

Model Intergrasi AHP-COPRAS dan Clustering Untuk Analisis Penugasan (Studi Kasus: PLTS Berbasis Gap Kompetensi)

Rouly Manurung¹, Udisubakti Ciptomulyono²

^{1,2} Program Magister Bidang Keahlian Rekayasa Sistem Industri, Departemen Teknik Sistem dan Industri, Fakultas
Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Jl. Raya ITS, Sukolilo, Surabaya

Email: roulyuly@gmail.com, udisubakti@ie.its.ac.id

ABSTRAK

Transisi energi nasional menuntut transformasi kompetensi SDM PLN, khususnya pada proyek strategis PLTS Terapung Cirata. Penelitian ini mengembangkan model penugasan terintegrasi yang menggabungkan Analisis Gap Kompetensi (AGK), *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *Complex Proportional Assessment* (COPRAS), *K-Means Clustering*, dan *Canonical Variate Analysis* (CVA). Data dikumpulkan dari 55 responden karyawan dan 4 pakar melalui *expert judgment*. Hasil menunjukkan defisit terbesar pada *Safety Management System/SMS* (gap 2,145) dan *Environmental Impact Assessment/EIA* (2,091), yang secara fundamental disebabkan oleh pergeseran DNA operasional dari pembangkit konvensional ke lingkungan akuatik. Agregasi AHP menghasilkan bobot konsisten ($CR = 0,0016$) dengan dominasi Sertifikasi EBT (0,358). COPRAS, yang diunggulkan dalam menangani kriteria *cost* dibandingkan metode kompromi lain, mengidentifikasi K-08 dan K-36 sebagai talenta puncak. Segmentasi *k-means* menghasilkan tiga kluster yang diterjemahkan menjadi strategi penugasan diferensial: *fast-track* (6 orang), *bridging* (36 orang), dan *reskilling* (13 orang). Validasi CVA (Wilks' Lambda = 0,154, $p < 0,001$) mengonfirmasi SMS dan EIA sebagai diskriminator utama. Model ini menghasilkan fungsi klasifikasi yang diintegrasikan ke dalam HXMS PLN untuk *screening real-time*, mendukung transisi energi nasional.

Kata kunci: analisis gap kompetensi; AHP; COPRAS; *k-means clustering*; PLTS terapung; integrasi sistem.

ABSTRACT

The national energy transition demands a transformation of PLN's HR competencies, particularly for the strategic Cirata Floating Solar Power Plant project. This study develops an integrated assignment model combining Competency Gap Analysis (CGA), *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *Complex Proportional Assessment* (COPRAS), *K-Means Clustering*, and *Canonical Variate Analysis* (CVA). Data were collected from 55 employee respondents and 4 experts through expert judgment questionnaires. Results show the largest deficits in *Safety Management System/SMS* (gap 2.145) and *Environmental Impact Assessment/EIA* (2.091), fundamentally caused by the operational DNA shift from conventional to aquatic environments. AHP aggregation produces consistent weights ($CR = 0.0016$) dominated by RE Certification (0.358). COPRAS, favored for handling cost criteria over other compromise methods, identifies K-08 and K-36 as top talents. K-means segmentation yields three clusters translated into differential assignment strategies: *fast-track* (6), *bridging* (36), and *reskilling* (13). CVA validation (Wilks' Lambda = 0.154, $p < 0.001$) confirms SMS and EIA as primary discriminants. The model produces a classification function integrated into PLN's HXMS for real-time screening, supporting the national energy transition.

Keywords: competency gap analysis; AHP; COPRAS; *k-means clustering*; floating solar PV; system integration.

Pendahuluan

Industri ketenagalistrikan Indonesia menghadapi tantangan strategis dalam mewujudkan target bauran Energi Baru Terbarukan (EBT) sebesar 23% pada 2025 dan *Net Zero Emissions* (NZE) 2060 [1], [2]. PT PLN (Persero) mengembangkan proyek mercusuar PLTS Terapung Cirata berkapasitas 145 MW AC di Waduk Cirata, Jawa Barat—PLTS terapung terbesar di Asia Tenggara yang diresmikan pada November 2023 [3]. Proyek ini menghadirkan kompleksitas teknis unik: struktur apung (*floating platform*), sistem penambatan (*mooring*), integrasi dengan PLTA eksisting, serta manajemen keselamatan di lingkungan akuatik yang menuntut standar kompetensi spesifik berbeda dari pembangkit fosil konvensional [4], [5], [6].

