

# Penerapan *Edge Computing* pada Pertanian untuk Efisiensi Jaringan dan Optimalisasi Komputasi

Nathanael Tjahyadi  
Fakultas Direktorat Kampus Surabaya  
Teknik Komputer  
Surabaya, Indonesia  
nathanaeltjahyadi@student.telkomuni-  
versity.ac.id

Helmy Widyantara  
Fakultas Direktorat Kampus Surabaya  
Teknologi Informasi  
Surabaya, Indonesia  
helmywidyantara@telkomuniversity.ac.  
id

Hendy Briantoro  
Fakultas Direktorat Kampus Surabaya  
Teknik Komputer  
Surabaya, Indonesia  
hendybr@telkomuniversity.ac.id

**Abstrak** — Edge computing merupakan paradigma komputasi yang mendistribusikan proses pengolahan data ke perangkat tepi (edge devices) untuk meningkatkan efisiensi dan responsivitas jaringan. Dalam sektor pertanian, penggunaan edge computing menjadi semakin penting untuk memastikan keberlanjutan dan efisiensi operasional, terutama di daerah yang memiliki keterbatasan konektivitas internet. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan solusi edge computing di bidang pertanian yang dapat meminimalisir hilangnya data saat koneksi internet dari perangkat edge ke komputasi awan atau server online terputus. Selain itu, sistem ini dirancang untuk melakukan pengolahan data secara lokal menggunakan Node-RED, sehingga memungkinkan analisis data yang lebih cepat dan pengambilan keputusan yang lebih tepat waktu.

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi desain dan implementasi jaringan edge computing dengan perangkat keras dan lunak yang sesuai, serta pengujian performa sistem dalam berbagai kondisi jaringan. Data dari sensor-sensor pertanian akan dikumpulkan dan diolah secara lokal oleh perangkat edge, sementara data yang telah diolah akan dikirimkan lagi ke cloud saat konektivitas internet kembali tersedia.

Hasil dari penelitian ini adalah menguji waktu tunggu atau delay dari pengiriman data lokal ke online dengan internet dan juga membuktikan bahwa data yang tidak terkirim ke internet karena kendala jaringan masih tersimpan dan menunggu untuk dikirimkan ke internet ketika jaringan kembali normal sehingga tidak ada data yang hilang karena internet terputus, selain itu pencatatan efisiensi penggunaan penyimpanan dan jalur bandwidth terbukti dari penelitian ini karena data yang dikirim ke internet adalah data rata – rata dari data lokal

**Kata kunci**— Edge Computing, Optimalisasi Jaringan, Optimalisasi Komputasi

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan pesat teknologi Internet of Things (IoT) di Indonesia telah membawa dampak signifikan dalam berbagai sektor, termasuk pertanian. Dengan lebih dari 185 juta pengguna internet aktif di Indonesia, teknologi ini tidak hanya digunakan untuk hiburan, tetapi juga mendukung berbagai aktivitas profesional dan operasional[1]. Dalam sektor pertanian, penerapan IoT mempermudah pemantauan dan pengelolaan, seperti dalam sistem penyiraman otomatis dan pemantauan kondisi tanaman. Namun, tantangan seperti keterbatasan konektivitas internet di daerah terpencil, gangguan sinyal, dan ketidakstabilan pasokan listrik masih menjadi hambatan utama dalam implementasi teknologi ini[2].

Penelitian sebelumnya, seperti "Smart Strawberry Farming Using Edge Computing and IoT", telah menunjukkan potensi penggunaan edge computing dalam pertanian[3]. Namun, penelitian tersebut belum sepenuhnya mengintegrasikan fitur-fitur penting, seperti sistem penyiraman otomatis berdasarkan data sensor dan akses ke server cloud yang dapat diakses dari luar jaringan edge computing. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya pengembangan lebih lanjut untuk menciptakan sistem yang lebih komprehensif dan responsif terhadap kebutuhan pertanian modern.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem edge computing yang mampu memproses data sensor pertanian secara real-time, mendukung otomatisasi seperti penyiraman tanaman berdasarkan kelembapan tanah, serta mengurangi beban jaringan dengan pemrosesan data lokal sebelum pengiriman ke cloud[4]. Dengan demikian, sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional pertanian, terutama di daerah dengan konektivitas internet yang terbatas, serta memastikan data tetap tersedia dan tindakan otomatis dapat dilakukan meskipun terjadi gangguan koneksi ke cloud.

## II. KAJIAN TEORI

### A. Pertanian Cerdas

Sistem pertanian di Indonesia berkembang pesat seiring dengan kemajuan teknologi. Dengan lahan yang subur dan beragam jenis komoditas yang dapat ditanam, pertanian tetap menjadi salah satu sektor utama dalam perekonomian[5]. Penerapan teknologi dalam pertanian telah membawa manfaat signifikan, terutama melalui konsep pertanian cerdas (*smart farming*) yang memungkinkan pengukuran indikator pertanian secara lebih presisi dan penerapan otomatisasi dalam pengelolaan lahan.

