

Sistem Pemantauan Cuaca Berbasis *Internet of Things*

Alvaro D. Phang¹, Lanny Sitanayah^{2*}, Junaidy B. Sanger³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Katolik De La Salle Manado, Manado, Indonesia
Email: *lsitanayah@unikadelasalle.ac.id

Abstract— Weather is one of the important parts that occur in human life. The fields of human occupation that are most affected by the weather, for example, are agriculture, tourism, transportation, and also other fields that require outdoor activities. Before working, humans will see the weather forecast through various media such as weather applications. When entering the rainy season, the weather in Indonesia cannot be predicted accurately even though it has been forecasted, because the weather in Indonesia during the rainy season can change. Currently, Indonesia has used the AWS system but it is still in limited numbers which is also because the

AWS used is still made by another country, so it has a fairly expensive price. Therefore, this study will design and implement an Internet of Things-based Weather Monitoring System using the Naïve Bayes algorithm that can help classify the weather status where the device is located. The device is built using DHT11 sensors, LDR, and rain gauge sensors as input parameters for weather data.

Based on the tests that have been carried out, the system that has been built can run well. All the features created can function properly and can display weather results according to the Naïve Bayes algorithm calculations. The tool that was built can receive data and send data into the database. The application that was built can implement the Naïve Bayes algorithm and has an average accuracy of 92.49%.

Keywords— Weather, Weather Monitoring, Naïve Bayes, Internet of Things

Abstrak— Cuaca merupakan salah satu bagian penting yang terjadi dalam kehidupan manusia. Bidang-bidang pekerjaan manusia yang paling dipengaruhi oleh cuaca contohnya adalah bidang pertanian, bidang pariwisata, bidang transportasi, dan juga bidang-bidang lainnya yang memerlukan aktivitas yang berada di luar ruangan. Pada saat sebelum bekerja, manusia akan melihat prakiraan cuaca lewat berbagai macam media seperti aplikasi *weather*. Saat masuk ke musim hujan, cuaca di Indonesia tidak dapat diperkirakan dengan tepat meskipun telah diprediksi, karena cuaca di Indonesia pada saat musim penghujan dapat berubah-ubah. Pada saat ini di Indonesia sudah menggunakan sistem AWS tetapi masih dalam jumlah terbatas yang juga dikarenakan AWS yang digunakan masih dibuat oleh negara lain, sehingga memiliki harga yang cukup mahal. Oleh karena itu, penelitian ini akan merancang dan mengimplementasikan Sistem Pemantauan Cuaca berbasis *Internet of Things* menggunakan algoritma Naïve Bayes yang dapat membantu mengklasifikasikan status cuaca di tempat alat berada. Alat dibangun dengan menggunakan sensor DHT11, LDR, dan sensor *rain gauge* sebagai masukan parameter data cuaca. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, sistem yang telah dibangun dapat berjalan dengan baik. Seluruh fitur yang dibuat dapat berfungsi dengan baik dan dapat menampilkan hasil cuaca menurut perhitungan algoritma Naïve Bayes. Alat yang dibangun sudah dapat menerima data dan mengirimkan data ke dalam basis data. Aplikasi yang dibangun sudah dapat menerapkan algoritma Naïve Bayes dan memiliki rata-rata akurasi sebesar 92,49%.

Kata Kunci— Cuaca, Pemantauan Cuaca, Naïve Bayes, *Internet of Things*

I. PENDAHULUAN

Cuaca merupakan salah satu hal penting yang terjadi dalam kehidupan manusia. Pada saat manusia beraktivitas sehari-hari, kondisi cuaca pada saat itu dapat mempengaruhi kerja, rutinitas, dan kinerja manusia. Bidang-bidang pekerjaan manusia yang paling dipengaruhi oleh cuaca contohnya adalah bidang pertanian, bidang pariwisata, bidang transportasi, baik itu pelayaran, penerbangan, maupun transportasi darat, dan juga bidang-bidang yang memerlukan aktivitas manusia dilakukan di luar ruangan [1]. Pada saat sebelum beraktivitas, seseorang dapat melihat prakiraan cuaca lewat berbagai macam media seperti aplikasi *Weather*. Akan tetapi, meskipun sudah tersedia prakiraan cuaca, manusia masih memerlukan informasi secara langsung di tempat mereka beraktivitas. Di Indonesia terdapat 2 musim cuaca, yaitu musim kemarau dan musim hujan. Pada saat musim hujan, cuaca tidak dapat diperkirakan dengan tepat meskipun sudah diprediksi, karena cuaca di Indonesia pada saat musim penghujan dapat

berubah-ubah sewaktu-waktu [2].

Untuk mendapatkan status cuaca di suatu tempat, diperlukan data-data cuaca. Parameter data yang dapat dipakai dalam menghasilkan status cuaca contohnya adalah curah hujan, kelembapan, intensitas cahaya, dan suhu. Dalam pengambilan data parameter oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Indonesia menggunakan 2 cara, yaitu metode konvensional dan modern. Cara konvensional masih menggunakan bantuan manusia untuk pengambilan data, sedangkan cara modern menggunakan *Automatic Weather Station* (AWS) [3]. Pada saat ini, di Indonesia sudah menggunakan sistem AWS tetapi masih dalam jumlah terbatas, karena AWS yang digunakan masih dibuat oleh negara lain, sehingga memiliki harga yang cukup mahal [4]. Oleh karena itu, untuk mewujudkan pemantauan cuaca yang akurat, perlu adanya sistem modern yang dapat memberikan informasi cuaca dengan cepat, akurat dan memiliki biaya pembuatan yang terjangkau [5].

