

Evaluasi Efektivitas ARTG sebagai Alternatif Operasi RTG Manual di Terminal Petikemas Semarang

Evaluation of the Effectiveness of ARTG as an Alternative to Manual RTG at the Semarang Container Terminal

Faizal Ridho Alfianto^{1*}, Agus Mukhtar¹, Aan Burhanuddin¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas PGRI Semarang, Semarang 50125, Indonesia

*Corresponding author: faizalridhoalfianto80@gmail.com

Diterima: 30-06-2025

Disetujui: 13-08-2025

Dipublikasikan: 20-08-2025

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



Abstrak

Penelitian ini mengevaluasi efektivitas Automated Rubber Tyred Gantry (ARTG) sebagai alternatif terhadap RTG manual di Terminal Petikemas Semarang. Fokus penelitian mencakup produktivitas (box/jam), efisiensi biaya perawatan (Rp/bulan), dan keselamatan kerja (jumlah insiden). Pendekatan kuantitatif deskriptif digunakan dalam studi kasus selama Maret–Mei 2025. Hasil menunjukkan ARTG meningkatkan produktivitas sebesar 11,25%, menurunkan biaya perawatan sebesar 46,5%, serta mencatat nol insiden kerja dibanding RTG manual yang mencatat empat insiden. Seluruh perbedaan signifikan secara statistik ($p < 0,05$). Temuan ini mengindikasikan bahwa ARTG mampu meningkatkan efisiensi operasional dan keselamatan kerja di pelabuhan. Oleh karena itu, implementasi ARTG direkomendasikan secara bertahap, dengan memperhatikan kesiapan infrastruktur digital, pelatihan sumber daya manusia, serta dukungan kebijakan.

Kata Kunci: RTG otomatis, Pelabuhan, Efisiensi biaya, Keselamatan kerja.

Abstract

This study evaluates the effectiveness of Automated Rubber Tyred Gantry (ARTG) as an alternative to manual RTG operations at the Semarang Container Terminal. The research focuses on productivity (boxes/hour), maintenance cost efficiency (IDR/month), and workplace safety (number of incidents). A descriptive quantitative case study was conducted from March to May 2025. Results show that ARTG improved productivity by 11.25%, reduced maintenance costs by 46.5%, and recorded zero incidents compared to four incidents with manual RTG. All differences were statistically significant ($p < 0.05$). These findings indicate that ARTG enhances operational efficiency and safety in port operations. Gradual implementation of ARTG is recommended, considering digital infrastructure readiness, human resource training, and policy support.

Keywords: Automated RTG, Port, Cost efficiency, Workplace safety.

1. Pendahuluan

Pelabuhan merupakan simpul vital dalam rantai logistik global, berfungsi sebagai gerbang utama untuk perdagangan internasional dan domestik (Aziz et al. 2025). Di Indonesia, perannya sangat strategis untuk menghubungkan wilayah antar-pulau serta mendorong pertumbuhan ekonomi nasional. Modernisasi pelabuhan melalui otomatisasi peralatan bongkar muat

merupakan langkah strategis untuk meningkatkan efisiensi operasional dan keselamatan kerja. Peningkatan kinerja pelabuhan sangat krusial mengingat tekanan kompetisi global dan kebutuhan untuk mengurangi waktu penanganan kargo. Dorongan untuk otomatisasi ini didasari oleh kebutuhan untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya operasional, mengatasi kekurangan tenaga kerja, dan meningkatkan produktivitas secara keseluruhan.