Penerapan sistem pertanian cerdas berkontribusi dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas, serta meminimalisir kesalahan dalam pengelolaan sumber daya. Namun, inovasi ini juga membawa tantangan, seperti adaptasi petani terhadap teknologi baru dan kemungkinan ketergantungan terhadap infrastruktur teknologi[6]. Seiring waktu, masyarakat, khususnya petani, diharapkan dapat beradaptasi dengan perkembangan teknologi ini untuk meningkatkan ketahanan dan keberlanjutan sektor pertanian di Indonesia.

### B. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah perangkat komputasi berukuran kecil yang dirancang untuk mengendalikan fungsi tertentu dalam sistem tertanam (*embedded systems*). Berbeda dengan komputer atau laptop yang dirancang untuk berbagai aplikasi umum, mikrokontroler mengintegrasikan unit pemrosesan pusat (CPU), memori, dan periferal input/output dalam satu chip, memungkinkan efisiensi dan portabilitas yang tinggi[7].

Perkembangan mikrokontroler telah membawa dampak signifikan dalam berbagai bidang, termasuk otomasi industri, perangkat medis, dan sistem kontrol otomotif. Dalam konteks pertanian, mikrokontroler memungkinkan implementasi sistem pertanian cerdas yang efisien dan responsif. Dengan kemampuan untuk memproses data sensor secara real-time dan melakukan tindakan otomatis seperti penyiraman tanaman berdasarkan kondisi tanah, mikrokontroler membantu meningkatkan produktivitas dan efisiensi operasional[8].

Selain itu, mikrokontroler menawarkan keunggulan dalam hal konsumsi daya yang rendah, biaya produksi yang lebih ekonomis, dan kemampuan untuk beroperasi dalam lingkungan dengan sumber daya terbatas. Hal ini menjadikannya solusi ideal untuk aplikasi di daerah pedesaan atau lokasi terpencil yang mungkin memiliki keterbatasan infrastruktur.

Dengan integrasi mikrokontroler dalam sistem pertanian, petani dapat memantau kondisi lingkungan secara akurat, mengotomatisasi proses pertanian, dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya, sehingga mendukung praktik pertanian yang lebih berkelanjutan dan efisien.

### C. Internet of Things

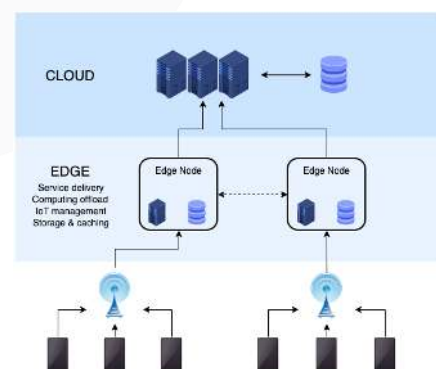
Internet of Things atau biasa disingkat IoT adalah salah satu contoh perkembangan internet di bidang teknologi dan pertanian. Pertanian yang dulunya dilakukan secara manual dan mengandalkan tenaga manusia sebagai penunjang utamanya, kini mulai terbantu dengan adanya teknologi seperti IoT karena banyak hal yang bisa dilakukan secara otomatis dan tanpa andil manusia secara langsung seperti contohnya untuk memantau atau memonitoring kondisi tanah atau tumbuhan, melakukan penyiraman otomatis, dan bahkan pengendalian jarak jauh[9] .

### D. Edge Computing

*Edge computing* adalah teknologi yang bertujuan untuk mengurangi latensi, mengoptimalkan jaringan, dan meningkatkan efisiensi pengolahan data. Teknologi ini semakin berkembang karena kebutuhan akan data yang lebih cepat dan andal, terutama dalam aplikasi yang melibatkan *AI* dan *Machine Learning* untuk pengambilan keputusan otomatis[4].

Edge computing bekerja dengan memanfaatkan sistem lokal, yang terdiri dari sender (*transmitter*) sebagai pengirim data dan server (*receiver*) yang berfungsi sebagai penerima dan pengolah data. Sistem ini dapat melakukan pengolahan data secara lokal sebelum mengirimkan hasilnya ke cloud atau server pusat. Dalam konteks pertanian cerdas, misalnya, data dari sensor kelembaban tanah dapat langsung diproses di server lokal untuk menentukan apakah penyiraman diperlukan sebelum dikirimkan ke cloud[10].

Keunggulan utama dari edge computing meliputi pengurangan latensi, penghematan bandwidth, dan keamanan data yang lebih baik. Karena data diproses terlebih dahulu sebelum dikirim ke cloud, hanya data yang sudah diolah yang akan diteruskan, mengurangi beban jaringan. Selain itu, data mentah tetap berada di server lokal, sehingga lebih aman dari risiko serangan siber dibandingkan jika langsung dikirim ke cloud. Dengan kemampuan ini, edge computing menjadi solusi ideal untuk sistem IoT yang membutuhkan keandalan tinggi dalam lingkungan dengan keterbatasan konektivitas[11].



