

APLIKASI SISTEM PRECISION AGRICULTURE DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI GOOGLE EARTH API DAN DATABASE ORACLE

Marion Erwin Dien
Politeknik Negeri Ambon
marioonexxx@yahoo.com

Abstract - Precision agriculture system based geographic information system is an agricultural technology that utilize agricultural information and data are combined with data and geographic information to support agricultural operations. Fertilization activities and calculation of production are two of several agricultural operations. Precision system of agriculture can be analysis and fertilizer recommendation and the calculation results of agricultural production based on actual data had been entered into the database which would then visualize in the form of geographical maps by an application of precision agriculture systems. From the results and calculation of fertilizer recommendation can be calculated amount of fertilizer that will be used in a plantation and the number of production or the number of workers that will be used by agricultural employers during the production period later.

Keywords: Precision agriculture; Geographic Information System; Information and Data; Fertilization; Production

Abstrak - Sistem *precision agriculture* berbasis sistem informasi geografi merupakan sebuah teknologi pertanian yang memanfaatkan data dan informasi pertanian yang dipadukan dengan data dan informasi geografis untuk mendukung kegiatan operasional pertanian. Kegiatan pemupukan dan perhitungan hasil produksi merupakan dua diantara beberapa kegiatan operasional pertanian. Dengan sistem *precision agriculture* dapat dilakukan analisa dan rekomendasi pemupukan serta perhitungan hasil produksi berdasarkan data aktual pertanian yang diinputkan kedalam basis data yang kemudian akan visualisasikan dalam bentuk peta geografis oleh sebuah aplikasi sistem *precision agriculture*. Dari hasil rekomendasi pemupukan dan perhitungan dapat dihitung jumlah penggunaan pupuk yang akan digunakan didalam sebuah perkebunan serta jumlah hasil produksi ataupun jumlah pekerja yang akan digunakan oleh pengusaha pertanian pada saat masa produksi nanti.

Kata Kunci: Pertanian Presisi; Sistem Informasi Geografi; Data dan Informasi; Pemupukan; Produksi

I. PENDAHULUAN

Perkembangan dan pemanfaatan teknologi informasi saat ini berkembang pesat dengan berbagai pengaplikasiannya dalam bidang kehidupan. Teknologi informasi kini menjadi pendukung utama dalam aktifitas manusia. Aktifitas yang dilakukan akan menjadi lebih efisien dan dapat diselesaikan dalam jangka waktu yang relatif lebih singkat. Tidak sampai disini saja, pemanfaatan teknologi informasi kini dimanfaatkan oleh organisasi pemerintah maupun perusahaan untuk memperoleh keuntungan serta efisiensi kinerja dan biaya.

SIG (sistem informasi geografi) merupakan salah satu teknologi informasi yang kini paling dimanfaatkan untuk menunjang aktifitas perusahaan maupun organisasi pemerintahan. SIG merupakan teknologi yang melibatkan data rupa bumi (data geospasial) yang sudah berwujud digital, dengan data-data lain yang berkaitan dengan data keuangan. Salah satu aplikasi desktop SIG yang saat ini paling populer adalah *Google Earth API*. Kini *Google Earth API* dimanfaatkan untuk mendukung berbagai aplikasi teknologi sistem informasi geografi dalam berbagai bidang kehidupan.

Pemanfaatan teknologi SIG kini telah mencakup berbagai bidang kehidupan manusia, termasuk didalamnya bidang perkebunan. Seperti yang kita ketahui, Indonesia merupakan salah satu negara agraris terbesar di dunia dengan luas lahan perkebunan yang mencapai 21 juta hektar. Saat ini di Indonesia, pertanian masih bersifat tradisional dan masih mengacu pada manajemen lahan yang homogen. Ada dua permasalahan utama dalam pengelolaan masalah perkebunan, yaitu masalah pemupukan dan masalah perhitungan hasil produksi. Sebagai contoh untuk masalah pemupukan, selama ini pengusaha perkebunan di Indonesia masih melakukan pemupukan secara menyeluruh terhadap lahan perkebunannya tanpa menganalisis terlebih dahulu kondisi kesuburan tanah dan analisis kandungan hara dalam daun dan tanaman. Sedangkan untuk masalah hasil produksi perkebunan, para pengusaha perkebunan banyak menghabiskan banyak biaya untuk menyewa pekerja pada saat melakukan panen tanpa menghitung terlebih dahulu kesesuaian jumlah hasil produksi yang dihasilkan dengan jumlah pekerja yang dipakai.

Solusi yang dapat menjawab permasalahan perkebunan di Indonesia adalah dengan sistem *precision agriculture* atau yang lebih dikenal dengan sistem pertanian tepat. Sistem *precision agriculture* merupakan sistem pertanian yang memanfaatkan data dan informasi geografis dan data aktual perkebunan untuk kemudian dilakukan analisis lahan perkebunan yang dapat di visualisasikan dalam aplikasi SIG yang terintegrasi dalam sebuah basisdata.

Perkebunan kelapa sawit merupakan salah satu objek yang dapat diterapkan sistem *precision agriculture*. Lahan perkebunan kelapa sawit memerlukan analisa dan rekomendasi pemupukan yang aktual, tepat dan efisien. Selain itu, jumlah produksi lahan perkebunan kelapa sawit dapat diperkirakan dengan menggunakan sistem *precision agriculture*. Perkebunan kelapa sawit PT.Agro Indomas merupakan salah satu objek yang dapat diterapkan sistem *precision agriculture*.

Lahan perkebunan ini memerlukan sebuah analisa berbasis teknologi sistem informasi geografi untuk proses analisis, perencanaan, pengambilan keputusan hingga pelaksanaannya guna menghasilkan manajemen perkebunan dengan efisiensi biaya dan produktifitas produksi yang tinggi.