Salah satu peralatan utama bongkar muat peti kemas di area penumpukan (yard) adalah *Rubber Tyred Gantry (RTG) crane*. RTG manual telah digunakan selama puluhan tahun, namun menghadapi kendala signifikan dalam mendukung tuntutan pelabuhan modern. Namun, masalah seperti investasi awal yang tinggi, jarak tempuh yang terbatas, waktu pengisian daya yang lama, dan ketahanan terhadap cuaca ekstrim harus ditangani secara menyeluruh (Dimas Septian Abdya Raysi and Nugroho Dwi Priyohadi 2023). Tingkat kelelahan operator, potensi kesalahan manusia, dan ketergantungan pada tenaga kerja langsung secara langsung memengaruhi produktivitas dan efisiensi operasional. Selain itu, pengoperasian manual rentan terhadap faktor-faktor eksternal seperti kondisi cuaca dan ketersediaan tenaga kerja, yang dapat memperlambat operasi dan mengurangi fleksibilitas. Pelabuhan yang beroperasi mendekati kapasitas penuh sangat rentan terhadap gangguan sekecil apa pun, kurang memiliki ketahanan operasional untuk pulih, dan memerlukan lebih banyak pergerakan yang tidak produktif.

Sebagai solusi terhadap tantangan ini, banyak pelabuhan dunia beralih ke sistem otomatisasi berbasis digital. Salah satu inovasi yang diterapkan adalah *Automated Rubber Tyred Gantry (ARTG)*, yang dirancang untuk menggantikan RTG manual melalui sistem kendali otomatis berbasis sensor dan perangkat lunak. Pelabuhan terbesar di dunia, termasuk derek dermaga, crane halaman, dan kendaraan berpemandu otomatis untuk penanganan container (Hawari and Adiyono 2024). Penggunaan Teknologi Pemantauan Real-Time, terapkan teknologi pemantauan real-time yang memungkinkan pemantauan dan peringatan masalah dalam waktu nyata (Pongoh et al. 2023). ARTG, sebagai bagian dari keluarga *Automated Stacking Cranes (ASCs)*, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya operasional, dan meningkatkan keselamatan kerja. Otomatisasi terminal peti kemas dapat mengurangi biaya operasional hingga 37%, meningkatkan produktivitas hingga 40%, dan mengurangi emisi karbon hingga 50% (Gattuso and Pellicanò 2023).

Implementasi ARTG dan teknologi otomatisasi serupa telah menjadi tren konsolidasi di sektor pelabuhan global, dengan pelabuhan-pelabuhan besar seperti Rotterdam, Shanghai, dan Singapura memimpin adopsi. Meskipun demikian, perlu dicatat bahwa adopsi teknologi otomatisasi di pelabuhan-pelabuhan ini seringkali melibatkan *Automated Rail Mounted Gantry (ARMG)* atau *Automated Guided Vehicles (AGVs)* untuk operasi yard dan horizontal, bukan secara eksklusif ARTG (Majoral, Reyes, and Saurí 2024). Contohnya, Yangshan Phase 4 di Shanghai menggunakan AGV dan ARMG, sementara Pasir Panjang di Singapura dan Newport di Busan juga mengadopsi ARMG. Di Indonesia, adopsi ARTG masih terbatas, dan kajian kuantitatif terkait efektivitasnya jarang dilakukan. Studi-studi yang ada lebih banyak berfokus pada pengalaman operator atau analisis biaya secara umum, tanpa perbandingan kinerja langsung (Sitompul 2022).

Penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut dengan membandingkan kinerja RTG manual dan ARTG di Terminal Petikemas Semarang. Fokus utama penelitian ini adalah mengevaluasi efektivitas ARTG sebagai alternatif operasi RTG manual, dengan membandingkan tiga indikator kunci: produktivitas (box/jam), efisiensi biaya perawatan (Rp/bulan), dan keselamatan kerja (jumlah insiden). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar kuantitatif yang kuat bagi keputusan investasi dan kebijakan terkait modernisasi pelabuhan di Indonesia menuju konsep "pelabuhan cerdas".

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode studi kasus dengan pendekatan kuantitatif deskriptif dan analisa uji T signifikan. Lokasi penelitian adalah Terminal Petikemas Semarang (TPK Semarang), yang merupakan salah satu terminal utama di wilayah Jawa Tengah. Penelitian dilakukan selama tiga bulan, yaitu pada bulan Maret, April, dan Mei tahun 2025.

