

Transformasi Kompetensi Widyaiswara PPSDM KEBTKE dalam Mendukung Net Zero Emission 2060: Analisis Kesenjangan dan Strategi Penguatan

Zainul M Pulungan

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta

corresponding author: zmpulungan@gmail.com

Abstrak/Abstract

Percepatan transisi energi menuju Net Zero Emission (NZE) 2060 di Indonesia menuntut transformasi signifikan dalam pengembangan kapasitas sumber daya manusia, khususnya peran strategis widyaiswara di lingkungan PPSDM KEBTKE. Namun demikian, masih terdapat kesenjangan antara kompetensi aktual Widyaiswara dengan kebutuhan pelatihan energi terbarukan dan kebijakan dekarbonisasi nasional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis profil kompetensi Widyaiswara, mengidentifikasi kesenjangan kompetensi yang ada, mengeksplorasi faktor penyebabnya, serta merumuskan strategi penguatan yang relevan dan berbasis data. Metode yang digunakan adalah survei kuantitatif deskriptif kepada 21 widyaiswara, didukung dengan instrumen skala Likert untuk mengukur tingkat penguasaan kompetensi, prioritas pengembangan, faktor penyebab kesenjangan, dan strategi pengembangan kompetensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata penguasaan kompetensi teknis berada pada skor 2,33, sedangkan prioritas pengembangan mencapai skor 3,43, yang mengindikasikan kesenjangan signifikan. Kompetensi strategis seperti *Smart Grid*, *Battery Energy Storage System (BESS)*, *CCS/CCUS*, dan Perdagangan Karbon masih memiliki tingkat penguasaan rendah namun prioritas pengembangan sangat tinggi. Analisis kuadran dua dimensi dan roadmap pelatihan 2026–2030 dirancang untuk mengatasi kesenjangan ini secara sistematis. Faktor penyebab kesenjangan mencakup aspek internal, eksternal, dan kelemahan kolaboratif dengan industri. Kesimpulan penelitian menegaskan bahwa transformasi kompetensi widyaiswara harus dilakukan secara terintegrasi melalui pelatihan berbasis praktik, kolaborasi lintas sektor, dan penguatan ekosistem pembelajaran hijau. Sebagai rekomendasi kebijakan, pengembangan kompetensi Widyaiswara perlu dimasukkan dalam agenda strategis transisi energi nasional agar lembaga pelatihan sektor energi dapat berperan aktif dalam mendukung tercapainya NZE 2060.

The acceleration of the energy transition toward Net Zero Emission (NZE) 2060 in Indonesia requires a significant transformation in human resource capacity development, particularly in the strategic role of trainer within PPSDM KEBTKE. However, there remains a notable gap between the actual competencies of trainer and the requirements of renewable energy training and national decarbonization policies. This study aims to analyze the competency profile of trainer, identify existing competency gaps, explore the underlying causes, and formulate relevant and data-driven strategies for competency strengthening. The research employed a descriptive quantitative survey involving 21 widyaiswara, using Likert-scale instruments to assess levels of competency mastery, development priorities, contributing factors to the gaps, and preferred development strategies. The findings indicate that the average level of technical competency mastery is 2.33, while the development priority score reaches 3.43—signaling a significant gap. Strategic competencies such as Smart Grid, Battery Energy Storage System (BESS), Carbon Capture Utilization and Storage (CCUS), and Carbon Trading are currently underdeveloped but have very high priority for capacity building. A two-dimensional quadrant analysis and the 2026–2030 training roadmap were developed to systematically address these gaps. The root causes of the gaps are linked to internal limitations, external institutional barriers, and weak collaboration with the renewable energy industry. The study concludes that the transformation of trainer competencies must be carried out in an integrated manner through practice-based training, cross-sectoral collaboration, and the strengthening of a green learning ecosystem. As a policy recommendation, the development of widyaiswara competencies should be integrated into Indonesia's strategic agenda for energy transition, ensuring that energy training institutions play an active role in achieving NZE 2060.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



1. Pendahuluan

Pemerintah Indonesia telah menetapkan target Net Zero Emission (NZE) pada tahun 2060 sebagai komitmen dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dan mendukung transisi energi berkelanjutan (KESDM, 2021). Salah satu aspek krusial dalam mencapai target ini adalah penguatan kapasitas sumber daya manusia (SDM) yang berperan dalam pengembangan energi baru dan terbarukan (EBT). Sektor energi bersih telah mempekerjakan 13,7 juta orang di seluruh dunia pada tahun 2022 (IRENA, 2023). Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi (PPSDM KEBTKE) memiliki tugas strategis dalam menyiapkan tenaga pengajar atau widyaiswara yang kompeten guna mendukung pencapaian NZE 2060. Widyaiswara sebagai pengampu pendidikan dan pelatihan bagi tenaga profesional di sektor energi perlu memiliki kompetensi yang relevan dengan kebijakan transisi energi dan teknologi rendah karbon.

Tabel 1 Pemetaan Kompetensi yang dimiliki Widyaiswara PPSDM KEBTKE

Jenis Kompetensi	Jumlah Widyaiswara
PLT Surya	9
PLT Bayu (onshore & offshore)	4
PLT Air	9
PLT Microhidro	10
PLT Biogas	4
PLT Biomassa	4
PLT Sampah	3
PLT Panas Bumi	3
PLT Arus Laut	0
PLT Gelombang Laut	0
PLT Pasang Surut	0
PLT Nuklir	0
PLT Hybrid (Surya, Microhydro, Bayu)	2
Manajemen Energi	10
Audit Energi	12
Perencanaan Energi (Energy Modelling)	3
Smart Energy Management	1
Hidrogen (Produksi, Penyimpanan, Pemanfaatan)	3
Battery Energy Storage System (BESS)	1
Pumped Storage	2
Flywheel Energy Storage	0
Thermal Energy Storage (TES)	0
Kendaraan Listrik & Charging Station	1
Kompur Induksi	2
Smart Grid	3
CCS /CCUS	3

Perdagangan Carbon	7
Perhitungan Jejak Karbon	8

Berdasarkan hasil pemetaan awal pada tabel 1, kompetensi teknis widyaiswara PPSDM KEBTKE menunjukkan distribusi yang beragam. Beberapa bidang sudah relatif kuat, seperti PLT Surya (9 orang), PLT Air (9 orang), dan PLT Microhidro (10 orang). Namun, kompetensi strategis lain yang sangat relevan dengan transisi energi menuju Net Zero Emission 2060 masih terbatas. Misalnya, hanya 1–3 orang yang menguasai Smart Grid, BESS, CCS/CCUS, dan Hidrogen, bahkan terdapat bidang yang belum dikuasai sama sekali, seperti PLT Arus Laut, Gelombang Laut, Pasang Surut, Nuklir, *Flywheel*, dan *Thermal Energy Storage*. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan signifikan antara kompetensi aktual dengan kebutuhan kompetensi ideal di era transisi energi.

Namun, tantangan utama yang dihadapi adalah memastikan bahwa kompetensi widyaiswara PPSDM KEBTKE sejalan dengan kebutuhan industri dan kebijakan NZE. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa transisi energi memerlukan keahlian teknis di bidang energi terbarukan, sistem penyimpanan energi, elektrifikasi, serta pengelolaan emisi karbon (IEA, 2023). Oleh karena itu, pemetaan kompetensi widyaiswara menjadi langkah strategis dalam mengidentifikasi kesenjangan keahlian serta merancang strategi pengembangannya agar mendukung akselerasi transisi energi nasional.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini merumuskan beberapa pertanyaan utama: (1) Bagaimana profil kompetensi widyaiswara di PPSDM KEBTKE berdasarkan latar belakang pendidikan, pengalaman, dan sertifikasi yang dimiliki (2) Apa saja kesenjangan kompetensi yang dimiliki widyaiswara dalam mendukung pencapaian Net Zero Emission tahun 2060 (3) Faktor apa saja yang menyebabkan kesenjangan kompetensi tersebut dan (4) Bagaimana strategi penguatan kompetensi widyaiswara agar lebih efektif dalam mendukung program NZE 2060?.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis profil kompetensi widyaiswara di PPSDM KEBTKE, mengidentifikasi kesenjangan kompetensi yang ada, menganalisis faktor-faktor penyebabnya, serta merumuskan strategi penguatan dan pengembangan kompetensi widyaiswara agar selaras dengan kebutuhan pelatihan dan kebijakan NZE 2060. Dengan demikian, diharapkan PPSDM KEBTKE dapat berperan lebih efektif dalam mendukung pencapaian target NZE Indonesia.

1.1 Net Zero Emission

Net Zero Emission (NZE) merupakan kondisi di mana jumlah emisi karbon yang dilepaskan ke atmosfer seimbang dengan jumlah yang diserap oleh bumi, sehingga tidak terjadi peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer (Zahira & Fadillah, 2022). Konsep ini menjadi fokus utama dalam upaya global untuk mengatasi perubahan iklim dan menjaga keberlanjutan lingkungan bagi generasi mendatang. Berbagai negara telah menetapkan target dan strategi untuk mencapai NZE sesuai dengan kondisi dan kapasitas masing-masing. Berdasarkan strategi menuju Net Zero Emission (NZE) 2060 di Indonesia mencakup berbagai langkah transformasional yang berfokus pada efisiensi energi, elektrifikasi, dan pengembangan energi terbarukan. Upaya ini diawali dengan penerapan standar performa energi yang lebih ketat, percepatan adopsi kendaraan listrik, serta elektrifikasi sektor industri dan rumah tangga guna mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Pengembangan energi terbarukan menjadi prioritas utama, dengan proyeksi bahwa panel surya (PLTS) akan menyumbang sekitar 50-60% dari total kapasitas

pembangkitan listrik pada tahun 2060. Untuk mendukung transisi ini, reformasi kebijakan menjadi krusial, termasuk penerapan kebijakan yang stabil dan transparan, serta skema lelang energi terbarukan multi-tahun dengan sistem tarif yang kompetitif. Selain itu, pemerintah telah menetapkan kebijakan penghentian pembangunan pembangkit listrik tenaga batu bara baru setelah proyek yang sedang berjalan, dengan target penghentian penuh tanpa teknologi penangkapan karbon (CCUS) pada 2050-an. Dalam jangka panjang, strategi ini diharapkan dapat meningkatkan keamanan energi nasional, mempercepat diversifikasi sumber energi, serta menurunkan biaya impor energi fosil, sehingga transisi menuju energi bersih dapat berjalan secara berkelanjutan dan berkeadilan.

Tabel 2 Peta Jalan Transisi Energi menuju *Net Zero Emission*

Tahun	Penurunan Emisi	Penyediaan	Permintaan
2021-2025	Penurunan emisi 198 Juta ton CO ₂	Implementasi PLTS Atap 3,6 GW	Penurunan impor LPG dengan kompor Induksi untuk 8,2 juta RT.
		Pembangunan PLT EBT kapasitas 10,6 GW	Kendaraan listrik 400 ribu mobil dan 1,7 juta motor
		Gasifikasi pembangkit gas 1,7 GW	Jargas untuk 5,2 juta rumah.
		Take out PLTU 8,8 GW pada RUPTL	Mobil BBG 100 rb
		Konversi PLTD ke Pembangkit EBT PLTGU 0,8 GW sebagai pengganti PLTU	Penerapan Manajemen Energi dan SKEM
2026-2030	Penurunan emisi 314 Juta ton CO ₂	Pembangunan PLT EBT 10,3 GW pengganti PLTU	Penurunan impor LPG dengan kompor Induksi untuk 18,2 juta RT. Kendaraan Listrik 2 jt mobil dan 13 juta motor Jargas untuk 10 juta rumah, Mobil BBG 300 rb Pemanfaatan DME substitusi LPG untuk 20,4 juta RT Penerapan Manajemen Energi dan SKEM
		Tidak ada penambahan pembangkit fosil	Penggunaan kompor Induksi untuk 28,2 juta RT.
		Tidak ada PLTD lagi	Kendaraan listrik 5,7 juta mobil dan 46,3 juta motor
		Retirement PLTU 6 GW*)	Jargas untuk 15,3 juta rumah.
2031-2035	Penurunan emisi 475 Juta ton CO ₂	Pembangunan Pembangkit EBT: PLTS	Mobil BBG 800 ribu

		99 GW, Hydro 3,1 GW, Bioenergi 3,1 GW dan PLTP 5,6 GW	
		Pemanfaatan Hidrogen 328 MW	
		Penggunaan Baterai 7 GW	
2036-2040	Penurunan emisi 796 Juta ton CO2	Retirement PLTU 3 GW*)	Penggunaan kompor Induksi untuk 38,2 juta RT.
		Pembangunan Pembangkit EBT: PLTS 68,5 GW, PLTB 9,4 GW, Hydro 3,7 GW, Bioenergi 7,8 GW, dan PLTP 1 GW	Kendaraan listrik 12,3 juta mobil dan 105 juta motor
		Pemanfaatan Hidrogen 332 MW	Jargas untuk 20,3 juta rumah.
		Penggunaan Baterai 46 GW	Mobil BBG 2 juta
2041-2050	Penurunan emisi 956 Juta ton CO2	Retirement PLTU 31 GW*)	Penggunaan kompor Induksi untuk 48,2 juta RT.
		Pembangunan Pembangkit EBT: PLTS 180,2 GW, PLTB 17,5 GW, Hydro 13,7 GW, Bioenergi 23 GW, PLTP 3 GW, PLTAL 1,3 GW dan Nuklir 5 GW	Kendaraan listrik 38,2 juta mobil dan 205 juta motor
		Pemanfaatan Hidrogen 9 GW	Jargas untuk 23,4 juta rumah.
		Penggunaan Baterai 151 GW	Mobil BBG 2,8 juta
2051-2060	Penurunan emisi 1.526 Juta ton CO2	Retirement PLTU 8 GW*)	Penggunaan kompor Induksi untuk 58 juta RT.
		Retirement PLTGU 8 GW	Kendaraan listrik 69,6 juta mobil dan 229 juta motor
		Pembangunan Pembangkit EBT: 8,2 GW, PLTB 11,6 GW, Hydro 37,9 GW, Bioenergi 2,1 GW, PLTP 3 GW, PLTAL 12,1 GW dan Nuklir 30 GW	Jargas untuk 23,9 juta rumah.
		Pemanfaatan Hidrogen 52 GW	
		Penggunaan Baterai 140 GW	

Tabel 1 menunjukkan peta jalan transisi energi menuju Net Zero Emission (NZE) 2060 di Indonesia menargetkan pengurangan emisi karbon secara bertahap melalui peningkatan kapasitas energi terbarukan, pengurangan ketergantungan pada bahan bakar fosil, serta elektrifikasi sektor industri dan transportasi. Pada periode 2021-2025, fokus utama adalah percepatan implementasi PLTS atap, pembangunan pembangkit energi baru terbarukan (EBT) sebesar 10,6 GW, serta peningkatan adopsi kendaraan listrik dan kompor induksi. Selanjutnya, pada 2026-2030, transisi semakin diperkuat dengan penghentian pembangunan pembangkit listrik fosil baru dan penggantian PLTU dengan EBT sebesar 10,3 GW. Pada 2031-2040, tidak ada lagi tambahan pembangkit fosil, sementara pemanfaatan hidrogen dan baterai energi mulai diterapkan secara luas. Memasuki 2041-2050, pengurangan emisi semakin signifikan dengan penghentian operasional 31 GW PLTU dan peningkatan pemanfaatan energi nuklir sebesar 5 GW. Akhirnya, pada 2051-2060, Indonesia menargetkan emisi nol bersih dengan penghentian penuh PLTU dan PLTGU, pengembangan energi terbarukan hingga 93,9 GW, serta pemanfaatan hidrogen dan penyimpanan energi dalam skala besar. Dengan strategi ini, Indonesia berkomitmen untuk mencapai sistem energi yang berkelanjutan, efisien, dan berdaya saing global. Dalam upaya mencapai NZE, pemerintah Indonesia telah mengimplementasikan berbagai kebijakan sektor energi yang berfokus pada pengurangan emisi karbon. Salah satunya adalah penerapan pajak karbon yang bertujuan mendorong transisi menuju energi bersih dan menginspirasi masyarakat untuk menggunakan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan (Matheus et al., 2023).

