

# Optimalisasi Proses Data Warehouse Melalui Business Process Optimization (BPO) Untuk Meningkatkan Efisiensi Pengambilan Keputusan

Fajar Ciputra Daeng Bani<sup>1\*</sup>, Agus Wahyudin<sup>2</sup>, Bayu Prabowo Sutjiatmo<sup>3</sup>, Intan Maria Lewiayu Vierke<sup>4</sup>, Avia Enggar Tyasti<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Program Studi Perdagangan Internasional Wilayah ASEAN dan RRT, Politeknik APP Jakarta, Jakarta Selatan, DKI Jakarta

Email: <sup>1\*</sup>daengbani@poltekapp.ac.id, <sup>2</sup>agus.wahyudin@poltekapp.ac.id, <sup>3</sup>bayu.prabowo@poltekapp.ac.id, <sup>4</sup>intan@kemenperin.go.id, <sup>5</sup>aviaenggar@kemenperin.go.id

(Naskah masuk: 27 Jun 2024, direvisi: 3 Sep 2024, diterima: 9 Sep 2024)

## Abstrak

Proses pengambilan keputusan yang cepat dan tepat merupakan kebutuhan utama dalam lingkungan bisnis yang dinamis. Namun, banyak perusahaan *freight forwarder* menghadapi permasalahan dalam efisiensi pengambilan keputusan karena ketidaksempurnaan proses pengolahan data di dalam *data warehouse*. Untuk mengatasi permasalahan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan proses *Data Warehouse* (DWH) guna meningkatkan produktivitas dalam pengambilan keputusan di perusahaan *freight forwarder* di Indonesia. Dalam konteks lingkungan bisnis yang semakin kompleks dan dinamis, kebutuhan akan informasi yang tepat waktu dan akurat sangat penting untuk mendukung pengambilan keputusan yang efektif. DWH telah menjadi solusi populer untuk mengintegrasikan dan menganalisis data dari berbagai sumber guna mendukung proses pengambilan keputusan. *Business Process Optimization* (BPO) diterapkan untuk menganalisis dan merancang ulang proses bisnis yang terkait dengan pengolahan data, sehingga meningkatkan efisiensi dan akurasi pengolahan data dalam DWH. Dalam penelitian ini, digunakan model optimasi yang dirancang untuk memaksimalkan efisiensi proses ETL dan meningkatkan kinerja sistem *Online Analytical Processing* (OLAP) serta *Online Transaction Processing* (OLTP). Metode-metode ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas dan kecepatan pengambilan keputusan, serta efisiensi operasional perusahaan *freight forwarder*. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan produktivitas dan daya saing bagi perusahaan di industri logistik.

**Kata Kunci:** *Data Warehouse, ETL, Business Process Optimization.*

## *Optimizing Data Warehouse Processes Through Business Process Optimization (BPO) to Enhancing Decision-Making Efficiency*

### *Abstract*

*The ability to make quick and accurate decisions is a primary necessity in a dynamic business environment. However, many freight forwarder companies face challenges in decision-making efficiency due to imperfections in the data processing within their data warehouses. To address these issues, this study aims to optimize the Data Warehouse (DWH) processes to enhance decision-making productivity in freight forwarder companies in Indonesia. In the context of an increasingly complex and dynamic business environment, the need for timely and accurate information is crucial to support effective decision-making. DWH has become a popular solution for integrating and analyzing data from various sources to support decision-making processes. Business Process Optimization (BPO) is applied to analyze and redesign the business processes related to data processing, thereby improving the efficiency and accuracy of data processing in the DWH. This study employs an optimization model designed to maximize the efficiency of the ETL process and enhance the performance of Online Analytical Processing (OLAP) and Online Transaction Processing (OLTP) systems. These methods are expected to improve the quality and speed of decision-making, as well as the operational efficiency of freight forwarder companies. The results of this study are expected to provide productivity gains and competitive advantages for companies in the logistics industry.*

**Keywords:** *Data Warehouse, ETL, Business Process Optimization.*

I. PENDAHULUAN

Industri logistik di Indonesia telah menjadi salah satu sektor dengan pertumbuhan tercepat dalam beberapa tahun terakhir. Logistik kini telah menjadi pilihan pertama bagi bisnis untuk meningkatkan fleksibilitas dan kecepatan distribusi dan layanan [1]. McKinsey melakukan survei lebih dari 80 organisasi global besar di beberapa industri untuk mempelajari lebih lanjut tentang bagaimana cara mengatur, menggunakan, dan memantapkan data master [2]. Hasil ini menunjukkan bahwa data dikelola dengan baik sangat penting untuk membuat keputusan bisnis yang cepat dan tepat.

Untuk mempertahankan keunggulan kompetitif, organisasi perlu mengantisipasi pergerakan ini untuk dapat mempertahankan pelayanan bisnis yang baik dan menyediakan data atau laporan dengan cepat [3]. Teknologi Data Warehouse (DWH) mempermudah untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan dengan mengumpulkan data sumbernya kemudian diolah untuk dimanfaatkan untuk kebutuhan dimasa yang akan datang [4]. Namun, untuk memanfaatkan potensi penuh dari DWH, proses pengelolaannya harus dioptimalkan. Business Process Optimization (BPO) berperan penting dalam analisis sistematis, meninjau, dan meningkatkan proses bisnis yang ada, sehingga dapat mencapai hasil yang lebih efisien dan efektif.

