM AL AFIF

24073144

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF
DEPARTEMEN TEKNIK OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

2025

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

**Optimasi Subsonic Wind Tunnel dengan Penambahan Variasi Screen Pada
Contraction Cone Untuk Eksperimen Aerodinamika Bodi Kendaraan**

Nama : Ashim Al Afif
NIM/TM : 24073144/2024
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Departemen : Teknik Otomotif
fakultas : Teknik

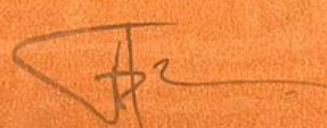
Padang, November 2025

**Disetujui oleh:
Pembimbing**



M. Yasep Setiawan, S.Pd., M.T
NIP. 198909302019031014

**Mengetahui
Kepala Departemen Teknik Otomotif
Fakultas Teknik UNP**



Wawan Purwanto, S.Pd., M.T, Ph.D
NIP. 198409152010121006

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Optimasi Subsonic Wind Tunnel dengan Penambahan Variasi Screen Pada
Contraction Cone Untuk Eksperimen Aerodinamika Bodi Kendaraan

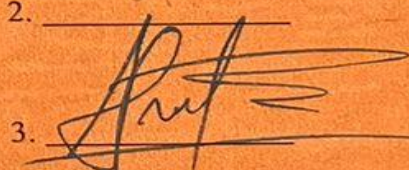
Nama : Ashim Al Afif
NIM/TM : 24073144/2024
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Departemen : Teknik Otomotif
fakultas : Teknik

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan dinyatakan Lulus sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana pada program studi Pendidikan Teknik Otomotif, Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Padang, November 2025

Tim Penguji

1. ketua : M.Yasep Setiawan,S.Pd.,M.T
2.Anggota : Wawan Purwanto,S.Pd.,M.T.,Ph.D
3.Anggota : Dwi Sudarno Putra,S.T.,M.T.,Ph.D

1. 
2. 
3. 

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ashim Al Afif
NIM/TM : 24073144/2024
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Departemen : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang

Dengan ini menyatakan, bahwa Skripsi saya yang judul “Optimasi *Subsonic Wind Tunnel* dengan Penambahan Variasi *Screen* pada *Contraction Cone* untuk Eksperimen Aerodinamika Bodi Kendaraan” adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, November 2025

Saya yang menyatakan,



Ashim Al Afif
NIM. 24073144



BIODATA

A. Data diri

Nama : Ashim Al Afif
Tempat/tanggal lahir : Payakumbuh/14 Maret 2001
Agama : Islam
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Golongan Darah : O
Anak ke : 1
Jumlah saudara : 3
Nama ayah : Syamsis,S.Sos
Nama Ibu : Nanda Ferani
Alamat : Labuah Basilang,Payakumbuh Barat
Email : Ashimalafif03@gmail.com



B. Riwayat pendidikan

SD : SD Islam Raudhatul Jannah
SMP : SMP Islam Raudhatul Jannah
SMA/SMK sederajat : SMA Islam Raudhatul Jannah

C. Tugas Akhir

Judul : Optimasi Subsonic Wind Tunnel dengan Penambahan Variasi Screen Pada Contraction Cone Untuk Eksperimen Aerodinamika Bodi Kendaraan.
Tanggal Sidang : 3 November 2025

ABSTRAK

Ashim Al Afif, 2025. Optimasi *Subsonic Wind Tunnel* dengan Penambahan Variasi *Screen* Pada *Contraction Cone* Untuk Eksperimen Aerodinamika Bodi Kendaraan

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan kinerja subsonic wind tunnel dengan menambahkan variasi screen pada bagian contraction cone untuk memperoleh aliran udara yang lebih laminar dalam eksperimen aerodinamika bodi kendaraan. Permasalahan utama yang dihadapi pada wind tunnel konvensional adalah masih terjadinya turbulensi udara di test section sehingga mempengaruhi akurasi hasil pengujian. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilaksanakan di Workshop Departemen Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Alat utama yang digunakan meliputi subsonic wind tunnel, smoke machine, anemometer, screen mesh dengan berbagai variasi jumlah, serta honeycomb sebagai pengarah aliran.