Studi internal PLN mengindikasikan tiga permasalahan utama dalam penugasan karyawan pada proyek EBT strategis: (1) kesenjangan (*gap*) kompetensi antara profil karyawan dan standar jabatan; (2) penugasan yang masih dipengaruhi pertimbangan subjektif; dan (3) ketiadaan model terintegrasi yang menggabungkan data kompetensi aktual, standar jabatan, dan kebutuhan proyek [7]. Penempatan personel yang tidak tepat berpotensi menimbulkan keterlambatan jadwal, pembengkakan biaya, hingga gangguan keandalan sistem [8].

Literatur manajemen SDM telah mengembangkan *Competency Gap Analysis* (CGA) untuk mengidentifikasi perbedaan kompetensi individu dan jabatan [9], [10], serta metode *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM) seperti AHP [11], [12] dan COPRAS [13] untuk seleksi personel. Namun, integrasi CGA–AHP–COPRAS–*clustering*–CVA dalam konteks penugasan SDM proyek EBT belum banyak dieksplorasi. Penelitian Paraya dan Ciptomulyono [14] mengaplikasikan AHP–COPRAS untuk penugasan *surveyor*, namun tanpa mengukur *competency gap* dan segmentasi kesiapan.

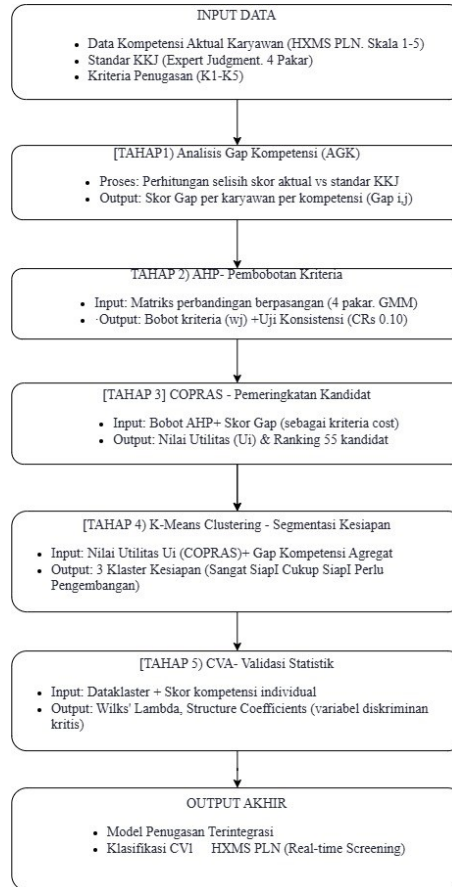
Penelitian ini mengembangkan model penugasan karyawan terintegrasi yang menjawab lima tujuan: (1) memetakan kompetensi aktual SDM PLN; (2) menetapkan standar kompetensi ideal melalui *expert judgment* 4 pakar; (3) mengukur kesenjangan kompetensi; (4) menentukan bobot kriteria penugasan dengan AHP; (5) memeringkat kandidat dengan COPRAS; (6) mengelompokkan kesiapan penugasan melalui *k-means clustering*; dan (7) memvalidasi segmentasi secara statistik menggunakan CVA untuk mengidentifikasi variabel diskriminan kritis.

Secara praktis, penelitian ini memberikan kontribusi nyata bagi manajemen PLN. Pertama, menyediakan alat keputusan yang mengurangi subjektivitas dan bias dalam penempatan personel. Kedua, mengoptimalkan penugasan berbasis bukti (*evidence-based assignment*). Ketiga, hasil segmentasi dan analisis CVA secara langsung membantu penyusunan program pelatihan dan sertifikasi yang terarah, efisien, dan tepat sasaran berdasarkan tingkat kesiapan karyawan [8], [15].