Namun, implementasi NZE di Indonesia menghadapi berbagai tantangan dan hambatan. Indonesia menghadapi tantangan besar dalam transisi energi karena sebagian besar tenaga kerja masih berstatus pekerja menengah dan rendah keterampilannya. Sekitar 10% dari tenaga kerja di Indonesia memiliki keterampilan tinggi, 70% memiliki keterampilan menengah, dan 20% tergolong pekerja dengan keterampilan rendah (IEA, 2022). Selain itu, Pada tahun 2030, sektor energi di Indonesia diproyeksikan mengalami peningkatan jumlah tenaga kerja sebesar 265.000 orang. Namun, pergeseran ini juga berdampak pada berkurangnya lapangan pekerjaan di sektor batubara dan bahan bakar fosil. Untuk mengatasi dampak ini, pelatihan ulang (*re-skilling*) dan peningkatan keterampilan (*up-skilling*) menjadi krusial bagi tenaga kerja yang terdampak. Oleh karena itu, diperlukan program pelatihan dan pengembangan kapasitas yang terfokus pada teknologi energi terbarukan, efisiensi energi, dan sistem energi rendah karbon.

1.2 Jenis-jenis Kompetensi Widyaiswara

Widyaiswara sebagai pejabat fungsional memiliki peran penting dalam pengembangan sumber daya manusia aparatur. Menurut (KepMenpanRB No. SKJ.1, 2023), Standar Kompetensi Jabatan Fungsional widyaiswara, terdapat tiga jenis kompetensi utama yang harus dimiliki, yaitu kompetensi teknis meliputi penguasaan materi ajar, metode pembelajaran, dan kemampuan evaluasi pelatihan. Kompetensi ini memastikan Widyaiswara mampu menyampaikan materi secara efektif dan sesuai dengan kebutuhan peserta didik. Selanjutnya, kompetensi manajerial terkait dengan kemampuan perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, dan pengawasan program pelatihan. Hal ini mencakup keterampilan dalam manajemen waktu, sumber daya, dan koordinasi antar pihak terkait. Terakhir, kompetensi Sosio-Kultural

menyangkut pemahaman terhadap nilai-nilai budaya, norma sosial, dan kemampuan berkomunikasi yang efektif dalam berbagai konteks sosial. Kompetensi ini penting untuk membangun hubungan yang baik dengan peserta didik dan stakeholders lainnya. Kompetensi pelatih dalam bidang teknis, pedagogis, dan sosial secara signifikan memoderasi hubungan antara *green skills* dan pembangunan berkelanjutan. Tanpa pelatih yang kompeten, efektivitas *green skills* akan berkurang (Jebungei, 2020).

1.3 Tantangan Pengembangan Kompetensi Widyaiswara

Transisi energi menuju pencapaian NZE 2060 menuntut penyesuaian signifikan dalam berbagai sektor, termasuk pendidikan dan pelatihan. Salah satu tantangan utama adalah kurangnya tenaga kerja dengan keahlian khusus di bidang energi terbarukan dan konservasi energi. Penelitian oleh Setyawati (2023) mengungkapkan bahwa terdapat kesenjangan kompetensi teknis yang dibutuhkan untuk mendukung program NZE, yang belum sepenuhnya dimiliki oleh widyaiswara di PPSDM KEBTKE. Hal ini menunjukkan perlunya upaya penguasaan dan pengisian kesenjangan kompetensi tersebut. Di sisi lain, sistem pelatihan yang belum sepenuhnya adaptif terhadap perkembangan teknologi dan kebutuhan nasional membuat proses peningkatan kompetensi menjadi stagnan (Rohmatullah, 2024). Tantangan lainnya juga mencakup kurangnya fasilitas pendukung seperti laboratorium, terbatasnya akses terhadap sumber belajar digital dan ilmiah, serta minimnya kemitraan dengan industri energi baru terbarukan, yang semuanya berkontribusi terhadap rendahnya kualitas transfer pengetahuan. Sebagaimana disampaikan oleh Badiah (2024), pengembangan kompetensi berkelanjutan memerlukan pendekatan berbasis kontekstual dan berbasis praktik, termasuk penggunaan model pembelajaran digital interaktif serta pelatihan berbasis pengalaman lapangan (*hands-on learning*). Oleh karena itu, dibutuhkan strategi penguatan kompetensi widyaiswara yang tidak hanya bersifat struktural, tetapi juga menekankan pengembangan jejaring kolaboratif dengan sektor industri, integrasi teknologi, dan dukungan kebijakan berbasis kebutuhan masa depan. Perubahan menuju Lembaga pelatihan hijau tidak hanya memerlukan perubahan pada konten pelatihan, tetapi juga pendekatan menyeluruh terhadap standar kompetensi, kurikulum, pelatihan guru, metode pembelajaran, serta partisipasi industri dan pemangku kepentingan (ILO, 2022).

1.4 Faktor Penyebab Kesenjangan Kompetensi Widyaiswara

Kesenjangan kompetensi widyaiswara dipengaruhi oleh berbagai faktor internal maupun eksternal yang saling berkaitan. Secara internal, rendahnya kesempatan pengembangan diri, keterbatasan waktu, dan minimnya pemahaman terhadap perkembangan teknologi menjadi hambatan signifikan bagi widyaiswara dalam mengembangkan kompetensinya secara berkelanjutan. Hal ini diperkuat oleh temuan Setyawati (2023) yang menyatakan bahwa banyak widyaiswara di lembaga pelatihan sektor energi belum mendapatkan akses memadai terhadap pelatihan berbasis teknologi baru. Di sisi eksternal, kelembagaan juga belum sepenuhnya memberikan

dukungan struktural, seperti program pengembangan kompetensi yang terencana, insentif yang memadai, serta infrastruktur pembelajaran seperti laboratorium dan akses ke sumber belajar digital (Rohmatulloh et al., 2024). Ketidaksesuaian antara kurikulum pelatihan dengan kebutuhan industri serta rendahnya keterlibatan widyaiswara dalam proyek-proyek nyata juga memperlebar jarak antara kapasitas aktual dan tuntutan kompetensi di lapangan. Sejalan dengan itu, Badiah (2024) menekankan bahwa pendekatan peningkatan kompetensi perlu diarahkan pada kontekstualisasi materi pelatihan dan kolaborasi lintas sektor, terutama dengan pelaku industri energi terbarukan. Dengan demikian, mengatasi kesenjangan kompetensi widyaiswara memerlukan strategi yang menyeluruh, mencakup reformasi kelembagaan, kolaborasi industri, serta peningkatan akses terhadap sumber daya belajar dan pelatihan berbasis praktik. Penelitian yang dilakukan Setiawan (2021) menyoroti bahwa pelatihan yang tersedia seringkali tidak sesuai kebutuhan, sehingga tidak sesuai antara kompetensi yang dibutuhkan dengan yang diajarkan.

1.5 Strategi Penguatan dan Pengembangan Kompetensi Widyaiswara

Untuk mengatasi kesenjangan kompetensi, beberapa strategi yang dapat diterapkan meliputi penyusunan Program Pelatihan Berbasis Kompetensi sesuai dengan target NZE (Yulianto, 2023). Strategi lainnya menjalin kerjasama dengan industri dan institusi pendidikan untuk menyelenggarakan program magang, penyusunan kurikulum bersama, dan pengajaran oleh praktisi (Petrominer, 2024). Hal ini penting untuk memastikan relevansi materi ajar dengan kebutuhan industri. Penyelenggaraan pelatihan non-klasikal seperti magang atau praktik kerja untuk meningkatkan pengalaman kerja widyaiswara (Setyawati, 2023). Terakhir, strategi dengan menyusun model pengembangan kompetensi keprofesional yang berkelanjutan untuk menghadapi era disrupsi teknologi (Suharto, 2024). Hal ini penting untuk memastikan Widyaiswara tetap kompeten dan profesional dalam jangka panjang.

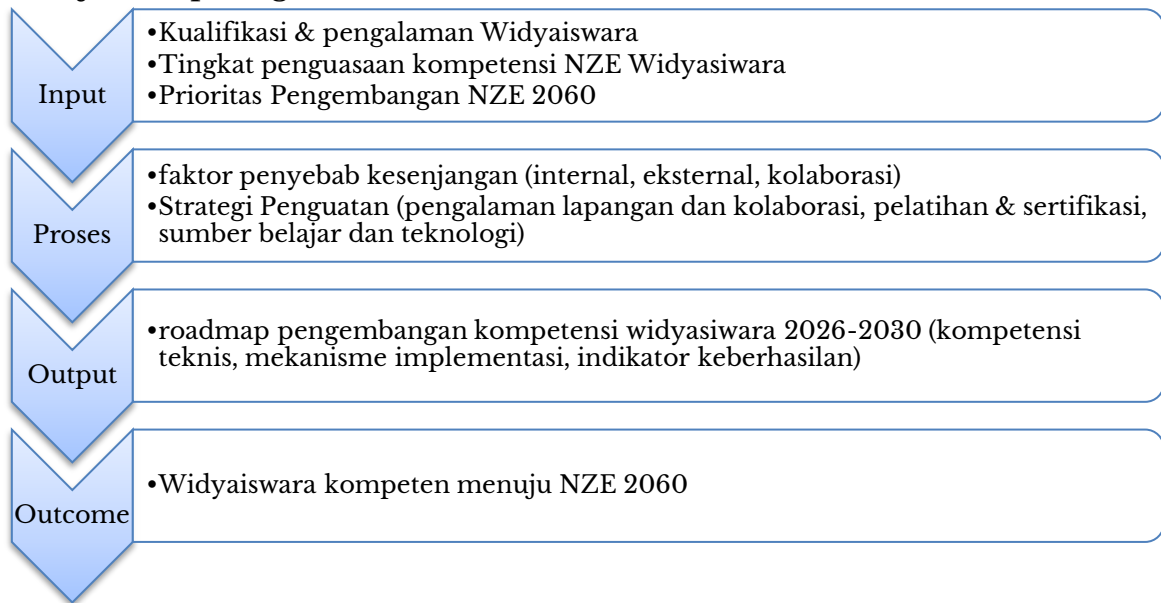
2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan di PPSDM KEBTKE Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral pada bulan Maret 2025. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian survei. Menurut Sugiyono (2023), penelitian survei adalah penelitian kuantitatif yang sistematis untuk mendapatkan data yang terjadi dengan mengambil sample dari populasi tertentu serta teknik pengumpulan data yang tidak mendalam dengan hasil penelitian cenderung digeneralisir. Penelitian survei memberikan instrumen kepada responden dengan pertanyaan yang sama dengan mengukur nilai variable, menguji hipotesis tentang perilaku serta menganalisis korelasi satu dan lainnya (Sugiyono, 2023). Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif, dengan tujuan utama untuk memetakan kondisi eksisting kompetensi widyaiswara serta menyusun prioritas pengembangan berbasis data guna mendukung Net Zero Emission 2060.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh widyaiswara di lingkungan PPSDM KEBTKE, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, yang berjumlah 25 orang. Mengingat jumlah populasi yang relatif kecil dan homogen dari segi peran dan fungsi kelembagaan, maka penelitian ini

menggunakan teknik total sampling, yaitu seluruh anggota populasi dijadikan target responden. Namun demikian, dari total 25 orang Widyaiswara, hanya 21 orang (84%) yang memberikan persetujuan dan berpartisipasi dalam pengisian instrumen penelitian. Dengan demikian, data yang dianalisis berasal dari responden aktif sebanyak 21 orang, yang telah merepresentasikan sebagian besar populasi secara proporsional. Teknik ini tetap dianggap valid dalam konteks penelitian survei eksploratif karena tingkat respons yang tinggi dan distribusi karakteristik responden yang serupa dengan populasi.

Kerangka kerja penelitian ini disusun untuk menggambarkan alur sistematis dalam proses pengembangan kompetensi widyaiswara PPSDM KEBTKE guna mendukung pencapaian target Net Zero Emission (NZE) 2060. Kerangka ini ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Kerangka Kerja Penelitian Pengembangan Kompetensi

Kerangka terdiri atas empat komponen utama, yaitu input, proses, output, dan *outcome*, yang saling berinteraksi dalam ekosistem penguatan sumber daya manusia sektor energi terbarukan. Pada tahap input, terdapat tiga variabel kunci yang menjadi landasan analisis, yaitu: kualifikasi dan pengalaman Widyaiswara, sebagai dasar kompetensi dasar dan praktik professional, tingkat penguasaan kompetensi NZE, yang mencerminkan kemampuan aktual widyaiswara terhadap materi terkait transisi energi, dan prioritas pengembangan NZE 2060, yang menunjukkan aspek kompetensi mana saja yang dinilai paling mendesak dan strategis untuk dikembangkan. Tahap proses mencakup dua elemen penting. Pertama adalah identifikasi faktor penyebab kesenjangan kompetensi, yang dikategorikan menjadi faktor internal, faktor eksternal, dan faktor kolaborasi. Kedua adalah perumusan strategi penguatan kompetensi, melalui berbagai pendekatan seperti pengalaman lapangan dan kolaborasi, pelatihan dan sertifikasi profesional, serta pemanfaatan sumber belajar dan teknologi digital.

