

Transformasi Kompetensi Widyaiswara SDA Berbasis Digital untuk Mendukung Energi Bersih dan Ketahanan Pangan

Yosi Darmawan Arifianto

Balai Pengembangan Kompetensi PU Wilayah VI, JL. Gayung Kebonsari 48, Surabaya

corresponding author: yosi.arifianto@pu.go.id

Abstrak/Abstract

Transformasi digital dalam pengelolaan sumber daya air (SDA) merupakan kebutuhan mendesak di tengah krisis air, perubahan iklim, serta meningkatnya tuntutan terhadap ketahanan pangan dan energi bersih. Dalam konteks tersebut, widyaiswara berperan strategis sebagai fasilitator pembelajaran teknis aparatur sipil negara (ASN), namun masih banyak yang memiliki keterbatasan dalam penguasaan teknologi digital serta integrasi pembelajaran berbasis data lintas sektor. Penelitian ini bertujuan menganalisis kebutuhan dan strategi transformasi kompetensi widyaiswara SDA guna mendukung agenda pembangunan berkelanjutan. Metode penelitian menggunakan kajian pustaka yang mencakup telaah kebijakan nasional, studi empiris, dan praktik baik pengembangan kapasitas di sektor air. Hasil kajian menunjukkan bahwa transformasi kompetensi perlu diarahkan pada tiga aspek utama: (1) penguatan literasi digital, khususnya dalam penggunaan perangkat lunak teknis seperti GIS dan pemodelan hidrologi; (2) pengembangan metode pembelajaran inovatif berbasis platform digital dan pendekatan interaktif; serta (3) peningkatan pemahaman keterkaitan sektor air-pangan-energi. Model kurikulum modular dan roadmap lima tahun (2025–2029) disusun sebagai panduan implementasi, mulai dari pelatihan, evaluasi, hingga replikasi nasional. Transformasi ini diharapkan tidak hanya meningkatkan kapasitas widyaiswara dalam merancang pelatihan teknis yang relevan dan mutakhir, tetapi juga memperkuat kontribusi ASN dalam pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) pada sektor air, energi, dan pangan. Diperlukan komitmen kelembagaan dan kolaborasi multipihak untuk memastikan keberhasilan agenda transformasi ini.

Digital transformation in water resource management is an urgent necessity amidst the water crisis, climate change, and increasing demands for food security and clean energy. In this context, widyaiswara play a strategic role as facilitators of technical civil servant (ASN) training; however, many still lack adequate competencies in digital technology and the integration of cross-sector, data-driven learning. This study aims to analyze the competency transformation needs and strategies of water sector widyaiswara to support sustainable development agendas. The research method applies a literature review covering national policy documents, empirical studies, and best practices in capacity building within the water sector. The findings indicate that transformation should focus on three key areas: (1) strengthening digital literacy, particularly in the use of technical software such as GIS and hydrological modeling; (2) developing innovative teaching methods through digital platforms and interactive approaches; and (3) enhancing understanding of the water-food-energy nexus. A modular curriculum model and a five-year roadmap (2025–2029) are proposed to guide implementation, from training and evaluation to nationwide replication. This transformation is expected to improve widyaiswara's capacity to design relevant and up-to-date technical training while reinforcing the role of ASN in achieving the Sustainable Development Goals (SDGs), particularly in water, energy, and food sectors. Institutional commitment and multi-stakeholder collaboration are essential to ensure the success of this transformation agenda.

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



Kata kunci: digitalisasi, energi bersih, ketahanan pangan, kompetensi widyaiswara, sumber daya air
Keywords: clean energy, digitalization, food security, water resources, widyaiswara competency

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Perubahan iklim, pertumbuhan penduduk, dan degradasi lingkungan telah meningkatkan tekanan terhadap ketersediaan dan keberlanjutan sumber daya air (SDA) di Indonesia. Ketimpangan distribusi air bersih antarwilayah, penurunan kualitas air, serta persaingan pemanfaatan air antarsektor menjadi tantangan krusial bagi pemerintah dan masyarakat. Sektor pangan dan energi merupakan dua bidang yang sangat bergantung pada pengelolaan SDA yang efisien dan berkelanjutan. FAO (2023) mencatat bahwa 72% pemanfaatan air secara global digunakan untuk pertanian, menjadikan air faktor kunci ketahanan pangan. Air juga merupakan komponen penting dalam produksi energi bersih, seperti mikrohidro dan pembangkit listrik tenaga air (IEA, 2021).

Dalam dekade terakhir, perkembangan teknologi digital telah membuka peluang baru dalam peningkatan efisiensi pengelolaan SDA. Pemanfaatan Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (AI), sistem informasi geografis (GIS), dan *remote sensing* terbukti mendukung pengambilan keputusan berbasis data waktu nyata. Studi di Tiongkok menunjukkan bahwa penerapan teknologi digital mampu meningkatkan akurasi monitoring dan efisiensi alokasi air secara signifikan (Zhao et al., 2024). Hal yang serupa juga ditegaskan oleh Soares Ascensão et al. (2023) yang meninjau berbagai implementasi *smart water management* di dunia dan menyimpulkan bahwa integrasi teknologi digital dapat meningkatkan penghematan air hingga 40% sekaligus memperbaiki kinerja lingkungan.

Sejumlah penelitian juga menekankan perlunya transformasi digital dalam manajemen irigasi dan konservasi DAS. Perkembangan teknologi digital telah membuka peluang baru dalam peningkatan efisiensi dan keberlanjutan pengelolaan SDA. Pemanfaatan Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (AI), sistem informasi geografis (GIS), dan *remote sensing* terbukti mampu mendukung pengambilan keputusan berbasis data waktu nyata (Misra & Singh, 2022). Studi terbaru oleh Chisenga et al. (2021) menunjukkan bahwa integrasi teknologi digital dalam manajemen irigasi dapat menghemat penggunaan air hingga 40%. WMO (2023) juga menekankan bahwa data hidrometeorologi digital menjadi fondasi adaptasi terhadap ketidakpastian iklim, sementara Krishnan et al. (2022) menyoroti peran kecerdasan buatan dalam meningkatkan prediksi hidrologi dan mitigasi risiko bencana air. Studi Owen (2023) mengenai *smart water management* juga memberikan gambaran bahwa *digital twin* sungai mampu mempercepat respons kebijakan adaptif di sektor SDA.

Namun, adopsi teknologi digital di sektor publik, khususnya dalam pendidikan dan pelatihan ASN bidang SDA, masih terbatas. Widyaiswara sebagai fasilitator pembelajaran memegang peran sentral dalam mentransfer pengetahuan dan keterampilan teknis. Meski demikian, sebagian besar belum memiliki penguasaan optimal dalam penggunaan teknologi digital, baik untuk konten teknis maupun metode pembelajaran (Darmawan, 2021). Padahal, PermenPANRB No. 38 Tahun 2017 telah mengamanatkan pentingnya penguasaan kompetensi adaptif yang selaras dengan perkembangan teknologi dan lingkungan strategis.