Metode Penelitian

Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain *sequential explanatory* yang mengintegrasikan lima komponen metodologis secara berurutan [16].

Gambar 1 menyajikan diagram alur penelitian yang menggambarkan hubungan antar tahapan metodologis, input data yang digunakan, serta luaran (output) yang dihasilkan pada setiap tahap analisis, mulai dari pemetaan gap kompetensi hingga validasi statistik segmentasi kesiapan penugasan.



Gambar 1. Diagram Alur Metodologi

A. Analisis Gap Kompetensi (AGK)

AGK mengukur kesenjangan antara kompetensi aktual karyawan (dari HXMS PLN, skala 1–5) dan standar Kebutuhan Kompetensi Jabatan (KKJ) yang ditetapkan melalui kuesioner *expert judgment* dari 4 pakar yang mewakili perspektif teknis pusat, pembangkitan, pelatihan, dan operasional lapangan. Gap dihitung menggunakan Persamaan (1):

$$Gap_{i,j} = C_{ideal,j} - C_{aktual,i,j} \quad (1)$$

dengan $Gap_{i,j}$ adalah kesenjangan karyawan i pada kompetensi j , $C_{ideal,j}$ adalah standar KKJ, dan $C_{aktual,i,j}$ adalah skor aktual [9], [10]. Gap rata-rata per karyawan menjadi kriteria *cost* pada tahap COPRAS

B. Analytic Hierarchy Process (AHP)

AHP menentukan bobot lima kriteria penugasan (K1: Pengalaman EBT, K2: Sertifikasi, K3: Manajerial, K4: Mobilitas, K5: Gap Kompetensi) melalui matriks perbandingan berpasangan skala Saaty 1–9. Agregasi penilaian 4 pakar dilakukan menggunakan *Geometric Mean Method* (GMM) sesuai rekomendasi Aczel dan Saaty [1]:

$$a_{ij}^{agg} = \left(\prod_{k=1}^K a_{ij}^{(k)} \right)^{1/K} \quad (2)$$

Uji konsistensi dilakukan melalui *Consistency Ratio* (CR) dengan ambang $CR \leq 0,10$ [44], [45]:

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \cdot \frac{1}{RI} \quad (3)$$

C. Complex Proportional Assessment (COPRAS)

COPRAS menghasilkan nilai utilitas (U_i) kandidat dengan mempertimbangkan kriteria *benefit* (K1–K4) dan *cost* (K5). Dalam konteks ini, COPRAS diunggulkan dibandingkan metode kompromi lain seperti TOPSIS, VIKOR, atau PROMETHEE karena kemampuannya memisahkan secara eksplisit kriteria *benefit* dan *cost* dalam satu indeks utilitas proporsional, yang sangat krusial saat 'Gap Kompetensi' bertindak sebagai kriteria *cost* murni [13], [17], [18], [19]. Nilai utilitas dihitung melalui Persamaan (4):

$$Q_i = S_i^+ + \frac{\min_k S_k^- \cdot \sum_{k=1}^m S_k^-}{S_i^-} \quad (4)$$

dengan S_i^+ dan S_i^- adalah jumlah nilai *benefit* dan *cost* tertimbang.

D. K-Means Clustering

Segmentasi kesiapan menggunakan algoritma *k-means* dengan dua dimensi: nilai utilitas COPRAS dan gap kompetensi agregat. Jumlah kluster optimal ($k = 3$) ditentukan melalui *Silhouette Score* dan interpretasi substansial [20], [21], [22], [23].

