

Sistem Informasi Estimasi Ketinggian Tajuk di Wilayah Taman Nasional Kerinci Berbasis WebGIS

Anisa Putri Ansory, Iksal Yanuarsyah, Sahid Hudjimartsu
Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor
e-mail: anisaputeri2107@gmail.com

Abstrak

Hutan merupakan suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan. Hutan juga adalah suatu peranan penting bagi seluruh makhluk hidup, secara hutan mempunyai fungsi yang cukup luas seperti sumber ekosistem, tempat penyimpanan air, dan dapat mengurangi polusi dalam pencemaran udara. Sistem penggunaan pengelolaan hutan ini sangat penting untuk menduga dan mengetahui potensi suatu tinggi pohon, salah satunya elemen yang diukur dari proses ini yaitu Ketinggian Tajuk. Oleh sebab itu, diperlukan Canopy Height Models (CHM) yang merupakan referensi ketinggian tajuk. Canopy Height Models (CHM) tersebut didapatkan dari titik LiDAR, LiDAR itu adalah sebuah sistem penginderaan jauh menggunakan sinar laser yang dapat menghasilkan informasi mengenai karakteristik topografi permukaan tanah dan posisi horizontal dan vertikal sehingga kita tahu titik ketinggian suatu tajuk yang telah di normalisasi tinggi hingga kita tahu ketinggian tajuk tersebut. Tujuan dari penelitian ini membangun web untuk penyebaran informasi suatu ketinggian tajuk di wilayah Sumatra yang berlokasi langsung di datran tinggi Taman Nasional Gunung Kerinci. Metode pengembangan sistem yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode Waterfall yang terdiri dari analisis kebutuhan, desain sistem, pengkodean, dan pengujian. sistem informasi ini diharapkan mampu memberikan informasi mengenai persentase ketinggian tajuk dikawasan Taman Nasional Gunung Kerinci secara cepat dan efisien.

Kata kunci— Hutan, Canopy Height Models (CHM), LiDAR, waterfall, Spasial

Abstract

Forest is an ecosystem unit in the form of expanse of land containing biological natural resources which are dominated by trees in the fellowship of the natural environment, one and the other cannot be separated. Forests are also an important role for all living things, in forests they have quite extensive functions such as the source of ecosystems, water storage, and can reduce pollution in air pollution. The system for using forest management is very important to predict and know the potential of a tree height, one of which is the measured element of this process, which is the height of the head. Therefore, it takes Canopy Height Models (CHM) which is a reference to the crown height. Canopy Height Models (CHM) obtained from the LiDAR point, LiDAR is a remote sensing system using laser light that can produce information about the topographic characteristics of the land surface and horizontal and vertical position so that we know the height normalization of a canopy until we know the height of the canopy. The purpose of this study is to build a web for disseminating information on canopy heights in the Sumatra region which is located directly in the highlands of Mount Kerinci National Park. The system development method used in this study uses the Waterfall method which consists of needs analysis, system design, coding, and testing. This information system is expected to be able to provide information about the percentage of crown height in the Gunung Kerinci National Park area quickly and efficiently.

Keywords— Forest, Canopy Height Models (CHM), LiDAR, waterfall, Spatial

PENDAHULUAN

Hutan merupakan suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan sebagai lahan yang membentang lebih dari 0,5 hektar dengan tutupan tajuk lebih dari 10 persen dan ketinggian pohon minimal 5 meter [1]

Estimasi ketinggian tajuk mempunyai peranan penting sebagai klasifikasi struktur hutan, evaluasi kesesuaian habitat bagi satwa dan estimasi dari transmisi cahaya pada kanopi. Ketinggian tajuk dapat dihitung dengan menggunakan pengukuran lapangan maupun penginderaan jarak jauh pada wilayah dengan cakupan area yang sangat luas. Salah satu metode penginderaan jauh yang dapat digunakan untuk mengukur ketinggian tajuk yaitu menggunakan LiDAR.

