

---

# PEMBANGUNAN DAN PENAMBAHBAIKAN *ADVANCE WIND TURBINE TRAINER 2.0* SEBAGAI ALAT BANTU MENGAJAR KURSUS DEG30013 FUNDAMENTAL OF RENEWABLE ENERGY

---

Norazleen binti Tasuki<sup>1</sup>, Azimah binti Jusoh@Alias<sup>2</sup>, Maziatun binti Mohamad Mazlan<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Jabatan Kejuruteraan Elektrik, Politeknik Sultan Haji Ahmad Shah, Kuantan, Pahang, Malaysia*  
E-mail: norazleen@polisas.edu.my

<sup>2,3</sup> *Jabatan Kejuruteraan Elektrik, Politeknik Sultan Haji Ahmad Shah, Kuantan, Pahang, Malaysia*  
E-mail: azimahalias@polisas.edu.my maziaturun@polisas.edu.my

---

## **Abstract**

Inovasi dalam bidang Pendidikan Teknikal dan Latihan Vokasional (TVET) memainkan peranan penting dalam meningkatkan kualiti proses pengajaran dan pembelajaran, khususnya dalam bidang teknologi hijau dan tenaga boleh diperbaharui. Kajian ini memfokuskan kepada pembangunan dan penambahbaikan *Advance Wind Turbine Trainer 2.0*, iaitu sebuah alat bantu mengajar (ABM) yang direka khas untuk menyokong pelaksanaan kursus DEG30013 – *Fundamental of Renewable Energy* di Politeknik Sultan Haji Ahmad Shah. Berbanding versi terdahulu yang hanya menyokong penggunaan satu jenis turbin, versi 2.0 telah ditambah baik dengan keupayaan untuk menggunakan dua jenis turbin berbeza, iaitu turbin angin jenis menegak (*vertical axis*) dan mendatar (*horizontal axis*), secara bergantian mengikut keperluan pembelajaran. Selain itu, sistem ini turut dilengkapi dengan komponen sokongan seperti sistem penyimpanan tenaga (bateri), inverter, dan beban sebenar seperti lampu untuk mensimulasikan penggunaan tenaga. Penambahbaikan ini bertujuan mewujudkan simulasi sistem tenaga angin yang lebih fleksibel dan realistik, sekaligus meningkatkan kefahaman pelajar secara interaktif.

*Kata kunci: alat bantu mengajar, tenaga boleh diperbaharui, turbin angin, TVET, pendidikan teknikal*

---

## **I. PENGENALAN**

Inovasi merujuk kepada penciptaan atau pengenalan sesuatu yang baharu atau penambahbaikan kepada kaedah sedia ada dalam menyelesaikan masalah atau meningkatkan keberkesanan sesuatu proses (Schumpeter, 1934; OECD, 2005). Dalam konteks pendidikan, inovasi dalam alat bantu mengajar adalah penting untuk mempertingkatkan pemahaman pelajar, terutamanya dalam bidang teknikal dan kejuruteraan yang menuntut penguasaan aspek teori dan praktikal secara seimbang (Mohamad, Salleh, & Othman, 2021).

Kursus DEG30013 – *Fundamental of Renewable Energy* merupakan salah satu komponen penting dalam program Diploma Kejuruteraan Elektrik (DEE) di Politeknik Sultan Haji Ahmad Shah (POLISAS), yang memberi tumpuan kepada pelbagai sumber tenaga boleh diperbaharui termasuk tenaga suria, biojisim, hidro dan tenaga angin. Seiring dengan peningkatan keperluan teknologi hijau, pemahaman mendalam mengenai konsep dan aplikasi tenaga boleh diperbaharui menjadi sangat penting (Salleh et al., 2020). Dalam kursus ini, sebanyak 25% daripada penilaian

berterusan (PB) dinilai berdasarkan pelaksanaan kerja amali yang memerlukan pelajar mengaplikasikan teori dalam situasi sebenar. Bukan sahaja boleh digunakan untuk melaksanakan amali, malah boleh digunakan didalam kelas teori dalam meningkatkan kefahaman pelajar.