E. Canonical Variate Analysis (CVA)

CVA memvalidasi segmentasi *clustering* secara statistik melalui uji Wilks' Lambda dan mengidentifikasi variabel diskriminan kritis melalui *structure coefficients* [24], [25], [26], [27]. Fungsi diskriminan kanonikal yang dihasilkan dapat diotomatisasi dalam HXMS PLN untuk *screening* kesiapan *real-time*

Hasil Dan Pembahasan

A. Standar Kompetensi dan Profil Gap

Pemilihan 12 kompetensi teknis kritis (Tabel 1) didasarkan pada tiga pertimbangan utama. Pertama, kompetensi tersebut merepresentasikan siklus hidup penuh proyek PLTS terapung, mulai dari tahap desain (Floating Platform Design, Mooring System Integrity), operasi (Power Conversion, Grid Integration, SCADA & Monitoring), hingga keberlanjutan operasional (Operations & Maintenance FPV). Kedua, kompetensi Safety Management System dan Environmental Impact Assessment secara khusus ditetapkan pada level standar tertinggi (level 5) karena keduanya merepresentasikan risiko operasional unik yang tidak dijumpai pada pembangkit konvensional, yaitu keselamatan kerja di perairan (marine safety) dan kepatuhan terhadap Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) badan air. Ketiga, kompetensi Hydropower-FPV Integration dipilih secara spesifik karena karakteristik unik PLTS Terapung Cirata yang beroperasi terintegrasi dengan PLTA eksisting di Waduk Cirata — sebuah konfigurasi hybrid yang jarang dijumpai pada proyek FPV lain. Penetapan standar KKJ final dilakukan melalui konsensus 4 pakar yang mewakili perspektif teknis pusat, pembangkitan, pelatihan, dan operasional lapangan (Lampiran A), guna memastikan relevansi kompetensi dengan kebutuhan operasional aktual di lapangan

Berdasarkan konsensus 4 pakar, ditetapkan 12 kompetensi teknis kritis dengan standar bervariasi antara level 3–5. Penekanan tertinggi (level 5) diberikan pada SMS dan EIA yang mencerminkan kompleksitas unik PLTS Terapung Cirata. Tabel 1 merangkum standar KKJ final.

Tabel 1. Standar Kebutuhan Kompetensi Jabatan (KKJ) PLTS Terapung

Kode	Kompetensi	Standar KKJ
C-01	Floating Platform Design	4
C-02	Water Level Fluctuation Mgmt	4
C-03	Mooring System Integrity	4
C-04	Power Conversion / PV Module	4
C-05	Grid Integration & Power Quality	4
C-06	SCADA & Monitoring System	4
C-07	Environmental Impact Assessment	5
C-08	Operations & Maintenance FPV	4
C-09	Safety Management System	5
C-10	Hydropower-FPV Integration	4
C-11	Procurement & Contract Mgmt	4
C-12	Project Management EBT	4

Analisis gap terhadap 55 responden menghasilkan gap rata-rata keseluruhan 1,19 pada skala 1–5. Temuan kritis menunjukkan defisit terbesar tidak berada pada aspek desain teknik, melainkan pada aspek keselamatan dan lingkungan perairan (Tabel 2).

Tabel 2. Lima Kompetensi dengan Gap Tertinggi

Peringkat	Kompetensi	Standar	Aktual	Gap
1	Safety Management System (SMS)	5	2,855	2,145
2	Environmental Impact Assessment (EIA)	5	2,909	2,091

3	Hydropower-FPV Integration	4	2,855	1,145
4	Floating Platform Design	4	2,964	1,036
5	Water Level Fluctuation Mgmt	4	2,650	1,350

Temuan ini mengoreksi asumsi awal literatur yang menempatkan *Floating Platform Design* sebagai prioritas utama. Realitas operasional PLTS terapung di waduk aktif menunjukkan bahwa risiko terbesar terletak pada keselamatan kerja di perairan (*marine safety*) dan kepatuhan AMDAL, bukan pada desain struktur apung. Hasil ini selaras dengan laporan World Bank [5] dan IEA [28] yang menyoroti pentingnya aspek keselamatan dan lingkungan dalam proyek FPV skala utilitas.

