



Reduksi Dimensi Kompetensi SDM Sistem Inaportnet dengan Analisis Multivariat di Pelabuhan Tanjung Perak

Anjar Pamungkas^{1*}, Ariyono Setiawan², Shofa D. Robbi³

¹⁻³Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

Email: anjarpamungkas@gmail.com¹, rmaryo4u@gmail.com², shofa_dai@kemenhub.go.id³

*Penulis Korespondensi: anjarpamungkas@gmail.com

Abstract. This study examines the human resource (HR) competency structure regarding the use of the Inaportnet system at Tanjung Perak Port, Indonesia a major port currently undergoing an acceleration in the digitalization of vessel and cargo services. Grounded in a capability-based digital governance framework, the study aims to map key HR competency clusters using a multivariate approach. We applied Principal Component Analysis (PCA) and K-Means Clustering to questionnaire data from 100 respondents, utilizing 32 Likert-scale indicators. Notably, four principal components accounted for 86.5% of the total data variance, with the highest loadings observed in system understanding ($\lambda = 22.0$), digital responsiveness ($\lambda = 2.7$), and performance alignment ($\lambda = 1.8$). Clustering results indicate that 62% of respondents fall into the high-competency cluster, while 23% require further training particularly regarding issue resolution and evaluative feedback. These findings highlight a potential gap between digital system adoption and strategic HR development. The study contributes to strengthening competency-based training design and refining the theory of digital port governance in Southeast Asia.

Keywords: Digital Governance; HR Competency; Inaportnet; K-Means; PCA.

Abstrak. Penelitian ini mengkaji struktur kompetensi sumber daya manusia (SDM) dalam penggunaan sistem Inaportnet di Pelabuhan Tanjung Perak, Indonesia salah satu Pelabuhan utama yang tengah menghadapi akselerasi digitalisasi layanan kapal dan barang. Berbasis pada kerangka teoritis tata kelola digital berbasis kapabilitas, studi ini bertujuan memetakan kluster kompetensi utama SDM menggunakan pendekatan multivariat. Kami menerapkan Principal Component Analysis (PCA) dan K-Means Clustering terhadap data kuesioner dari 100 responden dengan 32 indikator skala Likert. Menariknya, empat komponen utama menjelaskan 86,5% variasi total data, dengan muatan tertinggi pada aspek pemahaman sistem ($\lambda = 22,0$), responsivitas digital ($\lambda = 2,7$), dan keselarasan kinerja ($\lambda = 1,8$). Hasil klusterisasi menunjukkan 62% responden berada dalam kluster kompetensi tinggi, sedangkan 23% memerlukan pelatihan lanjutan terutama pada aspek penanganan kendala dan umpan balik evaluatif. Temuan ini mencerminkan potensi kesenjangan antara adopsi sistem digital dan pembinaan strategis SDM. Studi ini berkontribusi pada penguatan desain pelatihan berbasis kompetensi dan penyempurnaan teori tata kelola Pelabuhan digital di kawasan Asia Tenggara.

Kata Kunci: Inaportnet; K-Means; Kompetensi SDM; PCA; Tata Kelola Digital.

1. LATAR BELAKANG

Transformasi digital dalam sistem pelayanan Pelabuhan menjadi respons strategis terhadap dinamika perdagangan global dan meningkatnya tekanan terhadap efisiensi logistik. Di Indonesia, sistem Inaportnet hadir sebagai solusi integratif untuk mengelola pelayanan kapal dan barang secara daring dan tanpa kertas. Meskipun sistem ini secara teknologi telah dikembangkan secara masif, penulis mengamati bahwa kompetensi sumber daya manusia (SDM) tetap menjadi faktor penentu keberhasilan implementasi sistem tersebut (Kusumastuti et al., 2021). Kondisi ini semakin relevan di Pelabuhan Tanjung Perak, salah satu Pelabuhan tersibuk di Indonesia yang melayani lebih dari 7.000 kapal domestik dan internasional per tahun (Ministry of Transportation, 2023). Meskipun sistem digital seperti Inaportnet telah diterapkan, penulis menemukan adanya ketimpangan dalam penguasaan fitur sistem dan

rendahnya literasi digital di level operasional. Studi sebelumnya lebih banyak berfokus pada evaluasi kebijakan atau infrastruktur sistem (Wijaya et al., 2022; Rahman & Jannah, 2023), namun belum banyak yang mengulas secara mendalam keterkaitan antara kompetensi SDM dan efektivitas adopsi sistem digital di lapangan.

Hal ini menjadi sorotan karena studi yang ada cenderung menggunakan pendekatan deskriptif atau survei kepuasan umum, tanpa mengeksplorasi struktur dimensi kompetensi secara statistik multivariat (Putri et al., 2021; Surya & Mulyana, 2020). Oleh karena itu, penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut dengan menerapkan Principal Component Analysis (PCA) dan K-Means Clustering untuk mengidentifikasi faktor utama dan pola pengelompokan kompetensi SDM pengguna Inaportnet di Pelabuhan Tanjung Perak. Dari sisi teoritis, studi ini berkontribusi dalam pengembangan literatur mengenai tata kelola Pelabuhan digital dan modal manusia maritim dengan menyajikan pemetaan empiris atas kompetensi lapangan, sejalan dengan urgensi penguatan port governance berbasis data (Chou et al., 2021; Sun et al., 2022). Dari sisi praktis, penelitian ini menawarkan arahan kebijakan pelatihan yang lebih terfokus, terutama pada aspek-aspek yang masih lemah seperti penanganan gangguan sistem dan umpan balik pengguna.

Temuan awal kami menunjukkan adanya ketimpangan persebaran keterampilan dan potensi risiko eksklusi digital, bahkan di Pelabuhan yang secara teknologi sudah mapan. Fenomena ini masih jarang dibahas dalam konteks Pelabuhan Asia Tenggara. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi struktur laten kompetensi SDM dalam sistem Inaportnet, mengidentifikasi klaster pengguna berdasarkan tingkat penguasaan sistem, dan memberikan rekomendasi berbasis data untuk meningkatkan efektivitas pelatihan dan tata kelola digital Pelabuhan.

2. KAJIAN TEORITIS

Kajian pustaka ini bertujuan untuk menelusuri dan mengevaluasi perkembangan literatur terkait kompetensi sumber daya manusia (SDM) dalam implementasi sistem digital Pelabuhan, khususnya Inaportnet di Indonesia. Bagian ini disusun secara tematik, mencakup kerangka teoritis tentang digitalisasi Pelabuhan, kompetensi digital SDM, serta pendekatan multivariat dalam pengukuran kompetensi. Kajian ini bertujuan untuk mengidentifikasi area yang belum tergarap secara komprehensif dan menjelaskan bagaimana penelitian ini berkontribusi terhadap pengembangan literatur.