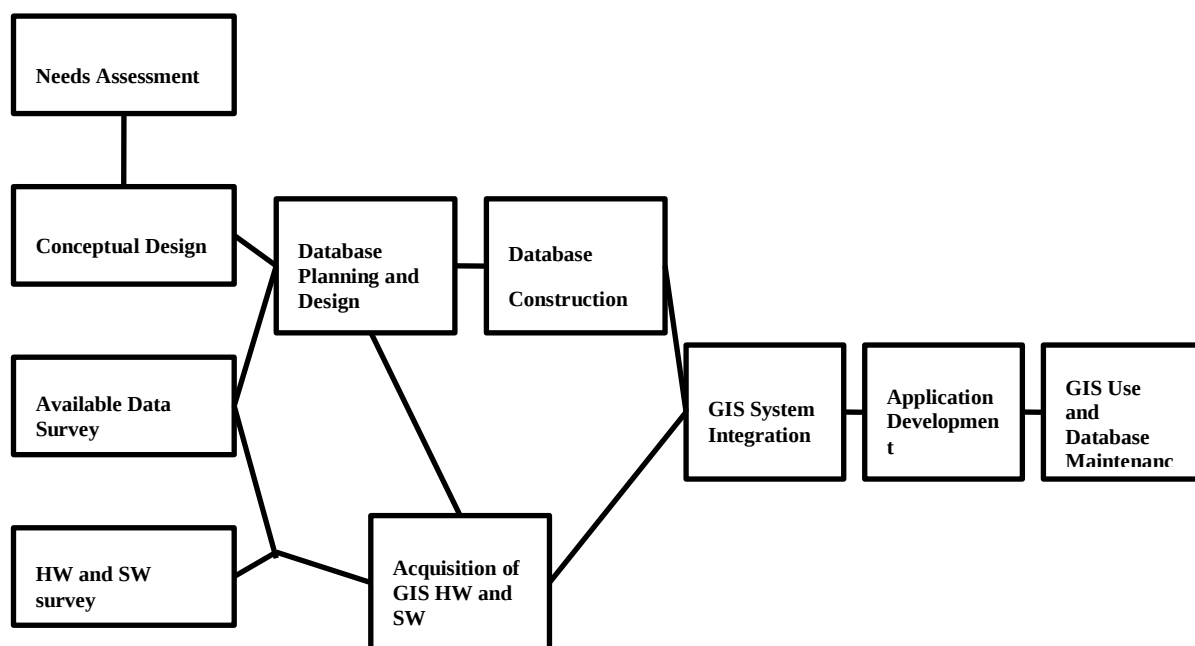
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konsep Sistem Informasi Geografi

Sistem informasi geografi merupakan pertama kali diperkenalkan pada pertengahan tahun 1960 yang bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan geografi. SIG (Sistem Informasi Geografis) merupakan sistem informasi berbasis komputer yang menggabungkan antara unsur peta (geografis) dan informasinya tentang peta tersebut (data atribut) yang dirancang untuk mendapatkan, mengolah, memanipulasi, analisis, memperagakan dan menampilkan data spasial untuk menyelesaikan perencanaan, mengolah dan meneliti permasalahan. Dengan definisi ini, maka terlihat bahwa aplikasi SIG dilapangan cukup luas terutama bagi bidang yang memerlukan adanya suatu sistem informasi tidak hanya menyimpan, menampilkan, dan menganalisa data atribut saja tetapi juga unsur geografisnya [1].

2.2. GIS Development Life Cycle

Pengembangan SIG bukan hanya sekedar dengan tersedianya *hardware* dan *software* yang memadai. Hal utama yang sangat penting didalam proses pengembangan SIG adalah pengembangan basisdatanya. Siklus pengembangan SIG dimulai dengan penaksiran kebutuhan-kebutuhan (need assesment) dimana fungsi-fungsi SIG beserta kebutuhan dan geografisnya diidentifikasi. Informasi ini didapat dengan beberapa cara seperti pengumpulan questioner, wawancara, atau interview terhadap user SIG yang potensial. Baru kemudian survey mengenai perangkat keras, perangkat lunak dan data dilakukan berdasarkan informasi yang didapat, dan perancangan detil pengembangan SIG diinformasikan [2].



Gambar 1. Proses Pengembangan SIG (www.gis.com)

Dari gambar diatas, tampak bahwa proses (siklus) pengembangan SIG terdiri dari sebelas langkah yang dimulai dari proses penaksiran kebutuhan dan diakhiri oleh proses kelanjutan penggunaan sistem SIG berikut

pemeliharaan basisdatanya. Langkah-langkah atau urutan proses ini disajikan sebagai logika kemajuan atau progres dari aktivitas-aktivitas pengembangan dimana setiap proses harus sudah selesai dilakukan sebelum proses berikutnya dikerjakan. Karena ini hanya sebuah logika saja, maka semua pekerjaan atau proses yang ada dalam pengembangan SIG tidak harus selalu dilakukan berdasarkan urutan ini. Bahkan jika diperhatikan lebih jauh, pada masalah inipun masih terdapat kemungkinan beberapa aktivitas yang terdapat pada masing-masing proses dilakukan secara bersamaan [3].

2.3. Konsep Precision Agriculture

Precision Agriculture atau *precision farming* (pertanian tepat) telah dikembangkan sejak tahun 1990-an. *Precision Agriculture* pada awalnya dikembangkan untuk memonitor kondisi tanaman di Amerika Serikat dengan menggunakan teknologi Remote Sensing. Seiring dengan berkembangnya teknologi SIG, *Precision Agriculture* kini telah digunakan di bidang pertanian secara luas. Dalam penerapan *precision agriculture*, data yang dikumpulkan berupa data pokok berupa areal pertanian, pembibitan, karakteristik/nutrien tanah, saluran irigasi, pemupukan, insektisida, pestisida serta bahan organik lainnya dan data penunjang berupa prediksi cuaca, dataran banjir serta data lain yang disesuaikan dengan kondisi daerah untuk menunjang kegiatan pertanian [4] (Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2007).

2.4. Proses dari Precision Agriculture

Menurut argowiki.org, ada beberapa tahapan atau proses yang perlu dilakukan dalam penerapan *precision agriculture*, antara lain:

a. Data Collection

Merupakan proses pengumpulan data, dimana semua data yang diperlukan dalam implementasi *precision agriculture* dikumpulkan. Data yang dikumpulkan merupakan data atribut dan data spasial yang diperoleh dengan cara survei lapangan seperti luas daerah pertanian, tingkat kesuburan, karakteristik tanah, pemupukan dan lain-lain dimasukkan ke dalam basis data melalui aplikasi sistem *precision agriculture* dan kemudian divisualisasikan dalam bentuk map/peta.

b. Data Analysis

Setelah semua data yang diperlukan telah tersedia, kemudian dilakukan analisis. Selanjutnya hasil analisis akan dilakukan *interpretation*.

c. Interpretation

Interpretation data dilakukan dengan merepresentasikan visualisasi terhadap hasil analisa data. Data yang telah ada direpresentasikan didalam bentuk *map file*.

d. Decision Making Process

Pengambilan keputusan dilakukan setelah kita mengetahui permasalahan yang dihadapi, kemudian dilakukan pengumpulan data terhadap masalah yang dihadapi. Data yang telah dikumpulkan dilakukan analisa untuk memperoleh semua solusi yang memungkinkan. Dari solusi-solusi yang ada kemudian dipilih solusi yang paling tepat untuk dilakukan.

