

Pengujian *Data Warehouse* SOLAP untuk Komoditas Pertanian Indonesia

Data Warehouse Testing in SOLAP for Indonesia Agricultural Commodities

FARAH GHITA^{1*}, RINA TRISMININGSIH¹

Abstrak

Pengujian merupakan tahapan yang sangat penting dalam pengembangan *data warehouse*, karena analisis dan keputusan dibuat berdasarkan informasi yang dihasilkan dari *data warehouse*. Terdapat sistem yang memungkinkan analisis pada data spasial dengan interaktif dan efisien, yaitu sistem *spatial OLAP* (SOLAP). Dalam pembangunan *data warehouse* terdapat tahapan penting, yaitu proses *extract, transform, load* (ETL). Penelitian ini melakukan pengujian *data warehouse*, khususnya pengujian modul ETL pada SOLAP komoditas pertanian Indonesia yang telah dikembangkan pada penelitian sebelumnya. Hasil pengujian proses ETL menunjukkan adanya ketidaksesuaian antara data sumber dan *data warehouse*. Dalam penelitian ini, pengujian modul ETL dilakukan dengan pengujian fungsional, yaitu memvalidasi data target dengan data sumber. Pengujian modul ETL diawali dengan membuat *source-to-target mappings* dan aturan kualitas data sebagai acuan untuk pembuatan kasus uji. Pengujian proses ETL terdiri atas pengujian kualitas data dan keseimbangan data yang dilakukan dengan menjalankan kueri pada sistem manajemen basis data (DBMS). Pengujian keseimbangan data menggunakan metode *simple random sampling* dan *systematic sampling*. Hasil pengujian dianalisis dan ditemukan letak kesalahan pengembangan pada proses ETL, tampilan aplikasi SOLAP dan pengambilan data sumber.

Kata Kunci: *Data warehouse*, ETL, komoditas pertanian, pengujian *data warehouse*.

Abstract

Testing is a very important stage in the development of a data warehouse, because analysis and decisions are made based on information generated from the data warehouse. There is a system that allowing efficient and interactive analysis, namely Spatial Online Analytical Processing systems (SOLAP). In data warehouse development, there is an important stage, namely extract, transform, load (ETL). This research tested the data warehouse, specifically the ETL module in SOLAP for Indonesia agricultural commodities that had been developed in previous research. The test results of the ETL process indicated a discrepancy between the source data and the data warehouse. In this research, ETL module was tested by functional testing, where the target data is validated by the source data. Testing the ETL module begins with creating source-to-target mappings and data quality rules as reference for making test cases. Testing the ETL process consists of data quality test and balancing test by running queries on the database management system (DBMS). Simple random sampling and systematic sampling methods were done for balancing test. The test results were analyzed and showed the fault of the development, which is in the ETL process, the SOLAP application and retrieval of data sources.

Keywords: *Agricultural commodity, data warehouse, data warehouse testing, ETL.*

PENDAHULUAN

Kementerian Pertanian (Kementan) Republik Indonesia menghimpun data komoditas yang merupakan hasil dari subsektor perkebunan, peternakan, tanaman pangan, dan juga hortikultura di seluruh Indonesia. Penghimpunan data tersebut dapat diakses di situs Kementan Republik Indonesia. Pembuatan modul ETL untuk *data warehouse* komoditas pertanian Indonesia telah dilakukan pada penelitian sebelumnya oleh Sitanggang *et al.* (2016). Penelitian tersebut mengembangkan modul ETL untuk menyimpan pembaruan data dan informasi dalam

¹Departemen Ilmu Komputer IPB, 0251-8625584;

*Penulis Korespondensi: Tel/Faks: 0251-8625584; Surel: farahghita@gmail.com

SOLAP untuk komoditas pertanian Indonesia. Dalam penelitian tersebut digunakan data spasial yaitu peta digital perbatasan kabupaten dan data non-spasial yang diperoleh dari Basis Data Statistik Pertanian. Pemodelan ETL dalam penelitian tersebut dilakukan menggunakan *Business Process Modeling Notation* (BPMN) untuk pemodelan konseptual dan arsitektur graf untuk desain logis. Pengembangan modul ETL tersebut telah berhasil dilakukan, pengujian sistem juga menunjukkan modul ETL bekerja dengan benar dalam memperbaharui *data warehouse* yang terintegrasi ke SOLAP (Sitanggang *et al.* 2016). Walaupun pengujian telah dinyatakan berhasil dan sesuai, setelah dilakukan peninjauan ulang, masih ada perbedaan antara data sumber dan *data warehouse* SOLAP dalam penelitian tersebut. Sebelumnya juga telah dilakukan pengujian *usability* untuk SOLAP komoditas pertanian Indonesia oleh Sitanggang *et al.* (2018), namun belum dilakukannya pengujian fungsional yang berguna untuk memastikan data pada *data warehouse* ditangkap dengan benar dari data sumber.

Data warehouse adalah basis data dari struktur data unik yang memungkinkan kinerja menjadi relatif cepat dan mudah dari kueri kompleks terhadap sejumlah data yang besar (Patel 2012). Tujuan dari *data warehouse* adalah membantu pengguna data membuat analisis dan keputusan menjadi lebih cepat dan lebih baik (Homayouni *et al.* 2018). Sebelum data disimpan ke dalam *data warehouse*, data biasanya perlu diolah menjadi bentuk data yang siap untuk dianalisis melalui proses *extract, transform, load* (ETL) (Caron *et al.* 2013). Proses ETL merupakan ekstraksi data dari berbagai sumber, pengubahan data ke bentuk yang sesuai dengan kebutuhan dan pengisian ke penyimpanan *data warehouse* (Wijaya dan Pudjoatmodjo 2016). Untuk menganalisis data spasial, sistem *spatial OLAP* (SOLAP) memungkinkan analisis pada data spasial dengan interaktif dan efisien dari kubus data spasial yang besar (Boulil *et al.* 2014).

Pengujian *data warehouse* merupakan tahapan yang sangat penting dalam pengembangan *data warehouse* karena analisis dan keputusan dibuat berdasarkan informasi yang dihasilkan dari *data warehouse*. Dalam proses pengembangan *data warehouse*, data melewati berbagai tahap yang masing-masing menyebabkan berbagai jenis perubahan pada data untuk mencapai pengguna. Hanya membandingkan keluaran dari sistem *data warehouse* dengan sumber data untuk menguji sistem *data warehouse* bekerja dengan benar bukan merupakan pendekatan terbaik. Setiap tahap dan setiap komponen yang dilewati data harus diuji untuk menjamin keakuratan, pelestarian kualitas data, atau bahkan peningkatannya (ElGamal *et al.* 2011). Pengujian *data warehouse* berfokus langsung pada data dan informasi, berbeda dengan pengujian perangkat lunak yang berfokus pada kode program (Golfarelli dan Rizzi 2009).