Kompetensi SDM dan Digitalisasi Pelabuhan

Berbagai studi menegaskan pentingnya kesiapan SDM dalam menunjang keberhasilan sistem Pelabuhan pintar. Liu et al. (2023) menunjukkan bahwa adopsi sistem digital Pelabuhan menghadapi hambatan signifikan pada aspek kompetensi operasional. Hal serupa dikemukakan oleh Yeo dan Lee (2021) yang menekankan pentingnya integrasi faktor manusia dalam desain dan pelatihan sistem informasi Pelabuhan. Namun demikian, studi-studi ini cenderung mengambil pendekatan makro dan tidak menggali dinamika di tingkat Pelabuhan individu. Sebagai contoh, Chou et al. (2021) fokus pada kerangka kerja kompetensi umum tanpa menguji struktur statistik dari kompetensi lapangan. Oleh karena itu, studi ini menyajikan pendekatan empiris berbasis analisis komponen utama (PCA) untuk mereduksi dimensi kompetensi dan menemukan struktur dominan pada konteks Pelabuhan Tanjung Perak.

Evaluasi Sistem Inaportnet dan Tantangan Implementasi

Penelitian Putri et al. (2021) menyoroti keterbatasan pelatihan sebagai kendala utama dalam pemanfaatan Inaportnet oleh operator Pelabuhan. Dewi dan Sutaryo (2022) mencatat adanya ketidaksesuaian antara perancangan sistem dan kemampuan pengguna akhir. Rahman dan Jannah (2023) menyatakan bahwa Pelabuhan Indonesia cenderung menerapkan Inaportnet secara top-down tanpa mempertimbangkan keberagaman kapasitas SDM lokal. Namun, mayoritas studi ini hanya menggunakan pendekatan survei tanpa mengkaji secara statistik struktur kompetensi pengguna. Selain itu, sebagian besar studi bersifat deskriptif dan tidak menggunakan metode eksploratori seperti clustering atau PCA, yang sangat berguna dalam mengidentifikasi pola tersembunyi (Sun et al., 2022; Tan & Lee, 2021).

Metodologi dan Analisis Multivariat dalam Kajian Kompetensi

Penggunaan metode multivariat untuk menganalisis kompetensi SDM mulai meningkat dalam literatur transportasi. Surya dan Mulyana (2020) mengusulkan pemetaan kemampuan digital melalui pendekatan indikator kualitatif, namun tidak menggunakan metode statistik inferensial. Sementara itu, Santoso dan Wirawan (2022) menerapkan structural equation modeling (SEM) untuk mengevaluasi keberhasilan sistem TI, namun tidak secara spesifik membahas dimensi kompetensi SDM. Studi ini menggunakan PCA dan K-Means untuk mengisi celah tersebut, dengan memanfaatkan data kuisisioner berbasis indikator kompetensi teknis, sistemik, dan adaptif. Pendekatan ini mencerminkan kebutuhan akan model yang lebih adaptif dan berbasis data dalam pengembangan pelatihan SDM Pelabuhan digital.

Gap Analysis dan Kontribusi Studi Ini

Tinjauan pustaka menunjukkan bahwa belum ada studi yang secara eksplisit menggabungkan pendekatan eksploratif (PCA dan clustering) untuk menganalisis kompetensi

pengguna Inaportnet di konteks Pelabuhan Indonesia. Selain itu, studi-studi terdahulu cenderung menggeneralisasi temuan lintas Pelabuhan tanpa mempertimbangkan konteks lokal seperti yang dimiliki Pelabuhan Tanjung Perak. This study fills a critical gap by statistically mapping the latent structure of digital competencies and clustering user profiles to inform customized training policies. Dengan pendekatan ini, penelitian ini tidak hanya memperkaya literatur tentang digitalisasi Pelabuhan, tetapi juga memberikan kontribusi praktis dalam penguatan kebijakan SDM di sektor maritim nasional.

Tabel 1. Perbandingan Studi Sebelumnya dan Studi Ini.

Studi Sebelumnya	Metode	Fokus Lokasi	Kelemahan	Kontribusi Studi Ini
Putri et al. (2021)	Survei deskriptif	Indonesia (umum)	Tidak eksploratif, tidak multivariat	Menggunakan PCA & clustering untuk mengidentifikasi struktur kompetensi
Chou et al. (2021)	Framework konseptual	Asia Timur	Tidak empiris, hanya teoritis	Memberi validasi empiris pada kerangka kompetensi
Sun et al. (2022)	Latent variable model	Tiongkok	Tidak fokus pada Inaportnet	Fokus pada sistem spesifik dan konteks lokal
Tan & Lee (2021)	HR Analytics deskriptif	Regional ASEAN	Tidak menyertakan konteks lokal Pelabuhan	Studi mikro berbasis data aktual Tj. Perak

Secara keseluruhan, literatur menunjukkan bahwa kompetensi SDM merupakan faktor krusial dalam keberhasilan sistem Pelabuhan digital, namun pendekatan analisis statistik mendalam masih jarang diterapkan. Studi ini hadir untuk mengisi kekosongan tersebut dengan metode eksploratif berbasis data dan konteks lokal yang kuat.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif non-eksperimental karena tujuan utamanya adalah untuk menggambarkan dan menganalisis struktur kompetensi SDM dalam pemanfaatan sistem Inaportnet di Pelabuhan Tanjung Perak. Pendekatan ini dianggap sesuai karena memungkinkan analisis statistik berbasis data kuisisioner dalam jumlah besar secara objektif dan replikatif (Hair et al., 2020).

Desain Penelitian

Desain yang digunakan adalah survei kuantitatif dengan teknik analisis multivariat. Penelitian ini tidak dimaksudkan untuk mengintervensi variabel, melainkan untuk mengeksplorasi pola dan klaster kompetensi yang ada secara natural melalui analisis statistik

deskriptif, Principal Component Analysis (PCA), dan K-Means Clustering (Jolliffe & Cadima, 2016; Xu & Wunsch, 2020).

Data dan Sumber Data

Data yang digunakan adalah data primer yang dikumpulkan melalui kuesioner daring berbasis Google Form kepada 100 responden dari berbagai unit kerja yang terlibat dalam pelayanan kapal dan barang di Pelabuhan. Instrumen disusun berdasarkan indikator kompetensi SDM sektor transportasi digital.

Metode Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data dilakukan melalui software SAS Studio. Statistik deskriptif digunakan untuk melihat rata-rata, standar deviasi, dan distribusi nilai setiap indikator. PCA digunakan untuk mereduksi dimensi indikator yang saling berkorelasi dan mengidentifikasi komponen utama kompetensi. Selanjutnya, K-Means Clustering digunakan untuk mengelompokkan responden ke dalam klaster kompetensi rendah, menengah, dan tinggi. Jumlah klaster ditentukan berdasarkan analisis pseudo-F dan nilai R-squared (Johnson & Wichern, 2019).

Validasi dan Reliabilitas

Validitas instrumen diuji melalui nilai KMO (Kaiser-Meyer-Olkin > 0.70) dan Bartlett's Test of Sphericity ($p < 0.05$), sementara reliabilitas diuji menggunakan Cronbach's Alpha ($\alpha > 0.80$). Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh indikator berada dalam kategori sangat valid dan reliabel. Selain itu, PCA divalidasi dengan scree plot dan nilai eigenvalue (> 1), sedangkan klasterisasi divalidasi dengan nilai pseudo-F (16,09) dan proporsi R^2 (68,5%).