Pengujian dilakukan sebanyak tujuh kali dengan kombinasi antara jumlah screen mesh (tanpa screen, satu, dua, dan tiga lapis) serta kombinasi dengan honeycomb. Visualisasi aliran dilakukan menggunakan smoke machine dan pengukuran kecepatan udara rata-rata menggunakan anemometer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan screen mesh mampu menurunkan tingkat turbulensi, namun kombinasi antara screen mesh dan honeycomb memberikan hasil yang paling optimal dalam menghasilkan aliran laminar. Pada kombinasi tiga screen mesh dengan honeycomb, diperoleh kecepatan udara rata-rata sebesar 4,30 m/s dengan pola aliran yang lurus, stabil, dan bebas pusaran, sehingga dikategorikan sebagai aliran laminar.

Kata kunci: *Subsonic wind tunnel, screen mesh, honeycomb, aerodinamika, aliran laminar.*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur terhadap kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan susunan proposal skripsi ini dengan judul **“Optimasi *Subsonic Wind Tunnel* Dengan Penambahan variasi *Screen* Pada *Contraction Cone* Untuk Eksperimen Aerodinamika Bodi Kendaraan”**.

Penyusunan skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Pendidikan (S1) pada Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Universitas Negeri Padang. Proposal skripsi yang penulis susun dengan harapan dapat memberikan kontribusi dalam bidang otomotif.

Proposal yang disusun oleh penulis ini, tentunya berkat dukungan dan doa dari orang-orang yang telah membantu penulis secara langsung maupun tidak langsung. Proposal disertasi ini tidak akan terwujud tanpa dukungan dari berbagai pihak, terutama pihak-pihak terdekat. Sehubungan dengan itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Krismadinata, S.T., M.T., Ph.D selaku Rektor Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Wawan Purwanto, S.Pd, M.T., Ph.D. selaku kepala Departemen Teknik Otomotif Fakultas Teknik Univesitas Negeri Padang.
3. Bapak M. Yasep Setiawan, S.Pd, M.T selaku dosen Pembimbing

Akademik.

4. Bapak M. Yasep Setiawan, S.Pd, M.T selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan arahan, masukan dan ilmunya untuk membimbing penulis.
5. Bapak/Ibu Dosen Staf Pengajar Dan Administrasi Di Departemen Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
6. Teristimewa kepada Ayah, Ibu Dan Adik serta keluarga penulis yang selalu memberikan motivasi, dukungan dan doa yang tiada henti kepada penulis.
7. Terimakasih kepada Hana Monica,S.Pd yang selalu memberikan dukungan dan motivasi dalam pembuatan skripsi ini.
8. Rekan-rekan mahasiswa yang begitu banyak memberikan saran, masukan dan membantu peneliti dapat menyelesaikan pembuatan proposal penelitian ini.

Dan tentunya penulis juga tidak lupa untuk meminta maaf apabila masih banyak kesalahan dan kekurangan dalam penyusunan proposal skripsi ini. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan agar lebih baik lagi untuk kedepannya.

Padang, November 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	iii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT'	iv
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4. Rumusan Masalah.....	5
1.5. Tujuan Penelitian	6
1.6. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Kajian Teori	7
2.2 Penelitain Relavan	19
2.3 Kerangka Konseptual.....	22
BAB III METODE PENELITIAN	23
3.1 Jenis Penelitain	23
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	23
3.3 Objek Penelitian.....	23
3.4 Jenis dan Sumeber Data	24
3.5 Instrumen Pengumpulan Data.....	24

3.6 Metode Penelitian Eksperimen	24
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Desain Perancangan Alat	33
4.2 Analisis Data.....	35
4.3 Pembahasan.....	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran	47
Daftar Pustaka	48
LAMPIRAN.....	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Wind Tunnel.....	9
Gambar 2 Model Contraction.....	13
Gambar 3 Model Test Section.....	13
Gambar 4 Model Diffuser	14
Gambar 5 Honeycomb.....	15
Gambar 6 Kerangka Kontekstual	22
Gambar 7 Ilustrasi desain screen.....	25
Gambar 8 Gambar Kerja.....	26
Gambar 9 Exhaust Fan	28
Gambar 10 Anemometer	30
Gambar 11 Ilustrasi Screen Mesh.....	33
Gambar 12 Desain Akhir Screen Mesh.....	34
Gambar 13 Ilustrasi Honeycomb.....	35

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Intensitas Turbulensi Hasil Pengujian	32
--	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan manusia akan transportasi semakin meningkat seiring perkembangan zaman. Terlihat dari begitu banyaknya manusia yang menggunakan berbagai macam alat transportasi baik darat, laut maupun udara. Hal ini menunjukkan bahwa manusia saat ini tidak dapat lepas dari alat transportasi. Manusia semakin menuntut kendaraan yang memiliki performa tinggi, nyaman dan memiliki model yang menarik. Bentuk bodi dari kendaraan adalah salah satu hal yang dikembangkan oleh para pengembang di industri otomotif. Bentuk bodi berpengaruh pada kemampuan kendaraan dalam berjalan melewati aliran udara (Patricia Bagas Surya, 2014).