GAMBAR 1  
(GAMBAR SKEMA EDGE COMPUTING)

### E. Database

Database adalah salah satu bentuk teknologi yang umumnya digunakan sebagai penyimpanan, database bisa berupa perangkat fisik seperti server dan juga bisa berupa

software atau perangkat lunak yang digunakan untuk mengelola data. Database umumnya berbentuk sekumpulan data yang terorganisir secara sistematis untuk memudahkan mengelola, mengakses, dan melakukan update atau pembaruan terhadap isinya. Database juga memiliki banyak jenis dan tipenya, seperti *relational database* atau database yang berhubungan satu sama lain, ada non relational database penggunaan, arsitektur, operasi dasar, dan masih banyak lagi.[12]

#### F. Cloud Computing

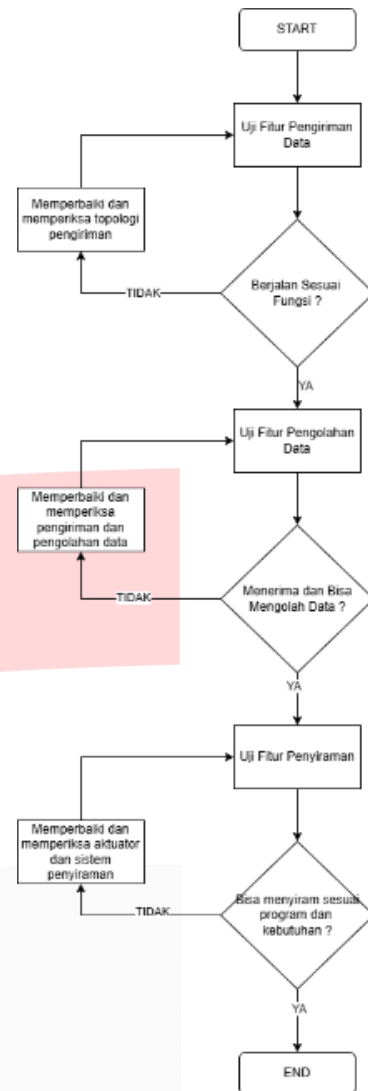
*Cloud computing* atau komputasi awan adalah salah satu perkembangan teknologi di bidang komputasi, awalnya komputasi yang dikenal dan digunakan adalah komputer atau perangkat yang memiliki fisik nyata dan bisa disentuh secara langsung. Namun dengan adanya *cloud computing* ini mempermudah komputasi yang dulunya cukup memerlukan banyak tenaga untuk mengembangkan perangkat keras dan segala jenisnya, namun sekarang *cloud computing* bisa menggantikan dan menjadi salah satu metode yang cukup terkenal. Secara konsep penggunaan, *cloud computing* ini sama dengan komputer atau server pada umumnya, namun yang membedakan adalah pengguna tidak perlu repot – repot untuk melakukan perawatan dan konfigurasi yang rumit pada server seperti jaringan, kelistrikan, penyimpanan, dan lain – lain. Pengguna cukup menggunakan sesuai dengan kebutuhan yang dibutuhkan dan membayar layanan *cloud computing* pada provider penyedia layanan seperti yang saat ini paling banyak diketahui orang – orang adalah Amazon AWS, Google Cloud, Microsoft Azure, Huawei Cloud, dan masih banyak lagi yang lainnya.

### III. METODE

Flowchart pada gambar dibawah menggambarkan prosedur penelitian dalam pengujian sistem penyiraman otomatis berbasis edge computing. Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, dimulai dari pengujian fitur pengiriman data, yang bertujuan untuk memastikan data dari sensor dapat dikirim dengan benar. Jika terjadi kesalahan, maka dilakukan perbaikan dan pemeriksaan topologi pengiriman. Setelah itu, sistem diuji pada tahap pengolahan data, yang mengevaluasi apakah data yang diterima dapat diproses dengan baik. Jika ditemukan kendala, maka dilakukan perbaikan pada sistem pengolahan data.

Selanjutnya, penelitian memasuki tahap pengujian fitur penyiraman, yang bertujuan untuk memastikan aktuator bekerja sesuai kebutuhan. Jika penyiraman belum berjalan optimal, maka dilakukan pemeriksaan dan perbaikan pada sistem penyiraman. Proses ini berulang hingga sistem dapat bekerja dengan baik sesuai spesifikasi.

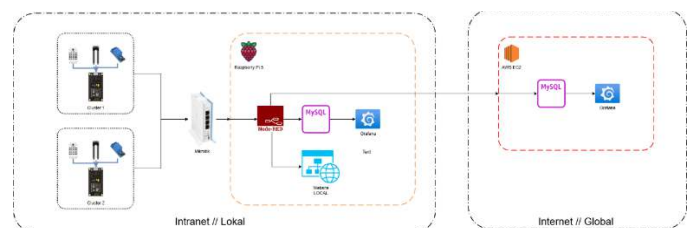
Penelitian ini dilakukan dalam rentang waktu tertentu dengan sumber data yang berasal dari sensor lingkungan, seperti kelembaban tanah dan suhu. Data diperoleh secara real-time dan dianalisis menggunakan metode eksperimen, di mana sistem diuji secara bertahap untuk memastikan fungsi dari setiap komponen bekerja secara optimal. Metode evaluasi dilakukan dengan pendekatan berbasis uji coba bertingkat (*incremental testing*), sehingga setiap tahap dapat diperbaiki sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya.