Penelitian sebelumnya tentang optimalisasi proses DWH menggunakan metode BPO telah memberikan wawasan berharga berbagai sektor, termasuk logistik [5][6][7][8]. Hasil dari penelitian-penelitian ini menunjukkan bagaimana optimalisasi proses dapat meningkatkan produktivitas dalam pengambilan keputusan dan mendorong kinerja operasional yang lebih baik. Namun, masih ada tantangan signifikan yang dihadapi oleh industri logistik di Indonesia dalam mengoptimalkan proses DWH.

Solusi inovatif dan efektif diharapkan dapat ditemukan untuk mengatasi tantangan dalam mengoptimalkan proses DWH bagi industri logistik di Indonesia. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan praktis bagi perusahaan untuk meningkatkan pengambilan keputusan, dapat mengoptimalkan efisiensi pada proses operasional, dan mencapai kesuksesan jangka panjang dalam industri logistik semakin dinamis.

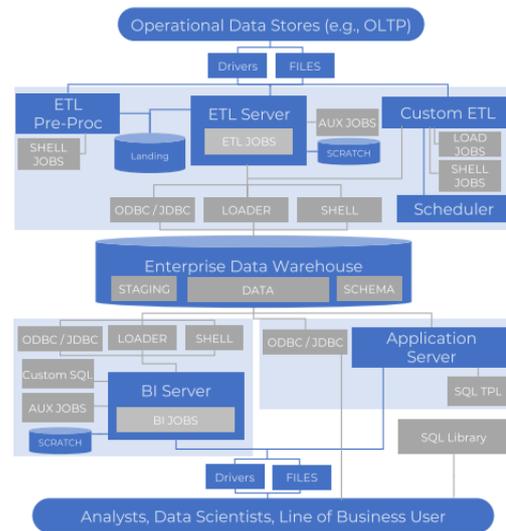
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Data Warehouse (DWH)

Data warehouse dapat dijelaskan sebagai basis data besar yang terdiri dari jutaan, atau miliaran catatan data yang dirancang untuk mendukung pengambilan keputusan perusahaan [7]. Jumlah besar, kecepatan tinggi, dan berbagai macam sumber data membutuhkan metode persiapan kontemporer untuk meningkatkan pemahaman, pengambilan keputusan, dan optimasi manajemen [9].

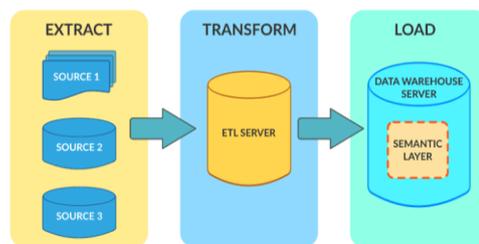
Dalam proses DWH, berbagai jenis sistem pemrosesan data digunakan untuk tujuan berbeda. Beberapa sistem pemrosesan data ini mencakup Online Analytical Processing (OLAP) dan Online Transaction Processing (OLTP). OLAP menganalisis data bisnis dan memberikan informasi berguna

untuk pengambilan keputusan bisnis, sedangkan OLTP memiliki model data relasional. Evaluasi kueri OLAP yang kompleks terdiri dari korelasi agregat yang mengoptimalkan (i) sinkronisasi lalu lintas dan (ii) upaya pemrosesan kueri di situs dan koordinator lokal [10]. Baik database OLTP maupun OLAP dapat menggunakan server bahasa query seperti SQL, IBM DB2, PostgreSQL, MySQL, dan lain-lain. Skema tabel untuk database OLTP biasanya dinormalisasi, sedangkan database OLAP menggunakan skema bintang atau kepingan salju [11]. Gambar 1 adalah diagram enterprise DWH pada perusahaan [12].



Gambar 1. Enterprise Data Warehouse

Alat dan aplikasi ETL mendukung injeksi SQL yang disesuaikan ke dalam saluran data dengan sejumlah besar SQL lama yang tersebar di hampir seluruh proses bisnis [12]. Data diekstraksi, diubah, dan dimuat melalui serangkaian tahapan logis. Tahapan-tahapan ini diintegrasikan ke dalam proses yang dikenal sebagai ETL. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Ilustrasi ETL

Proses ETL dengan mengumpulkan data dari berbagai sumber dan jenis, menyiapkannya, dan memberikan masukan [13]. Proses ETL memastikan pemuatan dan pembaruan data ke dalam gudang data melalui proses ETL (Extract, Transform, Load), data ditransfer ke Data Warehouse [14]. Manajemen data, proses, biaya penyimpanan data/cluster, dan keamanan data adalah masalah dalam menangani data yang

disimpan di perangkat penyimpanan. Untuk membersihkan data, menghilangkan nilai nol, mengganti atribut yang tidak ada, dan sebagainya, proses ETL diperlukan [15]. Dalam studi ini, penggunaan DWH menjadi penting dalam mendukung proses pengambilan keputusan berdasarkan data yang kuat.

**B. Business Process Optimization (BPO)**

Proses bisnis saling mengkoordinasikan hasil kegiatan, tujuan bisnis, dan hubungan dengan pelanggan dan peserta lain dalam ekosistem perusahaan [16]. Sebelumnya, pada proses BPO yang tidak efisien disebabkan dari waktu pemrosesan yang lama karena *bottleneck* di beberapa titik proses dan pengambilan keputusan lambat karena data tidak tersedia secara *real-time*. Kemudian setelah menggunakan BPO waktu pemrosesan berkurang karena eliminasi *bottleneck* dan peningkatan alur kerja serta pengambilan keputusan lebih cepat karena akses data secara *real-time*.