Penelitian ini melakukan pengujian modul ETL pada *data warehouse* SOLAP komoditas pertanian Indonesia yang telah dikembangkan oleh Sitanggang *et al.* (2016). Pengujian proses ETL dilakukan dengan melakukan analisis pada hasil uji kualitas dan keseimbangan data untuk mendapatkan letak kesalahan pada pengembangan modul tersebut jika ditemukannya ketidaksesuaian data. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan pengujian dan analisis hasil uji yang memiliki akurasi tinggi. Tingkat akurasi hasil uji dapat dikategorikan tinggi jika pengujian dapat mewakili data secara keseluruhan dan jika ditemukan ketidaksesuaian data, hasil analisis juga dapat menemukan letak penyebab ketidaksesuaian data tersebut.

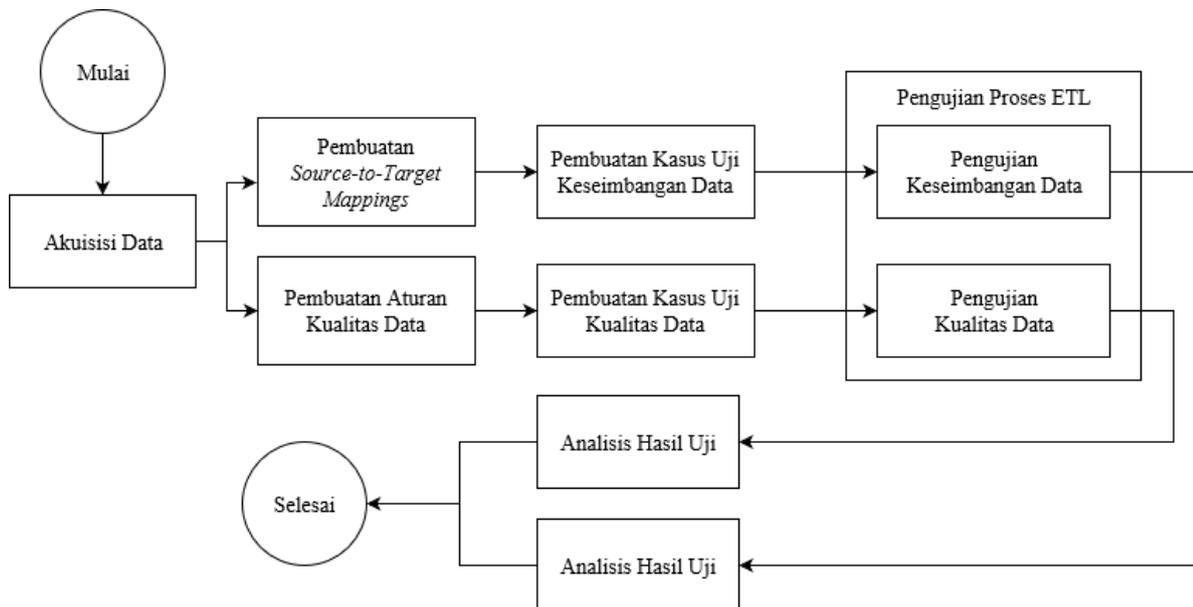
METODE

Data Penelitian

Terdapat dua jenis data yang digunakan pada penelitian ini, yaitu data sumber dan data target. Data sumber merupakan data hasil komoditas pertanian di Indonesia yang diperoleh dari situs Kementan Republik Indonesia pada alamat <https://aplikasi2.pertanian.go.id/bdsp/>, sedangkan data target diperoleh dari SOLAP komoditas pertanian Indonesia yang dapat diakses pada alamat <http://solap.apps.cs.ipb.ac.id/>. Penelitian ini menggunakan data komoditas dari seluruh subsektor dengan rentang waktu dari tahun 1970 hingga 2018.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahapan, yaitu akuisisi data, pembuatan *source-to-target mappings*, pembuatan kasus uji, pengujian proses ETL dan analisis hasil uji. Tahapan pengujian proses ETL terdiri atas uji validasi data dan uji keseimbangan data menggunakan *sampling*. Diagram tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Tahapan Penelitian.

Akuisisi Data

Terdapat tiga buah data yang digunakan dalam penelitian ini. Data pertama diperoleh dari situs Kementan Indonesia pada alamat <https://aplikasi2.pertanian.go.id/bdsp/> yang dijadikan data sumber, data kedua, dan ketiga adalah data target yang terdiri atas SOLAP komoditas pertanian Indonesia pada alamat <http://solap.apps.cs.ipb.ac.id> dan *data warehouse* dalam DBMS yang dibangun pada penelitian sebelumnya. Data yang digunakan meliputi subsektor tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, dan peternakan yang dikumpulkan per tahun dimulai dari tahun 1970 hingga tahun 2018.

Pembuatan *Source-to-Target Mappings* dan Aturan Kualitas Data

Source-to-target mappings merupakan turunan dari transformasi dalam proses ETL yang dapat dideskripsikan dalam bentuk dokumen, *spreadsheet*, Entity Relationship (ER) diagram, atau skrip SQL (Homayouni *et al.* 2018). Pada tahapan ini dilakukan pembuatan *source-to-target mappings* yang disajikan dalam bentuk tabel berisi informasi yang menggambarkan bagaimana satu atau lebih atribut dalam tabel sumber berkaitan dengan satu atau lebih atribut di data target atau *data warehouse*. Contoh *source-to-target mappings* menurut Homayouni *et al.* (2018) ditunjukkan pada Tabel 1.

Aturan kualitas data disajikan dalam bentuk tabel yang berisi informasi penilaian kualitas data pada *data warehouse*. Aturan kualitas data dibuat dengan menilai kriteria data berdasarkan pada dimensi kualitas data. Contoh aturan kualitas data menurut Homayouni *et al.* (2018) ditunjukkan pada Tabel 2.

Pembuatan Kasus Uji Keseimbangan dan Kualitas Data

Dalam tahapan ini, dilakukan perincian langkah-langkah pengujian dengan hasil yang diharapkan. Uji kasus dibuat berdasarkan *source-to-target mappings* dan aturan kualitas data yang telah dibuat sebelumnya. Dalam tahapan ini juga dibuat kueri *workload* atau kueri yang dijalankan pengguna terhadap data target dibuat untuk pengujian proses ETL.