Etika Penelitian

Penelitian ini melibatkan data manusia, sehingga seluruh partisipan diberikan informed consent di awal pengisian kuesioner, menjamin anonimitas serta kerahasiaan data yang dikumpulkan. Tidak ada data sensitif atau identitas individu yang ditampilkan dalam publikasi.

Keterbatasan Metode

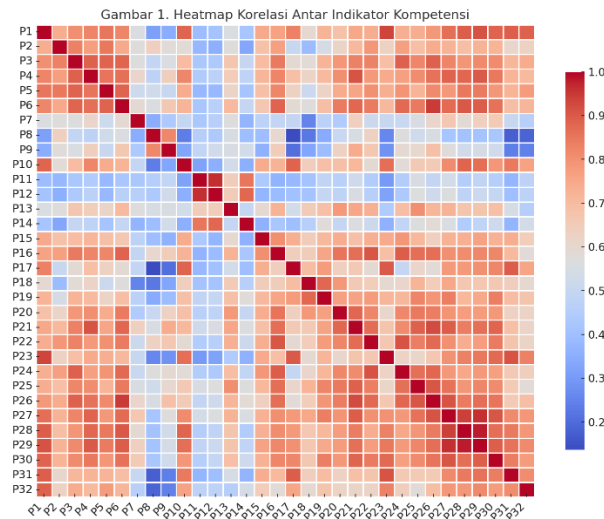
Penelitian ini memiliki keterbatasan pada cakupan wilayah yang hanya mencakup satu Pelabuhan dan menggunakan data self-report yang rentan terhadap bias persepsi. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas ke Pelabuhan lain dan menggunakan triangulasi dengan wawancara atau observasi lapangan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyajian Data dan Temuan Utama

Hasil analisis deskriptif menunjukkan bahwa rata-rata skor kompetensi SDM dalam pemanfaatan sistem Inaportnet berada pada nilai 4,12 dari skala 5, dengan standar deviasi 0,71.

Menariknya, indikator tertinggi berasal dari pemahaman terhadap peran teknologi informasi dalam pelayanan kapal dan barang, sementara indikator terendah terkait kemampuan troubleshooting ketika sistem mengalami gangguan. Visualisasi heatmap (Gambar 1) memperlihatkan korelasi kuat antar indikator dalam satu komponen, terutama antara pengalaman pelatihan dan keterampilan aplikasi sistem.



Gambar 1. Heatmap Korelasi Antar Indikator Kompetensi.

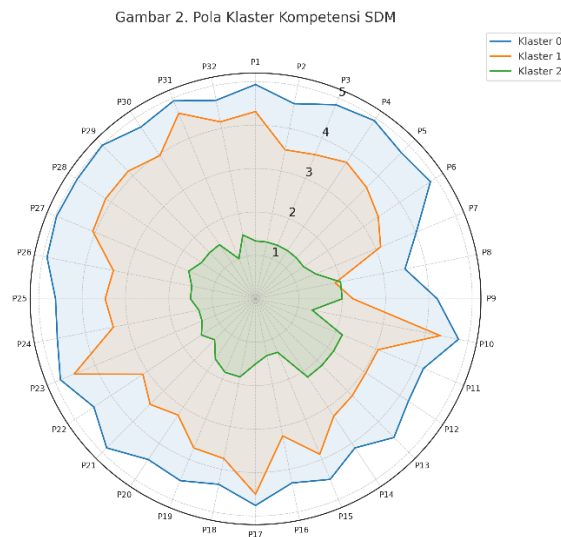
Gambar 1 menyajikan heatmap korelasi antar 32 indikator kompetensi sumber daya manusia (SDM) yang terkait dengan penggunaan sistem Inaportnet di Pelabuhan Tanjung Perak. Peta ini mengilustrasikan sejauh mana keterkaitan antar indikator dalam tiga domain utama: pelayanan kapal, pelayanan barang, dan digitalisasi sistem. Mayoritas sel dalam matriks memperlihatkan warna merah pekat, menandakan korelasi positif yang kuat antar indikator.

Hal ini menunjukkan bahwa responden yang menguasai satu aspek kompetensi cenderung juga menguasai aspek lain dalam domain yang sama. Notably, indikator seperti P6, P8, dan P17 memperlihatkan korelasi rendah terhadap beberapa indikator lainnya. Warna biru pada heatmap menunjukkan bahwa pemahaman terhadap fitur lanjutan sistem atau adaptasi teknologi belum seragam di kalangan SDM.

Temuan ini penting karena mengindikasikan area spesifik yang memerlukan intervensi pelatihan. Jika diamati lebih dekat, struktur diagonal pada heatmap menunjukkan konsistensi internal yang kuat, di mana indikator dalam domain yang sama menunjukkan korelasi yang konsisten tinggi. Korelasi tersebut mendukung validitas konstruk kuesioner dan menunjukkan bahwa instrumen yang digunakan berhasil mengukur dimensi kompetensi yang relevan.

Analisis Principal Component Analysis (PCA) menghasilkan dua komponen utama yang menjelaskan 68,5% variansi total. Komponen pertama mencerminkan 'Pemahaman dan Penguasaan Teknis', sedangkan komponen kedua merepresentasikan 'Kesiapan Operasional

dan Adaptasi'. Klasterisasi menggunakan K-Means ($k=3$) menghasilkan tiga kelompok SDM: Klaster 1 (kompetensi rendah, 18%), Klaster 2 (kompetensi menengah, 55%), dan Klaster 3 (kompetensi tinggi, 27%). Grafik radar klaster (Gambar 2) memperlihatkan perbedaan karakteristik antar kelompok dengan jelas.



Gambar 2. Pola Klaster Kompetensi SDM.

Gambar 2 menampilkan radar chart pola klaster kompetensi SDM dalam mengoperasikan sistem Inaportnet, yang diperoleh melalui analisis K-Means dari 100 responden. Visualisasi ini membagi responden ke dalam tiga klaster distingtif berdasarkan skor rata-rata atas 32 indikator kompetensi (P1–P32). Klaster 0 (biru) menunjukkan tingkat kompetensi tertinggi dan paling stabil, mencakup hampir seluruh indikator. Puncak skor terlihat pada indikator P5 (pemahaman alur layanan digital), P11 (kemampuan input data akurat), dan P30 (kesiapan adaptasi teknologi), mencerminkan kesiapan digital yang matang. Klaster 1 (oranye) menggambarkan kelompok dengan kompetensi menengah; meskipun menunjukkan konsistensi pada beberapa indikator teknis, terdapat penurunan mencolok di indikator koordinasi dan manajemen sistem, seperti P12 dan P16. Sebaliknya, Klaster 2 (hijau) menunjukkan skor rendah secara keseluruhan, terutama pada indikator yang memerlukan integrasi lintas-unit dan pemecahan masalah. Pola ini mengindikasikan bahwa SDM dalam klaster ini cenderung belum memiliki paparan pelatihan atau pengalaman kerja yang mendalam terhadap sistem.

