

PERANCANGAN SISTEM INFORMASI MANAJEMEN RANTAI PASOK MINYAK SAWIT MENTAH BERBASIS GIS

Ringgo Afrinando

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang
Email: ringgafri@gmail.com (korespondensi)

Dikirimkan 26 Juli 2011

Diterima 23 September 2012

Abstract

This study discusses about information systems of CPO supply chain management in PTPN 6 Ophir. PTPN 6 management still use the conventional system (archival documents) in running their business. This information is not yet integrated with the map of plantation, so it will allow errors and inaccuracies in the planning, management and maintenance of oil palm plantations. Otherwise, the output from the production and processing of FFB to CPO and Palm Kernel also has not been well managed. So this would have difficulties in data storage on the the plantation and harvest information and to make decision for the FFB receiving division and distribution of CPO and Palm Kernel. Therefore needed a system that can control the activities in the oil palm plantation and processing by utilizing information technology system that integrates mapping and data information in a software that will facilitate decision making for planning and maintenance.

The stages of the study consist of preliminary study, the selection method of problem solving, designing model system, database and software design and verification and validation of the model system. The study used primary data and secondary data. The primary data includes interviews about the company's business processes and the mechanisms of oil production. Secondary data includes administrative forms such as SPB, form the collection of FFB, weight measurement form and daily report sheet of factory. Model systems in the information system design used Object Oriented Analysis and Design method. This method will considers and designing systems with focusing the objects associated with the system. Verification results of the design has been done by using the method of Computerized Model Verification. This method to see whether the information system has been designed to run properly with the conceptual model of the system. Validation has been done by using Operational Validity. Validity Operational techniques used Black Box Test Method or directly test by the person that understand the issues in study.

The results was Information System Software Design of CPO Supply Chain Management at PTPN 6 already integrates all data and information on the plantation, processing and marketing of CPO and palm kernel oil in a web-based application with support for spatial data processing in online mapping format. The system model can be seen through the business process diagram, use case diagram, class diagram and entity relationship diagram.

Keywords: Information System, Supply Chain Management, Crude Palm Oil, GIS

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Produksi *Crude Palm Oil* (CPO) atau minyak sawit mentah di Indonesia selama sepuluh tahun terakhir terus mengalami peningkatan dengan laju pertumbuhan sekitar 12% setiap tahunnya. Hal ini dapat dilihat pada jumlah pabrik kelapa sawit (PKS) yang ada di Indonesia yang mencapai 608 unit dengan total kapasitas terpasang mencapai 34.280 ton TBS/jam yang tersebar di 22 Propinsi.

Tabel 1. Perkembangan Produksi CPO Indonesia

Ta- hun	Produksi CPO (000ton)						Nasional
	PR	%	PBN	%	PBS	%	
1980	1	0,14	499	69,21	221	30,65	721
1990	377	15,62	1,247	51,68	789	32,70	2,413
2000	1,906	27,22	1,461	20,87	3,634	51,91	7,001
2007	6,358	35,99	2,117	11,98	9,190	52,02	17,665
2008	7,105	37,01	2,295	11,95	9,800	51,04	19,2
2009	7,976	37,08	2,495	11,60	11,04	51,32	21,511
Ptb %/th	35,8		5,3		14,0		12,0

(sumber : Booklet – Fakta Kelapa Sawit Indonesia, 2010)
Catatan: PR; Perkebunan Rakyat, PBN; Perkebunan Besar Negara, PBS; Perkebunan Besar Swasta.

Melihat kelapa sawit adalah salah satu komoditas andalan Indonesia yang perkembangannya cukup pesat, maka pengembangan industri kelapa sawit ini hendaknya terus ditingkatkan guna mencapai perusahaan yang bersaing dan unggul dibandingkan dengan perusahaan lain. Pengembangan industri kelapa sawit ini ditingkatkan dengan melakukan proses perencanaan dan manajemen hasil perkebunan sawit serta pengolahan produksi kelapa sawit yang dilakukan secara terstruktur dan tepat. Proses ini diharapkan dapat menjadi alat untuk mendukung pengambilan keputusan (*Decision Support System*) dalam suatu manajemen perusahaan industri sawit tersebut.

Tabel 2. Pabrik Kelapa Sawit di Indonesia

N o.	Propinsi	Jumlah Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit (unit)	Kapasitas Produksi (ton TBS / Jam)
1	NAD	25	980
2	Sumatera Utara	92	3815
3	Sumatera Barat	26	1645
4	Riau	140	6660
5	Kepulauan Riau	1	40
6	Jambi	42	2245
7	Sumatera Selatan	58	3555
8	Bangka Belitung	16	1235
9	Bengkulu	19	990
10	Lampung	10	375
11	Jawa Barat	1	30
12	Banten	1	60
13	Kalimantan Barat	65	5475
14	Kalimantan Tengah	43	3100
15	Kalimantan Selatan	15	770
16	Kalimantan Timur	29	1545
17	Sulawesi Tengah	7	590
18	Sulawesi Selatan	2	150
19	Sulawesi Barat	6	260
20	Sulawesi Tenggara	3	260
21	Papua	3	140
22	Papua Barat	4	360
Total		608	34280

(sumber : Booklet – Fakta Kelapa Sawit Indonesia, 2010)

Pabrik kelapa sawit adalah salah satu rantai pasok produksi di industri kelapa sawit yang berfungsi sebagai pengolahan tandan buah segar (TBS) sawit menjadi CPO. Manajemen rantai pasok atau *supply chain management* (SCM) merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk memahami proses aliran dan perpindahan barang dari tahap bahan mentah sampai pada konsumen akhir.

Pengambilan keputusan dalam suatu industri kelapa sawit tidak hanya terpaku pada pendistribusian CPO dan Inti Sawit dari PKS ke konsumen akhir, namun kegiatan pengelolaan perkebunan kelapa sawit, pendistribusian TBS yang akan diolah serta manajemen sistem persediaan dari CPO dan Inti Sawit dalam juga merupakan salah satu bentuk kegiatan rantai pasok yang harus diperhatikan.

Unit Usaha Ophir PTPN 6 Pasaman adalah salah satu pelaku industri kelapa sawit yang mengelola perkebunan sawit serta mengolah sawit menjadi CPO dan Inti Sawit. Perusahaan ini terletak di Kecamatan Luhakan Duo dan Kinali, Kabupaten Pasaman Barat yang berjarak ± 186 Km dari Ibu Kota Propinsi Sumatera Barat. PTPN VI telah berhasil membangun kebun kelapa sawit seluas 8.056 hektar yang terdiri atas kebun Inti seluas 3.265 Hektar dan Kebun Plasma Seluas 4.800 Hektar. Kebun Inti terdiri dari 4 afdeling (wilayah areal perkebunan sawit) dan kebun plasma terdiri dari 5 plasma (wilayah areal perkebunan sawit) dimana penanaman dilakukan secara bertahap sejak tahun 1982 sampai pada tahun 1994.