Teknologi LiDAR menjadi pilihan karena dapat mengukur ketinggian kanopi vegetasi, distribusi tutupan kanopi, volume tajuk, topografi sub-kanopi, biomassa, densitas pohon dengan ukuran besar, keragaman dedaunan, indeks area dedaunan, serta perubahan fisiografi dalam bentuk data tiga dimensi (3D) [2]. Sistem LiDAR merupakan sistem yang tepat dan akurat untuk mengukur struktur vegetasi hutan baik diatas tutupan tajuk maupun sampai kedalam strata tajuk. Beberapa kelebihan penggunaan teknologi ini adalah dapat digunakan pada siang dan malam hari, biaya operasionalnya lebih efisien dibandingkan metode survey konvensional, dapat menghasilkan nilai ketinggian dengan akurasi elevasi yang sangat tinggi serta kemampuan mengambil data dengan jumlah yang besar dalam waktu yang relatif [2].

Salah satu kawasan yang akan diteliti nilai estimasi ketinggian tajuknya adalah Taman Nasional Kerinci Seblat. Taman Nasional Kerinci Seblat secara geografis terletak pada $1^{\circ} 7' 13'' - 3^{\circ} 26' 14''$ Lintang Selatan dan $100^{\circ} 31' 18'' - 102^{\circ} 44' 1''$ Bujur Timur. Kawasan ini sebagian besar terdiri dari hutan primer dan memiliki struktur vegetasi yang lengkap mulai dari dataran rendah hingga dataran tinggi.

Oleh karena itu hasil dari penelitian ini penting dilakukan guna menghitung estimasi ketinggian tajuk. Penerapan SIG (Sistem Informasi Geografis) merupakan langkah yang tepat untuk mengetahui ketinggian tajuk di taman nasional kerinci seblat, karena SIG mempunyai

kemampuan yang sangat luas dalam proses pemetaan dan analisis sehingga teknologi tersebut sering dipakai dalam proses lainnya. Berdasarkan uraian permasalahan diatas akan dibuatnya suatu Sistem Informasi Estimasi Ketinggian Tajuk berbasis WebGIS, untuk dapat membantu menginformasikan mengetahui Estimasi ketinggian Tajuk yang ada di wilayah Taman Nasional Kerinci tersebut.

METODE PENELITIAN

Waktu Penelitian terhitung dari bulan Januari 2018 – Selesai, dilakukan di Laboratorium Departemen Manajemen Hutan dan Laboratorium Analisis Spasial Departemen Konservasi Hutan dan Ekowisata, fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor yang beralamatkan Jl.Lingkar Akademik Kampus IPB, dramaga, Babakan.

a. Bahan

Tabel 1 Bahan

No	Jenis Data	Jenis Data	Sumber Data
1.	LiDAR	Spasial	Forest2020
2.	Ortophoto	Spasial	Forest2020

Light Detection and Ranging (LIDAR)

LiDAR merupakan sistem penginderaan jauh aktif menggunakan sinar laser yang dapat menghasilkan informasi mengenai karakteristik topografi permukaan tanah dalam posisi horizontal dan vertikal. Sinar laser tersebut memiliki gelombang tidak tampak (infrared) sehingga dapat menembus celah dedaunan untuk mencapai permukaan tanah dan dipantulkan kembali untuk ditangkap oleh sensor laser yang dilengkapi oleh pengukur waktu untuk mencatat beda waktu ketika gelombang tersebut dipancarkan hingga ketika gelombang tersebut diterima kembali setelah dipantulkan [2].

