

PENGARUH KESIAPAN TEKNOLOGI DAN KOMPETENSI DIGITAL SUMBER DAYA MANUSIA TERHADAP EFISIENSI OPERASIONAL PELABUHAN BELAWAN

Togu Urbanus Silaen¹, Owen De Pinto Simanjuntak², Shanty Rizki³, Maretta Ginting⁴, Roberto Roy Purba⁵

Universitas Sari Mutiara Indonesia, Medan

e-mail: owendepintojuntak@gmail.com

Abstract: *This study aims to analyze the effect of technological readiness and human resource (HR) digital competence on operational efficiency at Belawan Port, specifically at the Primary Cooperative (Primkop) of Stevedoring Workers (TKBM) Upaya Karya. Digital transformation in the logistics sector demands alignment between technological infrastructure and user capabilities to achieve maximum operational efficiency. The method used is a quantitative associative causal research approach with purposive sampling techniques. From a total population of 3,883 workers, the sample size was set at 99 respondents based on Slovin's formula calculation. Data collection was conducted through the distribution of Likert-scale questionnaires, which were subsequently analyzed using multiple linear regression via SPSS version 26 software. The research results indicate that the technological readiness variable has a positive and significant effect on operational efficiency, with a t-statistic value of 4.852 and a significance level of 0.000. HR digital competence is also proven to have a positive and significant effect, with a t-statistic value of 7.340 and a significance level of 0.000. The regression coefficients show that digital competence exerts a more dominant influence compared to technological readiness. In conclusion, the development of technological infrastructure supported by the enhancement of HR digital competence will simultaneously and significantly improve operational efficiency at Belawan Port.*

Keywords: *Technological Readiness, Digital Competence, ok*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kesiapan teknologi dan kompetensi digital Sumber Daya Manusia (SDM) terhadap efisiensi operasional di Pelabuhan Belawan, khususnya pada Primer Koperasi (Primkop) Tenaga Kerja Bongkar Muat (TKBM) Upaya Karya. Transformasi digital dalam sektor logistik menuntut adanya keselarasan antara infrastruktur teknologi dan kapabilitas penggunaannya agar efisiensi maksimal dapat dicapai. Metode yang digunakan adalah penelitian kuantitatif asosiatif kausal dengan teknik pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling*. Dari total populasi sebanyak 3.883 tenaga kerja, ukuran sampel ditetapkan sebanyak 99 responden berdasarkan perhitungan rumus Slovin. Pengumpulan data dilakukan melalui penyebaran kuesioner berskala Likert, yang selanjutnya dianalisis menggunakan regresi linier berganda melalui perangkat lunak SPSS versi 26. Hasil penelitian menunjukkan variabel kesiapan teknologi berpengaruh positif dan signifikan terhadap efisiensi operasional dengan nilai t-hitung 4,852 dan signifikansi 0,000. Kompetensi digital juga terbukti berpengaruh positif dan signifikan dengan nilai t-hitung 7,340 dan signifikansi 0,000. Koefisien regresi menunjukkan bahwa kompetensi digital memiliki pengaruh yang lebih dominan dibandingkan kesiapan teknologi. Kesimpulannya, pengembangan infrastruktur teknologi yang didukung oleh peningkatan kompetensi digital SDM akan secara simultan meningkatkan efisiensi operasional di Pelabuhan Belawan dengan signifikan.

Kata Kunci: Kesiapan Teknologi, Kompetensi Digital, Efisiensi Operasional.

PENDAHULUAN

Transformasi digital telah menjadi agenda strategis dalam sektor logistik dan kepelabuhanan seiring meningkatnya kebutuhan terhadap efisiensi rantai pasok, kecepatan pelayanan, dan daya saing nasional. Penerapan teknologi digital di pelabuhan berpotensi menurunkan biaya logistik, mempercepat proses bongkar muat, serta meningkatkan produktivitas dan kualitas pelayanan (Al Fauzi & Syahputra, 2022; Lubis, 2022). Di Indonesia, digitalisasi kepelabuhanan juga menjadi bagian dari modernisasi infrastruktur maritim yang didorong melalui berbagai kebijakan dan inisiatif teknologi informasi oleh Kementerian Perhubungan (Kementerian Perhubungan, 2021).

Namun, ketersediaan teknologi tidak secara otomatis menghasilkan peningkatan efisiensi operasional. Keberhasilan transformasi digital sangat bergantung pada kesiapan teknologi, kemampuan organisasi dalam mengintegrasikan sistem, serta kompetensi sumber daya manusia (SDM) yang mengoperasikan dan memanfaatkan teknologi tersebut. Kondisi ini menjadikan Pelabuhan Belawan sebagai konteks yang penting untuk menguji secara empiris hubungan antara kesiapan teknologi, kompetensi digital SDM, dan efisiensi operasional.