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang

menggunakan konektivitas Internet dalam koneksi reguler antara satu sama lain, memungkinkan seseorang menghubungkan sebuah mesin atau objek fisik lainnya dengan sensor dan aktuator untuk beroperasi secara mandiri. Hal ini memungkinkan mesin untuk bekerja secara mandiri menggunakan informasi yang diperoleh dari sensor maupun aktuator tanpa ada masukan secara langsung dari manusia [6]. Terdapat beberapa penelitian tentang mendeteksi cuaca di suatu tempat menggunakan IoT, seperti pada penelitian [7][8][9]. Akan tetapi, penelitian [7] tidak mengimplementasikan algoritma untuk membantu meningkatkan keakuratan dalam pemantauan cuaca, sedangkan penelitian [8] dan [9] menggunakan beberapa sensor yang berbeda.

Penelitian ini akan merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem pemantauan cuaca berbasis IoT yang dapat membantu pekerjaan dan aktivitas manusia dengan mengetahui status cuaca di tempat alat berada. Alat yang dibuat menggunakan tiga jenis sensor, yaitu sensor suhu dan kelembapan DHT11, sensor *Light-Dependent Resistor* (LDR), dan sensor *rain gauge*, serta mikrokontroler NodeMCU ESP8266 Lolin V3. Aplikasi yang dibuat mengimplementasikan algoritma Naïve Bayes yang dapat membantu mengklasifikasi status cuaca dengan memprediksikan cuaca di tempat alat berada. Keuntungan dari algoritma ini adalah algoritma Naïve Bayes memiliki model yang sederhana, tahan terhadap *noise*, dan mudah untuk dimengerti karena menggunakan konsep matematika sebagai dasar penalaran.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian [7] merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring pendeteksi hujan dan suhu secara *real time*. Sensor yang digunakan dalam penelitian adalah sensor NTC *thermistor* dan *raindrop* sensor. NTC *thermistor* digunakan sebagai sensor suhu yang memiliki kepekaan yang tinggi terhadap perubahan suhu, sedangkan *raindrop* sensor adalah sensor untuk mendeteksi titik air hujan di tempat alat berada. Pada saat hujan, *raindrop* sensor akan memiliki nilai keluaran yang rendah. Sedangkan pada saat tidak hujan, nilai yang dikeluarkan akan bernilai besar. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Nano, sedangkan untuk transmisi data digunakan *Radio Telemetry* yang memiliki jangkauan komunikasi 1,6 kilometer. Selisih nilai sensor suhu dengan nilai termometer sebagai alat ukur manual adalah 0,39 °C. Sistem ini hanya menggunakan *threshold* untuk menentukan cuaca hujan atau tidak.

Penelitian [8] dan [9] membuat sistem pemantauan cuaca menggunakan IoT dengan metode Naïve Bayes. Pada penelitian [8], alat dibuat dengan menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor suhu dan kelembapan DHT11, dan sensor *anemometer*. Sensor *anemometer* digunakan untuk mendapatkan data kecepatan angin. Sedangkan pada penelitian [9], alat dibuat dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU v3, sensor suhu dan kelembapan DHT11, sensor tekanan udara BMP180, dan *rain sensor*. Data yang dihasilkan dapat diakses melalui Internet karena terhubung melalui *ThingSpeak*.

Algoritma Naïve Bayes adalah salah satu algoritma untuk klasifikasi yang dalam operasi pengklasifikasiannya

menggunakan probabilitas dan statiska. Ditemukan oleh ilmuwan Inggris bernama Thomas Bayes, algoritma ini adalah hasil pengembangan dari teorema Bayes yang digabungkan dengan Naïve yang asumsinya adalah kondisi antar atribut saling bebas. Berikut merupakan langkah-langkah algoritma Naïve Bayes menurut [10]:

1. Baca data latih.
 2. Hitung jumlah dan probabilitas dari data, tetapi jika data numerik, maka:
 - a. Mencari nilai rata-rata dan standar deviasi dari parameter yang ada.
 - b. Mencari nilai probabilitas dari data latih.
 3. Mencari nilai probabilitas data uji.
 4. Mendapatkan solusi dari hasil nomor 3.
- Berikut merupakan persamaan dari algoritma Naïve Bayes:

$$P(H|X) = \frac{P(X|H).P(H)}{P(X)} \quad (1)$$

Untuk mengetahui proses klasifikasi algoritma Naïve Bayes, diperlukan petunjuk untuk menentukan kelas yang cocok bagi sampel yang digunakan. Oleh karena itu, persamaan di atas dapat disesuaikan sebagai berikut:

$$P(C|F_1...F_n) = \frac{P(C).P(F_1...F_n|C)}{P(F_1...F_n)} \quad (2)$$

Di mana P adalah probabilitas, C adalah kelas, dan F adalah karakteristik petunjuk. Untuk klasifikasi dengan data kontinyu digunakan rumus Densitas Gauss atau rumus distribusi normal. Berikut adalah rumus Densitas Gauss:

$$P(X_i = x_i | Y = y_i) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}\right)^2} \quad (3)$$