Dari perspektif pembelajaran, model *blended learning* (BL) telah terbukti efektif meningkatkan hasil pelatihan di berbagai sektor. Megahed (2022) serta Amenduni dan Ligorio (2022) menunjukkan bahwa BL memfasilitasi interaksi yang lebih fleksibel, meningkatkan keterlibatan peserta, dan menghasilkan capaian lebih baik dibandingkan model konvensional. Di Indonesia, penelitian Gunawan et al. (2021) menekankan bahwa adopsi e-learning di sektor publik

masih menghadapi hambatan budaya organisasi dan infrastruktur. Sementara itu, Solehudin et al. (2023) menemukan bahwa BL dalam pelatihan ASN mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran hingga 25% dibandingkan metode tatap muka penuh. Secara global, Zitha et al. (2023) dan Sharma et al. (2022) juga menegaskan bahwa BL pasca-pandemi menjadi standar baru dalam pendidikan dan pelatihan profesional.

Berdasarkan data Lembaga Administrasi Negara (LAN, 2023), jumlah widyaiswara di Indonesia mencapai **4.846 orang** yang tersebar di berbagai kementerian, lembaga, dan pemerintah daerah. Meskipun jumlah ini relatif memadai untuk memenuhi kebutuhan pelatihan ASN secara nasional, distribusinya tidak merata dan masih terdapat kesenjangan kompetensi, khususnya dalam penguasaan literasi digital dan teknologi pembelajaran berbasis data. Kondisi ini mengindikasikan perlunya strategi peningkatan kapasitas yang terstruktur dan terukur, terutama di sektor teknis seperti sumber daya air.

Penelitian terdahulu telah mengkaji transformasi digital dalam pengelolaan SDA (Misra & Singh, 2022; UNESCO, 2022; Zhao et al., 2024; Krishnan et al., 2022) dan penguatan kompetensi ASN di era 4.0 (Gunawan et al., 2021; Solehudin et al., 2023), serta adopsi BL dalam pelatihan publik (Amenduni & Ligorio, 2022; Solehudin et al., 2023). Namun, belum ada kajian yang secara spesifik mengintegrasikan tiga dimensi sekaligus: penguatan kompetensi widyaiswara, digitalisasi pembelajaran, dan keterkaitan lintas sektor air–pangan–energi. Celah penelitian (*research gap*) ini penting diisi karena widyaiswara berperan sebagai penghubung antara kebijakan nasional dan implementasi teknis di lapangan.

Berdasarkan kerangka teori kapabilitas dinamis (*dynamic capability theory*) dan pembelajaran organisasi (*organizational learning theory*), kompetensi widyaiswara harus dipandang sebagai aset strategis yang menentukan adaptasi birokrasi terhadap disrupsi teknologi dan krisis global (Teece, 2018). Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan model konseptual penguatan kompetensi widyaiswara SDA berbasis teknologi digital, yang selaras dengan agenda ketahanan pangan, energi bersih, dan pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs). Novelty kajian ini terletak pada penyusunan kurikulum modular dan roadmap implementasi lima tahun (2025–2029) yang mengintegrasikan kompetensi digital teknis SDA dengan pembelajaran interaktif berbasis data lintas sektor.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan *research gap* yang diidentifikasi, penelitian ini diarahkan untuk menjawab pertanyaan berikut:

1. Bagaimana tantangan pengelolaan SDA dalam kaitannya dengan ketahanan pangan dan energi bersih di era digital?
2. Kompetensi apa saja yang dibutuhkan oleh widyaiswara bidang SDA untuk mendukung transformasi digital tersebut?
3. Bagaimana strategi pemanfaatan teknologi digital dapat memperkuat peran widyaiswara dalam pelatihan ASN dan pencapaian SDGs?

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Menganalisis kebutuhan transformasi kompetensi widyaiswara SDA agar selaras dengan tuntutan digitalisasi dan isu pembangunan lintas sektor;

2. Mengidentifikasi model kurikulum dan strategi implementasi yang efektif untuk penguatan kapasitas widyaiswara secara sistematis;
3. Memberikan rekomendasi kebijakan pengembangan SDM widyaiswara yang adaptif terhadap dinamika teknologi dan kebijakan pembangunan berkelanjutan.

Manfaat penelitian ini adalah:

- **Teoritis:** Memberikan kontribusi pada pengembangan literatur tentang integrasi kompetensi widyaiswara, digitalisasi, dan isu lintas sektor SDA–pangan–energi.
- **Praktis:** Menjadi referensi bagi instansi pembina widyaiswara, lembaga pelatihan teknis, dan pemangku kepentingan dalam merumuskan strategi pengembangan kompetensi digital yang terukur dan berkelanjutan.

1.4. Kompetensi ASN dan Peran Strategis Widyaiswara

Kompetensi ASN mencakup pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang diperlukan untuk melaksanakan tugas secara efektif. PermenPANRB No. 38 Tahun 2017 mengelompokkan kompetensi ASN menjadi tiga kategori: teknis, manajerial, dan sosial kultural. Widyaiswara sebagai pejabat fungsional memiliki tanggung jawab strategis dalam pengembangan kompetensi ASN melalui pembelajaran, pelatihan, dan fasilitasi.

LAN (2023) menegaskan bahwa peran widyaiswara tidak hanya sebatas penyampai materi, tetapi juga pengembang kurikulum, fasilitator pembelajaran interaktif, dan agen perubahan birokrasi. Dalam konteks SDA, widyaiswara diharapkan mampu:

- Memfasilitasi pelatihan teknis tentang irigasi, konservasi DAS, mitigasi bencana air;
- Mengembangkan model pembelajaran adaptif terhadap isu perubahan iklim dan ketahanan pangan;
- Mengintegrasikan prinsip keberlanjutan dan teknologi digital dalam pelatihan ASN.

Transformasi kompetensi widyaiswara SDA harus mengarah pada penguatan peran strategis ini, khususnya dalam menghadapi tantangan perubahan iklim, krisis air, dan revolusi industri 4.0.

1.5. Transformasi Digital dalam Pengelolaan Sumber Daya Air

Transformasi digital dalam SDA mengacu pada penerapan teknologi digital untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, dan keberlanjutan pengelolaan sumber daya air. UNESCO (2022) memperkenalkan konsep *smart water management*, *precision irrigation*, dan *real-time monitoring* sebagai tonggak inovasi di sektor air. Teknologi utama yang digunakan meliputi:

- **Internet of Things (IoT):** Sensor untuk memantau kualitas air, debit sungai, dan kelembaban tanah;
- **Artificial Intelligence (AI):** Algoritma prediksi banjir, kekeringan, dan curah hujan ekstrem;
- **Geographic Information System (GIS):** Pemetaan kawasan rawan bencana dan perencanaan tata ruang berbasis DAS;
- **Remote Sensing:** Pemantauan tutupan lahan, kelembaban tanah, dan indeks vegetasi untuk irigasi dan konservasi.