Kesiapan teknologi tidak hanya berkaitan dengan ketersediaan perangkat keras dan perangkat lunak, tetapi juga mencakup konektivitas, interoperabilitas sistem, standardisasi proses, dukungan teknis, serta kesiapan organisasi dalam mengadopsi teknologi digital. Implementasi seperti *Terminal Booking System*, otomasi, dan sistem informasi manajemen pelabuhan telah menunjukkan potensi dalam meningkatkan kualitas layanan dan efisiensi proses (Anjani & Pertiwi, 2023; Hsu & Yip, 2021; Tsai et al., 2022). Meskipun demikian, berbagai hambatan seperti keterbatasan integrasi sistem, biaya investasi, resistensi organisasi, dan keterbatasan kemampuan

teknis SDM masih menjadi tantangan dalam penerapannya (Firmansyah, 2022; Hendrawan, 2022). Dengan demikian, pengukuran kesiapan teknologi perlu dilakukan secara komprehensif agar dapat diketahui sejauh mana teknologi yang tersedia benar-benar mampu mendukung efisiensi operasional pelabuhan.

Selain kesiapan teknologi, kompetensi digital SDM merupakan faktor penting dalam menentukan keberhasilan transformasi digital. Kompetensi tersebut mencakup keterampilan teknis, literasi data, kemampuan pemecahan masalah digital, penggunaan sistem informasi, pemeliharaan peralatan otomatis, serta kemampuan melakukan *troubleshooting* dan menggunakan *dashboard* operasional (Hung et al., 2020; Kaur & Sidhu, 2021). Penelitian pada sektor logistik menunjukkan adanya hubungan positif antara kompetensi digital dengan kinerja individu maupun organisasi (Hung et al., 2020; Mora et al., 2021). Dalam konteks kepelabuhanan, teknologi yang canggih dapat menjadi kurang optimal apabila tidak didukung oleh SDM yang memiliki kemampuan untuk mengoperasikan, mengintegrasikan, dan memanfaatkan teknologi tersebut secara efektif. Oleh karena itu, investasi teknologi perlu berjalan seiring dengan pengembangan kompetensi digital melalui pendidikan dan pelatihan yang sesuai dengan kebutuhan operasional.

Efisiensi operasional pelabuhan dapat dilihat melalui berbagai indikator, antara lain waktu penanganan kontainer, *dwellling time*, utilisasi peralatan, *throughput*, dan biaya operasi (Notteboom & Rodrigue, 2020; Pallis et al., 2021). Peningkatan efisiensi tidak hanya berdampak terhadap kinerja internal pelabuhan, tetapi juga berkontribusi terhadap penurunan biaya logistik dan peningkatan daya saing ekspor-impor (Munim & Schramm, 2020). Dalam konteks Pelabuhan Belawan, masih terdapat tantangan berupa *bottleneck*, ketergantungan pada prosedur manual, serta keterbatasan integrasi data antar pemangku kepentingan (Wilson et al.,

2025; Suprayitno, 2025). Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara potensi digitalisasi dengan kemampuan implementasinya di tingkat operasional.

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji pengaruh teknologi terhadap kinerja pelayanan dan sistem penanganan kontainer, tetapi sebagian besar masih berfokus pada aspek teknis peralatan dan sistem tanpa mengintegrasikan kompetensi SDM secara komprehensif (Iskandar, 2021; Siregar, 2021). Penelitian mengenai *Terminal Booking System* dan *Inaportnet* juga menunjukkan manfaat terhadap kualitas layanan, tetapi pengukuran dampaknya terhadap efisiensi operasional secara menyeluruh masih terbatas (Anjani & Pertiwi, 2023; Nofrizel, 2025).

Selain itu, temuan internasional mengenai digitalisasi pelabuhan bersifat heterogen karena dipengaruhi oleh konteks institusional, infrastruktur, struktur pasar, dan kapasitas SDM (Hsu & Yip, 2021; Tsai et al., 2022). Dengan demikian, terdapat *research gap* berupa kebutuhan untuk menguji kesiapan teknologi dan kompetensi digital SDM secara simultan dalam menjelaskan efisiensi operasional, khususnya pada Pelabuhan Belawan sebagai salah satu simpul logistik penting di Sumatera Utara.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh kesiapan teknologi dan kompetensi digital SDM terhadap efisiensi operasional Pelabuhan Belawan, baik secara parsial maupun simultan. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi akademik dalam memperkaya kajian mengenai integrasi teknologi dan *human capital* dalam transformasi digital kepelabuhanan, sekaligus memberikan implikasi praktis bagi pengelola pelabuhan dalam menentukan prioritas investasi teknologi, pengembangan kompetensi SDM, dan penyusunan strategi transformasi digital yang lebih efektif.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan

desain survei dan tingkat eksplanasi asosiatif kausal, yang bertujuan menganalisis hubungan sebab-akibat antara kesiapan teknologi (X_1) dan kompetensi digital (X_2) terhadap efisiensi operasional pelabuhan (Y). Penelitian dilaksanakan di Pelabuhan Belawan, Dimana populasi penelitian adalah seluruh tenaga kerja di Pelabuhan Belawan yang berjumlah 3.883 orang. Sampel ditentukan menggunakan teknik nonprobability sampling dengan metode *purposive sampling*, yaitu pemilihan responden berdasarkan pertimbangan atau kriteria tertentu. Berdasarkan perhitungan ukuran sampel, diperoleh 99 responden, yang dinilai telah memenuhi kriteria ukuran sampel penelitian.

Data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui penyebaran kuesioner secara online kepada responden, sedangkan data sekunder diperoleh melalui buku, jurnal, artikel, dokumen, dan penelitian terdahulu yang relevan. Instrumen penelitian menggunakan skala Likert 1–5, mulai dari sangat tidak setuju sampai sangat setuju.

Sebelum dilakukan analisis, instrumen penelitian diuji melalui uji validitas dan reliabilitas. Uji validitas menggunakan korelasi *Product Moment Pearson*, dengan kriteria nilai korelasi $\geq 0,3610$, sedangkan reliabilitas instrumen diuji menggunakan Cronbach's Alpha dengan kriteria $> 0,60$. Selanjutnya, data dianalisis menggunakan regresi linear berganda untuk mengetahui pengaruh kesiapan teknologi dan kompetensi digital terhadap efisiensi operasional.

Sebelum analisis regresi dilakukan, model diuji melalui uji asumsi klasik yang meliputi uji normalitas, multikolinearitas, dan heteroskedastisitas. Uji normalitas digunakan untuk mengetahui distribusi residual, uji multikolinearitas dilakukan dengan melihat nilai *Tolerance* $> 0,10$ dan *VIF* < 10 , sedangkan heteroskedastisitas diuji menggunakan metode Glejser dengan kriteria signifikansi $> 0,05$.

Pengujian hipotesis dilakukan secara parsial (uji t) dan simultan (uji F)

pada tingkat signifikansi 5%. Uji *t* digunakan untuk mengetahui pengaruh masing-masing variabel independen terhadap efisiensi operasional, dengan kriteria nilai signifikansi $< 0,05$ menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan. Uji *F* digunakan untuk mengetahui pengaruh kesiapan teknologi dan kompetensi digital secara bersama-sama terhadap efisiensi operasional, dengan keputusan hipotesis diterima apabila nilai *F* hitung $> F$ tabel pada $\alpha = 5\%$. Selanjutnya, koefisien determinasi (R^2) digunakan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan kesiapan teknologi dan kompetensi digital dalam menjelaskan variasi efisiensi operasional pelabuhan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji instrumen menunjukkan bahwa seluruh butir pernyataan pada variabel Kesiapan Teknologi (X_1), Kompetensi Digital (X_2), dan Efisiensi Operasional (Y) dinyatakan valid. Pengujian dilakukan terhadap 30 responden dengan nilai *r*-tabel sebesar 0,3610. Pada variabel Kesiapan Teknologi, 14 item memiliki nilai *r*-hitung antara 0,480–0,914.

Tabel 1 Uji Validitas Kesiapan Teknologi

No	Item	rhitung	rtabel	Ket
1	KT_1	0,649**	0,3610	Valid
2	KT_2	0,649**	0,3610	Valid
3	KT_3	.898**	0,3610	Valid
4	KT_4	.795**	0,3610	Valid
5	KT_5	.914**	0,3610	Valid
6	KT_6	.683**	0,3610	Valid
7	KT_7	.690**	0,3610	Valid
8	KT_8	.823**	0,3610	Valid
9	KT_9	.480**	0,3610	Valid
10	KT_10	.572**	0,3610	Valid
11	KT_11	.823**	0,3610	Valid
12	KT_12	.795**	0,3610	Valid
13	KT_13	.898**	0,3610	Valid

3				
1	KT_14	.690**	0,3610	Valid
4				

Sumber: Hasil Diolah 2026. SPSS.26.

Kompetensi Digital terdiri atas 12 item dengan *r*-hitung 0,466–0,654.

Tabel 2 Uji Validitas Kompetensi Digital

No	Item	rhitung	rtabel	Ket
1	KD_1	.634**	0,3610	Valid
2	KD_2	.612**	0,3610	Valid
3	KD_3	.654**	0,3610	Valid
4	KD_4	.552**	0,3610	Valid
5	KD_5	.581**	0,3610	Valid
6	KD_6	.594**	0,3610	Valid
7	KD_7	.526**	0,3610	Valid
8	KD_8	.509**	0,3610	Valid
9	KD_9	.620**	0,3610	Valid
10	KD_10	.594**	0,3610	Valid
11	KD_11	.600**	0,3610	Valid
12	KD_12	.466**	0,3610	Valid

Sumber: Hasil Diolah 2026. SPSS.26.

