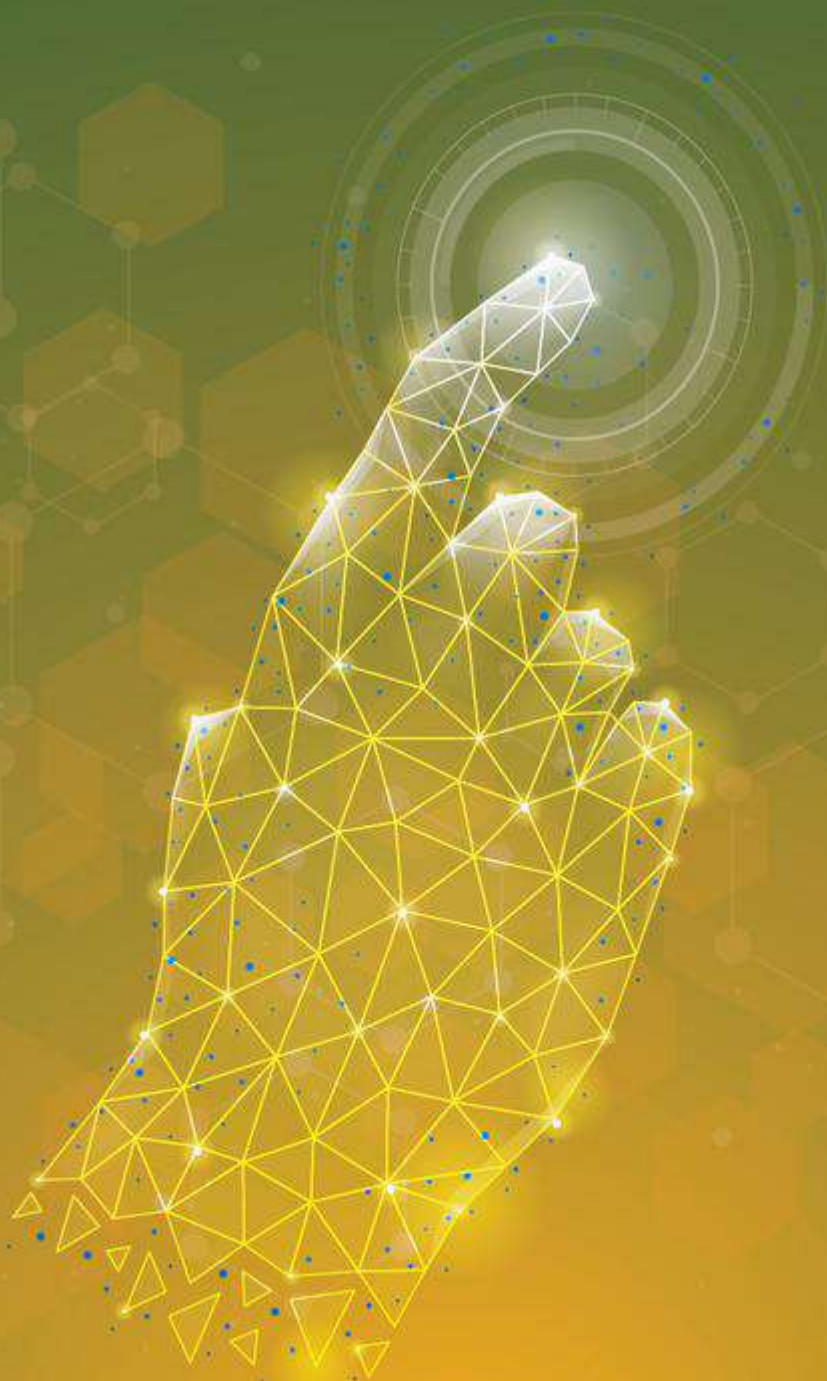


Jurnal Jambo Digitech

Jurnal Teknologi Informatika dan Komputer



JURNAL JAMBO DIGITECH

DEWAN REDAKSI

Penanggung Jawab

Dr. Ir. Rizal Munadi, M.M., M.T.

Redaktur

Dr. Puji Astuti, S. Kep., Ns., M.Sc

Penyunting/Editor

Delina Desky, A. Md. Kep.

Desain Grafis

Reza Amanda Putra, S.H.

Kesekretariatan

Aqmal, AMd. Kom.

Marisa Nabila, S. IP.

Fitria Larasati, S. T.

Tim Reviewer

Prof. Dr. Ir. Yuswaldi Away, M. Sc

Prof. Ir. Paulus Insap Santosa, M.Sc., Ph. D., IPU.

Prof. Iwan Syarif, S. Kom., M. Sc., Ph. D

Prof. Heru Suhartanto, Drs., M. Sc., Ph. D.

Prof. Dr. Maman Abdurrohman, S.T., M. T.

TENTANG JURNAL

Jurnal Jambo Digitech merupakan jurnal dibidang teknologi informatika dan komputer yang diterbitkan oleh Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah XIII. Jurnal Jambo Digitech ini terbit 2 (dua) kali dalam setahun.

Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah XIII menerbitkan jurnal ini dengan tujuan sebagai sarana untuk menampung artikel-artikel ilmiah khususnya dalam bidang komputer dan informatika yang berasal dari hasil penelitian, kajian atau makalah ilmiah dari para dosen maupun kalangan peneliti.

Artikel ilmiah yang dikirimkan ke dewan redaksi harus berupa naskah asli dan belum pernah dipublikasikan di tempat lain. Isi artikel ilmiah dari setiap penerbitan merupakan tanggung jawab penulis.

Adapun ruang lingkup yang menjadi cakupan dalam jurnal ini meliputi:

1. Sistem Informasi
2. Kriptografi
3. Pemodelan dan Simulasi
4. Jaringan Komputer
5. Komputasi
6. Pengolahan Citra
7. Teknik
8. Topik lainnya yang berhubungan dengan bidang teknik, teknologi informatika dan komputer

DAFTAR ISI

| | |
|---|---------|
| Implementasi Sistem Transaksi Pembelian Barang Di Mustika Swalayan Menggunakan Pola <i>Association Rule</i> dan Algoritma Apriori Berbasis Web Athirah Rusadi, Arief Munanzar | 64-76 |
| Penetasan Telur Ayam Dalam Inkubator Dianalisis Berdasarkan Perpindahan Panas Yang Terjadi Ketika Bola Lampu Digunakan Sebagai Sumber Panas Ditya Riswandha, Rahma Eka Kartika, Ahmad Syuhada, Razali..... | 77-87 |
| Pemodelan Proses Produksi Metil Klorida Dari Metanol Dan Asam Klorida Menggunakan Aspen Hysys Uzli Fatul Jannah, Nasrul ZA, Meriatna, Zulnazri, Rozanna Dewi, Wiza Ulfa Fibarzi, Leni Maulinda..... | 88-98 |
| Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Proyek Peningkatan/Rekonstruksi Jalan Rel Kota Langsa Rajib Muammar, Iqbal | 99-110 |
| Konsep Penyelesaian Permasalahan Pelangkaan Gas Elpiji 3 Kg Di Indonesia Dengan Memanfaatkan Ieknologi informasi Imam Muslem R, Rizky Maulana, Afriana | 111-118 |

IMPLEMENTASI SISTEM TRANSAKSI PEMBELIAN BARANG DI MUSTIKA SWALAYAN MENGGUNAKAN POLA ASSOCIATION RULE DAN ALGORITMA APRIORI BERBASIS WEB

IMPLEMENTATION OF WEB-BASED PURCHASE TRANSACTION SYSTEM AT MUSTIKA SWALAYAN USING ASSOCIATION RULES AND APRIORI ALGORITHM

Athirah Rusadi^{1*} & Arief Munanzar²

¹Universitas Malikussaleh, Magister Teknologi Informasi, Lhokseumawe

²Politeknik Negeri Lhokseumawe, Teknik Informatika Lhokseumawe

mhs.unimal.ac.id

ABSTRAK

Setiap usaha ritel swalayan menghasilkan data transaksi yang sangat besar dan tersimpan dalam basis data, namun sering kali hanya dimanfaatkan sebatas arsip. Padahal, data transaksi dapat diolah untuk memperoleh informasi strategis yang mendukung pengambilan keputusan bisnis. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sebuah aplikasi berbasis web untuk menganalisis pola transaksi pembelian barang di Mustika Swalayan menggunakan teknik data mining dengan Algoritma Apriori. Proses penelitian meliputi beberapa tahapan, yaitu seleksi data, pembersihan data (*preprocessing*), transformasi data, perancangan sistem, implementasi, serta pengujian. Data yang digunakan merupakan catatan transaksi penjualan selama satu tahun yang telah melalui tahap praproses agar sesuai dengan format input algoritma. Aplikasi dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan *framework CodeIgniter* dan basis data MySQL, sementara metode pengembangan perangkat lunak yang diterapkan adalah model *waterfall*. Pengujian sistem dilakukan dengan pendekatan *black-box* untuk memastikan seluruh fungsi berjalan sesuai kebutuhan pengguna. Hasil pengolahan data menunjukkan terbentuknya sejumlah *frequent itemset* yang memenuhi ambang minimal *support* 3 dan minimal *confidence* 70%. Aturan asosiasi terkuat yang ditemukan adalah “jika pelanggan membeli Indomie maka pelanggan juga membeli telur” dengan tingkat kepercayaan 100%. Temuan ini memberikan wawasan penting bagi pihak manajemen toko untuk menyusun strategi pemasaran, seperti pengaturan tata letak produk, penawaran promosi bundling, dan perencanaan stok barang yang lebih efektif. Secara keseluruhan, aplikasi yang dikembangkan terbukti mampu membantu pemilik usaha dalam menggali pola pembelian konsumen sehingga mendukung pengambilan keputusan berbasis data dan meningkatkan daya saing usaha ritel.

Kata kunci: Algoritma Apriori, Data Mining, Association Rule, Pola Pembelian.

ABSTRACT

Every retail supermarket generates a large volume of transaction data stored in a database, yet this data is often used only as an archive. In fact, transaction data can be processed to obtain strategic information that supports business decision-making. This study aims to design and develop a web-based application to analyze purchasing transaction patterns at Mustika Swalayan using data mining techniques with the Apriori algorithm. The research process consists of several stages, namely data selection, data cleaning (*preprocessing*), data transformation, system design, implementation, and testing. The data used comprises one year of sales transaction records that have undergone preprocessing to match the input format required by the algorithm. The application was developed using the PHP programming language with the CodeIgniter framework and a MySQL database, while the software

development method applied was the waterfall model. System testing was conducted using the black-box approach to ensure that all functions operated in accordance with user requirements.

The data processing resulted in several frequent itemsets that met the minimum support threshold of 3 and the minimum confidence level of 70%. The strongest association rule found was “if a customer buys Indomie, then the customer also buys eggs,” with a confidence level of 100%. These findings provide valuable insights for store management in developing marketing strategies, such as optimizing product layout, offering bundling promotions, and planning inventory more effectively. Overall, the developed application has proven capable of helping business owners identify consumer purchasing patterns, thereby supporting data-driven decision-making and enhancing the competitiveness of the retail business.

Keywords: Apriori Algorithm, Data Mining, Association Rules, Purchasing Patterns.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi yang semakin pesat telah memberikan dampak besar di berbagai sektor, termasuk dunia bisnis ritel (Transaksi *et al.*). Persaingan usaha swalayan kini tidak hanya bergantung pada kualitas produk dan harga, tetapi juga pada kemampuan pelaku usaha memanfaatkan data transaksi yang terus bertambah setiap hari (Martinez *et al.*, 2021). Data yang tersimpan dalam basis data berkapasitas besar kerap hanya digunakan sebagai arsip tanpa diolah lebih lanjut, padahal di dalamnya tersimpan pola pembelian yang dapat menjadi dasar pengambilan keputusan strategis (Heikal & Gandhi, 2024b). Data *mining* hadir sebagai solusi untuk mengekstraksi informasi berharga dari data dalam jumlah besar (Saparudin & Sholihin, 2023).

Salah satu teknik populer dalam data mining adalah *association rule mining*, yang mampu mengidentifikasi hubungan atau kecenderungan keterkaitan antar produk dalam transaksi pembelian konsumen (Octavia *et al.*, 2023). Dengan teknik ini, pemilik usaha dapat mengetahui kombinasi produk yang sering dibeli secara bersamaan, sehingga dapat merancang strategi pemasaran yang lebih efektif, seperti promosi *bundling* dan penataan tata

letak produk di rak penjualan (Heikal & Gandhi, 2024a). Algoritma Apriori merupakan metode dasar dan banyak digunakan dalam analisis *association rule* karena kemampuannya menemukan *frequent itemset* secara efisien. Algoritma ini bekerja melalui perhitungan nilai *support* dan *confidence* untuk membentuk aturan asosiasi yang kuat (Dwiputra *et al.*, 2023). Pemanfaatan algoritma Apriori memungkinkan perusahaan ritel mengidentifikasi pola pembelian dengan tingkat akurasi yang tinggi dan proses komputasi yang relatif sederhana (Gunawan *et al.*, 2024).

Berdasarkan kebutuhan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pola transaksi pembelian barang di Mustika Swalayan (Santoso, 2021). Aplikasi yang dikembangkan berbasis web menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan *framework CodeIgniter* dan basis data MySQL (Syahputri, 2020). Hasil analisis diharapkan dapat membantu pihak manajemen dalam mengambil keputusan pemasaran, mengoptimalkan penataan produk, serta meningkatkan keuntungan melalui strategi penjualan yang lebih terarah (Siregar & Marto, 2020).

Permasalahan Penelitian dan Kontribusi Kebaruan

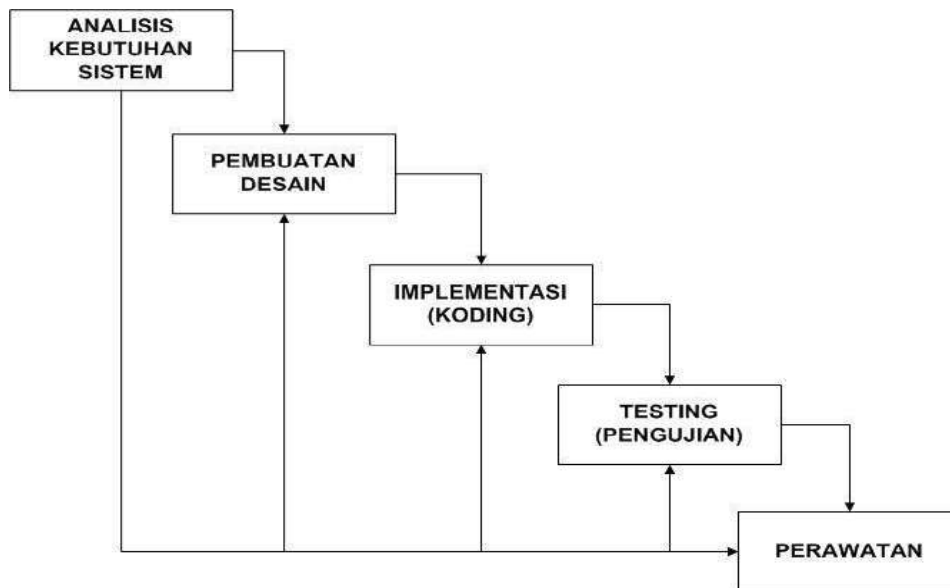
Meskipun metode *association rule mining* dan algoritma Apriori telah banyak diterapkan di berbagai bidang, sebagian besar penelitian sebelumnya hanya memfokuskan penerapan pada konteks perpustakaan, toko daring, atau sistem rekomendasi produk secara umum (Heikal & Gandhi, 2024b). Beberapa studi menyoroti peminjaman buku di perpustakaan atau pola belanja daring yang bersifat statis (Hartanto & Aribowo, 2023). Namun, penerapan pada lingkungan ritel fisik berskala menengah—seperti Mustika Swalayan—yang memiliki karakteristik transaksi beragam dan kebutuhan analisis pola pembelian yang dinamis, masih jarang dilaporkan (Transaksi *et al.*).

Permasalahan utama yang dihadapi Mustika Swalayan adalah belum dimanfaatkannya data transaksi harian untuk mendukung keputusan bisnis strategis (Renaldi, 2020). Data transaksi hanya disimpan sebagai arsip sehingga potensi informasi berharga, seperti kombinasi produk yang paling sering dibeli bersama, tidak tergali secara optimal (Putra *et al.*, 2025). Kondisi ini menimbulkan kesenjangan pemanfaatan data antara ketersediaan data yang melimpah dan kemampuan manajemen untuk menggunakannya sebagai dasar pengambilan Keputusan (Hadija *et al.*, 2022).

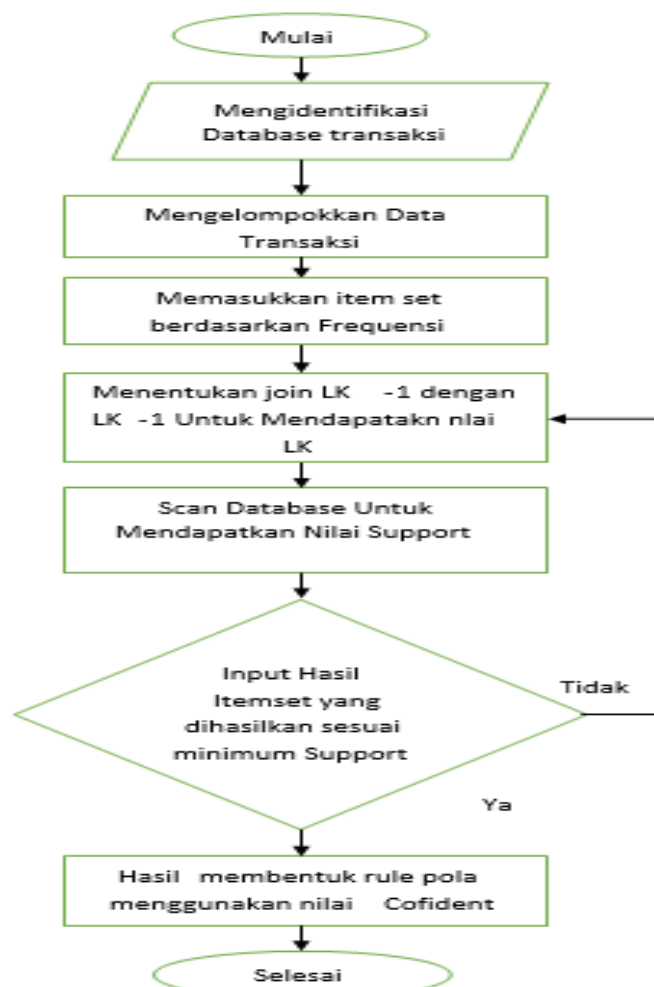
Dengan demikian, penelitian ini penting dilakukan karena memberikan solusi praktis bagi pelaku usaha ritel lokal dalam memanfaatkan data transaksi secara *real-time* (Hadija *et al.*, 2022). Hasil analisis memungkinkan manajemen menyusun tata letak produk yang lebih efektif, merancang promosi bundling yang tepat sasaran, dan mengelola persediaan barang dengan perencanaan yang berbasis pola pembelian aktual konsumen (Ristawaty *et al.*, 2022). Pendekatan ini memberikan nilai tambah yang berbeda dibandingkan penelitian sebelumnya yang cenderung hanya menampilkan hasil analisis tanpa integrasi sistem aplikasi yang siap diterapkan di lingkungan bisnis sehari-hari (Kawengian *et al.*, 2025).