Pengelolaan perkebunan sawit pada PTPN 6 saat ini sudah dilakukan cukup baik namun masih menggunakan data-data yang bersifat manual atau *paperbase*. Hal ini akan menimbulkan kesulitan dalam penyimpanan data-data mengenai informasi dasar perkebunan, infrastruktur perkebunan, pemeliharaan perkebunan, panen serta prediksinya. Informasi-informasi ini juga masih belum diintegrasikan dengan peta perkebunan dan data infrastruktur sehingga memungkinkan terjadinya kesalahan dan ketidakakuratan dalam perencanaan, pengelolaan dan pemeliharaan perkebunan sawit. Selain itu hasil produksi dari pengolahan TBS menjadi CPO dan Inti Sawit yang terjadi pada PTPN 6 juga belum dikelola dengan baik. Hal ini juga dapat menimbulkan kesulitan dalam pengambilan keputusan untuk penerimaan TBS serta pendistribusian CPO dan Inti Sawit perharinya.

Oleh karena itu dibutuhkan suatu sistem yang dapat mengontrol perkebunan dan pengolahan sawit dengan memanfaatkan teknologi sistem informasi yang mengintegrasikan pemetaan wilayah serta data informasi yang ada dalam suatu aplikasi utuh pada perusahaan yang akan mempermudah pengambilan keputusan baik untuk perencanaan maupun pemeliharannya. Aplikasi ini mencakup sistem informasi manajemen perkebunan sawit berbasis *Geographical Information*

System (GIS) yang mampu untuk mengumpulkan, menyimpan, menggabungkan, mengatur, mentransformasikan, memanipulasi dan menganalisis informasi-informasi yang erat kaitannya dengan data-data spasial dan geo-informasi pada perkebunan sawit sehingga pengambilan keputusan yang tepat dapat dilakukan berdasarkan informasi-informasi yang ditampilkan oleh peta-peta perkebunan sawit. GIS ini kemudian diintegrasikan dengan sistem informasi manajemen pengolahan dan pendistribusian CPO yang mampu mengumpulkan, menyimpan dan mengolah data-data serta informasinya dalam suatu *database* yang terstruktur. Sehingga sistem yang dirancang ini akan lebih meningkatkan efektifitas dan efisiensi manajemen perusahaan dalam kebijakan pengambilan keputusan pada permasalahan yang terjadi di perkebunan dan pabrik pengolahan kelapa sawit secara tepat dan akurat.

1.2. Perumusan Masalah

Masalah penelitian ini adalah bagaimana rancangan sistem informasi untuk manajemen rantai pasok minyak sawit mentah pada Unit Usaha Ophir PTPN 6 Pasaman yang memadukan pengelolaan perkebunan berbasis GIS, pengelolaan CPO di pabrik dan pengiriman CPO kepada pelanggan.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah menghasilkan rancangan sistem informasi manajemen rantai pasok minyak sawit mentah yang berkemampuan mengelola informasi di perkebunan berbasis GIS dan pelaporan kegiatan produksi, persediaan dan pengiriman minyak sawit mentah di Unit Usaha Ophir PTPN 6 Pasaman. Sistem informasi yang dirancang dapat memberikan informasi secara *real time* dan berguna untuk mendukung pengambilan keputusan.

1.4. Batasan Masalah

Agar masalah yang ditulis dalam tugas akhir ini tidak terlalu luas dan menyimpang dari topik yang ada, maka ruang lingkup yang menjadi batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian dikhususkan pada aliran informasi manajemen rantai pasok sawit pada bagian perkebunan, bagian pabrik pengolahan CPO dan Inti Sawit serta pemasaran CPO dan Inti Sawit pada bagian pemasaran.

2. Penelitian untuk perancangan GIS dilakukan hanya pada bagian perkebunan inti, sedangkan untuk perancangan sistem informasi manajemen sawit dilakukan pada bagian pengolahan dan distribusi CPO serta Inti Sawit .

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sawit

Kelapa sawit merupakan tanaman monokotil yang berakar serabut. Pohon kelapa sawit mengalami pertumbuhan dengan pertambahan tinggi berkisar 35-75 cm per tahun, sehingga pada umur 25 tahun ketinggian tanaman mencapai 15-18 m. Tandan buah segar sawit dapat diproses menjadi minyak sawit mentah (CPO) dan inti sawit (Palm Kernel) di pabrik kelapa sawit (PKS). Sisa produksi seperti tandan kosong kelapa sawit dapat diolah kembali menjadi berbagai produk biomassa, sedangkan limbah cair menghasilkan gas metana untuk bahan bakar gas dan sisanya dialirkan ke kebun sebagai pupuk.

2.2. Supply Chain Management

Supply chain (rantai pasok) merupakan jaringan perusahaan-perusahaan yang secara bersama-sama bekerja untuk menciptakan dan menghantarkan suatu produk ke tangan pemakai akhir [9]. *Supply chain management* (SCM) merupakan salah satu pendekatan yang digunakan untuk mencapai pengintegrasian yang efisien dari *supplier, manufacturer, distributor, retailer* dan *costumer* sehingga barang dagang dapat diproduksi dan didistribusikan dalam jumlah yang tepat, pada lokasi yang tepat, pada waktu yang tepat, dengan tujuan mencapai *cost* dari sistem secara keseluruhan yang minimum dan juga mencapai *service level* yang diinginkan.

Model rantai pasok minyak mentah dibangun atas empat fungsi pokok. Fungsi-fungsi tersebut adalah [3]:

1. Panen
Fungsi panen merupakan bagian dari sistem manajemen panen tandan buah segar di kebun kelapa sawit. Keputusan pokok yang menjadi fokus adalah prakiraan jumlah tandan buah segar panen setiap afdeling bahkan sampai tingkat blok.
2. Produksi
Fungsi produksi adalah perencanaan penggunaan segenap sumberdaya yang dibutuhkan sehingga dapat menghasilkan minyak mentah sesuai dengan prakiraan permintaan.
3. Persediaan

Fungsi persediaan merupakan kebijakan perusahaan sebagai upaya mengantisipasi fluktuasi permintaan dan menjaga tingkat pelayanan kepada para konsumen.

4. Distribusi

Fungsi distribusi adalah bagian penting dari kegiatan pemasaran karena berhubungan dengan pengiriman produk kepada seluruh konsumen sesuai dengan waktu dan jam yang telah ditetapkan.