Tabel 1 Contoh struktur tabel *mappings* tanpa pernyataan (Homayouni *et al.* 2018)

<i>Mappings</i>	<i>Source table</i>	<i>Condition</i>	<i>Source coloumn</i>	<i>Target table</i>
1-1 table	Address	Year>2000		Location
*-1 table	[0]:Patient [1]:Concept Operation: LEFT JOIN	IsCurrent=		Person
*-1 attribute	Patient	IsCurrent=	[0]:Weight [1]:Height Operation: BMI	Person
1-1 attribute	[0]:Patient [1]:Concept Operation: LEFT JOIN	IsCurrent=	Concept_code	Person
1-1 attribute	Address	Year>2000	Address_Key	Location
1-1 attribute	Address	Year>2000	City	Location

Tabel 2 Contoh tabel aturan kualitas data (Homayouni *et al.* 2018)

<i>Rule_id</i>	<i>Data quality rule</i>	<i>Status</i>	<i>Description</i>
19	Year of birth should not be prior to 1800	warning	Checks whether or not year of birth is less than 1800
32	Percentage of patients with no visits should not exceed a threshold value	notification	Checks whether or not the percentage of patiens that have no visit records is greater than 5

Pengujian Proses ETL

Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian fungsional dengan cara menguji kualitas data dan keseimbangan data.

1 Uji kualitas data

Pengujian ini memverifikasi konsistensi data yang dimuat ke dalam *data warehouse* melewati proses ETL dengan data model dan kebutuhan organisasi (Homayouni 2018). Pengujian ini dilakukan dengan menjalankan kueri yang telah dibuat berdasarkan tabel aturan kualitas data untuk memverifikasi kualitas data yang ada di dalam *data warehouse*.

2 Uji keseimbangan data

Pengujian ini memastikan bahwa data yang diperoleh dari data sumber tidak hilang atau salah dimodifikasi oleh proses ETL (Homayouni 2018). Pengujian ini menggunakan *source-to-target mappings* sebagai acuan untuk memverifikasi data yang ada pada data sumber dan data target. Pengujian ini tidak dilakukan dengan menguji seluruh data sumber dan data target, melainkan hanya mengambil beberapa data sampel, pengambilan data sampel menggunakan metode *simple random sampling* dan *systematic sampling*.

Analisis Hasil Uji

Dalam tahapan ini, setiap hasil pengujian pada tahapan pengujian proses ETL dianalisis. Apabila ada perbedaan data atau kesalahan dalam proses ETL, laporan kesalahan akan dibuat dan penyebab kesalahan dalam pengembangan akan dijelaskan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Akuisisi Data

Data yang digunakan merupakan data hasil komoditas pertanian Indonesia yang meliputi empat subsektor, yaitu tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, dan peternakan. Setiap subsektor mempunyai indikator masing-masing dengan satuan nilai yang berbeda-beda. Tanaman pangan dan hortikultura mempunyai tiga indikator, yaitu luas panen, produksi, dan produktivitas. Perkebunan mempunyai tiga indikator, yaitu luas areal, produksi, dan produktivitas. Peternakan mempunyai dua indikator, yaitu populasi dan produksi. Data komoditas tersebut diambil dari 34 provinsi di Indonesia berdasarkan pada kabupaten di tiap-tiap provinsi dimulai dari tahun 1970 hingga tahun 2018.

Data sumber yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari situs Kementan Indonesia pada <https://aplikasi2.pertanian.go.id/bdsp/>. Data dari situs tersebut telah dilakukan *scraping* menjadi 5699 fail dalam format .xls. Setiap fail berisi data komoditas tahun 1970 hingga tahun 2018 dari masing-masing kabupaten. Contoh isi fail data sumber tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.

No	Komoditas	Satuan	1970	1971	1972	1973	1974
1	JAGUNG	Ha	0	0	0	0	0
2	KACANG HIJAU	Ha	0	0	0	0	0
3	KACANG TANAH	Ha	0	0	0	0	0
4	KEDELAI	Ha	0	0	0	0	0
5	PADI	Ha	0	0	0	0	0
6	PADI LADANG	Ha	0	0	0	0	0
7	PADI SAWAH	Ha	0	0	0	0	0
8	UBIJALAR	Ha	0	0	0	0	0
9	UBIKAYU / KETELA POHON	Ha	0	0	0	0	0

Gambar 2 Isi fail data sumber hasil komoditas pertanian Indonesia.

Data target yang digunakan dalam penelitian ini adalah SOLAP komoditas pertanian Indonesia yang dapat diakses pada alamat <http://solap.apps.cs.ipb.ac.id> dan *data warehouse* pada DBMS yang telah dibangun pada penelitian sebelumnya. Data yang digunakan pada *website* SOLAP berbentuk tabel dengan judul baris berupa komoditas dan judul kolom berupa waktu. Contoh isi data target pada SOLAP tersebut dapat dilihat pada Gambar 3. *Data warehouse* pada DBMS yang digunakan untuk SOLAP tersebut didapatkan dari pengembang aplikasi. Contoh isi nilai data pada DBMS yang telah didapatkan dapat dilihat pada Gambar 4.

The screenshot shows the 'Spatial OLAP Komoditas Pertanian Indonesia' interface. The main table is titled 'Jumlah Luas Panen Subsektor Tanaman Pangan dalam Ha'. The table has columns for 'Waktu' (Year) from 1970 to 1991 and rows for various 'Komoditas' (Crops). The data is as follows:

Komoditas	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Semua Komoditas	10.708	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.420
JAGUNG	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
KACANG HIJAU	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KACANG TANAH	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
KEDELAI	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PADI	5.493	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	684
PADI LADANG	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PADI SAWAH	4.926	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	684
UBIJALAR	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
UBIKAYU / KETELA POHON	171	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28

Gambar 3 Contoh isi data target pada SOLAP komoditas pertanian Indonesia.