METODE PENELITIAN

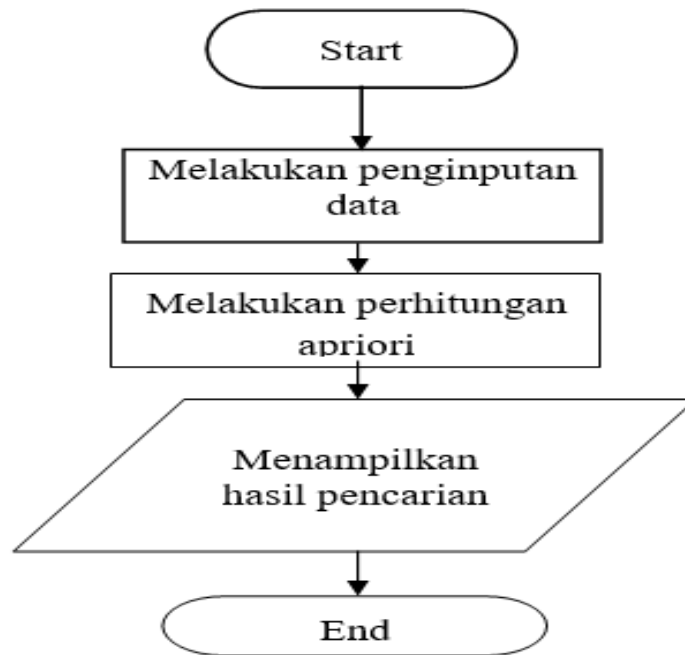
Pengembangan aplikasi yang digunakan pengembangan sistem ini adalah model *waterfall*, dimana hal ini menyiratkan pendekatan yang sistematis dan berurutan (sekuensial) pada pengembangan perangkat lunak, yang dimulai dengan spesifikasi kebutuhan pengguna dan berlanjut melalui tahapan-tahapan perencanaan, pemodelan, konstruksi, serta penyerahan sistem/perangkat lunak. Alur tahap penelitian yang dilakukan, dapat dilihat pada Gambar 1,2,3,4 berikut :



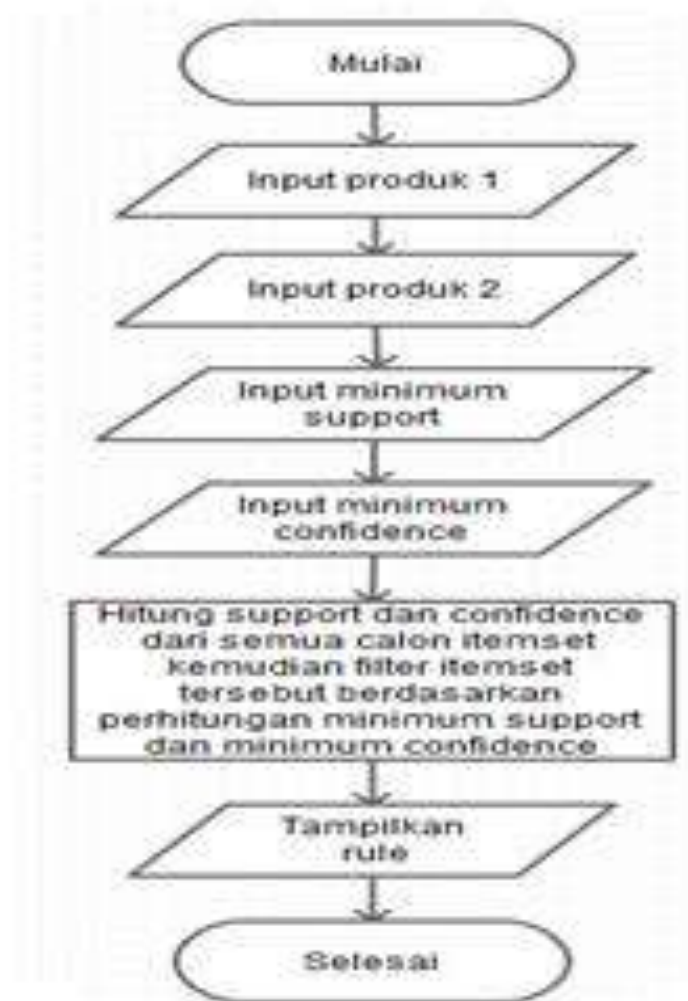
Gambar 1 Desain Pengembangan *Waterfal*



Gambar 2 Skema Apriori



Gambar 3. Skema Sistem



Gambar 4. Flowcart Sistem

Berdasarkan Gambar 1, 2, 3, 4 di atas, menjelaskan alur penelitian yang diawali persiapan data, ubah kategori data, menghitung data barulah menganalisis semua data. Gambar 2 di atas, menjelaskan skema apriori yang diawali dengan mengidentifikasi data, mengelompokkan data, memasukkan data menjadi itemset frekuensi, menginput hasil itemset yang dihasilkan sesuai minimum *support*, kemudian hasil membentuk rule pola menggunakan nilai *confident* dan selesai. Gambar 3 menjelaskan mengenai *flowchart sistem*, dimana dimulai dari input produk 1 dan 2, input minimum *support*, menginput minimum *confidentnya* selanjutnya data dihitung dan ditampilkan dalam *rule*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengembangan dan penerapan aplikasi data mining berbasis web menggunakan algoritma Apriori pada data transaksi penjualan Mustika Swalayan dimulai dengan uraian hasil implementasi

sistem, meliputi antarmuka pengguna, proses pengolahan data, dan output aturan asosiasi yang dihasilkan. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap pola pembelian yang ditemukan untuk menilai kesesuaiannya dengan tujuan penelitian, sekaligus membandingkannya dengan teori maupun hasil studi terdahulu. Pembahasan ini bertujuan menunjukkan sejauh mana aplikasi yang dibangun mampu memberikan informasi strategis bagi pengelola swalayan dalam merancang tata letak produk, merencanakan promosi, dan meningkatkan efisiensi pengelolaan persediaan.

HASIL PERANCANGAN

Halaman Akses Admin

Halaman ini berisikan mengenai akses admin untuk data item, data transaksi dan lainnya. Pada halaman ini admin bisa menambahkan item item yang terjual dan lainnya. Halaman akses admin dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

| KD Item | Merk | Jenis | Aksi |
|---------|---------------|-------|------------|
| 01 | telur | KHS | Edit Hapus |
| 02 | beras | KHS | Edit Hapus |
| 03 | minyak | KHS | Edit Hapus |
| 04 | tepung terigu | KHS | Edit Hapus |

Gambar 5. Halaman Akses Admin

Perancangan Halaman Data Transaksi

Pada halaman transaksi ini admin bisa menambahkan transaksi terbaru sesuai itemnya. Halamannya dapat dilihat pada gambar berikut ini:

Rancangan Halaman Data Proses Hitung Apriori

Pada halaman ini dijelaskan mengenai perolehan nilai *support* dengan minimum *support* yang

digunakan yaitu 30%. Jika tidak sesuai dengan nilai *support*, maka akan di eliminasi. Berikut gambar halamannya dapat dilihat dibawah ini.

Rancangan Halaman Aturan Asosiasi

Pada halaman memperlihatkan hasil dari *confident* yang diperoleh berdasarkan nilai *support* setelah melalui proses perhitungan apriori. Perancangan halaman dapat dilihat pada gambar berikut ini.

| KD Transaksi | Item Terjual | Tanggal | Aksi |
|--------------|------------------------------------|------------|------------|
| 01 | telur , tepung terigu , Indomie , | 2023-04-30 | Edit Hapus |
| 02 | telur , beras , Indomie , | 2023-04-30 | Edit Hapus |
| 03 | minyak , tepung terigu , Indomie , | 2023-04-30 | Edit Hapus |
| 04 | telur , korek , tepung terigu , | 2023-04-30 | Edit Hapus |
| 05 | telur , tepung terigu , Indomie , | 2023-04-30 | Edit Hapus |
| 06 | telur , minyak , Indomie , | 2023-04-30 | Edit Hapus |
| 07 | telur , beras , Indomie , | 2023-04-30 | Edit Hapus |
| 08 | telur , beras , korek , | 2023-04-30 | Edit Hapus |

Gambar 6. Halaman Data Transaksi

| KD Transaksi | Item Terjual | Tanggal |
|--------------|------------------------------------|------------|
| 01 | telur , tepung terigu , Indomie , | 2023-04-30 |
| 02 | telur , beras , Indomie , | 2023-04-30 |
| 03 | minyak , tepung terigu , Indomie , | 2023-04-30 |
| 04 | telur , korek , tepung terigu , | 2023-04-30 |
| 05 | telur , tepung terigu , Indomie , | 2023-04-30 |
| 06 | telur , minyak , Indomie , | 2023-04-30 |
| 07 | telur , beras , Indomie , | 2023-04-30 |
| 08 | telur , beras , korek , | 2023-04-30 |
| 09 | beras , minyak , tepung terigu , | 2023-04-30 |
| 10 | telur , minyak , tepung terigu , | 2023-04-30 |
| 11 | telur , tepung terigu , Indomie , | 2023-04-30 |
| 12 | beras , minyak , tepung terigu , | 2023-04-30 |
| 13 | telur , beras , korek , | 2023-04-30 |

Pembentukan Item C1 (1 itemset) Pembentukan Item C1 (1 itemset) Min Support =

Gambar 7. Halaman Data Proses Hitung Apriori



Gambar 8. Halaman Aturan Asosiasi

HASIL PENGUJIAN SISTEM

Dalam perhitungan apriori terlebih dahulu mengumpulkan data transaksi penjualan di Toko sebanyak 30 transaksi secara acak pada 1 Desember sampai 6

Desember 2023. Data yang diambil minimal 2 penjualan produk. Data transaksi yang akan dihitung ditunjukkan pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data Transaksi 1 Desember – 6 Desember 2023

| Tanggal | Produk |
|------------|---|
| 01/12/2020 | Telur , tepung terigu |
| 01/12/2020 | Telur , Indomie |
| 01/12/2020 | Sedaap kecap manis 550ml, gula pasir 500g |
| 01/12/2020 | Mie burung dara kuning(136gr), sosis sonice sapi/ayam |
| 01/12/2020 | Telur 250gr, indomie |
| 01/12/2020 | Royco sapi (9gr), mie burung dara kuning(136gr) |
| 01/12/2020 | Teh tjatoet, teh dandang biru 40g |
| 02/12/2020 | Bihun padamu 350g, minyak sawit 500gr |
| 02/12/2020 | Kapal api 65g, gula pasir 500g |
| 02/12/2020 | Indomie goreng special, sosis sonice sapi/ayam |
| 02/12/2020 | Indomie goreng hype abis, migor ayam geprek, indomie goreng special |
| 02/12/2020 | Minyak sawit 500gr, bihun padamu 350g |

| | |
|------------|--|
| 02/12/2020 | Desaku ketumbar bubuk 15g, desaku kunyit bubuk 10g |
| 03/12/2020 | Gula pasir 500g, sosis sonice sapi/ayam |
| 03/12/2020 | Indomie goreng hype abis migor ayam geprek |
| 03/12/2020 | Minyak |
| 03/12/2020 | Indomie ayam special, indomie goreng special |
| 03/12/2020 | Kapal api 65g, sedaap kecap manis 225ml |
| 03/12/2020 | Korek |
| 04/12/2020 | Sedaap mie goreng, telur 250gr |
| 04/12/2020 | Minyak sawit 500gr, royco sapi (9gr) |
| 04/12/2020 | Beras |
| 05/12/2020 | Teh tjatoet, gula pasir 500g |

Selanjutnya menentukan nilai minimal *support* dan minimal *confidence* untuk mencari aturan asosiasinya. Nilai minimal *support* yang ditentukan adalah 3 dan minimal *confidence* adalah 70%. Pertama-

tama kita akan mencari *itemset* 1 (C1) dengan menghitung jumlah frekuensi tiap produk beserta nilai *support* nya. Cara menghitung nilai *support* dalam persen dan kandidat *Itemset* 1 di tunjukan pada Tabel 1

$$\text{Support A} = \frac{\text{Jumlah Transaksi A}}{\text{Jumlah Transaksi}} \times 100\%$$

$$\text{Minimal Support} = \frac{3}{30} \times 100\% = 10$$

$$\text{Support telur} = \frac{5}{30} \times 100\% = 16,67$$

Tabel 2. Tabel *Support* dan *Confidence*

Tabel 2. Kandidat *Itemset*

| Item | Jumlah | Support | Ket |
|--------------------------------|--------|---------|-------------|
| Telur 250gr | 5 | 16.67 | Lolos |
| Indomie | 3 | 10.00 | Lolos |
| Tepung terigu | 7 | 23.33 | Lolos |
| Sedaap kecap manis 550ml | 1 | 3.33 | Tidak lolos |
| Gula pasir 500g | 7 | 23.33 | Lolos |
| Mie burung dara kuning(136gr) | 2 | 6.67 | Tidak lolos |
| Sosis sonice sapi/ayam | 4 | 13.33 | Lolos |
| Royco sapi (9gr) | 2 | 6.67 | Tidak lolos |
| Teh tjatoet | 2 | 6.67 | Tidak lolos |
| Teh dandang biru 40g | 2 | 6.67 | Tidak lolos |
| Bihun padamu 350g | 2 | 6.67 | Tidak lolos |
| Korek | 3 | 10.00 | Lolos |
| Indomie goreng special | 4 | 13.33 | Lolos |
| indomie goreng hype abis migor | 1 | 3.33 | Tidak lolos |
| Ayam geprek | 3 | 10.00 | Lolos |
| Minyak | 2 | 6.67 | Tidak lolos |
| Desaku kunyit bubuk 10g | 2 | 6.67 | Tidak lolos |
| Indomie ayam special | 2 | 6.67 | Tidak lolos |
| Sedaap kecap manis 225ml | 2 | 6.67 | Tidak lolos |
| Beras | 3 | 10 | Lolos |
| Royco ayam 9g | 2 | 6.67 | Tidak lolos |
| Fretea jasmine 296 ml | 1 | 3.33 | Tidak lolos |

Langkah selanjutnya adalah menyeleksi kandidat *itemset* yang tidak memenuhi minimal *support* yang ditentukan, yaitu 3. Tiap kandidat *itemset* 1 yang lolos akan menjadi *large itemset* (L1). Setelah mendapatkan *large itemset*, maka iterasi kedua dilakukan dengan

menghitung 2 kombinasi *item* untuk menghasilkan kandidat *itemset* 2 (C2). Perhitungan *support* tiap *itemset* dilakukan dengan persamaan yang sama dalam mencari *itemset* 1 sebelumnya, adapun cara melakukan perhitungan *itemset* 2 sebagai berikut:

$$\text{Support A, B} = \frac{\text{Jumlah Transaksi A, B}}{\text{Jumlah Transaksi}} \times 100\%$$

$$\text{Support telur, indomie} = \frac{3}{30} \times 100\% = 10$$

Tabel 3. Perhitungan *Itemset*

| Item 1 | Item 2 | Jumlah | Support | Ket |
|--------|---------------------------|--------|---------|-------------|
| Telur | Indomie | 3 | 10.00 | Lolos |
| Telur | Minyak sawit | 2 | 6.67 | Tidak lolos |
| Telur | Mie sedap | 0 | 0.00 | Tidak lolos |
| Telur | Sosis | 0 | 0.00 | Tidak lolos |
| Telur | Kapal api | 0 | 0.00 | Tidak lolos |
| Telur | Indomie goreng special | 0 | 0.00 | Tidak lolos |
| Telur | Desaku ketumbar bubuk 15g | 0 | 0.00 | Tidak lolos |

Selanjutnya kembali memangkas *itemset* yang memiliki nilai minimal

support 3 yang di tunjukan pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Hasil Pangkas *Itemset Support*

| Item 1 | Item 2 | Jml | Support |
|--------|---------|-----|---------|
| Telur | Indomie | 3 | 10.00 |

Iterasi ke 3 untuk mendapatkan kandidat *itemset* ke 3 (C3) tidak dapat dilakukan karena tidak ada yang memenuhi minimal *support*, maka iterasi akan

berhenti. Setelah menentukan *large itemset*, kemudian dilakukan perhitungan bagian *confidence* dalam bentuk persen dan hasilnya ditunjukkan pada tabel 5 selanjutnya

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Confidence*

| A => B | Support A U B | Support A | Confidence | Ket. |
|------------------------|---------------|-----------|------------|-------------|
| Indomie => Telur | 10.00 | 10.00 | 100.00 | Lolos |
| Telur => Indomie | 10.00 | 16.67 | 60.00 | Tidak lolos |

Setelah nilai *confidence* diperoleh, langkah selanjutnya mengeleminasi *itemset* yang tidak memenuhi minimal *confidence* yaitu 70%. Hasil ini merupakan hasil akhir dari aturan asosiasi. Dari 30 transaksi yang diuji menghasilkan 1 aturan asosiasi yang memenuhi minimal support 3 dan minimal *confidence* 70%. Aturan yang terbentuk adalah jika pelanggan membeli produk indomie maka akan membeli telur.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian sistem yang telah dilakukan secara keseluruhan, dapat ditarik kesimpulan bahwa proses yang terjadi dalam sistem telah mengalami tahap perbaikan, dan sudah memaksimalkan proses-proses tersebut. Secara fungsional sistem sudah dapat digunakan, dan menghasilkan keluaran yang sesuai dengan yang diharapkan. Hasil analisa dari aplikasi data mining ini dapat menjadi masukan bagi pemilik usaha untuk meningkatkan pemasaran dan strategi penjualan dengan cara memetakan layout barang yang biasanya dibeli konsumen secara bersamaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami ucapkan kepada Dosen kami selama masa perkuliahan, kepada Mustika Swalayan yang telah mengizinkan kami melakukan penelitian ini, Kami juga mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan penelitian ini. Semoga segala bantuan dan dukungan yang diberikan mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT.

DAFTAR PUSTAKA

Dwiputra, D., Mulyo Widodo, A., Akbar, H., & Firmansyah, G. (2023). Evaluating The Performance Of Association Rules In Apriori And FP-Growth Algorithms: Market Basket Analysis To Discover Rules Of Item Combinations. *Journal Of World*

Science, 2(8), 1229–1248. <https://doi.org/10.58344/Jws.V2i8.403>

Gunawan, H., Tundo, T., Ramadhani, D. A., & Waloea, F. A. (2024). Penerapan Data Mining Menggunakan Algoritma Apriori Pada Brand Milenials Cafe. *METHOMIKA Jurnal Manajemen Informatika Dan Komputerisasi Akuntansi*, 8(2), 215–221. <https://doi.org/10.46880/Jmika.Vol8No2.Pp215-221>

Hadija, S., Irawan, E., Damanik, I. S., Hardinata, J. T., Tunas Bangsa, S., & Artikel, G. (2022). Penerapan Data Mining Pada Pola Penjualan Barang Di Minimarket Menggunakan Algoritma Apriori Application Of Data Mining On Patterns Of Sales Of Goods In Minimarkets Using The Apriori Algorithm Article Info ABSTRAK. *JOMLAI: Journal Of Machine Learning And Artificial Intelligence*, 1(4), 2828–9099. <https://doi.org/10.55123/Jomlai.V1i4.1668>

Hartanto, N. H. F., & Aribowo, B. (2023). Perancangan Tata Letak Toko Ritel Berdasarkan Pola Belanja Konsumen Dengan Market Basket Analysis (Studi Kasus: Indomaret Sukatani). *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains Dan Teknologi*, 8(2), 119. <https://doi.org/10.36722/Sst.V8i2.1375>

Heikal, J., & Gandhi, A. (2024a). Enhancing Retail Supermarket Financial Performance Through Market Basket Analytics Using Apriori Algorithm In Indonesia Market Case. *Applied Quantitative Analysis*, 4(1), 42–53. <https://doi.org/10.31098/Quant.2153>

Heikal, J., & Gandhi, A. (2024b). Enhancing Retail Supermarket Financial Performance Through Market Basket Analytics Using Apriori Algorithm In Indonesia Market Case. *Applied Quantitative*

- Analysis*, 4(1), 42–53.
<https://doi.org/10.31098/Quant.2153>
- Kawengian, A. R., Lahay, I. H., & Giu, J. D. (2025). Redesain Tata Letak Produk Berdasarkan Market Basket Analysis. *Jisi: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 12(1), 49–58.
<https://doi.org/10.24853/Jisi.12.1.49-58>
- Martinez, M., Escobar, B., García-Díaz, M. E., & Pinto-Roa, D. P. (2021). Market Basket Analysis With Association Rules In The Retail Sector Using Orange. Case Study: Appliances Sales Company. In *Electronic Journall* (Vol. 24, Issue 2).
- Octavia, S. F., Mustakim, M., Permana, I., & Monalisa, S. (2023). Penerapan Algoritma Association Rules Dalam Penentuan Pola Pembelian Berdasarkan Hasil Clustering. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 7(3), 956.
<https://doi.org/10.30865/Mib.V7i3.6129>
- Putra, P. H., Selvida, D., & Novelan, M. S. (2025). Application Of Apriori Algorithm In Data Mining To Find Consumer Purchasing Patterns In Supermarkets. *Jurnal Komputer Teknologi Informasi Sistem Informasi (JUKTISI)*, 4(1), 221–226.
<https://doi.org/10.62712/Juktisi.V4i1.392>
- Renaldi, D. (2020). Penerapan Association Rule Data Mining Untuk Rekomendasi Produk Kosmetik Pada Pt. Fabiando Sejahtera Menggunakan Algoritma Apriori. In *Jurnal Algor* (Vol. 2, Issue 1).
<https://jurnal.buddhidharma.ac.id/index.php/algor/index>
- Ristawaty Sirait, O., Hidayati, N., & Artikel, G. (2022). Penerapan Asosiasi Menggunakan Algoritma Apriori Untuk Menganalisis Pola Pembelian Konsumen Pada Toko Kelontong Application Of Associations Using The Apriori Algorithm To Analyze Consumer Purchase Patterns At Grocery Stores Article Info ABSTRAK. *JOMLAI: Journal Of Machine Learning And Artificial Intelligence*, 1(4), 2828–9099.
<https://doi.org/10.55123/Jomlai.V1i4.1679>
- Santoso, M. H. (2021). Application Of Association Rule Method Using Apriori Algorithm To Find Sales Patterns Case Study Of Indomaret Tanjung Anom. *Brilliance: Research Of Artificial Intelligence*, 1(2), 54–66.
<https://doi.org/10.47709/Brilliance.V1i2.1228>
- Saparudin, M. G., & Sholihin, S. (2023). Penggunaan Data Mining Untuk Analisis Pola Pembelian Pelanggan Menggunakan Metode Association Rule Algoritma Apriori (Studi Kasus Di Toko Waspada). *Jurnal Teknologi Sistem Informasi Dan Aplikasi*, 6(1), 27–33.
<https://doi.org/10.32493/Jtsi.V6i1.26927>
- Siregar, V., & Marto Hasugian, P. (2020). Application Of Data Mining Method Using Association Rules Apriori To Shopping Cart Analysis On Sale Transactions (Case Study Alfamidi Burnt Stone). In *Journal Of Computer Networks* (Vol. 2, Issue 2).
- Syahputri, N. (2020). Penerapan Data Mining Asosiasi Pada Pola Transaksi Dengan Metode Apriori. In *Jurnal Sains Komputer & Informatika (J-SAKTI)* (Vol. 4, Issue 2).
- Transaksi, U., Di, P., Bangunan, T., Algoritma, D., Diah Anggraini, A., & Sanjaya, U. P. (N.D.-A). *Analisis Penerapan Metode Association Rule Mining*. <https://doi.org/10.31598>

**PENETASAN TELUR AYAM DALAM INKUBATOR DIANALISIS
BERDASARKAN PERPINDAHAN PANAS YANG TERJADI
KETIKA BOLA LAMPU DIGUNAKAN
SEBAGAI SUMBER PANAS**

***THE HATCHING PROCESS OF CHICKEN EGGS IN AN INCUBATOR IS
ANALYZED IN TERMS OF HEAT TRANSFER OCCURRING WHEN A
LIGHT BULB IS EMPLOYED AS THE HEAT SOURCE***

Ditya Riswandha^{1*}, Rahma Eka Kartika², Ahmad Syuhada³, & Razali³

^{1*}*Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik Iskandar Thani, Banda Aceh*

²*Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Negeri Surakarta, Jawa Tengah*

³*Program Studi Teknik Mesin, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh*

dityariswandha@gmail.com,

ABSTRAK

Salah satu usaha kegiatan yang disukai oleh masyarakat desa adalah usaha peternakan unggas. Hal ini terjadi karena masa panennya cepat dan pasarnya pun mudah, terutama untuk konsumsi masyarakat pada Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam. Selama ini bibit unggas di daerah Provinsi Aceh diperoleh sebagian kecil dari masyarakat Aceh sendiri dan selebihnya dipasok dari Sumatera Utara. Melihat permasalahan tersebut penelitian ini ingin mendapatkan suatu sistem pemanas inkubator bertingkat yang memperoleh temperatur seragam untuk meningkatkan efisiensi penetasan yang lebih baik. Pengujian dilakukan dengan melihat pengukuran distribusi temperatur (37°C - 38°C) pada titik-titik tertentu yang melalui saluran uji adalah hal yang utama dilakukan. Variasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah jumlah bola lampu pijar (4,6,8,10, dan 12) yang berbeda juga adanya atau tidak plat seng dibawah lampu dengan daya yang sama (160 Watt). Inkubator akan menyala pada temperatur 37°C dan akan mati secara otomatis pada temperatur 38°C dikarenakan adanya pengaruh dari *thermostat*. Setelah dilakukan pengujian didapatkan hasil temperatur penetasan sebesar 0,9°C pada 4 (empat) bola lampu dengan tidak menggunakan plat seng dibawah lampu dan sebesar 0,8°C pada 4 (empat) bola lampu dengan menggunakan plat seng dibawah lampu. Tetapi, ada perbandingan yang kecil senilai 0,4°C pada 12 (dua belas) bola lampu dengan tidak menggunakan plat seng dibawah lampu dan sebesar 0,3°C pada 12 (dua belas) bola lampu dengan menggunakan plat seng dibawah lampu. Juga hasil penetasan senilai 96 % dengan pengaruh adanya atau tidak plat seng dibawah lampu pijar. Perihal ini ialah proses perpindahan panas serta efisiensi dari penetasan yang baik.