Aerodinamika sebagai cabang dari ilmu mekanika fluida dengan artian suatu ilmu yang mempelajari pengaruh aliran udara terhadap benda kerja yang bergerak menembus fluida bergerak khususnya yang berbentuk udara. Salah satu cara dalam melakukan penelitian mengenai aerodinamika adalah dengan mengujikan benda kerja ke dalam *wind tunnel*. *Wind tunnel* (terowongan angin) merupakan peralatan berbentuk tabung atau lorong yang digunakan dalam penelitian aerodinamis untuk mempelajari fenomena yang terjadi pada udara yang sedang bergerak pada kecepatan tertentu yang melewati suatu benda padat (Patricia Bagas Surya, 2014).

Pada era modern ini perkembangan ilmu pengetahuan mengenai

aerodinamika semakin meningkat, khususnya pada *wind tunnel* (terowongan angin). *Wind tunnel* pertama kali dibuat oleh Francis Wenham dan John Browning dari Inggris pada tahun 1871 yang berdasarkan keinginan untuk menstimulasikan penerbangan dalam atmosfer. Masih kasar menurut standar saat ini (dan bahkan jika dibandingkan dengan versi yang dibuat oleh Wright bersaudara), terowongan angin (*wind tunnel*) Wenham menjadi dasar bagi semua penelitian aerodinamis selama lebih dari satu abad berikutnya (Benson, 2021).

Menurut (Gemini, 2025) aerodinamika terbagi atas dua, yaitu aerodinamika melalui simulasi dan eksperimen. Aerodinamika melalui simulasi (numerik) menggunakan perangkat lunak untuk menstimulasikan aliran udara disekitar menggunakan model dan algoritma matematika serta mempertimbangkan faktor- faktornya seperti bentuk benda, kecepatan udara dan kepadatan. Aerodinamika melalui simulai digunakan untuk memprediksi kinerja dan beban pada turbin angin (*wind tunnel*). Sedangkan aerodinamika melalui eksperimen mempelajari pergerakan aliran udara pada suatu benda yang bergerak, contoh umum aerodinamika eksperimennya seperti mempelajari bagaimana pesawat terbang dapat terbang, roket yang lepas landas dan layang-layang di langit.

Berdasarkan literatur dari (Tarakka, 2012) bentuk bodi kendaraan juga dapat mempengaruhi penggunaan konsumsi energi. Dikarenakan bentuk bodi yang aerodinamis dapat mengurangi gaya hambat yang terjadi pada bodi mobil.

Bentuk bodi yang direkayasa sedemikian rupa untuk menghasilkan karakteristik aerodinamika yang optimal menggunakan pengujian hambatan udara dan koefisien angkat dapat dianalisa dengan cara simulasi (numerik) dan juga eksperimen.

Banyak riset-riset dalam bidang aerodinamika kendaraan yang telah dilakukan secara eksperimental dan numerik untuk mengembangkan desain agar lebih efisien. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan (Badrawa et. al 2019) dengan melakukan perubahan desain bodi kendaraan bagian depan dan samping, akan menghasilkan pengurangan koefisien drag sebesar 0,11 dan koefisien *lift* sebesar 0,04.

Dalam mempelajari aerodinamika secara umum, sering kali kita menemui beberapa kendala terkait pemahaman pengaruh gerak terhadap benda atau kendaraan dalam aliran udara. Tempat latihan yang dapat melakukan simulasi aliran udara dan benda-benda yang bergerak pada aliran udara tersebut adalah tempat latihan aerodinamika yang mempunyai alat yang disebut dengan terowongan angin (*wind tunnel*). Karena di terowongan angin (*wind tunnel*) kita hanya bisa merasakan bagaimana udara mengalir melewati benda uji di terowongan angin. Agar aliran udara di terowongan angin (*wind tunnel*) dapat divisualisasikan, Aliran berupa asap (*smoke*) harus ditambahkan dan kemudian dimasukkan ke dalam tabung terowongan angin (*wind tunnel*) melalui sistem tabung rake *nozzle*, yang disusun sedemikian rupa sehingga membuat garis yang mewakili aliran udara laminar.