GAMBAR 2  
(FLOWCHART PENGEMBANGAN SISTEM)

#### A.Desain Arsitektur Sistem

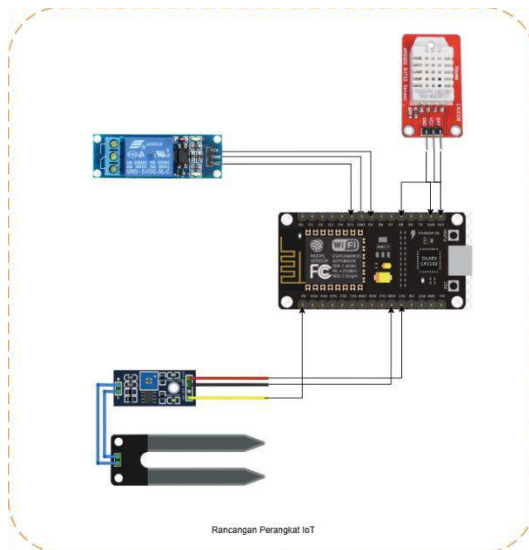
Desain perangkat keras pada penelitian kali ini mengandalkan NodeMcu sebagai mikrokontroler karena memiliki konektifitas wifi dan menggunakan device Raspberry Pi 5 untuk media server *edge computing*. Selain itu juga ada AWS Cloud sebagai server online yang akan menyimpan data rata – rata per menit dari sistem perangkat IoT untuk efisiensi penyimpanan data. Di AWS Cloud terdapat database MySQL untuk menyimpan data dan juga Grafana sebagai aplikasi visualisasi data rata – rata di database online.



GAMBAR 3  
(GAMBAR ARSITEKTUR LENGKAP EDGE DEVICE DAN SERVER)

### B. Desain Perangkat IoT

Desain perangkat IoT terlampir pada gambar dibawah, rangkaian perangkat IoT cukup sederhana karena hanya membutuhkan DHT 22, Sensor *Soil Moisture*, dan relay sebagai pengatur keran aliran listrik ke pompa air.



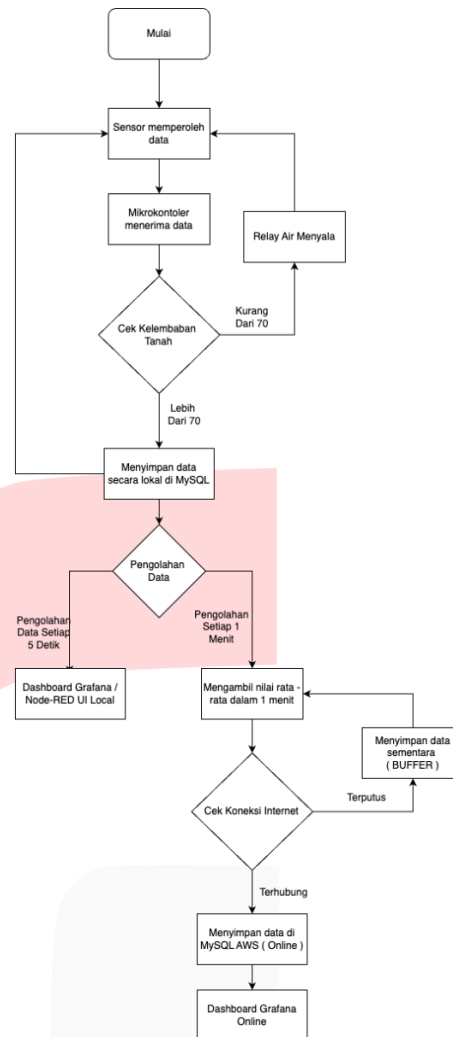
GAMBAR 4  
(RANGKAIAN CLUSTER IOT)

### C. Diagram Blok Cara Kerja

Flowchart pada gambar ini menggambarkan alur kerja sistem penyiraman otomatis berbasis edge computing dengan pemantauan kelembaban tanah. Proses dimulai ketika sensor memperoleh data kelembaban tanah dan mengirimkannya ke mikrokontroler, yang kemudian memproses informasi tersebut. Jika kelembaban tanah berada di bawah ambang batas tertentu, relay air menyala untuk mengaktifkan penyiraman.

Data yang diperoleh disimpan secara lokal di MySQL sebelum melalui tahap pengolahan data, termasuk pengambilan nilai rata-rata dalam satu menit. Informasi ini kemudian dapat diakses melalui dashboard Grafana atau Node-RED UI secara lokal.

Selanjutnya, sistem memeriksa koneksi internet. Jika koneksi tersedia, data dikirim ke MySQL AWS (online) dan ditampilkan di dashboard Grafana online. Jika tidak, data disimpan sementara dalam buffer hingga koneksi pulih. Pendekatan ini memastikan keandalan penyimpanan data dan kelangsungan operasi penyiraman otomatis, bahkan dalam kondisi jaringan yang tidak stabil.



GAMBAR 5  
(DIAGRAM BLOK FLOWCHART ALUR SISTEM)

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada percobaan pengambilan data, ada 2 skema dengan 2 kluster yang berbeda yaitu percobaan didalam ruangan dan diluar ruangan. Maksud dari kedua percobaan ini adalah untuk melakukan perbandingan hasil dan pembeda dari percobaan di dalam maupun diluar ruangan.