Misra & Singh (2022) menemukan bahwa penerapan teknologi ini mampu meningkatkan efisiensi SDA hingga 40% dan mempercepat respons terhadap bencana air. Namun, World Bank (2021) mencatat hambatan utama berupa rendahnya kapasitas SDM, keterbatasan infrastruktur digital, dan kesenjangan literasi teknologi.

1.6. Energi Bersih dan Ketahanan Pangan sebagai Agenda Strategis SDA

Sumber daya air memiliki hubungan fungsional langsung dengan dua pilar pembangunan berkelanjutan: energi bersih dan ketahanan pangan. Dalam konteks energi, air menjadi input utama untuk pembangkit listrik tenaga air (PLTA), mikrohidro, dan sistem pendinginan PLTU. Data dari International Renewable Energy Agency (IRENA, 2022) menunjukkan bahwa lebih dari 50% kapasitas energi terbarukan global berbasis air.

Sementara itu, untuk ketahanan pangan, air adalah prasyarat utama dalam sistem pertanian. Efisiensi irigasi, konservasi air tanah, dan prediksi musim tanam sangat menentukan produktivitas pangan nasional. FAO (2023) menekankan pentingnya integrasi antara data iklim, kelembaban tanah, dan kebutuhan air tanaman dalam sistem irigasi berbasis teknologi digital untuk mencapai efisiensi dan keberlanjutan.

Dengan demikian, kemampuan Widyaiswara untuk mengajarkan dan menyebarkan pemahaman lintas sektor air–pangan–energi sangat krusial dalam mempercepat pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya:

- SDG 2: Mendukung produktivitas pangan berkelanjutan.
- SDG 6: Menjamin ketersediaan dan pengelolaan air bersih.
- SDG 7: Menjamin akses terhadap energi terjangkau dan bersih.
- SDG 13: Mengambil tindakan segera terhadap perubahan iklim.

1.7. Kerangka Kompetensi Digital ASN dan Pembelajaran Berbasis Teknologi

Transformasi digital dalam birokrasi Indonesia digerakkan oleh Peraturan Presiden No. 95 Tahun 2018 tentang Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE). Di dalamnya, ditekankan pentingnya penguatan kompetensi digital ASN, termasuk widyaiswara, untuk mendukung pelayanan publik yang cerdas dan adaptif.

Menurut LAN (2022), kompetensi digital ASN setidaknya mencakup:

- Literasi data dan informasi digital;
- Pemanfaatan aplikasi dan platform pembelajaran digital (LMS, e-learning);
- Kemampuan mendesain pembelajaran interaktif berbasis teknologi;
- Penguasaan alat bantu digital yang relevan dengan bidang teknis masing-masing.

Studi oleh Darmawan (2021) menunjukkan bahwa pembelajaran ASN berbasis digital yang dikembangkan oleh widyaiswara dengan pendekatan *blended learning* (tatap muka dan daring) lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman dan aplikasi materi teknis, dibandingkan metode konvensional.

Bagi widyaiswara SDA, kerangka kompetensi digital tersebut harus diterjemahkan ke dalam:

- Kemampuan menjelaskan teknologi SDA berbasis digital kepada peserta pelatihan.
- Penguasaan *tools* seperti ArcGIS, HEC-RAS, atau IRRISAT.
- Penyusunan modul pelatihan yang mengintegrasikan simulasi, studi kasus, dan data *real-time* dari sektor SDA.

2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan pendekatan **kajian pustaka (*library research*)** yang dilakukan secara sistematis untuk menelaah dan menganalisis berbagai sumber literatur yang relevan. Metode ini dipilih karena fokus penelitian adalah merumuskan strategi transformasi kompetensi widyaiswara di bidang sumber daya air (SDA) melalui pemanfaatan teknologi digital, yang

memerlukan landasan konseptual kuat dari penelitian terdahulu, kebijakan nasional, dan praktik baik di tingkat global.

2.1. Bahan dan Sumber Data

Sumber data penelitian terdiri dari:

1. **Dokumen kebijakan dan regulasi nasional**, seperti:
 - Peraturan Menteri PANRB No. 38 Tahun 2017 tentang Standar Kompetensi Jabatan ASN.
 - Peraturan Presiden No. 95 Tahun 2018 tentang Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE).
 - Pedoman Pengembangan Kompetensi Widyaiswara (LAN, 2023).
2. **Laporan dan publikasi internasional** yang terkait digitalisasi SDA, ketahanan pangan, dan energi bersih, antara lain:
 - *Water for Food Security and Nutrition* (FAO, 2023).
 - *Water-Energy Nexus in a Changing Climate* (IEA, 2021).
 - *State of Global Water Resources Report* (WMO, 2023).
 - *Smart Water Management in Asia-Pacific Region* (UNESCO, 2022).
3. **Artikel ilmiah dan prosiding konferensi** yang terbit dalam 5 tahun terakhir, seperti Misra & Singh (2022) tentang digitalisasi pengelolaan SDA, dan Darmawan (2021) tentang pembelajaran ASN berbasis digital.
4. **Laporan praktik baik** dari lembaga pelatihan ASN di sektor SDA, baik nasional maupun internasional.

Pemilihan sumber dilakukan dengan mempertimbangkan kriteria relevansi, kebaruan (maksimal 5–10 tahun terakhir untuk sumber primer), serta kredibilitas penerbit atau lembaga.

2.2. Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui *desk study* dengan langkah-langkah:

1. **Penelusuran literatur** menggunakan basis data daring (Google Scholar, Scopus, ResearchGate, dan Portal Garuda) dengan kata kunci: *widyaiswara competence*, *digital transformation*, *water resource management*, *food-energy-water nexus*, dan *public sector training*.
2. **Seleksi awal** berdasarkan judul dan abstrak untuk mengidentifikasi literatur yang relevan dengan fokus penelitian.
3. **Pembacaan mendalam** pada literatur terpilih untuk mengekstraksi informasi inti terkait:
 - Tantangan dan tren pengelolaan SDA;
 - Kompetensi digital yang relevan bagi widyaiswara;
 - Model pelatihan berbasis teknologi di sektor publik;
 - Keterkaitan SDA dengan ketahanan pangan dan energi bersih.
4. **Koding tematik** untuk mengelompokkan temuan ke dalam tema-tema analisis.