Dalam mengoptimalkan proses DWH perlu ditentukan tahapan-tahapannya:

1. *Index database* digunakan untuk mengidentifikasi nilai kolom dalam tabel tertentu karena tanpanya dengan cepat; *database* harus mencari dari tabel baris pertama hingga terakhir, yang akan memakan waktu lama [17]. Dengan memilih kolom yang akan digunakan, jenis indeks yang akan digunakan (*cluster* atau *non-cluster*), memilih indeks yang tepat, dan menetapkan skema penempatan grup *file* atau partisi.
2. Metode pengumpulan data apa pun yang akan digunakan untuk mempartisi hasil pengumpulan. Partisi tabel untuk meningkatkan kinerja kueri dan kemudahan pengelolaan termasuk Operator Boolean, logika dan aritmatika, dan konversi tipe data [18].
3. Normalisasi/Denormalisasi: Seimbangkan antara struktur yang dinormalisasi dan yang dinormalisasi berdasarkan kebutuhan kueri.
4. Otomatisasi dan Penjadwalan: Otomatisasi tugas berulang menggunakan alat penjadwalan dan skrip.
5. Optimasi Kueri: Tinjau dan optimalkan kueri SQL secara teratur.

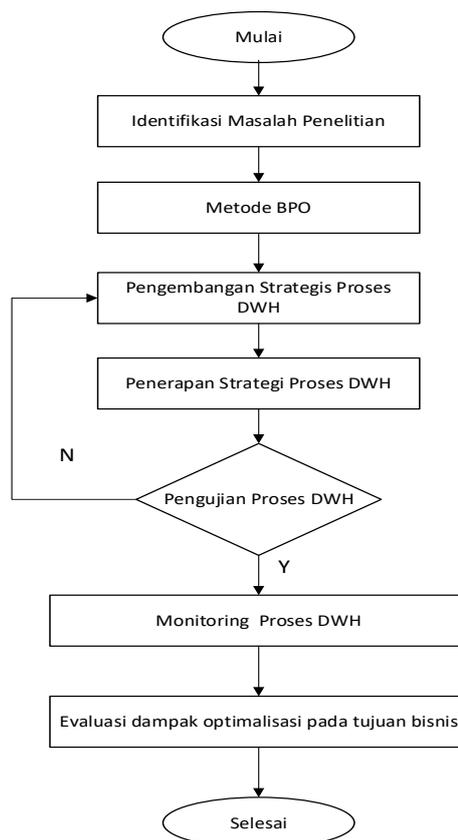
**C. State of Art**

Beberapa penelitian terkait optimalisasi proses data *warehouse*. Penelitian ini juga meliputi proses ETL yang data diekstraksi, diubah, dan dimuat melalui serangkaian tahapan yang logis diintegrasikan ke dalam suatu proses [5]. Penelitian ini mengembangkan kerangka kerja untuk mengevaluasi kueri OLAP yang kompleks pada DWH didistribusikan, arsitektur OLAP yang didistribusikan, koordinator mengelola, mengumpulkan, dan mengkorelasi hasil agregat dari situs gudang yang terdistribusi [10]. Penelitian dari yang sebagian besar sistem manajemen database digunakan dalam organisasi dirancang untuk pemrosesan OLTP, yang secara langsung menjawab pertanyaan tetapi tidak memenuhi kebutuhan spesifik pembuat keputusan tingkat eksekutif, seperti apa-apa dan apa-nanti jenis *query* [6]. Penelitian ini menjelaskan sebagai basis data besar yang mencakup jutaan, atau miliaran, catatan data yang dirancang untuk mendukung pengambilan keputusan perusahaan [7]. Penelitian membahas tentang

analisis data lanjutan pada pengambilan keputusan, alokasi sumber daya, dan *streamlining* proses [8]. Sebagai organisasi semakin memanfaatkan data sebagai aset strategis, analisis data canggih muncul sebagai imperatif untuk mencapai efisiensi proses bisnis, pengurangan biaya, dan pertumbuhan berkelanjutan.

**III. METODE PENELITIAN**

BPO merupakan strategi penting bagi organisasi yang mencari untuk menyederhanakan operasi, meningkatkan efisiensi, dan mendapatkan keunggulan kompetitif dalam lanskap bisnis yang pesat dan berbasis data saat ini [8]. *Flowchart* merupakan representasi aliran yang kompak yang membantu pengguna dalam mengeksplorasi struktur model yang kompleks secara interaktif [19]. Gambar 3 merupakan *flowchart* penelitian ini.



Gambar 3. *Flowchart*

**A. Identifikasi Masalah Penelitian**

Optimalisasi DWH bertujuan untuk mempercepat proses mengakses dan menganalisis data, mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan wawasan dan membuat keputusan yang tepat. Dengan mengoptimalkan proses penyimpanan data, ekstraksi, dan transformasi data, DWH dapat meningkatkan kualitas dan integritas data yang lebih tinggi, dengan meminimalkan kesalahan dan ketidaksesuaian.