Pada pengujian aerodinamika pada terowongan angin (*wind tunnel*) perlu adanya modifikasi tambahan bagian *screen*. *Screen* merupakan komponen yang digunakan untuk meningkatkan kualitas aliran di bagian *test-section*. *Screen* dipasang sebelum *test-section wind tunnel* dan akan mengubah aliran *non-uniform* menjadi *uniform* sehingga mengurangi intensitas udara di bagian *test-section*. *Screen* diatur untuk mengubah aliran yang tidak beraturan menjadi searah atau seragam sehingga mengurangi intensitas udara di bagian *test section*. Aliran yang tidak sejajar sumbu x dengan kecepatan dan sudut tertentu yang kemudian mengenai *screen* akan berkurang kecepatan alirannya dan sudut keluarnya semakin kecil sehingga arah aliran semakin sejajar dengan sumbu x serta akibatnya aliran akan menjadi searah. Memodifikasi desain dengan menambah *sheet* dapat dilakukan untuk mengurangi intensitas turbulensi (Sari, 2021)

Salah satu mahasiswa Teknik Otomotif Universitas Negeri Padang sebelumnya yang disusun oleh (Sahid, 2024) dengan judul “Rancang Bangun *Smoke Machine* Untuk Visualisasi Aliran Udara Pada *Wind Tunnel*”. Berdasarkan penelitian rancang bangun diteliti oleh Restu Sahid, mengidentifikasi masalah mengenai aerodinamika menggunakan jenis alat *smoke machine* agar menghasilkan hasil yang konstan sesuai dengan jenis alat yang telah dirancang. Penelitian ini digunakan untuk optimasi aliran fluida di dalam *subsonic wind tunnel*.

Berdasarkan uraian diatas, peneliti ingin melakukan sebuah keterbaharuan mengenai Optimasi *Subsonic Wind Tunnel* Dengan Penambahan

variasi *Screen* Pada *Contraction Cone* Untuk Eksperimen Aerodinamika Bodi Kendaraan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan dari latar belakang diatas, maka dapat diidentifikasi masalah dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Kebutuhan dalam eksperimen fluida atau aerodinamika.
2. Belum optimalnya visualisasi aliran fluida di dalam subsonic *wind tunnel*.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dikemukakan, dapat diperoleh sebuah batasan masalah dari penelitian ini. Diantaranya adalah:

1. Penelitian ini digunakan untuk kebutuhan dalam eksperimen fluida atau aerodinamika.
2. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan mengoptimasi visualisasi aliran udara di dalam wind tunnel.

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah yang telah dikemukakan, dapat diperoleh sebuah rumusan masalah dari penelitian ini diantaranya adalah:

- 4.1 Bagaimana pengaruh dari hasil eksperimen fluida atau aerodinamika?
- 4.2 Bagaimana cara mengoptimalkan visualisasi pada aliran udara di dalam subsonic wind tunnel?

1.5. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah di kemukakan, dapat diperoleh sebuah tujuan dari penelitian diantaranya yaitu:

- 5.1 Sebagai syarat menyelesaikan studi program studi Strata 1 teknik otomotif sehingga mendapatkan gelar pendidikan (S.Pd).
- 5.2 Mengetahui hasil dari pengaruh eksperimen fluida atau aerodinamika pada bodi kendaraan.
- 5.3 Mengetahui hasil dari visualisasi pada aliran udara di dalam subsonic wind tunnel yang optimal.

1.6. Manfaat Penelitian

Berdasarkan uraian diatas, terdapat manfaat dari penelitian ini.

Diantaranya adalah:

1. Untuk menciptakan sebuah kebutuhan dalam eksperimen fluida atau aerodinamika pada bodi kendaraan,
2. Penelitian ini sebagai media pelengkap pada alat *subsonic wind tunnel* yang telah dioptimalkan pada bodi kendaraan menggunakan variasi *screen*

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, pengujian percobaan intensitas turbulensi dilakukan sebanyak tujuh kali percobaan menggunakan *smoke machine* untuk memvisualisasikan aliran udara pada *wind tunnel* dengan berbagai variasi *screen mesh* dan *honeycomb*. Berdasarkan pengambilan data yang diambil aliran udara pada *test section* dapat dilihat dari data percobaan pertama hingga data percobaan keempat mengalami perubahan aliran udara yang masih sedikit mengalami turbulensi. Pada data percobaan kelima hingga ketujuh aliran udara sudah dinyatakan laminar karena dengan penambahan *honeycomb* di bagian depan *test section* membuat aliran lebih stabil dan lurus.