RStudio

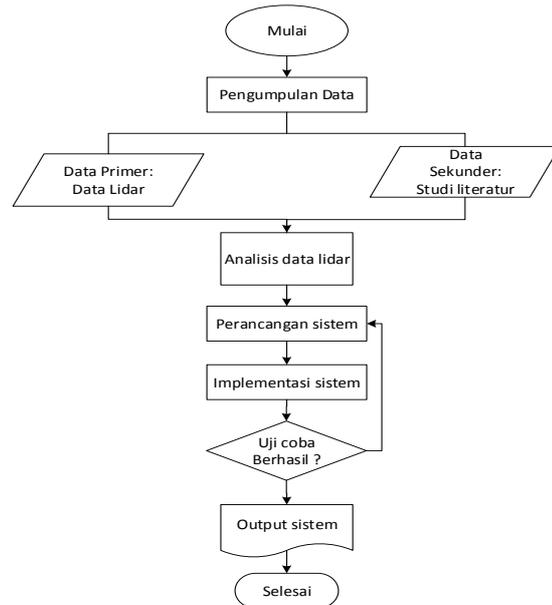
Rstudio adalah suatu *free software* untuk analisis data dan grafik yang didasarkan pada bahasa pemrograman S yang dikembangkan oleh Rick Becker, John Chambers, dan Allan Wilks dari AT&T Bell Laboratories (1976). Rstudio

merupakan bahasa tingkat tinggi (*high level language*). Rstudio ditulis oleh Ross Ihaka dan Robert Gentleman di Universitas Auckland, Selandia Baru. Banyak kelompok orang telah berkontribusi pada R dengan mengirimkan kode dan melaporkan bug. Sejak pertengahan tahun 1997. Sampai saat ini, bahasa pemrograman R terus berkembang secara pesat seiring dengan semakin populernya terminologi “*Big Data*” dan meningkatnya kebutuhan perusahaan akan *data scientist* untuk mengolah dan menganalisis data di perusahaan tersebut sebagai dasar pengambilan kebijakan dan mengotomatisasi proses bisnis menjadi *data-driven*. Bahasa pemrograman seperti Python dan R telah menjadi pilihan utama bagi para peneliti maupun praktisi di bidang *data science* untuk mengolah dan menganalisis data baik itu untuk kepentingan penelitian maupun bisnis. Oleh karena itu, bagi seorang pemula di bidang *data science*, R merupakan bahasa pemrograman yang sangat *recommended* untuk dikuasai[3].

Canopy Height Model (CHM)

Canopy Height Model (CHM) yang berasal dari LiDAR di udara hampir setara LiDAR itu sendiri. CHM biasanya merupakan representasi raster dari kanopi pohon, tetapi dalam beberapa kasus orang telah menggunakan istilah ini untuk menggambarkan model yang mewakili semua fitur di atas tanah, apakah mereka terdiri dari kanopi saja atau tidak. CHM sejati adalah fitur di mana fitur-fitur di atas tanah lainnya seperti bangunan dan saluran utilitas dihapus. Bahkan jika CHM akurat dalam arti bahwa itu hanya mewakili kanopi pohon, LiDAR kembali, ada dua batasan utama dengan sebagian besar CHM. Yang pertama adalah bahwa CHM disimpan dalam format raster [4].

Metode Penelitian yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini meliputi tiga bagian pokok yaitu metode pengumpulan data, metode analisis dan metode perancangan sistem. Dalam metode penelitian dapat di lihat flowchart kerangka pemikiran ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Flowchart metode penelitian

a. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data yang dilakukan untuk memudahkan dalam menganalisis penelitian sistem informasi estimasi ketinggian tajuk berbasis web. Adapun data yang dikumpulkan dalam tahap pengumpulan data yaitu sebagai berikut:

b. Kepustakaan

Dalam teknik ini yaitu teknik yang dilakukan dengan cara mengumpulkan data yang terdapat dalam buku-buku literatur, peraturan perundangundangan, majalah, surat kabar, hasil seminar dan sumber lain yang terkait dengan Ketinggian Tajuk dan Sistem Informasi Geografis berbasis web.

c. Data LiDAR 2014

Data LiDAR yang diperoleh dari penelitian, merupakan data LiDAR Taman Nasional Gunung Kerinci di Sumatra Selatan yang di dapatkan dari Lab ASPAL Institut Pertanian Bogor.

d. Analisis Data

Digital Terrain Models (DTM)