Analisis proses saat ini dalam DWH mengevaluasi prosedur dan alur kerja yang ada untuk mengidentifikasi

kekuatan, kelemahan, dan area untuk perbaikan. Memeriksa bagaimana data mengalir ke, di dalam, dan keluar dari DWH, termasuk proses pengumpulan, penyimpanan, transformasi, dan penyebaran data. Mengevaluasi efisiensi dan efektivitas proses saat ini dalam hal kecepatan pengolahan data, akurasi, skalabilitas, dan penggunaan sumber daya.

**B. Model BPO**

Metodologi BPO dapat menyederhanakan proses integrasi data dan analisis dalam DWH. Proses sebelum optimalisasi BPO dengan berbagai inefisiensi, seperti langkah-langkah yang redundan atau tidak perlu, *bottleneck* yang menghambat alur kerja, serta tingkat kesalahan yang tinggi, khususnya dalam proses ETL yang dapat menyebabkan data yang tidak akurat. Selain itu, data yang tersebar di berbagai sistem tanpa integrasi memadai membuat pengambilan keputusan menjadi lambat karena data tidak tersedia secara *real-time*.

Setelah BPO diterapkan, langkah-langkah yang tidak perlu dihilangkan, *bottleneck* berhasil diatasi, dan alur kerja ditingkatkan, menghasilkan waktu pemrosesan yang lebih singkat dan biaya operasional yang lebih rendah. Selain itu, perbaikan pada proses ETL meningkatkan akurasi data, dan integrasi data yang lebih baik memberikan pandangan yang lebih komprehensif serta analisis yang lebih cepat dan akurat.

**C. Pengembangan Strategis Proses DWH**

Dalam metode penelitian ini bersifat konseptual yang merupakan implementasi nyata dengan analisis, perancangan, dan pengujian sistem DWH. Tahapan-tahapan yang konkret, seperti dokumentasi arsitektur teknis, panduan instalasi dan konfigurasi, desain yang mendetail termasuk aspek *customization* dan laporan, serta desain antarmuka. Langkah-langkah yang dirancang untuk memastikan bahwa DWH tidak hanya memenuhi kebutuhan saat ini.

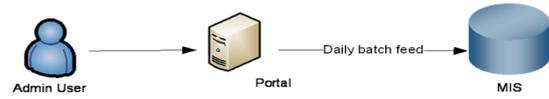
i. *Data flow mapping* dapat menguraikan aliran data dalam DWH, mulai dari pengumpulan data seperti catatan pengiriman dan data pelacakan, dan memperluas ke penyimpanan data, transformasi, dan pelaporan. Gambar 4 adalah aliran data tingkat tinggi.



Gambar 4. Data Flow

ii. Identifikasi pada sumber data dengan cara mengidentifikasi semua sumber data yang memasuki DWH, termasuk sistem internal seperti GIS, ERP, PRM dan CRM, serta sumber

eksternal seperti sistem mitra dan perangkat IoT (Gambar 5).



Gambar 5. Daily Batch Feed

iii. Proses transformasi dapat mendokumentasikan bagaimana data mentah diproses dan diubah menjadi format yang dapat digunakan untuk analisis dan pelaporan, termasuk semua proses ETL (*Extract, Transform, Load*) yang terlibat. Data yang disediakan oleh MIS dalam file harus diimpor ke *database* GIS secara teratur (Gambar 6). Data yang tersedia dalam *database* GIS adalah data hari -1.



Gambar 6. Proses Transformasi Data

iv. *Mapping rules* dalam konteks data Proses DWH adalah pedoman atau instruksi penting yang digunakan untuk mendefinisikan bagaimana data dari berbagai sumber harus diubah, dibersihkan, dan dimuat ke dalam proses DWH (Tabel 1).

Tabel 1. Mapping Rules

Target Column Name	Source Column Name	Mapping Rule
ACCOUNT_NUM	CUSTOMER_NO ODE_HISTORY. PRIMARY_IDE NTIFIER	Straight Move
CUSTOMER_REF	PERSON_HIST ORY.PRIMARY_ IDENTIFIER	Straight Move
ACCOUNT_ID	ACCOUNT.ACC OUNT_NAME	Straight Move. Pick accounts for Prepaid and Secondary account types.
ACCOUNT ACCOUNT_TYPE	ACCOUNT.ACC OUNT_NAME E.ACCOUNT_T YPE	Set 'Main Account' When ACCOUNT_TYPE = 'Prepaid' Set 'On-net Secondary' for ACCOUNT_TYPE = 'Secondary' and when ACCOUNT_NAME starts with '1' Set 'Off-net Secondary' for ACCOUNT_TYPE = 'Secondary' and when ACCOUNT_NAME starts with '2'

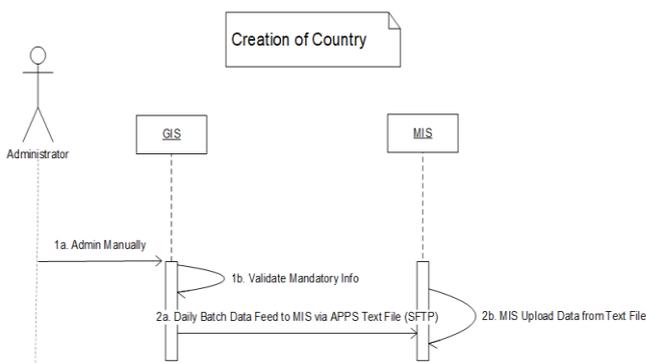
<<For all columns: Typecast between data-types if required>> <<For all not NULL columns: Populate the default values>>