Penggunaan alat bantu mengajar seperti trainer dapat membantu pelajar memahami aplikasi sebenar sistem tenaga boleh diperbaharui, khususnya dalam topik Principle of Wind Energy (Zulkifli et al., 2019). Namun, penggunaan Wind Turbine Trainer sedia ada sebelum ini hanya memfokuskan kepada pengukuran asas seperti voltan dan halaju angin menggunakan anemometer. Kekurangan dari segi visualisasi lengkap proses penjaanaan tenaga dan aplikasi praktikal yang lebih interaktif menyukarkan pelajar untuk memahami sepenuhnya sistem penjaanaan tenaga angin.

Sebagai langkah penambahbaikan, satu inovasi dikenali sebagai Advance Wind Turbine Trainer 2.0 telah dibangunkan. Trainer ini direka bentuk untuk memberi gambaran yang lebih komprehensif terhadap proses penjaanaan tenaga angin, termasuk penukaran tenaga kinetik kepada elektrik, penyimpanan dan penggunaan tenaga tersebut

secara visual dan secara langsung. Penggunaan trainer ini dijangka dapat meningkatkan keberkesanan pengajaran dan pembelajaran serta membantu pelajar mencapai tahap penguasaan yang lebih tinggi dalam kursus berkenaan (Rahman & Ismail, 2022).

Pembangunan alat inovasi seperti ini amat penting bagi memastikan pembelajaran berasaskan kemahiran (TVET) dapat dilaksanakan secara berkesan di institusi politeknik. Ia bukan sahaja menyokong pengajaran yang lebih interaktif dan berasaskan pengalaman, malah dapat memperkukuh keupayaan pelajar dalam menyelesaikan masalah sebenar secara praktikal. Sehubungan itu, objektif kajian ini adalah:

- I. Menghasilkan Advance Wind Turbine Trainer 2.0 sebagai alat bantu mengajar bagi kursus DEG30013 – Fundamental of Renewable Energy.
- II. Menambah baik Wind Turbine Trainer terdahulu kepada versi yang lebih komprehensif dan praktikal melalui pembangunan Advance Wind Turbine Trainer 2.0.

## II. KAJIAN LITERATUR

Inovasi dalam pengajaran dan pembelajaran (PdP) memainkan peranan penting dalam meningkatkan keberkesanan penyampaian ilmu, khususnya dalam bidang teknikal seperti tenaga boleh diperbaharui (Mohamad et al., 2021). Kajian oleh Mohd Nawi et al. (2020) menunjukkan bahawa penggunaan alat bantu mengajar berbentuk fizikal dan interaktif seperti trainer mampu meningkatkan motivasi pelajar serta memperkukuh pemahaman terhadap konsep kompleks melalui pendekatan pembelajaran berasaskan pengalaman (experiential learning).

Menurut Aziz et al. (2018), penggunaan renewable energy trainer dalam PdP memberi kesan positif terhadap penguasaan pelajar dalam mengaplikasikan teori ke dunia sebenar, terutamanya dalam aspek kecekapan sistem, penukaran tenaga, serta keselamatan sistem tenaga boleh diperbaharui. Pelajar juga menunjukkan peningkatan minat dan penglibatan aktif semasa sesi makmal apabila diberikan peluang untuk meneroka sistem sebenar secara langsung.

Namun begitu, Wind Turbine Trainer yang digunakan pada masa ini mempunyai beberapa kekangan. Antaranya termasuklah skala sistem yang terhad, penggunaan beban yang ringkas, serta kekurangan keupayaan untuk menunjukkan keseluruhan proses penjanaan tenaga secara menyeluruh dan bersepadu (Rahman & Ismail, 2022). Trainer ini juga tidak mampu mensimulasikan pelbagai variasi keadaan sebenar seperti perubahan kelajuan angin atau gabungan sistem penyimpanan dan beban, menjadikan

pembelajaran kurang menyeluruh dan sukar difahami sepenuhnya oleh pelajar.