Efisiensi Operasional terdiri atas 14 item dengan *r*-hitung 0,600–0,870.

Tabel 3 Uji Validitas Efisiensi Operasional

No	Item	rhitung	rtabel	Ket
1	EO_1	.759**	0,3610	Valid
2	EO_2	.678**	0,3610	Valid
3	EO_3	.783**	0,3610	Valid
4	EO_4	.600**	0,3610	Valid
5	EO_5	.840**	0,3610	Valid
6	EO_6	.678**	0,3610	Valid
7	EO_7	.870**	0,3610	Valid
8	EO_8	.759**	0,3610	Valid
9	EO_9	.840**	0,3610	Valid
10	EO_10	.600**	0,3610	Valid
11	EO_11	.600**	0,3610	Valid
12	EO_12	.678**	0,3610	Valid
13	EO_13	.870**	0,3610	Valid
14	EO_14	.783**	0,3610	Valid

Sumber: Hasil Diolah 2026. SPSS.26.

Seluruh nilai *r*-hitung lebih besar daripada *r*-tabel, sehingga seluruh item layak digunakan dalam penelitian.

Uji reliabilitas juga menunjukkan hasil yang baik, dengan nilai Cronbach's

Alpha masing-masing sebesar 0,930 untuk Kesiapan Teknologi, 0,881 untuk Kompetensi Digital, dan 0,930 untuk Efisiensi Operasional. Karena seluruh nilai tersebut $>0,60$, instrumen penelitian dinyatakan reliabel.

Tabel 4 Uji Reabilitas

NO	Variabel	Item	α	Ket
1	Kesiapan Teknologi	14	0,930	reliabel
2	Kompetensi Digital	12	0,881	reliabel
3	Efisiensi Operasional	14	0,930	reliabel

Sumber: Hasil Diolah 2026. SPSS.26.

Hasil uji asumsi klasik menunjukkan bahwa model regresi memenuhi persyaratan analisis. Uji Kolmogorov-Smirnov menghasilkan nilai signifikansi 0,200, sehingga residual berdistribusi normal. Pada uji multikolinearitas, Kesiapan Teknologi dan Kompetensi Digital masing-masing memiliki nilai *Tolerance* 0,407 dan VIF 2,458, sehingga tidak ditemukan gejala multikolinearitas. Hasil uji heteroskedastisitas melalui *scatterplot* menunjukkan bahwa titik-titik residual menyebar secara acak di atas dan di bawah angka nol serta tidak membentuk pola tertentu. Dengan demikian, model regresi dinyatakan memenuhi asumsi normalitas, bebas multikolinearitas, dan tidak mengalami heteroskedastisitas.

Tabel 4 Uji Regresi

Coefficients ^a						
		B	Std. Error	Beta	T	Sig.
1	(Constant)	2,689	2,453		1,096	0,276
	Kesiapan Teknologi	0,386	0,080	0,378	4,852	0,000
	Kompetensi Digital	0,691	0,094	0,571	7,340	0,000

a. Dependent Variable: Efisiensi Operasional

Sumber: Hasil Diolah 2026. SPSS.26.

Analisis regresi linear berganda menghasilkan persamaan $Y = 2,689 + 0,386X_1 + 0,691X_2 + e$. Koefisien positif menunjukkan bahwa peningkatan Kesiapan Teknologi dan Kompetensi Digital diikuti peningkatan Efisiensi Operasional. Hasil uji parsial menunjukkan Kesiapan Teknologi berpengaruh positif dan signifikan terhadap Efisiensi Operasional dengan

nilai t -hitung $4,852 > t$ -tabel 1,985 dan signifikansi $0,000 < 0,05$. Kompetensi Digital juga berpengaruh positif dan signifikan dengan t -hitung $7,340 > 1,985$ dan signifikansi $0,000 < 0,05$. Dengan demikian, H1 dan H2 diterima. Berdasarkan nilai koefisien dan t -hitung, Kompetensi Digital memiliki pengaruh yang lebih dominan dibandingkan Kesiapan Teknologi.

Tabel 5 Uji F

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	5767,88	2	2883,94	240,43	.000 ^b
Residual	1151,47	96	11,99		
Total	6919,35	98			

Sumber: Hasil Diolah 2026. SPSS.26.