Hasil dari proses ini dirumuskan dalam bentuk output, yaitu roadmap pengembangan kompetensi widyaiswara tahun 2026–2030. Roadmap ini mencakup tiga aspek utama: identifikasi kompetensi teknis yang harus dikuasai, mekanisme implementasi program penguatan kompetensi, dan indikator keberhasilan yang dapat diukur secara tahunan. Pada akhirnya, *outcome* yang diharapkan dari keseluruhan kerangka ini adalah terciptanya widyaiswara yang kompeten, adaptif, dan siap mendukung akselerasi transisi

energi berkelanjutan menuju Net Zero Emission 2060. Kerangka ini menegaskan bahwa pengembangan kompetensi tidak dapat dipisahkan dari sistem pendukungnya, sehingga pendekatan yang digunakan harus bersifat holistik, berbasis data, dan terintegrasi dengan kebijakan nasional energi.

Kerangka tersebut juga didukung oleh penelitian yang dilakukan Didi Kurniadi et al (2024) bahwa strategi pengembangan sumber daya manusia global menekankan input, proses, output, dan hasil untuk meningkatkan kemampuan tenaga kerja di sektor energi terbarukan Indonesia sejalan dengan target NZE. Sementara itu, ILO (2022) mengungkapkan pengembangan kompetensi hijau harus melakukan proses perubahan normatif dengan pendekatan yang jelas, holistik, sistematis, dan terencana.”

Untuk mengidentifikasi tingkat keterlibatan widyaiswara PPSDM KEBTKE dalam penyelenggaraan pelatihan yang relevan dengan agenda transisi energi dan Net Zero Emission 2060, penelitian ini menggunakan instrumen skala Likert yang dirancang secara khusus. Skala ini tidak hanya mengukur sejauh mana pelatihan telah dilaksanakan, tetapi juga menilai komposisi pengajar yang terlibat, baik dari internal (widyaiswara) maupun eksternal. Penilaian ini bertujuan untuk memetakan kapasitas aktual widyaiswara dalam mengampu pelatihan strategis, serta menjadi dasar untuk mengevaluasi tingkat kemandirian lembaga dalam menyelenggarakan pelatihan berbasis kompetensi energi terbarukan. Rincian kriteria dan interpretasi skala tersebut disajikan dalam Tabel 2 berikut.

Tabel 3 Skala Likert Komposisi pelatihan yang diajarkan widyaiswara

Skor	Kriteria	Interpretasi
1	Pelatihan belum pernah dilaksanakan	Materi belum pernah diajarkan dalam bentuk pelatihan
2	Pelatihan sepenuhnya diajarkan oleh pengajar luar	Widyaiswara PPSDM KEBTKE belum mengampu pelatihan ini
3	Pelatihan sebagian besar diajarkan oleh pengajar luar, hanya sedikit yang diajarkan oleh widyaiswara PPSDM KEBTKE	Widyaiswara PPSDM KEBTKE masih perlu peningkatan kompetensi di bidang ini
4	Pelatihan sebagian besar diajarkan oleh widyaiswara PPSDM KEBTKE, hanya sedikit yang diajarkan oleh pengajar luar	Widyaiswara PPSDM KEBTKE sudah menguasai materi, tetapi masih ada sedikit ketergantungan pada pengajar luar
5	Pelatihan sepenuhnya diajarkan oleh widyaiswara PPSDM KEBTKE	Widyaiswara PPSDM KEBTKE telah sepenuhnya menguasai dan mampu mengajarkan materi tanpa bantuan pengajar luar

Penggunaan skala pada tabel 2 dimaksudkan untuk memetakan kesenjangan aktual dalam kapasitas pengajaran Widyaiswara, sekaligus mengevaluasi tingkat kemandirian pelaksanaan pelatihan yang strategis dalam mendukung transisi energi nasional. Data yang dikumpulkan melalui skala ini akan digunakan untuk analisis kuantitatif dalam mengidentifikasi bidang pelatihan yang perlu diperkuat, baik melalui peningkatan kompetensi individu maupun perancangan ulang kurikulum pelatihan.

Untuk mengukur tingkat penguasaan kompetensi Widyaiswara dalam mendukung pelatihan transisi energi menuju Net Zero Emission 2060, penelitian ini menggunakan skala Likert yang dikembangkan secara

kontekstual. Skala ini dirancang untuk merepresentasikan sejauh mana seorang Widyaiswara memahami, menguasai, dan memiliki pengalaman dalam mengajar atau melatih kompetensi tertentu, khususnya yang terkait dengan Net Zero Emission 2060. Setiap skor pada skala ini diberikan berdasarkan penilaian subjektif terstandar yang dilakukan oleh responden melalui penilaian mandiri. Interpretasi dari masing-masing skor disajikan dalam Tabel 3 berikut.

Tabel 4 Skala Likert tingkat Penguasaan Kompetensi Widyaiswara

Skor	Kriteria	Interpretasi
5	Sangat Menguasai	Dapat mengajar/melatih dengan baik dan memiliki pengalaman praktik.
4	Menguasai	Memiliki pemahaman yang baik dan pernah mengajarkan/melatih.
3	Cukup Menguasai	Memiliki pemahaman dasar tetapi belum pernah mengajar/melatih.
2	Kurang Menguasai	Memiliki sedikit pemahaman, tetapi perlu banyak peningkatan.
1	Tidak Menguasai	Belum memiliki pemahaman tentang kompetensi ini.

Skala pada tabel 3 digunakan tidak hanya menjadi alat untuk mengukur kapasitas individual, tetapi juga berfungsi sebagai dasar untuk melakukan analisis kesenjangan kompetensi antara kondisi aktual dengan kompetensi ideal yang dibutuhkan dalam mendukung pencapaian target Net Zero Emission 2060. Hasil penilaian ini kemudian dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk mengidentifikasi area kompetensi prioritas yang perlu diperkuat melalui pelatihan, kolaborasi teknis, atau perancangan ulang peran widyaiswara di lingkungan PPSDM KEBTKE.

Untuk mendukung proses pemetaan kebutuhan pengembangan kompetensi Widyaiswara dalam kerangka transisi energi menuju Net Zero Emission (NZE) 2060, penelitian ini menggunakan instrumen skala Likert yang dirancang secara khusus untuk menilai tingkat prioritas pengembangan kompetensi berdasarkan urgensi dan relevansinya terhadap Net Zero Emission 2060. Skala ini bertujuan untuk mengklasifikasikan area pengembangan yang paling strategis dan paling mendesak untuk diperkuat dalam jangka pendek maupun menengah. Adapun rincian skala disajikan dalam Tabel 4 berikut.

Tabel 5 Skala Likert tingkat Prioritas Pengembangan NZE 2060

Skor	Kriteria	Interpretasi
5	Sangat tinggi	Mendukung program utama dalam roadmap dan harus segera dikembangkan
4	Tinggi	Sangat diperlukan dalam 5 tahun ke depan, mendukung program transisi energi
3	Cukup tinggi	Dibutuhkan untuk mendukung kebijakan transisi energi jangka menengah
2	Rendah	Mulai berkembang tetapi belum signifikan dalam transisi energi
1	Sangat Rendah	Tidak mendesak dalam 5 tahun ke depan, implementasi masih terbatas

Penggunaan skala pada tabel 4 menjadi dasar dalam proses prioritasasi penguatan kompetensi, baik untuk perancangan ulang pelatihan yang ada maupun perencanaan pengembangan pelatihan baru. Dengan demikian, pengambilan keputusan dalam penyusunan program pelatihan akan lebih berbasis bukti dan responsif terhadap dinamika kebijakan Net Zero Emission 2060.

Untuk menjawab rumusan masalah dan hipotesis yang telah dirumuskan, teknik pengumpulan data yang digunakan adalah kuisioner. Kuisioner digunakan untuk mengukur kompetensi widyaiswara, faktor penyebab kesenjangan kompetensi, dan strategi penguatan kompetensi widyaiswara. Kuisioner dipilih sebagai alat pengumpul data yang efisien waktu, tenaga, dan biaya. Jumlah Instrumen untuk mengukur kompetensi widyaiswara adalah 28 instrumen, faktor penyebab kesenjangan kompetensi sebanyak 13 instrumen, dan strategi penguatan kompetensi widyaiswara sebanyak 11 instrumen.

Untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang menyebabkan kesenjangan kompetensi Widyaiswara, penelitian ini menggunakan instrumen skala Likert sebagai alat ukur persepsi. Responden diminta untuk menilai tingkat pengaruh berbagai faktor terhadap kesenjangan kompetensi yang mereka alami, mulai dari faktor internal, faktor eksternal, dan faktor kolaboratif. Rincian skala penilaian disajikan dalam tabel 5 berikut.

Tabel 6 Skala Likert Faktor Penyebab Kesenjangan

Bobot	Kriteria	Interpretasi Data
5	Sangat Setuju	Sangat berpengaruh terhadap kesenjangan kompetensi
4	Setuju	Berpengaruh terhadap kesenjangan kompetensi
3	Cukup Setuju	Cukup berpengaruh terhadap kesenjangan kompetensi
2	Tidak Setuju	Kurang berpengaruh terhadap kesenjangan kompetensi
1	Sangat Setuju	Tidak berpengaruh terhadap kesenjangan kompetensi

Skala pada tabel 5 digunakan untuk memperoleh informasi kuantitatif mengenai persepsi Widyaiswara terhadap berbagai penyebab kesenjangan kompetensi yang ada. Hasil dari pengukuran ini akan dianalisis secara deskriptif untuk mengidentifikasi faktor dominan yang perlu menjadi fokus utama dalam penyusunan strategi penguatan kompetensi ke depan. Dengan demikian, strategi yang dikembangkan akan lebih tepat sasaran dan sesuai dengan akar persoalan yang dihadapi widyaiswara di lapangan.

Untuk menyusun strategi penguatan kompetensi yang relevan, responsif, dan berbasis bukti, penelitian ini mengukur sejauh mana widyaiswara mendukung berbagai pilihan strategi pengembangan. Strategi-strategi ini mencakup aspek pelatihan dan sertifikasi, pengalaman lapangan serta kolaborasi, hingga akses terhadap sumber belajar dan teknologi digital. Responden diminta untuk memberikan tingkat persetujuan mereka terhadap setiap strategi yang diusulkan, menggunakan skala Likert lima poin. Pendekatan ini memungkinkan peneliti mengidentifikasi strategi mana yang paling dianggap penting dan prioritas oleh widyaiswara, sehingga dapat dirumuskan rekomendasi yang lebih aplikatif dan berdampak. Rincian skala disajikan dalam Tabel 6 berikut.

Tabel 7 Skala Likert Faktor Penyebab Kesenjangan

Skor	Kriteria	Interpretasi
5	Sangat Setuju	Responden sepenuhnya mendukung strategi tersebut sebagai langkah penting dan prioritas tinggi dalam penguatan kompetensi widyaiswara.
4	Setuju	Responden mendukung strategi tersebut dan menganggapnya relevan serta perlu diterapkan, meskipun dengan penyesuaian tertentu.

3	Cukup Setuju	Responden menyatakan strategi tersebut cukup baik namun belum menjadi prioritas utama atau masih memerlukan penguatan argumen dan konteks implementasi.
2	Tidak Setuju	Responden tidak mendukung strategi tersebut karena dianggap kurang tepat, sulit diimplementasikan, atau tidak sesuai dengan kebutuhan.
1	Sangat Tidak Setuju	Responden menolak strategi tersebut karena dianggap tidak relevan atau tidak berdampak signifikan terhadap penguatan kompetensi.

Tabel 6 memberikan kerangka interpretatif terhadap respons responden mengenai strategi penguatan kompetensi widyaiswara. Skor tinggi (4–5) menunjukkan bahwa strategi tersebut dianggap penting, relevan, dan layak segera diimplementasikan sebagai prioritas dalam mendukung kesiapan widyaiswara menghadapi tantangan transisi energi. Sebaliknya, skor rendah (1–2) mencerminkan keraguan atau penolakan responden atas efektivitas strategi tersebut, baik karena keterbatasan konteks, kesiapan pelaksana, atau relevansi terhadap kebutuhan aktual. Data yang diperoleh dari skala ini akan digunakan untuk memetakan urutan prioritas penguatan kompetensi serta menyusun roadmap implementasi yang lebih terukur, adaptif, dan berorientasi pada hasil.

Sebelum digunakan dalam pengumpulan data, seluruh item dalam kuisisioner diuji validitas menggunakan analisis korelasi Pearson dan diuji reliabilitas menggunakan Cronbach's Alpha. Hasil uji validitas ditunjukkan pada tabel 7 berikut ini.

Tabel 8 Uji Validitas Intrumen

Item	Koefisien Korelasi (r)	Sig. (2-tailed)	Interpretasi
X01–X09	0,733 – 0,859	< 0,001	Valid (signifikan)

Hasil uji validitas pada tabel 7 menunjukkan bahwa seluruh item (X01–X09) memiliki korelasi signifikan dengan skor total pada tingkat signifikansi 0,01 ($p < 0,05$), dengan koefisien tertinggi sebesar 0,859 dan terendah 0,733. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh item kuisisioner memiliki validitas yang kuat. Selanjutnya, uji reliabilitas ditampilkan pada tabel 8 berikut ini.

Tabel 9 Uji Reliabilitas

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
.920	9

Hasil uji reliabilitas pada tabel 6 menunjukkan nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,920, yang mengindikasikan bahwa instrumen memiliki tingkat konsistensi internal yang sangat tinggi. Dengan demikian, instrumen dinyatakan valid dan reliabel untuk digunakan dalam penelitian ini.

Data yang diperoleh dari pengisian kuisisioner dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif, untuk memberikan gambaran objektif mengenai kondisi aktual kompetensi widyaiswara PPSDM KEBTKE serta kebutuhan pengembangannya dalam mendukung target Net Zero Emission (NZE) 2060. Analisis deskriptif dilakukan melalui perhitungan rerata (mean) dan pemetaan kecenderungan skor pada masing-masing item. Untuk menilai tingkat penguasaan kompetensi dan keterlibatan widyaiswara dalam pelatihan, digunakan analisis rerata skor berdasarkan skala Likert. Nilai rerata ini kemudian diklasifikasikan ke dalam interval kategori tertentu (misalnya: sangat

rendah, rendah, sedang, tinggi, sangat tinggi), untuk memberikan interpretasi yang lebih bermakna terhadap kondisi aktual.

Selain itu, penelitian ini juga menerapkan pendekatan *gap analysis*, yaitu dengan membandingkan skor aktual yang diperoleh dari hasil pengisian kuisioner dengan skor ideal atau yang diharapkan berdasarkan standar kompetensi yang relevan. Perbedaan antara keduanya dianalisis untuk mengidentifikasi kesenjangan kompetensi yang paling signifikan dan membutuhkan intervensi segera. Selanjutnya, untuk mendukung perumusan strategi penguatan kompetensi secara bertahap dan terukur, penelitian ini juga menyusun kerangka roadmap pengembangan kompetensi Widyaiswara tahun 2026–2030. Roadmap ini disusun berdasarkan prinsip *gap analysis*, dengan mempertimbangkan dua dimensi utama: (1) tingkat prioritas pengembangan kompetensi sesuai kebutuhan transisi energi menuju Net Zero Emission 2060, dan (2) tingkat penguasaan kompetensi aktual oleh Widyaiswara sebagaimana diukur melalui skala Likert. Kedua dimensi ini digunakan untuk menentukan urutan pengembangan kompetensi setiap tahun, mulai dari yang paling kritis dan mendesak pada tahun-tahun awal hingga yang bersifat antisipatif pada tahun-tahun akhir. Kriteria klasifikasi tahun pelaksanaan pengembangan kompetensi dijelaskan dalam Tabel 9 berikut ini.