2.5. Keuntungan dari Precision Agriculture

Dengan adanya pemanfaatan teknologi SIG dalam bidang pertanian dan perkebunan khususnya dalam *precision agriculture*, ada beberapa keuntungan yang diperoleh antara lain [5] :

- a. Meningkatkan hasil panen
- b. Menyediakan informasi untuk membuat keputusan yang tepat.
- c. Mengurangi biaya bahan kimia dan pupuk dengan efisiensi.
- d. Menyediakan data pertanian yang lebih akurat
- e. Meningkatkan keuntungan
- f. Mengurangi polusi.

2.6. Pengembangan SIG dalam Pengelolaan Perkebunan Kelapa Sawit

Komoditas kelapa sawit memegang peranan yang cukup penting didalam perekonomian Indonesia, karena komoditas ini merupakan salah satu andalan sumber devisa non migas. Produktivitas industri kelapa sawit di Indonesia masih belum sebaik Malaysia yang potensi alamnya jauh lebih kecil. Salah satu penyebabnya adalah efektifitas manajemen pengelolaan perkebunan kelapa sawit. Ada beberapa faktor yang penting dalam menunjang pengelolaan kelapa sawit yang efektif diantaranya ketersediaan informasi yang akurat dan memadai untuk kegiatan operasional perkebunan. Mengingat perkebunan kelapa sawit juga merupakan salah satu industri yang sangat berkaitan erat dengan lahan atau faktor geografis, maka sebenarnya banyak hal yang dapat terbantu dengan memanfaatkan sistem informasi geografis.

Dewasa ini, teknologi GIS yang ada telah memungkinkan penyebaran informasi melalui Internet maupun intranet. Fasilitas ini menjadikan proses rekapitulasi, konsolidasi, analisis dan perencanaan yang lebih terintegrasi di tingkat kantor Direksi, menjadi dapat dilakukan secara lebih cepat dan akurat.

Didalam dunia perkebunan, GIS adalah salah satu perangkat dari Sistem Precision Agriculture. Perangkat lainnya yang berhubungan adalah Remote Sensing dan GPS. Precision agriculture adalah suatu konsep budidaya tanaman yang didasarkan atas kondisi setepatnya pada suatu saat, sehingga dapat diberikan perlakuan cepat, ditempat yang tepat, dengan cara dan waktu yang tepat pula. Misalnya saja, dosis pemupukan tidak perlu diberikan sama untuk semua lahan, sehingga akan lebih menghemat biaya pemupukan.

Manfaat pertama yang akan langsung dirasakan setelah sistem GIS berjalan adalah pembuatan peta kebun yang dapat dilakukan dalam waktu singkat. Manfaat berikutnya adalah efisiensi biaya dan efektivitas biaya operasional. Pada perkebunan dengan komoditas tanaman tahunan seperti kelapa sawit, pemupukan merupakan salah satu biaya operasional terbesar. Dengan memanfaatkan GPS tipe *geodetic* akan diperoleh luasan akurat, sehingga pemupukan berdasarkan luasan akurat akan lebih tepat [6].

III. METODE

3.1. Analisis Kebutuhan

Dalam penyusunan aplikasi SIG Perkebunan, perlu dilakukan identifikasi kebutuhan fungsi aplikasi SIG serta kebutuhan data geografisnya. Keterlibatan user/pengguna sangat diperlukan dalam hal ini. User/pengguna yang akan menentukan tujuan ke arah mana aplikasi sistem *precision agriculture* berbasis SIG ini akan dikembangkan.

Data-data dan atribut spasial dan non spasial yang dikumpulkan berupa data pemupukan dan produksi pada perkebunan kelapa sawit PT.Agro Indomas. Dari data-data atribut spasial dan non spasial inilah yang akan menjadi dasar perancangan dan pengimplementasian aplikasi sistem *precision agriculture* berbasis SIG perkebunan kelapa sawit PT.Agro Indomas.

Tidak hanya sampai di sini, analisa kebutuhan aplikasi SIG perkebunan ini juga membutuhkan fungsi dan tujuan aplikasi ini dibuat. Dengan demikian penulis dapat memahami fungsi dan tujuan user/pengguna atau dengan kata lain penulis dapat memahami harapan dari user/pengguna terhadap aplikasi SIG ini. Fungsi dan tujuan yang dimaksud di sini adalah mengenai data dan informasi perkebunan apa saja yang perlu untuk ditampilkan dalam aplikasi SIG perkebunan PT.Agro Indomas.

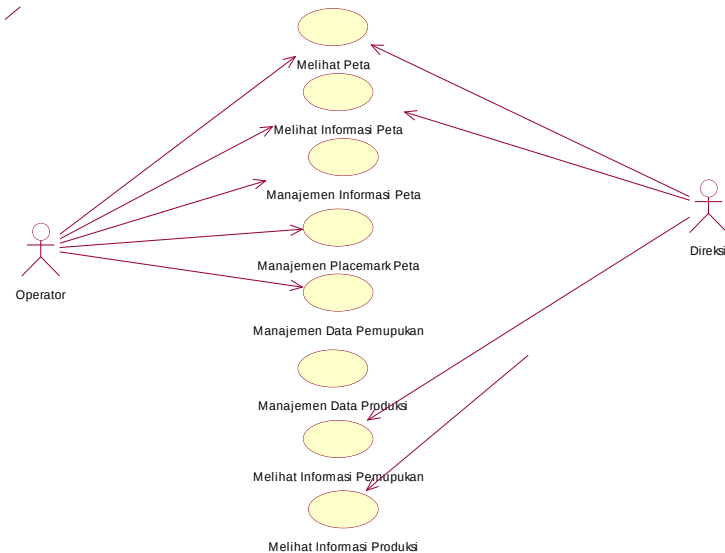
Aplikasi SIG ini digunakan oleh perkebunan PT.Agro Indomas sebagai dasar pengambilan keputusan rekomendasi beberapa kegiatan operasional perkebunan seperti pemupukan dan produksi kelapa sawit. Dengan data dan informasi yang dihasilkan dari aplikasi SIG ini diharapkan akan diperoleh sebuah rekomendasi kegiatan operasional perkebunan yang tepat dan akurat.