Pengolahan data LiDAR dilakukan menggunakan software Rstudio (Packages : lidR, tidyverse, rgeos, raster, dplyr, rgdal, ggplot2, reshape2, dan sf) dan Cloud Compare. Akuisisi pengambilan Data LiDAR pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Spesifikasi

Spesifikasi	Keterangan
Teknik pengambilan data LiDAR	<i>Full Wafeform Discrete Return and Discrete Return</i>
Tinggi terbang	800 m di atas permukaan tanah
Frekuensi sinyal LiDAR	800 KHz
Kerapatan titik LiDAR	<i>Full Waveform</i> LiDAR : 8 – 1 points/m ²
Kecepatan terbang	1110 Knots
<i>Half Scan Angle</i>	28 degrees
Lebar sapuan	851 meter
<i>Forward Overlap</i>	<i>Full Waveform</i> LiDAR : 60 % <i>Discrete Return</i> : 80 %

Digital Terrain Models (DTM)

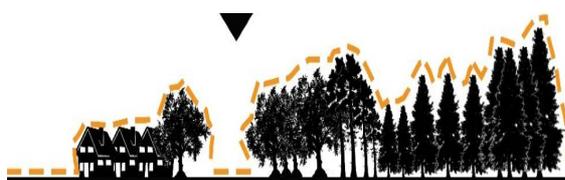
Digital Terrain Model (DTM) merupakan representasi permukaan bumi secara tiga dimensi (3D) yang menyerupai keadaan sebenarnya di dunia nyata. Proses pembuatan DTM menggunakan software Rstudio dengan metode kriging resolusi 0.5 m. Metode kriging merupakan salah satu metode interpolasi, dimana jarak dan orientasi antara sampel data menunjukkan korelasi spasial.



Gambar 2 Digital Terrain Model (DTM)

Normalisasi Data LiDAR

Proses normalisasi data LiDAR bertujuan untuk mendapatkan ketinggian pohon yang sesungguhnya yaitu nol meter yang diukur dari atas tanah. Normalisasi data LiDAR didapatkan dengan melakukan substraksi antara DTM dengan point clouds.



Gambar 3 Normalisasi

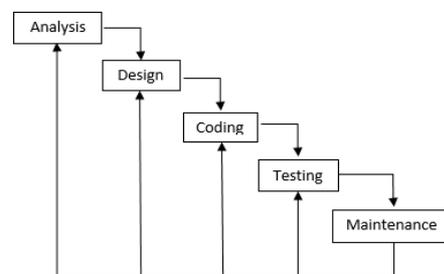
Estimasi Ketinggian Tajuk

Estimasi ketinggian tajuk menggunakan metode Canopy High Model (CHM). Pembuatan CHM menggunakan software Rstudio dengan metode grid canopy (Packages lidR) yang di ekstrak menggunakan data hasil normalisasi. Pada proses ini juga dilakukan interpolasi dengan menggunakan metode knnidw resolusi 0.5 dan subcircle 0.3. Metode k-nearest neighbor inverse distance weighting (knnidw) merupakan salah satu metode interpolasi yang memperhitungkan nilai di suatu blok didasari oleh nilai titik yang paling dekat dengan blok tersebut .

e. Metode Perancangan Sistem

Metode Waterfall sebagai dasar untuk menjadi acuan pembuatan aplikasi yang akan dibuat. Akan tetapi pada tahap pelaksanaan dilakukan sampai tahap construction dikarenakan keterbatasan waktu dan biaya. Tahapan-tahapan pada model Waterfall dijelaskan pada uraian berikut:

Metode pengembangan sistem dalam penelitian ini menggunakan model Waterfall. Tahapan dalam model Waterfall yang dilakukan meliputi analisis, desain, pengkodean dan pengujian. Berikut uraian masing-masing tahapan dalam metode Waterfall.