Tabel 10 Kriteria bobot roadmap 2026-2030

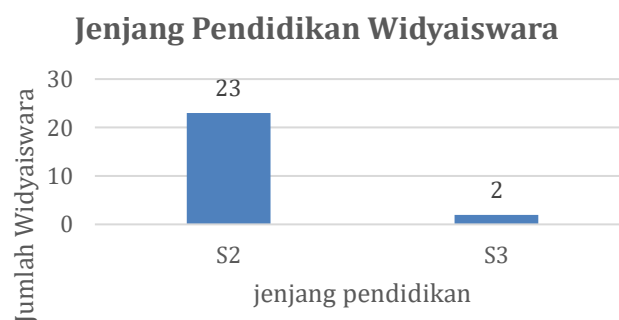
Tahun	Kriteria Bobot kompetensi widyaiswara saat ini	Kriteria Bobot Prioritas Pengembangan NZE 2060
2026	$\leq 2,33$	≥ 5
2027	≤ 3	3,43-5
2028	> 3	3,43-5
2029	≤ 3	2-3,43
2030	$\leq 2,33$	< 2

Berdasarkan kriteria pada Tabel 9, roadmap pengembangan kompetensi Widyaiswara disusun secara bertahap untuk mengatasi kesenjangan kompetensi secara sistematis selama periode lima tahun (2026–2030). Tahun 2026 difokuskan pada kompetensi yang memiliki prioritas pengembangan sangat tinggi (skor ≥ 5) dan tingkat penguasaan yang masih rendah (skor $\leq 2,33$), karena kompetensi ini dianggap paling krusial dan perlu segera diperkuat. Tahun 2027–2028 ditujukan untuk kompetensi yang tetap memiliki prioritas tinggi (skor 3,43–5). Sementara itu, tahun 2029 memfokuskan pada kompetensi dengan prioritas sedang dan penguasaan rendah, yang bersifat pendukung namun tetap relevan dalam konteks kebijakan NZE. Tahun 2030 diarahkan untuk kompetensi dengan prioritas rendah dan tingkat penguasaan masih minim, yang cenderung bersifat eksploratif dan antisipatif. Penjadwalan berbasis kriteria ini memungkinkan proses pengembangan dilakukan secara berkelanjutan, efisien, dan berbasis urgensi strategis, sehingga roadmap yang dihasilkan dapat menjadi instrumen pengambilan keputusan yang objektif dan adaptif terhadap dinamika kebijakan energi nasional.

Keseluruhan hasil analisis ini disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Hasil tersebut digunakan sebagai dasar penyusunan roadmap pengembangan kompetensi widyaiswara 2026–2030, yang mencakup rencana implementasi, indikator keberhasilan, serta model pelatihan yang relevan dengan kebutuhan transisi energi nasional.

3. Hasil dan Pembahasan

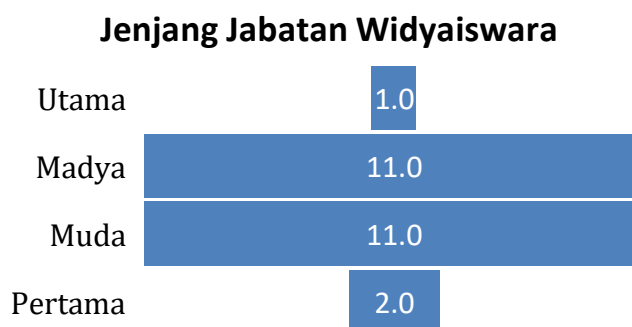
Sebagai langkah awal dalam menganalisis kesiapan dan kapasitas Widyaiswara PPSDM KEBTKE dalam mendukung agenda transisi energi menuju NZE 2060, penelitian ini terlebih dahulu mengidentifikasi karakteristik demografis responden, salah satunya adalah jenjang pendidikan terakhir. Tingkat pendidikan dianggap sebagai salah satu indikator penting dalam mencerminkan kapasitas konseptual dan potensi penguasaan terhadap isu-isu strategis yang kompleks, termasuk teknologi energi terbarukan dan kebijakan dekarbonisasi. Hasil rekapitulasi jenjang pendidikan Widyaiswara disajikan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Jenjang Pendidikan Widyaiswara

Berdasarkan data yang disajikan dalam gambar 2, secara keseluruhan, terdapat 25 Widyaiswara dengan latar belakang pendidikan pascasarjana. Jumlah Widyaiswara berdasarkan jenjang pendidikan menunjukkan bahwa mayoritas memiliki tingkat pendidikan Strata-2 (S2), yaitu sebanyak 23 orang, sementara Widyaiswara dengan tingkat pendidikan Strata-3 (S3) berjumlah 2 orang. Temuan ini dapat menjadi dasar pertimbangan dalam pengembangan kapasitas Widyaiswara, khususnya dalam mendorong peningkatan kualifikasi akademik guna mendukung efektivitas pembelajaran dan penguasaan materi sesuai kebutuhan pengembangan kompetensi.

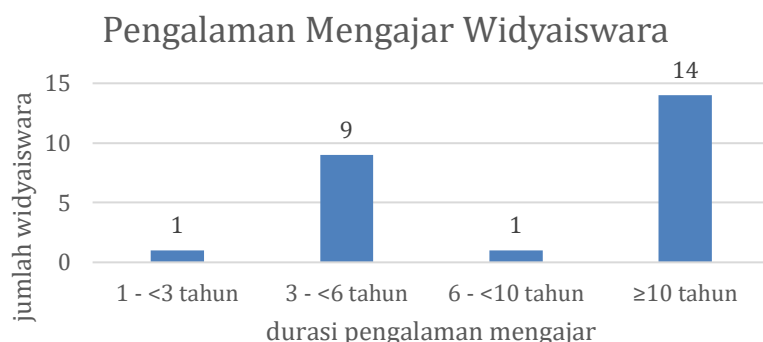
Selain latar belakang pendidikan, jenjang jabatan fungsional juga menjadi indikator penting dalam melihat tingkat pengalaman, kewenangan, serta tanggung jawab profesional Widyaiswara dalam melaksanakan tugas pembelajaran dan pengembangan kompetensi. Jabatan fungsional mencerminkan tahapan karier dan sering kali berhubungan langsung dengan intensitas keterlibatan dalam penyusunan kurikulum, dan fasilitasi pelatihan strategis. Untuk itu, data jenjang jabatan widyaiswara PPSDM KEBTKE diklasifikasikan ke dalam empat kategori utama, yaitu: Pertama, Muda, Madya, dan Utama, sebagaimana disajikan pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3 Jenjang Jabatan Widyaiswara

Berdasarkan data jenjang jabatan Widyaiswara pada gambar 3, terdapat total 25 Widyaiswara yang tersebar dalam empat jenjang, yaitu Pertama, Muda, Madya, dan Utama. Widyaiswara pada jenjang Muda dan Madya memiliki jumlah yang sama, yaitu masing-masing sebanyak 11 orang. Sementara itu, Widyaiswara Pertama berjumlah 2 orang, dan hanya terdapat 1 orang yang telah mencapai jenjang Utama. Data ini menunjukkan bahwa mayoritas widyaiswara berada pada jenjang Muda dan Madya, yang mencerminkan tingkat kompetensi dan pengalaman yang berkembang. Namun, jumlah Widyaiswara pada jenjang Pertama dan Utama yang relatif sedikit dapat mengindikasikan perlunya strategi pengembangan karier dan peningkatan kompetensi untuk memperkuat kesinambungan tenaga pengajar serta mendukung percepatan pencapaian jenjang tertinggi dalam profesi ini.

Selain pendidikan dan jabatan fungsional, durasi pengalaman mengajar merupakan variabel penting yang mencerminkan tingkat kematangan profesional Widyaiswara dalam merancang, menyampaikan, dan mengevaluasi proses pembelajaran. Semakin lama pengalaman mengajar, umumnya semakin tinggi pula kompetensi terhadap dinamika materi pelatihan dan pendekatan metodologis. Untuk memperoleh gambaran distribusi pengalaman mengajar widyaiswara PPSDM KEBTKE, responden diklasifikasikan berdasarkan rentang waktu durasi pengalaman. Hasilnya disajikan pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4 Pengalaman Mengajar Widyaiswara

Berdasarkan data yang disajikan pada gambar 4, pengalaman mengajar Widyaiswara menunjukkan variasi yang signifikan. Dari total 25 Widyaiswara, mayoritas, yaitu 14 orang, memiliki pengalaman mengajar lebih dari 10 tahun, yang mengindikasikan tingkat keahlian dan kematangan yang tinggi dalam bidangnya. Sebanyak 9 orang memiliki pengalaman mengajar antara 3 hingga kurang dari 6 tahun, menunjukkan kelompok yang cukup berpengalaman. Sementara itu, hanya 1 orang yang memiliki pengalaman antara 6 hingga kurang dari 10 tahun, dan 1 orang lainnya memiliki pengalaman kurang dari 3 tahun, yang berarti masih dalam tahap awal pengembangan kompetensi mengajar. Distribusi ini mencerminkan bahwa mayoritas widyaiswara di lingkungan ini memiliki pengalaman yang cukup lama dalam mengajar, yang berpotensi berkontribusi secara signifikan terhadap pengembangan dan penyampaian materi pembelajaran.

Untuk mengidentifikasi sejauh mana widyaiswara PPSDM KEBTKE telah terlibat secara aktif dalam pelaksanaan pelatihan yang relevan dengan agenda transisi energi dan Net Zero Emission 2060, dilakukan analisis terhadap komposisi pengajar dalam pelatihan tersebut. Skor disusun berdasarkan skala

Likert yang telah dijelaskan pada tabel 2 bagian metode penelitian. Analisis ini bertujuan untuk memetakan tingkat kemandirian PPSDM KEBTKE dalam penyelenggaraan pelatihan strategis, serta mengidentifikasi bidang-bidang pelatihan yang masih bergantung pada sumber daya luar. Hasil rekapitulasi skor komposisi pengajar ditampilkan dalam Tabel 10 berikut.

Tabel 11 Komposisi Pengajar Internal atau Eksternal

Jenis Kompetensi	Komposisi Pengajar (bobot)
Kompetensi Pembangkit Energi Terbarukan (EBT)	
PLT Surya	4
PLT Bayu (onshore & offshore)	1
PLT Air	3
PLT Microhidro	5
PLT Biogas	3
PLT Biomassa	3
PLT Sampah	3
PLT Panas bumi	4
PLT Arus Laut	2
PLT Gelombang Laut	2
PLT Pasang Surut	2
PLT Nuklir	2
PLT Hybrid (Surya, Microhydro, Bayu)	3
Kompetensi Manajemen Energi	
Manajemen Energi	4
Audit Energi	4
Perencanaan Energi (energy modelling)	3
Smart Energy Management (IoT-based monitoring, Demand Response)	1
Kompetensi Sistem penyimpanan Energi	
Hidrogen (Produksi, Penyimpanan, dan Pemanfaatan)	2
Battery energy storage system (BESS)	2
Pumped storage	1
Flywheel Energy Storage	1
Thermal Energy Storage (TES)	1
Kompetensi Teknologi Elektrifikasi	
Kendaraan listrik dan <i>Charging Station</i>	3
Kompur induksi	1
<i>Smart Grid</i>	2
Kompetensi Pengelolaan Emisi karbon	
Carbon capture storage (CCS)/ carbon capture utilization storage (CCUS)	2
Perdagangan karbon	2
Perhitungan jejak karbon (carbon footprint)	2

Berdasarkan tabel 10, hasil kuisisioner menunjukkan bahwa widyaiswara PPSDM KEBTKE memiliki tingkat penguasaan kompetensi yang bervariasi dalam berbagai bidang yang mendukung transisi energi berkelanjutan. Dalam

kategori pembangkit energi terbarukan (EBT), kompetensi PLT Microhidro telah sepenuhnya dikuasai (skor 5), sementara PLT Surya dan PLT Panas Bumi sudah cukup kuat meskipun masih ada sedikit keterlibatan pengajar luar (skor 4). Namun, beberapa bidang seperti PLT Bayu, PLT Arus Laut, PLT Gelombang Laut, PLT Pasang Surut, dan PLT Nuklir masih sangat bergantung pada pengajar luar (skor 1–2). Untuk manajemen energi, kompetensi Manajemen Energi dan Audit Energi telah cukup dikuasai (skor 4), sedangkan Perencanaan Energi masih membutuhkan peningkatan (skor 3) dan Smart Energy Management masih belum terinternalisasi dengan baik (skor 1). Dalam sistem penyimpanan energi, penguasaan widyaiswara masih rendah, dengan semua subkategori memperoleh skor 1–2, menunjukkan ketergantungan yang tinggi pada pengajar luar. Sementara itu, dalam teknologi elektrifikasi, penguasaan kendaraan listrik dan *Charging Station* masih terbatas (skor 3), sementara *Smart Grid* dan Kompor Induksi belum menjadi fokus utama (skor 1–2). Pada pengelolaan emisi karbon, bidang CCS/CCUS, perdagangan karbon, dan perhitungan jejak karbon masih dalam tahap awal penguasaan (skor 2), menunjukkan perlunya peningkatan kapasitas lebih lanjut. Secara keseluruhan, widyaiswara PPSDM KEBTKE telah memiliki kompetensi yang cukup baik di beberapa bidang, tetapi masih perlu peningkatan, terutama dalam sistem penyimpanan energi, teknologi elektrifikasi, dan pengelolaan emisi karbon. Oleh karena itu, diperlukan strategi peningkatan kapasitas yang sistematis, baik melalui pelatihan lanjutan maupun kolaborasi dengan institusi eksternal, guna memastikan dukungan optimal dalam pencapaian Net Zero Emission 2060.

Setelah memetakan komposisi pengajar dalam pelatihan, langkah selanjutnya adalah menilai tingkat penguasaan kompetensi teknis oleh widyaiswara PPSDM KEBTKE, khususnya yang berkaitan dengan agenda transisi energi menuju Net Zero Emission 2060. Penilaian ini menggunakan skala Likert 1–5 yang telah dijabarkan pada tabel 3 dalam metode penelitian, di mana skor tertinggi menunjukkan penguasaan yang sangat baik serta pengalaman mengajar dan praktik, sementara skor terendah menunjukkan minimnya pemahaman terhadap kompetensi tertentu. Pemetaan ini bertujuan untuk mengidentifikasi area kompetensi yang telah dikuasai dengan baik, sekaligus menemukan kesenjangan substantif yang perlu segera ditangani melalui pelatihan, sertifikasi, atau kolaborasi teknis. Hasil penilaian tersebut disajikan dalam Tabel 11 berikut ini.