Untuk mempermudah perhitungan, dapat disederhanakan sebagai berikut:

1. $\sqrt{2\pi} = 2,507$
 2. $e = 2,7183$ karena e adalah nilai yang konstan.
- Berikut adalah rumus untuk standar deviasi:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{n-1} \quad (4)$$

Selanjutnya, untuk mengukur performa sebuah model atau algoritma, digunakan *confusion matrix*. Tabel *confusion matrix* dibagi menjadi empat kombinasi nilai yang berasal dari kelas prediksi dan kelas aktual. Keempat kombinasi tersebut yang ditunjukkan pada Tabel I adalah [11]:

1. *True Positive* adalah banyak data yang memiliki kelas prediksi dan kelas aktual dengan nilai positif.
2. *True Negative* adalah banyak data yang memiliki kelas prediksi dan kelas aktual dengan nilai negatif.
3. *False Positive* adalah banyak data yang memiliki kelas prediksi dengan nilai positif dan kelas aktual dengan nilai negatif.
4. *False Negative* adalah banyak data yang memiliki kelas prediksi dengan nilai negatif dan kelas aktual dengan nilai positif.

TABEL I. TABEL *CONFUSION MATRIX*

	Predicted Negative	Predicted Positive
Actual Negative	True Negative (TN)	False Positive (FP)
Actual Positive	False Negative (FN)	True Positive (TP)

Tabel I dapat digunakan untuk mencari nilai akurasi yang sangat berguna dalam mengukur performa dari sebuah model atau algoritma. Berikut merupakan rumus akurasi dari *confusion matrix*:

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN} \quad (5)$$

III. METODOLOGI

Metodologi yang dipakai dalam pengembangan sistem adalah metode *Rapid Application Development* (RAD). Fase-fase dalam RAD [12]:

1. Requirement Planning

Fase ini bertujuan untuk mengidentifikasi fungsi serta syarat-syarat yang akan dikembangkan di dalam aplikasi. *Input* dari fase ini adalah data yang telah didapatkan dari studi kasus, sedangkan *output*-nya adalah informasi yang telah diolah yang akan digunakan dalam pembuatan sistem.

2. Design

Fase ini dilakukan untuk mendesain secara lengkap hasil dari fase *requirement planning*. Pada fase ini akan dilakukan pemodelan data, perancangan *user interface* dan perancangan *database*.

3. Construction

Dalam fase *construction*, pembangunan aplikasi sesuai dengan apa yang direncanakan pada fase *requirement planning* dan fase *design*. *Output* dari fase ini adalah sistem yang telah dibuat.

4. Cutover

Pada fase ini akan dilakukan pengujian performa dari sistem, apakah sistem telah memenuhi keperluan pengguna sesuai dengan apa yang dibuat pada fase *requirement planning*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut dijelaskan hasil dan pembahasan dari penelitian ini.

A. Perhitungan Algoritma

Di tahap pengumpulan data, data yang diambil berasal dari sensor-sensor yang digunakan. Tabel II merupakan contoh kumpulan data setelah diproses oleh aplikasi.

TABEL II. DATA YANG TELAH DIPROSES

No	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Intensitas Cahaya	Rain Gauge	Cuaca
1	30	60	352	-8	tidak hujan
2	31	62	470	-3	tidak hujan

No	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Intensitas Cahaya	Rain Gauge	Cuaca
3	32	62	284	-6	tidak hujan
4	30	62	291	-10	tidak hujan
5	29	62	300	-2	tidak hujan
6	29	63	327	-9	tidak hujan
7	28	66	447	-6	tidak hujan
8	26	85	612	2	hujan
9	25	92	650	5	hujan
10	25	78	701	3	hujan
11	24	75	678	9	hujan
12	22	89	644	4	hujan
13	26	88	662	6	hujan
14	22	77	603	8	hujan

Pada bagian ini dilakukan perhitungan manual algoritma untuk mendapatkan nilai kelas cuaca. Aturan yang harus dipakai adalah sebagai berikut:

1. Menghitung nilai probabilitas kelas cuaca

$$P(\text{tidak hujan}) = \frac{\text{total kelas tidak hujan}}{\text{total seluruh kelas cuaca}} = \frac{7}{14} = 0,5$$
$$P(\text{hujan}) = \frac{\text{total kelas hujan}}{\text{total seluruh kelas cuaca}} = \frac{7}{14} = 0,5$$