Tingginya gap pada SMS dan EIA secara fundamental disebabkan oleh DNA historis PLN yang berakar pada pembangkit termal dan hidro konvensional, di mana risiko keselamatan kerja di perairan (*marine safety*) dan dampak ekologis spesifik seperti *shading effect* pada ekosistem waduk tidak pernah ada. Implikasinya, strategi pengembangan SDM tidak dapat lagi mengandalkan kurikulum kelistrikan konvensional, melainkan harus melakukan *paradigm shift* menuju sertifikasi keselamatan maritim dan kepatuhan AMDAL perairan [4], [6].

B. Pembobotan Kriteria AHP

Agregasi Geometric Mean dari 4 pakar menghasilkan bobot kriteria dengan konsistensi sangat tinggi (Tabel 3).

Tabel 3. Bobot Kriteria AHP Hasil Agregasi 4 Pakar

Kode	Kriteria	Tipe	Bobot (w _j)	Peringkat
K2	Sertifikasi relevan EBT	BENEFIT	0,3308	1
K1	Pengalaman proyek EBT	BENEFIT	0,2616	2
K3	Kompetensi manajerial	BENEFIT	0,2060	3
K5	Gap kompetensi teknis	COST	0,1297	4
K4	Kesiapan mobilitas	BENEFIT	0,0718	5
TOTAL			1,000	

Konsistensi: $\lambda_{max}=5,007$; CI = 0,0018; CR = 0,0016 (< 0,10)

Temuan substantif menunjukkan pergeseran paradigma: Sertifikasi Relevan EBT (K2) muncul sebagai prediktor utama kesiapan (0,358), menggeser Pengalaman Proyek EBT (K1) ke peringkat kedua (0,303). Dalam konteks PLTS Terapung Cirata yang merupakan proyek *first-of-its-kind* di Asia Tenggara, validasi formal melalui sertifikasi menjadi proksi yang lebih handal untuk *verified competency* dibandingkan akumulasi tahun pengalaman di proyek fosil konvensional [29], [30]. Kombinasi K1 dan K2 menyerap lebih dari 66% bobot keputusan, menegaskan *dual pillar* kesiapan penugasan

C. Pemeringkatan Kandidat COPRAS

Berdasarkan bobot AHP, dihitung nilai utilitas 55 kandidat. Tabel 4 menyajikan 5 besar kandidat.

Tabel 4. Peringkat 5 Besar Kandidat Penugasan

Ranking	Kode	S+	S-	Ui (%)
1	K-08	0,0167	0,0009	100,00
2	K-36	0,0231	0,0010	97,01
3	K-11	0,0172	0,0010	91,22
4	K-48	0,0166	0,0010	90,56
5	K-38	0,0147	0,0010	88,73

Tabel 5. Komparasi Peringkat Top 5: COPRAS vs. TOPSIS vs. VIKOR

Peringkat	COPRAS	TOPSIS	VIKOR
1	K-08	K-36	K-36
2	K-36	K-08	K-08
3	K-11	K-51	K-11
4	K-48	K-11	K-48
5	K-38	K-48	K-51

K-08 dan K-36 mendominasi puncak peringkat dengan kombinasi ideal: sertifikasi EBT lengkap (K2), pengalaman proyek relevan (K1), dan *gap* kompetensi rendah (K5). Uji sensitivitas dengan skenario perubahan bobot $\pm 20\%$ menunjukkan *stability index* 100% untuk kedua kandidat teratas, membuktikan keunggulan inheren mereka bukan artefak pembobotan. Stabilitas peringkat ini juga mengonfirmasi keunggulan COPRAS dalam menangani kriteria *cost* dibandingkan metode seperti VIKOR yang cenderung lebih sensitif terhadap bobot *cost* ekstrem, sehingga menghasilkan diskriminasi antar-kandidat yang lebih proporsional [13], [19].

D. Segmentasi Kesiapan Clustering

Segmentasi *k-means* ($k = 3$) menghasilkan distribusi tiga kluster yang seimbang, berbeda dengan asumsi polarisasi ekstrem pada studi pendahuluan (Tabel 5).