Tabel 12 Kompetensi Teknis Widyaiswara

Kompetensi Teknis	Bobot
Kompetensi Pembangkit Energi Terbarukan (EBT)	
PLT Surya	3,6
PLT Bayu (onshore & offshore)	2,45
PLT Air	3,25
PLT Microhidro	3,3
PLT Biogas	2,5
PLT Biomassa	2,4
PLT Sampah	2,45
PLT Panas Bumi	2,8
PLT Arus Laut	1,55
PLT Gelombang Laut	1,45

PLT Pasang Surut	1,45
PLT Nuklir	1,4
PLT Hybrid (Surya, Micro-hydro, Bayu)	2,55
Kompetensi Manajemen Energi	
Manajemen Energi	3,15
Audit Energi	3,7
Perencanaan Energi (Energy Modelling)	2,1
Smart Energy Management (Internet of things monitoring)	1,85
Kompetensi Sistem penyimpanan Energi	
Hidrogen (Produksi, Penyimpanan, Pemanfaatan)	1,95
Battery Energy Storage System (BESS)	2,1
Pumped Storage	2,2
Flywheel Energy Storage	1,6
Thermal Energy Storage (TES)	1,5
Kompetensi Teknologi Elektrifikasi	
Kendaraan Listrik & <i>Charging Station</i>	2,15
Kompur Induksi	2,1
<i>Smart Grid</i>	2,1
Kompetensi Pengelolaan Emisi karbon	
Carbon Capture Storage (CCS)/Carbon Capture Utilization Storage (CCUS)	1,75
Perdagangan Carbon	2,05
Perhitungan Jejak Karbon	2,1

Berdasarkan hasil kuisioner yang ditunjukkan tabel 8, tingkat penguasaan kompetensi teknis widyaiswara PPSDM KEBTKE dalam berbagai bidang energi terbarukan dan teknologi pendukungnya masih bervariasi. Dalam pembangkit energi terbarukan (EBT), kompetensi PLT Surya memiliki tingkat penguasaan tertinggi (3,6), menunjukkan pemahaman yang cukup baik meskipun masih perlu peningkatan. PLT Air (3,25) dan PLT Microhidro (3,3) juga menunjukkan tingkat penguasaan yang relatif baik, sedangkan bidang PLT Biogas, Biomassa, dan Sampah memiliki skor antara 2,4 hingga 2,5, menunjukkan pemahaman dasar yang masih perlu diperkuat. Namun, kompetensi dalam PLT Arus Laut, Gelombang Laut, Pasang Surut, dan Nuklir masih sangat rendah dengan skor di bawah 1,6, menunjukkan bahwa bidang ini belum dikuasai secara signifikan. Pada manajemen energi, Audit Energi (3,7) dan Manajemen Energi (3,15) menunjukkan tingkat penguasaan yang lebih baik dibandingkan Perencanaan Energi (2,1) dan Smart Energy Management (1,85), yang masih membutuhkan peningkatan signifikan. Untuk sistem penyimpanan energi, semua subkategori memiliki skor rendah, dengan Pumped Storage (2,2) sebagai yang tertinggi dan Thermal Energy Storage (1,5) sebagai yang terendah, menunjukkan bahwa kompetensi dalam bidang ini masih perlu ditingkatkan secara substansial. Dalam teknologi elektrifikasi, kendaraan listrik, *Smart Grid*, dan kompor induksi memiliki skor seragam di kisaran 2,1, yang mengindikasikan pemahaman dasar tetapi belum optimal untuk mengajar atau melatih. Sementara itu, dalam pengelolaan emisi karbon, skor untuk CCS/CCUS (1,75), perdagangan karbon (2,05), dan perhitungan jejak karbon (2,1) menunjukkan bahwa bidang ini masih dalam tahap

pengembangan. Secara keseluruhan, kompetensi widyaiswara dalam beberapa bidang seperti PLT Surya dan Audit Energi relatif lebih baik, tetapi masih terdapat banyak bidang dengan penguasaan rendah, terutama dalam energi laut, penyimpanan energi, dan teknologi pengurangan emisi karbon. Hal ini mengindikasikan perlunya strategi peningkatan kapasitas yang lebih terarah melalui pelatihan, penelitian, dan kolaborasi dengan pihak eksternal guna mendukung pencapaian target Net Zero Emission 2060.

Untuk memperdalam pemetaan kompetensi, seluruh kompetensi teknis yang diidentifikasi kemudian dikelompokkan ke dalam lima kategori utama, yaitu: kompetensi pembangkit energi terbarukan, kompetensi manajemen energi, kompetensi sistem penyimpanan energi, kompetensi teknologi elektrifikasi, dan kompetensi pengelolaan emisi karbon. Pengelompokan ini bertujuan untuk membantu penyusunan strategi penguatan yang lebih terfokus dan terukur, terutama dalam konteks perencanaan roadmap pelatihan tahun 2026–2030. Melalui klasifikasi ini, dapat dilihat bidang-bidang kompetensi mana yang harus segera diperkuat karena memiliki kesenjangan yang tinggi, serta mana yang dapat dikembangkan secara bertahap. Rincian hasil pengelompokan kompetensi disajikan dalam Tabel 9 berikut.

Tabel 13 Kategori Kompetensi

Kategori Kompetensi	Bobot
Kompetensi Pembangkit Energi Terbarukan (EBT)	2,44
Kompetensi Manajemen Energi	2,81
Kompetensi Sistem penyimpanan Energi	1,93
Kompetensi Teknologi Elektrifikasi	2,17
Kompetensi Pengelolaan Emisi karbon	2,06

Tabel 12 menunjukkan hasil analisis kompetensi Widyaiswara PPSDM KEBTKE dalam mendukung Net Zero Emission 2060. Kompetensi Manajemen Energi memiliki bobot tertinggi sebesar 2,81, yang mengindikasikan tingkat pemahaman yang cukup baik meskipun masih perlu peningkatan. Kompetensi Pembangkit Energi Terbarukan (EBT) memperoleh bobot 2,44, menunjukkan bahwa penguasaan terhadap teknologi energi terbarukan masih berada pada tingkat cukup menguasai. Kompetensi Teknologi Elektrifikasi memiliki bobot 2,17, yang mencerminkan bahwa pemahaman dalam bidang elektrifikasi masih memerlukan penguatan. Sementara itu, Kompetensi Pengelolaan Emisi Karbon memiliki bobot 2,06, dan Kompetensi Sistem Penyimpanan Energi memperoleh nilai terendah sebesar 1,93, yang menunjukkan bahwa pemahaman dalam kedua bidang ini masih tergolong kurang menguasai. Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan bahwa meskipun Widyaiswara memiliki pemahaman yang cukup baik dalam manajemen energi dan energi terbarukan, masih terdapat kesenjangan kompetensi terutama dalam penyimpanan energi dan pengelolaan emisi karbon, yang memerlukan peningkatan kapasitas guna mendukung pencapaian Net Zero Emission 2060.

Meskipun mayoritas widyaiswara PPSDM KEBTKE memiliki jenjang pendidikan S2 dan menduduki jabatan fungsional Madya dan Muda, hasil analisis menunjukkan bahwa penguasaan terhadap kompetensi teknis strategis menuju NZE 2060 masih belum merata. Beberapa kompetensi seperti PLT

Surya, Audit Energi, dan PLT Microhidro sudah cukup baik, namun penguasaan di bidang penyimpanan energi, teknologi elektrifikasi, serta pengelolaan emisi karbon masih rendah. Tingginya ketergantungan terhadap pengajar eksternal dalam pelatihan-pelatihan strategis juga mengindikasikan perlunya peningkatan kapasitas internal. Temuan ini menguatkan pentingnya strategi penguatan kompetensi yang sistematis, berbasis data, dan terstruktur dalam roadmap pelatihan 2026–2030. Strategi ini sejalan dengan prinsip ILO (2022) dan IRENA (2023) yang mendorong pelatihan praktis, kolaborasi dengan industri, dan penguatan ekosistem pembelajaran sebagai kunci dalam membangun SDM pelatihan yang relevan dengan agenda transisi energi.

Berdasarkan hasil analisis kesenjangan antara kondisi aktual penguasaan kompetensi dengan tingkat prioritas pengembangan menuju NZE 2060, penelitian ini menyusun daftar kompetensi teknis yang menjadi prioritas penguatan dalam periode 2026–2030. Pemeringkatan ini didasarkan pada dua dimensi utama, yaitu bobot kompetensi saat ini (sebagai representasi kapasitas aktual Widyaiswara) dan bobot prioritas pengembangan (sebagai proyeksi urgensi penguatan kompetensi dalam mendukung kebijakan net zero emission 2060). Pendekatan ini bertujuan untuk memberikan arahan strategis dalam penyusunan roadmap pelatihan yang lebih terfokus, efisien, dan responsif terhadap tantangan teknologi dan regulasi energi masa depan. Perbandingan bobot kompetensi saat ini dengan prioritas pengembangannya, yang menjadi dasar penyusunan program pelatihan berbasis bukti disajikan pada tabel 13 berikut ini

Tabel 14 Prioritas Pengembangan Kompetensi Widyaiswara 2026-2030

Kompetensi Teknis	Bobot kompetensi saat ini	Bobot Prioritas Pengembangan NZE 2060
PLT Surya	3,62	5
PLT Bayu	2,48	3
PLT Air	3,29	4
PLT Microhidro	3,33	4
PLT Biogas	2,52	3
PLT Biomassa	2,43	4
PLT Sampah	2,48	3
PLT Panas bumi	2,81	4
PLT Arus Laut	1,62	1
PLT Gelombang Laut	1,52	1
PLT Pasang Surut	1,52	1
PLT Nuklir	1,48	1
PLT Hybrid	2,57	4
Manajemen Energi	3,24	5
Audit Energi	3,76	5
Perencanaan Energi	2,24	4
Smart Energy Management	2,00	4
Hidrogen	2,05	3
BESS	2,14	4
Pumped storage	2,24	2

Flywheel Energy Storage	1,67	1
Thermal Energy Storage (TES)	1,57	1
EV & Charging Station	2,19	5
Kompore induksi	2,14	5
Smart Grid	2,19	5
CCS/CCUS	1,86	4
Perdagangan karbon	2,14	5
Perhitungan jejak karbon	2,19	5
Mean	2,33	3,43

Hasil pemetaan pada Tabel 13 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara tingkat penguasaan kompetensi teknis widyaiswara saat ini dengan tingkat prioritas pengembangan kompetensi yang dibutuhkan untuk mendukung target Net Zero Emission (NZE) 2060. Skor rata-rata kompetensi saat ini berada pada angka 2,33, sementara rata-rata prioritas pengembangan mencapai 3,43. Hal ini mengindikasikan adanya kesenjangan kompetensi yang cukup signifikan dan perlu segera ditangani melalui program pelatihan terarah.

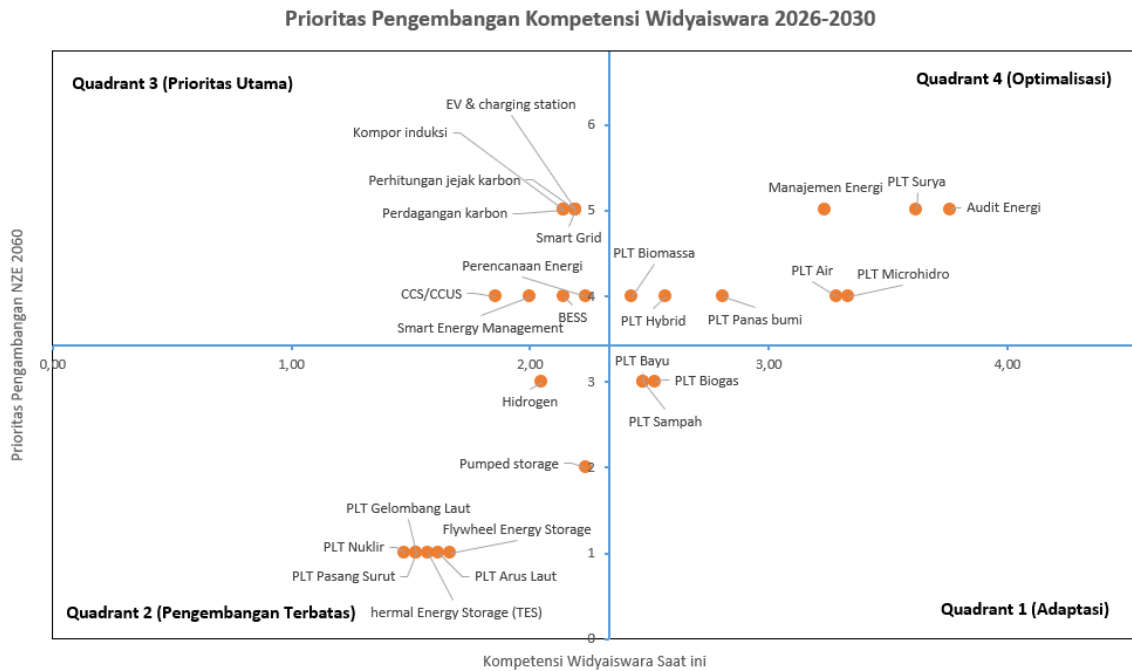
Beberapa kompetensi dengan skor penguasaan tinggi namun juga memiliki tingkat prioritas sangat tinggi antara lain PLT Surya (3,62 → 5), Audit Energi (3,76 → 5), dan Manajemen Energi (3,24 → 5). Ini menunjukkan bahwa meskipun Widyaiswara telah memiliki penguasaan yang memadai, diperlukan optimalisasi dan inovasi lebih lanjut agar pelatihan tetap relevan dengan perkembangan teknologi dan kebijakan terbaru.

Di sisi lain, terdapat sejumlah kompetensi dengan skor penguasaan rendah tetapi memiliki prioritas tinggi, seperti *Smart Grid* (2,19 → 5), Kompore Induksi (2,14 → 5), EV & Charging Station (2,19 → 5), serta Perdagangan Karbon dan Perhitungan Jejak Karbon (masing-masing 2,14–2,19 → 5). Hal ini menunjukkan bahwa kompetensi-kompetensi tersebut merupakan bidang strategis baru yang belum dikuasai secara substansial oleh widyaiswara, namun memiliki dampak besar terhadap agenda dekarbonisasi sektor energi nasional. Kompetensi seperti CCS/CCUS, *Smart Energy Management*, dan BESS juga masuk dalam kategori mendesak untuk dikembangkan secara cepat. Sementara itu, beberapa kompetensi seperti PLT Arus Laut, Gelombang Laut, Pasang Surut, dan Nuklir menempati skor rendah baik dari sisi penguasaan maupun prioritas. Hal ini mencerminkan bahwa teknologi tersebut masih berada dalam tahap awal atau belum menjadi fokus utama transisi energi jangka pendek–menengah di Indonesia.