Pembuatan *Source-to-Target Mappings* dan Aturan Kualitas Data

Source-to-target mappings dibuat berdasarkan pada skema dan pemodelan ETL yang telah dibuat dalam penelitian sebelumnya. *Source-to-target mappings* merupakan tabel yang menggambarkan pemetaan data dari data sumber ke data target. Terdapat 9 atribut dalam tabel ini, yaitu *code*, *mapping*, *source table*, *source column*, *source type*, *condition*, *target table*, *target column*, dan *target type*. Atribut *code* menunjukkan nomor atau pengodean untuk *mapping*. Atribut *mapping* pada tabel menunjukkan tipe *mapping*, terdapat 4 jenis *mapping* menurut Homayouni (2018), yaitu *one-to-one attribute*, *one-to-one table*, *many-to-one*

attribute, dan *many-to-one table*. Atribut *source table*, *source column* dan *source type* menunjukkan keterangan tabel, kolom, dan tipe data pada data sumber. Atribut *condition* menunjukkan kondisi yang berlaku pada data sumber untuk masuk ke dalam data target. Atribut *target table*, *target column*, dan *target type* menunjukkan keterangan tabel, kolom, dan tipe data pada data target.

	commodity_id integer	location_id integer	time_id integer	harvested_area numeric	production numeric	productivity numeric	id integer
1	79	60	1	0.0	0.0	0.0	36342
2	79	60	2	0.0	0.0	0.0	36343
3	79	60	3	0.0	0.0	0.0	36344
4	79	60	4	0.0	0.0	0.0	36345
5	79	60	5	0.0	0.0	0.0	36346
6	79	60	6	0.0	0.0	0.0	36347
7	79	60	7	0.0	0.0	0.0	36348
8	79	60	8	0.0	0.0	0.0	36349
9	79	60	9	0.0	0.0	0.0	36350
10	79	60	10	0.0	0.0	0.0	36351

Gambar 4 Contoh isi data pada DBMS untuk SOLAP komoditas pertanian Indonesia.

One-to-one attribute dan *many-to-one attribute* menunjukkan atribut pada data target dimuat dari satu tabel pada data sumber. *One-to-one table* dan *many-to-one table* menunjukkan atribut pada data target dimuat dari beberapa tabel pada data sumber. Seluruh *mappings* yang dibuat pada penelitian ini memiliki *many-to-one table* yang dituliskan dengan *-1 sebagai jenis *mapping* karena setiap atribut pada tabel data target dimuat dari banyak tabel pada data sumber yang merupakan *spreadsheet*.

Aturan kualitas data atau *data quality rules* merupakan tabel yang berisi daftar persyaratan atau karakteristik isi data yang ada di dalam data target. Nilai pada data target diharapkan sama dengan nilai yang ada pada data sumber sehingga aturan kualitas data yang diterapkan pada data target mengacu pada kualitas data yang ada pada data sumber. Aturan kualitas data dibuat dengan melihat data sumber secara keseluruhan lalu menilai karakteristik data pada atribut-atribut dalam tabel. Aturan kualitas data digunakan untuk mengidentifikasi perbedaan karakteristik data antara data target dan data sumber. Dimensi data yang digunakan pada aturan kualitas data ini adalah dimensi konsistensi dan akurasi karena pengujian yang dilakukan hanya untuk memverifikasi nilai data antara data target dan data sumber. Tabel aturan kualitas data dapat dilihat pada Tabel 3. Aturan kualitas data berlaku untuk setiap atribut yang dicantumkan dalam kolom atribut. Aturan kualitas data yang ada pada Tabel 3 berlaku untuk seluruh tabel pada data target yang memiliki nama atribut yang sama.

Tabel 3 Aturan kualitas data

Kode	Atribut	Aturan Kualitas Data	Deskripsi
Q-1	harvested_area, acreage, production, productivity, population	Ketelitian data sesuai dengan sumber, tanpa pembulatan	Mengecek apakah ada data yang memiliki ketelitian berbeda dengan sumber
Q-2	harvested_area, acreage, production, productivity, population	Data tidak boleh <i>null</i>	Mengecek apakah ada data yang memiliki nilai <i>null</i>
Q-3	Harvested_area, acreage, production, productivity, population	Data tidak boleh negatif	Mengecek apakah ada data yang memiliki nilai kurang dari 0

Pembuatan Kasus Uji

Kasus uji dibuat dalam bentuk tabel, tabel ini terdiri atas empat atribut, yaitu id, deskripsi, contoh kueri dan ekspektasi hasil. Atribut id merupakan kode kasus uji, atribut deskripsi menunjukkan penjelasan kasus uji, atribut contoh kueri menunjukkan salah satu sampel kueri untuk kasus uji tersebut yang dijalankan pada DBMS data target saat pengujian proses ETL dan atribut ekspektasi hasil merupakan keluaran yang diharapkan setelah dilakukan pengujian proses ETL. Contoh kueri pada kasus uji dijelaskan dalam tabel yang berbeda, tabel tersebut meliputi empat atribut, yaitu id, tabel uji, atribut uji, dan deskripsi kueri. Berikut kasus uji yang dibuat:

1 Kasus uji keseimbangan data

Kasus uji ini dibuat untuk melakukan uji keseimbangan data pada pengujian proses ETL. Tabel 4 menunjukkan kasus uji yang dibuat, kasus uji dibuat untuk setiap *mapping* yang memiliki *source* atau sumber. Contoh kueri pada Tabel 4 menunjukkan salah satu sampel kueri yang dijalankan pada DBMS pada tahapan pengujian proses ETL. Keterangan dari contoh kueri tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4 Kasus uji keseimbangan data

Kode	Deskripsi	Contoh Kueri	Ekspektasi Hasil
M-4	Mengecek apakah nilai name pada tabel dim_commodities sesuai dengan seluruh nama komoditas pada data sumber	SELECT name FROM public.dim_commodities	Nama setiap komoditas sesuai dengan seluruh nama komoditas pada data sumber
M-9	Mengecek apakah nilai name pada tabel dim_locations sesuai dengan seluruh nama lokasi pada data sumber	SELECT * FROM public.dim_locations WHERE parent_id=33 AND name='Kab. Kepulauan Riau'	Nama pada tabel dim_locations sama dengan seluruh nama lokasi pada data sumber
M-31	Mengecek apakah nilai data harvested_area pada tabel fact_horticultures sesuai dengan nilai luas panen pada lokasi, komoditas dan tahun yang dituju pada data sumber	SELECT harvested_area FROM public.fact_horticultures WHERE location_id=53 AND commodity_id in (95, 118, 141, 164) AND time_id=46	Nilai setiap data harvested_area pada tabel fact_horticultures sesuai dengan nilai luas panen yang dituju pada data sumber

2 Kasus uji kualitas data

Dalam pembuatan kasus uji untuk kualitas data, dibuat kasus uji untuk tiap aturan kualitas data yang ada pada Tabel 3. Kasus uji yang telah dibuat dapat dilihat pada Tabel 6. Contoh kueri pada setiap kasus uji dalam Tabel 6 menunjukkan salah satu sampel kueri yang dijalankan pada DBMS pada tahapan pengujian proses ETL, untuk keterangan contoh kueri tersebut dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 5 Keterangan kueri uji keseimbangan data