Kata kunci: Inkubator telur, Temperatur, Lampu pijar.

ABSTRACT

One of the livelihood activities favored by rural communities is poultry farming. This preference arises from its short production cycle and easily accessible market, particularly for consumption in Nanggroe Aceh Darussalam Province. To

date, poultry stock in Aceh Province has been partly supplied by local farmers, while the majority has been imported from North Sumatra. In response to this issue, the present study aims to develop a multi-level incubator heating system capable of achieving uniform temperature distribution to improve hatching efficiency.

Testing was carried out by measuring temperature distribution (37°C–38°C) at specific points along the test channel, which served as the primary focus. The variations examined in this study included the number of incandescent bulbs (4, 6, 8, 10, and 12) and the presence or absence of a zinc plate beneath the bulbs, all operating at the same power rating (160 Watts). The incubator was designed to switch on at 37°C and automatically switch off at 38°C under thermostat control. Experimental results indicated a hatching temperature variation of 0.9°C with four bulbs without a zinc plate, and 0.8°C with four bulbs with a zinc plate. A smaller variation was observed with twelve bulbs, amounting to 0.4°C without a zinc plate and 0.3°C with a zinc plate. Furthermore, the hatching success rate reached 96%, regardless of the presence of a zinc plate beneath the incandescent bulbs. These findings emphasize the role of heat transfer processes and the efficiency of the improved hatching system

Keywords: Egg Incubator, Temperature, Lamp Incandescent

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Salah satu usaha kegiatan yang disukai oleh masyarakat desa adalah usaha peternakan unggas. Hal ini terjadi karena masa panennya cepat dan pasarnya pun mudah, terutama untuk konsumsi masyarakat pada Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam. Hal lain sebagai pertimbangan, dengan bertambahnya jumlah penduduk Aceh setiap tahunnya maka bertambah tinggi permintaan akan kebutuhan protein. kebutuhan protein dapat diperoleh dari berbagai sumber salah satunya dari daging unggas dan telur unggas. Oleh karena itu, melihat masalah yang ada pada kehidupan sehari-hari untuk mempermudah peternak dalam mengembangbiakkan unggas peliharaannya maka peneliti tertarik untuk “Analisis Perpindahan Panas” penetasan telur tersebut dengan menggunakan komponen

utama yakni lampu pijar dan sensor temperatur [1,2,3,4,5].

Adanya permasalahan yang dihadapi dalam menetaskan bibit melalui indukan secara alami, juga bibit yang bergantung dari pengadaan bibit Unggas Sumatera Utara (Sumut), dan penelitian sebelumnya menunjukkan terjadinya persentase keberhasilan sekitar 80%. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mendapatkan suatu sistem pemanas inkubator bertingkat yang memperoleh temperature seragam untuk meningkatkan efisiensi penetasan yang lebih baik.

Manfaat dari penelitian ini yaitu dengan adanya alat penetas telur ini maka tingkat penetasan yang lebih baik dari sebelumnya, dikarenakan analisa temperatur yang seragam sehingga terjadinya penetasan yang baik serta ekonomis dalam inkubator pada penelitian sebelumnya serta dapat dipergunakan oleh masyarakat dalam hal usaha peternakan jenis unggas.

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah dengan adanya menggunakan mesin penetas telur yang beredar dipasaran masih kurang optimal juga mesin penetas yang menggunakan heater sebagai pemanas masih kurang merata pada ruangan inkubator. Begitupun dengan mesin penetas konvensional yang mana temperatur ruang hanya bergantung pada panas yang dihasilkan oleh lampu pijar tersebut [6,7,8,9,10]. Sehingga tidak ada pengaturan temperatur agar tetap stabil pada kondisi yang seharusnya. Dengan Alat inkubator penetas telur yang sama namun hanya perlu dikaji distribusi temperatur untuk menentukan tingkat efisiensi penetasan yang lebih pada alat tersebut.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Metode

Sebagai Langkah awal untuk pengujian ini dilakukan persiapan peralatan dan instrumentasi yang meliputi :

1. Termometer

Termometer berfungsi untuk mengukur temperatur pada ruang penetasan yang diletakkan pada rak telur dengan spesifikasi Original HTC- 2 Digital Temperature Humidity Meter
+ Clock + Calendar - HTC-1.

2. Alat ukur waktu

Alat ukur waktu atau stopwatch berfungsi untuk mengukur waktu pada saat pengujian dengan spesifikasi digital Stopwatch Genggam LCD + Strap – Silver.

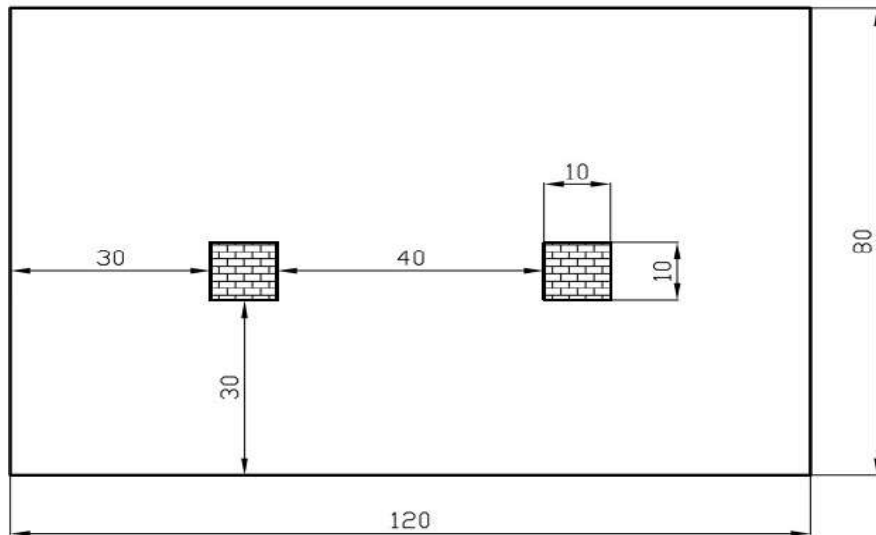
3. Thermostat Digital

Thermostat digital berfungsi untuk mengontrol jalannya arus listrik pada inkubator agar selalu dalam kisaran temperatur tertentu. Dalam proses kerjanya nilai temperatur akan bergerak naik turun pada rentang waktu tertentu dengan spesifikasi STC- 1000 Temperature Digital Controller Thermostat Heating and Cooling - 12VDC.

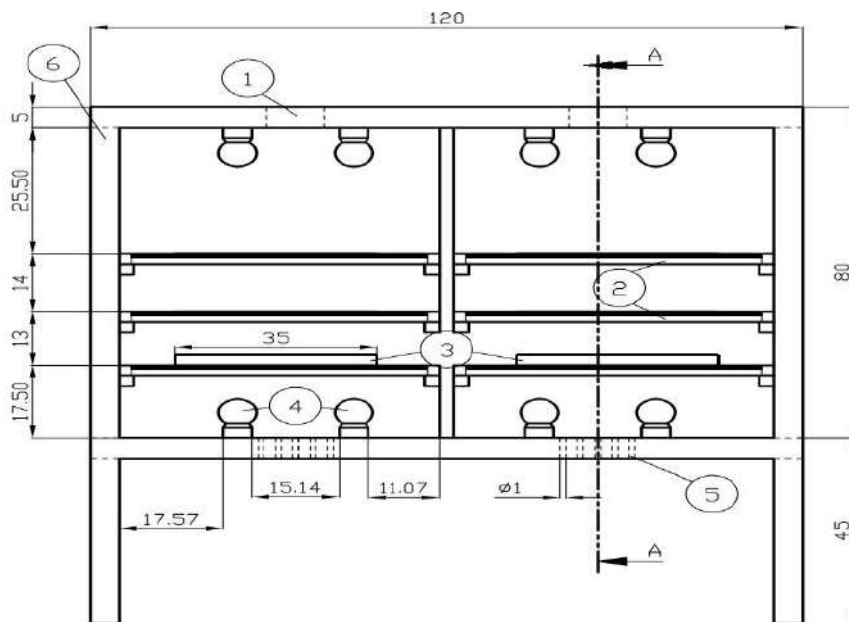
Setelah semuanya peralatan dan instrumentasi sudah siap maka unit alat kerja ini dicoba untuk kerjanya tanpa menggunakan beban.

Merancang Inkubator

Dalam merancang sebuah inkubator diperlukan dimensi atau ukuran dan penempatan sumber pemanas dengan tujuan agar hasil didapatkan hasil persentase yang efektif untuk penetasan telur, inkubator yang dirancang dengan model rak telur bertingkat dengan kapasitas 400 butir telur unggas, dengan kapasitas 4 wadah telur dan pada 1 wadah telur dapat menampung 100 butir telur. Hasil rancangan daripada inkubator tersebut terlihat pada gambar di bawah ini.



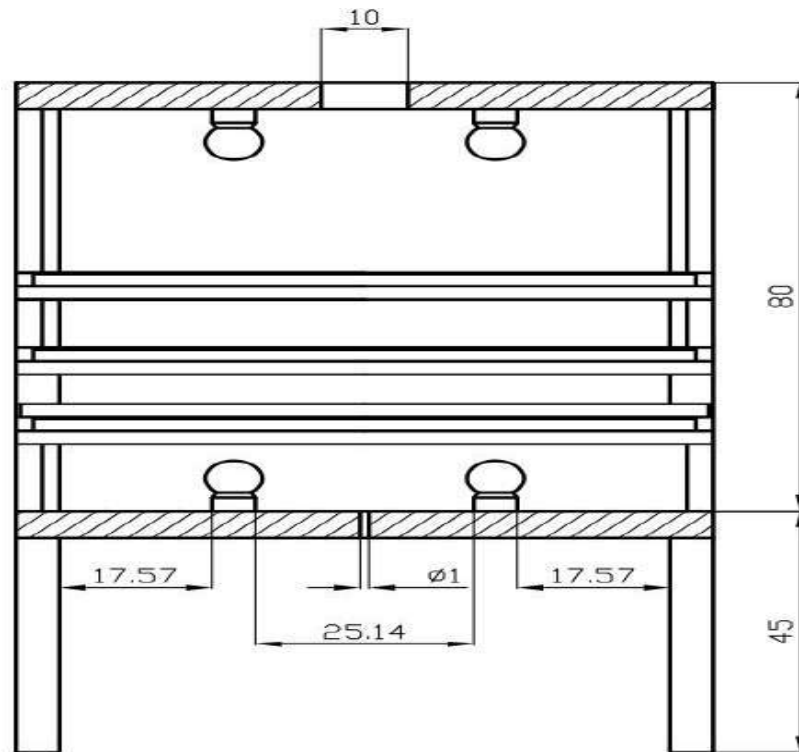
Gambar 1. Tampak Atas Peralatan Penelitian



Gambar 2. Tampak Depan Peralatan Penelitian

Keterangan Gambar :

1. Ventilasi Udara
2. Rak Telur
3. Wadah Air
4. Lampu Pijar / Pemanas
5. Ventilasi Udara
6. Isolasi Thermal



Gambar 3. Tampak Samping Peralatan Penelitian

Pada penelitian ini digunakan satu unit inkubator telur dengan lampu pijar, yang telah dilengkapi dengan satu unit thermostat digital yang berfungsi untuk mengukur temperatur ruang inkubator.

Pembuatan Inkubator

Berdasarkan rancangan gambar inkubator maka ruang penetasan di buat dari lembaran tripleks dengan tebal 3 mm dan di isolasi menjadi 5 cm dengan serbuk kayu halus dengan tujuan agar panas dalam ruang inkubator tetap terjaga, dengan ukuran Panjang inkubator 120 cm dan tinggi 80 cm.

Pada inkubator ini terdapat dua lubang ventilasi yaitu pada bagian atas inkubator dan bagian bawah

inkubator, dengan adanya dua lubang ventilasi tersebut bertujuan supaya bertukarnya udara di dalam inkubator selama proses inkubasi berlangsung.

Maka untuk meletakkan telur diuatlah rak menggunakan jaring kawat agar perpindahan paans dari bawah maupun atas bisa sempurna, kemudian sumber pemanas yang digunakan lampu pijar yang variasi jumlahnya 4, 6, 8, 10 dan 12 dengan masing-masing berdaya 5-15 Watt dan total daya adalah 160 Watt, untuk mencukupi kelembaban dalam ruang inkubator digunakan wadah penampungan air. Maka untuk pengontrol temperatur yang diinginkan digunakan thermostat digital.

Tata Cara Pengujian Dan Pengambilan Data

Pada pengujian ini dilakukan penyetelan temperatur maksimal 38°C dan temperatur minimal 37°C pada inkubator pada inkubator dengan menggunakan thermostat, kemudian pada temperatur maksimal 38°C pemanas akan mati dan hidup kembali pada temperatur minimal 37°C selama waktu penetasan kelembaban diatur didalam inkubator 55% sampai 60%. Inkubator yang akan diambil data masih dalam keadaan kosong (tanpa telur).

Tahapan pertama di uji dengan menggunakan empat titik pengukuran yaitu pada titik T1 (Termometer digital dibawah lampu pijar), T2 (Termometer digital ditengah lampu pijar, T3 (Termometer digital ditengah lampu pijar), dan T4 (Thermostat digital dibawah lampu pijar) untuk setiap perlakuan (variasi bola lampu pijar dan adanya pengaruh atau tidak plat seng dibawah lampu pijar).

Metode Pengujian

- a. Hari ke-1
Pada hari ke satu pengujian inkubator tanpa beban/telur. Bola lampu yang diperlukan diletakkan plat seng dibawah bola lampu dengan jarak 10 cm ataupun tidak dari bola lampu dalam inkubator guna untuk mengatur kestabilannya selama inkubasi, kemudian mempersiapkan telur yang akan ditetaskan. Telur akan di tetas telur yang di buahi proses perkawinan induknya sendiri.
- b. Hari ke-2 sampai ke-4
Pada hari ke-2 sampai ke-4 hanya dilakukan pengamatan kestabilan

temperatur dan kelembaban diruang inkubator.

- c. Hari ke-5
Pada hari ke-5 melihat apakah telur tersebut telah dibuahi atau belum, dengan melakukan peneropongan telur untuk melihat adanya embrio didalamnya.
- d. Hari ke-6 sampai ke-16
Pada hari ke-6 sampai ke-16 hanya dilakukan pengamatan terhadap kestabilan temperatur dan kelembaban diruang inkubator.
- e. Hari ke-17 dan hari ke-18
Pada hari ke-17 dapat dilihat proses telur sudah mulai retak dan biasanya telur akan menetas sempurna setelah 12 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari tabel 1 dan 2 diperoleh hal yang menunjukkan sudah pantas untuk dipakai sebagai bagian dari usaha ternak unggas atau lainnya. Sedangkan dari Gambar 4 diperoleh Perbandingan yang cukup besar terjadi di pengukuran ke-1 pada 4 bola lampu tanpa menggunakan plat seng dibawah lampu, sebesar 0,9°C.

Perihal ini sebab sensor yang dipakai oleh thermometer terletak di dalam perlengkapan. Tetapi, ada perbandingan yang kecil pada pengukuran ke-5 pada 12 bola lampu tanpa menggunakan plat seng dibawah lampu, senilai 0,4°C. Perihal ini ialah efisiensi dari perpindahan panas yang baik. Disamping itu, Perbandingan yang cukup besar terjadi di pengukuran ke-1 pada 4 bola lampu dengan menggunakan plat seng dibawah lampu, sebesar 0,8°C.

Perihal ini sebab sensor yang dipakai oleh thermometer terletak di dalam perlengkapan. Tetapi, ada perbandingan yang kecil pada pengukuran ke-5 pada 12 bola lampu dengan menggunakan plat seng dibawah lampu, senilai 0,3°C. Perihal ini ialah efisiensi dari perpindahan panas yang baik.

Hasil dari Gambar 5 diperoleh

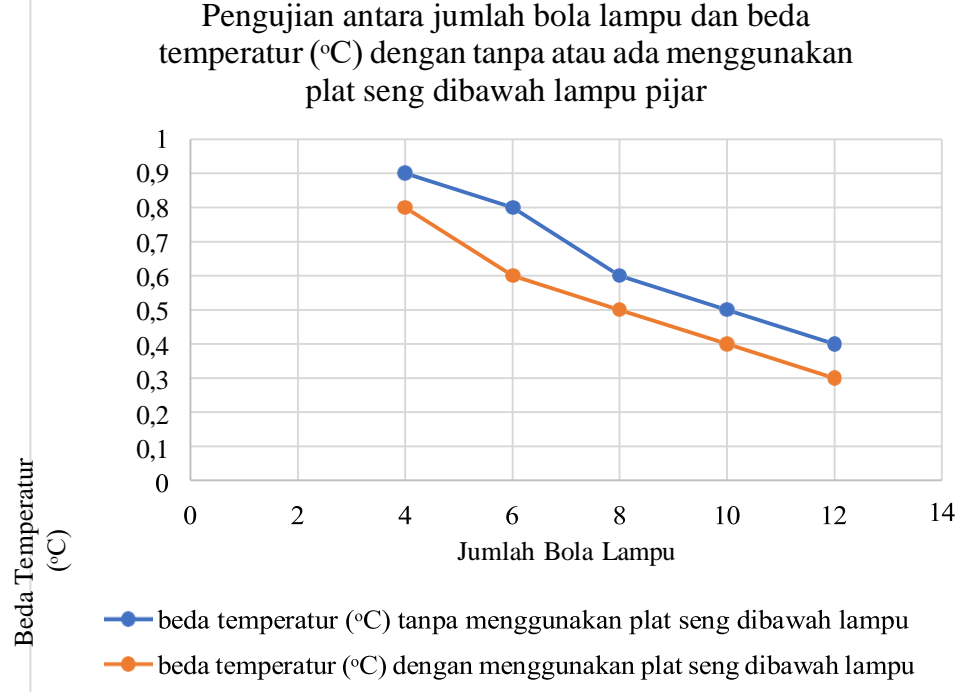
menunjukkan Tidak terjadinya perbandingan dikarenakan beda temperatur yang tidak terlalu besar mengakibatkan dua metode pengujian menghasilkan persentase penetasan senilai 96% dengan sejumlah 50 butir telur yang diinkubasi dan berhasil menetas sempurna sejumlah 48 butir telur.