Tabel 5. Profil Kluster Kesiapan Penugasan

Kluster	Label	Jumlah (n)	%	Rata-rata Ui	Rata-rata Gap	Rekomendasi
1	Sangat Siap	6	10,90%	92,54	0,71	Penugasan Segera / SME
2	Cukup Siap	36	65,50%	72,15	1,02	Bridging Program (1-2 bln)
3	Perlu Pengembangan	13	23,60%	42,80	2,10	Reskilling Intensif (6 bln)

Keberadaan Kluster 2 (Cukup Siap) yang merupakan kelompok terbesar (65,5%) merupakan temuan positif bagi manajemen PLN, karena menyediakan "cadangan talenta" yang dapat dipersiapkan melalui program *bridging* singkat (1–2 bulan) dengan fokus pada kompetensi spesifik, tanpa memerlukan reskilling total. Hasil ini diterjemahkan menjadi strategi penugasan dan pengembangan karier yang diferensial:

Kluster 1 (Sangat Siap - 6 orang): Diarahkan sebagai *Pioneer Team* atau *Subject Matter Expert* (SME). Mereka mendapat penugasan segera dengan mandat *knowledge transfer*.

Kluster 2 (Cukup Siap - 36 orang): Merupakan "cadangan talenta" terbesar. Mereka menjadi target utama program *bridging* singkat (1-2 bulan) yang difokuskan pada sertifikasi SMS dan EIA sebelum penugasan penuh.

Kluster 3 (Perlu Pengembangan - 13 orang): Memerlukan program reskilling intensif (6 bulan) dan rotasi pendampingan (*shadowing*) dengan Kluster 1.

E. Validasi Statistik CVA

CVA memvalidasi pemisahan kluster dan mengidentifikasi variabel diskriminan kritis.

Tabel 6. Hasil Uji Wilks' Lambda

Fungsi	Wilks' Lambda	Chi-Square	df	Sig.
CV1	0.154	118.45	24	0

Nilai Wilks' Lambda = 0,154 dengan $p < 0,001$ menolak hipotesis nol, mengonfirmasi pemisahan kluster signifikan secara statistik [13], [50].

Tabel 7. Structure Coefficients CVA

Peringkat	Kompetensi	Structure Coefficient	Interpretasi
1	C-09 (SMS)	0,87	Pembeda Terkuat
2	C-07 (EIA)	0,81	Pembeda Kuat
3	C-02 (WLFM)	0,76	Pembeda Signifikan
4	C-01 (FPD)	0,62	Moderat

Temuan CVA mengonfirmasi dan memperkuat hasil AGK: SMS dan EIA adalah diskriminator utama kesiapan. Konvergensi antara temuan AHP (Sertifikasi sebagai prediktor utama) dan CVA (SMS & EIA sebagai diskriminator) menghasilkan sintesis strategis: sertifikasi yang paling membedakan kandidat adalah sertifikasi keselamatan kerja perairan (SMS) dan AMDAL waduk (EIA).

F. Implikasi Strategis

Fungsi klasifikasi CV1 diintegrasikan ke dalam HXMS PLN melalui mekanisme *Application Programming Interface* (API). Kebutuhan data mencakup skor *assessment* Dirkom terkini dan riwayat sertifikasi dari modul *Learning Management System* (LMS). Mekanisme pembaruan (*update*) model dirancang secara otomatis: skor CV1 karyawan akan ter-recalculate setiap kali ada pembaruan data kompetensi (misalnya saat siklus *Performance Appraisal* tahunan atau ketika karyawan mengunggah sertifikat EBT baru), memungkinkan *screening* kesiapan penugasan secara *real-time* tanpa intervensi manual.

Simpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan model penugasan karyawan berbasis kompetensi untuk proyek PLTS Terapung Cirata melalui integrasi AGK, AHP, COPRAS, *k-means clustering*, dan CVA. Temuan empiris mengoreksi asumsi awal bahwa defisit terbesar berada pada desain teknik; data membuktikan bahwa kesenjangan paling kritis justru terletak pada aspek keselamatan dan lingkungan perairan, yaitu *Safety Management System* (gap 2,145) dan *Environmental Impact Assessment* (gap 2,091), yang mencerminkan perlunya pergeseran DNA operasional SDM PLN. Agregasi penilaian 4 pakar menghasilkan bobot AHP yang sangat konsisten ($CR = 0,0016$) dengan dominasi Sertifikasi Relevan EBT sebagai prediktor utama kesiapan, menggeser pengalaman proyek ke peringkat kedua. Metode COPRAS terbukti unggul dalam menangani kriteria *cost* secara proporsional,