2.3. Sistem Informasi

Sistem adalah integrasi elemen-elemen yang semuanya bekerja menuju satu tujuan. Adapun 3 elemen utama sistem adalah input, transformasi, dan output. Sebagian sistem mampu mengendalikan operasi mereka sendiri yang disebut sistem lingkaran tertutup (closed loop system). Sistem lingkaran tertutup ini mencakup mekanisme pengendalian, tujuan dan feedback. Sebaliknya, sistem yang tidak memiliki kemampuan pengendali disebut sistem lingkaran terbuka (Open loop system) [5].

Data adalah fakta-fakta dan angka-angka yang secara relatif tidak berarti bagi pemakainya. Data menggambarkan suatu kejadian serta merupakan suatu kesatuan yang nyata dan merupakan suatu bentuk yang masih mentah yang belum dapat bercerita banyak sehingga perlu diolah lebih lanjut melalui suatu model untuk menghasilkan informasi. Sedangkan informasi adalah data yang telah diproses atau data yang memiliki arti dan fungsi yang penting [6]. Informasi-informasi merupakan komponen penting selain data-data dan obyek-obyek pada suatu sistem. Informasi, data dan obyek yang ada pada suatu sistem dijadikan dasar dalam pertimbangan kebijaksanaan dalam pengambilan keputusan pada tingkat manajemen, operasional maupun jenjang pimpinan.

George M. Scott menjelaskan sistem informasi merupakan kumpulan dari manusia dan sumber-sumber daya modal suatu organisasi yang bertanggung jawab mengumpulkan dan mengolah data dan menghasilkan informasi yang berguna untuk semua tingkatan manajemen dalam kegiatan perencanaan dan pengendalian [4].

2.3.1. Sistem Informasi Geografis

GIS adalah suatu teknologi baru yang pada saat ini menjadi alat bantu (*tools*) yang sangat esensial dalam menyimpan, memanipulasi, menganalisa dan menampilkan kembali kondisi-kondisi alam dengan bantuan data atribut dan

spatial [8].

Perkembangan GIS tidak hanya bertujuan untuk menyelesaikan masalah geografi saja tetapi sudah merambat ke berbagai bidang. Berikut adalah aplikasi-aplikasi GIS dalam beberapa bidang :

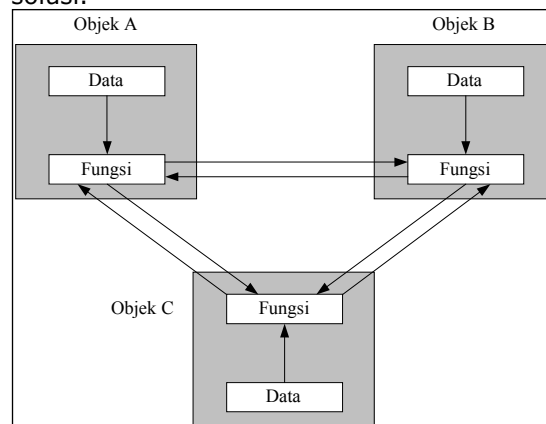
1. Aplikasi GIS di bidang sumber daya alam
2. Aplikasi GIS di bidang perencanaan
3. Aplikasi GIS dalam bidang kelistrikan
4. Aplikasi GIS di bidang telekomunikasi
5. Aplikasi GIS di bidang kependudukan atau demografi
6. Aplikasi GIS di bidang pariwisata.

2.3.2. Komponen GIS

Komponen kunci dalam GIS adalah sistem komputer, data geospasial dan pengguna. Sistem komputer GIS terdiri dari perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*) dan prosedur untuk penyusunan pemasukan data, pengolahan, analisa, pemodelan dan penayangan data geospasial. Pengguna pada komponen kunci GIS berfungsi untuk memilih informasi yang diperlukan, membuat standar, *update* data yang efisien, analisa output untuk hasil yang diinginkan serta merencanakan aplikasi. Data geospasial berupa peta digital, foto udara, citra satelit, tabel statistik dan dokumen lain yang berhubungan.

2.4. Metodologi Berorientasi Obyek

Dalam memodelkan suatu sistem, metodologi implementasi obyek tidak terlepas pada subjektifitas *software analyst and designer*. Beberapa obyek akan diabaikan dan beberapa obyek menjadi perhatian untuk diimplementasikan di dalam sistem. Hal ini tidak menjadi pokok permasalahan karena pada dasarnya suatu permasalahan dapat memiliki lebih dari satu solusi.



Gambar1. Pengorganisasian data serta fungsi pada pendekatan berorientasikan obyek (Sumber : Nugroho, 2005)

Pendekatan berorientasikan obyek membuat data terbungkus (*encapsulation*) pada setiap fungsi/prosedur dan melindunginya terhadap perubahan tidak dikehendaki dari fungsi yang berada diluar. Berikut ini karakteristik yang menjadi ciri-ciri dari pendekatan berorientasi obyek, yaitu [7] :

1. Pendekatan lebih pada data dan bukannya pada prosedur/fungsi.
2. Program besar dibagi pada apa yang dinamakan obyek.
3. Struktur data dirancang dan menjadi karakteristik dari obyek-obyek.
4. Fungsi-fungsi yang mengoperasikan data tergabung dalam suatu obyek yang sama
5. Data tersembunyi dan terlindung dari fungsi/prosedur yang ada diluar.
6. Obyek-obyek dapat saling berkomunikasi dengan saling mengirim *message*(pesan) satu sama lain.
7. Pendekatan adalah dari bawah ke atas (*bottom up approach*)

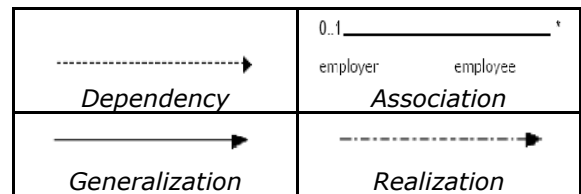
2.5. UML (Unified Modeling Language)

UML (*Unified Modeling Language*) sebuah bahasa yang berdasarkan grafik/gambar untuk memvisualisasi, menspesifikasikan, membangun, dan pendokumentasian dari sebuah sistem pengembangan software berbasis OO (*Object-Oriented*).UML sendiri terdiri atas pengelompokan diagram-diagram sistem menurut aspek atau sudut pandang tertentu. Diagram adalah yang menggambarkan permasalahan maupun solusi dari permasalahan suatu model. Berikut elemen-elemen UML [7] :

1. *Things/Benda*
Things merupakan bagian paling statik dari sebuah model, serta menjelaskan elemen-elemen lainnya dari sebuah konsep dan atau fisik. Bentuk dari beberapa benda/*things* berupa kelas *interface*, *collaboration*, *use case*, dan *node*[10].
2. *Relationship/Hubungan*
Relationship adalah hubungan-hubungan yang terjadi antar elemen dalam UML. Ada empat macam *relationship* di dalam penggunaan UML yang dapat dilihat pada Gambar 2, yaitu:
 - a. *Dependency*, merupakan hubungan semantik antara dua benda/*things* yang mana sebuah benda berubah mengakibatkan benda satunya juga berubah.
 - b. *Association*, merupakan hubungan antar benda struktural yang terhubung diantara obyek. Kesatuan obyek yang

terhubung merupakan hubungan khusus, yang menggambarkan sebuah hubungan struktural diantara seluruh atau sebagian.

