



NOZEL

Jurnal Pendidikan Teknik Mesin

Jurnal Homepage: <https://jurnal.uns.ac.id/nozel>



PENGEMBANGAN *EXPERIENTIAL LEARNING* DENGAN METODE ELEMEN HINGGA PADA MATA KULIAH AERODINAMIKA

Muchlis Taufiq Anjar Wicaksono¹, Indah Widiastuti¹, N. Agung Pambudi¹

¹Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, FKIP, UNS.

Kampus V UNS Pabelan Jl. Ahmad Yani Nomor 200, Surakarta, Telp/Fax 0271 718419

e-mail: ptm@fkip.uns.ac.id.

Abstract

The study in Aerodynamics has shifted from large theoretical curriculum into authentic learning experiences in response to the industry requirement. In addition, the development of computational methods has revolutionized the design cycle in aerodynamics. This work describes an integrated approach in an undergraduate Aerodynamics course using the Kolb's Learning cycle. Experiential learning is incorporated in the class to provide more opportunities for students to understand the theoretical concept through experiencing the applications and impact of the concept in real life. The Finite Element Method (FEM) which is widely used in analyzing many engineering problems was integrated into the Aerodynamics theory and application to visualize changes of parameter in the design phase. The main learning objective of the developed learning module is to apply appropriate aerodynamics models to predict the forces on and performance of a vehicle design. The module is assessed by instructor before being applied for the students in the classroom. It is considered to be an effective method for learning when lectures and computation works are integrated in a meaningful manner. This development research is expected to be able to produce graduates who are competent in the field of design.

Keywords: aerodynamics, experiential learning, finite element method

A. PENDAHULUAN

Perkuliahan Aerodinamika menjadi pokok bahasan utama karena dinilai pada mata kuliah ini banyak menuntut peserta didik dalam memahami konsep dan perhitungan yang bersifat abstrak. Peserta didik dituntut untuk mampu menganalisis fenomena-fenomena

Aerodinamika yang terjadi pada kehidupan sehari-hari [1].

Mata kuliah Aerodinamika merupakan mata kuliah yang mempelajari pergerakan suatu objek dalam udara sehingga dalam hal ini menjadi sesuatu hal yang abstrak karena wujud dari udara yang tidak terlihat. Perkembangan Aerodinamika telah

banyak sekali diterapkan dalam berbagai macam objek. Penerapan Aerodinamika yang sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Fenomena Aerodinamika yang terjadi pada kendaraan ini berupa gaya-gaya Aerodinamika yang terjadi saat kendaraan melaju [2]. Gaya-gaya ini sangat berhubungan dengan daya dan konsumsi bahan bakar suatu kendaraan. Sehingga dalam dunia pendidikan dimasukkan kompetensi tentang penerapan fenomena-fenomena Aerodinamika dalam kehidupan sehari-hari. Tujuan dari penerapan Aerodinamika ini adalah untuk mengetahui kelayakan suatu desain produk tertentu [3]. Sehingga dalam merancang desain akan ditemui perhitungan-perhitungan tentang konsep Aerodinamika, namun terkadang perhitungan-perhitungan tentang konsep Aerodinamika ini membuat mahasiswa memerlukan waktu lebih untuk memahaminya. Untuk itu diperlukan sebuah software Metode Elemen Hingga (MEH) yang dapat mengatasi permasalahan secara numerik selain itu software MEH dapat mensimulasikan hasil perhitungannya untuk mengetahui secara nyata hasil dari perancangan desain Aerodinamika [4].