Kombinasi antara *screen mesh* dan *honeycomb* membuktikan bahwa dengan memvariasikan dua hal ini menciptakan aliran laminar yang efektif. Dengan semakin banyak lapisan *screen mesh* yang digunakan, maka kecepatan rata-rata yang dihasilkan menurun tetapi tingkat kestabilan aliran meningkat dengan signifikan. Kesimpulannya, dari ketujuh percobaan yang telah dilakukan hasil yang menyatakan aliran laminar yang paling stabil dan bebas pusaran adalah percobaan ketujuh.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis data penelitian dan kesimpulan yang telah diperoleh, terdapat beberapa saran yang dapat diajukan untuk pengembangan penelitian dan pemanfaatan hasil uji adalah sebagai berikut:

- 1) Kombinasi 3 *screen mesh* dan *honeycomb* terbukti memberikan kualitas aliran yang laminar paling baik. Namun, perlu adanya perlakuan optimasi jarak antar *screen mesh* serta posisi yang relatif terhadap *honeycomb* untuk dapat meminimalisir kehilangan tekanan sekaligus mempertahankan kestabilan aliran.
- 2) Penelitian ini menggunakan visualisasi intensitas turbulensi melalui *smoke machine*. Disarankan untuk menambahkan alat ukur kuantitatif seperti *hot-wire anemometer* atau pilot tube dengan *data acquisition system* untuk mengukur intensitas turbulensi dan kecepatan secara lebih akurat.
- 3) Penelitian ini berfokus pada kecepatan aliran sekitar 4-6 m/s. untuk mendapatkan data yang lebih lengkap, perlu dilakukan uji percobaan pada berbagai tingkat kecepatan, terutama dibawah 4 m/s (untuk laminar yang lebih stabil) dan diatas 6 m/s (untuk melihat batas efektif kombinasi *screen mesh* dan *honeycomb*).

Daftar Pustaka

- (Depdiknas), D. P. (2008). Pendekatan, jenis dan metode penelitian pendidikan. Dalam *Cetakan 1. Direktorat Jendral Peningkatan Mutu Pendidik dan Tenaga Kependidikan*. Jakarta: Direktorat Tenaga Pendidikan.
- A. Sa'diyah et. al. (2022). *Pengantar Teknik Mesin*. Global Eksekutif Teknologi. Ageng, A. R. (2010). Pembuatan dan Pengujian Terowongan Angin.
- Aji Abdillah Kharisma, A. (2020). Analisa Aerodinamis Distribusi Tekanan open Circuit Low Subsonic Wind Tunnel Terhadap Pengaruh Variasi Peletakan Screen Mesh. *Presisi*.
- al, R. G. (2021). Pengaruh Perubahan Dimensi Screen Wind Tunnel Untuk Menghasilkan External Uniform Flow. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (SNITIP)*.
- al, S. e. (2021). PENGARUH MODIFIKASI DESAIN SCREEN PADA WIND TUNNEL UNTUK MENGHASILKAN ALIRAN LAMINER PADA OPEN CYCLE WIND TUNNEL DI POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (SNITP)* .
- al., B. R. (2003). *Mekanika Fluida Jilid 1 & 2 Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.
- Ariyanto, T. (2022). Karakteristik Aerodinamika Pada Analisa Ahmed Body car Menggunakan Software Ansys Wrbench 18. *jurnal Teknik dan Science, 1*, 19- 31.
- Babecom, B. (2021, september 11). *Perbedaan Fluida statis dan Dinamis Dalam Kehidupan Sehari-hari*. Diambil kembali dari Utakatikota.com: <https://www.utakatikotak.com/Perbedaan-Fluida-Statis-dan-Dinamis-Dalam- Kehidupan-Sehari-Hari/kongkow/detail/7478#:~:text=Fluida%20Statis%20merupakan%20fluida>

%20yang%20berada%20pada%20fase,dengan%20kecepatan%20seragam%20 sehingga%20tidak%20mempunyai%20gaya%

Benson, T. (2021, mei 13). *Lengan Berputar dan Terowongan Angin Pertama*. Diambil kembali dari National Aeronautics And Space Administration (NASA): <https://www.grc.nasa.gov/WWW/k-12/WindTunnel/history.html>

Bruce R. Munson, D. T. (2003). *Mekanika Fluida Jilid 1 & 2*. Jakarta: Erlangga.
D. A. philips, M. (2019). Will CFD Ever Replace Wind Tunnels For Building Wind Simulations? 8, 107-116.