- c. *Generalization*, menggambarkan hubungan khusus dalam obyek anak/*child* yang menggantikan obyek induk. Dalam hal ini, obyek anak memberikan pengaruhnya dalam hal struktur dan tingkah lakunya kepada obyek induk.
- d. *Realization*, merupakan hubungan semantik antara pengelompokan yang menjamin adanya ikatan diantaranya. Hubungan ini dapat diwujudkan diantara *interface* dan kelas atau elemen, serta antara *use cases* dan *collaborations*.



Gambar 2. Simbol Relationship

3. Diagram
Diagram adalah yang menggambarkan permasalahan maupun solusi dari permasalahan suatu model. Terdapat 9 jenis diagram yang digunakan dalam UML, yaitu[7]:
 - a. *Class Diagram*
Diagram ini bersifat statis dan memperlihatkan himpunan kelas-kelas, *interface*, *collaborations*, serta *relations*. *Class diagram* adalah alat rancang yang baik untuk pengembangan perangkat lunak. Kelas mengandung informasi dan tingkah laku yang berkaitan dengan informasi tersebut.
 - b. *Object Diagram*
Bersifat statis, diagram ini memperlihatkan instansiasi statis dari segala sesuatu yang dijumpai pada diagram kelas.
 - c. *Use Case Diagram*
Diagram ini menunjukkan interaksi antara *use case* dengan aktor.
 - d. *Sequence Diagram*
Bersifat dinamis, diagram urutan adalah diagram interaksi yang menekankan pada pengiriman pesan (*message*) dalam suatu waktu tertentu.
 - e. *Collaboration Diagram*
Diagram ini menunjukkan langkah kerja sama obyek-obyek dengan *use case*.

Obyek apa saja yang dibutuhkan untuk aliran, pesan apa saja yang obyek kirimkan ke obyek lain, dan urutan pesan-pesan yang dikirimkan.

f. *Statechart Diagram*

Statechart Diagram menyediakan sebuah cara untuk memodelkan bermacam-macam keadaan yang mungkin dialami oleh sebuah obyek.

g. *Activity Diagram*

Diagram aktivitas menggambarkan aliran fungsionalitas sistem. Pada tahap pemodelan bisnis, diagram aktivitas dapat digunakan untuk menunjukkan aliran kerja bisnis atau aliran kejadian dalam *use case* sistem.

h. *Component Diagram*

Diagram ini menunjukkan secara fisik komponen-komponen perangkat lunak pada sistem dan hubungannya antar komponen.

i. *Deployment Diagram*

Bersifat statis, diagram ini memperlihatkan konfigurasi saat aplikasi dijalankan. Diagram ini memuat simpul-simpul (*node*) beserta komponen yang ada di dalam sistem.

data, menghapus data, mengambil dan membaca data. Manajemen *database*(DBMS) memungkinkan untuk menciptakan *database* dalam penyimpanan akses langsung komputer, memelihara isinya dan menyediakan isi tersebut bagi pemakai tanpa pemrograman khusus.

Relational Database Management System(RDBMS) merupakan salah satu model dari DBMS dimana dapat digambarkan sebagai sebuah program komputer (atau secara lebih tipikal adalah seperangkat program komputer) yang didisain untuk mengatur/memanajemen sebuah basisdata sebagai sekumpulan data yang disimpan secara terstruktur, dan melakukan operasi-operasi atas data atas permintaan penggunanya.

Dalam model ini, data disimpan dalam bentuk tabel yang terdiri dari kolom dan baris, dimana setiap jenis data (*field*) menjadi kolom dan setiap rangkaian data (*record*) menjadi baris dari tabel tersebut. Antara kolom dalam satu tabel dapat direlasikan ke kolom di tabel yang lain, tetapi harus mempunyai sifat *primary key* atau *foreign key*. Sebuah *key* merupakan suatu indeks bagi tabel yang bersangkutan. Bentuk-bentuk relasi database terdiri dari :

1. *One to one relationships*

Jika dua tabel dihubungkan dalam *one to one relationships*, untuk setiap baris pada tabel pertama, ada pada setiap baris pada tabel kedua. Sebenarnya hubungan satu-satu sendiri terjadi dalam dunia nyata. Bentuk hubungan ini sering diciptakan untuk mengatasi sejumlah keterbatasan manajemen software database daripada model keadaan dunia nyata.

2. *One to many relationships*

Dua tabel dihubungkan dalam *one to many relationships* jika untuk setiap baris dalam tabel pertama, itu bisa menjadi baris nol, satu atau banyak pada tabel kedua tetapi setiap baris dalam tabel kedua tetap satu baris dalam tabel pertama.

3. *Many to many relationships*

Dua tabel dihubungkan dalam *many to many relationships* ketika setiap baris dalam tabel pertama itu bisa menjadi banyak baris dalam tabel kedua dan setiap baris dalam tabel kedua, itu bisa menjadi setiap baris dalam tabel pertama.

2.6. Database

Database adalah suatu koleksi data komputer yang terintegrasi, diorganisasikan dan disimpan dengan suatu cara yang memudahkan pengambilan kembali [5]. Kumpulan data ini saling berhubungan satu dengan yang lainnya, tersimpan di luar simpanan komputer dan digunakan perangkat lunak tertentu untuk memanipulasinya.

Manfaat dari sistem *database* yang merupakan sistem pengelolaan data pada sebuah organisasi menjadi lebih fleksibel dan terpadu, antara lain:

1. Data-data dapat dipergunakan bersama-sama.
2. Pengulangan data dapat dikurangi.
3. Menghindari ketidaktepatan data.
4. Mendukung proses transaksi.
5. Mempertahankan integritas data.
6. Keamanan data dapat dipertahankan.
7. Memenuhi berbagai kebutuhan data organisasi.
8. Mempertahankan standar data.

2.6.1 Konsep Database Management System

Database Management System (DBMS) berisi suatu koleksi data yang saling berelasi dan satu set program untuk mengakses data tersebut. Jadi DBMS terdiri dari *database* dan set program pengelola untuk menambah

2.6.2 PostgreSQL

PostgreSQL atau postgres adalah server *Object Relational-Database Management System* (ORDBMS) *open source* paling lengkap. PostgreSQL merupakan salah satu sistem database server yang dapat diinteraksikan dengan halaman web melalui berbagai cara. Salah satunya adalah dengan menggunakan modul PHP dalam *Apache web server*.