Experiential Learning (EL) bisa menjadi alternatif mengatasi permasalahan proses pembelajaran Aerodinamika. Dengan *experiential learning* maka peserta didik dapat memahami secara kongkrit terkait dengan pembelajaran Aerodinamika dimana peserta didik akan memiliki pengalaman kongkrit terkait fenomena-fenomena Aerodinamika [5]. Pada prosesnya *Experiential Learning (EL)* akan menuntun peserta didik untuk lebih mendalami makna sebuah pembelajaran. *Experiential Learning (EL)* dianggap dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa tentang aliran fluida yang melewati mobil pada mata kuliah Aerodinamika. Penggunaan model pembelajaran berbasis *Experiential Learning (EL)* ini dikombinasikan dengan penggunaan Metode Elemen Hingga (MEH) guna mempercepat tercapainya tujuan perkuliahan [6]. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan perkuliahan Aerodinamika menjadi mudah dipahami oleh mahasiswa

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dengan pendekatan secara deskriptif untuk mengembangkan pembelajaran pada mata kuliah

Aerodinamika dengan menggunakan model pembelajaran *Experiential Learning (EL)* dan dikombinasikan dengan Metode Elemen Hingga untuk meningkatkan pemahaman siswa dalam memahami fenomena Aerodinamika. Pengambilan data dilakukan dengan cara wawancara mendalam dengan pengampu mata kuliah Aerodinamika. Penelitian pengembangan pembelajaran ini menggunakan model penelitian ADDIE (Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, Evaluasi). Namun, karena waktu penelitian terbatas, penelitian ini dibatasi pada tahap ketiga, yaitu Pengembangan. Namun untuk mengetahui kelayakan sebelum diterapkan pada proses perkuliahan hasil penelitian ini juga dilakukan evaluasi dengan pengampu mata kuliah Aerodinamika. Hasil dari tahap pengembangan ini adalah dalam bentuk Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP). Tahap penelitian pengembangan adalah sebagai berikut :

1. Tahap Analisis

Tahap analisis ini dilakukan untuk mengetahui kebutuhan yang diperlukan dalam proses pembelajaran ditinjau dari hasil wawancara dengan dosen pengampu mata kuliah Aerodinamika PTM FKIP UNS. Hasil wawancara akan

memberikan informasi mengenai pengembangan pembelajaran yang tepat dengan menggunakan model *experiential learning* dan metode elemen hingga pada matakuliah Aerodinamika. Wawancara dilakukan dengan kisi – kisi sebagai berikut :

- a. *Experiential learning* pada mata kuliah Aerodinamika.
- b. Materi Aerodinamika yang dapat dibahas dengan *Experiential Learning (EL)*.
- c. Materi Aerodinamika yang dapat di bahas dengan Metode Elemen Hingga (MEH)
- d. Dampak penggunaan *Experiential Learning (EL)* dan Metode Elemen Hingga (MEH).

2. Tahap Desain

Pada tahap ini akan merancang kegiatan inti perkuliahan yang dapat diterapkan pada mata kuliah Aerodinamika. Kegiatan inti perkuliahan ini mengadopsi empat tahap siklus kolb sebagai dasar dalam merancang kegiatan perkuliahan Aerodinamika. Empat tahap siklus kolb diantaranya tahap pengalaman nyata (*concrete experience*), tahap observasi refleksi (*reflective observation*), tahap abstrak konseptualisasi (*abstract conceptualization*) dan tahap

pengalaman aktif (*active experimentation*) [7].

3. Tahap Pengembangan

Tahap pengembangan ini *mengembangkan* kegiatan inti perkuliahan yang telah ditentukan pada tahap desain. Pengembangan ini merupakan penjabaran secara detail dari tahap desain. Hasil pengembangan kegiatan inti perkuliahan ini dapat diwujudkan kedalam produk berupa Rencana Pelaksanaan Perkuliahan (RPP)

4. Tahap Evaluasi

Evaluasi oleh pengampu mata kuliah Aerodinamika untuk mengetahui kelayakan hasil penelitian. Evaluasi dilakukan dengan cara wawancara mendalam. Kisi – kisi wawancara evaluasi ini adalah sebagai berikut :

- a. Kelayakan pruduk
- b. Pandangan terhadap produk
- c. Pengembangan produk

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis kebutuhan perkuliahan

Setelah dilakukan wawancara mendalam terhadap pengampu mata kuliah maka dapat disimpulkan data analisis sebagai berikut:

- a. Proses perkuliahan yang sudah berlangsung belum menerapkan siklus kolb. Namun untuk proses

experiment pernah dilakukan untuk mengukur kecepatan angin.