3.2. Desain Konseptual dengan metode *Unified Modelling Language (UML)*

UML merupakan bahasa standart yang digunakan untuk pengembangan sebuah sistem yang berbasis *Object-Oriented*. Perancangan sistem pada aplikasi Sistem Precision Agriculture dengan Teknologi *Google Earth API* ini menggunakan metode *UML*.

a). *Use Case Diagram*

Use case diagram adalah diagram yang memperlihatkan hubungan antara *use case* (deskripsi dari sejumlah aksi) dengan aktor-aktor (himpunan pengguna *use case*). Diagram ini digunakan untuk mengorganisasi dan memodelkan perilaku dari suatu sistem yang dibutuhkan serta diharapkan oleh user/pengguna.

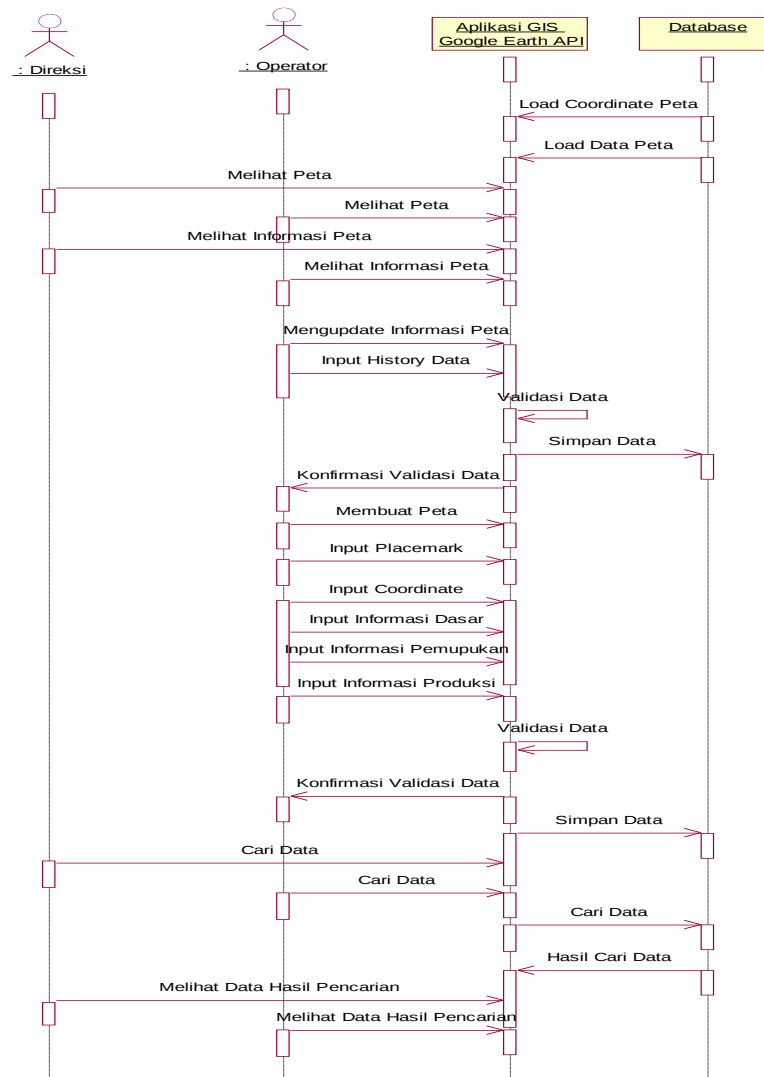


Gambar 2 Use Case Diagram

Pada aplikasi sistem *precision agriculture* ini terdapat 2 tingkatan user, yaitu *operator* dan *direksi*. Pembagian user ini dibedakan atas tugas pada user itu sendiri di PT Agro Indomas. Keduanya memiliki hak yang berbeda dalam pengoperasian aplikasi. *Operator* dapat melakukan semua proses yang ada pada aplikasi seperti melihat peta perkebunan, melihat informasi peta perkebunan, melihat informasi pemupukan perkebunan, melihat informasi produksi perkebunan, manajemen informasi peta perkebunan, manajemen *placemark* peta perkebunan, manajemen data pemupukan dan produksi perkebunan. Sedangkan user *direksi* hanya dapat melihat peta, informasi pemupukan, informasi produksi perkebunan tanpa memiliki hak akses untuk mengelola data perkebunan.

b). Sequence Diagram

Sequence diagram adalah diagram yang menggambarkan interaksi antar objek didalam sebuah sistem. Diagram ini juga menggambarkan urutan event/kejadian yang terjadi. Dan lebih detail dalam menggambarkan aliran data, termasuk data atau behavior yang dikirimkan atau diterima.