PostgreSQL dan PHP merupakan software *open source*, artinya *source code* dari kedua software tersebut dapat didistribusikan secara bebas. Ada beberapa keuntungan yang akan diperoleh jika menggunakan software *open source* yaitu [1] :

1. Biaya Minimum
2. Tingkat Keamanan yang Tinggi
3. Informasi yang Cepat
4. Independensi Data
5. Kebebasan dalam Perancangan

Postgis adalah sebuah database spasial yang terdapat pada server postgresQL yang didukung oleh semua fungsi dan obyek yang sudah didefinisikan dalam *openGIS "Simple Features for SQL specification"*. Dengan menggunakan fungsi spasial yang ada dalam postgis kita dapat melakukan analisa spasial dan query spasial. Seperti *Oracle Spatial*, *DB2 Spatial*, dan *Server Spatial*, Postgis menambahkan kemampuan kepada Postgresql untuk dapat melakukan pengolahan data spasial. Postgis dapat juga dinamakan sebagai *PostgreSQL Spatial*, yang mempunyai kepemilikan terhadap *spatial database extension*.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan pada perancangan adalah metode penelitian kualitatif, dengan jenis penelitian adalah studi kasus. Hal ini didasarkan pada data yang digunakan yaitu berupa dokumen-dokumen, orientasi pada proses, dan hasil berupa data deskriptif yaitu berupa kata-kata tertulis. Metoda pengumpulan data dilakukan dengan melakukan observasi ke lapangan, wawancara, dan dokumen.

Rancangan aplikasi dibuat dengan menggunakan bahasa pemodelan *Visual Paradigm 5.0*, dengan metode perancangan *Object Oriented Analysis and Design*. Sedangkan untuk aplikasi dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan dukungan *database* PostgreSQL serta postgis sebagai media penyimpanan data spasial. Aplikasi yang dibuat dapat menyimpan data atau informasi suatu

wilayah perkebunan sawit, menampilkan informasi kondisi harian perkebunan, hasil penerimaan TBS, jumlah TBS yang diolah, dan informasi kualitas CPO dan Inti Sawit yang dihasilkan serta distribusi pemasaran CPO dan Inti Sawit.

Sebelum melakukan perancangan aplikasi, diperlukan beberapa tahapan yang sistematis sehingga memudahkan dalam pengecekan dan evaluasi dari proses pencapaian tujuan. Tahapan tersebut antara lain:

1. Perancangan model sistem

Perancangan model sistem menggunakan Pendekatan Metode Berorientasi Obyek dengan bahasa grafis UML (*Unified Modelling Language*). Metode ini digunakan karena jika terjadi perubahan pada sistem aktual, maka sistem yang dirancang lebih mudah untuk direvisi atau dikembangkan. Untuk lebih memahami sistem yang ada, dirancang suatu model sistem yang menggambarkan secara detail proses yang ada dalam sistem tersebut.

Tahapan pemodelan tersebut adalah:

a. Konseptual

Business Proccess yang dibuat adalah aktual (kondisi yang berlangsung sekarang) dan rancangan sistem usulan. Penggambaran *business proccess* dilakukan dengan menggunakan aplikasi *visual paradigm 5* dengan bahasa grafis UML (*Unified Modelling Language*).

b. Analisis

Melakukan identifikasi terhadap kebutuhan (spesifikasi) sistem yang telah dibuat pada bisnis proses diagram. Komponen-komponen yang diidentifikasi adalah skenario sistem usulan, *user* yang akan menggunakan sistem usulan, *use case diagram*.

c. Design

Pada tahapan *design* ini dibuat dan *class diagram* dan *entity relationship diagram* untuk merepresentasikan hasil analisis kebutuhan sistem (*system requirement*) yang akan memudahkan dalam melakukan perancangan *database* sistem serta aplikasi yang akan dihasilkan.

2. Perancangan *database* sistem

Perancangan *database* menggunakan *database* relasional. *Software* yang digunakan pada perancangan ini adalah PostgreSQL. Elemen-elemen data disimpan dalam tabel lain yang membentuk baris dan kolom. Dalam model *database* ini data diatur secara

logis, yakni berdasarkan isi. Setiap *record* dalam tabel diidentifikasi oleh sebuah *field* kunci primer (*primary key*) yang berisi sebuah nilai unik. Untuk mencegah terjadinya redundansi, kesalahan penginputan data, dan pemborosan *database* maka dilakukan perancangan *database*.

3. Perancangan Sistem Informasi

Sistem informasi yang dirancang dibuat dengan mengkoneksikan *database* dengan aplikasi dibuat. Pembuatan aplikasi Sistem Informasi Manajemen Rantai Pasok Minyak Sawit Mentah menggunakan *software* Net Beans 7.1.1 dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP. Sistem Informasi Manajemen Rantai Pasok Minyak Sawit Mentah juga mencakup GIS Perkebunan Sawit. Langkah-langkah dalam perancangan GIS Perkebunan Sawit adalah:

a. Melakukan digitasi peta

Proses Digitasi dilakukan dengan *software* AutoCAD, *Map Info profesional 8.5* dan Quantum GIS 1.7.4

b. Perancangan *geodatabase*

Setelah melakukan digitasi peta, tahap selanjutnya adalah menginputkan informasi perkebunan sawit (data atribut) ke titik-titik hasil digitasi yang akan tersimpan dalam *database* yang telah dibuat.

4. Validasi dan Verifikasi

Verifikasi dilakukan dengan menggunakan metode *Computerized Model Verification*. Metode ini melihat apakah aplikasi Sistem Informasi yang telah dirancang dapat berjalan sesuai dengan *model conceptualsystem* yang diteliti [11]. Verifikasi ini dilakukan dengan kesesuaian yang dilihat dari adakah kesalahan/*error* yang terjadi saat Sistem Informasi digunakan, dan apakah informasi yang tampil pada aplikasi sudah sesuai dengan yang diinginkan oleh *user* atau pengguna sistem.

Validasi dilakukan dengan teknik *Operational Validity*. Teknik ini menjelaskan keakuratan dari *model output* yang didapatkan pada *Computerized ModelVerification* dapat diaplikasikan sesuai dengan permasalahan atau *Problem Entity* yang diteliti [11]. Teknik *Operational Validity* dilakukan dengan metode *Black Box Test* atau pengujian langsung oleh *user* atau pengguna sistem yang memahami permasalahan yang diteliti

terhadap model output yang didapatkan. Pengujian ini akan dilakukan dengan menerapkan beberapa *query* yang akan dijawab oleh hasil perancangan.