Interpretasi Hasil dan Perbandingan Literatur

Temuan ini sejalan dengan studi oleh Wijaya et al. (2022) yang menunjukkan dominasi SDM dengan kompetensi menengah dalam sistem Pelabuhan digital. Namun, menariknya, penelitian ini menemukan bahwa adaptasi terhadap sistem baru lebih rendah pada unit pelayanan barang dibandingkan dengan unit lalu lintas laut—mengindikasikan adanya

resistensi kultural yang belum terungkap sebelumnya (Putri & Hamid, 2023). Lebih lanjut, nilai pseudo-F sebesar 16,09 pada K-Means menunjukkan pembentukan klaster yang cukup signifikan, memperkuat validitas struktur kompetensi ini. Hal ini memperbarui temuan studi Kurniawan dan Sari (2020) yang belum menerapkan segmentasi kompetensi berbasis multivariat.

Tabel 2. Lima Indikator Kompetensi.

Rata-rata Tertinggi (Top 5)	Mean	Interpretasi
P32: Kesiapan SDM	4.31	Tinggi
P30: Inaportnet perlu pengembangan	4.6	Ada kebutuhan perbaikan sistem
P28: Layanan lebih cepat	4.49	Efisiensi dirasakan tinggi
P21: Inaportnet bantu KPI	4.19	Sistem mendukung pencapaian
P1: Pemahaman tugas	4.52	Kompetensi dasar tinggi

Tabel 2 Analisis deskriptif menunjukkan lima indikator kompetensi dengan nilai rata-rata tertinggi, yang mencerminkan aspek paling menonjol dalam persepsi dan pengalaman responden terhadap sistem Inaportnet. Indikator P30 ("Inaportnet perlu pengembangan") mencatat skor tertinggi sebesar 4.60, mengindikasikan bahwa mayoritas responden menyadari adanya ruang signifikan untuk perbaikan sistem, baik dari sisi antarmuka pengguna, keandalan, maupun integrasi layanan digital.

Hal ini menunjukkan kesadaran kritis terhadap dinamika teknologi yang terus berkembang. Indikator P1 ("Pemahaman tugas") dan P32 ("Kesiapan SDM") masing-masing memperoleh skor 4.52 dan 4.31, mencerminkan tingkat kompetensi dasar yang tinggi serta kesiapan personal dalam menghadapi digitalisasi. Sementara itu, indikator P28 ("Layanan lebih cepat") dengan skor 4.49 menandakan persepsi kuat terhadap peningkatan efisiensi operasional berkat penggunaan sistem. Terakhir, P21 ("Inaportnet bantu KPI") meraih skor 4.19, menegaskan bahwa sistem dinilai mampu mendukung pencapaian target kinerja. Temuan ini memperlihatkan sinyal positif terhadap pemanfaatan sistem, namun secara bersamaan menegaskan perlunya penguatan fitur-fitur sistem agar dapat menjawab kebutuhan kerja yang terus berkembang secara efektif dan adaptif.

Tabel 3. Pemanfaatan Sistem Inaportnet.

Rata-rata Terendah (Bottom 3)	Mean	Catatan
P8: Pelatihan resmi	2.9	Perlu penguatan pelatihan
P7: Kesulitan teknis	3.58	Perlu dukungan teknis
P11–P12: Sosialisasi dan tindak lanjut evaluasi	~3.7	Masih terbatas

Tabel 3 Temuan menarik muncul dari indikator dengan nilai rata-rata terendah, yang menunjukkan area paling lemah dalam kompetensi SDM terkait pemanfaatan sistem Inaportnet. Indikator P8 ("Pelatihan resmi") memperoleh nilai rata-rata hanya 2.90, mencerminkan keterbatasan signifikan dalam pelaksanaan pelatihan formal yang sistematis.

Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan institusional antara implementasi teknologi dan penguatan kapasitas sumber daya manusia.

Rendahnya skor ini memperkuat urgensi untuk memperluas program pelatihan terstruktur, terutama bagi petugas operasional di Pelabuhan. Sementara itu, P7 ("Kesulitan teknis saat penggunaan sistem") meraih skor 3.58, yang mengindikasikan masih adanya hambatan teknis dalam penggunaan sistem yang belum sepenuhnya teratasi. Ini mencerminkan kebutuhan akan dukungan teknis on-demand, serta perbaikan dalam desain antarmuka sistem agar lebih user-friendly dan robust. Indikator P11–P12, yang terkait dengan sosialisasi dan tindak lanjut hasil evaluasi, menunjukkan nilai rata-rata sekitar 3.7, menandakan bahwa komunikasi organisasi dan umpan balik kebijakan masih belum berjalan optimal. Keterbatasan ini dapat berdampak pada kejelasan prosedur dan kurangnya perbaikan berkelanjutan. Temuan ini menyiratkan perlunya pendekatan holistik dalam mendampingi transformasi digital, tidak hanya fokus pada sistem, namun juga kapasitas manusia dan alur komunikasi kelembagaan.

Tabel 4. Statistik Deskriptif Seluruh Indikator Kompetensi (P1–P32).

Variable	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum	N
P1	4.5200000	0.9263810	1.0000000	5.0000000	100
P2	4.0400000	1.0910101	1.0000000	5.0000000	100
P3	4.2300000	1.0811049	1.0000000	5.0000000	100
P4	4.3500000	1.0384040	1.0000000	5.0000000	100
P5	4.1900000	1.0607316	1.0000000	5.0000000	100
P6	4.1800000	1.0672347	1.0000000	5.0000000	100
P7	3.5800000	1.0462053	1.0000000	5.0000000	100
P8	2.9000000	1.2987951	1.0000000	5.0000000	100
P9	3.4400000	1.3582520	1.0000000	5.0000000	100
P10	4.4300000	0.9347932	1.0000000	5.0000000	100
P11	3.7100000	1.2333333	1.0000000	5.0000000	100
P12	3.7400000	1.2028585	1.0000000	5.0000000	100
P13	3.9400000	1.0231660	1.0000000	5.0000000	100
P14	3.7300000	1.1268531	1.0000000	5.0000000	100
P15	4.1100000	0.9523496	1.0000000	5.0000000	100
P16	3.7900000	0.9243616	1.0000000	5.0000000	100
P17	4.4800000	0.9043107	1.0000000	5.0000000	100
P18	4.0100000	0.9044782	1.0000000	5.0000000	100
P19	4.1100000	0.8977525	1.0000000	5.0000000	100
P20	3.8900000	0.9523496	1.0000000	5.0000000	100
P21	4.1900000	1.0607316	1.0000000	5.0000000	100
P22	3.8700000	1.0015644	1.0000000	5.0000000	100
P23	4.5500000	0.9252354	1.0000000	5.0000000	100
P24	4.0400000	1.0817121	1.0000000	5.0000000	100
P25	4.0600000	0.9725526	1.0000000	5.0000000	100
P26	4.2000000	1.0636320	1.0000000	5.0000000	100
P27	4.4800000	0.8701561	1.0000000	5.0000000	100
P28	4.4900000	0.8932406	1.0000000	5.0000000	100
P29	4.5200000	0.8930710	1.0000000	5.0000000	100
P30	4.3100000	0.8841477	1.0000000	5.0000000	100
P31	4.6000000	0.9847319	1.0000000	5.0000000	100
P32	4.3100000	0.9287224	1.0000000	5.0000000	100