2. Menghitung nilai probabilitas tiap atribut pada data

a. Menghitung nilai probabilitas numerik atribut suhu

TABEL III. NILAI PROBABILITAS ATRIBUT SUHU

Tidak Hujan	Hujan
$\bar{x} = \frac{209}{7} = 29,85714$	$\bar{x} = \frac{170}{7} = 24,28571$
$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ $= \sqrt{1,80952}$ $= 1,34518$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ $= \sqrt{2,90476}$ $= 1,70433$

b. Menghitung nilai probabilitas numerik atribut kelembapan

TABEL IV. NILAI PROBABILITAS ATRIBUT KELEMBAPAN

Tidak Hujan	Hujan
$\bar{x} = \frac{437}{7} = 62,42857$	$\bar{x} = \frac{584}{7} = 83,42857$
$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ $= \sqrt{3,28571}$ $= 1,81265$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ $= \sqrt{44,95238}$ $= 6,70465$

c. Menghitung nilai probabilitas numerik atribut intensitas cahaya

TABEL V. NILAI PROBABILITAS ATRIBUT INTENSITAS CAHAYA

Tidak Hujan	Hujan
-------------	-------

$\bar{x} = \frac{2471}{7} = 353$	$\bar{x} = \frac{4550}{7} = 650$
$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ $= \sqrt{5769,333}$ $= 75,95613$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ $= \sqrt{1203}$ $= 34,68429$

- d. Menghitung nilai probabilitas numerik atribut *rain gauge*

TABEL VI. NILAI PROBABILITAS ATRIBUT RAIN GAUGE

Tidak Hujan	Hujan
$\bar{x} = \frac{437}{7} = 62,42857$	$\bar{x} = \frac{584}{7} = 83,42857$
$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ $= \sqrt{3,28571}$ $= 1,81265$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ $= \sqrt{44,95238}$ $= 6,70465$

3. Menghitung nilai probabilitas data yang akan diuji

Contoh data yang akan diuji memiliki nilai suhu = 28 °C, kelembapan = 66%, intensitas cahaya = 451, dan *rain gauge* = -1.

TABEL VII. NILAI PROBABILITAS UJI DATA CUACA TIDAK HUJAN

Tidak Hujan
$P(\text{Suhu} = 28) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{x}}{\sigma}\right)^2}$ $= \left(\frac{1}{1,34518 \times 2,507}\right) \left(2,7183^{-\frac{1}{2}\left(\frac{28-29,85714}{1,34518}\right)^2}\right)$ $= (0,29652)(0,38557)$ $= 0,11432$
$P(\text{Kelembapan} = 66) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{x}}{\sigma}\right)^2}$ $= \left(\frac{1}{1,81265 \times 2,507}\right) \left(2,7183^{-\frac{1}{2}\left(\frac{66-62,42857}{1,81265}\right)^2}\right)$ $= (0,22005)(0,14355)$ $= 0,03158$
$P(\text{Intensitas Cahaya} = 451) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{x}}{\sigma}\right)^2}$ $= \left(\frac{1}{75,95613 \times 2,507}\right) \left(2,7183^{-\frac{1}{2}\left(\frac{451-353}{75,95613}\right)^2}\right)$ $= (0,00525)(0,43503)$ $= 0,00228$
$P(\text{Rain Gauge} = 1) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{x}}{\sigma}\right)^2}$ $= \left(\frac{1}{2,98408 \times 2,507}\right) \left(2,7183^{-\frac{1}{2}\left(\frac{-1-(-6,28571)}{2,98408}\right)^2}\right)$ $= (0,13367)(0,20830)$ $= 0,02784$

TABEL VIII. NILAI PROBABILITAS UJI DATA CUACA HUJAN

Hujan
$P(\text{Suhu} = 28) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{x}}{\sigma}\right)^2}$ $= \left(\frac{1}{1,70433 \times 2,507}\right) \left(2,7183^{-\frac{1}{2}\left(\frac{28-24,28571}{1,70433}\right)^2}\right)$

Hujan
$= (0,23404)(0,09303)$ $= 0,02177$
$P(\text{Kelembapan} = 66) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{x}}{\sigma}\right)^2}$ $= \left(\frac{1}{6,70465 \times 2,507}\right) \left(2,7183^{-\frac{1}{2}\left(\frac{66-83,42857}{6,70465}\right)^2}\right)$ $= (0,05949)(0,03409)$ $= 0,00202$
$P(\text{Intensitas Cahaya} = 451) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{x}}{\sigma}\right)^2}$ $= \left(\frac{1}{34,68429 \times 2,507}\right) \left(2,7183^{-\frac{1}{2}\left(\frac{451-650}{34,68429}\right)^2}\right)$ $= (0,01150)(0,00000071085)$ $= 0,000000008175$
$P(\text{Rain Gauge} = 1) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{x}}{\sigma}\right)^2}$ $= \left(\frac{1}{2,56348 \times 2,507}\right) \left(2,7183^{-\frac{1}{2}\left(\frac{-1-(-5,28571)}{2,56348}\right)^2}\right)$ $= (0,15560)(0,00769)$ $= 0,04947$