### A. Alat Pengujian

Penelitian kali ini menggunakan beberapa alat yang akan berfungsi dengan kemampuannya sendiri, ada perangkat cluster IoT yang akan menjadi perangkat yang mengirimkan nilai sensor ke *edge device* yaitu Raspberry Pi 5, adapun gambarnya sebagai berikut :

#### 1. Cluster Perangkat *Edge Computing*

Berikut adalah gambar dari perangkat *Edge Computing* yang terdiri dari NodeMCU ESP 8266, DHT 22, Soil Moisture Sensor, dan Relay





GAMBAR 6  
(CLUSTER EDGE COMPUTING)

## 2. Perangkat Server *Edge Computing*

Untuk server dari perangkat server *edge computing* menggunakan Raspberry Pi 5 yang terinstall Node-RED, MySQL, Grafana, dan Python sebagai perangkat lunak inti yang menjadi pusat kendali dari *Edge Computing*.



GAMBAR 7  
(RASPBERRY PI 5 SERVER EDGE COMPUTING)

## B. Pengolahan Data

### 1. Pengambilan Data Diluar Ruangan tanpa Halangan

Pengujian diluar ruangan tanpa halangan bermaksud untuk menguji latensi perangkat IoT dengan Server Edge Computing dari jarak tertentu tanpa adanya gangguan halangan apapun di lahan terbuka, berikut adalah gambar skema pengujian yang ada berserta dengan data – data dari 3 jarak yang diambil yaitu 1 meter, 5 meter, dan 10 meter



GAMBAR 8  
(SKEMA PENGUJIAN TANPA HALANGAN)



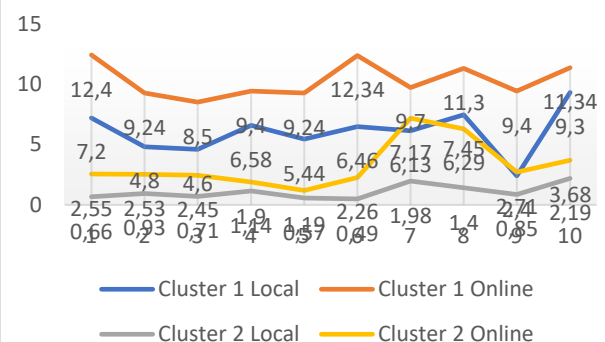
GAMBAR 9  
(SKEMA LOKASI PENGUJIAN TANPA HALANGAN)

- Jarak 1 Meter

TABEL 1  
(PENGUJIAN JARAK 1 METER)

No	Cluster 1 Local	Cluster 1 Online	Selisih Cluster 1	Cluster 2 Local	Cluster 2 Online	Selisih Cluster 2
1	6.2	11.6	5.4	0.5	2.53	2.03
2	3.8	5.63	1.83	0.83	2.56	1.73
3	3.2	3.95	0.75	0.41	2.48	2.07
4	8.58	13.73	5.15	1.3	1.7	0.4
5	2.44	7.78	5.34	0.87	1.19	0.32
6	8.46	13.34	4.88	0.69	2.24	1.55
7	5.73	6.8	1.07	1.64	7.13	5.49
8	8.45	13.3	4.85	1.36	6.77	5.41
9	1.4	6.34	4.94	0.88	2.75	1.87
10	7.3	13.5	6.2	2.12	3.34	1.22
Rata - rata	5.556	9.597	4.041	1.06	3.269	2.209

Durasi Delay Lokal ke Online



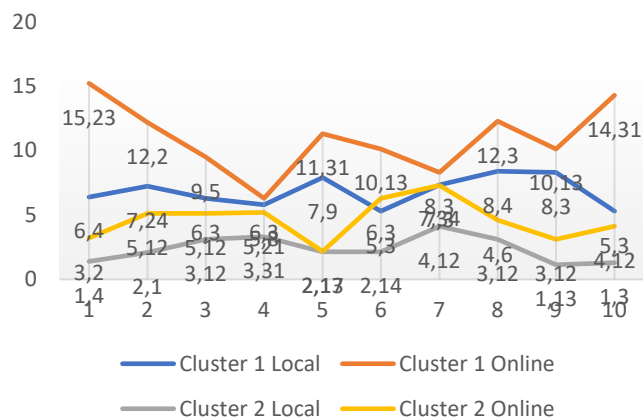
GAMBAR 10  
(VISUALISASI DATA PENGUJIAN 1 METER TANPA HALANGAN)

- Jarak 5 Meter

TABEL 2  
(PENGUJIAN JARAK 5 METER)