- b. Penggunaan Metode Elemen Hingga juga belum diterapkan saat proses perkuliahan.
- c. Mahasiswa belum mempunyai pengalaman mereka sendiri dalam mendapatkan pengetahuan baru. Mahasiswa cenderung mendengarkan apa yang disampaikan oleh dosen pengampu mata kuliah Aerodinamika.
- d. Penerapan *experiential learning* yang dikombinasikan dengan metode elemen hingga diyakini dapat mempercepat tercapainya tujuan perkuliahan.

Desain kegiatan inti Rencana Pelaksanaan Perkuliahan (RPP)

a. *Concrete Experience*,

Mahasiswa terlebih dahulu dibentuk kelompok kecil berjumlah 4-5 mahasiswa. Mahasiswa diminta untuk menggali informasi fenomena aerodinamika gaya hambat dan gaya angkat dalam kehidupan sehari-hari. Pada tahap ini mahasiswa diberi kebebasan untuk menggali informasi dari berbagai sumber, sehingga mahasiswa juga diperbolehkan untuk menggunakan smartphone mahasiswa untuk mencari informasi. Pada tahap ini

dosen sebagai fasilitator untuk mendorong keaktifan mahasiswa dalam mengetahui sesuatu dengan menggali dan mencari tahu informasi sendiri. Setelah mahasiswa selesai berdiskusi mahasiswa diminta untuk memaparkan hasil diskusinya. Tahap ini berlangsung sekitar 15 menit di dalam kelas.

b. Reflective Observation,

Mahasiswa diminta untuk mengamati materi yang ditampilkan dosen. Dosen menampilkan materi hasil proses kalkulasi gaya hambat dan gaya angkat dari software Ansys. Materi yang ditampilkan adalah hasil proses kalkulasi menggunakan *software Ansys* dari dua model kendaraan. Materi berupa gambar dan video aliran fluida yang mengenai kendaraan. Mahasiswa diminta untuk menganalisis perbedaan gaya hambat dan gaya angkat pada kedua contoh. Tahap ini berlangsung 15 menit di dalam kelas.

c. Abstract Conceptualization,

Mahasiswa ditampilkan koefisien gaya hambat, koefisien gaya angkat, gaya hambat, gaya angkat hasil kalkulasi *software Ansys*. Mahasiswa diminta untuk menalar bagaimana pengaruh penggunaan spoiler satu tingkat pada suatu kendaraan terhadap gaya hambat dan gaya angkat. Kemudian mahasiswa

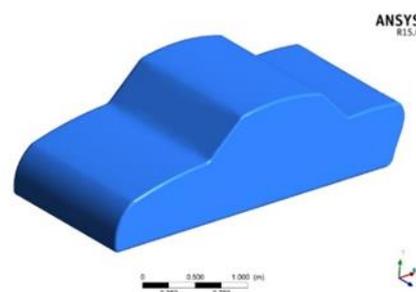
dikenalkan sekilas apa itu Metode Elemen Hingga, disamping itu juga mahasiswa diberikan rumus untuk menghitung gaya hambat dan gaya angkat secara manual. Tahap ini berlangsung 15 menit di dalam kelas.

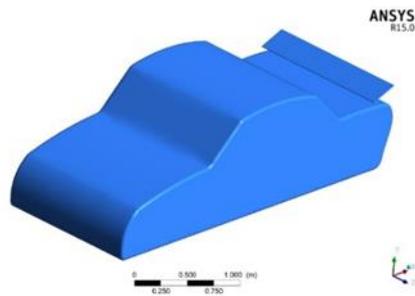
d. Active Experimentation,

Mahasiswa diberi penugasan untuk melakukan proses simulasi numerical dengan bantuan software Ansys. Mahasiswa diberi fasilitas untuk menggunakan laboratorium kampus untuk melakukan simulasi. Penugasan ini dilakukan secara kelompok. Untuk memudahkan mahasiswa diberikan modul (terlampir) dalam menjalankan tugas ini. Model yang digunakan bisa didownload dari penyimpanan cloud internet. Tahap ini berlangsung 45 menit di dalam kelas dan 100 menit diluar kelas.