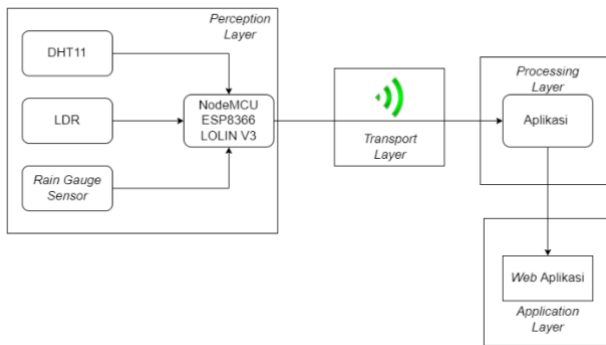
4. Menghitung nilai probabilitas akhir

$$\begin{aligned}P_{\text{tidak hujan}} &= P(\text{tidak hujan}) \times P(\text{Suhu} = 28) \\&\quad \times P(\text{Kelembapan} = 66) \\&\quad \times P(\text{Intensitas Cahaya} = 451) \times P(\text{Rain Gauge} = 1) \\&= 0,5 \times 0,11432 \times 0,03158 \\&\quad \times 0,00228 \\&\quad \times 0,02784 \\&= 0,000000114 \\P_{\text{hujan}} &= P(\text{hujan}) \times P(\text{Suhu} = 28) \\&\quad \times P(\text{Kelembapan} = 66) \\&\quad \times P(\text{Intensitas Cahaya} = 451) \times P(\text{Rain Gauge} = 1) \\&= 0,5 \times 0,02177 \times 0,00202 \\&\quad \times 0,000000008175 \\&\quad \times 0,03846 \\&= 6,9494 \times 10^{-16}\end{aligned}$$

Dengan nilai probabilitas terbesar ada pada cuaca tidak hujan, maka data akan diklasifikasikan pada kelas cuaca tidak hujan.

B. Arsitektur Pengiriman Data

Gambar 1 menunjukkan diagram pengiriman data yang terjadi di dalam sistem. Di gambar tersebut, alur sistem dimulai dari *perception layer* yang terdiri dari sensor-sensor yang digunakan, yaitu sensor DHT11, sensor LDR, dan sensor *rain gauge*, beserta dengan NodeMCU yang membaca sekaligus mengirimkan data melalui modul Wi-Fi (*transport layer*) untuk diproses oleh aplikasi. Selanjutnya data masuk ke dalam *processing layer*, di mana data yang telah dikirimkan akan diproses menggunakan algoritma dan hasil dari algoritma akan ditampilkan ke dalam halaman aplikasi web (*application layer*).



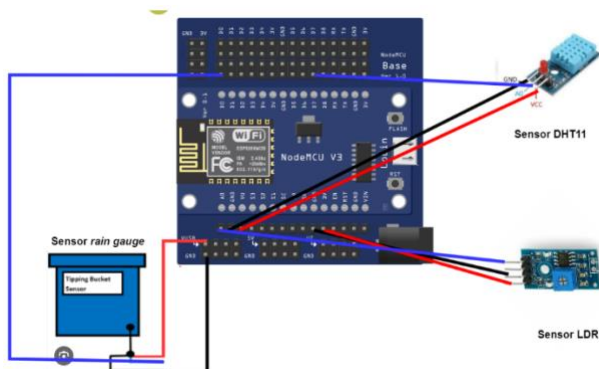
Gbr. 1 Arsitektur Pengiriman Data

C. Rancangan dan Implementasi Alat

Komponen-komponen yang dibutuhkan untuk membuat alat pemantauan dapat dilihat pada Tabel IX. Gambar 2 merupakan diagram rancangan alat yang dibangun. Di sini NodeMCU ESP8266 Lolin V3 dilengkapi dengan *breadboard* untuk menambah jumlah pin menjadi lebih banyak. Terdapat tiga sensor yang terpasang: dua sensor digital yaitu sensor DHT11 dan sensor *rain gauge*, serta satu sensor analog yaitu sensor LDR. Tabel X menjelaskan koneksi pin-pin yang dipakai dan Gambar 3 merupakan implementasi dari rancangan alat.

TABEL IX. KOMPONEN-KOMPONEN ALAT

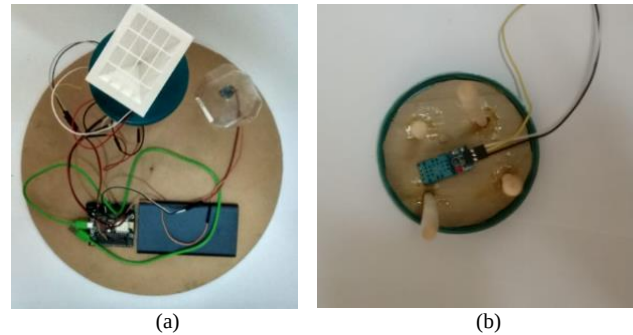
Nama	Keterangan
NodeMCU ESP8266	Mikrokontroler.
DHT11	Sensor suhu dan kelembapan.
LDR	Sensor cahaya.
Rain Gauge Sensor	Sensor curah hujan.