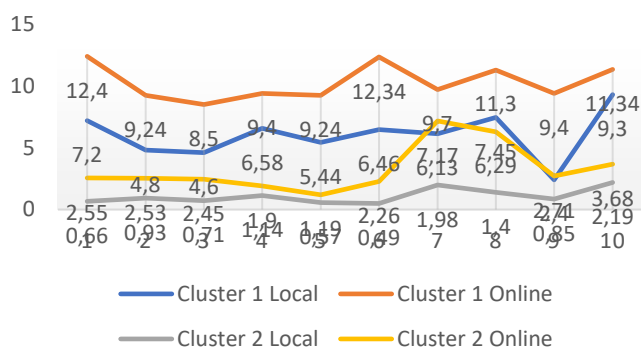
No	Cluster 1 Local	Cluster 1 Online	Selisih Cluster 1	Cluster 2 Local	Cluster 2 Online	Selisih Cluster 2
1	7.2	12.4	5.2	0.66	2.55	1.89
2	4.8	9.24	4.44	0.93	2.53	1.6
3	4.6	8.5	3.9	0.71	2.45	1.74
4	6.58	9.4	2.82	1.14	1.9	0.76
5	5.44	9.24	3.8	0.57	1.19	0.62
6	6.46	12.34	5.88	0.49	2.26	1.77
7	6.13	9.7	3.57	1.98	7.17	5.19
8	7.45	11.3	3.85	1.4	6.29	4.89
9	2.4	9.4	7	0.85	2.71	1.86
10	9.3	11.34	2.04	2.19	3.68	1.49
Rata - rata	6.036	10.286	4.25	1.092	3.273	2.181

Durasi Delay Lokal ke Online



GAMBAR 12  
(VISUALISASI DATA PENGUJIAN 10 METER TANPA HALANGAN)

Durasi Delay Lokal ke Online



GAMBAR 11  
(VISUALISASI DATA PENGUJIAN 5 METER TANPA HALANGAN)

## 2. Pengambilan Data Diluar Ruangan Dengan Halangan

Pengujian diluar ruangan dengan halangan bermaksud untuk menguji latensi perangkat IoT dengan Server Edge Computing dari jarak tertentu tanpa adanya gangguan halangan apapun di lahan terbuka, berikut adalah gambar skema pengujian yang ada berserta dengan data – data dari 3 jarak yang diambil yaitu 1 meter, 5 meter, dan 10 meter



GAMBAR 13  
(SKEMA PENGUJIAN DENGAN HALANGAN)

### Jarak 10 Meter

TABEL 3  
(PENGUJIAN JARAK 10 METER)

No	Cluster 1 Local	Cluster 1 Online	Selisih Cluster 1	Cluster 2 Local	Cluster 2 Online	Selisih Cluster 2
1	6.4	15.23	8.83	1.4	3.2	1.8
2	7.24	12.2	4.96	2.1	5.12	3.02
3	6.3	9.5	3.2	3.12	5.12	2
4	5.8	6.3	0.5	3.31	5.21	1.9
5	7.9	11.31	3.41	2.13	2.17	0.04
6	5.3	10.13	4.83	2.14	6.3	4.16
7	7.34	8.3	0.96	4.12	7.3	3.18
8	8.4	12.3	3.9	3.12	4.6	1.48
9	8.3	10.13	1.83	1.13	3.12	1.99
10	5.3	14.31	9.01	1.3	4.12	2.82
Rata - rata	6.828	10.971	4.143	2.387	4.626	2.239

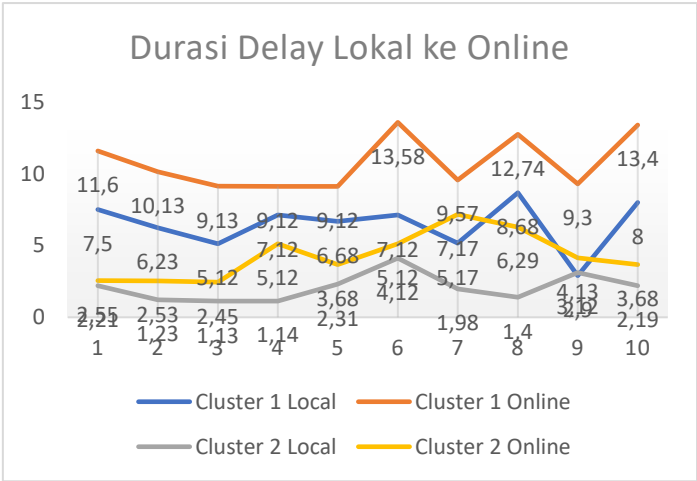


GAMBAR 14  
(SKEMA LOKASI PENGUJIAN DENGAN HALANGAN)

### Jarak 1 Meter

TABEL 4  
(TABEL PENGUJIAN JARAK 1 METER)

No	Cluster 1 Local	Cluster 1 Online	Selisih Cluster 1	Cluster 2 Local	Cluster 2 Online	Selisih Cluster 2
1	6.12	12.3	6.18	0.7	3.12	2.42
2	4.1	7.4	3.3	0.91	3.22	2.31
3	3.4	5.4	2	1.34	3.57	2.23
4	7.5	14.3	6.8	2.63	5.12	2.49
5	3.12	8.12	5	1.21	3.12	1.91
6	6.4	9.35	2.95	1.42	3.14	1.72
7	7.32	8.24	0.92	1.64	7.13	5.49
8	7.12	10.4	3.28	1.36	6.77	5.41
9	3.2	4.12	0.92	0.88	2.75	1.87
10	8.12	14.4	6.28	2.12	3.34	1.22
Rata - rata	5.64	9.403	3.763	1.421	4.128	2.707