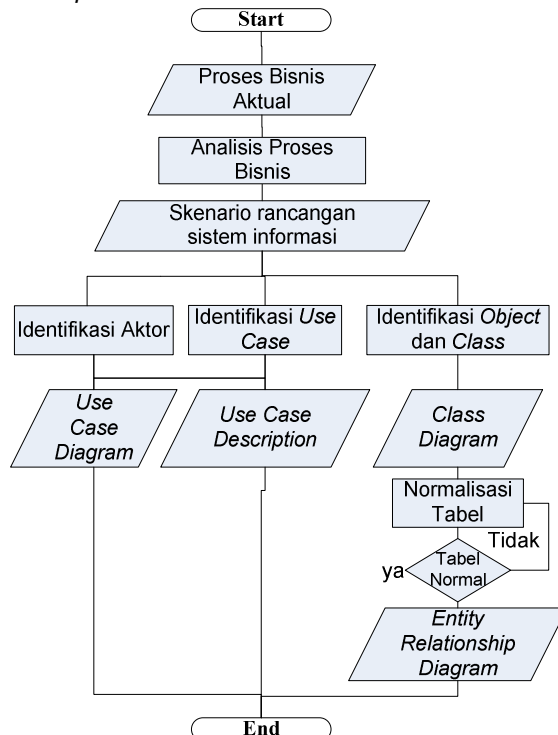
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem informasi yang terdapat pada PTPN 6 Unit Usaha Ophir saat ini masih menggunakan sistem dan penyimpanan data secara konvensional (dalam bentuk arsip-arsip dokumen). Kondisi ini akan menyulitkan pihak manajemen perusahaan untuk melakukan pengambilan keputusan secara cepat dan tepat. Arsip-arsip dokumen yang tersimpan saat ini berjumlah sangat banyak, hal ini dikarenakan proses bisnis pada bagian perkebunan dan pabrik berjalan dengan rentang waktu yang singkat. Seperti contoh untuk informasi penerimaan bahan baku TBS dilakukan oleh *staff* penimbangan hampir dalam seluruh jam kerja perusahaan, lembaran-lembaran yang akan dihasilkan dari proses penimbangan TBS ini akan mencapai ratusan dalam sehari. Selain itu pada bagian perkebunan mandor panen dari masing-masing kebun akan memberikan laporan data panen yang dilakukan setiap hari kepada asisten kebun untuk dilakukan analisa terhadap hasil yang didapatkan. Banyaknya lembaran dokumen akan menyulitkan asisten dan manajer kebun untuk mengolah data tersebut menjadi suatu laporan yang dapat membantu dalam pengambilan keputusan sewaktu-waktu.

Usulan skenario rancangan terhadap sistem informasi yang akan dijalankan oleh manajemen PTPN 6 Unit Usaha Ophir adalah dengan membangun sistem informasi baru berbasis *database* yang sudah terintegrasi secara terkomputerisasi. Rancangan sistem informasi akan mengintegrasikan keseluruhan data yang terdapat dalam proses bisnis perusahaan menjadi suatu sistem aplikasi pemrograman berbasis web. Aplikasi yang dirancang mampu memberikan informasi data dalam proses bisnis sehingga mudah untuk ditelusuri mulai dari manajemen perkebunan, manajemen pengolahan data hasil produksi serta manajemen data hasil distribusi pemasaran CPO dan inti sawit. Manajer dengan level tingkat tertinggi dapat melihat data secara *real time* ketika proses bisnis berjalan pada seluruh hari kerja. Rancangan ini juga didukung dengan sistem keamanan data yang dapat dibedakan menurut aktor atau orang yang bertanggung jawab pada setiap aktivitas dalam proses bisnis. Aplikasi yang dirancang untuk bagian perkebunan dapat menelusuri informasi perkebunan yang dapat digambarkan dalam

bentuk pemetaan *on line* (sistem informasi geografis). Manajemen perkebunan dapat melihat secara langsung lokasi panen serta data jumlah panen yang dilaksanakan secara *real time* setiap hari. Hal ini akan memudahkan dalam pelaporan terhadap manajemen perusahaan untuk melakukan inspeksi lapangan dengan melihat informasi yang ada pada peta perkebunan tersebut.

Proses perancangan model konseptual sistem dilakukan dengan membangun model fisik dan model logik. Model logik dapat digambarkan melalui tahapan analisis terhadap bisnis proses aktual yang terjadi pada PTPN 6 Unit Usaha Ophir. Proses bisnis dirancang ulang dengan metode *Object Oriented Analysis* untuk mendapatkan skenario rancangan sistem informasi yang akan memudahkan manajemen PTPN 6 dalam melaksanakan keseluruhan aktivitas yang ada pada aliran material dan informasi proses bisnis perusahaan. Berdasarkan analisis skenario rancangan sistem informasi usulan, dilakukan identifikasi kebutuhan sistem berupa identifikasi pengguna sistem dan identifikasi *use case*. Hasil identifikasi akan divisualisasikan dalam bentuk *use case diagram* dan *use description*.

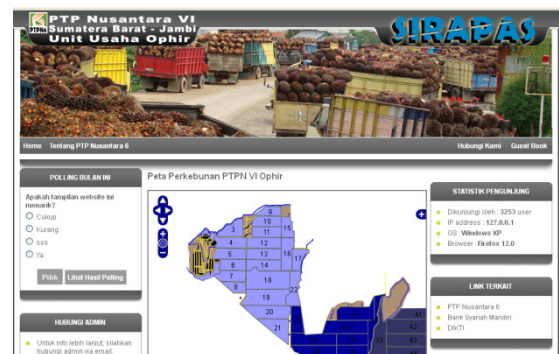


Gambar 3. Flowchart Perancangan Model Sistem

Tahapan selanjutnya dari perancangan sistem informasi manajemen rantai pasok minyak sawit mentah PTPN 6 adalah dengan mengidentifikasi kebutuhan model fisik

sistem berdasarkan proses bisnis dan *use case diagram*. Perancangan model fisik sistem akan digambarkan berupa obyek-obyek atau entitas pada *class diagram* dan *entityrelationship diagram*. Tahapan ini menggunakan metode *Object Oriented Design* yang akan mengidentifikasi *class* yang ada dalam sistem, berdasarkan seluruh obyek yang terkait dengan sistem. Obyek yang memiliki atribut dan metode akan dikelompokkan menjadi suatu *class* yang saling terkait dengan *class* lain. Hasil identifikasi ini akan digambarkan dalam bentuk *logicalclass diagram*. *Class diagram* yang dihasilkan berupa struktur tabel yang saling berelasi tanpa adanya perulangan atribut pada tabel lain. Tahapan selanjutnya adalah menggambarkan *class diagram* yang sudah dinormalisasi menjadi suatu hubungan entitas yang saling berelasi. Hubungan entitas tersebut divisualisasikan dengan *entity relationship diagram*. Diagram ini akan menjadi dasar perancangan *database* sistem informasi manajemen sawit PTPN 6.