Secara simultan, Kesiapan Teknologi dan Kompetensi Digital berpengaruh signifikan terhadap Efisiensi Operasional. Hal ini ditunjukkan oleh nilai F -hitung $240,439 > F$ -tabel 2,36 dengan signifikansi 0,000, sehingga H3 diterima.

Nilai $R = 0,913$ menunjukkan hubungan yang sangat kuat antara kedua variabel independen dengan Efisiensi Operasional. Selanjutnya, nilai $R^2 = 0,834$ menunjukkan bahwa Kesiapan Teknologi dan Kompetensi Digital mampu menjelaskan

83,4% variasi Efisiensi Operasional, sedangkan 16,6% dijelaskan oleh faktor lain di luar model penelitian. Hasil tersebut menegaskan bahwa kesiapan teknologi dan terutama kompetensi digital merupakan faktor penting dalam meningkatkan efisiensi operasional.

Pengaruh Kesiapan Teknologi terhadap Efisiensi Operasional

Berdasarkan hasil uji parsial (uji t) pada Tabel 4.11, Kesiapan Teknologi memperoleh nilai *t*-hitung sebesar 4,852 dengan signifikansi 0,000. Karena *t*-hitung > *t*-tabel (4,852 > 1,985) dan nilai signifikansi < 0,05, maka Kesiapan Teknologi berpengaruh positif dan signifikan terhadap Efisiensi Operasional. Koefisien regresi sebesar 0,386 menunjukkan bahwa setiap peningkatan satu satuan Kesiapan Teknologi akan meningkatkan Efisiensi Operasional sebesar 0,386 satuan dengan asumsi variabel lain konstan. Temuan ini menunjukkan bahwa semakin baik kesiapan infrastruktur, sistem informasi, integrasi teknologi, dan dukungan digital organisasi, semakin tinggi efisiensi proses operasional yang dapat dicapai.

Hasil penelitian ini memperkuat pandangan Cahyono (2021), Mahyuddin (2021), serta Al Fauzi dan Syahputra (2022) bahwa pemanfaatan teknologi informasi pada sektor kepelabuhanan mampu mempercepat proses kerja, mengurangi waktu tunggu, meningkatkan koordinasi, dan menekan biaya operasional. Penerapan teknologi seperti *Terminal Operating System*, *e-documentation*, *Terminal Booking System*, dan layanan berbasis daring memungkinkan proses operasional menjadi lebih cepat, akurat, dan terintegrasi. Temuan ini juga sejalan dengan konsep *smart port* yang dikemukakan Hsu dan Yip (2021), Tsai et al. (2022), dan Hawari et al. (2024), bahwa kesiapan teknologi merupakan fondasi penting dalam transformasi digital pelabuhan. Dalam konteks Pelabuhan Belawan, kesiapan teknologi memungkinkan integrasi informasi dan

proses operasional sehingga penggunaan sumber daya menjadi lebih efektif. Meskipun demikian, kesiapan teknologi tidak hanya berkaitan dengan ketersediaan perangkat, tetapi juga kesiapan organisasi dalam mengadopsi perubahan. Sebagaimana dikemukakan Hendrawan (2022) dan Firmansyah (2022), investasi teknologi perlu disertai perencanaan, tata kelola, dan manajemen perubahan agar memberikan manfaat optimal. Dengan demikian, Kesiapan Teknologi terbukti menjadi salah satu determinan penting dalam meningkatkan Efisiensi Operasional Pelabuhan Belawan.

Pengaruh Kompetensi Digital terhadap Efisiensi Operasional

Hasil uji parsial menunjukkan bahwa Kompetensi Digital berpengaruh positif dan signifikan terhadap Efisiensi Operasional. Hal ini ditunjukkan oleh nilai *t*-hitung sebesar 7,340 yang lebih besar daripada *t*-tabel 1,985, dengan nilai signifikansi 0,000 < 0,05. Koefisien regresi sebesar 0,691 menunjukkan bahwa peningkatan satu satuan Kompetensi Digital akan meningkatkan Efisiensi Operasional sebesar 0,691 satuan, dengan asumsi variabel lain konstan. Selain itu, nilai koefisien beta terstandarisasi sebesar 0,571 menunjukkan bahwa Kompetensi Digital merupakan variabel yang paling dominan dalam model penelitian. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa keberhasilan digitalisasi tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan teknologi, tetapi juga oleh kemampuan SDM dalam mengoperasikan, memahami, mengadaptasi, dan memanfaatkan teknologi secara efektif.