2.1. Objek dan Unit Analisis

Objek penelitian terdiri dari dua kategori unit RTG:

- a. RTG Manual : 5 unit dengan utilisasi terbaik
- b. ARTG : 5 unit dengan utilisasi terbaik

2.2. Bahan dan Alat Utama

Bahan utama dalam penelitian ini berupa data operasional RTG manual dan ARTG yang telah terdokumentasi oleh pihak operasional pelabuhan. Alat yang digunakan antara lain:

- a. Laptop dengan perangkat lunak pengolah data (Microsoft Excel) dan software IBM SPSS Statistics 27.
- b. Data observasi.
- c. Stopwatch untuk mengambil data waktu.

2.3. Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui:

- a. Observasi lapangan
- b. Dokumentasi laporan bulanan RTG dan ARTG
- c. Laporan K3 terkait insiden kerja

2.4. Parameter Analisis

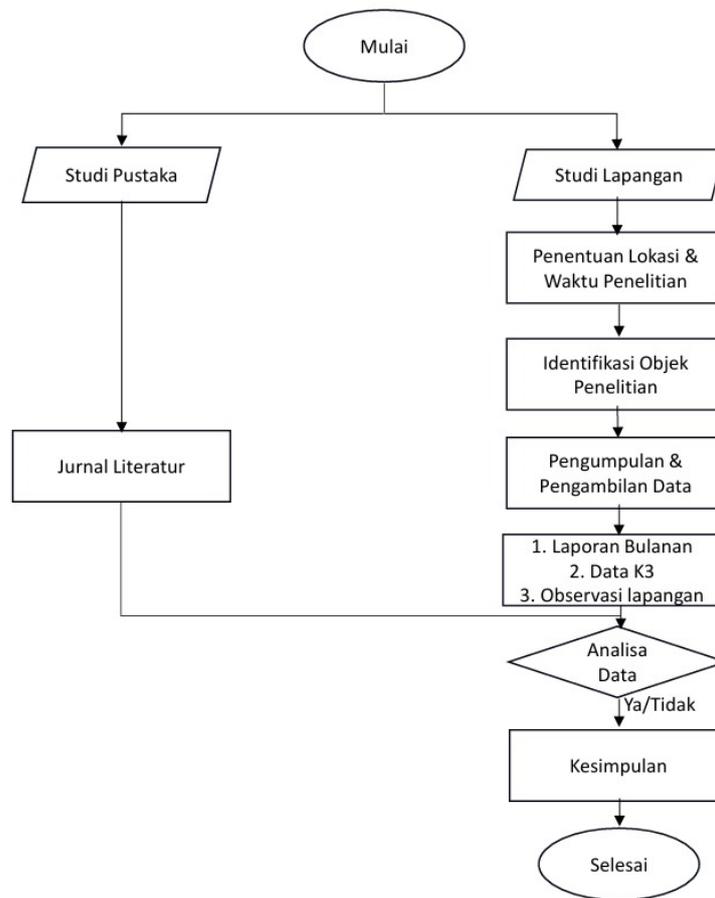
Indikator yang dianalisis:

- a. Produktivitas (box/jam)
- b. Biaya perawatan (Rp/bulan)
- c. Jumlah insiden kerja

Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan uji *t-test* ($\alpha = 0,05$) untuk melihat signifikansi perbedaan menggunakan software IBM SPSS Statistics 27.

2.5. Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini seperti ditampilkan pada Gambar 1. Penelitian diawali dengan studi pustaka untuk memperoleh dasar teori dan referensi terkait RTG manual serta ARTG. Hasil kajian literatur menjadi landasan dalam merumuskan kerangka penelitian. Selanjutnya dilakukan studi lapangan yang mencakup penentuan lokasi dan waktu penelitian di Terminal Petikemas Semarang, serta identifikasi objek penelitian yaitu unit RTG manual dan ARTG yang beroperasi. Tahap berikutnya adalah pengumpulan dan pengambilan data melalui laporan bulanan, data K3, serta observasi lapangan guna memperoleh gambaran menyeluruh mengenai kinerja, keamanan, dan efisiensi operasional. Data yang terkumpul kemudian masuk ke tahap analisis data untuk menilai efektivitas penggunaan ARTG dibandingkan RTG manual. Proses analisis akan menentukan apakah hasilnya sesuai dengan kriteria evaluasi yang ditetapkan. Akhirnya, diperoleh kesimpulan yang merangkum efektivitas ARTG sebagai alternatif RTG manual di Terminal Petikemas Semarang, serta rekomendasi untuk implementasi lebih lanjut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Produktivitas