2.3. Teknik Analisis Data

Analisis dilakukan secara **deskriptif-kritis** dengan tahapan:

1. **Kategorisasi temuan** berdasarkan tiga domain utama: (a) Kompetensi widyaiswara SDA, (b) Pemanfaatan teknologi digital, dan (c) Agenda pembangunan lintas sektor (air–pangan–energi).
2. **Perbandingan literatur** untuk mengidentifikasi kesamaan, perbedaan, dan *gap* penelitian terdahulu.
3. **Sintesis konsep** untuk membangun kerangka strategi transformasi kompetensi yang terintegrasi dengan kebijakan nasional dan praktik global.

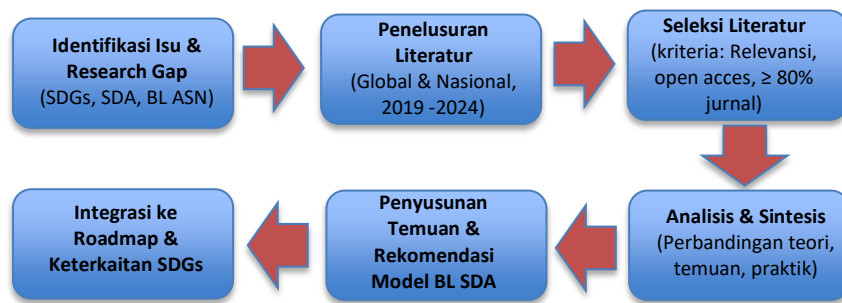
4. **Perumusan model konseptual** berupa kurikulum modular dan roadmap implementasi 5 tahun (2025–2029).

2.4. Validasi dan *Repeatability*

Untuk menjamin *repeatability* penelitian:

- Seluruh daftar sumber literatur yang digunakan dicatat lengkap dengan format APA style.
- Proses penelusuran literatur, kriteria seleksi, dan koding tematik didokumentasikan sehingga dapat diulang oleh peneliti lain.
- Model konseptual yang dihasilkan disesuaikan dengan regulasi dan dokumen resmi yang dapat diakses publik.

Dengan metodologi ini, penelitian diharapkan dapat direplikasi oleh pihak lain yang ingin menguji atau mengembangkan strategi transformasi kompetensi widyaiswara di bidang SDA berbasis teknologi digital.



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi *Literature Review*

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Dinamika Pengelolaan SDA dan Tantangan Pembelajaran ASN

Dalam beberapa dekade terakhir, pengelolaan sumber daya air (SDA) di Indonesia menghadapi kompleksitas yang semakin tinggi. Perubahan iklim telah memicu ketidakpastian hidrologis—mulai dari pergeseran pola hujan, meningkatnya intensitas banjir dan kekeringan, hingga degradasi kualitas air. Sektor pertanian, industri, dan energi menjadi kontributor sekaligus pihak yang rentan terhadap krisis air. Ketergantungan pertanian pada irigasi dan kebutuhan air untuk pembangkit listrik tenaga air (PLTA) maupun mikrohidro memperkuat potensi ketidakseimbangan suplai–permintaan air (FAO, 2023).

Kementerian Pekerjaan Umum (PU) mencatat bahwa hingga akhir 2024, Indonesia memiliki **311 bendungan** yang beroperasi dan **61 bendungan** dalam tahap pembangunan hingga akhir 2024. Infrastruktur ini berperan penting dalam irigasi, pengendalian banjir, dan penyediaan air baku, namun efektivitasnya sangat dipengaruhi oleh kemampuan manajemen dan pemeliharaan berbasis data. Hal ini menuntut adanya SDM yang menguasai teknologi monitoring real-time, analisis hidrologi digital, dan pengelolaan berbasis bukti, termasuk di kalangan widyaiswara yang bertugas melatih ASN teknis.

Pemerintah Indonesia mendorong tata kelola air berbasis integrasi sektor dan data, termasuk melalui pemanfaatan teknologi digital. Namun, keberhasilan kebijakan ini sangat bergantung pada kapasitas kelembagaan, terutama Aparatur Sipil Negara (ASN) teknis di bidang SDA. ASN tidak hanya dituntut memahami kebijakan sektoral, tetapi juga menguasai teknologi digital untuk efisiensi dan keberlanjutan (LAN, 2023).

Widyaiswara sebagai fasilitator pembelajaran ASN memegang peran strategis dalam proses transformasi ini. Akan tetapi, tanpa peningkatan kompetensi yang relevan dengan perkembangan teknologi, peran tersebut berisiko tertinggal dari kebutuhan sektor. Temuan ini selaras dengan studi Darmawan (2021) yang menegaskan perlunya peningkatan literasi digital instruktur teknis untuk mendukung agenda transformasi birokrasi.

3.2. Kesenjangan Kompetensi Widyaiswara SDA dalam Era Digital

Hasil telaah terhadap berbagai studi dan kebijakan menunjukkan bahwa widyaiswara di bidang SDA umumnya masih kuat dalam aspek konseptual dan teknis tradisional, namun belum optimal dalam aspek digitalisasi dan pembelajaran inovatif, misalnya, banyak widyaiswara belum terbiasa dengan:

- Pemanfaatan data spasial menggunakan perangkat lunak seperti *ArcGIS*, *QGIS*, atau *Google Earth Engine*;
- Pemodelan hidrologi digital, seperti menggunakan *HEC-RAS* atau *SWAT*;
- Sistem pembelajaran daring yang interaktif, seperti pengembangan konten di *Learning Management System (LMS)*, atau memfasilitasi pelatihan melalui Zoom interaktif dengan fitur kuis, simulasi, dan studi kasus berbasis digital.

Menurut studi Darmawan (2021), hanya sekitar 20% widyaiswara teknis yang merasa nyaman menggunakan teknologi digital dalam pembelajaran, dan sebagian besar masih mengandalkan metode ceramah dan slide statis. Situasi ini mencerminkan adanya kesenjangan antara tuntutan transformasi digital dalam sektor publik dengan kesiapan widyaiswara sebagai agen pembelajaran ASN.

Analisis terhadap studi dan kebijakan menunjukkan bahwa widyaiswara SDA umumnya kuat di aspek teknis konvensional, tetapi lemah dalam pemanfaatan teknologi digital dan metode pembelajaran inovatif. Kondisi ini menggambarkan lemahnya *dynamic capability*, yakni kemampuan adaptif organisasi publik dan ASN dalam merespons disrupsi teknologi (Teece, 2018). Dengan kata lain, kesenjangan kompetensi digital widyaiswara mengindikasikan bahwa birokrasi belum sepenuhnya mampu membangun mekanisme pembelajaran berkelanjutan yang responsif terhadap perkembangan teknologi.

Dibandingkan dengan studi Chisenga et al. (2023) di Afrika, di mana adopsi GIS di pelatihan teknis mencapai 35% berkat adanya program sertifikasi nasional, angka di Indonesia masih relatif rendah. Hal ini menunjukkan perlunya strategi pelatihan berjenjang yang memadukan aspek teknis SDA dengan keterampilan digital praktis.