Tabel 1. Hasil Pengujian Antara Jumlah Bola Lampu Dan Beda Temperatur (°C) Dengan Tanpa Atau Ada Menggunakan Plat Seng Dibawah Lampu

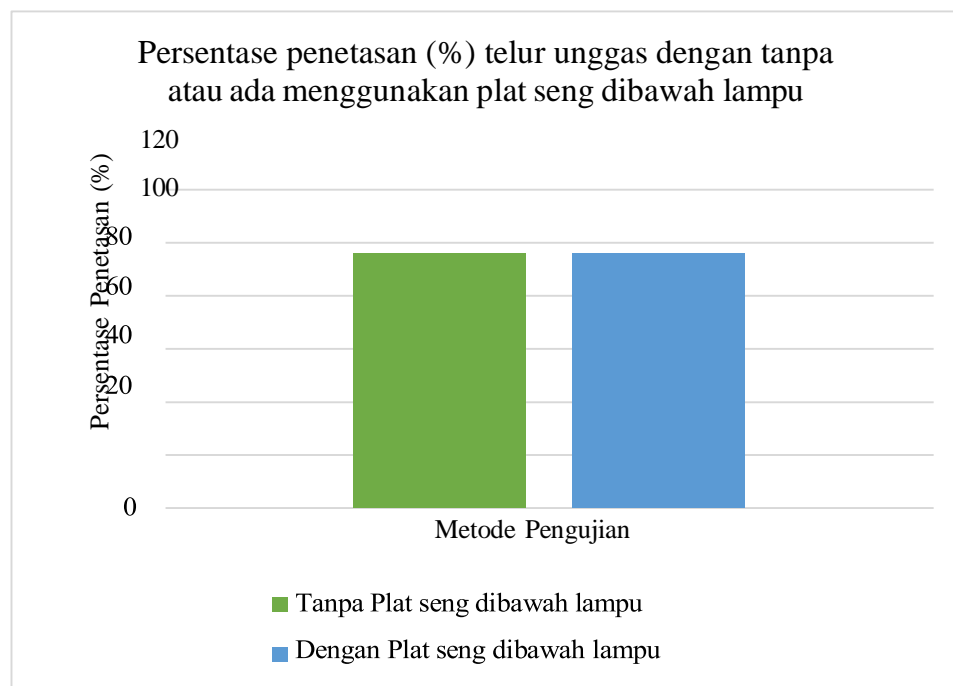
| Jumlah bola lampu pijar | Beda temperatur (°C) tanpa menggunakan plat seng dibawah lampu pijar | Beda temperatur (°C) dengan menggunakan plat seng Dibawah lampu pijar |
|--------------------------------|---|--|
| 4 | 0,9 | 0,8 |
| 6 | 0,8 | 0,6 |
| 8 | 0,6 | 0,5 |
| 10 | 0,5 | 0,4 |
| 12 | 0,4 | 0,3 |

Tabel 2. Persentase Penetasan Telur Unggas Pada Bola Lampu Dengan Tanpa Atau Ada Menggunakan Plat Seng Dibawah Lampu

| Pengujian Tetas | Jumlah Telur | Jumlah | Persentase Penetasan (%) |
|--------------------------------|---------------------|---------------|---------------------------------|
| Tanpa Plat seng dibawah lampu | 50 | 48 | 96 |
| Dengan Plat seng dibawah lampu | 50 | 48 | 96 |



Gambar 4. Grafik Pengujian Antara Jumlah Bola Lampu Dan Beda Temperatur (°C) Dengan Tanpa Atau Ada Menggunakan Plat Seng Dibawah Lampu Pijar



Gambar 5. Grafik Persentase Penetasan (%) Telur Unggas Dengan Atau Tanpa Ada Menggunakan Plat Seng Dibawah Lampu



Gambar 6. Melihat perkembangan embrio didalam telur



Gambar 7. Penetasan dari pengaruh plat seng dibawah lampu pijar



Gambar 8. Penetasan dari pengaruh tanpa plat seng dibawah lampu pijar

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dengan judul Penetasan Telur Dalam Inkubator Dianalisis Berdasarkan Perpindahan Panas Yang Terjadi Ketika Bola Lampu Digunakan Sebagai Sumber Panas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pada penelitian ini memperoleh beda temperatur penetasan sebesar $0,9^{\circ}\text{C}$ pada 4 (empat) bola lampu dengan tanpa menggunakan plat seng dibawah lampu dan sebesar $0,8^{\circ}\text{C}$ pada 4 (empat) bola lampu dengan menggunakan plat seng dibawah lampu. Tetapi, ada perbandingan yang kecil senilai $0,4^{\circ}\text{C}$ pada 12 (dua belas) bola lampu dengan tidak menggunakan plat seng dibawah lampu serta senilai $0,3^{\circ}\text{C}$ pada 12 (dua belas) bola lampu dengan

menggunakan plat seng dibawah lampu. Perihal ini ialah efisiensi dari perpindahan panas yang baik.

2. Hasil lainnya pada penelitian ini ialah persentase penetasan sebesar 96% pada bola lampu dengan tidak menggunakan plat seng dibawah lampu dengan jumlah telur 50 dan yang berhasil menetas sempurna sejumlah 48 butir telur dan sebesar 96% pada bola lampu dengan tanpa menggunakan plat seng dibawah lampu yang dilakukan proses inkubasi sejumlah telur 50 serta menetas sempurna sejumlah 48 butir telur. Perihal ini ialah penetasan dari perpindahan panas yang baik.

Untuk melakukan proses inkubasi pada inkubator, terlebih dahulu diperhatikan embrio yang terkandung pada telur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur atas nikmat yang Allah SWT berikan sehingga saya dapat melakukan penelitian dan menulis jurnal ini. Dan ucapan terima kasih kami kepada semua pihak yang telah mensupport kami yaitu Kedua orang tua, Kepala Laboratorium Rekayasa Thermal Universitas Syiah Kuala yaitu bapak Prof. Dr. Ir. Ahmad Syuhada, M.Sc. dan telah memberikan arahan, dan membimbing kami dalam menyelesaikan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Firmansyah, F. P., & Fauzi, A. S. (2024, July). Rancang Bangun Sistem Kelistrikan Pada Mesin Penetas Telur Semi Otomatis Kapasitas 100 Butir Telur. In *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)* (Vol. 8, No. 1, pp. 593-600).
- Hidayat, T. (2024). *Rancang Bangun Alat Inkubator Penetas Telur Ayam Menggunakan Algoritma Finite State Machine Berbasis Arduino* (Doctoral dissertation, STMIK Widya Cipta Dharma).
- Nasruddin, N., Munazilin, A., & Sunardi, S. (2024). Rancang bangun smart inkubator penetas telur ayam berbasis internet of things (iot). *E-Amal: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(2), 747-754.
- Nurharfi, R., Rahmaniar, R., & Tharo, Z. (2024). Analisis incubator penetas telur menggunakan sumber energi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, 7(3), 1002-1005.
- Nurichsan, M. H. (2024). *rancang bangun mesin inkubator penetas telur otomatis bertenaga hybrid penggabungan antara listrik pln dan plts* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Kalimantan MAB).
- Prasetia, K. A., Sumaryana, Y., Sudiarjo, A., Mufizar, T., & Hartono, R. (2024, February). Perancangan Monitoring Temperatur pada Inkubator Penetas Telur menggunakan NodeMCU 8266 dan Blynk. In *SISITI: Seminar Ilmiah Sistem Informasi dan Teknologi Informasi* (Vol. 13, No. 1, pp. 126-133).
- Ripano, m. (2024). *perancangan sistem pengamatan dan pengendalian suhu serta kelembaban pada inkubator telur menggunakan metode fuzzy mamdani di peternakan ayam* (Doctoral dissertation, Universitas Mercu Buana Jakarta).
- Setyawan, A., & Budi, E. S. (2024). Penetasan Telur ayam Otomatis dengan Metode Fuzzy Logic Control Dalam Upaya Meningkatkan Penetasan. *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, 11(1), 54-64.
- Surin, A. T. K. (2024). *Rancang Bangun Alat Penetas Telur Ayam Berbasis Arduino Di Rumah Telur Karah Surabaya* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Syahputra, M. R., & Fahreza, M. (2024). Analisis Kinerja Penetas Telur Dengan Sistem Penggerak Manual Menggunakan Solar Cell. *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, 7(2), 326-329.

PEMODELAN PROSES PRODUKSI METIL KLORIDA DARI METANOL DAN ASAM KLORIDA MENGGUNAKAN ASPEN HYSYS

PROCESS MODELING OF METHYL CHLORIDE SYNTHESIS FROM METHANOL AND HYDROGEN CHLORIDE ASPEN HYSYS

**Uzli Fatul Jannah, Nasrul ZA*, Meriatna, Zulnazri, Rozanna Dewi, Wiza
Ulfa Fibarzi, Leni Maulinda**

Universitas Malikussaleh, Aceh Utara

nasrulza@unimal.ac.id

ABSTRAK

Metil klorida digunakan sebagai bahan kimia untuk produksi berbagai produk industri yang penting. Aplikasinya yang luas terus meningkatkan permintaan pasar globalnya. Untuk memenuhi permintaan pasar global, maka penelitian ini difokuskan untuk mendesain sebuah model simulasi proses produksi metil klorida melalui hidroklorinasi metanol dengan upaya untuk meningkatkan efisien dari segi jumlah peralatan dan energi untuk mendapatkan kemurnian yang standar. Metode penelitian yang digunakan adalah metode pengembangan. Penelitian ini dilakukan dengan mensimulasikan pemodelan proses produksi metil klorida dari metanol dan asam klorida menggunakan *software* aspen hysys V.11. Dengan menggunakan kondisi operasi yang sama tetapi memodifikasi platform penelitian untuk mendapatkan kemurnian yang sama, serta mengoptimalkan jumlah peralatan, mengoptimalkan energi untuk mendesain proses produksi untuk dapat mengurangi biaya produksi dan lebih ekonomis untuk pabrik. Hasil penelitian, model simulasi proses produksi metil klorida yang sudah dimodifikasi *flowsheet* proses produksinya, simulasi proses produksi metil klorida melalui hidroklorinasi metanol menggunakan 11 peralatan, analisis energi menggunakan aspen energi analyzer, peluang penghematan utilitas total 74,98% dapat menghemat 3405 kW panas yang tidak termanfaatkan dalam proses, dan hasil kemurnian produk metil klorida 99,33%. Asumsi dari sisi perspektif ekonomi banyak alat yang terbuang sehingga peluang *cost* produksi pabrik ini untuk kapital modal dasar pasti rendah, BEP semakin cepat dan perusahaan semakin cepat mendapatkan balik modal.

Kata Kunci : *Efisien, Flowsheet, Kemurnian, Metil Klorida, dan Optimasi Energi*

ABSTRACT

Methyl chloride is employed as a chemical intermediate in the manufacture of various essential industrial products. Its wide range of applications continues to drive the growth of global market demand. To address this demand, the present study focuses on designing a process simulation model for methyl chloride production via methanol hydrochlorination, with the objective of improving efficiency in terms of equipment utilization and energy consumption while ensuring the required product purity. The research methodology adopted is a developmental approach. The study was carried out by simulating the process of methyl chloride production from methanol and hydrogen chloride using aspen hysys V.11 software. Under identical operating conditions, the research framework was modified to achieve comparable purity while optimizing the number of unit operations and minimizing energy requirements, thereby reducing production costs and enhancing economic feasibility for industrial-scale implementation. The results indicate that the modified process simulation flowsheet for methyl chloride production via methanol hydrochlorination requires 11 unit operations. Energy analysis conducted using aspen energy analyzer reveals a total utility saving potential of 74.98%, equivalent to 3405 kW of recoverable heat that would otherwise be wasted in the process. The final product purity of methyl chloride obtained was 99.33%. From an economic standpoint, the reduction in redundant equipment translates into lower capital investment, a shorter break-even point (BEP), and a faster return on investment (ROI) for the manufacturing facility.

Kata Kunci : *Efficiency, Flowsheet, Purity, Methyl Chloride, and Energy Optimization*

PENDAHULUAN

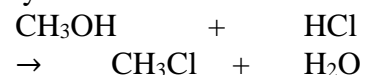
Metil klorida digunakan untuk bahan kimia produksi berbagai produk industri yang penting. Aplikasinya yang luas terus meningkatkan permintaan pasar globalnya. Untuk memenuhi permintaan pasar global, beberapa perusahaan mencoba meningkatkan kapasitas pabrik mereka yang ada dan beberapa akan membangun pabrik yang baru. Pabrik metil klorida yang ada di Indonesia masih sedikit sedangkan kebutuhan di dalam negeri sangat dibutuhkan, sehingga Indonesia banyak mengimpor metil klorida, dibandingkan eksportnya. Pendirian pabrik metil klorida diharapkan agar kebutuhan dalam negeri tercukupi dan mengurangi impor dari luar serta meningkatkan eksportnya. Pendirian pabrik ini dapat mendorong perkembangan industri kimia yang meningkatkan perekonomian, serta membuka lapangan kerja bagi masyarakat Indonesia serta bahan baku metal klorida ada di Indonesia.

Metil klorida atau nama lainnya *klorometana* adalah senyawa organik yang memiliki rumus CH_3Cl . Termasuk golongan gas yang tidak berwarna dan berbahaya dengan sifat mudah terbakar. Produksi metil klorida dapat dilakukan dengan proses klorinasi metana dan proses hidroklorinasi metanol. Metil klorida dibuat dengan cara mereaksikan metanol dengan asam klorida (Repko dan Lasley, 1979). Menurut Schmidt *et al.*, (2013), di antara kedua rute tersebut, hidroklorinasi metanol yang paling banyak digunakan di industri.

Dalam beberapa tahun terakhir, rute hidroklorinasi metanol untuk menghasilkan metil klorida menjadi

lebih penting dibandingkan dengan rute klorinasi metana karena metil klorida merupakan produk utama yang penting. Keuntungan dari proses ini adalah rendahnya biaya reaktan metanol dan kemudahan dalam penyimpanan dan transportasi. Kondisi dalam memilih metanol reaktan adalah harus memiliki kemurnian tinggi (99.9%) dan hidrogen klorida harus bersih, Pemilihan reaktan yang sangat murni akan memperpanjang umur katalis aluminium oksida. Dengan bantuan katalis, reaksi antara CH_3OH dan HCl menghasilkan metil klorida. Metanol dan uap HCl dalam jumlah yang sama direaksikan.

Reaksinya :



Untuk mengetahui suhu operasi terbaik untuk reaktor dan untuk mendapatkan hasil produk yang maksimal, maka dilakukan studi kasus. Dalam studi ini, suhu reaktor sebagai variabel bebas dan fraksi masa metil klorida (CH_3Cl) dalam aliran keluaran reaktor sebagai variabel terikat. Hasil terbaik menunjukkan bahwa suhu operasi ditemukan antara 280°C dan 300°C . Tren ini sesuai dengan nilai literatur (Rossberg *et al.*, 2000).

Dari penelitian Vikranth *et al.*, (2024), penulis melihat aspek ekonomi yang diperlukan cukup besar, jumlah peralatan yang berlebih, prosesnya kurang akurat. Maka penulis mencoba membuat desain ulang dengan pengurangan jumlah alat yang tidak diperlukan seperti alat-alat V-101, E-100, V-102, P-101, Mix-101, ADJ-1, ADJ-2, dan T-101.

Penelitian ini akan berfokus pada optimasi kondisi operasional seperti peralatan, penghematan energi, dan rasio bahan baku untuk mencapai hasil yang optimal dalam hal kualitas metil klorida yang dihasilkan sama dengan penelitian sebelumnya dan efisiensi proses.

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode penelitian pengembangan sebagai acuan. Metode penelitian pengembangan dipilih karena dengan metode ini penulis dapat mengidentifikasi masalah, menguji berbagai solusi, dan mengembangkan proses yang baru atau yang sudah ada dengan tujuan mengoptimalkan desain dan operasi pabrik produksi metil klorida dengan mempertimbangkan efisiensi proses, biaya produksi, untuk mencapai kemurnian yang optimal.

Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian terkait permodelan proses produksi metil klorida dari metanol dan asam klorida menggunakan aspen hysys.

ALAT BAHAN DAN METODE

Alat-alat

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Satu buah laptop Lenovo Core i5.
2. *Software Aspen Hysys V.11.*
3. *Software Microsoft Word 2016 Plus.*

Bahan-bahan

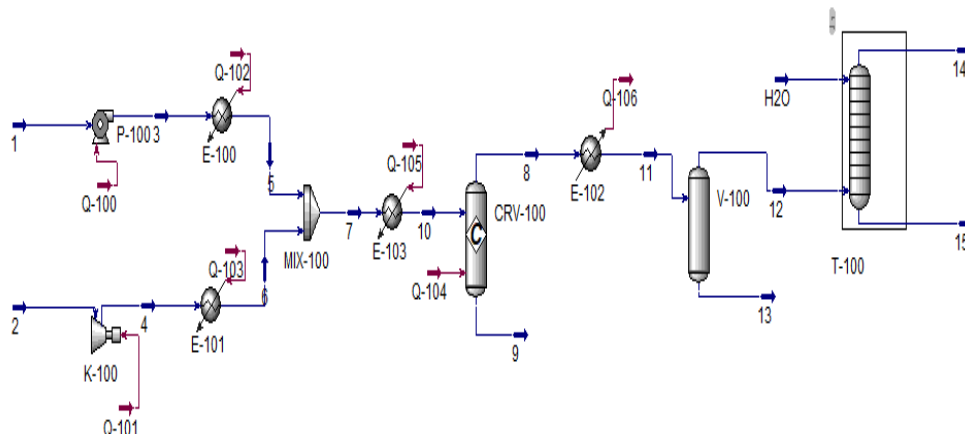
Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Metanol
2. Asam klorida

Metode Penelitian

Adapun metode penelitian ini terdiri tiga tahapan, tahap yang pertama dalam penelitian ini adalah mereviu penelitian pertama dari penelitian sebelumnya juga terjadi pemborosan penggunaan jumlah peralatan yang berlebih, prosesnya kurang akurat dan masih bias mengoptimasi energi yang dibutuhkan. Maka penulis mencoba membuat desain ulang dengan pengurangan jumlah alat yang tidak diperlukan seperti alat-alat V-101, E-100, V-102, P-101, Mix-101, ADJ-1, ADJ-2, dan T-101. Penelitian ini akan berfokus pada optimasi kondisi operasional seperti peralatan, penghematan energi, dan rasio bahan baku untuk mencapai hasil yang optimal dalam hal kualitas metil klorida yang dihasilkan sama dengan penelitian sebelumnya dan efisiensi proses. Penelitian ini dapat diimplementasikan dalam desain rekayasa proses.

Pada tahap yang kedua yaitu tahap pembuatan model simulasi proses produksi metil klorida menggunakan aspen hysys



Gambar 1. Model simulasi pabrik

Proses Produksi Metil Klorida

Untuk meniru proses yang sebenarnya, pemodelan dilakukan dengan menggunakan aktivitas persamaan keadaan Peng-Robinson untuk karakteristik uap, persamaan termodinamika ini dilaporkan memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Untuk umpan metanol diasumsikan 110 kgmol/hr, umpan asam klorida diasumsikan 100 kgmol/hr untuk suhu dan tekanan sesuai atmosfer. Tekanan *Stream* methanol dinaikkan menjadi 500 kPa menggunakan pompa P-100. Tekanan *Stream* HCl dinaikkan menjadi 500 kPa menggunakan kompresor K-100.

Aliran 1 dan aliran 2 dipanaskan terlebih dahulu menggunakan preheater E-100 dan E-101, diaduk secara spektrofotometer dan dicampur di mixer MIX-100. Campuran stream-7 dipanaskan hingga 250°C menggunakan heater E-102 dan dialirkan ke CRV-100. Pada reaktor, kondisi operasi 300°C 500 kPa. Keluaran stream-9 dari reaktor diturunkan suhunya menggunakan cooler E-103. Keluaran stream-11 dikirim ke separator V-100 dimana terjadi pemisahan antara produk (CH_3Cl) di stream 12, selanjutnya

diturunkan kembali suhunya dan dialirkan ke Absorber T-100 untuk memindahkan kelebihan air dan methanol. Produk metil klorida dengan kemurnian di atas 99% ditampung dalam aliran CH_3Cl .

Pada tahap yang ketiga yaitu Persiapan Running Menjalankan simulasi hingga status pada aspen hysys V.11 menjadi *converged*. Dan melakukan beberapa Uji antara lain:

1. Kemurnian produk metil klorida di atas 99%.
2. Pengurangan jumlah peralatan yang tidak diperlukan.
3. Dengan menggunakan perangkat lunak aspen *Energy Analyzer* dan aspen hysys, potensi penghematan energi di seluruh proses dapat diperiksa untuk meningkatkan sistem energi saat ini di fasilitas produksi metil klorida.