Kajian oleh Zulkifli et al. (2019) mencadangkan penambahbaikan kepada sistem sedia ada dengan menambah elemen teknikal seperti variasi turbin (horizontal dan vertical), penggunaan sistem penyimpanan tenaga (bateri), integrasi inverter, serta pemilihan beban yang sesuai untuk menunjukkan aplikasi sebenar tenaga boleh diperbaharui.

Yusof dan Rahmat (2021) pula menekankan kepentingan pembangunan trainer yang lebih pintar dan fleksibel, terutamanya dalam konteks Pendidikan dan Latihan Teknikal dan Vokasional (TVET). Ciri-ciri seperti keupayaan menunjukkan penukaran tenaga, aliran arus dan voltan, serta hubungan antara komponen-komponen utama dalam sistem tenaga boleh diperbaharui secara praktikal dianggap kritikal untuk pengajaran yang lebih berkesan.

Secara keseluruhannya, kajian-kajian lepas menyokong keperluan pembangunan semula Wind Turbine Trainer yang lebih komprehensif. Maka, pembangunan Advance Wind Turbine Trainer 2.0 merupakan satu langkah ke hadapan untuk menambah baik reka bentuk sedia ada dengan sistem yang lebih interaktif, berskala realistik, dan mampu memberikan gambaran jelas terhadap keseluruhan proses penjanaan tenaga angin secara praktikal dalam kursus DEG30013 Fundamental of Renewable Energy.

## III. METODOLOGI

Perbandingan antara *Wind Turbine Trainer* versi asal dan versi penambahbaikan, iaitu *Advance Wind Turbine Trainer 2.0*, ditunjukkan dalam Jadual 1. Penambahbaikan yang dilakukan merangkumi integrasi dua jenis turbin (*Horizontal Axis Wind Turbine* – HAWT dan *Vertical Axis Wind Turbine* – VAWT) bagi memberi peluang pelajar membandingkan prestasi kedua-dua reka bentuk. Selain itu, versi baharu ini turut dilengkapi dengan bateri sebagai penyimpan tenaga, inverter untuk menukar arus terus (DC) kepada arus ulang-alik (AC), serta penggunaan mentol sebagai beban bagi menghasilkan visualisasi penggunaan tenaga yang lebih jelas dan mudah diperhatikan.

Jadual 1: Penambahbaikan Wind Turbine Trainer vs Advance Wind Turbine Trainer 2.0

Bil	Komponen	Versi Asal (Wind Turbine Trainer)	Versi Penambahbaikan (Advance Wind Turbine Trainer 2.0)
1	Turbin	Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)	HAWT dan Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)
2	Bateri	Tiada	Ada
3	Inverter	Tiada	Ada
4	Beban	LED Panel Indicator Lamp	Mentol

Metodologi pembangunan Advance Wind Turbine Trainer 2.0 dilaksanakan melalui empat fasa utama:

- Fasa 1: Reka Bentuk Litar – Mereka bentuk litar kawalan dan sambungan komponen turbin angin.
- Fasa 2: Penyediaan & Pemilihan Bahan – Menentukan spesifikasi, memilih komponen dan peralatan yang sesuai.
- Fasa 3: Pembangunan Trainer – Memasang semua komponen mengikut reka bentuk yang telah ditetapkan.
- Fasa 4: Pengujian & Penilaian – Menguji keberkesanan dan prestasi trainer, diikuti dengan penilaian hasil Pembangunan