Pada aspek pemodelan hidrologi, 72% widyaiswara belum pernah menggunakan perangkat seperti HEC-RAS atau SWAT. Temuan ini konsisten dengan laporan UNESCO (2022) yang menyoroti minimnya pemanfaatan pemodelan digital untuk mitigasi bencana di negara berkembang. Namun, perbedaan signifikan terlihat pada konteks Belanda, yang mengintegrasikan *digital twin* sungai dalam pelatihan operator lapangan, menghasilkan simulasi yang realistis dan mempercepat pengambilan keputusan teknis (UNESCO, 2022).

Kondisi di Indonesia, meskipun sudah mulai menggunakan *dashboard* pemantauan di beberapa bendungan (World Bank, 2021), belum disertai dengan pelatihan masif bagi widyaiswara, sehingga teknologi tersebut belum optimal mendukung pembelajaran berbasis data.

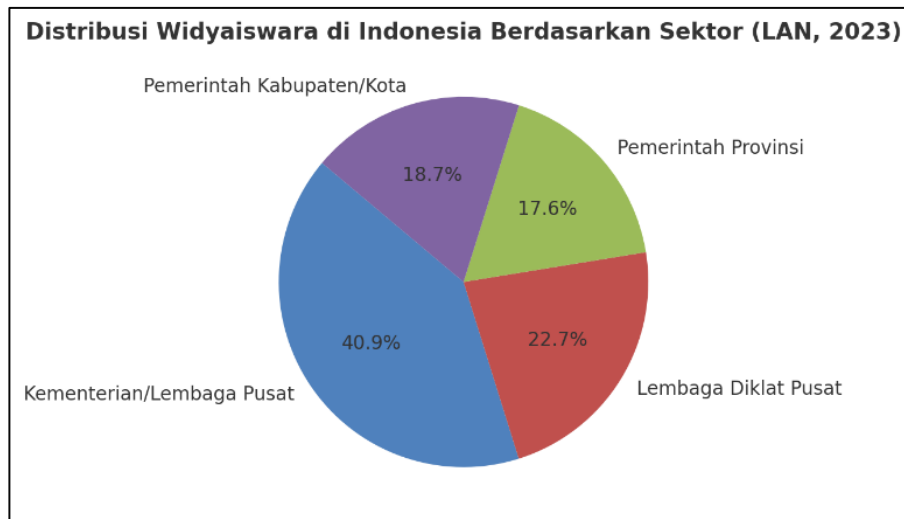
Tabel 1. Perbandingan Kompetensi Widyaiswara SDA

ASPEK KOMPETENSI	TEMUAN PENELITIAN INI	STUDI SEBELUMNYA
Penguasaan perangkat GIS	Rendah pada <i>ArcGIS</i> , <i>QGIS</i> , dan <i>Google Earth Engine</i>	Darmawan (2021): GIS jarang digunakan di pelatihan ASN
Pemodelan hidrologi digital	Minim pengalaman dengan <i>HEC-RAS</i> atau <i>SWAT</i>	UNESCO (2022): Pemodelan digital kunci mitigasi bencana
Metode pembelajaran daring	Dominan ceramah dan slide statis, sedikit interaktifitas	Arthur (2018): Perlu integrasi <i>blended learning</i>
Pemanfaatan data <i>real-time</i>	Belum optimal memanfaatkan data cuaca/hidrologi untuk pembelajaran	WMO (2023): Data real-time krusial untuk SDA
Pemahaman lintas sektor	Terbatas dalam menjelaskan <i>water-food-energy nexus</i>	FAO (2023): Keterkaitan sektor penting untuk ketahanan pangan; IEA (2021) menekankan integrasi energi-air dalam kebijakan.

Sumber: Diolah oleh penulis (2025) dari Darmawan (2021), UNESCO (2022), Arthur (2018), dan World Meteorological Organization [WMO] (2023), FAO (2023)

Kesenjangan ini menunjukkan adanya *gap* signifikan antara tuntutan kebijakan transformasi digital sektor publik dan kesiapan instruktur pelatihan di lapangan.

Berdasarkan data Lembaga Administrasi Negara (LAN) tahun 2023, jumlah widyaiswara di Indonesia tersebar di berbagai sektor pemerintahan, baik teknis maupun non-teknis. Namun, distribusi ini menunjukkan bahwa sektor sumber daya air (SDA) memiliki proporsi relatif kecil dibandingkan sektor lain seperti pendidikan, kesehatan, dan pemerintahan umum. Kondisi ini berdampak pada kapasitas pelatihan ASN di bidang SDA, terutama dalam mengadopsi teknologi digital dan isu lintas sektor air-pangan-energi. Visualisasi berikut menyajikan distribusi jumlah widyaiswara per sektor untuk memberikan gambaran kuantitatif tentang posisi sektor SDA dalam keseluruhan ekosistem pengembangan kompetensi ASN di Indonesia.



Gambar 2. Distribusi Widyaiswara di Indonesia Berdasarkan Sektor

Tabel 2. Perbandingan Kompetensi Widyaiswara SDA

Sektor/Instansi	Jumlah Widyaiswara	Persentase	Keterangan
Kementerian/Lembaga Pusat	1.984	41%	Termasuk Kementerian PU, Kementerian Pertanian, Kementerian Keuangan, dan lainnya.
Lembaga Pendidikan & Pelatihan Pemerintah Pusat (LAN, BPSDM, dll.)	1.102	23%	Fokus pada pengembangan kompetensi umum dan teknis lintas sektor.
Pemerintah Provinsi	852	18%	Tersebar di 38 provinsi, dengan variasi jumlah dan kapasitas yang signifikan.
Pemerintah Kabupaten/Kota	908	19%	Umumnya bertugas di BPSDM/BKPSDM daerah, kapasitas teknis bervariasi.
Total	4.846	100%	

Sumber: LAN RI, 2023.

3.3. Analisis Literatur: Praktik Baik Digitalisasi SDA Global

Studi kasus dari berbagai negara memberikan gambaran bahwa transformasi digital dalam sektor air dapat dilakukan secara terstruktur dan memberikan hasil signifikan, asalkan disertai peningkatan kapasitas SDM yang menyertainya.

a. India

Pemerintah negara bagian Gujarat mengembangkan sistem irigasi pintar berbasis sensor kelembaban tanah dan prediksi cuaca. Melalui sistem ini, petani menerima notifikasi via SMS tentang waktu optimal untuk menyiram tanaman. Studi oleh Misra & Singh (2022) mencatat bahwa pendekatan ini mampu menghemat air hingga 40% dan meningkatkan hasil panen sebesar 20%.

b. Belanda

Negara ini mengembangkan digital twin sungai, yaitu replika digital dari sistem sungai yang digunakan untuk simulasi banjir, sedimentasi, dan kualitas air. Dengan sistem ini, pelatihan kepada teknokrat dan operator lapangan dilakukan menggunakan skenario digital yang sangat mendekati kenyataan (UNESCO, 2022).

c. Indonesia

Kementerian PU melalui Direktorat Jenderal Sumber Daya Air mulai menerapkan sistem pemantauan berbasis *dashboard real-time* untuk beberapa bendungan dan jaringan irigasi besar, seperti di Rentang dan Jatiluhur. Namun, studi World Bank (2021) mencatat bahwa adopsi sistem ini belum disertai dengan pelatihan massif kepada tenaga teknis dan instruktur, termasuk widyaiswara.