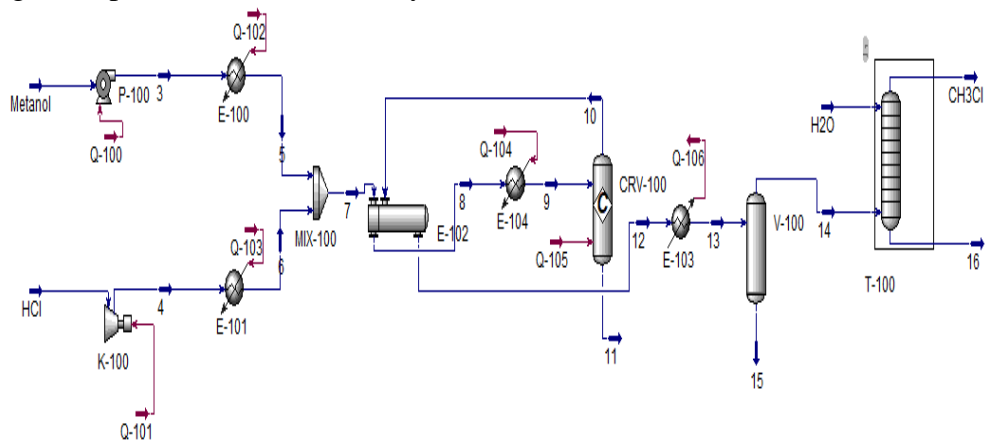
Dari hasil beberapa uji yang di atas jika hasil produk metil klorida sesuai dengan tujuan penelitian ini maka dinyatakan siap desain baru ini lebih baik dari perspektif jumlah peralatan, optimasi energi, kemurnian produk dengan produksi yang lebih ekonomis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini didesain menggunakan proses hidroklorinasi metanol untuk produksi metil klorida dengan menggunakan *software* aspen hysys V.11. Hasil penelitian ini berupa modifikasi platform penelitian sebelumnya proses produksi metil klorida dengan membuat platform yang baru proses produksi metil klorida yang lebih sederhana peralatannya dan efisien dari segi energi dengan mempertimbangkan hasil kemurnian produknya sama dengan penelitian sebelumnya.

Dengan bantuan perangkat lunak aspen hysys dan aspen *energy analyzer*, dimungkinkan untuk memeriksa potensi penghematan energi di seluruh proses dan meningkatkan sistem energi saat ini di fasilitas produksi metil klorida.

Berdasarkan hasil penelitian simulasi yang dilakukan pada pemodelan proses produksi metil klorida dari metanol dan asam klorida menggunakan aspen hysys v.11, maka gambar *flowsheet* proses produksi metil klorida dapat dilihat di bawah ini.



Gambar 2. *Flowsheet* Proses

Produksi Desain Metil Klorida Hasil dari penelilian pada jurnal sebelumnya penulis melihat aspek ekonomi yang diperlukan cukup besar, jumlah peralatan yang berlebih. Maka penulis mencoba membuat desain ulang dengan pengurangan jumlah alat yang tidak diperlukan pada pemurnian keduanya seperti alat-alat V-101, E-100, V-102, P-101, Mix-101, ADJ-1, ADJ-2, dan T-101. Asumsi dari sisi perspektif ekonomi banyak alat yang terbuang sehingga peluang *cost* produksi pabrik ini

untuk kapital modal dasar pasti rendah, BEP semakin cepat dan perusahaan semakin cepat mendapatkan balik modal. Kemungkinan juga depresiasi alat semakin tinggi karena tekanan dan temperatur operasi yang rendah sehingga peralatan dapat digunakan dalam jangka waktu yang lebih lama.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dan dimodifikasi, maka data pengamatan hasil kemurnian metil klorida dari methanol dan asam klorida dapat dilihat pada Tabel di bawah:

Tabel 1. Hasil Kemurnian Produk Metil Klorida Yang Telah Dimodifikasi
Flowsheet Proses Produksinya

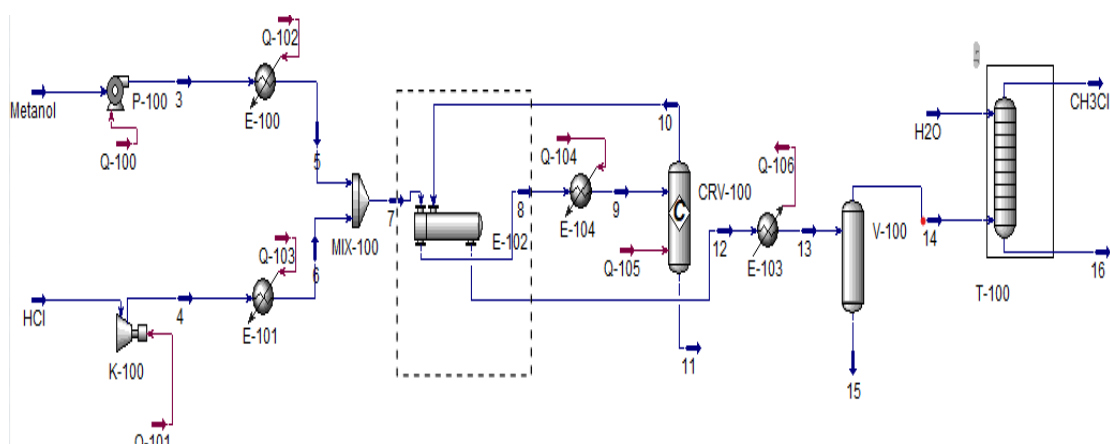
| | <i>Mole Fractions</i> | <i>Vapor Phase</i> |
|------------------|-----------------------|--------------------|
| Metanol | 0.0000 | 0.0000 |
| HCl | 0.0000 | 0.0000 |
| Metil Klorida | 0.9933 | 0.9933 |
| H ₂ O | 0.0067 | 0.0067 |

Hasil kemurnian metil klorida dari metanol dan asam klorida menggunakan proses hidroklorinasi metanol mendapatkan produk murni 99,33%. Menurut literatur, mendapatkan produk murni 99,9% adalah persyaratan industri (Yandrapu *et al.*, 2022). Menurut Qu Zhoi Ruitong minimal kemurnian metil klorida 99,5%.

Model simulasi diuji keakuratannya dalam mempresentasikan perilaku proses secara *real-time*. Untuk memenuhi persyaratan ini, analisis sensitivitas dilakukan dengan menguji parameter

kinerja utama proses dan trennya dengan nilai literatur. Dalam analisis sensitivitas, sensitivitas antara satu set variabel independen dan dependen diuji. Studi ini berguna untuk memprediksi kondisi operasi yang lebih baik untuk menjalankan proses dengan aman dan efektif (Yandrapu, *et al.*, 2022).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan sebelumnya dan yang sudah dimodifikasi, maka data pengamatan *flowsheet* proses produksi metil klorida yang sudah dioptimasi energinya dapat dilihat pada Gambar 3



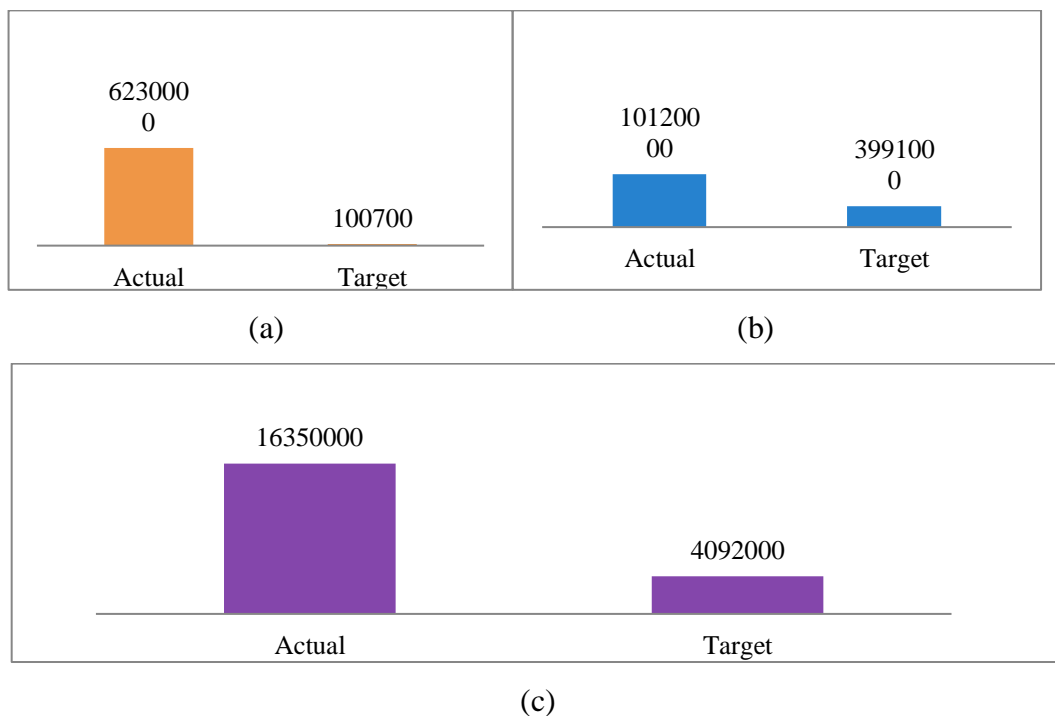
Gambar 3. Pemodelan Proses Produksi Metil Klorida yang Sudah Dioptimasi
Energinya Menggunakan Hysys V.11, 2023

Dari gambar di atas modifikasi proses yang disarankan untuk penggunaan energi yang efektif. sebuah penukar panas baru ditambahkan ke jaringan penukar panas kasus dasar dan desain retrofit di atas. Penukar panas *shell and tube* baru E-102 ditambahkan antara mixer (MIX-100) dan *heater* (E-104). Aliran *outlet* campuran 7 dari mixer (MIX-100) dihubungkan sebagai aliran masuk ke *tube out*, aliran *outlet* reaktor (CRV-100) masuk ke sisi *shell inlet*, aliran 8 keluaran dari tube inlekt dipanaskan Kembali mennggunakan *heater* dan masuk ke reaktor, dan aliran 12 dari *shell outlet* telah terjadi pertukaran panas sehingga mengurangi beban kerja heater e-102 dan *coller* e-103. Dan dengan menambahkan alat penukar panas pada proses produksi metil klorida tersebut, maka dapat meningkatkan potensi penghematan utilitas total hingga 74,98% dan dapat

menghemat 3405 kW panas yang tidak termanfaatkan dalam proses .

Optimasi konsumen energi dari proses dapat dievaluasi dengan menggunakan analisis energi menggunakan aspen *hysys analyzer*. Aspen hysys analyzer merupakan perangkat lunak manajemen energi untuk mendapatkan desain jaringan penukar panas yang optimal dan meminimalkan kebutuhan energi proses (Aspentech, 2021).

Berikut Gambar diagram hasil menganalisis potensi penghematan energi pada keseluruhan proses dengan bantuan perangkat lunak aspen hysys dan aspen *energy analyzer*. Pada diagram batang berwarna orange ditunjukkan bagian utilitas pemanas, pada diagram batang berwarna biru utilitas pendingin, dan pada diagram batang berwarna ungu total keseluruhan utilitas.



Gambar 4. Diagram Batang Hasil Optimasi Energi Pada Utilitas Menggunakan Aspen Energy Analyzer 2023

Tabel 2. Ringkasan Gambar Diagram Batang Hasil Optimasi Energi Pada Utilitas Menggunakan Aspen *Energy Analyzer*

| <i>Property</i> | <i>Actual (kW)</i> | <i>Target (kW)</i> | <i>Available saving(kW)</i> | <i>Actual (%)</i> |
|--------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------|
| <i>Total Utilities</i> | 4.541 | 1.137 | 3.404 | 74,98 |
| <i>Heating Utilities</i> | 1.730 | 28 | 1.702 | 98,38 |
| <i>Cooling Utilities</i> | 2.811 | 1.108 | 1.702 | 60,57 |

Dari tabel di atas dapat disimpulkan, potensi penghematan energi, terlihat bahwa total beban utilitas *actual* yang dibutuhkan adalah 4.541 kW dan 1.137 kW adalah beban utilitas target. Selisih beban adalah 3.404 kW. Selisih beban menunjukkan kemungkinan penghematan energi dari total utilitas, ini menafsirkan 74,98% dari total utilitas yang sebenarnya. Total potensi penghematan aktual pada utilitas pemanas adalah 98,38%, potensi penghematan aktual pada utilitas pendingin adalah 60,57%.

Menurut literatur penghematan utilitas dapat mempengaruhi efisiensi produksi pada pabrik dengan cara mengurangi konsumsi energi, biaya operasional, dan sumber daya yang tidak penting atau dengan mengoptimalkan proses produksi dan penggunaan teknologi yang sesuai penghematan utilitas dapat dicapai dengan mengoptimalkan aliran bahan baku dan produk, menggunakan teknologi yang sesuai, serta mempertimbangkan faktor ekonomi dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik. Dengan demikian, penghematan utilitas dapat membantu meningkatkan efisiensi produksi pada pabrik dengan mengurangi biaya operasional dan meningkatkan penggunaan sumber daya yang efisien dan efektif.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini dilakukan perbandingan simulasi pemodelan proses produksi metil klorida menggunakan aspen hysys dengan memodifikasi platform *flowsheet* dari penelitian sebelumnya, dengan menyederhanakan jumlah peralatan, mengoptimasi jumlah energi yang dibutuhkan, dan mencapai kemurnian yang sama dengan penelitian sebelumnya. Dengan menambahkan alat penukar panas pada proses produksi metil klorida tersebut, maka dapat meningkatkan potensi penghematan utilitas total hingga 74,98% dan dapat menghemat 3405 kW panas yang tidak termanfaatkan dalam proses. Hasil kemurnian produk metil klorida adalah 99,33%. Dengan pengurangan jumlah alat yang tidak diperlukan pada jurnal sebelumnya. Asumsi dari sisi perspektif ekonomi banyak alat yang terbuang sehingga peluang *cost* produksi pabrik ini untuk kapital modal dasar pasti rendah, BEP semakin cepat dan perusahaan semakin cepat mendapatkan balik modal. Kemungkinan juga depresiasi alat semakin tinggi karna tekanan dan temperatur operasi yang rendah sehingga peralatan dapat digunakan dalam jangka waktu yang lebih lama.

DAFTAR PUSTAKA

- Aspentech, 2021. *Aspen Energy Analyzer, Aspen Technology Inc.*, (accessed 15.11.23).
- Dasril, A. R. (2020). Strategi Implementasi & Optimalisasi Manajemen Energi Di Pt Semen Padang Sebagai Upaya Keunggulan Bersaing Di Industri Persemenan Nasional. *COMPETITIVE Jurnal Akuntansi Dan Keuangan*, 4(2), 166.
<https://doi.org/10.31000/c.v4i2.2322>.
- Kirk, R.E., and Othmer, D.F., 1997, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 4th ed., The Interscience Encyclopedia Inc, New York.
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1979, *Encyclopedia of Chemical Technology*, vol 5, The Inter Science Encyclopedia, Inc., New York.
- Mc Ketta, J.J., 1990, “*Encyclopedia of Chemical Processing and Design*”, VOL 4, Marcell Decker. Inc, New York.
- McInroy, A. R., Winfield, J. M., Dudman, C. C., Jones, P., & Lennon, D. (2016). The development of a new generation of methyl chloride synthesis catalyst. *Faraday Discussions*, 188(0), 467–479.
<https://doi.org/10.1039/c5fd00202h>.
- Montastruc, L., Belletante, S., Pagot, A., Negny, S., Raynal, L., 2019. From conceptual design to process design optimization: a review on flowsheet synthesis. *Oil Gas Sci. Technol.* 74, 80.
doi:10.2516/ogst/2019048, Rev. d’IFP Energies Nouvelles.
- Perry, Robert H., and Don W. Green. 1997. *Perry’s Chemical Engineers’ Handbook 7th Edition*. McGraw Hill: New York.
- Putra Yudi dkk., 2014. Pengaruh Pencampuran Premium Dan Metanol Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor Vario Techno PGM-FI. Jurusan Teknik Otomotif FT-UNP.
- Rossberg, M., Lendle, W., Pfleiderer, G., Togel, A., Torkelson, T.R., Beutel, K.K., 2000. Chloromethanes. In: Ullmann’s Encyclopedia of Industrial Chemistry. Wiley, New York, pp. 15–42.
https://doi:10.1002/14356007.a06_233.pub4.
- Schmidt, S.A., Kumar, N., Reinsdorf, A., Eranen, K., Warna, J., Murzin, D., Salmi, T., 2013. Methyl chloride synthesis over Al₂O₃ catalyst coated microstructured reactor-thermodynamics, kinetics and mass transfer. *Chem. Eng. Sci.* 95, 232–245.
<https://doi:10.1016/j.ces.2013.03.040>.
- Spevak L, Nadj V & Felle D (1976). Methyl chloride poisoning in four members of a family. *Br. J. Industr. Med*
- Yandrapu, V. P., & Kanidarapu, N. R. (2021). Process design for energy efficient, economically feasible, environmentally safe methyl chloride production process plant: Chlorination of methane route. In *Process Safety and Environmental Protection* (Vol. 154).

- <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.08.027>.
- Yandrapu, V. P., & Kanidarapu, N. R. (2022a). Conceptual Design of Methyl Chloride Production Processes: A Review. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 66(3), 341–353.
<https://doi.org/10.3311/PPch.19556>.
- Yandrapu, V. P., & Kanidarapu, N. R. (2022b). Energy, economic, environment assessment and process safety of methylchloride plant using Aspen HYSYS simulation model. *Digital Chemical Engineering*, 3(February), 100019.
<https://doi.org/10.1016/j.dche.2022.100019>
- Yaws, Carls., 1999 “*Chemical Properties Handbook*”, McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- Zhang., Zhihao., Zhe Wu., David Rincon., Carlos Garcia., and Panagiotis D., Christofides.,2019. Operational safety of chemical processes via Safeness- Index based MPC: Two large-scale case studies. *Computers & Chemical Engineering*,125,204-215.
<https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2019.03.003>

**ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA PROYEK
PENINGKATAN/REKONSTRUKSI JALAN REL KOTA LANGSA**

***ANALYSIS OF HEAVY EQUIPMENT PRODUCTIVITY IN THE ROAD
IMPROVEMENT/RECONSTRUCTION PROJECT
OF THE LANGSA CITY RAILWAY LINE***

Rajib Muammar & Iqbal

Universitas Sains Cut Nyak Dhien, Kota Langsa, Indonesia

rajib_muammar@yahoo.com

ABSTRAK

Jalan Rel merupakan jalan lokal primer yang memiliki peranan penting dalam mendukung perkembangan sektor-sektor ekonomi dikarenakan jalan tersebut menghubungkan pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lingkungan. Pada tahun 2024, dilakukan rekonstruksi pada Jalan Rel tersebut guna memperlancar aksesibilitas kegiatan sosial ekonomi masyarakat. Rekonstruksi Jalan Rel Kota Langsa bertujuan untuk meningkatkan kualitas jalan, oleh karena itu pengerjaannya dilakukan dengan memperhatikan jenis material yang digunakan, pemilihan operator serta penggunaan alat berat yang sesuai standar agar hasil yang dicapai sesuai dengan rencana dan selesai dengan waktu yang telah ditentukan. Kesalahan dalam pemilihan alat berat akan mengakibatkan produktivitas yang rendah dan berdampak pada peningkatan biaya perbaikan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa produktivitas alat berat dan berapa durasi pekerjaan dari masing-masing alat yang digunakan pada pekerjaan rekonstruksi Jalan Rel Kota Langsa. Metode penelitian dilakukan dengan menghitung produktivitas alat berat berdasarkan Peraturan Menteri Nomor 8 tahun 2023 tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi, dan durasi pekerjaan. Hasil analisis didapat bahwa produktivitas alat berat pada pekerjaan LPA: *dump truck* = 386,352 m³/hari, *motor grader* = 617,143 m³/hari, *vibrator compactor roller* = 804,270 m³/hari, *water tank* = 498 m³/hari. Pada pekerjaan lapis resap pengikat: *air compressor* = 3486 m²/hari, *asphalt distributor* = 647,089 liter/hari. Pada pekerjaan *asphalt concrete binder course*: *dump truck* = 172,148 m³/hari, *asphalt finisher* = 804,270 ton/hari, *tandem roller* = 401,017 m³/hari, *pneumatic tire roller* = 365,776 m³/hari. Waktu yang dibutuhkan alat berat untuk dalam pelaksanaan pekerjaan LPA = 2 hari, pekerjaan lapis resap pengikat = 1 hari, dan pekerjaan AC-BC = 2 hari.

Kata kunci: Jalan, Alat Berat, Produktivitas, Durasi Waktu

ABSTRACT

Rail Road is categorized as a primary local road that plays a crucial role in supporting the development of various economic sectors, as it connects national activity centers with local activity centers. In 2024, reconstruction work was carried out on this road to improve accessibility for community socio-economic activities. The reconstruction of Jalan Rel in Langsa City aims to enhance road quality; therefore, its implementation requires careful consideration of material selection, operator competence, and the use of standardized heavy equipment to

ensure that the project outcomes align with the planned specifications and are completed within the designated timeframe. Improper selection of heavy equipment may result in low productivity, which can consequently increase repair and construction costs. The purpose of this study is to determine the productivity rates of heavy equipment and the work duration of each machine used in the reconstruction of Jalan Rel in Langsa City. The research method involves calculating heavy equipment productivity based on the Ministerial Regulation No. 8 of 2023 concerning Guidelines for Estimating Construction Work Costs, as well as determining the required work duration. The results of the analysis show that the productivity of heavy equipment for the LPA (Aggregate Foundation Layer) work is as follows: dump truck = 386.352 m³/day, motor grader = 617.143 m³/day, vibrator compactor roller = 804.270 m³/day, and water tank = 498 m³/day. For prime coat work: air compressor = 3,486 m²/day, asphalt distributor = 647.089 liters/day. For asphalt concrete binder course work: dump truck = 172.148 m³/day, asphalt finisher = 804.270 tons/day, tandem roller = 401.017 m³/day, and pneumatic tire roller = 365.776 m³/day. The required working time for heavy equipment in the LPA phase is 2 days, for the prime coat phase 1 day, and for the AC-BC phase 2 days.