Gbr. 2 Diagram Rancangan Alat

TABEL X. KONEKSI PIN-PIN

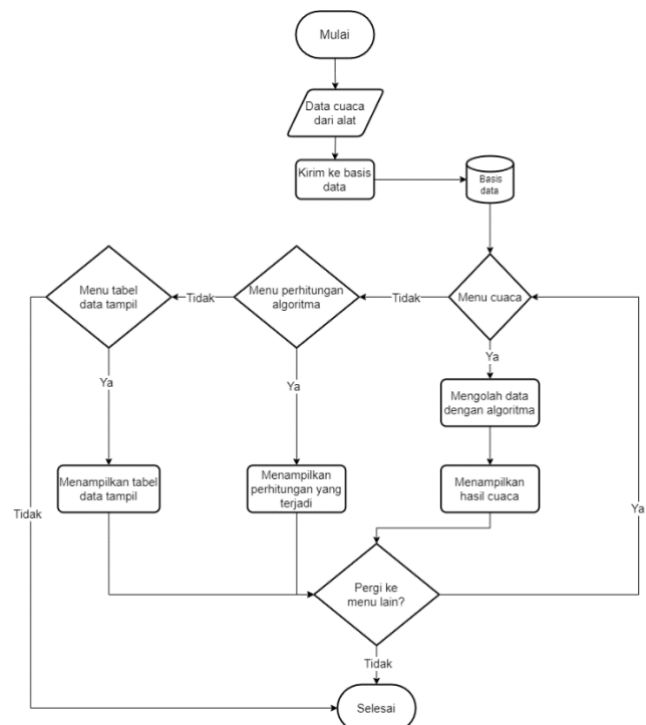
NodeMCU	DHT11	LDR	Rain Gauge
VUSB	VCC	-	VCC
3V	-	VCC	-
GND	GND	GND	GND
Pin A0	-	Input	-
Pin D0	-	-	Input
Pin D7	Input	-	-



Gbr. 3 (a) Implementasi Rancangan Alat dan (b) Tempat Sensor DHT11

D. Rancangan dan Implementasi Aplikasi

Pada sistem yang dibangun, sensor berfungsi untuk menerima data cuaca yang kemudian dikirim ke basis data menggunakan mikrokontroler melalui Wi-Fi. Data akan diterima dari sensor dan diolah menggunakan algoritma Naïve Bayes. Hasil pengolahan akan ditampilkan ke dalam aplikasi berbasis web dalam bentuk situasi cuaca. Gambar 4 merupakan penggambaran *flowchart* pada sistem.



Gbr. 4 Flowchart Sistem

Berikut merupakan implementasi antarmuka dari aplikasi. Terdapat tiga halaman pada aplikasi ini, yaitu halaman pemantauan cuaca yang juga menjadi halaman utama, halaman tabel data, dan halaman perhitungan. Gambar 5 merupakan halaman pemantauan cuaca. Pengguna dapat melihat nilai terbaru yang dikirim dari sensor dan juga pantauan cuaca berdasarkan bacaan sensor tersebut. Gambar 6 merupakan halaman tabel data. Pada halaman ini terdapat tabel data yang berisikan nilai-nilai sensor yang sudah dimasukkan dan juga hasil cuaca yang didapatkan. Gambar 7 merupakan halaman terakhir dari aplikasi ini dan juga berisikan perhitungan yang terjadi untuk mendapatkan hasil cuaca.



Gbr. 5 Halaman Pemantauan Cuaca

Halaman Tabel Data Cuaca

Data yang masuk

TANGGAL	JAM	Suhu	KELEMBAPAN	INTENSITAS CAHAYA	CURAH HUJAN	CUACA
2023-07-22	15:56:18	31	72	721	2	Hujan
2023-07-22	15:55:18	31	71	741	8	Hujan
2023-07-22	15:54:18	31	71	778	10	Hujan
2023-07-22	15:53:18	29	73	583	7	Hujan
2023-07-22	14:53:22	35	59	544	-8	Tidak Hujan
2023-07-22	14:33:22	35	60	529	-4	Tidak Hujan
2023-07-22	13:45:36	28	77	682	-6	Hujan
2023-07-22	13:44:36	36	59	578	-1	Tidak Hujan
2023-07-22	13:43:36	36	59	312	-9	Tidak Hujan
2023-07-22	13:41:36	36	59	286	-3	Tidak Hujan

Gbr. 6 Halaman Tabel Data

Halaman Perhitungan Algoritma

Data: Suhu = 31°C, Kelembapan = 72%, Intensitas Cahaya = 721, Curah Hujan = 2

- Menghitung nilai probabilitas kelas cuaca
Nilai probabilitas kelas tidak hujan yang didapatkan adalah 0.501758
Nilai probabilitas kelas hujan yang didapatkan adalah 0.498242
- Menghitung nilai probabilitas tiap atribut pada data
(berikut merupakan rumus standar deviasi)
$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

a. Menghitung nilai probabilitas tiap atribut data suhu
Nilai suhu kelas tidak hujan
Rata-rata suhu ($\bar{x}$) = 29.61358
Standar deviasi suhu (s) = 1.67082

Gbr. 7 Halaman Perhitungan Algoritma

E. Pengujian Alat

Berikut adalah pengujian yang dilakukan pada alat sensor pemantauan cuaca.

1. Menguji sensor suhu dan kelembapan DHT11 dengan alat ukur manual HTC-1

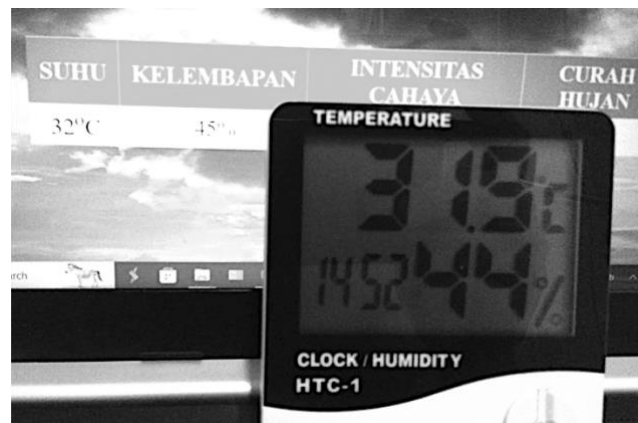
Hasil perbandingan alat ukur manual HTC-1 dengan sensor DHT11 dapat dilihat pada Tabel XI dan Tabel XII. Dari 10 percobaan, dapat dilihat bahwa *offset* suhu adalah 0,6, sedangkan *offset* kelembapan adalah 0,5.