Hasil ini sejalan dengan konsep *Digital Competence Framework (DIGCOMP)* Ferrari (2013) dan European Commission (2019), yang menempatkan kompetensi digital sebagai kemampuan yang mencakup penggunaan teknologi, pengelolaan informasi, komunikasi, pemecahan masalah, dan kemampuan beradaptasi terhadap perubahan digital. Pada lingkungan kepelabuhanan, kompetensi tersebut memungkinkan

pegawai mengoperasikan sistem digital secara lebih cepat dan akurat, mengurangi kesalahan, serta mempercepat pengambilan keputusan. Temuan ini juga mendukung Hung et al. (2020), Mora et al. (2021), Hidayat (2023), dan Kusuma (2022) yang menegaskan bahwa kompetensi digital berperan dalam meningkatkan produktivitas, inovasi, dan kemampuan adaptasi tenaga kerja pada sektor berbasis teknologi. Dengan demikian, peningkatan kompetensi digital SDM Pelabuhan Belawan perlu dilakukan melalui pelatihan berkelanjutan, pengembangan kemampuan analisis data, penguasaan sistem informasi kepelabuhanan, dan kemampuan adaptasi terhadap teknologi baru. Namun, pengembangan kompetensi tersebut perlu disertai dukungan organisasi dan manajemen perubahan untuk menghindari *information overload* dan kecemasan teknologi sebagaimana dikemukakan Bawden dan Robinson (2020). Secara keseluruhan, hasil penelitian membuktikan bahwa Kompetensi Digital merupakan faktor strategis dalam meningkatkan Efisiensi Operasional dan menjadi faktor paling dominan dalam model penelitian.

Pengaruh Kesiapan Teknologi dan Kompetensi Digital terhadap Efisiensi Operasional

Hasil uji simultan (uji F) menunjukkan nilai *F-hitung* sebesar 240,439 dengan signifikansi 0,000. Karena nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05, maka Kesiapan Teknologi dan Kompetensi Digital secara simultan berpengaruh signifikan terhadap Efisiensi Operasional Pelabuhan Belawan. Temuan ini menunjukkan bahwa teknologi dan kompetensi SDM merupakan dua komponen yang saling melengkapi dalam proses transformasi digital. Teknologi yang tersedia tidak akan menghasilkan efisiensi optimal apabila tidak didukung SDM yang mampu menggunakannya, demikian pula kompetensi digital SDM tidak dapat dimanfaatkan secara maksimal tanpa dukungan infrastruktur dan sistem teknologi yang memadai.

Hasil tersebut konsisten dengan pandangan Notteboom dan Rodrigue (2020), Pallis et al. (2021), serta Hsu dan Yip (2021) bahwa efisiensi pelabuhan modern tidak hanya ditentukan oleh infrastruktur fisik, tetapi juga oleh integrasi teknologi, sistem informasi, tata kelola, dan kualitas sumber daya manusia. Dalam konteks Pelabuhan Belawan, integrasi kesiapan teknologi dan kompetensi digital dapat mendukung penerapan sistem kepelabuhanan digital, mempercepat arus informasi, mengurangi kesalahan operasional, meningkatkan koordinasi antarunit, serta mengoptimalkan penggunaan waktu dan sumber daya. Temuan ini menegaskan bahwa strategi peningkatan efisiensi operasional perlu dilakukan secara terintegrasi melalui investasi teknologi yang diikuti dengan peningkatan kompetensi digital SDM. Oleh karena itu, manajemen Pelabuhan Belawan perlu memastikan bahwa setiap pengembangan sistem dan infrastruktur digital diikuti program pelatihan, pendampingan, evaluasi penggunaan teknologi, dan manajemen perubahan. Dengan pendekatan tersebut, transformasi digital tidak hanya menghasilkan modernisasi sistem, tetapi juga memberikan dampak nyata terhadap peningkatan efisiensi dan daya saing operasional pelabuhan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai *Pengaruh Kesiapan Teknologi dan Kompetensi Digital Sumber Daya Manusia terhadap Efisiensi Operasional Pelabuhan Belawan*, dapat disimpulkan bahwa Kesiapan Teknologi berpengaruh positif dan signifikan terhadap Efisiensi Operasional. Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan infrastruktur, sistem informasi, dan integrasi teknologi digital yang semakin baik mampu mempercepat proses kerja, mengurangi waktu tunggu, serta meningkatkan efektivitas operasional pelabuhan. Kompetensi Digital juga berpengaruh positif dan signifikan