mengidentifikasi K-08 dan K-36 sebagai talenta puncak yang stabil bahkan pada uji komparasi dengan TOPSIS dan VIKOR. Segmentasi *k-means* menghasilkan distribusi tiga klaster yang seimbang (6 Sangat Siap, 36 Cukup Siap, 13 Perlu Pengembangan), yang memberikan landasan bagi strategi intervensi pengembangan SDM yang diferensial. Validasi statistik melalui CVA (Wilks' Lambda = 0,154, $p < 0,001$) mengonfirmasi SMS dan EIA sebagai diskriminator utama, sekaligus menghasilkan fungsi klasifikasi yang dapat diotomatisasi dalam sistem HXMS PLN untuk penyaringan kesiapan secara *real-time*. Meskipun model ini terbukti *robust*, penelitian ini memiliki keterbatasan pada ukuran sampel dan fokus pada kompetensi teknis, sehingga penelitian lanjutan disarankan untuk menguji transferabilitas model pada proyek EBT lainnya, mengintegrasikan aspek *soft competency*, serta melakukan validasi longitudinal pasca-implementasi penugasan.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu menjadi perhatian dalam interpretasi dan generalisasi hasil. Pertama, jumlah responden yang digunakan (55 karyawan dan 4 pakar) relatif terbatas untuk konteks proyek PLTS Terapung Cirata; penelitian lanjutan disarankan memperluas jumlah responden dan melibatkan pakar dari unit kerja PLN lainnya guna meningkatkan generalisasi hasil. Kedua, model penugasan yang dikembangkan spesifik untuk konteks PLTS terapung; pengujian pada proyek EBT lain seperti PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu), PLTP (geothermal), atau PLTS terestrial diperlukan untuk menguji transferabilitas model. Ketiga, kriteria penugasan dalam penelitian ini berfokus pada kompetensi teknis (hard competency); penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan aspek soft competency seperti kepemimpinan, adaptabilitas, dan kemampuan kerja tim lintas budaya organisasi, mengingat karakteristik proyek first-of-its-kind yang menuntut kemampuan kolaborasi tinggi. Keempat, keunggulan COPRAS dibandingkan metode MCDM kompromi lain seperti TOPSIS, VIKOR, atau PROMETHEE dalam penelitian ini masih bersifat justifikasi konseptual; penelitian lanjutan disarankan melakukan uji komparatif empiris terhadap metode-metode tersebut untuk menguji kestabilan dan konsistensi hasil pemeringkatan kandidat. Kelima, validasi model saat ini bersifat cross-sectional; penelitian longitudinal diperlukan untuk mengevaluasi efektivitas model setelah implementasi penugasan aktual, termasuk mengukur korelasi antara skor kesiapan (CV1) dengan kinerja aktual karyawan pascapenugasan di lapangan.