Kode	Tabel uji	Atribut uji	Deskripsi kueri
M-4	dim_commodities	name	Nama-nama komoditas dari seluruh subsektor
M-9	dim_locations	name	Nilai luas panen subsektor hortikultura pada komoditas anyelir, jahe, lidah buaya dan salak di kabupaten Aceh Utara tahun 2015
M-31	fact_horticultures	harvested_area	Nilai data produktivitas subsektor hortikultura pada komoditas anyelir, jahe, lidah buaya dan salak di kabupaten Aceh Utara tahun 2015

Kasus uji berkode TC-1 adalah mencari ketelitian nilai data atau *precision*, untuk mengetahui *precision* tersebut digunakan pencarian nilai data yang dilihat memiliki ketelitian paling tinggi dalam atribut dan tabel tertentu untuk diuji, dikarenakan definisi data pada DBMS tidak diisi atau dicantumkan pada penelitian sebelumnya. Kasus uji berkode TC-2 didapatkan dari nilai pada data sumber yang seharusnya memiliki nilai 0 untuk data yang tidak ada, bukan merupakan nilai *null*. Kasus uji berkode TC-3 menunjukkan bahwa

data seharusnya tidak ada yang memiliki nilai negatif, melainkan bilangan bulat yang bernilai lebih besar atau sama dengan 0.

Tabel 6 Kasus uji kualitas data

Kode	Deskripsi	Contoh Kueri	Ekspektasi Hasil
TC-1	Mengecek apakah ketelitian nilai data pada data target sesuai dengan data sumber	SELECT * FROM public.fact_horticultures WHERE harvested_area=0.6333333333333333	Ada hasil yang keluar
TC-2	Mengecek apakah ada data yang memiliki nilai <i>null</i>	SELECT * FROM public.fact_horticultures WHERE harvested_area IS NULL	Tidak ada hasil yang keluar
TC-3	Mengecek apakah ada data yang memiliki nilai negatif	SELECT * FROM public.fact_horticultures WHERE harvested_area<0	Tidak ada hasil yang keluar

Tabel 7 Keterangan kueri uji kualitas data

Kode	Tabel uji	Atribut uji	Deskripsi kueri
TC-1	fact_horticultures	harvested_area	Nilai data pada luas panen subsektor hortikultura yang memiliki nilai 0.6333333333333333 sebagai batas ketelitian paling tinggi
TC-2	fact_horticultures	harvested_area	Nilai data pada luas panen subsektor hortikultura yang memiliki nilai <i>null</i>
TC-3	fact_horticultures	harvested_area	Nilai data pada luas panen subsektor hortikultura yang memiliki nilai negatif

Pengujian Proses ETL

Tahapan ini merupakan pengujian fungsional pada proses ETL yang merupakan bagian dari pengujian *data warehouse* berdasarkan pada Gambar 1. Tahapan ini dilakukan dengan menguji keseimbangan data dan kualitas data. Pengujian data dilakukan berdasarkan pada kasus uji yang telah dibuat. Berikut pengujian yang dilakukan:

1 Uji keseimbangan data

Dalam pengujian keseimbangan data, dilakukan pencarian data pada data sumber dan data target berdasarkan pada kasus uji yang ada pada Tabel 4 untuk dibandingkan kesamaan datanya. Tabel 8 menunjukkan hasil dari pengujian ini, terutama yang memiliki hasil pengujian keseimbangan data dibawah 100%.

Terdapat lima kolom pada hasil pengujian ini, yaitu kode, atribut, tabel, jumlah sampel, pengambilan sampel uji, dan persentase kesamaan. Kode merupakan kode yang sama dengan kasus uji pada Tabel 5 untuk mewakili pengujian setiap kasus uji. Atribut dan tabel menunjukkan atribut dan tabel target pengujian pada DBMS. Jumlah sampel menunjukkan jumlah sampel yang diambil dari data sumber untuk melakukan pengujian pada setiap target. Pengambilan sampel uji merupakan cara atau metode pengambilan sampel uji pada data sumber. Persentase kesamaan merupakan persentase hasil dari proses pengujian kesamaan atau keseimbangan data antara data sumber dengan data pada DBMS.

Ada tiga macam cara untuk melakukan pengambilan sampel uji pada tahapan ini, yaitu pengujian pada seluruh data, *random sampling* dan *systematic sampling*. Untuk atribut pada tabel yang didapatkan dari berbagai macam tabel, dapat dilakukan lebih dari satu macam cara pengambilan sampel uji dalam satu kali pengujian. Persentase kesamaan didapatkan dari keberhasilan pengujian kesamaan pada seluruh jumlah sampel data di setiap pengujian, persentase tersebut memiliki ketelitian dua angka dibelakang koma dengan pembulatan ke atas.

Tabel 8 Hasil pengujian keseimbangan data

Kode	Atribut	Tabel	Jumlah sampel	Jumlah populasi	Persentase sampel (%)
M-4	name	dim_commodities	195	195	100.000
M-5	commodity_type_id	dim_commodities	18	179	10.056
M-9	name	dim_locations	68	556	12.230
M-28	commodity_id	fact_horticultures	92	2335144	0.004
M-29	location_id	fact_horticultures	28	2335144	0.001
M-31	harvested_area	fact_horticultures	28	2335144	0.001

Tabel 8 Hasil pengujian keseimbangan data (lanjutan)

Kode	Pengambilan sampel uji	Persentase kesamaan (%)
M-4	Seluruh data pada tabel	91.79
M-5	Random sampling pada name	94.40
M-9	Data dengan parent_id bernilai 8 hingga 41 (n=34), random sampling untuk name (n=2)	97.06
M-28	Seluruh komoditi yang memiliki name berbeda	97.83
M-29	Random sampling pada location (n=7), systematic sampling pada commodity (N=92, n=4, k=23), random sampling pada year (n=1), random sampling pada harvested_area (n=1)	96.43
M-31	random sampling pada location (n=7), systematic sampling pada commodity (N=92, n=4, k=23), random sampling pada year (n=1)	92.86

Pengujian keseimbangan data berdasarkan pada kasus uji berkode M-9 pada Tabel 8 ditunjukkan oleh Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7. Gambar 5 merupakan data sumber dalam bentuk spreadsheet yang berisi nilai luas panen yang ada di lokasi terpilih, yaitu Kab. Kepulauan Riau. Gambar 6 didapatkan dari kueri yang dijalankan pada DBMS untuk Kab. Kepulauan Riau dan Riau sebagai provinsi atau parent lokasi tersebut. Gambar 7 merupakan daftar lokasi kabupaten pada provinsi Riau yang didapatkan dari tampilan aplikasi SOLAP pada pemilihan lokasi.