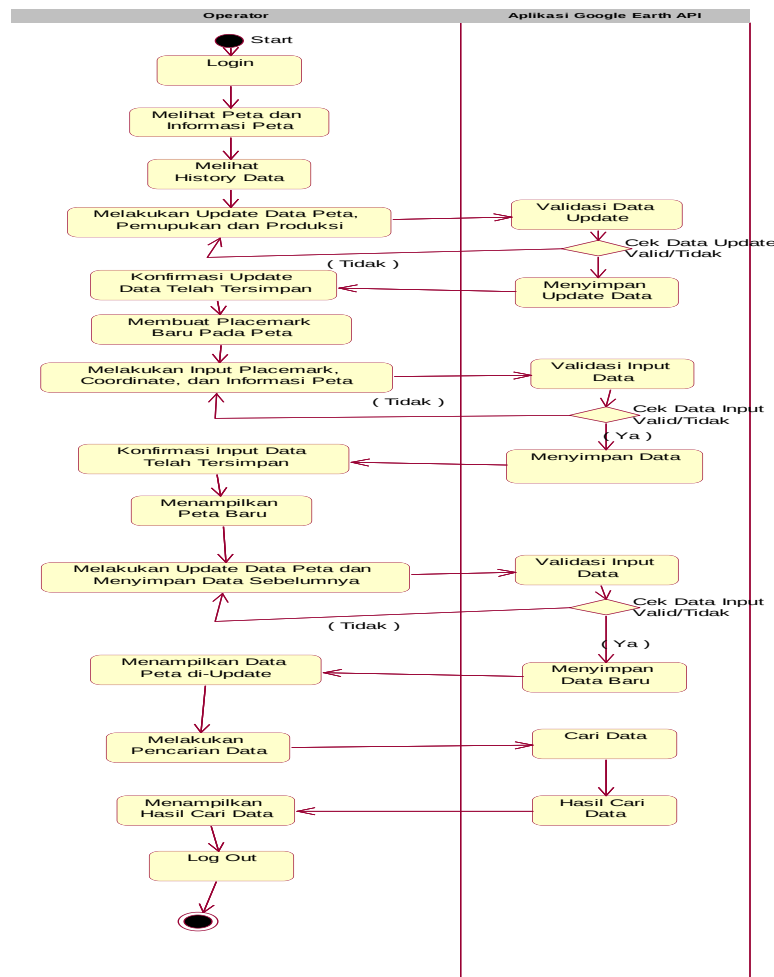
Gambar 3 Sequence Diagram

Gambar 3 merupakan urutan kejadian yang terjadi pada sistem. Pada saat pertama kali dijalankan, aplikasi akan meng-load data peta pada database sehingga user dapat melihat peta beserta dengan informasinya pada aplikasi. Apabila terjadi perubahan data perkebunan (data pemupukan dan produksi perkebunan), maka data pada database harus diupdate sesuai dengan update data terkini. Data perkebunan sebelumnya yang diupdate disimpan didalam tabel history pada database. Yang bertugas untuk melakukan update data adalah operator. Karena direksi merupakan level pimpinan perusahaan perkebunan yang hanya akan melihat informasi pada periode waktu tertentu berdasarkan waktu akan dilakukan pemupukan dan masa panen (produksi). Dengan melihat update data yang dilakukan oleh operator, direksi dapat melihat informasi berupa hasil rekomendasi pemupukan dan produksi. Data yang ada menjadi sumber pengambilan keputusan oleh level direksi.

Selain itu, operator dapat menambahkan *placemark* baru pada peta apabila suatu saat terjadi perluasan daerah perkebunan atau terjadi perubahan struktur lahan perkebunan. Dengan menambahkan *placemark* baru pada peta, maka akan terjadi perubahan pada peta, sehingga apabila aplikasi di buka kembali, peta dan informasi peta yang baru yang akan ditampilkan pada aplikasi.

c). ActivityDiagram

Activity diagram adalah diagram yang memperlihatkan aliran dari suatu aktifitas ke aktifitas lainnya dalam suatu sistem.



Gambar 4 Activity Diagram Operator

Pada *activity diagram* operator membuka aplikasi melakukan login. Setelah melakukan login, operator melihat peta beserta dengan informasi peta pada aplikasi. Ketika, perkebunan hendak melakukan pemupukan atau melakukan panen (produksi) akan dilakukan pengumpulan data pemupukan yang dan produksi. Data tersebut nantinya dianalisa dan hasilnya merupakan rekomendasi berapa jumlah pupuk yang akan digunakan atau berapa jumlah produksi 1 luas lahan perkebunan. Data pemupukan dan produksi tersebut akan dimasukkan kedalam database dan nantinya dianalisa oleh aplikasi. Operator yang bertugas menginput data-data pemupukan tersebut kedalam database. Berdasarkan data yang ada, aplikasi akan mengelola data-data tersebut dan menampilkannya kembali kedalam aplikasi dalam bentuk rekomendasi pemupukan dan perkiraan jumlah produksi lahan perkebunan.

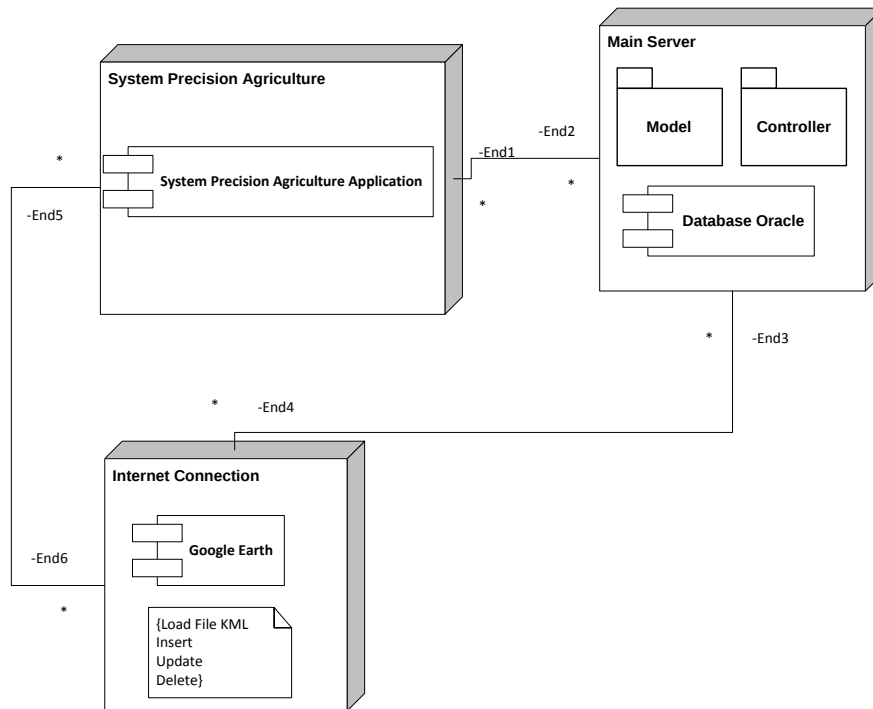
Apabila suatu saat terjadi perluasan daerah perkebunan atau perubahan lahan perkebunan, maka operator dapat menambahkan *placemark* yang baru pada peta atau melakukan update data *placemark* peta. Operator akan menginput deskripsi *placemark*, kordinat dan data tentang *placemark* itu sendiri, sehingga apabila aplikasi kembali di buka, peta dan informasi peta yang baru yang akan ditampilkan.

Data perkebunan yang tersimpan didalam database akan terus berubah sesuai dengan kondisi real di perkebunan. Perubahan dosis pemberian pupuk serta jumlah produksi tiap *placemark* pada peta akan terus berubah setiap kali akan dilakukan pemupukan ataupun jumlah produksi hasil panen tiap *placemark* yang berbeda-beda setiap kali dilakukan panen. Dengan demikian akan selalu dilakukan update data pada database. Pada saat dilakukan update data, data yang lama terlebih dahulu disimpan pada database. Data ini nantinya akan dianalisa untuk referensi dan pengambilan keputusan pemupukan maupun produksi berikutnya.

d). Deployment Diagram

Deployment/physical diagram menggambarkan secara detail bagaimana komponen di-deploy dalam infrastruktur sistem, di mana komponen akan terletak pada mesin, *server* atau piranti keras, bagaimana kemampuan jaringan pada lokasi tersebut, spesifikasi *server*, dan hal-hal lain yang bersifat fisik.