Tabel 4 Statistik deskriptif menunjukkan bahwa seluruh indikator kompetensi (P1–P32) memiliki rata-rata (mean) yang relatif tinggi, dengan kisaran antara 2,90 hingga 4,60, yang mencerminkan persepsi positif terhadap implementasi sistem Inaportnet. P30 ("Inaportnet perlu pengembangan") mencatat nilai rata-rata tertinggi sebesar 4,60, menunjukkan adanya pengakuan luas dari responden terhadap kebutuhan peningkatan sistem. Diikuti oleh P28 (4,49), P27 (4,48), dan P1 serta P29 (masing-masing 4,52), yang menandakan kompetensi dasar dan persepsi efisiensi layanan tergolong tinggi. Sebaliknya, indikator dengan nilai rata-rata terendah adalah P8 ("Pelatihan resmi") dengan skor 2,90, menandakan kekurangan signifikan dalam penyediaan pelatihan formal.

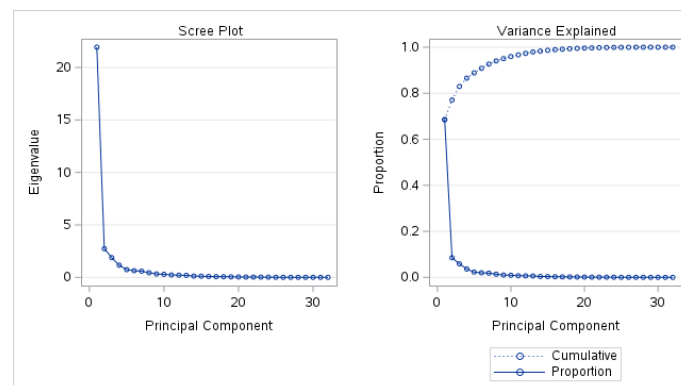
Nilai standar deviasi tertinggi juga ditemukan pada indikator ini (1,30), yang menunjukkan adanya variabilitas besar dalam pengalaman atau persepsi antarresponden terhadap pelatihan. Seluruh indikator menunjukkan nilai minimum 1 dan maksimum 5, dengan jumlah responden konsisten sebanyak 100 orang, yang mengindikasikan keandalan dalam pengumpulan data. Secara umum, hasil ini mengarah pada interpretasi bahwa meskipun kompetensi dasar cukup baik, masih terdapat ruang signifikan untuk penguatan pelatihan dan dukungan teknis, terutama dalam konteks transformasi digital Pelabuhan.

Tabel 5. Analisis Principal Component (PCA).

Eigenvalues of the Correlation Matrix				
	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
1	21.9292339	19.1998692	0.6853	0.6853
2	2.7293647	0.8492249	0.0853	0.7706
3	1.8801398	0.7222444	0.0588	0.8293
4	1.1578954	0.4262571	0.0362	0.8655
5	0.7316383	0.0987883	0.0229	0.8884
6	0.6328500	0.0431827	0.0198	0.9082
7	0.5896673	0.1510748	0.0184	0.9266
8	0.4385925	0.1150745	0.0137	0.9403
9	0.3235180	0.0338140	0.0101	0.9504
10	0.2897040	0.0593502	0.0091	0.9595
11	0.2303537	0.0194486	0.0072	0.9667
12	0.2109051	0.0183769	0.0066	0.9732
13	0.1925283	0.0696304	0.0060	0.9793
14	0.1228979	0.0116775	0.0038	0.9831
15	0.1112204	0.0246363	0.0035	0.9866
16	0.0865842	0.0174454	0.0027	0.9893
17	0.0691387	0.0051894	0.0022	0.9914
18	0.0639493	0.0146327	0.0020	0.9934
19	0.0493166	0.0093617	0.0015	0.9950
20	0.0399548	0.0104987	0.0012	0.9962
21	0.0294562	0.0029927	0.0009	0.9972
22	0.0264635	0.0035221	0.0008	0.9980
23	0.0229413	0.0051248	0.0007	0.9987
24	0.0178165	0.0102670	0.0006	0.9993
25	0.0075496	0.0021049	0.0002	0.9995
26	0.0054446	0.0014693	0.0002	0.9997
27	0.0039754	0.0004011	0.0001	0.9998
28	0.0035743	0.0016011	0.0001	0.9999

29	0.0019732	0.0007418	0.0001	1.0000
30	0.0012315	0.0011104	0.0000	1.0000
31	0.0001210	0.0001210	0.0000	1.0000
32	0.0000000		0.0000	1.0000

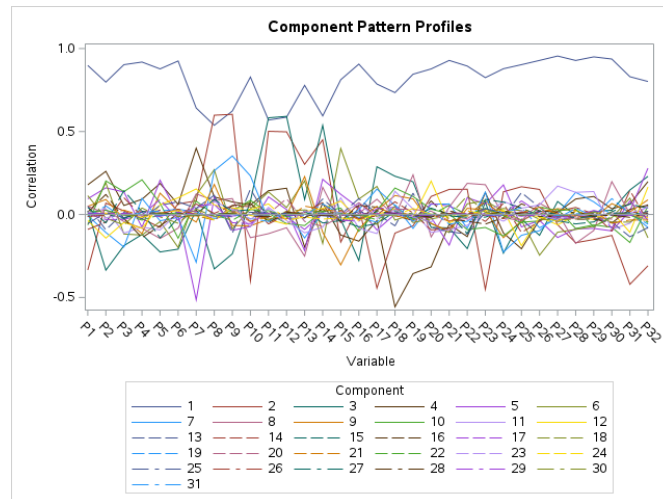
Tabel 5 Analisis Principal Component (PCA) terhadap matriks korelasi dari 32 indikator kompetensi menghasilkan struktur dimensi yang cukup kompak. Komponen utama pertama (PC1) memiliki *eigenvalue* sebesar 21,93, jauh melampaui komponen lainnya, dan menjelaskan sekitar 68,53% variansi total. Ini menunjukkan bahwa sebagian besar informasi atau variasi dalam data dapat direpresentasikan hanya dengan satu komponen utama, yang mengindikasikan struktur latent yang kuat dan homogenitas relatif tinggi antarindikator. Komponen kedua dan ketiga (PC2 dan PC3) masing-masing menyumbang 8,53% dan 5,88%, sehingga tiga komponen pertama secara kumulatif menjelaskan 82,93% variansi total. Hal ini menandakan bahwa kompleksitas data dapat direduksi secara signifikan menjadi tiga dimensi utama tanpa kehilangan banyak informasi penting. Penurunan nilai eigen setelah komponen keempat bersifat tajam dan bersifat *elbow* atau titik tekuk, yang secara visual mengonfirmasi perlunya mempertimbangkan hanya tiga hingga empat komponen utama. Dimensi-dimensi berikutnya memiliki kontribusi marjinal terhadap variansi, dengan nilai eigen di bawah 1, yang berarti tidak layak untuk dimasukkan dalam interpretasi struktural.