A	B	C	AW
1	DATA KELUARAN BERDASARKAN KOMODITAS		
2			
3	Subsektor	Hortikultura	
4	Indikator	LUAS PANEN	
5	Level	Kabupaten	
6	Provinsi	Riau	
7	Kabupaten	Kab. Kepulauan Riau	
8	Tahun	1970 - 2018	
9			
10			
11	No	Komoditas	Satuan
100	89	TEMULAWAK	m2
101	90	TERUNG	Ha
102	91	TOMAT	
103	92	WORTEL	

Gambar 5 Nama salah satu lokasi kabupaten dari provinsi Riau, yaitu Kab. Kepulauan Riau pada data sumber.

Query Editor Query History

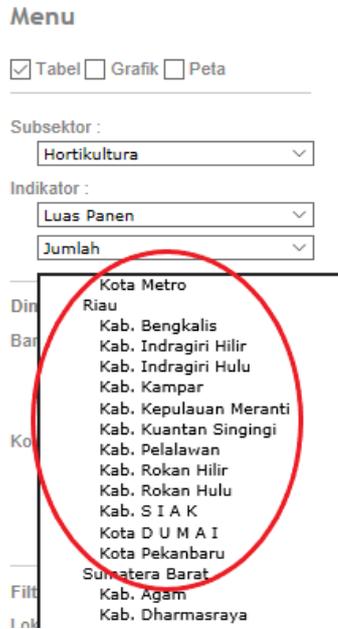
```

1 SELECT * FROM public.dim_locations WHERE id=33 UNION
2 SELECT * FROM public.dim_locations WHERE parent_id=33 AND name='Kab. Kepulauan Riau'
```

Data Output Explain Messages Notifications

id	parent_id	code	level	name	geom
integer	integer	character varying (255)	integer	character varying (255)	geometry
1	33	7 14	1	Riau	0106000020E61...

Gambar 6 Pencarian nama salah satu lokasi kabupaten dari provinsi Riau, yaitu Kab. Kepulauan Riau pada DBMS data target.



Gambar 7 Daftar nama lokasi kabupaten di provinsi Riau pada tampilan SOLAP.

Perbedaan terlihat pada Gambar 5 yang merupakan data sumber bahwa provinsi Riau memiliki kabupaten bernama Kab. Kepulauan Riau dan memiliki data di dalamnya, yaitu nilai luas panen sedangkan pada DBMS data target dan daftar kabupaten di provinsi Riau pada tampilan aplikasi SOLAP tidak ada Kab. Kepulauan Riau. Hasil keluaran kueri pada DBMS data target yang dapat dilihat pada Gambar 6 seharusnya menunjukkan *record* data lokasi Kab. Kepulauan Riau pada baris kedua, namun tidak muncul. Lalu, Gambar 7 menunjukkan daftar lokasi kabupaten di provinsi Riau pada tampilan aplikasi SOLAP tidak memiliki kabupaten Kepulauan Riau.

Pengujian keseimbangan data berdasarkan pada kasus uji berkode M-31 pada Tabel 8 ditunjukkan oleh Gambar 8, Gambar 9 dan Gambar 11. Gambar 8 merupakan keluaran hasil data yang didapatkan dari data sumber dalam bentuk *spreadsheet*. Pencarian data target pada DBMS dapat dilihat pada Gambar 9 dengan keterangan id komoditas pada Gambar 10 dan tampilan SOLAP dapat dilihat pada Gambar 11. Data target pada DBMS didapatkan dengan menjalankan kueri pada DBMS, sedangkan data target pada tampilan SOLAP didapatkan dengan memilih kategori subsektor dan indikator, memilih dimensi baris dan kolom, dan melakukan *filter* yang ada pada tampilan situs SOLAP untuk mendapatkan data yang diinginkan.

	A	B	C	AW
1	DATA KELUARAN BERDASARKAN KOMODITAS			
2				
3	Subsektor		Hortikultura	
4	Indikator		LUAS PANEN	
5	Level		Kabupaten	
6	Provinsi		Aceh	
7	Kabupaten		Kab. Aceh Utara	
8	Tahun		1970 - 2018	
9				
10				
11	No	Komoditas	Satuan	2015
19	8	ANYELIR		0
42	31	JAHE	M2	144243
65	54	LIDAH BUAYA	m2	478
88	77	SALAK	Ha	0

Gambar 8 Nilai luas panen sampel komoditas subsektor hortikultura di kabupaten Aceh Utara tahun 2015 pada data sumber.

Query Editor Query History

```

1 SELECT dim_commodities.name, dim_locations.name, fact_horticatures.harvested_area
2 FROM public.fact_horticatures INNER JOIN dim_commodities ON fact_horticatures.commodity_id=dim_commodities.id
3 INNER JOIN dim_locations ON fact_horticatures.location_id=dim_locations.id INNER JOIN dim_times
4 ON fact_horticatures.time_id=dim_times.id WHERE fact_horticatures.location_id=53
5 AND fact_horticatures.commodity_id in (95, 118, 141, 164) AND fact_horticatures.time_id=46
6 ORDER BY fact_horticatures.commodity_id

```

Data Output Explain Messages Notifications

	name character varying (255)	name character varying (255)	harvested_area numeric
1	ANYELIR	Kab. Aceh Utara	0.0
2	LIDAH BUAYA	Kab. Aceh Utara	478.0
3	SALAK	Kab. Aceh Utara	0.0

Gambar 9 Hasil kueri luas panen sampel komoditas subsektor hortikultura di kabupaten Aceh Utara tahun 2015 pada DBMS dengan keterangan nama komoditas, lokasi dan tahun.

```

1 SELECT * FROM public.dim_commodities WHERE id in (95, 118, 141, 164)

```

Data Output Explain Messages Notifications

	id integer	commodity_type_id integer	commodity_category_id integer	name character varying (255)
1	95	7	[null]	ANYELIR
2	118	2	[null]	JAHE
3	141	2	[null]	LIDAH BUAYA
4	164	2	[null]	SALAK

Gambar 10 Nilai nama pada id komoditas yang dijalankan pada kueri DBMS.

Lokasi	
Komoditas	Kab. Aceh Utara
JAHE	-
LIDAH BUAYA	478
SALAK	0

Gambar 11 Nilai luas panen sampel komoditas subsektor hortikultura di kabupaten Aceh Utara tahun 2015 pada tampilan SOLAP.