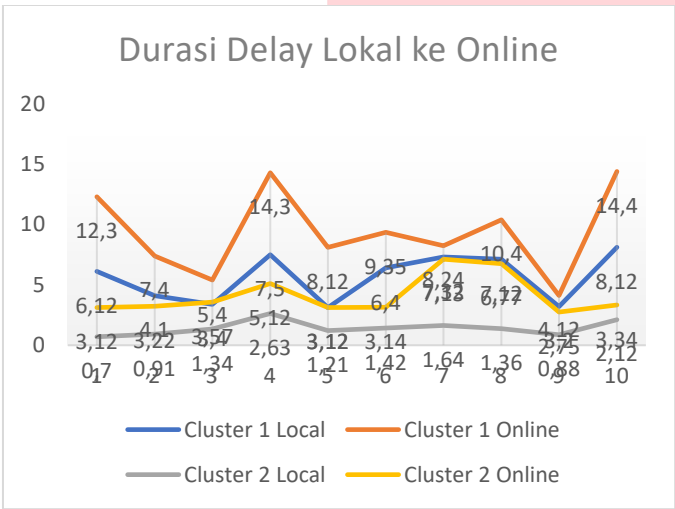


GAMBAR 16  
(VISUALISASI DATA PENGUJIAN 5 METER DENGAN HALANGAN)

- Jarak 10 Meter

TABEL 6  
(PENGUJIAN JARAK 10 METER)

No	Cluster 1 Local	Cluster 1 Online	Selisih Cluster 1	Cluster 2 Local	Cluster 2 Online	Selisih Cluster 2
1	8.2	13.51	5.31	2.13	4.53	2.4
2	7.87	15.14	7.27	3.23	5.23	2
3	7.85	13.78	5.93	5.68	7.32	1.64
4	6.58	7.23	0.65	1.21	4.12	2.91
5	8.22	10.21	1.99	4.3	5.12	0.82
6	6.57	15.23	8.66	4.12	6.43	2.31
7	8.56	10.32	1.76	3.22	6.21	2.99
8	8.45	9.12	0.67	5.12	7.33	2.21
9	4.65	13.21	8.56	1.3	4.3	3
10	6.57	10.01	3.44	1.8	4.21	2.41
Rata - rata	7.352	11.776	4.424	3.211	5.48	2.269

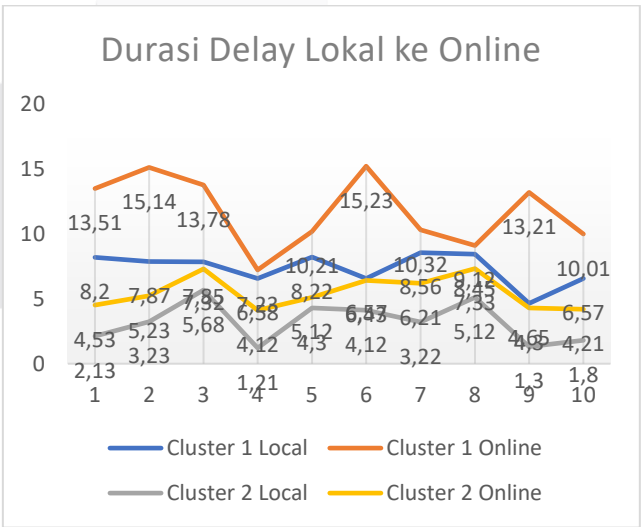


GAMBAR 15  
(VISUALISASI DATA PENGUJIAN 1 METER DENGAN HALANGAN)

- Jarak 5 Meter

TABEL 5  
(PENGUJIAN JARAK 5 METER)

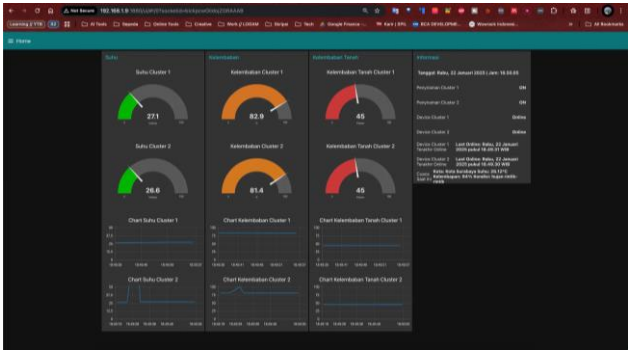
No	Cluster 1 Local	Cluster 1 Online	Selisih Cluster 1	Cluster 2 Local	Cluster 2 Online	Selisih Cluster 2
1	7.5	11.6	4.1	2.21	2.55	0.34
2	6.23	10.13	3.9	1.23	2.53	1.3
3	5.12	9.13	4.01	1.13	2.45	1.32
4	7.12	9.12	2	1.14	5.12	3.98
5	6.68	9.12	2.44	2.31	3.68	1.37
6	7.12	13.58	6.46	4.12	5.12	1
7	5.17	9.57	4.4	1.98	7.17	5.19
8	8.68	12.74	4.06	1.4	6.29	4.89
9	2.9	9.3	6.4	3.12	4.13	1.01
10	8	13.4	5.4	2.19	3.68	1.49
Rata - rata	6.452	10.769	4.317	2.083	4.272	2.189