terhadap Efisiensi Operasional, bahkan menjadi variabel yang paling dominan dalam model penelitian. Kemampuan SDM dalam mengoperasikan, memanfaatkan, dan beradaptasi dengan teknologi digital terbukti berperan penting dalam meningkatkan produktivitas dan meminimalkan kesalahan operasional. Secara simultan, Kesiapan Teknologi dan Kompetensi Digital berpengaruh signifikan terhadap Efisiensi Operasional. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,834 menunjukkan bahwa kedua variabel mampu menjelaskan 83,4% variasi Efisiensi Operasional, sedangkan 16,6% sisanya dijelaskan oleh faktor lain di luar model penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Fauzi, R., & Syahputra, F. (2022). *Penerapan teknologi digital di pelabuhan Indonesia untuk menurunkan biaya logistik nasional*. MTL: Jurnal Maritime Technology and Logistics, 9(3). <https://doi.org/10.54324/j.mtl.v9i3.738>
- Anastasia, M. G. (2024). Analisis site management Terminal Bandar Deli Pelabuhan Belawan dengan konsep green building. Jurnal Teknik Sipil Nasional.
- Anjani, F., & Pertiwi, D. (2023). Pengaruh penerapan Terminal Booking System terhadap kualitas layanan di Pelabuhan Tanjung Priok. Jurnal Sinergi, 1(1). <https://doi.org/10.21009/sinergi.v1i1.6138>
- Arifin, M. (2021). Peran penting digitalisasi dalam penurunan biaya logistik di Indonesia. Jurnal Logistik Indonesia, 12(2), 75–85.
- Bawden, D., & Robinson, L. (2020). The dark side of digital literacy: Information overload, anxiety and other paradoxes and pathologies. Journal of Documentation, 76(3), 579–596.
- Berlian Jasa Terminal Indonesia. (2022). Pengaruh digitalisasi sistem kerja dan motivasi kerja terhadap produktivitas operator Rubber Tyred Gantry pada PT Berlian Jasa Terminal Indonesia. Jurnal Manajemen Transportasi, 5(1), 44–58.
- Cahyono, S. (2021). Teknologi informasi dalam meningkatkan efisiensi dan daya saing di pelabuhan. Jurnal Ilmu Wilayah dan Perkotaan, 10(4).
- Chaula, W., & Luambano, H. (2025). Smart technology adoption and operational efficiency: Dar Es Salaam Seaport case study. Journal of Industrial Engineering & Management Research, 6(5), 140–149. <https://doi.org/10.7777/jiemar.v6i5.621>
- Dharmawan, T. (2022). Studi literatur tentang dampak digitalisasi terhadap operasional pelabuhan. Jurnal Transportasi Maritim, 8(1), 23–34.
- Dharmawangsa University. (2024). Improving the quality of human resources at Pelindo Regional 1 Medan through digital upskilling. Prosiding Konferensi Nasional.
- Ferrari, A. (2023). DIGCOMP: A framework for developing and understanding digital competence in Europe. Publications Office of the EU.
- Firmansyah, R. (2022). Digitalisasi layanan kepelabuhanan: Peluang pemanfaatan teknologi dan tantangan implementasi. Jurnal Sistem Transportasi Laut, 7(2), 49–62.
- Formosa Publisher. (2024). The effect of operational efficiency, technology innovation and service quality on cargo-handling competitiveness. International Journal of Information Systems.
- Hawari, S. M., Hadiprawoto, T. R., Iriyanty, I., Alversia, Y., & Adiyono, S. (2024). Smart port management in digital transformation: A review for future research. IJMEIR, 9(3), 442–450.