Pengembangan Kegiatan inti Rencana Pelaksanaan Perkuliahan (RPP)

a. Concrete Experience,





Gambar 1. Model tanpa spoiler dan Model dengan spoiler

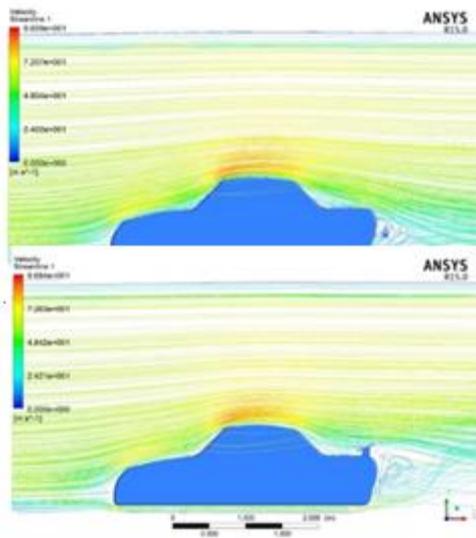
Mahasiswa dalam satu kelas dibagi menjadi kelompok-kelompok kecil berjumlah 4-5 mahasiswa. Pembentukan kelompok ini diharapkan dapat membawa efek cepat tercapainya target mahasiswa untuk merasakan secara nyata gaya hambat dan gaya angkat pada kendaraan. Setiap kelompok secara bergantian maju ke depan kelas untuk menyampaikan hasil diskusi mereka. Semua kelompok menyampaikan topik bahasan yang sama sehingga pengulangan materi dengan bermacam-macam gaya penyampaian diharapkan dapat memicu dan memacu pengetahuan mahasiswa tentang gaya hambat dan gaya angkat pada kendaraan. Dalam menggali informasi mahasiswa diberi kebebasan untuk mencari informasi dari smartphonenya sendiri. Materi yang digali mahasiswa dipicu dari dosen memberikan pertanyaan, apakah gaya hambat dan gaya angkat yang terjadi pada kendaraan itu? Bagaimana gaya

hambat dan gaya angkat bisa terjadi pada suatu kendaraan?. Dosen juga memacu mahasiswa untuk meningkatkan pemahaman dengan memberi contoh gambar mobil pada tayangan power point di depan kelas. Diharapkan gambar ini bisa meningkatkan imajinasi mahasiswa saat berdiskusi dengan kelompoknya, mahasiswa dapat menciptakan gambaran gaya hambat dan gaya angkat dari teori yang telah dibacanya dengan melihat gambar mobil di depan kelas. Kemudian diskusi dilakukan dan setiap kelompok diminta untuk maju memaparkan hasil diskusinya secara bergantian dan dengan perwakilan kelompok.

b. Reflective Observation,

Contoh yang diberikan dosen ada dua hasil simulasi software Ansys dengan variasi mobil sedan tanpa spoiler dan mobil sedan dengan spoiler. Model dari kedua contoh mempunyai dimensi sama yaitu mobil sedan dengan panjang 360 cm, lebar 150 cm, dan tinggi 110 cm, karena model ini untuk membandingkan maka model salah satunya ditambahkan spoiler satu tingkat pada kap belakang mobil dengan dimensi spoiler panjang 150 cm dan lebar 28 cm dengan sudut pemasangan spoiler 30 derajat dengan jarak antara bawah spoiler dengan

bagian atas kap belakang mobil sebesar 5 cm.



Gambar 2. Hasil simulasi tanpa spoiler dan Hasil simulasi dengan spoiler

Mahasiswa diminta untuk mengamati gambar hasil proses kalkulasi Ansys, hasil berupa aliran fluida dengan bentuk streamline. Mahasiswa diminta untuk mengidentifikasi dari gambar yang disajikan, bagaimana aliran fluida di belakang mobil?, bagian mana yang mempunyai tekanan lebih tinggi dan bagian mana yang mempunyai tekanan lebih rendah?. Dosen sebagai fasilitator dalam memacu rangsangan kognitif mahasiswa.

c. *Abstract Conceptualization,*

Mahasiswa diminta untuk mengamati materi yang ditampilkan dosen, dosen menampilkan hasil hasil kalkulasi Metode Elemen Hingga dengan menggunakan *software Ansys*.