Keywords: Road, Heavy Equipment, Productivity, Work Duration

PENDAHULUAN

Jalan Rel merupakan jalan lokal primer yang berada di Kota Langsa (Provinsi Aceh). Jalan ini memiliki peranan penting dalam mendukung perkembangan sektor ekonomi karena menghubungkan pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lingkungan. Di tahun 2024, Jalan Rel tersebut direkonstruksi dengan tujuan memperlancar aksesibilitas kegiatan sosial ekonomi masyarakat.

Secara umum, infrastruktur jalan dibangun sebagai prasarana untuk memudahkan mobilitas dan aksesibilitas kegiatan sosial ekonomi dalam masyarakat. Keberadaan jalan sangat diperlukan untuk menunjang laju pertumbuhan ekonomi, perdagangan serta sektor lainnya. Perkembangan infrastruktur yang semakin pesat mendorong adanya peningkatan dan pembangunan yang ada pada saat ini. Tidak dapat dipungkiri bahwa pembangunan yang ada saat ini tidak lepas dengan adanya alat bantu yang digunakan, yaitu alat berat (Fihani *et al.*, 2021)

Rekonstruksi Jalan Rel Kota Langsa yang dilakukan ini tidak terlepas dari kualitas jalan yang dihasilkan, ini tidak lain karena pengaruh material, operator dan penggunaan alat berat agar hasilnya sesuai rencana dan selesai sesuai waktu yang telah ditentukan. Penggunaan alat berat sangat berpengaruh pada progres kemajuan suatu kegiatan. Kesalahan dalam pemilihan alat berat akan mengakibatkan produktivitas yang rendah sehingga akan terjadi penambahan biaya suatu kegiatan apabila dilakukan perbaikan dan pengadaan alat berat lainnya. (Nugraha *et al.*, 2018)

Dalam proyek rekonstruksi Jalan Rel Kota Langsa, pada pekerjaan lapis pondasi agregat kelas A dan AC-BC, alat berat yang digunakan adalah *dump truck*, *motor grader*, *vibratory compactor roller*, *water tank truck*, *air compressor*, *asphalt distributor*, *asphalt finisher*, *tandem roller*, dan *pneumatic tire roller*. Alat berat tersebut akan dianalisis untuk

mengetahui produktivitas dan durasi kerja alat berdasarkan Peraturan Menteri Nomor 8 Tahun 2023 tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi.

Berdasarkan uraian uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian terkait analisis produktivitas alat berat dalam proyek konstruksi agar dapat mengetahui produktivitas dan durasi pekerjaan dari masing-masing alat yang digunakan pada pekerjaan rekonstruksi Jalan Rel Kota Langsa.

METODE PENELITIAN

A. Rekonstruksi Jalan

Rekonstruksi adalah peningkatan struktur yang merupakan kegiatan penanganan untuk dapat meningkatkan kemampuan bagian ruas jalan yang dalam kondisi rusak berat agar bagian jalan tersebut mempunyai kondisi baik kembali sesuai dengan umur rencana yang ditetapkan (PUPR, 2011).

B. Alat Berat

Di dalam dunia konstruksi, alat berat adalah alat yang digunakan untuk aktivitas manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan. Alat berat sangat penting dalam sebuah proyek, terutama proyek konstruksi, pertambangan, dan kegiatan lainnya yang berskala lebih besar. Tujuan dari penggunaan alat berat adalah untuk mempermudah manusia dalam mengerjakan suatu pekerjaan, sehingga hasil yang di harapkan dapat tercapai lebih mudah dan selesai dengan waktu relatif singkat. (Ramdhani & Johari, 2021).

C. Produktivitas Alat Berat

Menghitung produksi alat berat tergantung dari fungsi peralatan yang bersangkutan. Kapasitas produksi alat berat pada umumnya dinyatakan dalam m³ per jam sehingga perlu diperhatikan

pelaksanaan volume yang dikerjakan tiap siklus waktu dan jumlah siklus satu jam (Chairunnisa & Khotibul, 2022).

Dalam pelaksanaan sebuah proyek, terdapat beberapa jenis alat berat yang sering digunakan, diantaranya:

1. *Dump Truck*

Dump truck merupakan alat angkut jarak jauh yang berguna untuk mengangkut material seperti tanah, pasir, batuan dari proyek konstruksi. Alat angkut jenis ini dapat dioperasikan pada jalanan datar, tanjakan maupun jalanan menurun. Operator sangat berperan penting dalam menempatkan waktu muat, karena produksi dari alat angkut dan gali ditentukan pada saat proses muat (Chairunnisa & Khotibul, 2022).

Menurut PUPR (2023), rumus menghitung kapasitas produksi *dump truck* adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{v \times Fa \times 60}{D \times Ts}$$

$$Ts = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$$

2. *Motor Grader*

Motor grader adalah alat besar yang berfungsi sebagai pembentuk permukaan tanah atau perataan tanah. *Blade* dari *motor grader* ini dapat diatur sedemikian rupa, sehingga fungsinya bisa diubah menjadi *angle dozer* atau *tilting dozer*, dan ini akan lebih *flexible* dari pada menggunakan jenis dozer (Novi, 2013)

PUPR (2023) merumuskan perhitungan kapasitas produksi *motor grader* sebagai berikut:

$$Q = \frac{Lh \times \{N \times (b-b_0) + b_0\} \times Fa \times 60 \times t}{N \times n \times Ts \times Fk}$$

$$Ts = T_1 + T_2$$

3. *Vibrator Compactor Roller*

Vibrator Compactor Roller atau penggilas vibrator ialah alat pemadat yang menghasilkan efek gaya dinamis terhadap tanah. Butiran tanah akan mengisi bagian kosong diantara butiran tersebut. Getaran tadi mengakibatkan tanah menjadi padat dengan susunan yang lebih rapat (Chairunnisa & Khotibul, 2022).

Menurut PUPR (2023), rumus menghitung kapasitas produksi *vibrator compactor roller* adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{\{N \times (b - b_0) + b_0\} \times Fa \times 1000 \times t}{N \times n}$$

$$N = \frac{w}{b - b_0}$$

4. *Water Tank Truck*

Water tank truck adalah kendaraan yang berfungsi sebagai unit pembawa air untuk melakukan berbagai kegiatan diantaranya untuk penyiraman jalan saat proses pemadatan, dan juga penyiraman agar jalan tidak berdebu pada saat proses pekerjaan pembangunan jalan (Ismuhadi, 2020).

PUPR (2023) menghitung rumus kapasitas produksi *water tank truck* adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{Pa \times Fa \times 60}{Wc \times 1000}$$

5. *Air Compressor*

PUPR (2023) menuliskan alat ini digunakan sebagai sumber tenaga berbentuk udara bertekanan tinggi untuk *jack hammer*, *rock drill*, atau *concrete breaker* untuk penghancuran. Digunakan pula untuk membersihkan area yang akan dikerjakan dari kotoran-kotoran dan debu dalam persiapan untuk pelapisan

penyemprotan aspal lapis peresap atau aspal lapis perekat. Rumus menghitung kapasitas produksi *air compressor* adalah sebagai berikut:

$$Q = V \times Fa \times 60$$

6. *Asphalt Distributor*

Asphalt distributor merupakan truk yang dimodifikasikan sesuai dengan fungsinya. Fungsi dari alat ini adalah untuk menghamparkan aspal cair ke atas permukaan pondasi jalan dengan kecepatan yang sama. Tangki pada distributor aspal mempunyai sistem yang dapat mempertahankan suhu aspal dan pada alat ini juga dilengkapi *burner* yang berfungsi untuk meningkatkan suhu aspal sesuai dengan ketentuan. (Rostiyanti, 2008)

Menurut PUPR (2023) rumus menghitung kapasitas produksi *asphalt distributor* adalah sebagai berikut:

$$Q = Pa \times Fa \times 60$$

7. *Asphalt Finisher*

Asphalt finisher adalah alat untuk menghamparkan campuran aspal yang dihasilkan dari *asphalt mixing plant*. Ada dua tipe *asphalt finisher*, yang pertama *crawler type* yaitu jenis *crawler* yang menggunakan roda kelabang dan yang kedua *wheel type* yaitu menggunakan roda karet (ban). (Djoko Wilopo, 2009)

Menurut PUPR (2023) rumus menghitung kapasitas produksi *asphalt finisher* adalah sebagai berikut:

$$Q = v \times b \times 60 \times Fa \times t \times D$$

8. *Tandem Roller*

Tandem roller biasanya digunakan untuk penggilasan awal dan akhir pekerjaan pengaspalan, artinya fungsi alat ini adalah untuk meratakan permukaan. *Tandem roller* tidak

dipakai untuk permukaan batuan keras dan tajam karena dapat merusak roda. (Rostiyanti, 2008)

Menurut PUPR (2023) rumus menghitung kapasitas produksi *tandem roller* adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{\{N \times (b - b_0) + b_0\} v \times Fa \times 1000 \times t}{N \times n}$$

9. *Pneumatic Tire Roller*

Proses pemadatan alat ini menggunakan gabungan antara metode *kneading action* dan *static weight*. Tekanan alat pada permukaan tanah diatur dengan cara mengatur berat alat, menambah atau mengurangi tekanan ban, mengatur lebar ban, dan mengatur tekanan ban. (Rostiyanti, 2008).

Menurut PUPR (2023) rumus menghitung kapasitas produksi *pneumatic tire roller* adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{\{N \times (b - b_0) + b_0\} v \times Fa \times 1000 \times t}{N \times n}$$

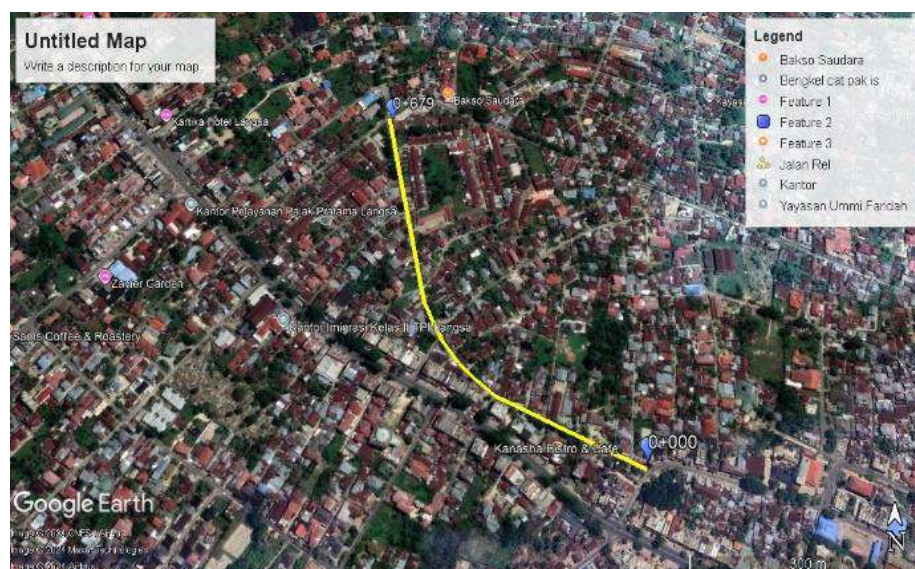
D. Durasi Waktu Pekerjaan

Dalam menentukan durasi suatu pekerjaan maka hal-hal yang perlu diketahui adalah volume pekerjaan dan produktivitas alat tersebut. Produktivitas adalah perbandingan antara hasil yang dicapai (*output*) dengan seluruh sumber data yang digunakan (*input*). Produktivitas alat tergantung dari kapasitas dan waktu siklus alat. Rostiyanti (2008) menggambarkan rumus untuk menghitung durasi waktu adalah sebagai berikut:

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Produktivitas Alat Berat}}$$

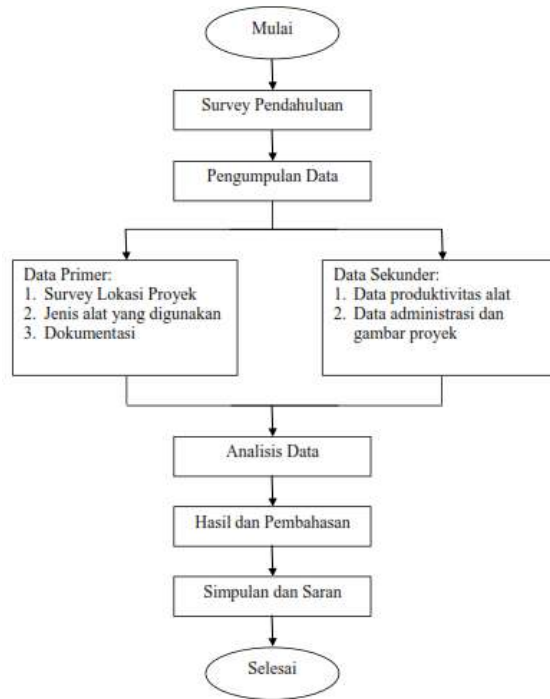
E. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan pada proyek pekerjaan Peningkatan/Rekonstruksi Jalan Rel Kota Langsa STA. 0+000 s.d. 0+679, seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Gambar Lokasi Penelitian dengan *Google Earth*

F. Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Volume Pekerjaan

Berdasarkan analisis perhitungan volume pekerjaan Peningkatan/Rekonstruksi Jalan Rel (STA. 0+000 –

0+679), maka diperoleh volume pekerjaan seperti pada tabel berikut.

Tabel 1. Rekapitulasi Volume Pekerjaan

| No. | Uraian Pekerjaan | Volume | Satuan |
|-----|---|---------|----------------|
| 1. | Pekerjaan Lapis Pondasi Agregat Kelas A | 556,31 | m ³ |
| 2. | Pekerjaan Lapis Resap Pengikat | 3081,00 | Liter |
| 3. | Pekerjaan AC-BC | 522,23 | Ton |

2. Produktivitas Alat Berat

a. Produktivitas *Dump Truck*

Kapasitas produksi *dump truck* mengangkut agregat kelas A yang diisi dengan *exavator* kapasitas 0,93 m³ adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{v \times Fa \times 60}{D \times Ts}$$

$$Ts = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$$

$$\begin{aligned}
 T_1 &= \frac{v \times 60}{D \times Q_{ex}} \\
 &= \frac{8,5 \times 60}{1,85 \times 140,910} \\
 &= 1,956 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_2 &= \frac{L \times 60}{Vf} \\
 &= \frac{15 \times 60}{40} \\
 &= 22,5 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$T_3 = \frac{L \times 60}{V_R}$$

$$= \frac{15 \times 60}{60}$$

$$= 15 \text{ menit}$$

$$T_4 = t_1 + t_2$$

$$= 1,5 + 0,5$$

$$= 2 \text{ menit}$$

$$T_s = 1,956 + 22,5 + 15 + 2$$

$$= 41,456 \text{ menit}$$

$$Q = \frac{v \times Fa \times 60}{D \times T_s}$$

$$= \frac{8,5 \times 0,83 \times 60}{1,85 \times 41,456}$$

$$= 5,519 \text{ m}^3/\text{jam (gembur)}$$

Produksi per hari

$$Q/\text{hari} = Q \times \text{jam kerja/hari}$$

$$= 5,519 \text{ m}^3/\text{jam} \times 7 \text{ jam/hari}$$

$$= 38,635 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Menggunakan 10 unit *dump truck*

$$Q = Q \times \text{jumlah dump truck}$$

$$= 38,635 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10$$

$$= 386,352 \text{ m}^3/\text{hari}$$

b. Produktivitas *Motor Grader*

Kapasitas produksi *motor grader* untuk perataan tebal hamparan (padat) adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{Lh \times \{N \times (b-b_0) + b_0\} \times Fa \times 60 \times t}{N \times n \times T_s \times Fk}$$

$$T_s = T_1 + T_2$$

$$T_1 = \frac{Lh \times 60}{v \times 1000}$$

$$= \frac{15 \times 60}{4 \times 1000}$$

$$= 0,225 \text{ menit}$$

$$T_2 = 1 \text{ menit}$$

$$T_s = 0,225 + 1$$

$$= 1,225 \text{ menit}$$

$$Q = \frac{Lh \times \{N \times (b-b_0) + b_0\} \times Fa \times 60 \times t}{N \times n \times T_s \times Fk}$$

$$= \frac{15 \times \{3 \times (2,6 - 0,3) + 0,3\} \times 0,8 \times 60 \times 0,15}{3 \times 2 \times 1,225 \times 1,2}$$

$$= 88,163 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produksi per hari

$$Q/\text{hari} = Q \times \text{jam kerja/hari}$$

$$= 88,163 \text{ m}^3/\text{jam} \times 7 \text{ jam/hari}$$

$$= 617,143 \text{ m}^3/\text{hari}$$

c. Produktivitas *Vibrator Compactor Roller*

Kapasitas produksi *vibrator compactor roller* adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{\{N \times (b - b_0) + b_0\} \times Fa \times 1000 \times t}{N \times n}$$

$$N = \frac{w}{b - b_0}$$

$$= \frac{3,5}{2 - 0,3}$$

$$= 2,059$$

$$Q = \frac{\{N \times (b - b_0) + b_0\} \times Fa \times 1000 \times t}{N \times n}$$

$$= \frac{\{3,8\} \times 0,83 \times 1000 \times 0,15}{2,059 \times 8}$$

$$= 114,894 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produksi per hari

$$Q/\text{hari} = Q \times \text{jam kerja/hari}$$

$$= 114,89 \text{ m}^3/\text{jam} \times 7 \text{ jam/hari}$$

$$= 804,27 \text{ m}^3/\text{hari}$$

d. Produktivitas *Water Tank Truck*

Kapasitas produksi *water tank truck* dengan kapasitas tangki 4000 liter adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{Pa \times Fa \times 60}{Wc \times 1000}$$

$$= \frac{100 \times 0,83 \times 60}{0,07 \times 1000}$$

$$= 71,143 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produksi per hari

$$Q/\text{hari} = Q \times \text{jam kerja/hari}$$

$$= 71,143 \text{ m}^3/\text{jam} \times 7 \text{ jam/hari}$$

$$= 498 \text{ m}^3/\text{hari}$$

e. Produktivitas *Air Compressor*

Kapasitas produksi *air compressor* adalah sebagai berikut:

$$Q = V \times Fa \times 60$$

$$= 10 \times 0,83 \times 60$$

$$= 498 \text{ m}^2/\text{jam}$$

Produksi per hari

$$Q/\text{hari} = Q \times \text{jam kerja/hari}$$

$$= 498 \text{ m}^2/\text{jam} \times 7 \text{ jam/hari}$$

$$= 3486 \text{ m}^2/\text{hari}$$

f. Produktivitas *Asphalt Distributor*

Kapasitas produksi *asphalt distributor* adalah sebagai berikut:

$$Q = Pa \times Fa \times 60$$

$$= 55 \times 0,83 \times 60$$

$$= 2739 \text{ liter/jam}$$

Produksi per hari

$$Q/\text{hari} = Q \times \text{jam kerja/hari}$$

$$= 2739 \text{ liter/jam} \times 7 \text{ jam/hari}$$

$$= 19173 \text{ liter/hari}$$

g. Produktivitas *Dump Truck*

Kapasitas produksi *dump truck* melayani produksi AMP, mengangkut AC-BC adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{v \times Fa \times 60}{D \times Ts}$$

$$Ts = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$$

$$T_1 = \frac{v \times 1000}{pm}$$

$$= \frac{8,5 \times 1000}{1000}$$

$$= 8,5 \text{ menit}$$

$$T_2 = \frac{L \times 60}{Vf}$$

$$= \frac{15 \times 60}{30}$$

$$= 30 \text{ menit}$$

$$T_3 = \frac{L \times 60}{V_R}$$

$$= \frac{15 \times 60}{50}$$

$$= 18 \text{ menit}$$

$$T_4 = 20 \text{ menit}$$

$$Ts = 8,5 + 30 + 18 + 20$$

$$= 76,5 \text{ menit}$$

$$Q = \frac{v \times Fa \times 60}{D \times Ts}$$

$$= \frac{8,5 \times 0,83 \times 60}{2,25 \times 76,5}$$

$$= 2,459 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ (gembur)}$$

Produksi per hari

$$Q/\text{hari} = Q \times \text{jam kerja/hari}$$

$$= 2,459 \text{ m}^3/\text{jam} \times 7 \text{ jam/hari}$$

$$= 17,215 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Menggunakan 10 unit *dump truck*

$$Q = Q \times \text{jumlah dump truck}$$

$$= 17,215 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10$$

$$= 172,148 \text{ m}^3/\text{hari}$$

h. Produktivitas *Asphalt Finisher*

Kapasitas produksi *asphalt finisher* adalah sebagai berikut:

$$Q = v \times b \times 60 \times Fa \times t \times D$$

$$= 5 \times 2,75 \times 60 \times 0,83 \times 0,06 \times 2,25$$

$$= 92,441 \text{ ton/jam}$$

Produksi per hari
 $Q/\text{hari} = Q \times \text{jam kerja/hari}$
 $= 92,441 \text{ ton/jam} \times 7 \text{ jam/hari}$
 $= 647,089 \text{ ton/hari}$

i. Produktivitas *Tandem Roller*
 Kapasitas produksi *tandem roller* adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{\{N \times (b - b_0) + b_0\} v \times Fa \times 1000 \times t}{N \times n}$$

$$N = \frac{w}{b - b_0}$$

$$= \frac{5,5}{1,68 - 0,3}$$

$$= 3,716$$

$$Q = \frac{\{N \times (b - b_0) + b_0\} v \times Fa \times 1000 \times t}{N \times n}$$

$$= \frac{\{5,7\} 3 \times 0,83 \times 1000 \times 0,06}{3,716 \times 4}$$

$$= 57,288 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produksi per hari
 $Q/\text{hari} = Q \times \text{jam kerja/hari}$
 $= 57,288 \text{ m}^3/\text{jam} \times 7 \text{ jam/hari}$
 $= 401,017 \text{ m}^3/\text{hari}$

j. Produktivitas *Pneumatic Tire Roller*
 Kapasitas produksi *pneumatic tire roller* adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{\{N \times (b - b_0) + b_0\} v \times Fa \times 1000 \times t}{N \times n}$$

$$N = \frac{w}{b - b_0}$$

$$= \frac{5,5}{2,29 - 0,3}$$

$$= 2,764$$

$$Q = \frac{\{N \times (b - b_0) + b_0\} v \times Fa \times 1000 \times t}{N \times n}$$

$$= \frac{\{5,8\} 3 \times 0,83 \times 1000 \times 0,06}{2,764 \times 10}$$

$$= \frac{1444,2}{27,638}$$

$$= 52,254 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produksi per hari
 $Q/\text{hari} = Q \times \text{jam kerja/hari}$
 $= 52,254 \text{ m}^3/\text{jam} \times 7 \text{ jam/hari}$
 $= 365,776 \text{ m}^3/\text{hari}$