Perbandingan ini menunjukkan bahwa keberhasilan digitalisasi SDA di luar negeri selalu diiringi dengan peningkatan kapasitas SDM, hal yang belum optimal di Indonesia.

3.4. Kebutuhan Kompetensi Baru: Integrasi Teknologi dan Literasi Lintas Sektor

Merujuk pada berbagai literatur, kompetensi yang perlu dimiliki widyaiswara SDA untuk menjawab tuntutan zaman meliputi:

1. Literasi Digital

- Penguasaan platform pembelajaran digital;
- Kemampuan menggunakan tools untuk visualisasi data spasial dan hidrologi.

2. Kreativitas Instruksional
 - Merancang metode pelatihan interaktif berbasis studi kasus digital;
 - Integrasi teknologi seperti simulasi virtual atau video interaktif dalam pembelajaran.
3. Pemahaman Lintas Sektor
 - Mampu menjelaskan keterkaitan antara SDA, ketahanan pangan, dan energi terbarukan;
 - Menyusun kurikulum pelatihan teknis yang menyentuh isu keberlanjutan (sustainability).
4. Analisis Kebijakan dan Data
 - Mampu menginterpretasikan data iklim dan air untuk pengambilan keputusan pelatihan;
 - Menerjemahkan kebijakan teknis SDA ke dalam bentuk materi pelatihan yang aplikatif.

3.5. Implikasi terhadap Sistem Pembelajaran ASN

Transformasi kompetensi widyaiswara tidak hanya menyentuh aspek individual, tetapi juga menuntut perubahan pada ekosistem pelatihan ASN secara keseluruhan. Hal-hal yang perlu diperhatikan mencakup:

- Revisi kurikulum pelatihan widyaiswara agar memasukkan elemen teknologi digital, literasi data, dan sustainability;
- Penyediaan pelatihan berjenjang untuk peningkatan kapasitas digital, termasuk pelatihan teknis ArcGIS, Python for hydrology, atau pemanfaatan data satelit;
- Kolaborasi antar sektor (misalnya antara Kementerian PU, BRIN, dan LAN) untuk pengembangan konten pelatihan berbasis praktik baik dan hasil riset terkini;
- Insentif dan pengakuan kinerja bagi widyaiswara yang mengembangkan konten digital dan memanfaatkan inovasi teknologi dalam pembelajaran.

Tanpa dukungan sistemik, transformasi individu widyaiswara akan berjalan lambat. Oleh karena itu, kebijakan pengembangan kompetensi ASN perlu diselaraskan dengan arah transformasi digital nasional dan agenda pembangunan berkelanjutan.

3.6. Urgensi Transformasi Kompetensi Widyaiswara SDA

Sebagaimana dianalisis pada bab sebelumnya, widyaiswara di bidang sumber daya air memerlukan transformasi kompetensi untuk menjawab tantangan digitalisasi, integrasi lintas sektor, serta tuntutan pembangunan berkelanjutan. Transformasi ini bukan sekadar peningkatan pengetahuan teknis, tetapi mencakup reposisi peran widyaiswara sebagai agen perubahan (change agent) yang mampu menjembatani teknologi, kebijakan, dan praktik pembelajaran ASN secara adaptif.

Menurut LAN (2023), pengembangan kompetensi widyaiswara seharusnya tidak hanya merespon perubahan kebijakan, tetapi juga proaktif membaca arah perubahan lingkungan strategis nasional dan global. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan strategis yang terencana, terintegrasi, dan berbasis data.

3.7. Usulan Model Pengembangan Kurikulum Widyaiswara SDA Digital

Sebagai solusi praktis, berikut ini disusun struktur kurikulum modular yang dapat diadopsi dalam pelatihan kompetensi widyaiswara SDA:

Tabel 3. Model Kurikulum Modular Widyaiswara SDA Digital

MODUL	JUDUL MODUL	DESKRIPSI SINGKAT	KOMPETENSI KUNCI
1	Pengantar Transformasi Digital SDA	Menjelaskan urgensi digitalisasi dalam tata kelola SDA dan peran widyaiswara sebagai agen perubahan.	Literasi strategis, wawasan sektoral SDA
2	Penguasaan Alat Digital untuk SDA	Melatih penggunaan perangkat lunak spasial dan hidrologi: ArcGIS, QGIS, HEC-RAS, dan lainnya.	Literasi data, penguasaan teknologi sektor SDA
3	Ketahanan Pangan dan Air: Integrasi Kebijakan dan Teknologi	Menganalisis keterkaitan air, pangan, dan teknologi pertanian presisi dalam konteks irigasi dan DAS.	Pemikiran lintas sektor, kebijakan air & pangan
4	Energi Bersih dan Sumber Daya Air	Studi kasus pemanfaatan air dalam energi terbarukan: PLTA, mikrohidro, dan efisiensi air untuk energi.	Pemahaman air-energi nexus, keberlanjutan lingkungan
5	Desain Pembelajaran Inovatif Berbasis Digital	Merancang metode pelatihan interaktif menggunakan LMS, video, simulasi, dan platform daring lainnya.	Inovasi pembelajaran, desain kurikulum digital
6	Analisis Data dan Kebijakan Berbasis Bukti	Pemanfaatan data dan AI sederhana untuk mendukung pembelajaran berbasis bukti pada pelatihan teknis ASN.	<i>Evidence-based thinking</i> , pengambilan keputusan data driven

Sumber: Diolah oleh penulis (2025)

Kurikulum ini bersifat modular, sehingga dapat diintegrasikan secara fleksibel dalam pelatihan widyaiswara teknis, baik melalui pendekatan *blended learning* maupun tatap muka. Hal ini sejalan dengan temuan Alammary et al. (2024) yang menekankan bahwa keberhasilan implementasi *blended learning* ditentukan oleh metode penyampaian yang berkelanjutan (*sustainable adoption*), sehingga model kurikulum modular yang diusulkan diharapkan dapat menjadi kerangka kerja yang adaptif sekaligus tahan uji.

3.8. Strategi Implementasi: Tiga Pilar Transformasi

Transformasi kompetensi widyaiswara SDA dapat dibangun melalui tiga pilar strategi utama, yaitu: penguatan kapasitas individu, pengembangan kelembagaan, dan kolaborasi lintas sektor.