Dosen memberikan penjelasan singkat apa itu Metode Elemen Hingga? Dalam lingkup apa saja penggunaan Metode Elemen Hingga? Dan Jenis *Software* yang digunakan dalam Metode Elemen Hingga. Mahasiswa diharapkan memahami kenapa dalam memecahkan masalah gaya hambat dan gaya angkat pada kendaraan menggunakan Metode Elemen Hingga. Hasil proses kalkulasi yang ditampilkan dosen adalah berupa koefisien gaya hambat, koefisien gaya angkat, gaya hambat, dan gaya angkat dari kedua model kendaraan sedan tanpa spoiler dan kendaraan sedan dengan spoiler satu tingkat. Mahasiswa diminta untuk menalar faktor apa saja yang mempengaruhi gaya hambat dan gaya angkat?, Apakah bentuk kendaraan terutama bagian depan dan belakang juga menentukan gaya hambat dan gaya angkat? Bagaimana pengaruh gaya hambat dan gaya angkat terhadap konsumsi bahan bakar?, Bagaimana pengaruh penggunaan spoiler satu tingkat terhadap gaya hambat dan gaya angkat yang terjadi pada kendaraan sedan?, Apa yang akan terjadi jika tingkat spoiler ditambah menjadi spoiler dua tingkat? Mahasiswa diminta untuk menalar apa yang telah diketahui sebelumnya. Kemudian mahasiswa

diberi materi untuk menghitung gaya hambat dan gaya angkat secara manual. Berikut rumus untuk menghitung gaya hambat dan gaya angkat. Rumus Perhitungan Gaya Hambat [8]

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho V^2 A$$

Dimana :

- FD : Gaya hambat (Newton)
- CD : Koefisien gaya hambat
- ρ : Massa jenis udara (kg/m³)
- V : Kecepatan relatif mobil dengan udara (m/s)
- A : Luas permukaan dilihat dari belakang mobil (m²)

Rumus Perhitungan Gaya Angkat [8]

$$F_L = \frac{1}{2} C_L \rho V^2 A$$

Dimana :

- FL : Gaya angkat (Newton)
- CL : Koefisien gaya angkat
- ρ : Massa jenis udara (kg/m³)
- V : Kecepatan relatif mobil dengan udara (m/s)
- A : Luas permukaan dilihat dari belakang mobil (m²)

Kemudian mahasiswa diberikan sebagian data dari simulasi dan mahasiswa diminta untuk menghitung berapa koefisien gaya hambat dan gaya angkat kendaraan sedan tanpa spoiler dan berapa koefisien gaya hambat dan gaya angkat kendaraan sedan dengan spoiler satu tingkat. Kemudian dosen akan memberikan data besar koefien

gaya hambat dan gaya angkat pada masing-masing kendaraan setelah semua mahasiswa telah menyelesaikan perhitungannya. Kemudian mahasiswa juga diminta untuk mencari kesesuaian data hasil perhitungan manual dengan data hasil perhitungan numerical dengan rumus sebagai berikut [9]

$$\% \text{ Error} = \frac{a^* - a}{a} \times 100\%$$

Dimana :

- % Error : Presentase ketidaksesuaian
- a* : Nilai hasil perhitungan manual
- a : Nilai hasil perhitungan numerical proses simulasi

Mahasiswa diminta untuk memaparkan analisisnya tentang gaya hambat dan gaya angkat pada kendaraan sedan tanpa spoiler dan kendaraan sedan dengan spoiler, kemudian juga dipaparkan hasil perhitungannya secara manual kemudian dianalisis kesesuaiannya dengan perhitungan numerical simulasi. Dosen sebagai fasilitator untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa.