Tabel 2. Rekapitulasi Produktivitas Alat Berat

| Uraian Pekerjaan | Nama Alat | Produktivitas | Satuan |
|-----------------------------|------------------------------|---------------|----------------------|
| LPA | <i>Dump Truck</i> | 386,352 | m ³ /hari |
| | <i>Motor Grader</i> | 617,143 | m ³ /hari |
| | <i>Vibratory Compactor</i> | 804,27 | m ³ /hari |
| | <i>Roller</i> | | |
| Lapis Resap Pengikat | <i>Water Tank</i> | 498 | m ³ /hari |
| | <i>Air Compressor</i> | 3486 | m ² /hari |
| | <i>Asphalt Distributor</i> | 19173 | liter/hari |
| AC-BC | <i>Dump Truck</i> | 172,148 | m ³ /hari |
| | <i>Asphalt Finisher</i> | 647,089 | ton/hari |
| | <i>Tandem Roller</i> | 401,017 | m ³ /hari |
| | <i>Pneumatic Tire Roller</i> | 365,776 | m ³ /hari |

3. Durasi Pekerjaan

a. Durasi Pekerjaan Lapis Pondasi Atas

$$\begin{aligned}\text{Waktu} &= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Q Dump Truck Per Hari}} \\ &= \frac{677,572 \text{ (gembur)}}{386,352} \\ &= 1,728 \text{ Hari} \approx 2 \text{ Hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Waktu} &= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Q Motor Grader Per Hari}} \\ &= \frac{556,31}{617,143} \\ &= 0,901 \text{ Hari} \approx 1 \text{ Hari}\end{aligned}$$

Menyesuaikan dengan durasi *dump truck* membawa material LPA, maka durasi waktu *motor grader* menghampar LPA ≈ 2 Hari

$$\begin{aligned}\text{Waktu} &= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Q Compact Per Hari}} \\ &= \frac{556,31}{804,27} \\ &= 0,692 \text{ Hari} \approx 1 \text{ Hari}\end{aligned}$$

Menyesuaikan dengan durasi *motor grader* menghampar LPA, maka durasi waktu *vibratory compactor roller* memadatkan LPA ≈ 2 Hari

$$\begin{aligned}\text{Waktu} &= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Q Water Tank Per Hari}} \\ &= \frac{556,31}{498} \\ &= 1,117 \text{ Hari} \approx 2 \text{ Hari}\end{aligned}$$

Sesuai dengan durasi *vibratory compactor roller* untuk memadatkan LPA ≈ 2 Hari

Berdasarkan perhitungan kapasitas produksi alat berat untuk pekerjaan Lapis Pondasi Agregat kelas A volume $556,31 \text{ m}^3$, durasi waktu yang dibutuhkan untuk menghampar dan memadatkan LPA yaitu selama 2 hari jam kerja.

b. Durasi Pekerjaan Lapis Resap Pengikat

$$\begin{aligned}\text{Waktu} &= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Q Air Compressor Per Hari}} \\ &= \frac{3793 \text{ m}^2}{3486} \\ &= 1,07 \text{ Hari} \approx 1 \text{ Hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Waktu} &= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Q Asphalt Distributor Per Hari}} \\ &= \frac{3081 \text{ liter}}{19173} \\ &= 0,16 \text{ Hari} \approx 1 \text{ Hari}\end{aligned}$$

Durasi waktu pekerjaan membersihkan permukaan LPA dan lapis resap pengikat berdasarkan perhitungan kapasitas produksi alat berat dengan volume 3081 liter, yaitu selama 1 hari jam kerja.

c. Durasi Pekerjaan Asphalt Concrete Binder Course

$$\begin{aligned}\text{Waktu} &= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Q Dump Truck Per Hari}} \\ &= \frac{278,523 \text{ (gembur)}}{172,148} \\ &= 1,618 \text{ Hari} \approx 2 \text{ Hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Waktu} &= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Q Asphalt Finisher Per Hari}} \\ &= \frac{522,23}{647,089} \\ &= 0,807 \text{ Hari} \approx 1 \text{ Hari}\end{aligned}$$

Menyesuaikan dengan durasi *dump truck* membawa material AC-BC, maka durasi waktu *asphalt finisher* menghampar AC-BC ≈ 2 Hari

$$\begin{aligned}\text{Waktu} &= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Q Tandem Per Hari}} \\ &= \frac{278,523}{401,017} \\ &= 0,695 \text{ Hari} \approx 1 \text{ Hari}\end{aligned}$$

Menyesuaikan dengan durasi *asphalt finisher* menghampar AC-BC, maka durasi waktu *tandem roller* mengerjakan pemadatan ≈ 2 Hari

$$\begin{aligned}\text{Waktu} &= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Q PTR Per Hari}} \\ &= \frac{278,523}{365,776} \\ &= 0,761 \text{ Hari} \approx 1 \text{ Hari}\end{aligned}$$

Menyesuaikan dengan durasi *asphalt finisher* menghampar AC-BC, maka durasi waktu *pneumatic tire roller* mengerjakan pemadatan ≈ 2 Hari

Durasi waktu pekerjaan *Asphalt Concrete Binder Course* berdasarkan perhitungan kapasitas produksi alat berat dengan panjang jalan 679 m, lebar 5,5 m, dan tebal 0,06 m yaitu selama 2 hari jam kerja.

Tabel 3. Rekapitulasi Durai Waktu Pekerjaan

| Uraian Pekerjaan | Durasi Waktu |
|----------------------|--------------|
| LPA | 2 Hari |
| Lapis Resap Pengikat | 1 Hari |
| AC-BC | 2 Hari |

KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan tentang produktivitas alat berat dan durasi waktu pekerjaan pada proyek rekonstruksi Jalan Rel Kota Langsa, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Produktivitas alat berat pada pekerjaan LPA pada masing-masing alat berat adalah sebagai berikut:
 - a. Pekerjaan pengangkutan material agregat kelas A menggunakan 10 unit *dump truck* kapasitas bak 8,5 ton, jarak angkut 15 km, produktivitas *dump truck* 38,635 m³/hari.
 - b. Produktivitas alat berat pekerjaan penghamparan material kelas A menggunakan *motor grader* dengan panjang jalan 679 m, lebar 5,5 m, dan tebal lapisan 0,15 m adalah 617,143 m³/hari.
 - c. Produktivitas alat berat pekerjaan pemadatan material kelas A menggunakan *vibratory compactor roller* adalah 804,270 m³/hari.
 - d. Produktivitas *water tank* pada pekerjaan pemadatan material kelas A adalah 498 m³/hari.

2. Produktivitas alat berat pada pekerjaan lapis resap pengikat pada masing-masing alat berat adalah sebagai berikut:
 - a. Produktivitas alat berat pekerjaan pembersihan permukaan LPA menggunakan *air compressor* adalah 3486 m²/hari.
 - b. Produktivitas alat berat pekerjaan lapis resap pengikat menggunakan *asphalt distributor* adalah 19173 liter/hari.
3. Produktivitas alat berat pada pekerjaan *asphalt concrete binder course* pada masing-masing alat berat adalah sebagai berikut:
 - a. Pekerjaan pengangkutan material AC-BC menggunakan 10 unit *dump truck* kapasitas bak 8,5 ton, jarak angkut 15 km, produktivitas *dump truck* 172,148 m³/hari.
 - b. Produktivitas alat berat pekerjaan pengamparan AC-BC menggunakan *asphalt finisher* dengan tebal hamparan 0,06 m adalah 647,089 ton/hari.
 - c. Produktivitas alat berat pekerjaan pemadatan awal AC-BC

- menggunakan *tandem roller* adalah 401,017 m³/hari.
- d. Produktivitas alat berat pekerjaan pemadatan antara AC-BC menggunakan *pneumatic tire roller* adalah 365,776 m³/hari.
4. Dari hasil perhitungan produktivitas alat berat, waktu yang dibutuhkan dalam pelaksanaan pekerjaan dengan alat berat adalah sebagai berikut:
- a. Waktu pekerjaan LPA adalah 2 hari.
 - b. Waktu pekerjaan lapis resap pengikat adalah 1 hari.
 - c. Waktu pekerjaan AC-BC adalah 2 hari.

UCAPAN TERIMAKASIH

Sebagai penulis, saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dinas Pekerjaan Umum Kota Langsa dan PT. Bahtera Karang Raya yang telah mengizinkan saya untuk memperoleh data yang saya butuhkan sehingga saya dapat menyusun jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Chairunnisa Amin, Khotibul Umam, A. (2022). Analisa Penggunaan Alat Berat pada Pekerjaan Galian dan Timbunan (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang – Demak Paket 2 – STA 10 + 394 – 26 + 704). *Jurnal Konstruksi Dan Infrastruktur UGJ Cirebon, Vol. X*, 87–94.
- Djoko Wilopo. (2009). Metode Konstruksi Dan Alat-Alat Berat. In *UI-PRESS*. Jakarta.
- Fihani, A., Hasyim, H., & Karyawan, I. D. M. A. (2021). Analisis Kebutuhan dan Biaya Alat Berat untuk Pekerjaan Pemadatan Lapisan Permukaan Street-Race Circuit Mandalika. *Rekonstruksi Tadulako: Civil Engineering Journal on Research and Development*, (2018), 1–8. <https://doi.org/10.22487/renstra.v2i1.223>
- Ismuhadi, A. (2020). Pemantauan Efektivitas Water Truck Dalam Melakukan Penyiraman Jalan Tambang Di PT. Amman Mineral Nusa Tenggara. *Jurnal Pertambangan Dan Lingkungan*, 1(1), 20–24.
- Novi Setiswati, D. (2013). *Dwi Novi Setiawati Begitu pula Proyek Pembangunan Pabrik*. 91–103.
- Nugraha, D., Iriana, R. T., & Djuniati, S. (2018). Analisis Biaya Dan Produktivitas Pemakaian Alat Berat Pada Kegiatan Pembangunan Jalan Akses Siak IV Pekanbaru. *Jurnal Jom Fteknik*, 5(1), 1–10.
- PUPR, K. (2011). Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 13 /Prt/M/2011 Tentang Tata Cara Pemeliharaan Dan Penilikan Jalan*, 1–28.
- PUPR, K. (2023). Permen PUPR No 1 Tahun 2022 tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. *Kementerian PUPR*, 1–18.
- Ramdhani, M. I., & Johari, G. J. (2021). Analisis Produktivitas Pemakaian Alat Berat Terhadap Biaya dan Waktu pada Pembangunan Jalan Baru Lingkar Cipanas Kabupaten Garut. *Jurnal Konstruksi*, 18(2), 62–71. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.18-2.810>
- Rostiyanti. (2008). *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi* (Edisi 2). Jakarta: PT Rineka Cipta.

KONSEP PENYELESAIAN PERMASALAHAN KELANGKAAN GAS ELPIJI 3KG DI INDONESIA DENGAN MEMANFAATKAN TEKNOLOGI INFORMASI

CONCEPT OF RESOLVING THE 3 KG LPG SHORTAGE IN INDONESIA USING INFORMATION TECHNOLOGY

Imam Muslem R^{1*}, Rizky Maulana ², Afriana ³

¹*Program Studi Informatika, Universitas Almuslim, Aceh*

²*Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Mahakarya Aceh*

³*Program Studi Administrasi Bisnis, Universitas Almuslim, Aceh*

imamtkj@gmail.com

ABSTRAK

Gas Elpiji 3 Kg merupakan bahan bakar bersubsidi yang diperuntukkan bagi masyarakat berpenghasilan rendah. Namun, praktik penyalahgunaan distribusi oleh agen dan pengecer ilegal sering menyebabkan kelangkaan, sehingga kelompok masyarakat yang berhak justru kesulitan memperoleh gas bersubsidi. Penelitian ini bertujuan mengusulkan konsep pemanfaatan teknologi informasi untuk meningkatkan transparansi dan akuntabilitas dalam distribusi Elpiji 3 Kg. Metode yang digunakan berupa studi literatur, observasi lapangan, serta analisis praktik distribusi untuk merumuskan model sistem informasi yang mampu meminimalkan potensi kecurangan. Hasil kajian menunjukkan bahwa penerapan sistem informasi berbasis komputerisasi dengan verifikasi data konsumen dapat memperbaiki pola distribusi, mengurangi manipulasi stok oleh agen, dan menjamin subsidi tepat sasaran. Kontribusi utama penelitian ini adalah menghadirkan kerangka solusi berbasis teknologi yang aplikatif bagi pemerintah dan pemangku kepentingan dalam mengatasi masalah kelangkaan gas bersubsidi.

Kata kunci: *Elpiji 3 Kg, distribusi, teknologi informasi, subsidi, sistem informasi*

ABSTRACT

The 3 Kg LPG cylinder is a subsidized fuel designated for low-income households. Nevertheless, misuse of distribution practices by agents and illegal retailers frequently leads to scarcity, thereby hindering the rightful beneficiaries from accessing the subsidized gas. This study seeks to propose an information technology-based concept to enhance transparency and accountability in the distribution of 3 Kg LPG. The research methods employed include literature review, field observation, and analysis of distribution practices to formulate an information system model capable of minimizing fraudulent activities. The findings indicate that the implementation of a computerized information system with consumer data verification can improve distribution patterns, reduce stock manipulation by agents, and ensure that subsidies are accurately targeted. The principal contribution of this research lies in presenting a practical, technology-driven solution framework for government and stakeholders to address the issue of subsidized gas scarcity.

Keywords: 3 Kg LPG, distribution, information technology, subsidy, information system

PENDAHULUAN

Subsidi Elpiji (LPG) 3 Kg merupakan kebijakan penting dalam sistem energi nasional Indonesia, yang ditujukan untuk menjaga daya beli masyarakat berpenghasilan rendah. Namun dalam pelaksanaan di lapangan, distribusi LPG 3 Kg bersubsidi sering menghadapi berbagai tantangan, seperti kelangkaan stok, distribusi yang tidak tepat sasaran, penjualan di luar wilayah target, serta manipulasi oleh agen dan pangkalan (Ardiansyah *et al.*, 2024). Penelitian di Kota Padang Panjang menemukan bahwa pengawasan distribusi oleh Dinas Perdagangan Koperasi UKM belum optimal dikarenakan kurangnya Sumber Daya Manusia (SDM), lemahnya standarisasi, dan tidak adanya Standar Operasional Prosedur (SOP) menjadi hambatan utama dalam memastikan distribusi yang adil (Melia & Mayarni, 2024).

Kelangkaan LPG 3 Kg ini juga tidak hanya terjadi di satu daerah. Evaluasi program di Surabaya memperlihatkan bahwa meskipun subsidi telah diterapkan selama bertahun-tahun, distribusi yang tidak merata dan ketidaktepatan sasaran masih terjadi (Hasanah *et al.*, 2024). Sistem distribusi LPG 3 Kg yang ada masih banyak bergantung pada mekanisme tradisional yang minim transparansi dan akuntabilitas (Kusdariyanto *et al.*, 2025). Selain itu, efisiensi logistik nasional masih menjadi persoalan besar. Biaya logistik di Indonesia mencapai sekitar 23–24% dari PDB (*Product Domestic Bruto*), jauh di atas rata-rata kawasan Asia Tenggara, yang menunjukkan bahwa sebagian besar biaya distribusi masih belum optimal dan dapat menjadi beban tambahan dalam distribusi LPG (Syifa & Tohir, 2025).

Dalam konteks demikian, teknologi informasi dapat memainkan peran

krusial dalam memperkuat distribusi LPG 3 Kg. Dengan sistem berbasis digital, pengawasan dapat dilakukan secara *real-time*, data penerima bisa diverifikasi, serta audit distribusi dapat diterapkan secara transparan. Pendekatan digital semacam ini juga telah diusulkan dalam literatur terkait subsidi dan distribusi barang bersubsidi, misalnya penggunaan kerangka *blockchain* untuk distribusi subsidi yang lebih efisien.

Berdasarkan kondisi di atas, penelitian ini bertujuan merancang sebuah model sistem distribusi LPG 3 Kg berbasis teknologi informasi yang mengintegrasikan verifikasi data konsumen, monitoring stok, dan kontrol distribusi agar distribusi subsidi menjadi lebih transparan, adil, dan efisien. Diharapkan sistem ini dapat membantu meminimalkan celah kecurangan agen, menjaga keberlanjutan pasokan, serta memastikan bahwa subsidi hanya dinikmati oleh sasaran yang tepat.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif yang dipadukan dengan metode analisis konseptual dalam merancang sistem informasi distribusi LPG 3 Kg. Subjek penelitian adalah proses distribusi LPG 3 Kg bersubsidi di Indonesia, dengan objek penelitian berupa agen, pangkalan, pengecer, serta konsumen akhir sebagai penerima subsidi.

Bahan Penelitian

Bahan penelitian terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung pada pangkalan LPG 3 Kg dan wawancara dengan konsumen serta agen distribusi. Data sekunder diperoleh dari dokumen resmi pemerintah, laporan

Pertamina, serta literatur ilmiah yang relevan terkait distribusi LPG bersubsidi.

Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui tiga teknik utama:

1. Observasi lapangan: untuk mencatat pola distribusi, harga jual, serta fenomena kelangkaan di beberapa daerah.
2. Wawancara mendalam: dengan agen pangkalan, pengecer, dan konsumen guna mengidentifikasi praktik distribusi dan potensi kecurangan.
3. Studi literatur: dengan menelaah jurnal, laporan penelitian, dan kebijakan pemerintah terkait subsidi energi, distribusi LPG, serta penerapan teknologi informasi dalam rantai pasok.

Pengembangan Instrumen

Instrumen penelitian berupa panduan wawancara semi-terstruktur dan lembar observasi. Instrumen ini digunakan untuk mengidentifikasi faktor penyebab kelangkaan serta kebutuhan sistem informasi distribusi yang transparan.

Teknik Analisis Data

Analisis dilakukan melalui tiga tahap:

1. Reduksi data untuk mengidentifikasi pola distribusi LPG 3 Kg dan potensi kecurangan dalam jalur distribusi.
2. Analisis deskriptif untuk memetakan permasalahan yang ada pada distribusi LPG bersubsidi.
3. Perancangan konsep sistem informasi menggunakan pendekatan *Supply Chain Management* (SCM) berbasis teknologi informasi. Konsep sistem digambarkan melalui diagram alur, diagram konteks, dan rancangan entitas untuk memudahkan implementasi teknis.

Validasi

Validasi konsep dilakukan melalui *expert judgment* dengan melibatkan dosen bidang sistem informasi dan praktisi energi di daerah. Hal ini bertujuan untuk memastikan rancangan sistem sesuai dengan kebutuhan distribusi serta dapat diimplementasikan di lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Temuan Distribusi LPG 3 Kg dan Permasalahan Utama

Hasil observasi lapangan dan wawancara mendalam dengan agen, pangkalan, serta konsumen di beberapa kota menunjukkan beberapa pola masalah berikut:

1. Harga eceran melebihi HET (Harga Eceran Tertinggi) secara signifikan terjadi di sebagian pangkalan yang berada di daerah terpencil. Konsumen melaporkan bahwa meskipun HET ditetapkan pemerintah, agen di daerah tertentu tetap menjual lebih tinggi karena keterbatasan suplai atau manipulasi stok.
2. Kelangkaan stok reguler di pangkalan resmi sering terjadi, terutama saat musim tertentu atau permintaan tinggi, dan gas bersubsidi tersebut kadang muncul lebih dulu di pengecer ilegal.
3. Pemanfaatan subsidi oleh rumah tangga tidak berhak ditemukan dari laporan konsumen dan agen. Beberapa konsumen yang tidak tergolong miskin tetap mampu membeli tabung 3 Kg melalui agen tertentu. Ini selaras dengan temuan penelitian di Jawa Barat bahwa kebijakan subsidi LPG 3 Kg belum sepenuhnya tepat sasaran (*Satia et al.*, 2025).
4. Lemahnya pengawasan dan digitalisasi di pangkalan dan agen; sebagian agen tidak menggunakan

sistem EDC atau verifikasi digital secara konsisten, sehingga memungkinkan manipulasi distribusi.

Berdasarkan temuan tersebut, masalah distribusi LPG 3 Kg bukan sekadar masalah jumlah suplai, tetapi juga kelemahan aspek manajemen distribusi—terutama transparansi, kontrol data konsumen, dan pemantauan stok.