Gambar 4 Metode Waterfall

Tahap Analisis (Requirement Definition)

Tahapan analisis sistem yang dilakukan pada penelitian ini meliputi analisis sistem yang diusulkan, analisis kebutuhan fungsional, analisis kebutuhan non-fungsional, analisis kebutuhan pengguna, analisis masukan dan keluaran aplikasi dan analisis arsitektur sistem.

Tahap Perancangan Sistem (System and Software Design)

Pada tahap ini dilakukan proses perancangan desain menggunakan object oriented programming yang digambarkan melalui UML, perancangan database schema serta perancangan antar muka dari sistem informasi estimasi tutupan tajuk

berbasis WebGIS.

Tahap Pengkodean (Implementation and Unit Testing)

Pada tahap ini dilakukan pengkodean yang merupakan penerjemahan design dalam bahasa yang dikenali oleh komputer. Tahap inilah adalah tahapan secara nyata dalam mengerjakan suatu sistem, dengan artian user akan memaksimalkan penggunaan komputer dalam tahapan ini. Setelah pengkodean selesai, maka akan dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah dibuat.

Tahap pengujian (Integration and System Testing)

Pada tahap ini merupakan pengujian dari sistem yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan dengan pengujian blackbox. Dimana dalam pengujian ini akan terdeteksi fungsi modul yang berhasil maupun yang masih error. Kemudian untuk fungsi modul yang masih error atau belum sesuai dengan kebutuhan pengguna dapat dilakukan pengkajian ulang dan perbaikan terhadap sistem agar menjadi lebih baik. Adapun tujuan testing adalah menemukan kesalahan-kesalahan terhadap sistem tersebut dan kemudian bisa diperbaiki.

Tahap Implementasi sistem (Operation and maintenance)

Tahapan ini merupakan tahapan yang paling panjang. Sistem dipasang dan digunakan secara nyata. Maintenance melibatkan pembetulan kesalahan yang tidak ditemukan pada tahapan-tahapan sebelumnya, meningkatkan implementasi dari unit sistem, dan meningkatkan layanan sistem sebagai kebutuhan baru.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Analisis

Pada penelitian ini dilakukan analisis untuk mengetahui permasalahan yang sedang terjadi saat ini dan memberikan solusi terhadap permasalahan tersebut. Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini terbagi atas dua tahapan yaitu : Analisis Kebutuhan Data dan Analisis Kebutuhan Sistem.

Analisis Kebutuhan Data

Sebelum memasuki tahap perancangan sistem, penelitian ini melakukan pengolahan data yang berhubungan dengan data primer dan data sekunder yang telah didapatkan data dari Lab

ASPAL IPB Bogor.

Analisis Pengolahan Data

Dalam analisis pengolahan data ini, yang digunakan yaitu data sekunder. Data sekunder merupakan data yang telah dikumpulkan oleh pihak lain untuk kepentingan sebelumnya. Data sekunder berupa data data yang sudah tersedia dan dapat diperoleh oleh penelitian. Tahap tersebut yaitu:

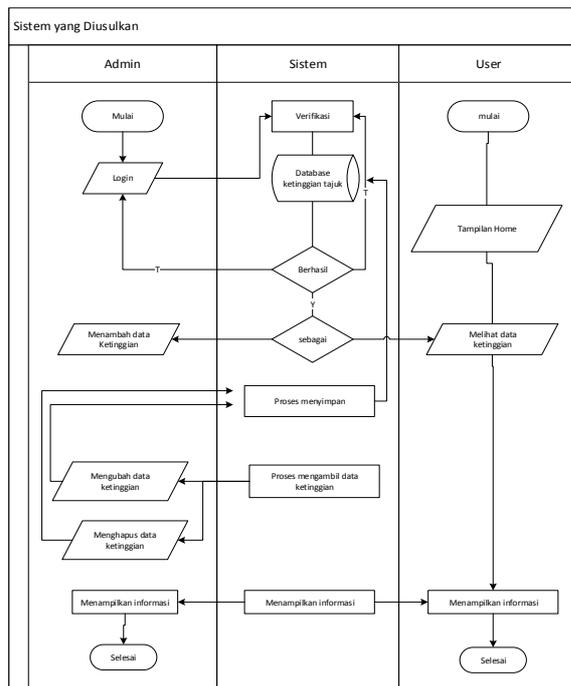
1. Data LiDAR, Data lidar data yang berupa point clouds yang memiliki koordinat 3D (x, y, z) yang mempresentasikan DSM (Digital Surface Models) dan DTM (Digital Terrain Models) yang digunakan untuk menganalisis Estimasi Ketinggian Tajuk di wilayah Taman Nasional Kerinci Seblat.
2. Data Ortophoto, data yang berupa foto udara yang diambil bersamaan dengan pengambilan data LiDAR tersebut, yang digunakan sebagai acuan untuk mengklasifikasi ketinggian suatu tajuk.