Secara keseluruhan, hasil analisis ini menunjukkan bahwa widyaiswara tidak hanya perlu memperdalam kompetensi yang telah dikuasai, tetapi juga melakukan lompatan kompetensi ke bidang-bidang baru yang lebih disruptif, terutama dalam hal digitalisasi energi, dekarbonisasi, dan penyimpanan energi. Berdasarkan IRENA (2023), Kesenjangan dan kekurangan kompetensi tetap dapat menjadi hambatan utama dalam memperluas penerapan energi terbarukan. Dengan lompatan ke kompetensi baru diharapkan dapat mendukung capaian NZE 2060.

Untuk merumuskan strategi penguatan kompetensi secara lebih terarah, hasil pemetaan bobot kompetensi aktual dan prioritas pengembangan pada

Tabel 13 kemudian dianalisis menggunakan pendekatan kuadran dua dimensi. Pendekatan ini memetakan kompetensi berdasarkan dua sumbu utama, yaitu tingkat penguasaan saat ini (sumbu horizontal) dan tingkat urgensi pengembangan menuju NZE 2060 (sumbu vertikal). Hasilnya disusun dalam empat kuadran strategis yang merepresentasikan kategori tindakan yang berbeda: pemantapan, optimalisasi, pengembangan bertahap, dan prioritas utama. Tampilan ini disajikan dalam Gambar 5 sebagai dasar untuk merancang kebijakan pelatihan dan pengembangan kompetensi widyaiswara yang lebih responsif terhadap kebutuhan NZE 2060.



Gambar 5 Matriks Prioritas Pengembangan Widyaiswara 2026-2030

Pemetaan ini menggunakan pendekatan *mean score mapping* dan *gap analysis*, dengan mempertimbangkan dimensi kompetensi aktual dan urgensi pengembangan. Setiap kuadran mewakili kombinasi antara tingkat penguasaan (tinggi atau rendah) dan prioritas pengembangan (tinggi atau rendah), yang menghasilkan strategi penguatan yang berbeda pada tiap kelompok kompetensi. Analisis ini bertujuan untuk memastikan bahwa alokasi sumber daya pelatihan ke depan dilakukan secara terarah dan berbasis bukti. Rincian klasifikasi kuadran dan strategi pengembangannya disajikan dalam tabel 14 berikut ini

Tabel 15 Prioritas Pengembangan Widyaiswara 2026-2030

Kategori Kuadran	Karakteristik	Kompetensi Teknis	Strategi Pengembangan
Kuadran I – Pemantapan & Adaptasi (Kompetensi Tinggi, Prioritas Rendah)	Kompetensi sudah cukup dikuasai; Tidak memiliki urgensi tinggi dalam NZE 2060. Bisa digunakan sebagai dasar	PLT Bayu PLT Biogas PLT Sampah	Optimalisasi dan penguatan kurikulum; Integrasi dengan teknologi baru agar tetap relevan; Kolaborasi dengan industri dan akademisi.

	untuk kompetensi lain.		
Kuadran II – Pengembangan Terbatas (Kompetensi Rendah, Prioritas Rendah)	Belum dikuasai oleh widyaiswara; Tidak mendesak untuk dikembangkan dalam jangka pendek; Teknologi masih dalam tahap awal.	PLT Gelombang Laut PLT Arus Laut PLT Pasang Surut PLT Nuklir Hidrogen Pumped Storage Flywheel Energy Storage Thermal Energy Storage	Pemantauan perkembangan teknologi dan kebijakan; bersifat studi eksploratif; Pengembangan bertahap mulai 2029-2030 jika relevan.
Kuadran III – Prioritas Utama (Kompetensi Rendah, Prioritas Tinggi)	Kompetensi kunci dalam NZE 2060; Belum dikuasai oleh widyaiswara; Teknologi berkembang pesat dan berdampak besar.	EV & Charging Station Kompur Induksi Smart Grid Perhitungan Jejak Karbon Perdagangan Karbon CCS/CCUS Perencanaan Energi Smart Energy Management BESS	Pengembangan intensif dalam jangka pendek (2026-2028); Pelatihan spesifik, sertifikasi, dan studi kasus global.; Kolaborasi dengan institusi internasional dan industry; Fasilitasi transfer knowledge dari para ahli.
Kuadran IV – Optimalisasi & Inovasi (Kompetensi Tinggi, Prioritas Tinggi)	Kompetensi sudah dikuasai oleh widyaiswara; Peran strategis dalam NZE 2060; Bisa menjadi best practice dan contoh penerapan.	PLT Surya PLT Air PLT Microhidro PLT Panas Bumi PLT Biomassa PLT Hybrid Manajemen Energi Audit Energi	Penguatan dan penyempurnaan materi pelatihan; Peningkatan inovasi dan studi kasus nyata; Pembentukan standar dan sertifikasi nasional; Penyebaran pengetahuan ke lebih banyak widyaiswara.

Tabel 14 menunjukkan hasil pemetaan kompetensi teknis Widyaiswara ke dalam empat kuadran prioritas. Hasil menunjukkan adanya variasi yang signifikan dalam hal penguasaan kompetensi dan urgensi pengembangan, yang perlu ditindaklanjuti dengan strategi diferensiatif dan berorientasi jangka panjang. Kuadran I (Pemantapan & Adaptasi) mencerminkan kompetensi yang sudah relatif dikuasai oleh widyaiswara, namun memiliki urgensi

pengembangan yang rendah dalam konteks NZE 2060 saat ini. Teknologi seperti PLT Bayu, PLT Biogas, dan PLT Sampah telah lama diajarkan dan diterapkan, namun dinamika teknologinya relatif stagnan atau pertumbuhannya lebih lambat dibanding energi surya atau sistem penyimpanan energi. Meski demikian, kompetensi-kompetensi ini tetap penting sebagai pengetahuan dasar, yang dapat mendukung lintas teknologi jika dimodernisasi dengan konten terkini, seperti integrasi Internet of Things atau digitalisasi sistem.

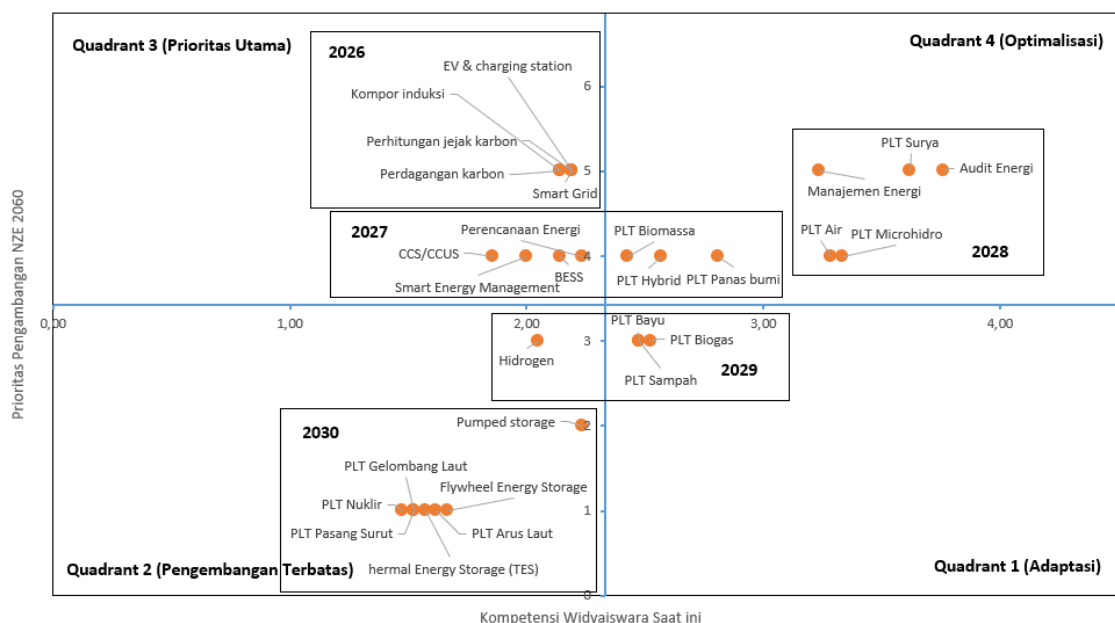
Kuadran II (Pengembangan Terbatas) berisi kompetensi dengan tingkat penguasaan yang rendah dan urgensi rendah. Teknologi seperti PLT Gelombang Laut, PLT Arus Laut, PLT Pasang Surut, hingga Flywheel dan Thermal Energy Storage, masih dalam tahap eksploratif di Indonesia. Ketidakterlibatan widyaiswara pada bidang ini dapat dimaklumi mengingat keterbatasan proyek rintisan dan belum adanya permintaan pelatihan yang signifikan. Namun, penting untuk dilakukan monitoring berkala terhadap perkembangan global, agar saat momentum implementasi nasional datang, SDM sudah memiliki kerangka pemahaman awal.

Kuadran III (Prioritas Utama) menjadi perhatian paling krusial. Terdapat kompetensi-kompetensi strategis yang sangat relevan dengan agenda NZE 2060, namun belum dikuasai secara memadai oleh widyaiswara. Beberapa di antaranya seperti *EV & Charging Station*, *Smart Grid*, Perhitungan Jejak Karbon, CCS/CCUS, dan *Smart Energy Management*. Keteringgalan ini mencerminkan adanya *critical capacity gap*, yang jika tidak segera ditangani, akan menghambat peran widyaiswara dalam mendukung kebijakan dan pelatihan energi masa depan. Oleh karena itu, strategi penguatan pada kompetensi-kompetensi ini harus dilakukan melalui pelatihan intensif, studi kasus internasional, sertifikasi profesional, serta kemitraan strategis dengan lembaga internasional atau universitas teknis global.

Kuadran IV (Optimalisasi & Inovasi) menunjukkan kompetensi-kompetensi yang telah dikuasai dan memiliki urgensi tinggi. Kompetensi seperti PLT Surya, PLT Air, PLT Panas Bumi, PLT Biomassa, dan Audit Energi merupakan kompetensi inti widyaiswara yang sudah dijalankan secara aktif. Tantangannya bukan lagi pada aspek penguasaan dasar, tetapi pada peningkatan kualitas inovasi, studi kasus nyata, dan pemutakhiran kurikulum. Kompetensi dalam kuadran ini harus menjadi *center of excellence* dan *best practice* yang bisa didiseminasikan ke lebih banyak pelatih dan institusi pelatihan di bidang energi. Hal ini senada dengan hasil IESR (2024) yang menunjukkan esenjangan kemampuan teknis antara teknologi yang sudah mapan (PLTS, efisiensi energi) dan teknologi baru (hidrogen, storage, smart grid) masih sangat lebar.

Untuk memperjelas arah pengembangan kompetensi widyaiswara PPSDM KEBTKE secara strategis dan terukur, seluruh kompetensi teknis yang telah dianalisis kemudian dipetakan mengacu pada tabel 9 pada metode penelitian. Pemetaan ini digunakan sebagai dasar penyusunan roadmap pelatihan lima tahunan yang ditunjukkan pada Gambar 6 berikut ini.

Prioritas Pengembangan Kompetensi Widyaiswara 2026-2030



Gambar 6 Prioritas Pengembangan Widyaiswara 2026-2030

Sebagai tindak lanjut dari hasil pemetaan kuadran kompetensi dan urgensi pengembangan pada gambar 6, Prioritas penguatan kompetensi Widyaiswara disusun dalam bentuk tahapan waktu lima tahunan (2026–2030). Setiap tahun difokuskan pada kelompok kompetensi tertentu yang memiliki keterkaitan tematik, sehingga proses penguatan dapat dilakukan secara lebih terarah, efisien, dan sistematis. Rincian prioritas pengembangan widyaiswara berdasarkan tahun pelaksanaan dan tema fokus strategi pelatihan disajikan dalam Tabel 15 berikut.

Tabel 16 Prioritas Pengembangan Widyaiswara 2026-2030

Tahun	Kompetensi Teknis	Fokus Pengembangan
2026	EV & Charging Station, Kompor Induksi, Perhitungan Jejak karbon, Perdagangan Karbon, Smart Grid	Elektrifikasi dan Dekarbonisasi Sektor Energi
2027	CCS/CCUS, Smart Energy Management, BESS, Perencanaan Energi, PLT Biomassa, PLT Hybrid, PLT Panas Bumi	Manajemen Energi dan Teknologi Penyimpanan
2028	PLT Surya, PLT Air, PLT Microhidro, Manajemen Energi, Audit Energi	Optimalisasi Energi Terbarukan dan Efisiensi Energi
2029	PLT Bayu, PLT Biogas, PLT Sampah, Hidrogen, Pumped Storage	Diversifikasi Energi Terbarukan dan Teknologi Hidrogen
2030	PLT Gelombang Laut, PLT Arus Laut, PLT Pasang Surut, PLT Nuklir, Flywheel Energy Storage, Thermal Energy Storage	Eksplorasi Teknologi Listrik Berbasis emerging technologies

Tabel 15 menyajikan peta tahapan penguatan kompetensi Widyaiswara PPSDM KEBTKE selama periode lima tahun (2026–2030), yang disusun berdasarkan hasil pemetaan prioritas kompetensi teknis terhadap agenda NZE

2060. Setiap tahun dirancang untuk mengusung tema fokus yang saling menguatkan dan bersifat progresif: dimulai dari penguasaan teknologi dekarbonisasi yang paling mendesak, berlanjut ke manajemen energi dan efisiensi, hingga eksplorasi *emerging technologies* yang berpotensi menjadi pelengkap sistem energi di masa depan.

Kompetensi seperti *EV & Charging Station*, Kompor Induksi, Perhitungan Jejak Karbon, Perdagangan Karbon, dan *Smart Grid* menjadi prioritas tertinggi pada tahap awal. Hal ini sejalan dengan kebijakan nasional seperti Perpres No. 79 Tahun 2023 tentang Percepatan Kendaraan Listrik, serta tuntutan global untuk segera menurunkan emisi sektor transportasi dan kelistrikan. Keterbatasan penguasaan widyaiswara di bidang ini, sebagaimana ditunjukkan dalam kuadran III, menuntut intervensi pelatihan intensif sejak tahun pertama.

Fokus tahun kedua diarahkan pada kompetensi seperti CCS/CCUS, Smart Energy Management, BESS, Perencanaan Energi, serta pembangkit PLT Biomassa, Hybrid, dan Panas Bumi. Ini mencerminkan pergeseran dari elektrifikasi ke penguatan pengelolaan sistem energi terintegrasi, termasuk penyimpanan energi skala besar dan pendekatan sistemik terhadap perencanaan energi daerah dan nasional. Penguatan di tahun ini juga menjadi fondasi integrasi energi terbarukan secara lebih stabil dan berkelanjutan.