Daftar Pustaka

- [1] Government of Indonesia, "Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional," 2014, *Jakarta*.
- [2] Government of Indonesia, "Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik," 2022, *Jakarta*.
- [3] PT PLN Nusantara Power, "Annual Report 2024: Energy Transition and Sustainability Performance," Surabaya, 2024.
- [4] P. Ramanan, R. Krishnakumar, and R. Ramaprabha, "Performance enhancement of floating photovoltaic systems: A comprehensive review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 189, p. 113987, 2024.
- [5] World Bank and ESMAP and SERIS, *Where Sun Meets Water: Floating Solar Handbook for Practitioners*. Washington, D.C.: World Bank Group, 2019.
- [6] L. Liu, Q. Wang, and C. Ma, "A comprehensive review of floating solar plants: Technology, challenges, and future prospects," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 168, p. 112820, 2022.
- [7] PT PLN (Persero), "Strategic Human Capital Roadmap 2022-2026," Jakarta, 2022.
- [8] R. A. Noe, J. R. Hollenbeck, B. Gerhart, and P. M. Wright, *Human Resource Management: Gaining a Competitive Advantage*, 13th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2022.
- [9] L. M. Spencer and S. M. Spencer, *Competence at Work: Models for Superior Performance*. New York: John Wiley & Sons, 1993.
- [10] D. D. Dubois and W. J. Rothwell, *Competency-Based Human Resource Management*. Palo Alto: Davies-Black Publishing, 2004.
- [11] T. L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York: McGraw-Hill, 1980.
- [12] T. L. Saaty, "Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary?," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 145, no. 1, pp. 85–91, 2003.
- [13] E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas, and V. Šarka, "The new method of multicriteria complex proportional assessment of projects," *Technol. Econ. Dev. Econ.*, vol. 1, no. 3, pp. 131–139, 1994.
- [14] I. N. Paraya and U. Ciptomulyono, "Assignment of surveyor on ship periodic survey using AHP and COPRAS method," *Int. J. Entrep. Bus. Dev.*, vol. 5, no. 4, pp. 1–10, 2022.
- [15] P. Apascari and M. M. Elvira, "Dynamizing human resources: An integrative review of {SHRM} and dynamic capabilities research," *Hum. Resour. Manag. Rev.*, vol. 32, no. 4, p. 100878, 2022.
- [16] J. W. Creswell and V. L. P. Clark, *Designing and Conducting Mixed Methods Research*, 3rd ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2017.

- [17] F. Ecer, "A comparison of websites of banks in Turkey using analytic hierarchy process and {COPRAS-G} methods," *Technol. Econ. Dev. Econ.*, vol. 20, no. 2, pp. 248–269, 2014.
- [18] S. Goswami and S. Mitra, "Selection of the most suitable smartphone model using integrated {COPRAS} and {ARAS} {MCDM} methods," *Int. J. Data Netw. Sci.*, vol. 4, no. 4, pp. 715–728, 2020.
- [19] M. Keshavarz-Ghorabae, M. Amiri, E. K. Zavadskas, Z. Turskis, and J. Antucheviciene, "Multi-criteria personnel evaluation and selection using an objective pairwise adjusted ratio analysis," *Econ. Comput. Econ. Cybern. Stud. Res.*, vol. 58, no. 2, pp. 5–26, 2024.
- [20] J. MacQueen, "Some methods for classification and analysis of multivariate observations," in *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, University of California Press, 1967, pp. 281–297.
- [21] S. Lloyd, "Least squares quantization in {PCM}," *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. 28, no. 2, pp. 129–137, 1982.
- [22] P. J. Rousseeuw, "Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis," *J. Comput. Appl. Math.*, vol. 20, pp. 53–65, 1987.
- [23] J. Han, M. Kamber, and J. Pei, *Data Mining: Concepts and Techniques*, 3rd ed. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2011.
- [24] J. F. Hair, W. C. Black, B. J. Babin, and R. E. Anderson, *Multivariate Data Analysis*, 8th ed. Harlow: Pearson Education, 2019.
- [25] B. G. Tabachnick and L. S. Fidell, *Using multivariate statistics*, 7th ed. New York: Pearson, 2019.
- [26] A. C. Rencher and W. F. Christensen, *Methods of Multivariate Analysis*, 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, 2012.
- [27] G. J. McLachlan, *Discriminant Analysis and Statistical Pattern Recognition*. New York: John Wiley & Sons, 2004.
- [28] IEA, *World Energy Employment 2022*. Paris: IEA, 2022.
- [29] A. Salehzadeh, M. Fathi, and A. Jafarzadeh, "A systematic review of multi-criteria decision-making methods in human resource management," *Expert Syst. Appl.*, vol. 235, p. 121189, 2024.
- [30] M. Emrouznejad and I. Falagara Sigala, "An analytic hierarchy process: A comprehensive and updated bibliometric analysis," *Scientometrics*, vol. 128, no. 10, pp. 5735–5765, 2023.