- <https://doi.org/10.12962/j25481479.v9i3.4903>
- Hendrawan, B. (2022). Hindrances in port digitalization: Identifying problems in adoption and implementation. *International Journal of Port Management*, 15(3), 199–215.
- Hidayat, T. (2023). Penguatan SDM kepelabuhanan yang terintegrasi untuk meningkatkan kualitas dan kesiapan SDM di Pelabuhan Soekarno Hatta Makassar. *Jurnal Kepelabuhanan Indonesia*, 4(1), 12–25.
- Hsu, W. K., & Yip, T. L. (2021). Digital transformation in port operations: The role of automation and intelligent logistics. *Maritime Economics & Logistics*, 23(4), 678–695.
- Hung, S. Y., Chang, C. M., & Yu, T. J. (2020). Determinants of digital competence and its impact on job performance in logistics. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 36(2), 145–165.
- Iberahim, H., & Yusuf, N. (2024). Port digitalisation: Technology readiness of Malaysian port operators. *Journal of Social Sciences and Management*.
- Iskandar, M. (2021). Peran teknologi dalam meningkatkan kinerja operasional container handling system. *Jurnal Operasional Pelabuhan*, 6(3), 140–152.
- Nofrisel, N., Kintan Litania Kirani, Indriyanti, A. R., & Hidayat, R. (2025). Intervening Role Quality Online System in Relationship Between Implementation Inaportnet and Effectiveness Ship Clearance In-Out. *Jurnal Ekonomi Manajemen Sistem Informasi*, 6(4), 2815–2828. <https://doi.org/10.38035/jemsi.v6i4.4>
- Junaidi, R. (2020). Peran teknologi dalam pembangunan kemaritiman Indonesia. *Jurnal Kemaritiman Nusantara*, 9(2), 100–110.
- Karaś, A. (2021). Smart port as a key to the future development of modern ports. *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*.
- Kaur, A., & Sidhu, R. (2021). Digital skills and organizational readiness in the maritime industry. *Journal of Maritime Research*, 18(2), 34–48.
- Kementerian Perhubungan. (2021). Industri kepelabuhanan dan peran teknologi informasi (TI) untuk peningkatan daya saing. *Jurnal Transportasi Laut Indonesia*, 11(1), 33–45.
- Kusuma, H. (2022). Pengembangan sumber daya manusia dalam mendukung transformasi transportasi laut di era Revolusi Industri 4.0. *Jurnal SDM Maritim*, 5(2), 87–101.
- Lubis, F. (2022). Penerapan teknologi digital di pelabuhan Indonesia untuk menurunkan biaya logistik nasional. *Jurnal Teknologi & Logistik*, 9(3), 55–70.
- Mahyuddin, A. (2021). Peran teknologi informasi dalam meningkatkan daya saing industri kepelabuhanan. *Jurnal Inovasi & Teknologi Maritim*, 8(1), 18–32.
- Maritime Engineering Board. (2024). Determination of cargo loading and unloading speed at ports. *SJTL (Ship & Terminal Logistics Journal)*.
- Mora, H., Signes, M., & Gil, D. (2021). Digital competence, ICT skills and innovation performance. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(2), 179–197.
- Multi Terminal Pelindo. (2025). Penanganan dan pengaturan peti kemas pada TPK Belawan. Laporan Teknis Pelindo.
- Munim, Z. H., & Schramm, H. J. (2020). The impacts of port efficiency and logistics performance on maritime transport costs. *Maritime Economics & Logistics*, 22(3), 369–389.
- Notteboom, T., & Rodrigue, J.-P. (2020). Port performance and efficiency: Revisiting concepts and measurements. *Maritime Policy & Management*, 47(7), 837–856.
- Pallis, A. A., Notteboom, T., & De Langen, P. W. (2021). Revisiting port

- performance measurement frameworks. *Transport Reviews*, 41(2), 145–168.
- PAIR – Pelindo. (2024). Closing the digital skills gap of young port workers. Laporan Penelitian.
- Pratiwi, M. A. (2024). Digital human resource management in maritime organizations: Case study of Riau Islands. *Jurnal Nasional*.
- Ritonga, R. A., et al. (2022). Kesiapan implementasi smart port di Indonesia. *Coastal and Ocean Journal*, 6(1), 8–23.
<https://doi.org/10.29244/coj.6.1.8-23>
- Rodrigue, J.-P. (2022). *The geography of transport systems* (5th ed.). Routledge.
- Saqib, Z.A.; Qin, L. Investigating Effects of Digital Innovations on Sustainable Operations of Logistics: An Empirical Study. *Sustainability* 2024, 16, 5518.
<https://doi.org/10.3390/su16135518>
- Simanjuntak, O. D.P., Purba, R. R., & Sarah, E. M. (2025). The role of influencer marketing moderation in consumer journeys and digital trust in online purchasing decisions. *Jurnal Konseling dan Pendidikan*. 13(3), 76–85. <https://doi.org/10.29210/1169100>
- Siregar, J. (2021). Peran teknologi dalam meningkatkan kinerja operasional container handling system. *Jurnal Logistik dan Kepelabuhanan*, 13(1), 50–62.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R& D*. ALFABETA.
- Suprayitno, E. (2025). Optimization of business administration in maritime logistics: Case of Belawan Port. *Jurnal Nasional*.
- Syahputra, H. E., Hasibuan, R., Purba, R. R., Sitanggang, R., Sipayung, A. (2026). Digitalization And Openness as Determinants F Accounting Students' Readiness for AI-Based Systems. *Jurnal Reviu Akuntansi Dan Keuangan*, 16(1), 109-134.
<https://doi.org/10.22219/jrak.v16i1.43149>
- Tsai, C. W., Lin, Y. L., & Lee, S. C. (2022). Smart port technologies and operational efficiency improvement: An empirical review. *Journal of Shipping and Trade*, 7(1), 1–20.
- Wilson Sarbarita Nauli Silalahi, Dafid Ginting, & Suratni Ginting. (2025). Penanganan dan Pengaturan Peti Kemas pada PT. Multi Terminal Pelindo Belawan. *Jurnal Manuhara: Pusat Penelitian Ilmu Manajemen Dan Bisnis*, 3(1), 333–342.
<https://doi.org/10.61132/manuhara.v3i1.1565>
- Xiao, X., & Wang, Y. (2024). Sustainable maritime transport: Intelligent shipping and green port applications. *Journal of Marine Science & Engineering*.
- Yaya, M. L. S. (2024). Digital transformation in smart ports: A systematic literature review (2022–2024). *Artikel Review*.