TABEL XI. PENGUJIAN SUHU DENGAN ALAT UKUR MANUAL

No	HTC-1	Sensor DHT11	Offset
1	29	29	0
2	29	28	1
3	28	28	0
4	27	28	1
5	28	29	1
6	29	29	0
7	30	29	1
8	30	30	0
9	29	30	1
10	28	29	1
Rata-rata			0,6

TABEL XII. PENGUJIAN KELEMBAPAN DENGAN ALAT UKUR MANUAL

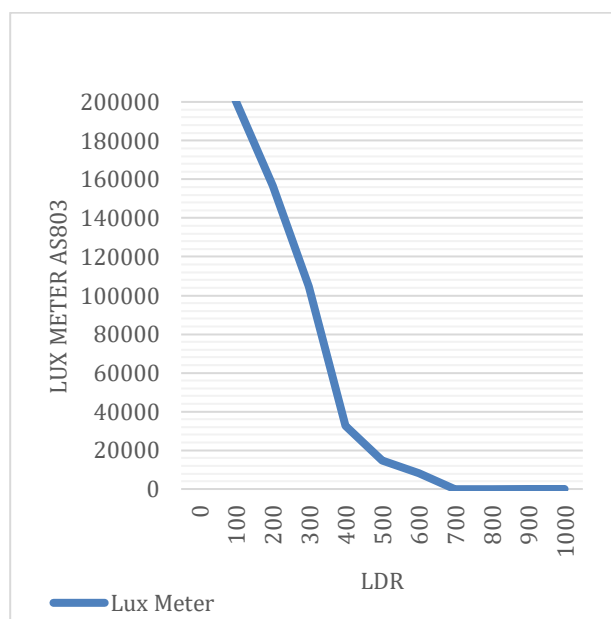
No	HTC-1	Sensor DHT11	Offset
1	60	61	1
2	59	59	0
3	60	60	0
4	60	61	1
5	61	61	0
6	70	71	1
7	69	70	1
8	70	70	0
9	71	70	1
10	71	71	0
Rata-rata			0,5



Gbr. 8 Nilai Suhu dan Kelembapan pada HTC-1 dan Aplikasi

2. Menguji sensor LDR dengan alat ukur manual *Lux Meter* AS803

Hasil perbandingan alat *lux meter* dengan sensor LDR dapat dilihat pada Gambar 9. Dari gambar bisa dilihat bahwa semakin besar nilai *lux*, semakin kecil nilai sensor LDR yang didapatkan.

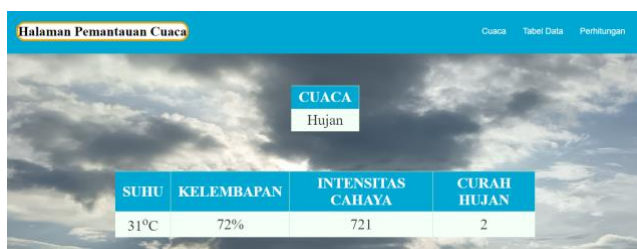
Gbr. 9 Perbandingan *Lux Meter* dan LDR



Gbr. 10 Hasil Lux Meter di Tiga Tempat Berbeda

3. Menguji pembacaan sensor *rain gauge*

Sensor rain gauge akan menampilkan nilai positif jika sedang hujan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11 dan nilai negatif jika tidak hujan seperti pada Gambar 12.



Gbr. 11 Hasil Bacaan Sensor Rain Gauge pada Saat Hujan



Gbr. 12 Hasil Bacaan Sensor Rain Gauge pada Saat Tidak Hujan

F. Pengujian Akurasi

Pengujian akurasi dilakukan untuk mengetahui nilai akurasi yang didapatkan menggunakan algoritma Naïve Bayes. Nilai perhitungan akurasi didapatkan melalui perhitungan *confusion matrix* yang menggunakan data uji sebagai parameter dan data uji tersebut berasal dari *dataset* yang telah dikumpulkan dan dibagi menjadi data latih dan data uji. Berikut merupakan salah satu perhitungan akurasi menggunakan *confusion matrix* (Tabel XIII).

TABEL XIII. CONTOH *CONFUSION MATRIX*

	Aktual +	Aktual -
Prediksi +	167	15
Prediksi -	12	168
Total	179	183

$$\begin{aligned}\text{Akurasi} &= (TP+TN) / (TP+FP+FN+TN) \\ &= (167+168) / (167+15+12+168) \\ &= 335/362 \\ &= 0,9253 \\ &= 0,9253 * 100\% \\ &= 92,53\%\end{aligned}$$

Tabel XIV menunjukkan rata-rata akurasi menurut tiga jenis pembagian data latih dan data uji (60:40, 70:30, dan 80:20).