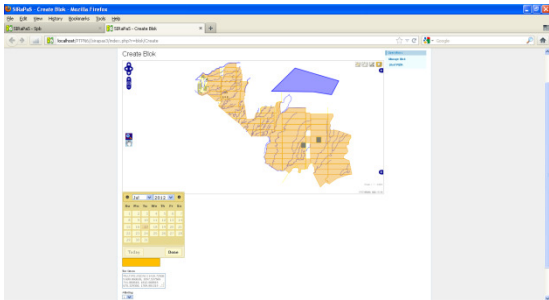
Hasil rancangan aplikasi adalah sistem informasi manajemen data dan informasi yang akan diakses oleh *stakeholder* PTPN 6. Aplikasi akan dijalankan setelah masuk dari halaman web *public* dengan melakukan *login* sistem terlebih dahulu. *User interface home public user* pada gambar 4 merupakan sisi halaman yang akan diakses oleh siapapun tanpa harus melalui *login* sistem terlebih dahulu. Halaman ini berisi informasi umum mengenai profil perusahaan, lokasi perkebunan pada peta, informasi penjualan TBS per hari serta halaman *Guest Book* untuk mengirimkan pesan kepada admin Web PTPN 6.



Gambar 4. User Interface Home Public User

Aplikasi sistem informasi manajemen rantai pasok minyak sawit mentah PTPN 6 secara umum akan menampilkan halaman *form* untuk memasukkan data seperti pada gambar 5. Rancangan *form input* data khusus untuk bagian perkebunan akan

memperlihatkan peta perkebunan yang dapat ditambahkan secara dinamis oleh pengguna sistem sesuai dengan bentuk yang diinginkan oleh *user* tersebut.



Gambar 5. *User Interface Form* Pembuatan Blok Peta Perkebunan baru

Kelebihan yang dimiliki oleh hasil rancangan aplikasi sistem informasi manajemen rantai pasok minyak sawit mentah PTPN 6 berbasis GIS adalah :

1. Airan Informasi
Informasi yang terdapat pada sistem dapat ditelusuri dengan mudah dari sumber informasi awal tanpa harus membuka arsip-arsip dokumen dalam bentuk lembaran kertas.
2. Integritas Data
Rancangan sistem informasi manajemen rantai pasok minyak sawit mentah PTPN 6 memiliki hubungan informasi yang saling terkait antara manajemen perkebunan, manajemen pengolahan sawit serta manajemen pemasaran CPO dan Inti Sawit. Informasi ini akan tersimpan dalam database PostgrSQL menggunakan ORDBMS yang akan memudahkan dalam pencarian data, manajemen data dan pengembangan data secara terstruktur
3. Monitoring Data
Proses pencarian merupakan salah satu komponen kegiatan yang tidak efektif. Oleh karena itu dengan adanya rancangan aplikasi sistem informasi yang baru, pengguna sistem dalam melakukan pengontrolan secara *real time*.
4. Proses Administrasi
Aktivitas yang akan berjalan pada aplikasi ini akan lebih mudah dengan proses penginputan dan manajemen data yang sudah terkomputerisasi. Aplikasi juga sudah mendukung dalam pencetakan data untuk kebutuhan sistem dalam pelaporan sewaktu-waktu.
5. Proses Pengambilan Keputusan
Sistem informasi yang dirancang merupakan aplikasi berbasis web yang dapat menampilkan data secara *real time*. Keunggulan ini dapat menjadi

media untuk pengambilan keputusan bagi manajemen perusahaan berdasarkan informasi data yang terstruktur dan dapat ditelusuri.

6. Waktu Pengolahan Data Lebih Cepat
Kemampuan aplikasi untuk langsung mengkalkulasikan data yang telah diinputkan, mempermudah manajemen untuk tidak perlu melakukan perhitungan secara manual yang memerlukan waktu lebih lama. Hal ini mempengaruhi efisiensi waktu yang digunakan manajemen perusahaan untuk mengolah data dan memberikan laporan secara cepat.

Rancangan aplikasi sistem informasi manajemen rantai pasok minyak sawit mentah PTPN 6 selain memiliki keunggulan juga terdapat keterbatasan dalam perancangannya. Keterbatasan rancangan sistem informasi ini antara lain :

1. Sumber Daya Manusia
Sumber daya manusia yang ada saat ini masih menjalankan aktivitas proses bisnis perusahaan dengan sistem konvensional. Hal ini dikarenakan belum terbiasanya karyawan ataupun manajemen perusahaan dalam penggunaan teknologi computer. Rancangan sistem informasi ini membutuhkan penambahan satu divisi dalam pengelolaan informasi dan teknologi yang belum ada saat ini pada manajemen PTPN 6.
2. Teknologi
Penerapan rancangan aplikasi sistem informasi manajemen rantai pasok minyak sawit mentah PTPN 6 berdampak pada perusahaan untuk melakukan pengadaan beberapa unit komputer dan pendukung lainnya. Hal ini akan membutuhkan biaya tambahan yang cukup besar bagi perusahaan untuk biaya pengadaan, *maintenance* aplikasi serta perawatan rutin terhadap komputer yang digunakan dalam aktivitas proses bisnis perusahaan.

Berdasarkan kelebihan dan keterbatasan yang ada pada rancangan sistem informasi ini, faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam penerapan aplikasi proses bisnis perusahaan antara lain :

1. Struktur Organisasi
Rancangan aplikasi membutuhkan satu unit divisi tambahan dalam pengelolaan sistem informasi, baik itu dalam implementasi maupun pengembangan sistem informasi perusahaan.
2. Sumber daya manusia

Sumber daya manusia yang ada saat ini pada umumnya adalah karyawan dengan pendidikan tertinggi adalah Sekolah Menengah Atas. Oleh karena itu dibutuhkan karyawan baru yang sudah mampu dalam pengoperasian komputer. Selain itu juga dapat didukung dengan melakukan sosialisasi atau *training* kepada orang-orang yang akan menggunakan rancangan sistem informasi ini, hal ini tidak hanya memberitahukan bagaimana tentang pengoperasian sistem melainkan juga sosialisasi mengenai perubahan sistem proses bisnis perusahaan pada seluruh karyawan dan manajemen perusahaan.

3. Kebutuhan fisik rancangan sistem informasi

Rancangan sistem informasi merupakan aktivitas bisnis proses perusahaan yang akan dijalankan dengan dukungan komputer. Aplikasi yang dirancang membutuhkan setidaknya empat unit komputer untuk bagian manajemen informasi perkebunan, manajemen informasi penimbangan, manajemen informasi pengolahan hasil produksi serta manajemen informasi administrasi perusahaan. Dari salah satu komputer perlu adanya satu unit komputer yang akan menjadi server dari rancangan aplikasi ini.