<<For INTEC columns with *\_HISTORY* suffix, select active row if needed; by filtering 'sysdate between EFFECTIVE\_START\_DATE and EFFECTIVE\_END\_DATE>>

v. Logika Algoritma, di bawah ini merupakan logika algoritma:

- Mengekstraksi versi terbaru *CUSTOMER\_NODE\_HISTORY* record dengan memastikan *EFFECTIVE\_END\_DATE* dari rekaman tidak lebih besar dari *SYSDATE* dan *EFFECTIVE\_START\_DATE* lebih kecil dari *SysDATE*.
- Untuk *ACCOUNT* Table, cari saja *ACCOUNT\_TYPES* yang sesuai ('Prepaid', 'Secondary').
- Memeriksa *CUSTOMER\_NODE\_HISTORY.PRIMARY\_IDENTIFIER* adalah *NULL*. Jika Ya, tuliskan Record di tabel *ACCOUNT\_REJECT* dengan *REJECT\_REASON* = "Primary Identifier Null". dengan break.
- Periksa apakah *ACCOUNT.ACCOUNT\_NAME* adalah *NULL* Jika ya, maka tuliskan rekaman di tabel *ACCOUNT\_REJECT* dengan *REJECT\_REASON* = 'ACCOUNT\_NAME NULL'. Berhenti
- Dekoding jenis akun yang tepat menggunakan logika yang ditentukan dalam aturan *mapping*. Load row dalam *account* Tabel.

vi. Mendokumentasikan model data yang digunakan dalam DWH, termasuk diagram hubungan entitas (ERD), definisi skema, dan kamus data. Gambar 7 adalah ERD dalam proses DWH.



Gambar 7. Entity-Relationship Diagram (ERD)

Langkah 1: Pada tahap pertama, admin user akan membuat *Master General Record* (MGR) dalam sistem GIS dengan mengisi detail informasi yang terdiri nama pertama, nama lengkap, nomor ponsel, alamat email, dan LAN user ID, semuanya secara manual dan dianggap wajib diisi. Selain itu, posisi dan posisi orang tua akan dipilih dari rekaman yang sudah ada, sementara organisasi dan status akan terisi otomatis (*auto populated*). Setelah semua informasi dimasukkan, sistem DWH akan mengirimkan rekaman MGR ke GIS dan secara otomatis mengubah status menjadi 'Aktif'.

Langkah 2: Pada tahap kedua, sistem Manajemen Informasi akan menerima umpan *batch* harian dari GIS dalam bentuk file APPS, yang berisi data-data yang telah diinput pada langkah sebelumnya.

### D. Pengujian Proses DWH

Dalam pengujian *User Acceptance Testing* (UAT) untuk sistem yang menggunakan pendekatan pengujian berbasis skenario, di mana pengguna akhir menguji sistem berdasarkan skenario penggunaan yang realistis dan sesuai dengan kebutuhan bisnis yang telah diidentifikasi. Skenario ini berbagai proses penting yang telah diimplementasikan dalam sistem, termasuk pembuatan MGR di GIS dan integrasi data ke dalam DWH. Penerimaan *batch* harian dengan melakukan identifikasi sumber data, format, dan langkah-langkah yang diambil oleh sistem untuk memproses data *batch*. Gambar 8 adalah *script* UAT dalam DWH.

```

uat=# select count(*) from shipping_mstr;
| count
|-----
| 67366000
| (1 row)

copy shipping_mstr; to '/data/voll/gpduat_master/shipping_mstr_la.txt' with delimiter as ',';

ls -lh
-rw-r--r-- 1 gpuat gpuat 31G 2024-06-01 11:55 shipping_mstr_la.txt

create table shipping_la (like shipping_mstr);

create external table ext_shipping_la (like shipping)
location ('gpfdist://xxx.xxx.x.xx:xxxx/shipping_mstr_la.txt')
format 'text' (delimiter ',', null '')
log errors into err_shipping_mstr_la segment reject limit 10000000;

uat=# \timing
Timing is on.

uat=# insert into shipping_la (select * from ext_shipping_la);
NOTICE: Found 131054 data formatting errors (131054 or more input rows). Rejected related input data.
INSERT 0 67231303
Time: 299697.472 ms == 4.99495 mins

uat=# select count(*) from hoptcedsla;
| count
|-----
| 67231303
| (1 row)

create external table ext_shipping_lb (like shipping_la)
location ('gpfdist://xxx.xxx.x.xx:xxxx/shipping_mstr_la.txt',
'gpfdist://xxx.xxx.x.xx:xxxx/shipping_mstr_la.txt',
'gpfdist://xxx.xxx.x.xx:xxxx/shipping_mstr_la.txt',
'gpfdist://xxx.xxx.x.xx:xxxx/shipping_mstr_la.txt')
format 'text' (delimiter ',', null '')
log errors into err_HOPTCEDSLB segment reject limit 10000000;

uat=# \timing
Timing is on.

uat=# insert into hoptcedslb (select * from ext_shipping_lb);
NOTICE: Found 131054 data formatting errors (131054 or more input rows). Rejected related input data.
INSERT 0 67231303
Time: 145623.807 ms == 2.42706 mins.
    
```

Gambar 8. Skrip User Acceptance Testing (UAT)

### E. Monitoring Proses DWH

*Monitoring* proses *Data Warehouse* (DWH) menggunakan pendekatan kualitatif bertujuan untuk mendapatkan pemahaman mendalam tentang bagaimana sistem berfungsi dan berinteraksi dengan pengguna serta untuk mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan. Pendekatan ini melibatkan teknik seperti wawancara mendalam, diskusi kelompok, dan observasi langsung untuk mengevaluasi berbagai aspek kinerja sistem.