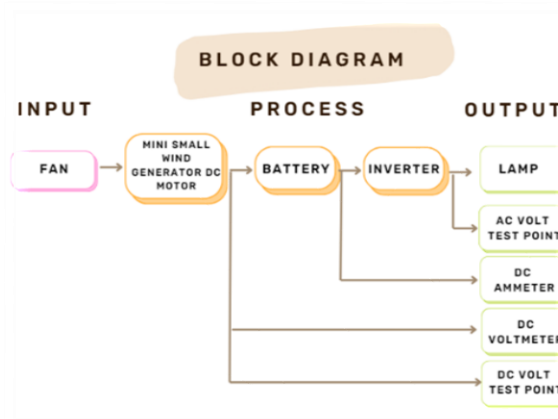
Terdapat empat fasa utama yang terlibat dalam pembangunan inovasi alat bantu mengajar (ABM) *Advance Wind Turbine Trainer 2.0*, seperti yang ditunjukkan dalam Carta Alir pada Rajah 1:



Rajah 1: Carta alir Pembangunan trainer

i) Fasa pertama: Reka Bentuk Litar

Fasa ini dimulakan melalui sesi sumbang saran dalam kalangan pensyarah, yang menghasilkan persetujuan untuk membangunkan satu alat bantu mengajar bagi topik *Principle of Wind Turbine* dalam kursus DEG30013 – *Fundamental of Renewable Energy*. Penambahbaikan turut dicadangkan bagi menggantikan trainer sedia ada supaya lebih menyeluruh dan berkesan. Rajah 2 menunjukkan gambarajah blok pembangunan inovasi. *Advance Wind Turbine Trainer 2.0* ini merupakan penambahbaikan kepada versi terdahulu yang hanya membolehkan pengukuran voltan dan halaju angin menggunakan anemometer. Walau bagaimanapun, pelajar masih tidak dapat memahami keseluruhan proses penjanaan tenaga angin secara visual dan praktikal. Dalam versi 2.0 ini, dua jenis turbin (horizontal dan vertical) digunakan. Pelajar dapat membandingkan prestasi kedua-dua turbin dan memahami konsep melalui amali sebenar. Penambahan komponen seperti bateri (DC 12V), inverter, dan beban lampu membolehkan sistem menyimpan tenaga dalam bentuk arus terus (DC) dan menukarnya kepada arus ulang alik (AC) untuk aplikasi sebenar seperti pencahayaan rumah.



Rajah 2. Gambarajah Blok Pembangunan Inovasi

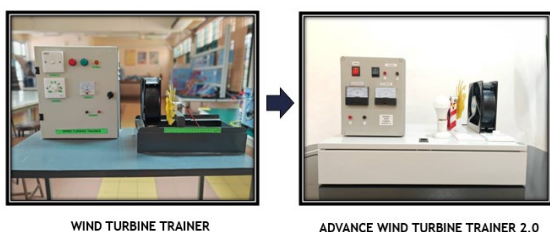
2. Fasa kedua: Penyediaan dan Pemilihan Bahan

Komponen utama yang digunakan dalam pembangunan sistem ini ialah:

- I. Exhaust Fan 220V–240V AC – sebagai sumber angin simulasi
- II. Mini Wind Generator DC Motor 12V – sebagai turbin angin
- III. Bateri 12V – untuk penyimpanan tenaga
- IV. Inverter DC ke AC 12V–220V (500W) – untuk penukaran arus
- V. Pemilihan bahan ini dibuat berdasarkan aspek keselamatan, kesesuaian kuasa, kemudahan pemasangan dan kos.

### 3. Fasa ketiga Pembangunan Trainer

Proses pembinaan prototaip trainer bersaiz mini telah berjaya dilaksanakan. Dimensi trainer adalah 610 x 400 x 120 mm, bersaiz kompak dan mudah alih. Ia direka supaya *exhaust fan* (sebagai sumber angin) dan turbin dipasang dalam satu struktur yang lengkap, menjadikan pengendaliannya mudah untuk pensyarah dan pelajar. Tidak seperti trainer bersaiz besar sebelum ini yang memerlukan ruang penyimpanan luas, reka bentuk ini menjimatkan ruang dan sesuai untuk sesi pengajaran dalam kelas. Rajah 3 menunjukkan prototaip lengkap *Advance Wind Turbine Trainer 2.0* yang siap dibangunkan.