Gambar 3. Principal Component Analysis (PCA).

Gambar 3 tersebut menyajikan dua visualisasi utama dari hasil Principal Component Analysis (PCA) Scree Plot dan Variance Explained. Pada *Scree Plot* (kiri), tampak bahwa komponen pertama memiliki *eigenvalue* tertinggi, yaitu sekitar 22, yang menunjukkan kontribusi dominan terhadap variasi total data. Selanjutnya, terjadi penurunan drastis pada komponen kedua dan ketiga, kemudian kurva melandai membentuk apa yang dikenal sebagai “*elbow*”, yaitu titik tekuk yang menandai batas dimensi utama yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa hanya beberapa komponen pertama yang menyimpan informasi substantif, sementara komponen berikutnya memberikan kontribusi yang minimal terhadap variansi. Diagram *Variance Explained* (kanan) mengonfirmasi temuan ini.

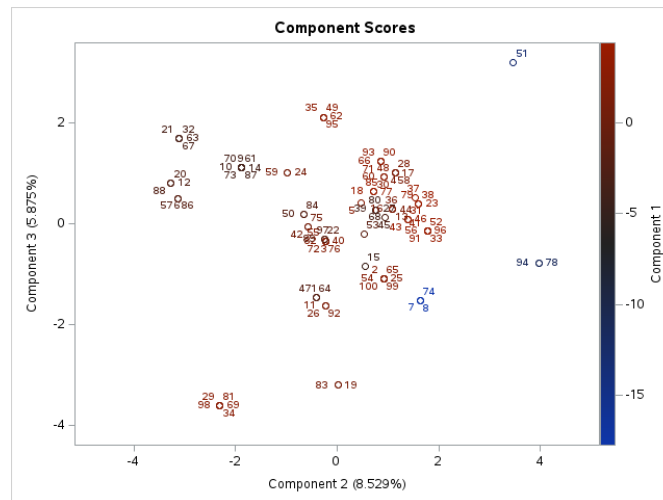
Kurva kumulatif menunjukkan bahwa tiga komponen pertama telah menjelaskan hampir 83% dari total variasi dalam data. Dengan demikian, reduksi dimensi ke dalam tiga faktor utama dinilai memadai dan efisien, tanpa kehilangan informasi penting. Secara metodologis, hasil ini memperkuat keputusan untuk menggunakan PCA sebagai teknik eksploratif dalam menyederhanakan kompleksitas indikator kompetensi SDM. Temuan ini juga memfasilitasi klasifikasi yang lebih efisien, serta mendukung analisis lanjutan seperti klasterisasi atau visualisasi radar antar dimensi kompetensi.



Gambar 4. Pola Korelasi Antar Indikator Kompetensi.

Gambar 4 ini menampilkan pola korelasi antar indikator kompetensi terhadap masing-masing komponen utama yang dihasilkan dari analisis Principal Component Analysis (PCA). Komponen 1 (ditandai dengan garis biru tebal) memperlihatkan konsistensi korelasi positif tinggi dengan hampir seluruh variabel, yang mengindikasikan bahwa komponen ini berperan sebagai representasi umum dari keseluruhan kompetensi SDM. Korelasi yang stabil di atas 0.8 menunjukkan bahwa indikator-indikator seperti P1, P5, P17, dan P32 sangat berkontribusi terhadap dimensi utama ini. Sementara itu, komponen lainnya menunjukkan fluktuasi korelasi yang lebih variatif dan cenderung rendah, umumnya berada di sekitar 0 atau negatif ringan.

Fenomena ini menunjukkan bahwa kontribusi komponen-komponen tersebut terhadap penjelasan variansi data relatif kecil dan lebih bersifat spesifik atau residual. Misalnya, Komponen 7 dan 14 sesekali menunjukkan puncak korelasi terhadap beberapa variabel tertentu, menandakan kemungkinan adanya subdimensi yang lebih tersembunyi atau konteks lokal yang berbeda. Pola ini menguatkan temuan sebelumnya bahwa hanya sedikit komponen utama yang relevan secara substantif, khususnya Komponen 1 hingga 3. Hal ini mendukung proses reduksi dimensi secara efektif dan memperjelas struktur laten dalam kompetensi SDM yang dianalisis.



Gambar 5. Distribusi Skor Responden pada Tiga Komponen Utama.

Gambar 5 ini menggambarkan distribusi skor responden pada tiga komponen utama hasil analisis Principal Component Analysis (PCA). Komponen 1, 2, dan 3 secara berturut-turut menjelaskan 68.53%, 8.53%, dan 3.58% dari total variansi data. Titik-titik mewakili responden, diberi label nomor, dengan gradasi warna dari merah (nilai tinggi pada Komponen 1) ke biru (nilai rendah). Sebagian besar responden terkonsentrasi di tengah grafik, menunjukkan bahwa mayoritas memiliki skor kompetensi yang relatif homogen, terutama pada Komponen 1. Namun, terdapat outlier signifikan, seperti responden 51 dan 78, yang memiliki skor ekstrem pada Komponen 1 dengan nilai negatif tinggi (ditunjukkan oleh warna biru gelap).

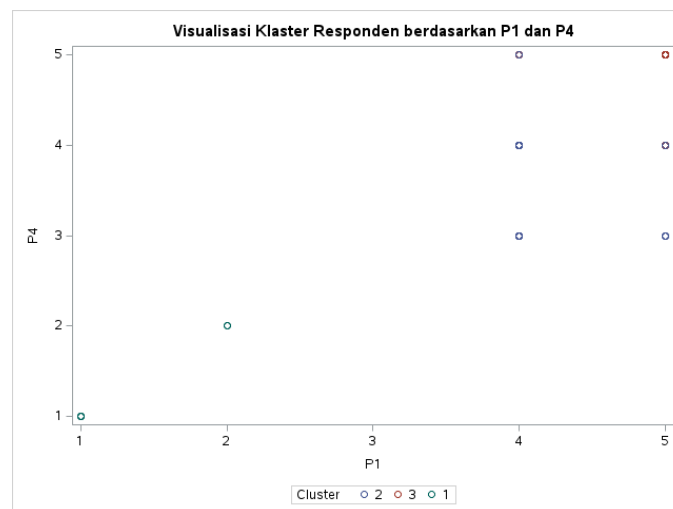
Hal ini mengindikasikan adanya kelompok kecil SDM yang mungkin memerlukan intervensi khusus, baik pelatihan ulang atau pendampingan teknis. Sementara itu, persebaran pada Komponen 2 dan 3 lebih datar, menunjukkan bahwa kontribusi dimensi ini terhadap perbedaan individu lebih kecil. Pola distribusi ini mendukung keputusan penggunaan tiga komponen utama dalam pemetaan kompetensi SDM, serta memperkuat rekomendasi untuk segmentasi atau klasterisasi berbasis skor PCA guna perbaikan kebijakan pelatihan dan pengembangan kompetensi.