*Monitoring* kinerja proses yang dioptimalkan dalam DWH untuk pengiriman barang sangat penting untuk memastikan efisiensi, keandalan, dan kesesuaian dengan tujuan bisnis. Mendefinisikan dan menetapkan KPIs yang mencerminkan tujuan optimalisasi DWH dalam konteks pengiriman kargo. KPI ini dapat diperiksa waktu muat data, waktu tanggapan kueri, akurasi data, ketersediaan sistem, dan kepuasan pengguna. Mengimplementasikan alat dan sistem pemantauan untuk melacak dan menganalisis berbagai aspek kinerja DWH secara *realtime*. Memantau proses pengisian data untuk memastikan bahwa data diekstraksi, diubah, dan di-load (ETL) secara efisien dan dalam jangka waktu yang ditentukan

sebelumnya. Melacak pipa pengolahan data untuk mengidentifikasi kebocoran, kesalahan, atau keterlambatan dalam pemrosesan data.

Melakukan evaluasi dan analisis kinerja secara teratur untuk meninjau data pemantauan, KPIs, dan tren kinerja. Menganalisis metrik kinerja, mengidentifikasi area untuk perbaikan, dan mengembangkan rencana tindakan untuk mengatasi hambatan kinerja dan mengoptimalkan kinerja DWH. Selalu mengoptimalkan dan meningkatkan kinerja DWH berdasarkan pemantauan wawasan, umpan balik dari pengguna, dan kebutuhan bisnis yang berkembang. Implementasikan *tuning* kinerja, perencanaan kapasitas, dan peningkatan infrastruktur sesuai kebutuhan untuk meningkatkan efisiensi dan skalabilitas DWH.

**F. Evaluasi Dampak Optimalisasi Pada Tujuan Bisnis**

Evaluasi dampak penerapan DWH melalui BPO, tahapan pertama menentukan KPI. Hasil wawancara dengan pengguna sistem DWH-BPO menunjukkan bahwa penerapan teknologi ini telah secara signifikan meningkatkan efisiensi kerja di perusahaan. Sebagian besar responden dapat melaporkan pengurangan waktu pemrosesan data yang signifikan, dengan sistem baru yang memungkinkan akses data lebih cepat dan lebih mudah dibandingkan metode sebelumnya. Beberapa staf mencatat bahwa pelatihan awal yang diberikan tidak memadai, menciptakan kurva belajar yang menantang dalam beradaptasi dengan sistem baru. Selain itu, meskipun kualitas laporan meningkat, beberapa masalah terkait akurasi data masih ada dan memerlukan perhatian lebih lanjut.

Diskusi kelompok dapat memberikan keuntungan utama dari penerapan DWH-BPO adalah pengurangan waktu pemrosesan dan peningkatan akurasi laporan, yang dianggap sangat bermanfaat oleh para peserta. Namun, tantangan utama yang dihadapi adalah integrasi sistem baru dengan aplikasi lama yang ada, yang sering kali menyebabkan masalah teknis dan kesulitan operasional. Rekomendasi dari diskusi kelompok dengan melakukan pelatihan berkelanjutan dan dukungan tambahan selama masa transisi untuk mengatasi hambatan-hambatan ini dan memaksimalkan manfaat sistem.

Observasi langsung mendukung temuan dari wawancara dan diskusi kelompok, dengan peningkatan yang jelas dalam efisiensi proses pengolahan data. Pengguna sistem melaporkan bahwa DWH-BPO lebih mudah digunakan dibandingkan metode sebelumnya, meskipun masih terdapat beberapa masalah teknis yang perlu diselesaikan. Kesimpulan dari ini menunjukkan bahwa penerapan DWH-BPO telah membawa dampak positif dalam hal efisiensi dan akurasi data, namun pelatihan dan integrasi sistem merupakan area yang memerlukan perbaikan.

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasilnya menunjukkan peningkatan signifikan dalam kecepatan pengambilan keputusan setelah optimalisasi proses DWH melalui BPO. Hasil pengukuran proses *Data Warehouse* (DWH) terdiri dari beberapa waktu pemrosesan data, di mana penurunan waktu ETL dan *query* menunjukkan peningkatan

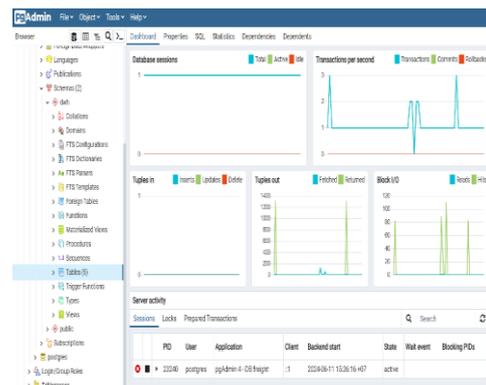
efisiensi, kualitas data yang diukur melalui tingkat akurasi dan konsistensi, efisiensi operasional dengan pengurangan penggunaan sumber daya dan biaya operasional, skalabilitas, dan kinerja saat data bertambah serta dampaknya terhadap pengambilan keputusan, seperti kecepatan akses informasi dan kepuasan pengguna. Pengukuran ini memberikan gambaran tentang efektivitas DWH dalam mendukung kebutuhan bisnis secara keseluruhan.