Kompetensi yang telah cukup dikuasai seperti PLT Surya, PLT Air, PLT Microhidro, Audit Energi, dan Manajemen Energi masuk dalam fase optimalisasi. Fokus di tahun ini adalah penyempurnaan kurikulum pelatihan, penguatan inovasi pembelajaran berbasis studi kasus nyata, serta penyusunan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI). Karena kompetensi ini sudah cukup dikuasai oleh sebagian besar Widyaiswara (kuadran IV), pendekatan yang digunakan lebih bersifat inovatif dan replikatif daripada remedial.

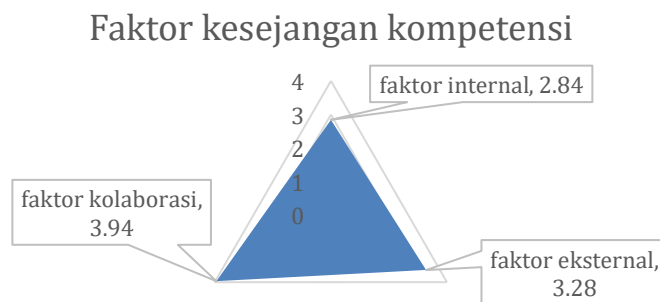
Pada tahun keempat, pengembangan diarahkan pada kompetensi yang sempat dianggap non-prioritas, namun mulai menunjukkan relevansi seperti PLT Bayu, PLT Biogas, PLT Sampah, serta Hidrogen dan Pumped Storage. Dengan munculnya roadmap hidrogen nasional (KESDM, 2025) dan proyek rintisan teknologi penyimpanan berbasis *pumped hydro*, Widyaiswara perlu mulai membangun kapasitas awal di bidang-bidang ini. Pelatihan ini bersifat transisi, yakni menjembatani antara penguasaan teknologi konvensional dan kesiapan untuk *emerging technology*. (UNESCO-UNEVOC, 2020)

Tahun terakhir difokuskan pada kompetensi yang masih dalam fase pengembangan di Indonesia, seperti PLT Gelombang Laut, PLT Pasang Surut, Arus Laut, PLT Nuklir, *Flywheel*, dan *Thermal Energy Storage*. Pelatihan di bidang ini lebih bersifat eksploratif dan antisipatif, di mana widyaiswara tidak hanya dibekali penguasaan teknis dasar, tetapi juga pemahaman terhadap kebijakan, tantangan implementasi, dan kemungkinan kemitraan internasional di masa depan. Intervensi di tahun ini menyiapkan widyaiswara sebagai *futures thinker* dan *knowledge broker* untuk teknologi yang sedang berkembang.

Penjadwalan tahunan ini mengadopsi prinsip *incremental upskilling* dan *strategic foresight*, di mana pelatihan dilakukan berdasarkan urgensi nasional, kesiapan teknologi, serta kapasitas awal SDM. Strategi ini sejalan dengan kerangka kerja ILO (2022) bahwa perencanaan pelatihan secara bertahap dan

berbasis antisipasi kebutuhan masa depan dengan menekankan pentingnya *skills anticipation* dan *roadmap* pelatihan adaptif untuk menanggapi perubahan teknologi dan tuntutan transisi hijau secara sistematis. Lebih lanjut, struktur tahunan ini menunjukkan arah reformasi pelatihan dari kurikulum reaktif menjadi kurikulum proaktif yang menempatkan widyaiswara sebagai katalis transformasi energi. Penyusunan roadmap pelatihan berjangka seperti yang dikembangkan dalam studi ini menjadi langkah strategis dalam menutup kesenjangan ini. Hal ini diperkuat oleh IESR (2024) yang menekankan pentingnya lembaga pelatihan memiliki roadmap transformasi adaptif terhadap dinamika energi bersih.

Setelah mengidentifikasi kompetensi teknis yang perlu dikembangkan, langkah selanjutnya dalam analisis ini adalah mengungkap penyebab terjadinya kesenjangan kompetensi pada widyaiswara PPSDM KEBTKE. Penelitian ini mengelompokkan penyebab kesenjangan ke dalam tiga kategori utama: faktor internal, faktor eksternal, serta faktor kolaborasi. Penilaian dilakukan menggunakan skala pada tabel 5 di metode penelitian dan ditampilkan dalam bentuk diagram radar pada Gambar 7 berikut ini

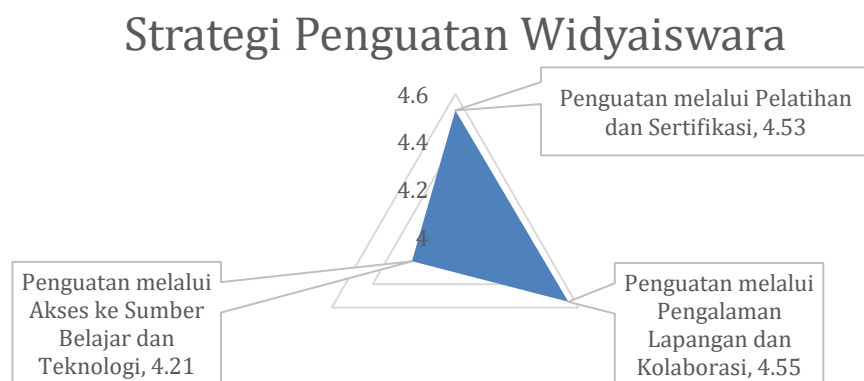


Gambar 7 Faktor Kesenjangan Widyaiswara

Berdasarkan hasil analisis pada gambar 7, faktor kesenjangan kompetensi widyaiswara dalam mendukung Net Zero Emission (NZE) ditunjukkan dengan skala likert tertinggi 5 yaitu sangat berpengaruh terhadap kesenjangan kompetensi dan terendah 1 berarti tidak berpengaruh terhadap kesenjangan kompetensi. Analisis data menunjukkan bahwa kesenjangan kompetensi widyaiswara dalam mendukung Net Zero Emission (NZE) terutama dipengaruhi oleh faktor faktor kolaborasi dengan bobot tertinggi (3,94), yang mencerminkan kurangnya keterlibatan dalam proyek nyata, minimnya kemitraan dengan industri, serta rendahnya *benchmarking* dengan lembaga pelatihan nasional dan internasional. Temuan ini juga didukung bahwa kolaborasi antara industri, pemerintah, dan penyedia pelatihan di Inggris dinilai vital untuk menangani kesenjangan keterampilan di sektor energi bersih untuk memastikan ketersediaan tenaga ahli di masa transisi energi (Angeli Mehta, n.d.). Sementara itu, IRENA (2023) mengungkapkan pendekatan kolaboratif yang melibatkan pemerintah, industri, dan lembaga pelatihan sangat penting untuk mengembangkan tenaga kerja terampil yang dibutuhkan dalam transisi energi. IESR (2024) juga menggarisbawahi bahwa rendahnya kolaborasi antara dunia industri, lembaga pelatihan, dan pemerintah menjadi kendala utama dalam menyelaraskan isi pelatihan dengan kebutuhan lapangan. Salah satu akar dari minimnya penguasaan kompetensi frontier adalah lemahnya keterhubungan antar aktor pelatihan energi.

Faktor eksternal juga cukup berpengaruh, di mana kurangnya insentif penghargaan, keterbatasan akses terhadap fasilitas laboratorium, serta tidak adanya kebijakan wajib terkait kompetensi energi terbarukan menjadi kendala utama. Temuan ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan (Żywiołek, J, 2025), bahwa keberadaan laboratorium dan peralatan praktis menjadi komponen penting untuk mencapai pembelajaran yang efektif. Sementara itu, faktor internal memiliki bobot rata-rata terendah, dengan keterbatasan waktu dan kurangnya pemahaman tentang teknologi energi terbarukan sebagai tantangan utama. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun individu memiliki kendala, peran kelembagaan dan kebutuhan industri menjadi faktor yang lebih dominan dalam menciptakan kesenjangan kompetensi.

Penelitian ini juga mengidentifikasi strategi prioritas yang paling efektif untuk memperkuat kapasitas Widyaiswara dalam mendukung transisi energi dan target NZE 2060. Strategi penguatan dikategorikan ke dalam tiga pendekatan utama: (1) penguatan melalui pelatihan dan sertifikasi formal, (2) penguatan berbasis pengalaman lapangan dan kolaborasi kelembagaan, serta (3) penguatan melalui pemanfaatan sumber belajar dan teknologi digital. Penilaian dilakukan menggunakan skala Likert untuk mengukur preferensi dan persepsi efektivitas tiap strategi dari sudut pandang responden. Hasil skor rata-rata dari masing-masing pendekatan divisualisasikan dalam Gambar 8 berikut.



Gambar 8 Strategi Penguatan Widyaiswara

Berdasarkan hasil analisis gambar 8, strategi penguatan kompetensi widyaiswara dalam mendukung Net Zero Emission (NZE) memiliki bobot rata-rata yang tinggi, menunjukkan tingkat persetujuan yang kuat dari responden terhadap upaya peningkatan kapasitas dari skala 5 sangat setuju dan 1 sangat tidak setuju. Penguatan melalui pengalaman lapangan dan kolaborasi memiliki bobot tertinggi (4,55), menunjukkan bahwa keterlibatan langsung dalam proyek nyata, kemitraan dengan industri, serta kesempatan magang dianggap sebagai faktor paling efektif dalam meningkatkan kompetensi. Kolaborasi yang mendalam antara institusi pendidikan dan industri merupakan prasyarat penting untuk mempercepat transisi energi untuk mendorong pertukaran dua arah dalam membangun kompetensi yang relevan untuk teknologi rendah karbon (Rahman, 2023).

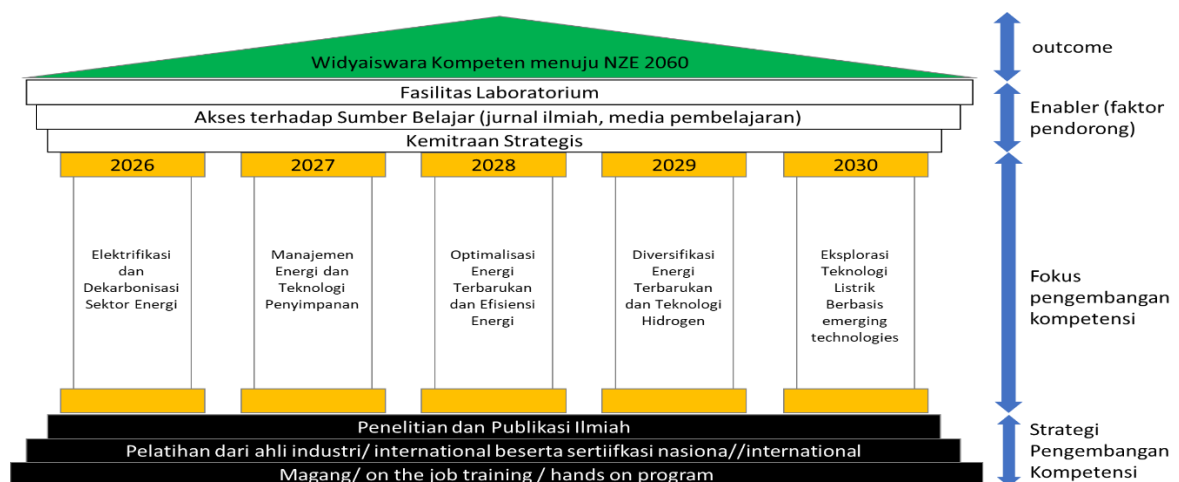
Penguatan melalui pelatihan dan sertifikasi juga mendapat bobot tinggi (4,53), dengan penekanan pada pelatihan berbasis praktik (*hands-on training*) dan keterlibatan narasumber dari industri serta pakar internasional. Hal ini juga didukung oleh Chawla (2015), *Green Technical and Vocational Education and Training* (TVET) harus diarahkan pada pembelajaran berbasis hasil (*outcome-*

based learning), dengan sistem sertifikasi yang kredibel dan portabel antar institusi, wilayah, dan bahkan negara. Selain itu penelitian yang dilakukan Winarno et all (2025), Penelitian menegaskan bahwa kolaborasi erat antara institusi pendidikan vokasi dan dunia industri menjadi faktor kunci dalam meningkatkan kesesuaian kompetensi lulusan dengan tuntutan nyata di lapangan.

Sementara itu, penguatan melalui akses ke sumber belajar dan teknologi memiliki bobot terendah (4,21), meskipun tetap dalam kategori "Setuju", menyoroti pentingnya penyediaan fasilitas laboratorium, akses ke jurnal ilmiah, serta pemanfaatan teknologi seperti AI dan VR dalam pembelajaran. Hasil ini juga didukung oleh Albertz & Pilz, (2025), para pendidik vokasi harus dibekali literasi keberlanjutan, pedagogi berbasis proyek, dan keterampilan digital untuk mengajarkan *green skills* secara efektif.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa strategi penguatan kompetensi yang bersifat praktis dan berbasis industri lebih diprioritaskan dibandingkan yang bersifat teoritis, sehingga kebijakan pengembangan sumber daya manusia perlu difokuskan pada peningkatan pengalaman nyata dan kemitraan strategis dengan sektor energi terbarukan. Hal ini didukung oleh IRENA (2023) bahwa lembaga pelatihan harus menyelaraskan kurikulum dengan kebutuhan industri, terutama dalam hal instalasi, pengoperasian, dan pemeliharaan teknologi energi terbarukan.

Sebagai sintesis dari hasil analisis kebutuhan, kesenjangan kompetensi, strategi penguatan, serta prioritas pengembangan tahunan, disusunlah sebuah kerangka konseptual untuk pengembangan kompetensi widyaiswara PPSDM KEBTKE menuju Net Zero Emission (NZE) 2060. Kerangka ini menggambarkan struktur sistematis berbentuk pilar-pilar penguatan dari tahun 2026 hingga 2030, yang ditopang oleh tiga fondasi utama: pelatihan dan sertifikasi dari ahli industri, program magang atau *hands-on training*, serta penelitian dan publikasi ilmiah. Pilar-pilar tersebut diperkuat oleh komponen pendukung seperti akses terhadap sumber belajar, fasilitas laboratorium, dan kemitraan strategis lintas sektor. Keseluruhan sistem dirancang untuk membentuk Widyaiswara yang adaptif, kolaboratif, dan unggul secara teknis maupun akademik. Visualisasi dari kerangka ini ditunjukkan pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9 Kerangka Pengembangan Kompetensi Widyaiswara

Pilar-pilar tahun 2026 hingga 2030 pada gambar 9 menunjukkan tahapan pengembangan kompetensi teknis selama 5 tahun. Setiap pilar ditopang oleh tiga fondasi utama dalam strategi penguatan kompetensi: (1) program magang, *on the job training*, dan *hands-on program*; (2) pelatihan dari pakar industri maupun internasional beserta sertifikasi nasional/internasional; dan (3) aktivitas penelitian serta publikasi ilmiah. Ketiga fondasi tersebut dirancang untuk memperkuat kapasitas praktis, akademik, dan profesional widyaiswara secara terpadu. Faktor pendukung (*enabler*) memiliki peranan penting guna menjadi tujuan yaitu kemtiraan strategis dengan industri, akses terhadap sumber belajar, dan fasilitas laboratorium.