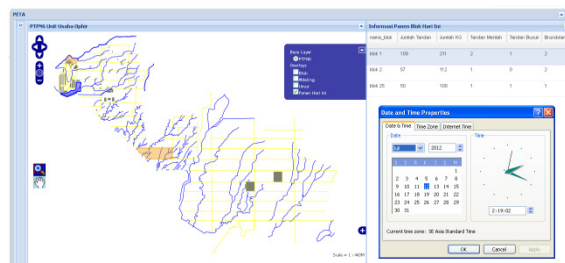
Verifikasi hasil rancangan dilakukan terhadap model sistem dengan menggunakan metode *Computerized Model Verification*. Metode ini akan melihat apakah model sistem yang sudah dirancang mampu menggambarkan dan memenuhi kebutuhan dari proses bisnis perusahaan. Selain itu verifikasi juga akan dilakukan terhadap rancangan aplikasi melihat apakah terdapat kesalahan / *error* dalam proses menjalankan sistem informasi dan apakah sistem informasi sudah memenuhi kebutuhan sistem dari perancangan model konseptual

Validasi yang dilakukan terhadap hasil rancangan menggunakan metode *Operational Validity*. Metode ini akan menjelaskan keakuratan dari model sistem dengan hasil rancangan sudah mampu diaplikasikan sesuai dengan permasalahan atau *problem entity* yang diteliti. Teknik validasi ini dilakukan dengan metode *Black Box Test* atau pengujian langsung oleh pihak yang memahami permasalahan yang diteliti terhadap hasil rancangan yang didapatkan. Pengujian ini akan dilakukan dengan menerapkan beberapa *query* yang akan dijawab oleh hasil perancangan.

Query yang akan dijawab oleh hasil perancangan adalah sebagai berikut:

1. Dimana Lokasi Panen dan berapa jumlah panen pada hari ini?

Query ini terjawab pada aplikasi melalui tampilan keseluruhan blok yang di panen pada hari ini serta informasi yang muncul pada *data grid* di sebelahnya.



Gambar 1 Pengujian sistem untuk *query* 1

2. Berapa jumlah kg TBS yang diterima hari ini?

Query ini terjawab pada aplikasi dengan mengakses menu index penerimaan TBS. Sistem akan menunjukkan informasi berupa grafik jumlah TBS yang diterima hari ini baik yang berasal dari perkebunan afdeling PTPN 6 maupun perkebunan binaan.

3. Berapa jumlah pengiriman CPO pada hari ini?

Query ini terjawab pada aplikasi dengan mengakses menu index pengiriman CPO. Sistem akan menunjukkan informasi berupa grafik jumlah CPO yang dikirimkan hari ini berdasarkan data kontrak.

4. Berapa sisa persediaan CPO pada tangki timbun?

Query ini terjawab pada aplikasi dengan mengakses menu index laporan harian PKS. Sistem akan menunjukkan informasi berupa grafik jumlah persediaan CPO berdasarkan data 10 hari yang lalu dari hari sistem dibuka.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian adalah dihasilkan suatu rancangan model dan aplikasi Sistem Informasi Manajemen Rantai Pasok Minyak Sawit Mentah PTPN 6 yang sudah mengintegrasikan keseluruhan data dan informasi berupa peta perkebunan, data panen, data penerimaan TBS, data hasil

produksi, data kontrak pembelian hasil produksi serta data pengiriman hasil produksi. Informasi-informasi ini tersimpan secara terstruktur dalam suatu sistem *database* dengan aplikasi berbasis web yang dapat digunakan oleh Manajemen PTPN 6 pada bagian perkebunan, pengolahan sawit serta pemasaran CPO dan Inti Sawit. Selain itu hasil perancangan model sistem dapat terlihat melalui *bussiness process diagram*, *use case diagram*, *class diagram* dan *entity relationship diagram*.

Sistem yang dirancang memiliki beberapa keunggulan diantaranya :

1. Data terintegrasi secara terstruktur dalam suatu sistem *database*
2. Airan informasi dapat ditelusuri dengan mudah
3. Monitoring data dilakukan secara *real time*
4. Proses administrasi dilakukan secara terkomputerisasi
5. Dapat digunakan sebagai media yang membantu pengambilan keputusan (*Decision Support System*)
6. Waktu pengolahan data lebih cepat
7. Administrasi data tidak lagi menggunakan arsip dokumen melainkan menggunakan komputer.
8. Pemetaan perkebunan dapat lebih mudah dengan dukungan GIS
9. Informasi dapat lebih cepat dicari
10. Arsip penyimpanan data dalam bentuk sistem *database*
11. Pelaporan dimudahkan dengan dukungan informasi melalui tampilan grafik
12. Penghematan waktu dan biaya bagi perusahaan untuk melakukan implementasi rancangan sistem informasi ini.

5.2. Saran

Saran-saran yang dapat diberikan untuk pengembangan sistem lebih lanjut terhadap sistem informasi manajemen rantai pasok minyak sawit mentah PTPN 6 adalah :

1. Untuk pengembangan sistem lebih lanjut, penelitian tidak hanya dilakukan pada aliran informasi manajemen rantai pasok sawit pada bagian perkebunan, bagian pabrik pengolahan CPO dan *Palm Kernel* serta pemasaran CPO dan *Palm Kernel* pada bagian pemasaran. Tetapi juga dilakukan pada bagian perawatan kebun, penjaminan kualitas produk dan bagian keuangan.
2. Penelitian untuk perancangan GIS dilakukan pengembangan untuk perkebunan plasma serta perkebunan

sawit yang masuk dalam penerimaan TBS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adam, A. L.(2003). PHP & PostgreSQL. Yogyakarta: Andi.
- [2] Anonim. (2010). Fakta Kelapa Sawit Indonesia. Jakarta : Dewan Minyak Sawit Indonesia
- [3] Hadiguna, R. A. (2009). Manajemen Rantai Pasok Minyak Sawit Mentah. *Journal of Logistics and Supply Chain Management*. 2(1), 15-19
- [4] Jogiyanto. (2005). Sistem Teknologi Informasi. Yogyakarta: Andi.
- [5] Mcleod R. (1998). Sistem Informasi Manajemen (Ed 2). Jakarta : PT Prenhallindo.
- [6] Mcleod, R. (2008). *Management Information Systems*. Jakarta : Salemba Empat
- [7] Nugroho, A. (2005). *Rational Rose* untuk Pemodelan Berorientasikan Objek. Bandung : Informatika.
- [8] Prahasta, E. (2005). Sistem Informasi Geografis : Konsep-konsep Dasar. Bandung : Informatika.
- [9] Pujawan, I. N. (2005). *Supply Chain Management*. Surabaya: Gundawidya.
- [10] Roff, J. T. (2003). *UML A Beginner's Guide*. California : Corel VENTURA.
- [11] Sargent, R. G. (2000). Verification, Validation, and Accreditation of Simulation Models. *Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference.*, 50-59