A. Penguatan Kapasitas Individu

- Pelatihan intensif dan berjenjang untuk penguasaan teknologi digital sektor SDA.
- Fasilitasi sertifikasi digital dasar dan menengah (mis. ArcGIS Certified User, Coursera Specialization).
- Mentoring sesama widyaiswara berbasis komunitas belajar (peer-to-peer learning).

B. Pengembangan Sistem Kelembagaan

- Revisi kurikulum pelatihan widyaiswara berbasis kebutuhan sektoral SDA dan digitalisasi.
- Integrasi sistem monitoring kompetensi (e-portfolio, microcredential).
- Penyediaan infrastruktur pembelajaran digital di balai diklat/pusat pelatihan.

C. Kolaborasi dan Sinergi Multipihak

- Kemitraan dengan Kementerian PU, BRIN, BPPT, perguruan tinggi, dan organisasi profesi (mis. HATHI, APWI).
- Berbagi praktik baik lintas daerah melalui platform digital nasional.
- Dukungan kebijakan insentif bagi widyaiswara yang menghasilkan inovasi pembelajaran SDA berbasis digital.

3.9. Roadmap Implementasi Transformasi Kompetensi (2025–2029)

Transformasi kompetensi widyaiswara di bidang sumber daya air (SDA) tidak dapat dilakukan secara instan. Dibutuhkan perencanaan jangka menengah yang mencakup tahapan sistematis mulai dari pemetaan kebutuhan, pengembangan kurikulum, uji coba pelatihan, evaluasi dampak, hingga replikasi nasional. Roadmap ini penting untuk memastikan bahwa perubahan kompetensi tidak hanya terjadi di level individu, tetapi juga terinternalisasi dalam kelembagaan pelatihan ASN dan terintegrasi dengan agenda digitalisasi pemerintah.

Secara umum, roadmap implementasi ini disusun dalam horizon waktu lima tahun (2025–2029) dengan pendekatan bertahap dan berbasis capaian (*milestone-based*). Pada tahap awal, fokus diarahkan pada peningkatan kesadaran (*awareness*) dan pelatihan dasar. Tahap selanjutnya menitikberatkan pada pengembangan kurikulum modular dan integrasi teknologi ke dalam sistem pelatihan yang ada. Evaluasi menyeluruh dilakukan pada tahun keempat untuk mengukur efektivitas pelatihan, sebelum akhirnya dilakukan replikasi skala nasional pada tahun terakhir.

Roadmap ini juga memperhitungkan dinamika kebijakan nasional, kesiapan infrastruktur digital, dan potensi kemitraan lintas sektor. Strategi implementasi yang adaptif dan terukur menjadi kunci keberhasilan dari program transformasi ini.

Berikut ini disajikan Tabel Roadmap Implementasi Transformasi Kompetensi Widyaiswara SDA Digital tahun 2025–2029:

Tabel 4. Roadmap Transformasi Kompetensi Widyaiswara SDA Digital

TAHUN	TAHAPAN IMPLEMENTASI	OUTPUT YANG DIHARAPKAN	TARGET KUANTITATIF
2025	Sosialisasi awal, pemetaan kompetensi, pelatihan dasar digital untuk widyaiswara	Data baseline kompetensi, modul pelatihan digital dasar tersedia	≥30% widyaiswara tersertifikasi digital dasar
2026	Pengembangan kurikulum nasional dan pelatihan modular berbasis digital	Modul nasional tersedia, uji coba pelatihan di 5 wilayah	≥50% pusat pelatihan ASN menggunakan LMS
2027	Integrasi teknologi simulasi dan LMS dalam pembelajaran SDA	Penerapan digital twin, e-learning SDA, pelatihan blended di 10 pusat pelatihan	Digital twin digunakan di 10 lokasi pelatihan
2028	Evaluasi efektivitas kurikulum dan sistem pelatihan digital berbasis dampak	Laporan dampak pelatihan, revisi kurikulum berbasis Monev	Rata-rata skor post-test peserta naik ≥20 poin dibanding pre-test
2029	Replikasi nasional dan sistem akreditasi kompetensi digital widyaiswara SDA	Kurikulum terstandar nasional, sistem akreditasi aktif	≥70% widyaiswara SDA dinyatakan kompeten digital (assessment nasional)

Sumber: Diolah dari rencana implementasi penulis, 2025.

Transformasi ini dapat dinilai melalui beberapa indikator keberhasilan, yaitu:

- Peningkatan jumlah widyaiswara SDA yang mengikuti pelatihan digital tahunan.
- Proporsi modul pelatihan SDA yang mengandung unsur teknologi digital.
- Jumlah inovasi pembelajaran berbasis digital yang dikembangkan dan diadopsi.
- Tingkat kepuasan peserta pelatihan ASN terhadap metode dan efektivitas pembelajaran baru.
- Jumlah kolaborasi aktif antara widyaiswara dan lembaga teknis sektoral.



Gambar 3. Roadmap Transformasi Kompetensi Widyaiswara SDA Digital

4. Kesimpulan & Rekomendasi

4.1. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan merumuskan strategi transformasi kompetensi widyaiswara di bidang sumber daya air (SDA) melalui pemanfaatan teknologi digital guna mendukung ketahanan pangan dan transisi menuju energi bersih. Kajian ini didasarkan pada analisis pustaka terhadap berbagai literatur ilmiah, dokumen kebijakan, dan praktik baik di tingkat nasional maupun internasional.

Hasil kajian menunjukkan beberapa temuan penting. Pertama, terdapat kesenjangan kompetensi yang cukup signifikan di kalangan widyaiswara SDA, khususnya dalam literasi digital, penguasaan perangkat lunak teknis, dan pemahaman integratif terhadap isu air–pangan–energi. Kedua, teknologi digital seperti sistem informasi geografis (GIS), penginderaan jauh (remote sensing), pemodelan hidrologi, dan platform pembelajaran daring terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan SDA sekaligus memperkaya metode pelatihan ASN. Ketiga, transformasi kompetensi perlu diarahkan pada tiga pilar utama, yaitu penguatan kapasitas individu, penguatan kelembagaan, dan kolaborasi lintas sektor. Keempat, model kurikulum modular yang disertai dengan roadmap implementasi lima tahun dapat menjadi kerangka strategis untuk memastikan peningkatan kompetensi yang berkelanjutan.

Dengan demikian, transformasi kompetensi widyaiswara SDA berbasis teknologi digital tidak hanya akan meningkatkan kualitas pelatihan bagi ASN, tetapi juga menjadi kontribusi strategis dalam pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya SDG 2 (Ketahanan Pangan), SDG 6 (Air Bersih dan Sanitasi), SDG 7 (Energi Bersih dan Terjangkau), dan SDG 13 (Aksi Iklim (*Climate Action*)) yang terkait erat dengan ketahanan pangan.