No	Ketinggian	Lattitude	Longtitude	Kelas Ketinggian Tajuk
1	26	9700260	192062	Tinggi
2	23	9700260	192092	Sedang
3	28	9700260	192122	Tinggi
4	34	9700260	192152	Tinggi
5	22	9700260	192182	Sedang
6	26	9700260	192212	Tinggi
7	24	9700260	192242	Sedang
8	46	9700260	192272	Tinggi
9	27	9700260	192302	Tinggi
10	32	9700230	192032	Tinggi
11	27	9700230	192062	Tinggi
12	46	9700230	192092	Tinggi
13	49	9700230	192122	Tinggi
14	20	9700230	192152	Sedang
15	33	9700230	192182	Tinggi
16	22	9700230	192212	Sedang
17	26	9700230	192242	Tinggi
18	29	9700230	192272	Tinggi
19	18	9700230	192302	Sedang
20	30	9700230	192332	Tinggi
21	20	9700230	192362	Sedang
22	47	9700200	192002	Tinggi
23	32	9700200	192032	Tinggi
24	32	9700200	192062	Tinggi
25	46	9700200	192092	Tinggi

Analisis Sistem yang Diusulkan

Analisis sistem yang diusulkan merupakan gambaran mengenai sistem baru yang akan dibuat, analisis sitem baru yang diusulkan berguna agar tahapan perancangan sistem dapat fokus dan terarah kepada fungsi-fungsi dan kebutuhan utama sistem. Data yang digunakan untuk input pada sistem adalah data hasil analisis

tahun 2014. Berikut tampilan analisis sistem yang di usulkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Flowchart Analisis Sistem Yang Sedang Berjalan

Analisis Kebutuhan Pengguna

Analisis kebutuhan pengguna merupakan orang yang membutuhkan informasi yang terkait dengan estimasi ketinggian tajuk di Wilayah Taman Nasional Kerinci. Dikategorikan sebagai pengguna yang dapat mengetahui estimasi ketinggian tajuk melalui tampilan peta, dan tabel berdasarkan yang ditampilkan sistem.

Analisis Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional sistem mendefinisikan hal-hal yang berkaitan dengan fungsi dan kegunaan terhadap sistem yang akan dibangun adapun analisis kebutuhan fungsi sistem sebagai berikut:

1. Kemampuan sistem dalam menyajikan informasi mengenai ketinggian tajuk
2. Kemampuan sistem untuk menginput data terkait informasi ketinggian tajuk.
3. Kemampuan sistem untuk menampilkan map lokasi ketinggian tajuk.

Analisis Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem yang dibuat mengacu pada *client-server model*, dimana pada *client-server model*, *client* bersifat aktif dalam mengirim dan meminta dari layanan yang disediakan *server*

sebagai penyedia layanan.