Untuk memastikan bahwa strategi pengembangan kompetensi widyaiswara dapat diimplementasikan secara efektif dan terukur, maka disusunlah mekanisme implementasi tahunan beserta indikator keberhasilan yang spesifik. Setiap tahun difokuskan pada klaster kompetensi prioritas, dengan pendekatan yang mencakup pelatihan teknis, kolaborasi lintas sektor, sertifikasi, serta integrasi hasil *benchmarking*. Indikator keberhasilan disusun secara kuantitatif untuk memudahkan pemantauan dan evaluasi berkala. Rincian mekanisme dan indikator penguatan kompetensi widyaiswara menuju NZE 2060 disajikan pada Tabel 14 berikut ini

Tabel 17 Mekanisme Implementasi dan Indikator Keberhasilan

Tahun	Kompetensi Teknis	Mekanisme Implementasi	Indikator Keberhasilan
2026	Elektrifikasi dan Dekarbonisasi Sektor Energi	1. Pelatihan teknis intensif berbasis praktik	1. $\geq 80\%$ widyaiswara memiliki sertifikasi terkait kompetensi Elektrifikasi dan Dekarbonisasi Sektor Energi
		2. Kemitraan dengan industri otomotif, kelistrikan, dan sistem emisi	2. $\geq 70\%$ pelatihan diampu oleh widyaiswara internal
		3. Sertifikasi teknis nasional/internasional	3. Skor penguasaan meningkat dari $\leq 2,3$ ke $\geq 3,0$
		4. Studi kasus dan simulasi berbasis proyek	
2027	Manajemen Energi dan Teknologi Penyimpanan	1. Workshop bersama pakar nasional dan internasional	1. Tersusun 5 modul pelatihan baru berbasis kebutuhan industri
		2. Magang singkat atau on-site visit ke fasilitas CCS/BESS	2. ≥ 3 kolaborasi magang/benchmarking dengan mitra industri
		3. Kolaborasi penelitian dan penerbitan ilmiah	3. $\geq 75\%$ widyaiswara menyelesaikan pelatihan terkait manajemen energi
		4. Penyusunan modul ajar berbasis teknologi terkini	

			dan teknologi penyimpanan
2028	Optimalisasi Energi Terbarukan dan Efisiensi Energi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisi kurikulum dan sertifikasi ulang 2. Benchmarking ke institusi pelatihan energi nasional/internasional 3. Pelatihan ToT (Training of Trainers) internal untuk replikasi kompetensi 	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\geq 90\%$ widyaiswara tersertifikasi ulang pada kompetensi energi terbarukan & manajemen energi 2. ≥ 2 studi kasus lokal diintegrasikan dalam kurikulum 3. Penurunan ketergantungan terhadap pengajar luar (skor komposisi >4)
2029	Diversifikasi Energi Terbarukan dan Teknologi Hidrogen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Studi eksplorasi dan uji coba kurikulum 2. Kemitraan riset dan pengembangan bersama universitas atau industri 3. Pengadaan alat peraga sederhana dan media simulasi 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ≥ 3 prototipe media pembelajaran dikembangkan 2. $\geq 60\%$ widyaiswara ikut pelatihan topik baru 3. Skor penguasaan meningkat dari $\leq 2,5$ ke $\geq 3,0$
2030	Eksplorasi Teknologi Listrik Berbasis emerging technologies	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kunjungan belajar dan pelatihan di luar negeri atau pusat riset nasional 2. Studi literatur mendalam dan kajian teknologi <i>emerging</i> 3. Pengembangan bahan ajar eksperimental & prediktif 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Minimal 1 kurikulum eksperimental dirancang untuk tiap topik emerging 2. 2 publikasi ilmiah diterbitkan terkait kompetensi 2030 3. Peningkatan skor penguasaan kompetensi menjadi $\geq 2,5$

Tabel 16 menunjukkan fokus setiap tahun kelompok kompetensi spesifik yang disesuaikan dengan tingkat urgensi dan kesiapan penguasaan. Implementasi dimulai dari elektrifikasi dan dekarbonisasi sektor energi (2026), manajemen energi dan penyimpanan energi (2027), optimalisasi energi terbarukan dan efisiensi energi (2028), diversifikasi energi dan hidrogen (2029), hingga eksplorasi teknologi *emerging* seperti energi laut, nuklir, dan penyimpanan non-konvensional (2030). Mekanisme implementasi dirancang melalui kombinasi pelatihan praktis, kemitraan industri, sertifikasi, *benchmarking*, serta riset kolaboratif. Sementara itu, indikator keberhasilan diformulasikan secara kuantitatif untuk mengukur capaian, antara lain melalui peningkatan skor penguasaan kompetensi, peningkatan proporsi widyaiswara tersertifikasi, penyusunan modul ajar baru, hingga publikasi ilmiah. Pendekatan ini mencerminkan integrasi antara strategi penguatan kapasitas

individual dan kelembagaan secara berkelanjutan dan terukur, dengan orientasi pada peningkatan relevansi dan kesiapan widyaiswara dalam menghadapi tantangan transisi energi nasional. Kerangka ini juga didukung dengan ILO (2022) bahwa pengembangan kompetensi memerlukan kolaborasi, sertifikasi, dan literasi teknologi hijau dalam sistem TVET nasional.

4. Kesimpulan & Saran

4.1. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis profil kompetensi widyaiswara di lingkungan PPSDM KEBTKE, mengidentifikasi kesenjangan kompetensi, mengeksplorasi faktor-faktor penyebabnya, serta merumuskan strategi penguatan yang relevan dalam mendukung pencapaian target Net Zero Emission (NZE) 2060. Berdasarkan hasil analisis terhadap 21 responden yang mewakili populasi widyaiswara secara proporsional, ditemukan bahwa mayoritas widyaiswara telah memiliki jenjang pendidikan S2 dan menduduki jabatan fungsional Madya dan Muda, serta pengalaman mengajar lebih dari 10 tahun. Namun, penguasaan terhadap kompetensi teknis strategis menuju NZE 2060 masih belum merata. Rerata penguasaan kompetensi teknis berada pada skor 2,33 (cukup menguasai), sedangkan rerata prioritas pengembangan mencapai 3,43, mengindikasikan kesenjangan kompetensi yang signifikan. Kompetensi seperti PLT Surya (skor 3,62), Audit Energi (3,76), dan Manajemen Energi (3,24) termasuk kategori optimalisasi dan inovasi, namun beberapa kompetensi seperti *Smart Grid*, *BESS*, *CCS/CCUS*, *EV & Charging Station*, dan Perhitungan Jejak Karbon masih berada pada skor <2,2 namun dengan prioritas pengembangan yang tinggi (skor 5), mencerminkan kebutuhan mendesak dalam penguatan kapasitas. Analisis gap ini diperkuat dengan pemetaan kuadran dan roadmap pelatihan 2026–2030, yang memprioritaskan pelatihan intensif berbasis bukti pada bidang-bidang strategis tersebut. Penelitian ini juga mengidentifikasi bahwa penyebab kesenjangan mencakup faktor internal (minimnya akses pengembangan profesional), eksternal (keterbatasan fasilitas dan dukungan kelembagaan), serta kolaboratif (rendahnya keterlibatan industri). Dengan demikian, transformasi kompetensi Widyaiswara untuk mendukung NZE 2060 harus dilakukan secara sistematis, kontekstual, dan berbasis praktik melalui integrasi program pelatihan berbasis kompetensi, kolaborasi lintas sektor, sertifikasi profesional, serta pemanfaatan teknologi pembelajaran digital dan pengalaman lapangan.

4.2. Rekomendasi

Untuk pengembangan penelitian ke depan, disarankan agar cakupan responden diperluas tidak hanya pada widyaiswara PPSDM KEBTKE, tetapi juga melibatkan lembaga pelatihan energi lainnya untuk memperoleh gambaran nasional yang lebih komprehensif. Selain itu, pendekatan metode campuran (*mixed methods*) dengan menambahkan wawancara mendalam atau FGD dapat memperkaya analisis dan menggali kebutuhan kompetensi secara kontekstual. Penelitian selanjutnya juga dapat mengadopsi pendekatan *Competency-Based Needs Assessment* (CBNA) guna mengukur kesenjangan kompetensi berbasis kinerja secara lebih presisi. Integrasi dengan tren global dan kebijakan dekarbonisasi internasional akan memperkuat relevansi roadmap kompetensi yang disusun, serta membuka peluang kolaborasi lintas negara. Terakhir, penting untuk dilakukan evaluasi dampak terhadap

implementasi strategi penguatan kompetensi guna mengukur efektivitas peningkatan kapasitas widyaiswara dalam mendukung transisi energi menuju Net Zero Emission 2060 secara berkelanjutan.

Ucapan Terimakasih

Dengan penuh rasa hormat dan syukur, saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh widyaiswara PPSDM KEBTKE yang telah bersedia menjadi responden dalam penelitian ini. Dukungan, partisipasi, dan komitmen para widyaiswara dalam pengisian instrumen telah memberikan kontribusi yang sangat berarti dalam upaya merumuskan strategi penguatan kompetensi menuju tercapainya Net Zero Emission 2060.

Referensi

- Albertz, A., & Pilz, M. (2025). Green Alignment, Green Vocational Education and Training, Green Skills and Related Subjects: A Literature Review on Actors, Contents and Regional Contexts. *International Journal of Training and Development*, 243–254. <https://doi.org/10.1111/ijtd.12359>
- Angeli Mehta. (n.d.). *How a skills gap threatens to blow UK's energy transition off course*. Reuters. Retrieved July 20, 2025, from <https://www.reuters.com/sustainability/how-skills-gap-threatens-blow-uks-energy-transition-off-course-2024-10-31/>
- Badiah, S. et al. (2024). Development of Integrated Education for Sustainable Development Digital Teaching Materials on Renewable Energy To Facilitate Students' Critical Thinking Abilities. *EduFisika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 9(1), 63–73. <https://doi.org/10.59052/edufisika.v9i1.32225>
- Chawla, Y. (2015). Green TVET Capacity Building in Green Energy Power Generation: Building a Sustainable Engineering Skill Base. *International Journal of Vocational Education and Training Research*, 1(3), 34. <https://doi.org/10.11648/j.ijvetr.20150103.11>
- Didi Kurniadi Halim; Dermawan Wibisono; Dwi Rian Sulaeman; Arrester Christiana S R; Wiwid Ari Hendarto; Dani Irianto. (2024). Global Strategies for Human Resource Development in Achieving Net Zero Emissions: A Comparative Study Approach. *IEEE*.
- IEA. (2022). *An Energy Sector Roadmap to Net Zero Emissions in Indonesia*. *International Energy Agency Special Report*. 1–232. www.iea.org/t&c/
- IEA. (2023). *World Energy Employment 2023*. In *IEA*. <https://doi.org/10.1787/df79a482-en>
- ILO. (2022). *Greening TVET and skills development*.
- IRENA. (2023). *Renewable energy and jobs: Annual review 2023*. www.irena.org
- Jebungei, K. N. (2020). Green skills and sustainable economy in Kenya: The influence of TVET trainer competencies. *Africa Journal of Technical and Vocational ...*, 5(1), 29–40. <http://www.afritvetjournal.org/index.php/Afritvet/article/view/101%0Ahttps://www.afritvetjournal.org/index.php/Afritvet/article/download/101/119>
- KepMenpanRB No. SKJ.1. (2023). *tentang Standar Kompetensi Jabatan Fungsional Widyaiswara*.
- KESDM. (2021). *Speaking at COP26, Energy Minister Gives Indonesia's Commitment to Net Zero Emission*. <https://www.esdm.go.id/en/media-center/news-archives/speaking-at-cop26-energy-minister-gives-indonesias-commitment-to-net-zero-emission>
- KESDM. (2025). *Peta Jalan Hidrogen dan Amonia Nasional*.

- Matheus, J., Delicia, Frisca, N., & Rasji. (2023). Implementation of the Carbon Tax Policy in Indonesia: Concepts and Challenges Towards Net Zero Emission 2060. *Jurnal Ilmu Hukum*, 7(1), 91–114. <https://e-jurnal.lppmunsera.org/index.php/ajudikasi/article/view/6464/2597>
- Perpres. (2023). Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 Tentang Percepatan program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle) Untuk Transportasi Jalan. *Republik Indonesia*, 55, 1–22.
- Petrominer. (2024). *Ini Strategi Mempersiapkan SDM di Era Transisi Energi*. <https://petrominer.com/ini-strategi-mempersiapkan-sdm-di-era-transisi-energi/>
- Rahman, A. (2023). *Academia-Industry Partnership : New Talent Profiles for*. 146–152.
- Rohmatullah. (2024). *Improving Energy-Saving Competencies: Rohmatulloh Rohmatulloh Needs Analysis and Training Program Design for Islamic School 6605 Words Crossref Posted Content database Excluded from Similarity Report Bibliographic material Improving Energy-Saving Compet*.
- Setiawan, A. et al. (2021). Pelatihan Peningkatan Literasi Energi bagi Guru di Kabupaten Pangandaran. *Abmas*, 24(2), 109–118.
- Setyawati, E. (2023). Analisis Pengembangan Kompetensi Widyaiswara PPSDM KEBTKE. *Sustainability (Switzerland)*. http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTAR
- Suharto, T. (2024). Model Pengembangan Kompetensi Keprofesian Widyaiswara Berkelanjutan Dalam Era Digital. *E-Prosiding PITNAS Widyaiswara 2024*, 373–389. <https://ejournal.iwi.or.id/ojs/index.php/pitnas2024/article/view/266%250>
- UNESCO-UNEVOC. (2020). Skills development for renewable energy and energy efficient jobs. *UNESCO-UNEVOC International Centre for TVET*, 56.
- Winarno et al. (2025). *Competency Development , Sustainability Practices , and Industry Preparedness in Maritime Vocational Education*. 130–142.
- Yulianto, A. (2023). Konsep Penyusunan Strategi Pengembangan Human Capital untuk Mencapai Net Zero Emission di Sektor Energi. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 3(6), 383–396.
- Zahira, N. P., & Fadillah, D. P. (2022). Pemerintah Indonesia Menuju Target Net Zero Emission (NZE) Tahun 1060 dengan Variable Renewable Energy (VRE) di Indonesia. *JIS: Jurnal Ilmu Sosial*, 2(2), 2548–4893.
- Żywiołek, J., et al. (2025). Unlocking renewable energy potential: Overcoming knowledge sharing hurdles in rural EU regions on example of poland, sweden and france. *PLoS ONE*, 20(4 April), 1–32. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0320965>