d. Active Experimentation,

Mahasiswa diminta untuk melakukan simulasi dengan mobil sedan berspoiler dua tingkat dan kemudian mahasiswa diberi beberapa parameter dasar untuk melakukan proses simulasi. Mahasiswa dapat mengerjakan tugas ini di laboratorium kampus. Penugasan ini

dilakukan secara kelompok, sehingga semua anggota kelompok diwajibkan berperan aktif dalam melaksanakan tugas ini. Model untuk melakukan simulasi ini mahasiswa diberi model simulasi berupa mobil sedan dengan penambahan spoiler dua tingkat lalu mahasiswa diminta mencari hasil gaya hambat dan gaya angkat model tersebut. Model disediakan dosen sebagai bahan simulasi yang disimpan di penyimpanan cloud internet.

Evaluasi oleh pengampu mata kuliah Aerodinamika

Evaluasi dilakukan dengan cara wawancara mendalam, adapun hasil evaluasi yang telah dilakukan wawancara oleh dosen pengampu mata kuliah Aerodinamika adalah sebagai berikut :

- a. Hasil penelitian pengembangan pembelajaran ini dinyatakan layak diterapkan pada mata kuliah Aerodinamika. Kegiatan inti Rencana Pelaksanaan Perkuliahan (RPP) dinilai dapat membawa mahasiswa dalam menggali pengetahuan melalui pengalamannya sendiri
- b. Hasil penelitian pengembangan ini sesuai digunakan pada kompetensi dasar gaya hambat dan gaya angkat

pada kendaraan. Tahap-tahap yang direncanakan dapat mengakomodasi kebutuhan mahasiswa dalam mendapatkan pengetahuan baru tentang gaya hambat dan gaya angkat yang bekerja pada kendaraan.

- c. Hasil penelitian pengembangan ini dapat diterapkan pada kompetensi dasar lainnya di bidang Aerodinamika. Mengingat bidang Aerodinamika banyak memuat konsep – konsep yang bersifat abstrak.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan dari pembahasan penelitian diatas hasil dari pengembangan *experiential learning* dengan metode elemen hingga pada mata kuliah Aerodinamika dapat dan layak diterapkan di dunia pendidikan teknik mesin. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu memudahkan mahasiswa dalam belajar Aerodinamika.

DAFTAR PUSTAKA

- Gunasekaran, S. 2018. *Integrated Teaching Model A Follow Up with Fundamental Aerodynamics*.
- Frihdiantoro, F. 2018. *Analisis Penggunaan Spoiler (Rear Wing) Satu Tingkat dan Dua Tingkat Dalam Kondisi Steady Terhadap Koefisien Drag dan Lift Pada Mobil Tipe*

- Sedan Dengan Menggunakan CFD (Computational Fluid Dynamic). Universitas Sebelas Maret.*
- Mehrtaash, M., Yuen, T. & Balan, L. 2019. *Implementation of Experiential Learning for Vehicle Dynamic in Automotive Engineering: Roll-over and Fishhook Test. Procedia Manufacturing*, 32, 768-774.
- Yukselen, M. A. 2012. *Computer Assisted Aerodynamics Education. Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 47, 362-368.
- Al-Abdell, Y. & Bullen, F. 2019. *A Problem Based/Experiential Learning Approach to Teaching Maintenance Engineering.*
- Mengolini, M., Benedetto, M. F. & Aragon, A. M. 2019. *An engineering perspective to the virtual element method and its interplay with the standard finite element method. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 350, 995-1023.
- Kolb, D., Boyatzis, R., & Mainemelis, C. (2001). *Experiential learning theory: Previous research and new directions.* In R. Sternberg, & L. Zhang (Eds.). *Perspectives on thinking, learning, and cognitive styles* (pp. 227–247). NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Fox, Robert W., A.T. McDonald. 1994 *Introduction to Fluid Mechanics*, 4 Edition, John Wiley and Sons.
- Susila, N. I. 1993. *Dasar - Dasar Metode Numerik*, Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Proyek Pembinaan Tenaga Kependidikan Pendidikan tinggi.