Deployment diagram digunakan untuk menunjukkan konfigurasi dari *runtime* proses dan *software component*, dan proses yang ada padanya. *Deployment diagram* terdiri dari *nodes* dan *communication association*. *Nodes* digunakan untuk menunjukkan sumber proses lain. *Deployment Diagram* Sistem ditunjukkan pada Gambar 5.



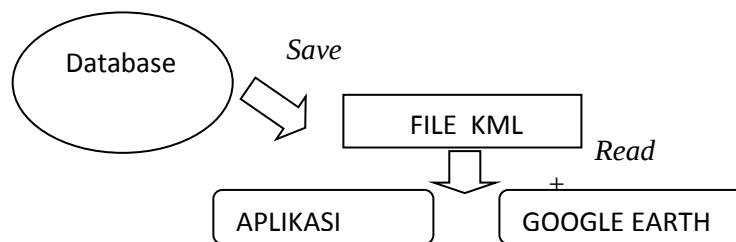
Gambar 5 Deployment Diagram

Gambar 5 dapat dilihat bahwa secara fisik aplikasi yang dibuat hanya terdiri dari tiga komponen utama, yaitu aplikasi *Precision Agriculture*, *Main Server* dan *Internet Connection*. Aplikasi *Precision Agriculture* merupakan aplikasi pemetaan lahan perkebunan yang divisualisasikan dengan *Google Earth* dengan koneksi *internet* yang terintegrasi dengan basis data *Oracle* sebagai media penyimpanan data.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Load Peta dan Data Perkebunan

Load map merupakan salah satu menu pada aplikasi yang dapat di akses oleh *operator* maupun direksi. Secara teknis gambaran load map pada aplikasi dapat digambarkan sebagai berikut :



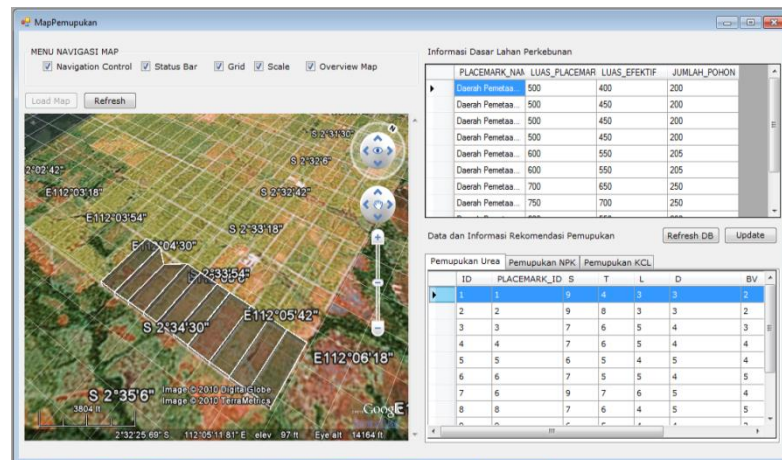
Gambar 6 Proses Load Peta dari File KML

Pada gambar 6, dapat dilihat bahwa, database menyimpan struktur file kml dan kemudian aplikasi sistem *Precision Agriculture* akan membaca struktur file kml yang tersimpan kedalam database. Setelah membaca struktur file kml dari database, aplikasi akan mem-*parsing* file KML tersebut kedalam *google earth* dengan menggunakan bantuan *plugin google earth* yang terintegrasi pada aplikasi.

Peta yang di *load* tersebut berisi koordinat yang menentukan lokasi lahan perkebunan yang akan ditampilkan kedalam *google earth*. Koordinat yang ada menentukan posisi lokasi lahan perkebunan tertentu. Lokasi lahan perkebunan kelapa sawit pada perkebunan PT Agro Indomas terbagi dalam beberapa petak lahan perkebunan yang diwakili oleh tiap *placemark* pada peta. Sehingga tiap *placemark* pada peta memiliki data atribut yang berbeda-beda. Misalnya *placemark 1* memiliki luas, kondisi tanah, dan jumlah pohon kelapa sawit yang berbeda dengan *placemark 2*. Data masing-masing *placemark* tersebut tersimpan didalam database untuk diolah menjadi informasi rekomendasi pemupukan dan prediksi hasil panen perkebunan kelapa sawit PT. Agro Indomas.

4.2. Form Untuk Menampilkan Peta Pemupukan dan Rekomendasi Penggunaan Pupuk

Salah satu pemetaan lahan perkebunan pada aplikasi adalah pemetaan untuk rekomendasi pemupukan pada PT. Agro Indomas. Form untuk menampilkan pemetaan lahan perkebunan pada aplikasi adalah sebagai berikut:



Gambar 7 Form Peta dan Informasi Pemupukan

Pada gambar 7, peta pemupukan akan *diload* pada *plugin google earth*. Sementara informasi tiap *placemark* pemupukan akan ditampilkan pada tabel informasi dasar pemupukan dan tabel rekomendasi pemupukan.

PLACEMARK_NAME	LUAS_PLACEMAR	LUAS_EFEKTIF	JUMLAH_POHON
Daerah Pemetaan Pemupukan 1	500	400	200
Daerah Pemetaan Pemupukan 2	500	450	200
Daerah Pemetaan Pemupukan 3	500	450	200
Daerah Pemetaan Pemupukan 4	500	450	200
Daerah Pemetaan Pemupukan 5	600	550	205
Daerah Pemetaan Pemupukan 6	600	550	205
Daerah Pemetaan Pemupukan 7	700	650	250
Daerah Pemetaan Pemupukan 8	750	700	250

Gambar 8 Tabel Informasi Dasar Lahan Perkebunan Pada Peta Pemupukan

Pada gambar 8, ditampilkan informasi dasar perkebunan pada tiap *placemark*. Dari data yang terdapat pada tabel, dapat dilihat informasi luas *placemark* yang mewakili luas lahan perkebunan, luas efektif *placemark*, dan jumlah pohon kelapa sawit yang terdapat pada 1 *placemark* (1 pemetaan) lahan perkebunan.