Perbandingan produktivitas antara RTG manual dan ARTG ditampilkan pada Tabel 1. Data laporan bulanan menunjukkan perbedaan tipis, sedangkan hasil observasi lapangan dengan pembatasan hambatan (waktu tunggu, jarak angkut) menunjukkan perbedaan signifikan.

Tabel 1. Perbandingan produktivitas RTG manual dan ARTG

Sumber Data	Jenis RTG	Rata-rata Box/Hour	Peningkatan (%)
Laporan Bulanan	RTG Manual	7,33	-
	ARTG	7,37	1%
Observasi Lapangan	RTG Manual	16,70	-
	ARTG	18,56	11,25%

Perbedaan hasil ini disebabkan oleh faktor operasional yang tidak seluruhnya tercatat dalam laporan bulanan, seperti pengangkutan kontainer yang tertunda dari *yard*, yang sering disebabkan oleh masalah logistik seperti keterlambatan truk atau kapal serta masalah dalam proses administrasi (Rifaldi Pasuma, Soedarmanto, and MM 2025). Temuan ini sejalan dengan studi (Suryaning 2019) bahwa dengan lebih banyak pengalaman, pelatihan teratur, dan keterampilan untuk menguasai alat, produktivitas akan meningkat.

3.2 Biaya Perawatan

ARTG menunjukkan penghematan biaya perawatan yang signifikan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan biaya perawatan bulanan RTG manual dan ARTG

Jenis RTG	Biaya rata – rata / bulan (Rp)	Efisiensi (%)
RTG Manual	270.304.887	-
ARTG	144.374.381	46,5%

Berdasarkan hasil, dibutuhkan sistem efisien yang dapat mendeteksi kerusakan komponen- komponen yang terdapat pada arsitektur (Rusdiyanto 2024). Hasil ini konsisten dengan penelitian (Yudhi Prasetyo, Soedarmanto, and MM 2023) yang menunjukkan bahwa biaya fasilitas-fasilitas ini memiliki kemampuan untuk menangani volume lalu lintas yang sangat besar dan melakukan bongkar muat dengan efisien.

3.3 Tingkat Keselamatan Kerja

Tingkat keselamatan kerja mengalami peningkatan signifikan pada ARTG seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah insiden kecelakaan kerja RTG Manual dan ARTG (Maret–Mei 2025)

Jenis RTG	Jumlah Insiden	Penurunan (%)
RTG Manual	4	-
ARTG	0	100%

Penurunan insiden ini sejalan dengan temuan (Jannah and Saifullah 2024) yang menunjukkan bahwa pengoperasian crane otomatis dengan kendali jarak jauh dapat menghilangkan paparan langsung operator terhadap risiko kecelakaan, sehingga mengurangi potensi insiden hingga 100%. Studi serupa oleh (Muhammad Fahmi Irfansyah and Mudayat 2025) juga menegaskan bahwa sistem otomatisasi berkontribusi signifikan pada penurunan angka kecelakaan kerja di pelabuhan.