Rajah 3. Penambakan Trainer

### 4. Fasa Keempat: Pengujian dan Penilaian

Pengujian untuk *trainer* dilakukan bagi memastikan ianya berfungsi dan bertepatan dengan objektif yang telah disasarkan. Berdasarkan rajah 4 dibawah, menunjukkan pengoperasian Wind Turbine. Apabila Wind Turbine berpusing, tenaga elektrik akan terhasil. Apabila tenaga elektrik telah terjana, DC analog Voltmeter akan memaparkan bacaan. Wind Turbine juga akan menyimpan tenaga yang dijana didalam bateri 12V. Setelah Inverter telah dihidupkan, ia akan menukarkan nilai 12V DC kepada 220AC-240AC sesuai untuk menghidupkan beban seperti lampu.



Rajah 4: Advance Wind Turbine Trainer 2.0 berfungsi

Jadual 1: Keputusan pengujian Wind Turbine Trainer

Fan Speed Setting	Wind Speed (m/s)	Horizontal Turbine Voltage (V)	Vertical Turbine Voltage (V)	Inverter		
				DC(V)	AC(V)	Current (A)
2	2.12	3.5	0.2	12.3	231	1.2
3	4.56	9.5	0.6	12.3	231	1.2
5	6.06	13	0.8	12.3	231	1.2

Jadual 1 menunjukkan bahawa apabila kelajuan kipas meningkat daripada tahap 2 ke tahap 5, kelajuan angin turut meningkat daripada 2.12 m/s kepada 6.06 m/s. Peningkatan kelajuan angin ini menghasilkan kenaikan voltan pada Horizontal Turbine dari 3.5 V ke 13 V, manakala voltan bagi Vertical Turbine juga bertambah sedikit dari 0.2 V ke 0.8 V. Voltan DC inverter kekal stabil pada 12.3 V, manakala output AC juga kekal pada 231 V dengan arus 1.2 A.

Secara keseluruhan, keputusan ini selari dengan teori, iaitu semakin tinggi kelajuan angin, semakin tinggi tenaga kinetik yang diubah menjadi tenaga elektrik — terbukti Horizontal Turbine lebih efisien pada kelajuan angin tinggi berbanding turbin menegak.

Kelebihan:

1. Sesuai dengan teori tenaga angin, menunjukkan peningkatan output apabila kelajuan angin meningkat.
2. Horizontal Vertical terbukti lebih berkesan menjana tenaga berbanding turbin menegak dalam keadaan ujian ini.
3. Inverter berfungsi baik, memastikan output AC stabil walaupun voltan input berubah.
4. Latihan praktikal membuktikan konsep teori dapat diaplikasikan dalam keadaan sebenar, membantu pelajar memahami hubungan antara reka bentuk turbin, kelajuan angin, dan hasil penjanaan kuasa.

### IV. KESIMPULAN

*Advanced Wind Turbine Trainer 2.0* memberikan peluang kepada pelajar untuk melibatkan diri secara langsung dalam pengalaman praktikal serta mengaplikasikan pengetahuan teori yang telah dipelajari. Melalui penggunaan trainer ini, pelajar dapat memahami keseluruhan proses penjanaan tenaga angin dengan lebih jelas, di samping menilai perbezaan prestasi antara dua jenis turbin angin iaitu *Horizontal Axis Wind Turbine* dan *Vertical Axis Wind Turbine*.