Berdasarkan hasil observasi, wawancara dan studi literatur yang dilakukan, didapatkan kesimpulan terkait pola dan proses distribusi gas elpiji 3Kg yang selama ini diterapkan di lapangan. Adapun proses distribusi dapat dilihat pada gambar.

Keterangan:

1. LPG FP / SPPBE adalah Stasiun Pengisian dan Pengangkutan Bulk Elpiji yang bertindak sebagai pihak yang melakukan pengisian bahan bakar gas ke dalam tabung elpiji 3Kg. SPPBE berperan sebagai pihak yang berhak menerima gas dari kilang dan lapangan gas yang kemudian melakukan pengisian ke dalam tabung elpiji 3 Kg sebelum diangkut oleh agen penyalur.
2. Agen Elpiji 3Kg adalah unit bisnis yang berbadan hukum yang bertugas melakukan refill tabung elpiji 3 Kg ke SPPBE melalui mekanisme loading order. Agen juga berfungsi untuk mendistribusikan bulk elpiji 3 Kg kepada sub agen dan konsumen secara langsung.
3. Pangkalan adalah pihak yang mendapatkan distribusi gas dari pihak agen penyalur. Pangkalan dalam kasus ini juga disebut sebagai

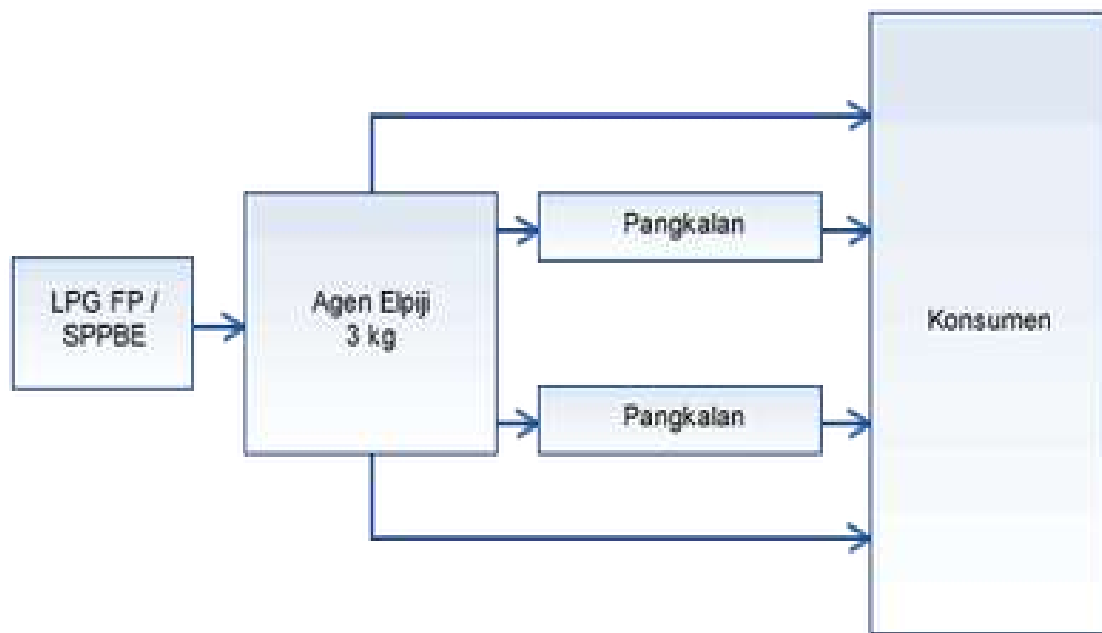
pengecer gas elpiji 3Kg atau penjual langsung kepada konsumen.

4. Konsumen adalah pihak yang berhak menggunakan gas elpiji 3 Kg, dalam hal ini adalah masyarakat miskin dan Usaha Kecil Menengah.

Gambar 1 menunjukkan bahwa gas elpiji diangkut dari SPPBE oleh agen penyalur. Gas elpiji yang telah diangkut dan di pasok ke dalam gudang agen penyalur, dapat disalurkan kembali baik kepada pangkalan (pengecer) maupun disalurkan langsung kepada konsumen. Dalam proses distribusi, agen penyalur melakukan transaksi dengan SPPBE dengan cara melakukan refill tabung elpiji 3 Kg. Agen membawa sejumlah tabung elpiji 3 Kg kosong dengan menggunakan truk khusus untuk ditukarkan dengan tabung elpiji 3 Kg yang sudah di isi oleh pihak SPPBE dengan menggunakan mekanisme loading order. Disamping itu, agen juga dapat melakukan pembelian tabung perdana kepada pihak SPPBE. Setelah agen mendapatkan tabung gas elpiji yang telah terisi, selanjutnya agen melakukan penyaluran kepada sub agen, pangkalan, pengecer resmi yang terdaftar, dan juga dapat disalurkan langsung kepada konsumen atau masyarakat yang berhak menerima gas bersubsidi tersebut.

Pembahasan Konsep Sistem Informasi Usulan

Untuk merespon permasalahan tersebut, konsep sistem distribusi berbasis teknologi informasi yang diusulkan abang terdiri dari beberapa komponen inti:



Gambar 1. Alur Distribusi Gas Elpiji 3 Kg

1. Verifikasi identitas konsumen (by name by address) menggunakan NIK/DTKS untuk memastikan hanya warga berhak yang dapat membeli subsidi LPG. Sistem ini membatasi akses agen agar tidak melayani pembeli yang tidak terdaftar.
2. Monitoring stok real-time dari pangkalan ke agen sampai tingkat pengecer, dengan dashboard kendali pusat untuk memantau pergerakan tabung.
3. Rantai distribusi digital tercatat (audit trail) yang menyimpan jejak transaksi (siapa, kapan, di mana), sehingga potensi manipulasi bisa diaudit dan dicegah.
4. Algoritma alokasi dinamis berdasarkan permintaan, jarak distribusi, dan kondisi geografis agar tabung dialokasikan secara efisien dan adil.
5. Laporan dan notifikasi otomatis ke stakeholder (pemerintah daerah, pengawas, konsumen) jika terjadi

penyimpangan (misalnya penjualan di luar wilayah, stok berlebih, dan agen nonaktif).

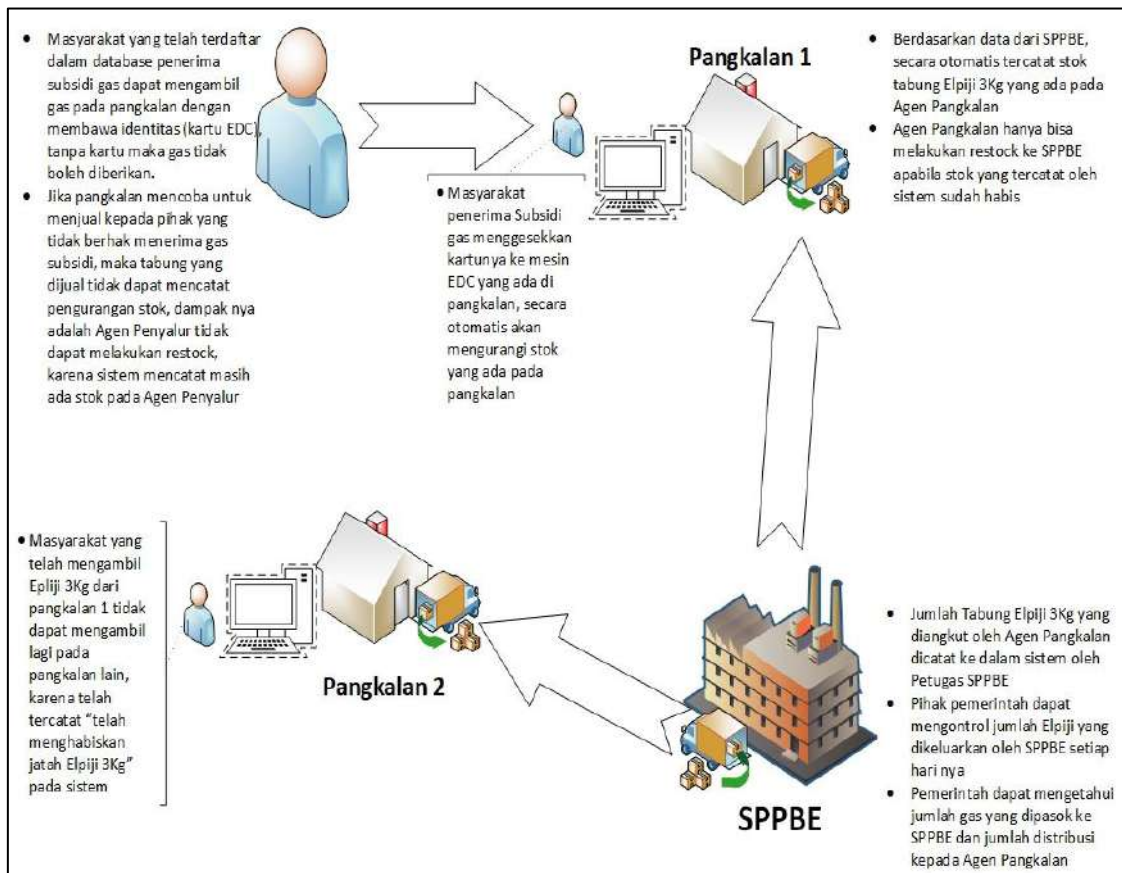
Konsep ini sejalan dengan temuan penelitian tentang pentingnya digitalisasi distribusi untuk meningkatkan keadilan subsidi LPG (Muharram *et al.*, 2025).

Pada proses distribusi, bulk elpiji yang sudah diisi oleh SPPBE akan diangkut oleh agen penyalur dan kemudian disalurkan kepada sub agen dan konsumen. Secara teori, manajemen konsep distribusi ini sudah bagus walaupun sederhana. Akan tetapi dalam pelaksanaannya, masih terdapat kecurangan yang menyebabkan proses distribusi tersebut menjadi tidak tertata sehingga menyebabkan kelangkaan stok. Berdasarkan observasi di lapangan, faktor utama penyebab kelangkaan adalah kecurangan agen yang melakukan penjualan elpiji 3 Kg kepada pengecer dan penjual yang tidak resmi. Tabung elpiji 3 Kg yang sudah diisi dari SPPBE di datangkan secara diam-diam oleh agen dan langsung di timbun ke dalam

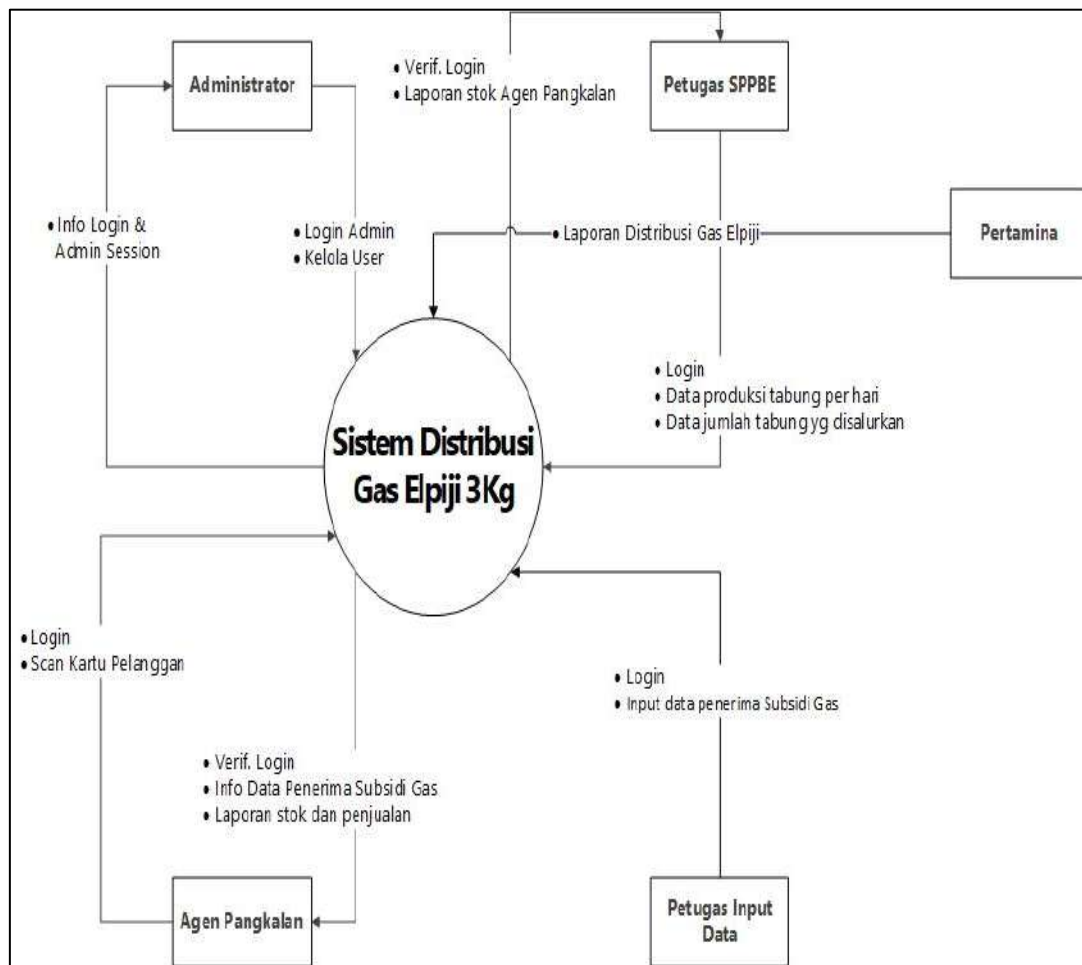
gudang. Disaat konsumen dan pengecer (sub agen) resmi datang melakukan pembelian kepada agen, maka agen menyatakan bahwa stok sudah habis (tidak tersedia). Elpiji 3 Kg yang ditimbun di dalam gudang agen penyalur, akan di jual kepada pengecer dan penjual tidak resmi. Hal ini dilakukan oleh agen penyalur dikarenakan apabila dijual kepada sub agen, maka sudah pasti harga harus mengikuti peraturan dan harus di bawah HET. Apabila elpiji 3 Kg dijual langsung kepada konsumen (masyarakat), maka sudah pasti harga harus sesuai dengan HET yaitu Rp. 18,000. akan tetapi, dikarenakan keuntungan yang lebih, agen melakukan penjualan kepada pedagang tidak resmi. Agen dapat menetapkan harga jual kepada pedagang tidak resmi yaitu mulai dari Rp. 20,000 sampai dengan Rp. 22,000. Dengan

keuntungan yang lebih besar dan waktu penjualan yang singkat, tentu cara ini menjadi cara favorit yang digunakan oleh para agen penyalur elpiji 3 Kg.

Berdasarkan uraian masalah diatas, maka diusulkan konsep baru untuk pemecahan masalah kelangkaan elpiji 3 Kg. Konsep yang diusulkan yaitu dengan menggunakan teknologi informasi komputer dalam bentuk sistem informasi yang mampu mengatur proses distribusi gas elpiji 3 Kg. Dalam usulan konsep ini harus dilakukan kalkulasi terlebih dahulu terkait dengan data penggunaan gas elpiji di indonesia. Data ini dimaksudkan untuk menghitung secara kasar jumlah kuota tabung gas per hari yang harus tersedia di tingkat kabupaten/kota yang ada di indonesia.



Gambar 2. Konsep Sistem Distribusi yang diusulkan



Gambar 3. Diagram Konteks Sistem yang diusulkan

Gambar 2 menjelaskan konsep distribusi yang diusulkan dengan menerapkan teknologi informasi, dimana sistem ini mampu mengontrol stok dan kuota untuk masyarakat dengan bantuan teknologi informasi. Sementara pada gambar 3 menunjukkan entitas yang terlibat langsung dalam sistem distribusi, yang nantinya memudahkan pemerintah dalam memantau kecurangan sehingga pemerintah dapat mengambil kebijakan sanksi untuk setiap agen atau pengkalan yang terbukti melakukan kecurangan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kelangkaan LPG 3 Kg bersubsidi di Indonesia bukan hanya dipengaruhi oleh

jumlah pasokan, tetapi juga oleh lemahnya mekanisme distribusi, kurangnya transparansi, serta praktik manipulasi yang dilakukan oleh agen dan pengecer. Upaya pemerintah melalui program subsidi belum sepenuhnya mampu menjamin distribusi yang adil, karena masih terdapat celah yang memungkinkan konsumen tidak berhak memperoleh LPG bersubsidi.

Sebagai respon terhadap permasalahan tersebut, penelitian ini menawarkan konsep sistem informasi distribusi berbasis teknologi informasi yang mengintegrasikan verifikasi data konsumen, monitoring stok secara real time, serta pencatatan transaksi digital yang dapat diaudit. Sistem ini diharapkan mampu meningkatkan

transparansi, memperkecil peluang penyalahgunaan, dan memastikan subsidi tepat sasaran.

Dengan implementasi sistem ini, diharapkan kelangkaan LPG 3 Kg dapat diminimalisasi, masyarakat berpenghasilan rendah memperoleh haknya secara adil, serta pemerintah memiliki instrumen pengawasan yang lebih kuat. Ke depan, pengembangan sistem perlu didukung oleh infrastruktur digital yang memadai, kebijakan pengawasan yang tegas, serta partisipasi aktif seluruh pemangku kepentingan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang terlibat dalam penelitian ini, baik secara langsung maupun tidak langsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, A., Rahmatiar, Y., Abas, M., Buana, U., & Karawang, P. (2024). Effectiveness Of The Distribution of 3 KG Liquefied Petroleum Gas 2019. *Jurnal Dusturiyah*, 14(2). doi:10.22373
- Hasanah, U., Kusumawati, A., Author, C., & Hasanah uswatun, U. (2024). Evaluation of the LPG 3 Kg Subsidy Program: how far has it Reached the Poor? *Journal of Finance and Business Digital (JFBD)*, 3(4), 533–542. doi:10.55927/jfbd.v3i4.12724
- Kusdariyanto, S., Wijayanti, E., & Chamid, A. A. (2025). Sistem Informasi Distribusi LPG 3 Kg Pada PT Explorindo Solusi Gasindo Kudus Berbasis Website. *CICES (Cyberpreneurship Innovative and Creative Exact and Social Science)*, 11(2). doi:10.33050/cices.v11i2.3621
- Melia Hendra, & Mayarni Mayarni. (2024). Pengawasan Pendistribusian Gas Lpg 3 Kg Oleh Dinas Perdagangan, Koperasi, Usaha Kecil dan Menengah Kota Padang Panjang. *Konstitusi : Jurnal Hukum, Administrasi Publik, Dan Ilmu Komunikasi*, 1(4), 210–220. doi:10.62383/konstitusi.v1i4.202
- Muharram, R. S., Rusli, B., Karlina, N., & Candradewini. (2025). Gas Subsidi untuk Siapa? Analisis Ekonomi Publik atas Efisiensi dan Pemerataan Subsidi LPG 3 Kg di Jawa Barat. *Jurnal Ekonomi Bisnis, Manajemen Dan Akuntansi (Jebma)*. doi:10.47709/jebma.v5n1.5795
- Satia Muharam, R., Rusli, B., Karlina, N., Candradewini, C., Studi Administrasi Keuangan Publik, P., & Vokasi, S. (2025). SOSMANIORA (Jurnal Ilmu Sosial dan Humaniora) Kebijakan Energi untuk Rakyat: Subsidi LPG 3 Kg dan Tantangannya di Jawa Barat. *SOSMANIORA (Jurnal Ilmu Sosial Dan Humaniora)*, 4(3), 562–573. doi:10.55123/sosmaniora.v4i3.5070
- Syifa, G. A., & Tohir, M. (2025). Analysis of Logistics Cost Efficiency in Indonesia's Transportation System. *Siber Journal of Transportation and Logistic (SJTL)*, 3(2). doi:10.38035/sjtl.v3i2

UCAPKAN TERIMA KASIH

Dewan redaksi Jurnal Jambo Digitech mengucapkan terima kasih kepada tim reviewer serta pihak pihak terkait yang telah mendukung dan membantu serangkaian proses sehingga jurnal ini dapat diterbitkan.

Terima kasih kami sampaikan kepada:

Dr. Ir. Rizal Munadi, M.M., M.T.

Syafi'I, S.E., M. Si

Prof. Dr. Ir. Yuswaldi Away, M. Sc

Prof. Ir. Paulus Insap Santosa, M.Sc., Ph. D., IPU.

Prof. Iwan Syarif, S. Kom., M. Sc., Ph. D

Prof. Heru Suhartanto, Drs., M. Sc., Ph. D.

Prof. Dr. Maman Abdurohman, S.T., M. T.

Dr. Puji Astuti, S. Kep., Ns., M. Sc.

Ns. Ferdi Riansyah, S. Tr. Kep., M.K.M

Delina Desky, A.Md. Kep.

Farrasa Rani Faisyal, S. Kom.

Anni Fazlina, S. Pd I., M. Pd

Nanda Nora Farica, S.P., M. Si.

Reza Amanda Putra, S.H.

Marisa Nabila, S.IP.

Kadri, S. Pd.

Fitia Larasati, S.T.

Aqmal, A. Md. Kom.



Sekretariat:
Kantor LLDikti Wilayah XIII
Jalan Alue Naga, Desa Tibang,
Kecamatan Syiah Kuala, Banda Aceh

ISSN 3046-4862