4.2. Rekomendasi

Agar transformasi kompetensi widyaiswara di bidang sumber daya air berbasis teknologi digital dapat berjalan efektif, terarah, dan berdampak luas, diperlukan langkah-langkah strategis yang melibatkan seluruh pemangku kepentingan. Pertama, Kementerian/Lembaga penyelenggara pelatihan ASN, seperti Lembaga Administrasi Negara (LAN) dan Kementerian Pekerjaan Umum (PU), perlu merumuskan kebijakan nasional yang mengintegrasikan digitalisasi ke dalam kurikulum pelatihan widyaiswara teknis, khususnya di sektor SDA. Kedua, balai pelatihan (balai pengembangan kompetensi) dan pusat Pendidikan dan pelatihan (pusat pengembangan kompetensi) teknis perlu secara berkala melakukan pemetaan kebutuhan kompetensi digital widyaiswara, sekaligus mengalokasikan sumber daya untuk pelatihan intensif dan sertifikasi profesional.

Selain itu, widyaiswara sendiri diharapkan memiliki komitmen untuk terus mengembangkan diri melalui pembelajaran berkelanjutan, berinovasi dalam penyusunan metode pembelajaran interaktif, dan berpartisipasi aktif dalam komunitas berbagi praktik baik (*peer learning community*). Untuk memastikan efektivitas strategi ini, penelitian lanjutan disarankan dilakukan guna mengevaluasi dampak penerapan model pelatihan digital terhadap peningkatan kualitas pembelajaran ASN di bidang SDA, baik melalui pendekatan kuantitatif maupun kualitatif. Dengan demikian, rekomendasi ini diharapkan menjadi acuan praktis bagi para pengambil kebijakan dan pelaku pelatihan untuk memperkuat kapasitas widyaiswara dalam menghadapi tantangan era transformasi digital.

Referensi

- Alammary, A. S., Alhazmi, A. K., Alqahtani, A. A., & Alshahrani, A. M. (2024). Blended learning delivery methods for a sustainable adoption: Results of a Delphi study. *Sustainability*, 16(8), 3269.
- Amenduni, F., & Ligorio, M. B. (2022). Blended learning and teaching in higher education: An international perspective. *Education Sciences*, 12(2), 129.
- Ascensão, É. S., Pereira, L. M., & Santos, A. (2023). Smart water management systems: Governance and implementation challenges. *Water*, 15(19), 3492.
- Badan Kepegawaian Negara. (2023). *Laporan tahunan Badan Kepegawaian Negara 2023*. BKN. <https://www.bkn.go.id/>
- Badan Meteorologi Dunia. (2023). *State of global water resources report*. World Meteorological Organization.
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. (2020). *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020–2024*. Kementerian PPN/Bappenas. <https://www.bappenas.go.id/>
- Chisenga, J., Kinyua, J., & Sam, J. (2021). *Digital skills and competencies for public sector workforce in Africa*. United Nations Economic Commission for Africa. <https://repository.uneca.org/handle/10855/44790>
- Darmawan, A. (2021). Pembelajaran ASN era digital: Peluang dan tantangan. *Jurnal Diklat Pemerintahan*, 11(2), 23–38.

- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2024). *Dashboard pemantauan bendungan dan jaringan irigasi*. Kementerian PUPR. <https://sda.pu.go.id/>
- Food and Agriculture Organization. (2023). *Water for food security and nutrition*. FAO.
- Google Earth Engine. (2023). *Google Earth Engine: A planetary-scale platform for Earth science data & analysis*. Google. <https://earthengine.google.com/>
- Gunawan, S., Sasongko, R. N., & Kristiawan, M. (2021). Widyaiswara competence in Industrial Revolution 4.0 toward Indonesia Unggul. *International Journal of Multicultural and Multireligious Understanding*, 8(4), 600–609. <https://doi.org/10.18415/ijmmu.v8i4.2581>
- International Energy Agency. (2021). *Water-energy nexus in a changing climate*. IEA.
- International Renewable Energy Agency. (2022). *Renewable capacity statistics 2022*. IRENA.
- Irrisat. (2023). *Irrigation satellite monitoring system (IRRISAT)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.irrisat.it/>
- Krishnan, S. R., Ramesh, A., & Patel, V. (2022). Smart water resource management using artificial intelligence: A review. *Aqua Energy Expo*, 10(3), 55–72. (Open access).
- Lembaga Administrasi Negara. (2022). *Model kompetensi ASN berbasis digitalisasi layanan publik*. LAN RI.
- Lembaga Administrasi Negara. (2023a). *Pedoman pengembangan kompetensi widyaiswara*. LAN RI.
- Lembaga Administrasi Negara. (2023b). *Peta kompetensi ASN 2023–2027*. LAN RI.
- Megahed, N. (2022). Blended learning and teaching in higher education: International perspectives. *International Journal of Mobile and Blended Learning*, 14(2), 1–15.
- Misra, A., & Singh, R. (2022). Digital transformation in water resource management: Challenges and opportunities. *Journal of Hydrology and Environmental Engineering*, 8(2), 113–127.
- Owen, D. L. (2023). Smart water management: Concepts and applications. *River Research and Applications*, 39(5), 1–12.
- Peraturan Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2017 tentang Standar Kompetensi Jabatan Aparatur Sipil Negara.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 95 Tahun 2018 tentang Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik.
- Sharma, G. V. S. S., Rao, N. V., & Kumar, R. (2022). Post-COVID-19 era: An enabler for the implementation of blended learning in engineering education. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 23(4), 45–64.

- Soares Ascensão, É., Pereira, L. M., Santos, A., & Silva, F. (2023). Applications of smart water management systems: A review of implemented solutions and research trends. *Water*, 15(19), 3492.
- Solehudin, S., Hidayat, D., & Heryana, N. (2023). Program pendampingan meningkatkan kompetensi widyaiswara menulis karya tulis ilmiah di BKPSDM Karawang. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara*, 4(3), 2879–2886. <https://doi.org/10.55338/jpkmn.v4i3.1626>.
- Teece, D. J. (2018). Business models and dynamic capabilities. *Long Range Planning*, 51(1), 40–49.
- UNESCO. (2022). *Smart water management in Asia-Pacific region: Lessons learned*. UNESCO.
- UN-Water. (2022). *Water and climate change: Accelerating action*. UN-Water.
- World Bank. (2021). *Digitalizing water: Promoting sustainable and inclusive management of water resources*. World Bank.
- Zhao, X., Wang, L., & Li, Y. (2024). The impact of digital technology on water resources management: Evidence from China. *Water*, 16(19), 2867.
- Zitha, I., Moeti, B., & Mkhize, M. (2023). Integration of blended learning in the advent of COVID-19. *Education Sciences*, 13(7), 704.