D	BV	JUMLAH_PUPUK_REKOMENDASI
3	2	90
3	2	18
4	3	60
4	4	80
5	4	80
4	5	200
5	4	240
5	5	100

Gambar 9 Tabel Rekomendasi Pemupukan Perkebunan Pada Peta Pemupukan

Pada gambar 9, ditampilkan hasil rekomendasi pemupukan dari data-data jumlah unsur hara yang diberikan ke dalam tanah, kadar unsur hara tanah standar yang akan dicapai, kadar unsur hara tanah aktual, luas daerah perakaran atau luas piringan perakaran, kedalaman daerah perakaran tanaman, berat volume tanah, jumlah pupuk yang diberikan

ke dalam tanah, kadar unsur hara di dalam pupuk, jumlah pupuk setelah dikoreksi dengan kadar hara daun, kadar unsur hara standar, kadar unsur hara daun aktual, dan jumlah pupuk pada tahun sebelumnya.

Hasil rekomendasi pemupukan tersebut merupakan rumus perhitungan pupuk berdasarkan analisis tanah dan daun. Rumus perhitungan rekomendasi pemupukan yang digunakan [7]:

$$H = (S-T) \times L \times D \times BV$$

Keterangan :

H: Jumlah unsur hara yang diberikan ke dalam tanah (kg)

S: Kadar unsur hara tanah standar yang akan dicapai (%)

T: Kadar unsur hara tanah aktual (%)

L: Luas daerah perakaran atau luas piringan perakaran (m²)

D: Kedalaman daerah perakaran tanaman (m)

BV: Berat volume tanah (ton/m³)

Dari unsur hara yang sudah diketahui jumlahnya, jumlah pupuk yang diberikan dapat dihitung berdasarkan kadar unsur hara didalam pupuk. Jumlah pupuk yang dihitung dapat dihitung dengan formula :

$$P = H \times (100/H_p)$$

Keterangan :

P: Jumlah pupuk yang diberikan ke dalam tanah (kg)

H_p: Kadar unsur hara di dalam pupuk (%)

Dengan adanya pertambahan luas dan kedalaman daerah perakaran, jumlah pemberian pupuk yang diberikan kedalam tanaman perlu dikoreksi dengan formula :

$$P_k = K_n/K \times P_s$$

Keterangan :

P_k: Jumlah pupuk setelah dikoreksi dengan kadar hara daun (kg)

K_n: Kadar unsur hara standar (%)

K: Kadar unsur hara daun aktual (%)

P_s: Jumlah pupuk pada tahun sebelumnya

Dari data-data pemupukan tersebut, akan diperoleh hasil rekomendasi pemupukan tiap *placemark* dengan menggunakan *query sql* dibawah ini yang ditampilkan pada tabel rekomendasi pemupukan pada gambar 4.4 :

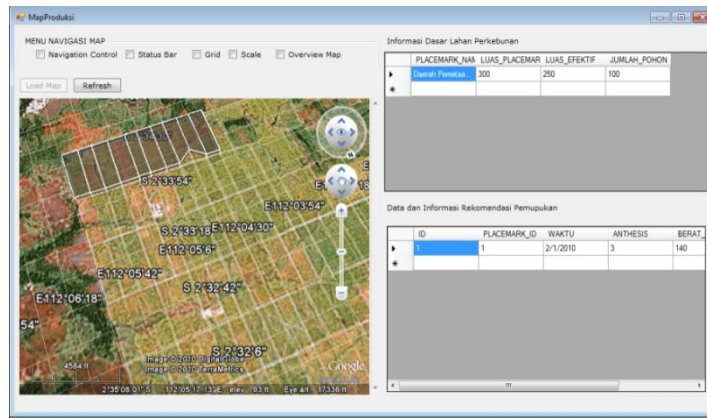
```
Select placemark_name, waktu, placemark_id, S, T, L, D, BV, (Kn/K) * (S-T) * L * D * BV * 100/Hp as REKOMENDASI_PEMUPUKAN from pemupukan_urea NATURAL JOIN placemark order by id
```

Dari *query sql* diatas, diperoleh hasil rekomendasi pemupukan yang akan menjadi sumber informasi bagi direksi (pimpinan perkebunan) dalam pengambilan keputusan yang ditampilkan didalam tabel rekomendasi pemupukan pada form pemetaan pemupukan. Informasi rekomendasi pemupukan tersebut berguna untuk :

- Mengetahui jumlah penggunaan pupuk (Urea, SP3 dan KCl) pada masing-masing pemetaan lahan perkebunan kelapa sawit.
- Menghitung anggaran yang digunakan untuk pembelian pupuk (Urea, SP3 dan KCL).

4.3. Form Untuk Menampilkan Peta Produksi dan Data Prediksi Hasil Produksi

Pemetaan peta berikutnya adalah pemetaan peta untuk menampilkan peta produksi dan data prediksi hasil produksi kelapa sawit pada PT. Agro Indomas. Form untuk menampilkan peta dan data prediksi hasil produksi pada aplikasi adalah sebagai berikut :



Gambar 10 Tabel Rekomendasi Pemupukan Perkebunan Pada Peta Pemupukan

Pada gambar 10, peta produksi akan diload pada *plugin google earth*. Sementara informasi tiap *placemark* produksi akan ditampilkan pada tabel informasi dasar produksi dan tabel rekomendasi produksi.

	PLACEMARK_NAME	LUAS_PLACEMAR	LUAS_EFEKTIF	JUMLAH_POHO
▶	Daerah Pemetaan Produksi 1	300	250	100
	Daerah Pemetaan Produksi 2	500	450	300
	Daerah Pemetaan Produksi 3	670	629	320
	Daerah Pemetaan Produksi 4	450	400	150
*				

Gambar 11 Informasi Dasar Produksi Pada Form Map Produksi

Pada gambar 11, ditampilkan informasi dasar perkebunan pada tiap *placemark*. Dari data yang terdapat pada tabel, dapat dilihat informasi luas *placemark* yang mewakili luas lahan perkebunan, luas efektif *placemark*, dan jumlah pohon kelapa sawit yang terdapat pada 1 *placemark* (1 pemetakan) lahan perkebunan pada peta hasil produksi.