Teknik pemrosesan paralel untuk mendistribusikan tugas pengolahan data ke berbagai node komputasi. Optimalkan kueri SQL dan proses analisis untuk meminimalkan waktu eksekusi. Teknik seperti *query rewriting*, *query caching*, dan *query plan optimization* dapat meningkatkan kinerja *query* dan meningkatkan kecepatan pencarian data dan analisis. Tabel 2 adalah hasil teknik pemrosesan paralel.

Tabel 2. Hasil Pemrosesan Paralel

Table	No. of Records	Time(ms)	Time(s)
Customer	10.000	1.304,425	1,304425
Shipping	10.000	1.368,222	1,368222
Account	30.000	11.552,618	11,55262

Pemrosesan data untuk tabel *Customer* dan *Shipping*, masing-masing dengan 10.000 *record*, menunjukkan waktu yang relatif konsisten sekitar 1,3 detik, menandakan bahwa performa sistem dalam menangani jumlah *record* yang sama adalah stabil. Namun, untuk tabel *Account* yang berisi 30.000 *record*, waktu pemrosesan meningkat secara signifikan menjadi sekitar 11,55 detik. Peningkatan waktu pemrosesan ini disebabkan oleh kompleksitas data atau ukuran tabel yang lebih besar, mengindikasikan bahwa sistem menghadapi tantangan skalabilitas saat menangani volume data yang lebih besar. Analisis kinerja melalui *profiling query* dapat menjelaskan waktu yang dihabiskan dalam pemrosesan dan mengidentifikasi apakah ada *query* yang perlu dioptimasi, sementara *load testing* membantu menilai bagaimana sistem menangani berbagai volume data dan membandingkan hasilnya dengan waktu pemrosesan yang tercatat. Justifikasi hasil pemrosesan dapat dilakukan dengan *benchmarking*, yaitu membandingkan hasil pemrosesan dengan standar industri untuk memastikan bahwa waktu pemrosesan berada dalam rentang yang wajar. Gambar 9 adalah *SQL Tools Dashboard* untuk analisis kinerja.



Gambar 9. SQL Tools Dashboard

Mengembangkan antarmuka dan *dashboard* yang intuitif dan *user-friendly* yang dapat pengambilan keputusan untuk memvisualisasikan data dan laporan, mengeksplorasi wawasan, dan membuat keputusan yang tepat dengan cepat dan efisien. *Dashboard* interaktif dengan kemampuan tampilan yang dapat disesuaikan memberdayakan pengguna untuk mengakses informasi yang relevan dengan usaha minimal. Selalu memantau dan mengoptimalkan kinerja proses DWH dan alur kerja analitis. Secara teratur meninjau metrik kinerja sistem, mengidentifikasi hambatan, dan menerapkan optimasi untuk memastikan kecepatan pengambilan keputusan tetap pada tingkat optimal dari waktu ke waktu.

Penelitian ini bermanfaat untuk mengoptimalkan proses DWH melalui BPO, itu juga mengidentifikasi tantangan potensial dan peluang untuk perbaikan lebih lanjut. Hasilnya, perusahaan *freight forwarder* menjadi lebih responsif terhadap perubahan kebutuhan bisnis dan pasar, dengan proses yang fleksibel dan waktu respon yang lebih cepat terhadap permintaan pelanggan. Pengambilan keputusan yang lebih cepat dan efisien, berkat akses data secara *real-time*, mendukung peningkatan performa secara keseluruhan.

## V. KESIMPULAN

Penelitian ini menekankan pentingnya mengoptimalkan proses DWH melalui BPO untuk meningkatkan efisiensi pengambilan keputusan dalam organisasi. Dengan memanfaatkan metodologi BPO dan praktik terbaik, organisasi dapat membuka potensi penuh DWH sebagai aset strategis untuk membuat keputusan yang lebih cepat, lebih terinformasi dan mencapai keunggulan kompetitif yang berkelanjutan dalam lingkungan bisnis yang dinamis saat ini.

Rekomendasi untuk Penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi bagaimana pendekatan optimalisasi DWH melalui BPO dapat diterapkan di sektor industri lain, seperti manufaktur atau ritel, untuk menilai relevansi dan efektivitasnya. Melakukan studi perbandingan antara implementasi DWH-BPO di berbagai negara atau perusahaan untuk memahami faktor-faktor yang mempengaruhi kesuksesan dan tantangan yang dihadapi. Mengkaji biaya dan manfaat jangka panjang dari implementasi DWH-BPO untuk memberikan panduan lebih rinci tentang investasi yang diperlukan dan potensi pengembalian.