Gambar 11 menunjukkan beberapa perbedaan hasil antara data sumber dengan DBMS data target dan tampilan SOLAP. Terlihat pada data sumber menunjukkan hasil luas panen beberapa sampel komoditas terpilih, termasuk komoditas jahe, sedangkan pada DBMS data target dan tampilan aplikasi SOLAP tidak terlihat komoditas jahe. Pada data sumber dan DBMS data target juga terlihat komoditas anyelir, sedangkan pada tampilan SOLAP tidak terlihat.

2 Uji Kualitas Data

Dalam pengujian kualitas data, dijalankan masing-masing kueri yang tertera pada Tabel 6 pada DBMS data target, masing-masing kueri kasus uji dijalankan pada setiap atribut dalam tabel tertentu yang memiliki kriteria kualitas data yang sama. Tabel 9 merupakan hasil dari pengujian kualitas data yang memiliki keluaran salah satu tingkat keberhasilan, yaitu berhasil atau tidak berhasil.

Tabel 9 Hasil pengujian kualitas data

Kode	Kode kasus uji	Atribut	Tabel	Keberhasilan
Q-1	TC-1	harvested_area	fact_horticultures	Berhasil
Q-2	TC-1	production	fact_horticultures	Berhasil
Q-18	TC-2	harvested_area	fact_horticultures	Tidak berhasil
Q-19	TC-2	production	fact_horticultures	Tidak berhasil
Q-35	TC-3	harvested_area	fact_horticultures	Berhasil
Q-36	TC-3	production	fact_horticultures	Berhasil

Pada Tabel 9 tertera hasil kueri pengujian kualitas data berkode Q-1 sebagai sampel dari kasus uji berkode TC-1, yaitu pengujian ketelitian nilai data. Hasil kueri tersebut menunjukkan ada data yang ditampilkan seperti pada Gambar 12, maka ketelitian data pada atribut `harvested_area` dalam tabel `fact_horticultures` sesuai dengan ketelitian data pada data sumber.

Query Editor Query History

```
1 SELECT * FROM public.fact_horticultures WHERE harvested_area=0.6333333333333333
```

Data Output Explain Messages Notifications

	id integer	commodity_id integer	location_id integer	time_id integer	harvested_area numeric	production numeric	productivity numeric
1	340029	101	59	47	0.6333333333333333	3.0	155.1724137931
2	340078	101	48	47	0.6333333333333333	0.2	120.0
3	340127	101	47	47	0.6333333333333333	8.8	93.33333333333333
4	340225	101	52	47	0.6333333333333333	16.8	23.00884955752

Gambar 12 Hasil kueri pengujian ketelitian nilai data.

Uji kualitas data yang dilakukan selanjutnya adalah pengujian kualitas data berkode Q-18 sebagai sampel dari kasus uji berkode TC-2, yaitu pengujian nilai data yang bernilai *null*. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Gambar 13. Hasil kueri pada Gambar 13 menunjukkan bahwa ada data yang keluar, jadi pengujian kualitas data berkode Q-13 dinyatakan tidak berhasil karena pada DBMS data target terdapat data yang memiliki nilai *null* atau tidak sesuai ekspektasi yang ada pada Tabel 6.

Query Editor Query History

```
1 SELECT * FROM public.fact_horticultures WHERE harvested_area IS NULL
```

Data Output Explain Messages Notifications

	id integer	commodity_id integer	location_id integer	time_id integer	harvested_area numeric	production numeric	productivity numeric
1	2049348	168	147	1	[null]	[null]	[null]
2	2049349	168	147	2	[null]	[null]	[null]
3	2049350	168	147	3	[null]	[null]	[null]
4	2049351	168	147	4	[null]	[null]	[null]
5	2049352	168	147	5	[null]	[null]	[null]

Gambar 13 Hasil kueri pengujian nilai data bernilai *null*.

Analisis Hasil Uji

Pada tahapan ini, dilakukan analisis terhadap pengujian proses ETL. Dari pengujian proses ETL terlihat bahwa ada kesalahan pada uji kualitas data dan uji keseimbangan data dari hasil yang diharapkan. Setelah dianalisis, penyebab kesalahan pada *data warehouse* bukan hanya terletak pada proses ETL, namun juga ada kesalahan pada pengambilan data sumber dan pada pengembangan aplikasi tampilan SOLAP. Kesalahan pada pengembangan dijelaskan sebagai berikut.

1 Pengambilan data sumber

Pada uji kualitas data berkode Q-18 pada Gambar 14, terlihat bahwa ada data yang berisi *null*, sedangkan ekspektasinya tidak ada karena dilihat dari kebanyakan nilai data pada data sumber, jika tidak ada data yang tercatat, nilai akan berisi angka bernilai 0, bukan *null*. Namun, setelah dilakukan peninjauan ulang terhadap data sumber, ternyata menurut Gambar 14, data sumber yang merupakan *spreadsheet* tersebut tidak menampilkan data. Kesalahan tersebut dinyatakan sebagai kesalahan pada pengambilan sumber data, bukan kesalahan pada proses ETL.

Subsektor	Hortikultura			
Indikator	PRODUKTIVITAS			
Level	Kabupaten			
Provinsi	Papua			
Kabupaten	Kab.Mamberamo Raya			
Tahun	1970 - 2018			
No	Komoditas	Satuan	1970	1971
1	ADENIUM			
2	AGLAOENEMA			
3	ALPUKAT			
4	ANGGREK			
5	ANGGUR			

Gambar 14 Potongan hasil data sumber yang memiliki nilai *null* pada DBMS.

2 Proses ETL

Pada perbedaan antara data sumber dan data target DBMS dalam uji keseimbangan data dan uji kualitas data terdapat beberapa kesalahan proses ETL yang terlihat. Dari seluruh pengujian kesimbangan data yang mempunyai hasil dibawah 100% dan pengujian kualitas data yang tidak berhasil, penyebab-penyebab kesalahan tersebut dianalisis. Kesalahan pertama terlihat pada Gambar 6 yang merupakan perbedaan nama lokasi kabupaten Kepulauan Riau, yaitu tidak adanya kabupaten tersebut, walaupun tercatat nilai luas panen di dalam kabupaten tersebut pada data sumber. Setelah dianalisis, seperti yang terlihat pada Gambar 15, nilai luas panen komoditas temulawak pada lokasi tersebut pada tahun 2015 tetap tercatat di dalam DBMS, namun id lokasi yang tercantum pada komoditas hortikultura tersebut tidak memiliki nilai atau nama lokasi. Penyebab kesalahan ini disebabkan karena nama lokasi kabupaten-kabupaten di Indonesia pada DBMS mengacu pada Badan Informasi Geospasial (BIG) Republik Indonesia yang memiliki perbedaan dengan nama lokasi yang ada pada data sumber. Berdasarkan pada BIG, di dalam provinsi Riau tidak ada kabupaten Kepulauan Riau.

```

Query Editor Query History
1 SELECT dim_commodities.id, dim_commodities.name, commodity_types.name FROM public.dim_commodities INNER JOIN
2 commodity_types ON dim_commodities.commodity_type_id=commodity_types.id WHERE dim_commodities.name='JAHE'

Data Output Explain Messages Notifications
id name name
integer character varying (255) character varying (255)
1 49 JAHE Perkebunan
2 118 JAHE Hortikultura
    
```

Gambar 15 Hasil pencarian komoditas jahe dalam tabel dim_commodities pada DBMS beserta keterangan subsektornya.