	ANTHESIS	BERAT_TANDANF	MINYAK	PREDIKSI_PRODUKSI
▶	3	145	29	12615
	3	154	18	8316
	3	140	17	7140
	3	150	16	7200
*				

Gambar 12 Informasi Prediksi Hasil Produksi Pada Form Map Produksi

Pada gambar 12, ditampilkan hasil rekomendasi prediksi produksi pada tiap pemetakan lahan produksi pada peta produksi. Dari hasil prediksi tersebut, jumlah keseluruhan hasil produksi pada perkebunan kelapa sawit PT. Agro Indomas dapat diperkirakan. Dengan mengetahui jumlah hasil produksi, pihak direksi dapat menentukan jumlah pekerja yang akan melakukan panen pada 1 pemetakan lahan perkebunan.

Rekomendasi perhitungan hasil produksi tersebut merupakan hasil perhitungan dari data-data yang terdapat pada tabel produksi yaitu : anthesis, berat tandan rata-rata dan persentase minyak terhadap berat tandan kelapa sawit. Rumus perhitungan hasil produksi tersebut diperoleh dari :

$$Y = a \times b \times c$$

Keterangan ;

- a = Jumlah seluruh tandan yang akan dipanen selama 6 bulan.
- b = Berat tandan rata-rata (kg).
- c = Persentase minyak terhadap berat tandan. Untuk CPO sebesar 20% (%)

Dari data-data yang ada pada data produksi, prediksi hasil produksi perkebunan dapat dihitung dan ditampilkan pada tabel hasil produksi dengan menggunakan query sql berikut :

```
select placemark_name, waktu, anthesis, berat_tandanrata, minyak, anthesis *  
berat_tandanrata * minyak as PREDIKSI_PRODUKSI from produksi NATURAL JOIN  
tabel_placemarkproduksi
```

Dari query sql diatas akan diperoleh hasil prediksi produksi perkebunan kelapa sawit pada 1 pemetaan produksi daerah perkebunan. Dengan hasil prediksi yang ada bermanfaat bagi direksi perkebunan untuk :

- Memprediksi jumlah hasil produksi perkebunan dalam 1 kurun waktu tertentu.
- Dengan mengetahui jumlah hasil produksi, dapat dihitung jumlah pekerja yang akan melakukan panen pada masa panen.
- Menghitung jumlah biaya yang akan dikeluarkan untuk selama masa panen seperti biaya pengangkutan dan lain-lain.

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Sistem *Precision Agriculture* dengan menggunakan teknologi *Google Earth API* dan Database *Oracle* merupakan sebuah aplikasi dengan tujuan pemanfaatan data perkebunan menjadi sebuah informasi yang bermanfaat bagi direksi atau pimpinan perkebunan kelapa sawit.

Sistem *Precision Agriculture* berbasis SIG ini dirancang dan diimplementasikan dengan menggunakan bahasa pemrograman *Visual C # 2008* dan *javascript* dengan media pemetaan menggunakan *plugin google earth* yang terintegrasi dengan *Visual C# 2008* serta database *Oracle 10G Express Edition*. Sistem *Precision Agriculture* ini dapat digunakan oleh direksi perkebunan kelapa sawit PT. Agro Indomas sebagai referensi untuk pengambilan keputusan terkait dengan masalah pemupukan dan produksi perkebunan kelapa sawit. Dengan memanfaatkan informasi pemupukan dan produksi yang dihasilkan, direksi perkebunan dapat memperkirakan jumlah penggunaan pupuk ataupun dapat memperkirakan jumlah produksi kelapa sawit pada perkebunan PT Agro Indomas.

Dengan demikian, dengan adanya implementasi sistem *Precision Agriculture* berbasis sistem informasi geografi ini dapat membantu :

- Dapat memberikan rekomendasi jumlah penggunaan pupuk perkebunan dengan menggunakan data pemupukan perkebunan yang ada.
- Dengan memberikan rekomendasi jumlah penggunaan pupuk, dapat dihitung perkiraan biaya yang akan digunakan untuk pembelian pupuk.
- Dapat memberikan rekomendasi perkiraan jumlah hasil produksi (hasil panen) perkebunan.
- Dengan memberikan rekomendasi jumlah hasil produksi dapat dihitung penggunaan biaya untuk masa panen, seperti biaya yang digunakan untuk membiayai jumlah pekerja yang akan digunakan dan jumlah biaya transportasi dan pengangkutan kelapa sawit untuk diolah di pabrik.

Secara umum, Sistem *Precision Agriculture* ini akan memberikan efektifitas dan efisiensi biaya pemupukan dan produksi perkebunan kelapa sawit.

5.2. Saran

Sistem *Precision Agriculture* dengan Menggunakan Teknologi *Google Earth API* dan Database *Oracle* bukanlah sebuah langkah akhir dalam membuat sebuah sistem *precision agriculture* pada perkebunan kelapa sawit. Oleh karena itu, dalam rangka pengembangan sebuah aplikasi sistem *precision agriculture*, diperlukan adanya perbaikan-perbaikan mendasar pada aplikasi ini adalah diperlukan adanya pengembangan dan perluasan cakupan sistem *precision agriculture* tidak hanya terbatas pada masalah pemupukan dan produksi saja, akan tetapi dapat dikembangkan untuk masalah infrastruktur lahan perkebunan, masalah serangan hama dan penyakit, dan pemantauan kondisi tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prahasta Eddy, “Konsep - Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis”. Bandung: Informatika”, 2001.
- [2] Harmon, Anderson, “Design and Implementation of Geographic Information Systems”, New Jersey: Jhon Wiley and Sons, 2003.
- [3] Manongga Danny, “Aplikasi Teknologi Informasi Dalam Pertanian Presisi. Seminar Pertanian Presisi”, Salatiga.
- [4] Handoko, “Precision Agriculture Dalam Meningkatkan Nilai Sektor Tambah Pertanian”, 2009.
- [5] Darmawan, “Precision Farming Sebagai Sistem Pendukung Keputusan. [Online] Available at <http://sonidarmawan.multiply.com/journal/item/3>. [Accesed : 20 March 2010], 2007.
- [6] Setiawan Iwan and Rabbasa Harris Noor, “Aplikasi Open Source untuk Pemetaan Online [Conference] /002FWorkshop Optimalisasi Pemanfaatan Open Source di Bidang Penginderaan Jauh,” - Bogor : [s.n.], 2008.
- [7] Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian, “Inderaja Untuk Pertanian. [Online] Available at”, www.litbang.deptan.go.id/warta-ip/vol-16-1. . [Accesed : 20 March 2010]