## REFERENSI

- [1] K. Kaur, "Business Intelligence on Supply Chain Responsiveness and Agile Performance: Empirical Evidence From Malaysian Logistics Industry," *Int. J. Supply Chain Manag.*, vol. 6, no. 2, pp. 31–63, 2021, doi: 10.47604/ijscm.1351.
- [2] H. Harreis, J. Machado, K. Rowshankish, R. Saxena, and R. Jain, "Master data management : The key to getting more from your data," no. May, 2024, [Online]. Available: [https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-](https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/master-data-management-the-key-to-getting-more-from-your-data)
- [3] F. C. Daeng Bani, Suharjito, Diana, and A. S. Girsang, "Implementation of Database Massively Parallel Processing System to Build Scalability on Process Data Warehouse," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 135, pp. 68–79, 2018, doi: 10.1016/j.procs.2018.08.151.
- [4] H. Muhrial, B. Purnomosidi, D.P. W. Andriyani, and H. Hamdani, "Data Warehouse to Support the Decision Using Vikor Method," *J. Intell. Softw. Syst.*, vol. 1, no. 2, p. 153, 2022, doi: 10.26798/jiss.v1i2.767.
- [5] J. Wiratama and M. Abhinaya Bagioyuwono, "Improving the Data Management: ETL Implementation on Data Warehouse at Indonesian Vehicle Insurance Industry," *Int. J. Sci. Technol. Manag.*, vol. 4, no. 5, pp. 1256–1268, 2023, doi: 10.46729/ijstm.v4i5.936.
- [6] O. E. Sheta and A. N. Eldeen, "The Technology of Using a Data Warehouse to Support Decision-Making in Health Care," *Int. J. Database Manag. Syst.*, vol. 5, no. 3, pp. 75–86, 2013, doi: 10.5121/ijdms.2013.5305.
- [7] T. Z. Ali, T. M. Abdelaziz, A. M. Maatuk, and S. M. Elakeili, "A framework for improving data quality in data warehouse: A case study," *Proc. - 2020 21st Int. Arab Conf. Inf. Technol. ACIT 2020*, no. November, 2020, doi: 10.1109/ACIT50332.2020.9300119.
- [8] J. Thomas and A. Kamran, "Business Process Optimization through Advanced Data Analytics," no. October, 2023, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/374909518>.
- [9] M. D. Arifin, "Application of Internet of Things (IoT) and Big Data in the Maritime Industries: Ship Allocation Model," *Int. J. Mar. Eng. Innov. Res.*, vol. 8, no. 1, pp. 97–108, 2023, doi: 10.12962/j25481479.v8i1.16405.
- [10] M. O. Akinde, M. H. Böhlen, T. Johnson, L. V. S. Lakshmanan, and D. Srivastava, "Efficient olap query processing in distributed data warehouses," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 2287, pp. 336–353, 2002, doi: 10.1007/3-540-45876-x\_23.
- [11] F. L. Gaol, R. A. Siswanto, and T. Matsuo, "Architectural modeling of data warehouse and analytic business intelligence for Bedstead manufacturers," *Open Eng.*, vol. 13, no. 1, 2023, doi: 10.1515/eng-2022-0508.
- [12] E. Abdelhamid, N. Tsikoudis, M. Duller, M. Sugiyama, N. E. Marino, and F. M. Waas, "Adaptive Real-time Virtualization of Legacy ETL Pipelines in Cloud Data Warehouses," *Adv. Database Technol. - EDBT*, vol. 26, no. 3, pp. 765–772, 2023, doi: 10.48786/edbt.2023.64.
- [13] G. Garani, D. Tolis, and I. K. Savvas, "A trajectory data warehouse solution for workforce management decision-making," *Data Sci. Manag.*, vol. 6, no. 2, pp. 88–97, 2023, doi: 10.1016/j.dsm.2023.03.002.
- [14] O. CIRKIN, "Data Warehouse, Detection and Transfer of Anomalies in Retail Data," *Eur. J. Res. Dev.*, vol. 3, no. 2, pp. 46–53, 2023, doi: 10.56038/ejrnd.v3i2.265.
- [15] L. Dinesh and K. G. Devi, "An efficient hybrid optimization of ETL process in data warehouse of cloud

- architecture,” *J. Cloud Comput.*, vol. 13, no. 1, 2024, doi: 10.1186/s13677-023-00571-y.
- [16] O. Prokopenko, A. Dikiy, N. Butenko, M. Naumenko, T. Dedilova, and R. Miroshnyk, “Business process optimization based on logistics concepts and technologies,” *Int. J. Adv. Res. Eng. Technol.*, vol. 11, no. 6, pp. 184–196, 2020, doi: 10.34218/IJARET.11.6.2020.017.
- [17] S. Maesaroh, H. Gunawan, A. Lestari, M. S. A. Tsaarie, and M. Fauji, “Query Optimization In MySQL Database Using Index,” *Int. J. Cyber IT Serv. Manag.*, vol. 2, no. 2, pp. 104–110, 2022, doi: 10.34306/ijcitsm.v2i2.84.
- [18] J. Hildebrandt, J. Pietrzyk, A. Krause, D. Habich, and W. Lehner, “Partition-based SIMD Processing and its Application to Columnar Database Systems,” *Datenbank-Spektrum*, vol. 23, no. 1, pp. 53–63, 2023, doi: 10.1007/s13222-022-00431-0.
- [19] Z. Hu, C. Fan, Q. Zheng, W. Wu, and B. Liu, “Asyncflow: A visual programming tool for game artificial intelligence,” *Vis. Informatics*, vol. 5, no. 4, pp. 20–25, 2021, doi: 10.1016/j.visinf.2021.11.001.