Kesalahan kedua terlihat pada perbedaan pada komoditas jahe yang tidak ada pada DBMS seperti pada Gambar 9. Setelah dilakukan analisis, terdapat dua komoditas jahe pada tabel dim_commodities dengan subsektor berbeda seperti yang terlihat pada Gambar 16. Id komoditas jahe yang terdaftar pada tabel fact_horticultures merupakan id komoditas jahe yang tergolong dalam kategori perkebunan, sedangkan seharusnya id komoditas jahe yang terdaftar berkategori hortikultura, jadi hasil keluaran dari kueri tersebut tidak menampilkan komoditas jahe. Hal itu disebabkan data target dari data sumber yang berisi tabel subsektor

hortikultura dimuat berdasarkan nama komoditas, sehingga komoditas jahe yang mempunyai id terkecil yang terpilih, yaitu komoditas jahe dengan subsektor perkebunan. Penyebab kesalahan tersebut dibuktikan dengan kesalahan yang sama pada komoditas kapulaga pada tabel fact_horticultures.



Query Editor Query History

```

1 SELECT dim_commodities.id, dim_commodities.name, commodity_types.name FROM public.dim_commodities INNER JOIN
2 commodity_types ON dim_commodities.commodity_type_id=commodity_types.id WHERE dim_commodities.name='JAHE'

```

Data Output Explain Messages Notifications

	id	name	name
	integer	character varying (255)	character varying (255)
1	49	JAHE	Perkebunan
2	118	JAHE	Hortikultura

Gambar 16 Hasil pencarian komoditas jahe dalam tabel dim_commodities pada DBMS beserta keterangan subsektornya.

3 Tampilan aplikasi SOLAP

Pada data target tampilan SOLAP terdapat komoditas jahe namun bernilai *null*, kesalahan pada proses ETL sebelumnya terlihat dalam tampilan SOLAP, hal ini dikarenakan pengembang menggunakan komoditas jahe yang berkategori hortikultura namun tidak terdata dalam tabel fact_horticultures. Perbedaan juga terjadi pada komoditas anyelir yang tidak terdata pada tampilan SOLAP seperti pada Gambar 11, kesalahan ini dinyatakan sebagai kesalahan pada pengembangan aplikasi tampilan SOLAP, hal ini dikarenakan komoditas tersebut tidak ada di dalam kategori hortikultura, namun masuk ke dalam kategori hortikultura tanaman hias, sedangkan pada DBMS dan data sumber, komoditas adenium masuk ke dalam kedua kategori tersebut.

SIMPULAN

Penelitian ini telah menguji modul ETL berdasarkan penelitian sebelumnya untuk mengetahui letak kesalahan pada pengembangan modul tersebut. Penelitian ini menghasilkan letak kesalahan pengembangan modul berdasarkan uji kualitas data dan uji keseimbangan data yang dilakukan dengan mengambil sampel data sumber dan data target, kemudian dianalisis. Pengambilan sampel cukup mewakili data secara keseluruhan dan ditemukan ketidaksesuaian antara data sumber dan data target. Dari hasil analisis ditemukan letak kesalahan pada pengembangan tidak hanya pada proses ETL, namun ditemukan juga kesalahan pada pengambilan data dari sumber dan pada pengembangan aplikasi tampilan SOLAP komoditas pertanian Indonesia. Pengujian pada penelitian ini hanya melakukan pengujian pada proses ETL, namun *data warehouse* sebaiknya dilakukan dalam setiap tahapan dalam pengembangan *data warehouse*, sehingga *data warehouse* yang telah selesai dikembangkan dapat langsung digunakan dengan pengguna *data warehouse* untuk mencapai tujuan penggunaan data dengan hasil yang akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Boulil K, Bimonte S, Pinet F. 2014. Spatial OLAP integrity constraints: From UML-based specification to automatic implementation: Application to energetic data in agriculture. *Journal of Decision Systems*. 23(4): 460-480.
- Caron, E. 2013. Explanation of exceptional values in multi-dimensional business databases [tesis]. Rotterdam (NL): Erasmus University Rotterdam.
- ElGamal N, El-Bastawissy, A, Galal-Edeen, G. 2011. Towards a data warehouse testing framework. Di dalam: *2011 Ninth International Conference on ICT and Knowledge Engineering*; Bangkok, 2012 Jan 12-13. Bangkok (TH). hlm: 65-71.

- Golfarelli M, Rizzi S. 2009. Comprehensive approach to data warehouse testing. Di dalam: *Proceedings of the ACM twelfth international workshop on Data warehousing and OLAP*; Hong Kong, 2009 Nov 6. Hong Kong (HKG). hlm: 17-24.
- Homayouni H. 2018. An approach for testing the Extract-Transform-Load process in data warehouse systems [tesis]. Colorado (US): Colorado State University.
- Homayouni H, Ghosh S, Ray I. 2018. Data warehouse testing. Di dalam: *Advance in Computers*. Amsterdam (NLD): Elsevier.
- Patel S. 2012. What is data warehouse?. *IJAITI*. 1(4).
- Sitanggang IS, Trisminingsih R, Fuady F, Khotimah H. 2016. Extract, transform, load module in SOLAP for Indonesia agricultural commodity. Di dalam: *2018 International Conference on Sustainable Information Engineering and Technology (SIET)*; Malang, 2018 Nov 10. Malang (ID). hlm: 101-105.
- Sitanggang IS, Trisminingsih R, Khotimah H, Syukur M. 2018. Usability testing of SOLAP for Indonesia agricultural commodity. Di dalam: *Proceedings of the 5th International Seminar on Sciences*; Yogyakarta, 2019 Okt 25. Yogyakarta (ID). hlm: 1-8.
- Wijaya R, Pudjoatmodjo B. 2016. Penerapan extraction-transformation-loading (ETL) dalam data warehouse (studi kasus: departemen pertanian). *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*. 5(2): 61.