Gede Oka Sastrawan, D. R. (t.thn.). Analisis dan Optimalisasi Software Solidworks Fluid Flow Analysis and Optimization Of The Prototype Ganesha Vehicle Surface Water Using Solidworks Software. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*. Diambil kembali dari <https://doi.org/1023887/jptm.v9i1.33122>

Gemini. (2025, April 9). *Apa yang dimaksud dengan variasi sheet?*

Guide, G. (t.thn.). *Francis H. Wenham*. Diambil kembali dari Hotairengines.org: <http://hotairengines.org/inventors/wenham>

Hendriyati, H, J. M. (2020). *Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA)*.

M. Jiménez-Portaz et al. (2020). Air flow quality analysis of an open-circuit boundary layer wind tunnel and comparison with a closed-circuit wind tunnel. *Physics of Fluids*, 32.

Matondang & Wailanduw. (2021). Rancang Bangun Smoke Generator dengan aliran asap secara konstan untuk media pembelajaran di laboratorium aerodinamika. *Ejournal.Unesa.ac.id*, 31-39.

Merin Harum Sari, G. A. (2021). Pengaruh modifikasi Desain Screen Pada Wind Tunnel Untuk Menghasilkan Aliran Laminer Pada Open Cycle Wind Tunnel di Politeknik Penerbangan Surabaya. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (SNITP) Tahun 2021*.

Muhammad Zaidan Taftazani, dkk. (2025). pengatuh desain inlet terhadap karakteristik aliran fluida pada wind tunnel dengan simulasi computational fluid dynamics. *Jurnal Locus*. Diambil

kembali dari Homepage:
<https://locus.rivierapublishing.id/index.php/jl>

- P. David R., A. D. (2020). Desain dan Rancang Bangun Alat Uji "Open Circuit Wind Tunnel Tipe Subsonic". *KOCENIN Serial Konferensi No.1*.
- Patricia Bagas Surya. (2014). Pengaruh Vasiasi Screen Terhadap Intesitas Tubulensi Wind Tunnel Tipe Open Circuit Subsonic di Jurusan Teknik Mesin Unesa. *jurnal mahasiswa universitas negeri surabaya*, 29-37.
- prasetyo. (2018). Rancang Bangun Alat Uji Open Circuit Wind Tunnel Tipe Subsonic. Prasetyo, B. W. (2020). Analisis Aerodinamika Pada Bodi Mobil Hemat energi.
- R. E. Putra. B., D. (2020, Desember). Pengembangan Alat Peraga Aerodynamic Wind Tunnel Tipe Subsonic. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 20, 85-88.
- R. Hermawan, A. P. (2020, Oktober). Investigasi Parameter Kinerja Alat Uji Open Circuit Wind Tunnel Tipe Subsonic. *Jurnal Baut dan Manufaktur*, 02.
- Raka Eksfansyah Putra Bima, D.-J. (2020, Desember). Pengembangan Alat Peraga Aerodynamic Wind Tunnel Tipe Subsonic. *JPTM (Jurnal Pendidikan Teknik Mesin)*, 20, 85-88.
- Riska Gusni Prasetyanti, G. S. (2021). Pengaruh Perubahan Dimensi Screen Wind Tunnel Untuk Menghasilkan External Uniform Flow. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (SNITP)* .
- RWDI. (2023). Wind Engineering & Buildings: CFD & Wind Tunnel Testing Statement.
- Sahid, R. (2024, Agustus 23). Rancang Bangun Smoke Machine Untuk Visualisasi Aliran Udara Pada Wind Tunnel. *AEEJ: Journal Of Automotive Engineering and Vocational Education*, 39-54.
- Setiawan, M. Y. (2023). Pembuatan Perangkat Kontrol Kecepatan Udara di Terowongan Angin Berbasis Arduino Creating Airspeed Control Deviced in Arduino-Based Wind Tunnels. 541-554.

- Tarakka, R. (2012). *Kajian Kontrol Aktif Separasi Aliran turbulen Pada Aerodinamika Bluff Body Model Kendaraan*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Wahyu, D. (2021). Studi Numerik dan Eksperimen Aerodinamika Airfoil NACA 24112. *Creative Research in Engineering, 1*, 1-11. Diambil kembali dari <https://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/CERIE/article/view/9194/3707>
- Wiratama, C. (2018). Terowongan Angin (Wind Tunnel) Aeroengineering.
- Yanel, K. &. (2023). Design of Low Subsonic Wind Tunnel With Open Return. 82-96.