b. System and Software Design

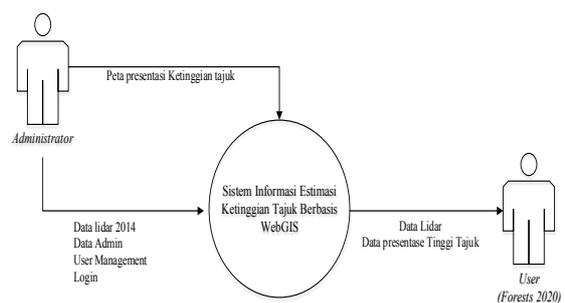
System and Software Design merupakan tahapan desain sistem yang akan dibangun. Desain sistem dibutuhkan agar sistem yang dibangun sesuai dengan yang diharapkan. Penilitan ini menggunakan desain sistem berbasis *Object Oriented Design (OOD)*. Pada tahapan ini dilakukan perancangan yang menghasilkan gambaran sistem yang akan dibangun terdiri dari dua tahap yaitu: desain *Unified Modelling Language (UML)* dan desain antarmuka sistem (*Interface*).

Desain UML (Unified Modelling Language)

Desain UML dilakukan untuk membuat sketsa rancangan sistem ke dalam bentuk-bentuk diagram yang mengacu pada *Object Oriented Design (OOD)*. Desain UML yang dibuat terdiri dari diagram konteks, pelaku sistem, use case diagram, class diagram, sequence diagram, activity diagram.

Diagram Konteks

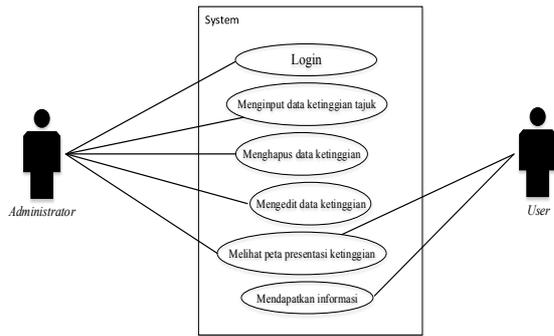
Diagram Konteks ini menggambarkan bahwa dalam pengembangan sistem ini terdapat dua aktor yaitu pengguna sistem/user dan administrator. Pengguna sistem/user yaitu aktor yang ingin melihat presentase ketinggian tajuk di wilayah Taman Nasional Kerinci, sedangkan administrator mempunyai hak akses untuk mengolah data pada sistem tersebut yang berada di dalam database.



Gambar 6 Diagram Konteks

Use Case Diagram

Use case diagram menggambarkan kegiatan (Use case) yang dilakukan oleh actor pada aplikasi Sistem monitoring keluhan pelanggan. Use case diagram ditunjukkan pada Gambar 7.



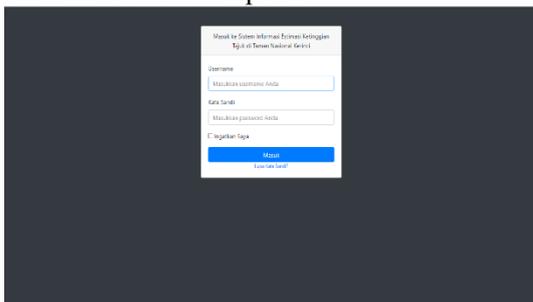
Gambar 7 Use Case Diagram

c. Implementasi Sistem

Pada tahapan implementasi yaitu tahapan implementasi dari setiap tahapan perancangan sistem. Tahap implementasi pada penelitian ini dilakukan dengan menuliskan baris kode program dengan menggunakan bahasa pemrograman *web*.

Halaman Login

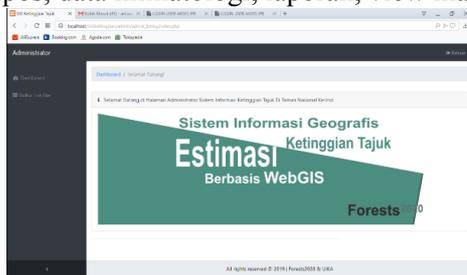
Halaman login merupakan menu untuk dapat masuk ke dalam halaman admin, yang memberikan suatu tampilan.