Inovasi *Advanced Wind Turbine Trainer 2.0* ini juga dibangunkan dengan kos yang rendah serta berpotensi dihasilkan dalam jumlah yang banyak, sekali gus memberi peluang kepada lebih ramai pelajar untuk menggunakannya dalam kumpulan yang lebih besar. Pada masa yang sama, pengajar dapat menilai tahap pemahaman pelajar melalui ujian praktikal serta memastikan pelajar benar-benar menguasai topik yang diajar.

## PENGAKUAN

Penyelidik ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada Politeknik Sultan Haji Ahmad Shah atas sokongan dan dorongan yang diberikan sepanjang pelaksanaan kajian ini. Ucapan terima kasih yang tulus turut ditujukan kepada rakan-rakan penyelidik atas komitmen, kerjasama, sumbangan idea serta maklum balas yang amat bernilai dalam usaha pembangunan dan penambahbaikan *Advanced Wind Turbine Trainer 2.0*. Diharapkan hasil pembangunan alat bantu mengajar ini dapat memberi manfaat yang berterusan kepada para pelajar politeknik seluruhnya.




*Study*. Jurnal Teknikal dan Vokasional, 5(2), 71–79.

- [9] Yusof, S., & Rahmat, N. (2021). *Towards Smart Technical Training: The Role of Digital Trainers in 21st Century TVET*. *Journal of Advanced Technical Education*, 13(4), 102–109.

## RUJUKAN

- [1] Schumpeter, J. A. (1934). *The Theory of Economic Development*. Harvard University Press.
- [2] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2005). *Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*. 3rd Edition. OECD Publishing.
- [3] Mohamad, M., Salleh, S., & Othman, N. (2021). *Penggunaan Inovasi Dalam Pengajaran Dan Pembelajaran Kursus TVET*. *Journal of Technical and Vocational Education*, 12(1), 55–62.
- [4] Salleh, S., Rahman, N., & Ismail, A. (2020). *Penerapan Konsep Tenaga Boleh Baharu dalam TVET*. *Jurnal Pendidikan Teknikal Malaysia*, 8(2), 88–95.
- [5] Zulkifli, H., Ramli, M., & Ahmad, K. (2019). *The Effectiveness of Wind Energy Trainer in Engineering Education*. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 9(5), 110–117.
- [6] Rahman, N., & Ismail, A. (2022). *Penambahbaikan Alat Bantu Mengajar Tenaga Boleh Baharu untuk Meningkatkan Kefahaman Pelajar*. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 10(3), 25–33.
- [7] Mohd Nawi, N., Latip, N. A., & Daud, M. Y. (2020). *Interactive Teaching Tools and Its Impact on Student Motivation in TVET*. *International Journal of Education and Training*, 6(1), 33–41.
- [8] Aziz, M. A., Halim, N., & Omar, M. (2018). *Renewable Energy Trainer as a Teaching Aid for TVET Students: A Case*

MAKLUMAT PENULIS

<p><b>First Author:</b></p> <p><b>Norazleen Binti Tasuki</b></p> 	<p>Jabatan Kejuruteraan Elektrik, Politeknik Sultan Haji Ahmad Shah, Kuantan, Pahang, Malaysia</p> <p>E-mail: <a href="mailto:norazleen@polisas.edu.my">norazleen@polisas.edu.my</a></p>
<p><b>Second Author:</b></p> <p><b>Azimah binti Jusoh</b> <b>@Alias</b></p> 	<p>Jabatan Kejuruteraan Elektrik, Politeknik Sultan Haji Ahmad Shah, Kuantan, Pahang, Malaysia</p> <p>E-mail: <a href="mailto:azimahalias@polisas.edu.my">azimahalias@polisas.edu.my</a></p>
<p><b>Third Author:</b></p> <p><b>Maziatun binti Mazlan</b></p> 	<p>Jabatan Kejuruteraan Elektrik, Politeknik Sultan Haji Ahmad Shah, Kuantan, Pahang, Malaysia</p> <p>E-mail: <a href="mailto:maziatun@polisas.edu.my">maziatun@polisas.edu.my</a></p>