TABEL XIV. RATA-RATA AKURASI

	60:40	70:30	80:20
1	86,45%	92,53%	91,67%
2	84,79%	94,44%	89,58%
3	87,08%	95%	87,92%
4	85,83%	91,35%	88,33%
5	86,88%	89,17%	87,50%
Rata-rata	86,21%	92,49%	89%

Dari Tabel XIV, dapat dilihat bahwa rata-rata persentase akurasi terbesar ada pada pembagian 70% data latih dan 30% data uji. Hal ini dapat terjadi karena pada saat perhitungan akurasi, terdapat lebih banyak data dengan prediksi yang tidak sesuai dengan data aktual di pembagian data 60:40 dan 80:20.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, sistem yang dibangun dapat berjalan dengan baik. Seluruh fitur yang dibuat dapat berfungsi dengan baik dan dapat menampilkan hasil cuaca menurut perhitungan algoritma Naïve Bayes. Alat pemantauan yang dibangun sudah dapat menerima data dan mengirimkan data ke dalam basis data. Aplikasi yang dibangun sudah dapat menerapkan algoritma Naïve Bayes dan berhasil memperoleh hasil cuaca.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan hasil dari pengujian yang sudah dilaksanakan, maka penulis menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem berhasil dibangun dan fungsi aplikasi berdasarkan analisis dan perancangan berhasil diimplementasikan ke dalam sistem.
2. Algoritma Naïve Bayes berhasil diimplementasikan ke dalam aplikasi dan menghasilkan status cuaca di tempat alat pemantauan berada.
3. Sistem dapat membantu dalam pekerjaan dan merancang aktivitas manusia
4. Dari data yang diuji menggunakan *confusion matrix* didapatkan rata-rata akurasi sebesar 92,49%.

Saran untuk pengembangan sistem ke depannya adalah:

1. Menambahkan sensor tekanan udara dan sensor *anemometer* (sensor kecepatan angin), ataupun sensor lainnya yang berhubungan dengan parameter cuaca supaya algoritma Naïve Bayes dapat melatih data dengan parameter yang lebih banyak.
2. Menambahkan kelas baru yang dapat memperbanyak klasifikasi yang ditentukan oleh algoritma.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Handaru, M. Afroni and B. Basuki, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Hujan Otomatis Menggunakan Modul GSM Berbasis Mikrokontroler Atmega 328P," *Jurnal Science Electro*, vol. 10, no. 1, pp. 25-30, 2019.
- [2] F. Erwan, A. Muid and I. Nirmala, "Rancang Bangun Sistem Pengukur Cuaca Otomatis Menggunakan Arduino dan Terintegrasi Dengan Website," *Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan*, vol. 6, no. 3, pp. 255-264, 2018.
- [3] V. Gandoria, V. Repi and A. Wibowo, "Rancang Bangun Pengamat Parameter Cuaca Menggunakan Komunikasi Nir Kabel," *Jurnal Ilmiah GIGA*, vol. 22, no. 1, pp. 14-21, 2019.
- [4] S. Aji, "Sistem Monitoring Kondisi Cuaca Berbasis Website Menggunakan Raspberry Pi," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2018.
- [5] J. Sihasale and S. Lekamtopessy, "Rancang Bangun WAS (Weather Automatic Station) Pendeteksi Cuaca Secara Real Time dan Terintegrasi Guna Mendukung Keselamatan Pelayaran Kapal Rakyat Di Maluku," *Jurnal Teknologi*, vol. 16, no. 2, pp. 2131-2139, 2017.
- [6] Y. Efendi, "Internet Of Things (IOT) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile," *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 1, pp. 19-26, 2018.
- [7] M. Mustar and R. Wiyagi, "Implementasi Sistem Monitoring Deteksi Hujan dan Suhu Berbasis Sensor Secara Real Time," *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, vol. 20, no. 1, pp. 20-28, 2017.
- [8] M. Y. Isfahni, "Rancang Bangun Sistem Prediksi Cuaca Berbasis Internet of Things (IoT) Dengan Metode Naive Bayes," Universitas Muhammadiyah Gresik, Malang, 2019.
- [9] D. C. Putro, "Prototipe Sistem Otomatis Mini Weather Station Menggunakan Nodemcu Berbasis Internet of Things," UPNV Jawa Timur, Surabaya, 2020.
- [10] E. W. Ningsih and Hardiyan, "Penerapan Algoritma Naïve Bayes Dalam Penentuan Kelayakan Penerima," *Jurnal Teknik Komputer AMIK BSI*, vol. 6, no. 1, pp. 15-20, 2020.
- [11] I. W. Saputro and B. W. Sari, "Uji Performa Algoritma Naïve Bayes Untuk Prediksi Masa Studi Mahasiswa," *Citec Jurnal*, vol. 6, no. 1, pp. 1-11, 2019.
- [12] O. Irnawati and G. B. A. Listianto, "Metode Rapid Application Development (RAD) pada Perancangan Website Inventory PT. Sarana Abadi Makmur Bersama (S.A.M.B) Jakarta," *Evolusi : Jurnal Sains dan Manajemen*, vol. 6, no. 2, pp. 13-14, 2018.