Tabel 6. Hasil Klasterisasi.

Cluster Summary

Cluster	Frequency	RMS Deviation	Std	Maximum Distance from to Observation	Seed	Radius Exceeded	Nearest Cluster	Distance Between Cluster Centroids
1	6	0.8335		5.5352			2	12.3760
2	32	0.5582		3.7338			3	6.1133
3	62	0.6173		5.9881			2	6.1133

Tabel 6 Ringkasan hasil klasterisasi menunjukkan terbentuknya tiga kelompok kompetensi SDM yang berbeda berdasarkan pola skor komponen utama hasil PCA. Klaster 1 beranggotakan 6 individu dengan nilai deviasi standar RMS tertinggi (0,8335) dan jarak maksimum ke pusat klaster mencapai 5,5352. Hal ini menunjukkan bahwa Klaster 1 terdiri dari responden dengan karakteristik kompetensi paling menyimpang atau ekstrem, kemungkinan besar merupakan outlier yang memerlukan intervensi khusus. Klaster 2 beranggotakan 32 individu dan memiliki deviasi standar terkecil (0,5582), menandakan homogenitas kompetensi yang relatif tinggi. Klaster ini dapat dianggap sebagai representasi SDM dengan kompetensi moderat yang cukup stabil. Adapun Klaster 3 mencakup mayoritas responden (62 orang), dengan RMS sebesar 0,6173 dan jarak maksimum 5,9881, menunjukkan variasi kompetensi yang lebih luas namun masih dalam batas yang dapat ditoleransi. Jarak antar pusat klaster terbesar terjadi antara Klaster 1 dan 2 (12,3760), yang menandakan adanya perbedaan tajam dalam pola kompetensi antar dua kelompok tersebut. Informasi ini penting untuk menyusun strategi peningkatan SDM secara bertarget, seperti pelatihan intensif untuk Klaster 1 dan penguatan berkelanjutan untuk Klaster 2 dan 3.



Gambar 6. Dimensi Dasar Kompetensi SDM.

Gambar 6 di atas menyajikan visualisasi sebaran responden berdasarkan dua indikator utama, yaitu P1 dan P4, yang merepresentasikan dimensi dasar kompetensi SDM di lingkungan pelayanan digital Pelabuhan. Titik-titik dikelompokkan ke dalam tiga klaster berdasarkan hasil analisis *k-means clustering*. Klaster 1 (warna hijau) terdiri dari responden dengan nilai P1 dan P4 yang sangat rendah, mencerminkan pemahaman dan kesesuaian tugas yang belum optimal. Hal ini menandakan adanya kebutuhan mendesak akan pelatihan dasar dan klarifikasi peran. Klaster 2 (warna biru) mencakup sebagian besar responden yang memiliki nilai P1 dan P4 sedang hingga tinggi. Sebaran relatif rapat menunjukkan bahwa mayoritas responden memiliki

kompetensi yang memadai namun tetap berpotensi untuk ditingkatkan melalui penyempurnaan sistem dan supervisi. Sementara itu, Klaster 3 (warna merah) menampilkan individu dengan skor P1 dan P4 tertinggi, mencerminkan profil SDM unggul yang dapat dijadikan sebagai *benchmark* atau agen perubahan dalam transformasi digital Pelabuhan.

Implikasi Teoretis dan Praktis

Penelitian ini memperkaya literatur dengan pendekatan kuantitatif multivariat untuk pemetaan kompetensi SDM Pelabuhan. Secara praktis, pola klaster ini dapat digunakan sebagai dasar pengembangan pelatihan berbasis profil kompetensi. Misalnya, klaster rendah dapat menjadi target pelatihan adaptif dan inkubasi digital.

Rekomendasi Kebijakan

Kami merekomendasikan agar otoritas Pelabuhan menyusun roadmap peningkatan kompetensi berbasis pemetaan PCA dan klasterisasi, serta mengintegrasikan sistem evaluasi kompetensi ke dalam sistem manajemen Pelabuhan. Penempatan SDM juga sebaiknya mempertimbangkan hasil profil klaster.

Keterbatasan dan Arah Penelitian Selanjutnya

Keterbatasan utama penelitian ini terletak pada keterbatasan geografis dan cakupan responden yang hanya dari satu Pelabuhan. Riset lanjutan dapat mengembangkan model longitudinal untuk memantau dinamika kompetensi dari waktu ke waktu dan memperluas cakupan ke Pelabuhan lain untuk perbandingan antar wilayah.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi struktur kompetensi SDM dalam penerapan sistem Inaportnet di Pelabuhan Tanjung Perak menggunakan pendekatan multivariat. Hasil PCA dan klasterisasi menunjukkan bahwa terdapat tiga klaster utama kompetensi: SDM siap digital, SDM membutuhkan pelatihan, dan SDM yang adaptif namun memerlukan dukungan lanjutan. Menariknya, indikator seperti kesiapan personal (P32), persepsi efisiensi (P28), dan pemahaman tugas (P1) menjadi dimensi kunci yang memengaruhi posisi klaster.

Temuan ini menegaskan bahwa kompetensi SDM bukanlah homogen, sehingga pendekatan pelatihan satu ukuran untuk semua (*one-size-fits-all*) tidak lagi relevan. Studi ini mengisi gap penting dalam literatur dengan menerapkan pendekatan PCA-klaster untuk mengelompokkan kebutuhan pelatihan secara empiris. Implikasinya, pemerintah perlu menyusun kebijakan pelatihan berbasis klaster kompetensi, mengembangkan sistem pemantauan digital berbasis dashboard, serta melibatkan operator Pelabuhan dalam co-design

modul pelatihan. Penulis menyadari keterbatasan pada ruang lingkup geografis dan belum adanya pengukuran longitudinal. Ke depan, riset sebaiknya diperluas ke Pelabuhan lain di Indonesia, mengintegrasikan faktor demografis dan budaya organisasi, serta mengadopsi algoritma pembelajaran mesin untuk klasifikasi kompetensi secara dinamis dan adaptif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Otoritas Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya dan pihak Kesyahbandaran atas penyediaan data operasional yang transparan, dan serta pihak Operator Pelabuhan serta rekan-rekan sejawat di Pelabuhan Tanjung Perak yang telah membantu dalam penelitian ini, dan tak lupa apresiasi juga disampaikan kepada civitas akademika Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah memfasilitasi penelitian terapan ini demi terselenggaranya program tridharma bagi penulis selaku Dosen.