3.4 Uji T Signifikan

Untuk mengetahui perbedaan antara penggunaan ARTG dan RTG manual dalam aspek produktivitas, biaya, dan keselamatan, dilakukan analisis statistik dengan menggunakan uji Independent Samples Test. Hasil uji ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 4. Hasil Uji Independent Sample T Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Produktivitas	Equal variances assumed	.130	.728	-44.705	8	<.001	-1.88400	.04214	-1.98118	-1.78682
	Equal variances not assumed			-44.705	7.837	<.001	-1.88400	.04214	-1.98153	-1.78647
Biaya	Equal variances assumed	3.826	.086	4.967	8	.001	125930505.9	25354854.87	67462105.69	184398906.0
	Equal variances not assumed			4.967	6.358	.002	125930505.9	25354854.87	64726877.94	187134133.8
Keselamatan	Equal variances assumed	7.111	.029	4.000	8	.004	.80000	.20000	.33880	1.26120
	Equal variances not assumed			4.000	4.000	.016	.80000	.20000	.24471	1.35529

Kriteria Pengujian Independent Sample T Test:

- a. Nilai Sig. (2-tailed) < 0,05 berkesimpulan ada perbedaan secara signifikan
- b. Nilai Sig. (2-tailed) > 0,05 berkesimpulan tidak ada perbedaan secara signifikan.

Interpretasi Hasil:

- a. Berdasarkan variabel produktivitas diperoleh nilai Sig. = 0,728 ($> 0,05$) sehingga diasumsikan varians kedua kelompok adalah sama. Hasil uji t menunjukkan nilai $t = -44,705$ dengan Sig. (2-tailed) $< 0,001$. Nilai rata-rata perbedaan (mean difference) sebesar -1,884 mengindikasikan bahwa produktivitas metode otomasi lebih tinggi 1,884 poin dibandingkan metode manual. Interval kepercayaan 95% berada pada rentang (-1,981; -1,787) yang seluruhnya negatif, sehingga perbedaan ini konsisten dan signifikan.
- b. Berdasarkan variabel biaya menunjukkan Sig. = 0,086 ($> 0,05$) sehingga diasumsikan varians kedua kelompok adalah sama. Uji t menghasilkan nilai $t = 4,967$ dengan Sig. (2-tailed) = 0,001, menunjukkan perbedaan signifikan antara kedua metode. Nilai mean difference sebesar 125.930.505,9 mengindikasikan bahwa biaya metode manual lebih tinggi sekitar 125,93 juta dibanding metode otomasi. Interval kepercayaan 95% (67.462.105,6; 184.398.906,0) seluruhnya positif, sehingga metode otomasi secara signifikan mengurangi biaya operasional dibanding metode manual.

Berdasarkan Variabel Keselamatan memberikan nilai Sig. = 0,029 ($< 0,05$), sehingga digunakan asumsi varians tidak sama. Hasil uji t menunjukkan nilai $t = 4,000$ dengan Sig. (2-tailed) = 0,016. Nilai mean difference sebesar 0,800 menunjukkan bahwa skor keselamatan metode otomasi lebih tinggi 0,8 poin dibanding metode manual. Interval kepercayaan 95% berada pada rentang (0,244; 1,355) yang seluruhnya positif. Metode otomasi memberikan tingkat keselamatan kerja yang lebih tinggi secara signifikan dibanding metode manual.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *implementasi Automated Rubber Tyred Gantry (ARTG)* sebagai alternatif operasi RTG manual di Terminal Petikemas Semarang memberikan dampak positif yang signifikan terhadap peningkatan efektivitas operasional pelabuhan dimana:

- a. ARTG meningkatkan produktivitas hingga 11,25% dibanding RTG manual.
- b. Biaya perawatan ARTG lebih rendah 46,5% dibanding RTG manual.
- c. ARTG mencatat nol insiden kerja, meningkatkan keselamatan hingga 100%.

Namun, meskipun ARTG memiliki keunggulan yang menjanjikan, keberhasilan digitalisasi pelabuhan tidak dapat dilepaskan dari berbagai faktor pendukung. Keberhasilan implementasi sangat bergantung pada beberapa faktor yaitu :

- a. Implementasi ARTG dilakukan bertahap pada pelabuhan besar dengan arus peti kemas tinggi.
- b. Peningkatan infrastruktur digital dan pelatihan SDM menjadi prioritas.
- c. Dukungan kebijakan dan regulasi diperlukan untuk percepatan transformasi menuju pelabuhan cerdas.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada manajemen TPK Semarang, dosen pembimbing dari Universitas PGRI Semarang yang telah membantu dan memberikan arahan serta dukungan dalam proses penelitian ini.