Gambar 8 Halaman Login

Halaman Utama Admin

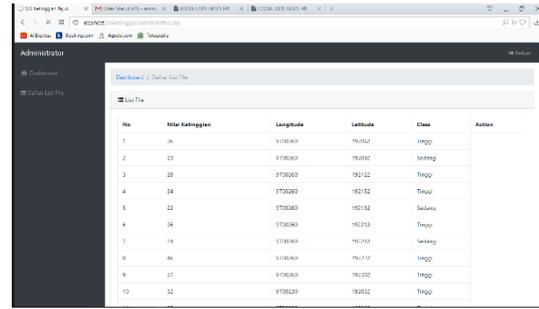
Menampilkan beberapa menu yaitu data user, data pos, data klimatologi, laporan, view maps.



Gambar 9 Halaman Utama Admin

Halaman List Admin

Halaman list user ini menampilkan beberapa menu yaitu memperbaharui dan menghapus data user. Data user berupa hak akses untuk bisa masuk ke dalam sistem.



Gambar 10 Halaman Lisat Admin

Halaman Utama

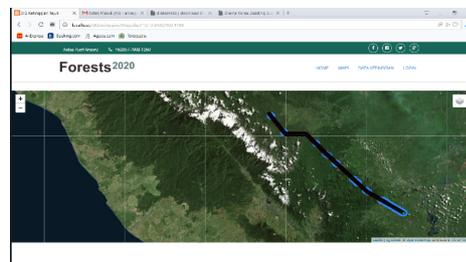
Halaman utama yaitu tampilan pertama pada halaman ini terdapat menu utama. Menu utama terdiri dari tampilan beranda, profil, dan *maps*.



Gambar 11 Halaman Utama

Halaman Maps

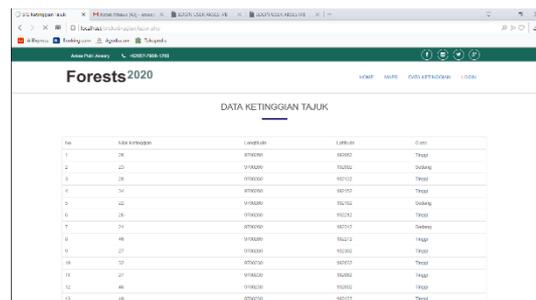
Halaman *maps* merupakan tampilan halaman yang dapat memberikan sebuah informasi yang berupa peta sebaran pos stasiun klimatologi yang berada di wilayah Jawa Barat.



Gambar 12 Halaman Maps

Halaman Data Ketinggian

Menu Halaman data Ketinggian menampilkan tabel yang berisi Data Ketinggian, Longitude, latitude dan Class.



Gambar 13 Halaman Data Ketinggian

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uraian pada bab – bab sebelumnya, maka pada bab ini penulis akan mencoba menarik kesimpulan. Adapun kesimpulan yang dapat ditarik oleh penulis yaitu,

1. Aplikasi ini berhasil dibangun dan memiliki fungsi memberikan informasi mengenai nilai ketinggian dari data LiDAR di wilayah tersebut.
2. Sistem ini dapat menghasilkan dan menampilkan peta sebaran ketinggian tajuk dan diharapkan dapat mempermudah dan membantu memberikan informasi yang ada di taman nasional kerinci seblat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] FAO (*Food and Agriculture Organization*). “Global Forest Resources Assessment, Food and Agriculture Organization of the United Nations, *Forestry Paper*”. 2005
- [2] Lefsky MA, Cohen WB, Parker GG, Harding DJ. “*LiDAR Remote Sensing for ecosystem studies LiDAR, an emerging remote sensing technology that directly measures the three dimensional distribution of plant canopies, can accurately estimate vegetation structural attributes and should be of particular interest to forest, landscape and global ecologists, bioscience*”. 2002.
- [3] Yudi S, Lilik Prasetyo, Sahid H, Wim Ikbal, Desi S. “*Mapping Tree Height in Agroforestry using landsat 8 data*”. Institut Pertanian Bogor, 2018.
- [4] Pratama Putra Amanda “Langkah Awal Mengenal R dan Rstudio”. 2019.