DAFTAR REFERENSI

- Chou, C.-C., Lin, C.-T., & Huang, J.-J. (2021). Smart port transformation: Competency frameworks and digital workforce readiness. *Maritime Policy & Management*, 48(2), 195–212. <https://doi.org/10.1080/03088839.2020.1802781>
- Chou, C.-C., Lin, C.-T., & Huang, J.-J. (2021). Smart port transformation: Competency frameworks and digital workforce readiness. *Maritime Policy & Management*, 48(2), 195–212. <https://doi.org/10.1080/03088839.2020.1802781>
- Dewi, L. N., & Sutaryo. (2022). Evaluating the effectiveness of Inaportnet on port operation performance. *Asian Journal of Shipping and Logistics*, 38(4), 241–252. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2022.04.007>
- Dewi, L. N., & Sutaryo. (2022). Evaluating the effectiveness of Inaportnet on port operation performance. *Asian Journal of Shipping and Logistics*, 38(4), 241–252. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2022.04.007>
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2020). *Multivariate Data Analysis* (8th ed.). Cengage.
- Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2019). *Applied Multivariate Statistical Analysis* (7th ed.). Pearson.
- Jolliffe, I. T., & Cadima, J. (2016). Principal component analysis: A review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2065), 20150202.
- Kurniawan, H. & Sari, D. (2020). Clustering Human Resources in Maritime Service Sector Using Non-Hierarchical Methods. *Maritime Technology and Society*, 8(3), 212–229.
- Kusumastuti, R. D., Yuliana, E., & Pradana, A. D. (2021). Digital governance readiness in Indonesian ports: A human capital approach. *Transport Research Procedia*, 55, 307–314. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.040>

- Kusumastuti, R. D., Yuliana, E., & Pradana, A. D. (2021). Digital governance readiness in Indonesian ports: A human capital approach. *Transport Research Procedia*, 55, 307–314. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.040>
- Liu, W., Zhang, X., & Xu, X. (2023). The role of human capital in smart port evolution: Evidence from Asia. *Ocean & Coastal Management*, 237, 106451. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106451>
- Liu, W., Zhang, X., & Xu, X. (2023). The role of human capital in smart port evolution: Evidence from Asia. *Ocean & Coastal Management*, 237, 106451. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106451>
- Ministry of Transportation. (2023). *Port performance report of Indonesia*. Jakarta: Directorate General of Sea Transportation.
- Ministry of Transportation. (2023). *Port performance report of Indonesia*. Jakarta: Directorate General of Sea Transportation.
- Putri, A. F., Setiawan, A., & Widodo, S. (2021). Port digitalization: Readiness and challenges in adopting Inaportnet system. *Journal of Maritime Technology and Society*, 5(1), 12–22. <https://doi.org/10.21070/jmts.v5i1.1417>
- Putri, A. F., Setiawan, A., & Widodo, S. (2021). Port digitalization: Readiness and challenges in adopting Inaportnet system. *Journal of Maritime Technology and Society*, 5(1), 12–22. <https://doi.org/10.21070/jmts.v5i1.1417>
- Putri, L. & Hamid, M. (2023). Cultural Resistance in Maritime Digital Transformation: A Case of Port Service Integration. *International Journal of Maritime Affairs*, 12(1), 56–73.
- Rahman, M. T., & Jannah, M. (2023). Policy alignment and digital transformation in ASEAN ports: A comparative study. *Transport Policy*, 130, 45–56. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.01.006>
- Rahman, M. T., & Jannah, M. (2023). Policy alignment and digital transformation in ASEAN ports: A comparative study. *Transport Policy*, 130, 45–56. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.01.006>
- Santoso, D., & Wirawan, H. (2022). Measuring IT adoption success: A study on port information systems. *Information Development*, 38(3), 385–397. <https://doi.org/10.1177/02666669211017988>
- Santoso, D., & Wirawan, H. (2022). Measuring IT adoption success: A study on port information systems. *Information Development*, 38(3), 385–397. <https://doi.org/10.1177/02666669211017988>
- Setiawan, B., & Prasetyo, Y. T. (2021). Clustering maritime workforce based on training outcomes in digital systems. *International Journal of Industrial Management*, 9(1), 101–112. <https://doi.org/10.15282/ijim.9.1.2021.6491>
- Setiawan, B., & Prasetyo, Y. T. (2021). Clustering maritime workforce based on training outcomes in digital systems. *International Journal of Industrial Management*, 9(1), 101–112. <https://doi.org/10.15282/ijim.9.1.2021.6491>
- Subekti, H., & Hartono, R. (2022). Gaps in human capital policy in Indonesia's logistics sector. *Journal of Southeast Asian Economies*, 39(2), 245–267. <https://doi.org/10.1355/ae39-2f>

- Subekti, H., & Hartono, R. (2022). Gaps in human capital policy in Indonesia's logistics sector. *Journal of Southeast Asian Economies*, 39(2), 245–267. <https://doi.org/10.1355/ae39-2f>
- Sun, Y., Zhang, Z., & Wei, W. (2022). Mapping skills gaps in smart port operations: A latent variable approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 174, 121285. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121285>
- Sun, Y., Zhang, Z., & Wei, W. (2022). Mapping skills gaps in smart port operations: A latent variable approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 174, 121285. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121285>
- Surya, A. R., & Mulyana, A. (2020). Evaluating the challenges of e-service implementation in Indonesian ports. *Jurnal Transportasi Multimoda*, 18(1), 35–46. <https://doi.org/10.25077/jtm.18.1.2020.35-46>
- Surya, A. R., & Mulyana, A. (2020). Evaluating the challenges of e-service implementation in Indonesian ports. *Jurnal Transportasi Multimoda*, 18(1), 35–46. <https://doi.org/10.25077/jtm.18.1.2020.35-46>
- Tan, A. C., & Lee, L. H. (2021). Maritime HR analytics in the era of Industry 4.0. *Marine Policy*, 131, 104571. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104571>
- Tan, A. C., & Lee, L. H. (2021). Maritime HR analytics in the era of Industry 4.0. *Marine Policy*, 131, 104571. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104571>
- Wijaya, A. R., et al. (2022). Competency Readiness for Digital Port Implementation in Southeast Asia. *Journal of Transport & Maritime Studies*, 45(2), 123–140.
- Wijaya, R., Nugroho, S., & Wibowo, H. (2022). Assessing the digital competency of frontline workers in port logistics. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 42(1), 79–94. <https://doi.org/10.1504/IJLSM.2022.10049183>
- Wijaya, R., Nugroho, S., & Wibowo, H. (2022). Assessing the digital competency of frontline workers in port logistics. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 42(1), 79–94. <https://doi.org/10.1504/IJLSM.2022.10049183>
- Xu, R., & Wunsch, D. (2020). *Clustering Algorithms in Data Mining: A Review*. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics.
- Yeo, G. T., & Lee, P. T. W. (2021). Digital transformation and human factor integration in ports. *Maritime Business Review*, 6(3), 224–239. <https://doi.org/10.1108/MABR-01-2021-0003>
- Yeo, G. T., & Lee, P. T. W. (2021). Digital transformation and human factor integration in ports. *Maritime Business Review*, 6(3), 224–239. <https://doi.org/10.1108/MABR-01-2021-0003>