Daftar Pustaka

Aziz, Abdul, Atina Alifah, Lucky Lukman Nulhakim, and Ma'ruf Ma'ruf. 2025. "Transformasi Ekonomi di Wilayah Pesisir: Mengoptimalkan Peran Strategis Pelabuhan Laut Dalam Meningkatkan Konektivitas, Produktivitas, Keberlanjutan, serta Peluang, Tantangan, dan Strategi di Provinsi Banten." *Innovative: Journal of Social Science Research* 5 (1): 4788–95.

- Fahmi Irfansyah, Muhammad, and Mudayat. 2025. "Laporan Magang - Penerapan Budaya Keselamatan & Kesehatan Kerja pada PT. Terminal Petikemas Surabaya." STIA Manajemen dan Kepelabuhan Barunawati Surabaya.
- Gattuso, Domenico, and Domenica Savia Pellicanò. 2023. "Perspectives for Ports Development, Based on Automated Container Handling Technologies." *Transportation Research Procedia* 69: 360–67. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.02.183>.
- Hawari, Syafrie Muhammad, and Soni Adiyono. 2024. *Transformasi Digital pada Manajemen Pelabuhan*. Penerbit NEM.
- Jannah, Miftahul, and Yasir Saifullah. 2024. "Rancang Bangun Sistem Pengendali Overhead Crane Berbasis PLC (Programmable Logic Control)." Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Majoral, Genís, Andrés Reyes, and Sergi Saurí. 2024. "Lessons from Reality on Automated Container Terminals: What Can Be Expected from Future Technological Developments?" *Transportation Research Record* 2678 (2): 401–15. <https://doi.org/10.1177/03611981231174422>.
- Pasuma, Rifaldi, Soedarmanto, and MM. 2025. "Laporan Magang - Fungsi Yard Planner untuk Meningkatkan Efisiensi Ruang dan Waktu Operasional di PT. Terminal Petikemas Surabaya." STIA Manajemen dan Kepelabuhan Barunawati Surabaya.
- Pongoh, Deitje, Josephin Sundah, Yohanes Mende, Yohanes Larawona, and Siti Masita Sugeha. 2023. "Pemantauan dan Pengendalian Jarak Jauh pada Sistem Listrik Bebas untuk Aplikasi Internet of Things (IoT)." *Journal Central Publisher* 1 (7): 669–75.
- Prasetyo, Yudhi, Soedarmanto, and MM. 2023. "Optimalisasi Container Yard Ex-Pusri dengan Relokasi Alat Bongkar Muat untuk Peningkatan Kinerja TPK Nilam." STIA Manajemen dan Kepelabuhan Barunawati Surabaya.
- Raysi, Dimas Septian Abdya, and Nugroho Dwi Priyohadi. 2023. "Optimalisasi Penerapan E-RTG pada RTG Konvensional di Terminal Petikemas Nilam." STIA Manajemen dan Kepelabuhan Barunawati Surabaya.
- Rusdiyanto, Ilham M. 2024. "Sistem Pakar untuk Deteksi Kerusakan Autoclave dengan Metode Fuzzy Logic." Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- Sitompul, Taufik Akbar. 2022. "The Impacts of Different Work Locations and Levels of Automation on Crane Operators' Experiences: A Study in a Container Terminal in Indonesia." *ACM International Conference Proceeding Series*, 193–98. <https://doi.org/10.1145/3572921.3572941>.
- Suryaning, Purwita. 2019. "Analisis Pengalaman, Pelatihan dan Keterampilan Operator Rubber Tyred Gantry dalam Meningkatkan Produktivitas Lift On/Lift Off di Container Yard Petikemas." STIA Manajemen dan Kepelabuhan Barunawati Surabaya.