GAMBAR 17  
(VISUALISASI DATA PENGUJIAN 5 METER DENGAN HALANGAN)







GAMBAR 22  
(DASHBOARD NODE-RED UI LOKAL)



GAMBAR 23  
(DASHBOARD GRAFANA CLOUD ONLINE)

6. Perhitungan Penghematan Data

TABEL 7  
(PERHITUNGAN PENGHEMATAN DATA)

Aspek	Database Lokal	Database Cloud
Frekuensi Penyimpanan	Setiap 2 detik	Setiap 1 menit
Jumlah Data per Bulan	1.296.000 data	43.200 data
Ukuran per Baris	12 byte	12 byte
Total Ukuran Data	14,83 MB	0,49 MB
Penghematan Bandwidth	96,67%	

Berdasarkan analisis data selama 30 hari, sistem edge computing menyimpan data lebih sering di database lokal dibandingkan di cloud. Penyimpanan lokal dilakukan setiap 2 detik, sedangkan ke cloud dilakukan setiap 1 menit.

Total jumlah data yang tersimpan di database lokal mencapai 1.296.000 data dengan ukuran sekitar 14,83 MB, sedangkan di cloud hanya 43.200 data dengan ukuran sekitar 0,49 MB.

Dengan skema ini, penghematan bandwidth mencapai 96,67%, menunjukkan bahwa metode penyimpanan berbasis edge computing secara signifikan mengurangi jumlah data yang dikirim ke cloud. Hal ini meningkatkan efisiensi penggunaan jaringan dan sumber daya, sekaligus memastikan

data tetap dapat diakses secara lokal untuk analisis lebih cepat dan handal

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini, implementasi edge computing dalam sistem pertanian terbukti meningkatkan efisiensi jaringan dan optimalisasi komputasi. Sistem yang dikembangkan mampu menyimpan dan memproses data secara lokal meskipun koneksi internet terputus, menunjukkan keandalan yang lebih tinggi dibandingkan sistem yang sepenuhnya bergantung pada cloud.

Dari hasil percobaan, pengiriman data melalui jaringan lokal edge computing memiliki latensi yang lebih rendah dan durasi pengiriman yang lebih cepat dibandingkan dengan cloud computing, meskipun perangkat edge tidak dapat diakses secara online secara langsung. Teknologi ini memungkinkan pemrosesan data yang lebih cepat dan stabil menggunakan perangkat seperti Raspberry Pi, yang kemudian dapat menyinkronkan data ke cloud untuk penyimpanan jangka panjang.

Selain itu, sistem ini efektif dalam menjaga kontinuitas data meskipun terjadi gangguan koneksi internet. Data sensor pertanian, seperti suhu, kelembaban, dan kelembaban tanah, dapat dikirim dan diolah secara lokal sebelum akhirnya disinkronkan ke cloud. Dengan demikian, potensi kehilangan data dapat diminimalkan, efisiensi penggunaan sumber daya meningkat, serta produktivitas pertanian dapat dioptimalkan, menjadikan edge computing sebagai solusi yang handal untuk sistem pertanian cerdas.

REFERENSI

[1] Cindy Mutia Annur, “Ada 185 Juta Pengguna Internet di Indonesia pada Januari 2024.” Accessed: May 29, 2024. [Online]. Available: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2024/02/27/ada-185-juta-pengguna-internet-di-indonesia-pada-januari-2024>

[2] Anggy Giri Prawiyogi and Aang Solahudin Anwar, “Perkembangan Internet of Things (IoT) pada Sektor Energi: Sistematis Literatur Review,” *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan dan Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 2, pp. 187–197, Jan. 2023, doi: 10.34306/mentari.v1i2.254.

[3] M. Cruz, S. Mafra, E. Teixeira, and F. Figueiredo, “Smart Strawberry Farming Using Edge Computing and IoT,” *Sensors*, vol. 22, no. 15, Aug. 2022, doi: 10.3390/s22155866.

[4] G. Premsankar, M. Di Francesco, and T. Taleb, “Edge Computing for the Internet of Things: A Case Study,” *IEEE Internet Things J*, vol. 5, no. 2, pp. 1275–1284, Apr. 2018, doi: 10.1109/JIOT.2018.2805263.

[5] M. Arief and R. Siregar, “PENINGKATAN PRODUKTIVITAS TANAMAN PADI MELALUI PENERAPAN TEKNOLOGI PERTANIAN TERKINI.”

- [6] D. Nugrahni Halawa, "Peran Teknologi Pertanian Cerdas (Smart Farming) untuk Generasi Pertanian Indonesia."
- [7] C. Saputra *et al.*, "PELATIHAN PENGENALAN DAN PENGGUNAAN MIKROKONTROLLER ARDUINO UNO GUNA MENGONTROL LAMPU UNTUK SISWA DAN SISWI SMK N 7 MUARO JAMBI," *Jurnal Pengabdian Masyarakat UNAMA (JPMU)*, 2023.
- [8] D. Sasmoko, *Arduino dan Sensor Pada Project Arduino DIY*. PENERBIT YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK, 2021.
- [9] N. Hassan, S. Gillani, E. Ahmed, I. Yaqoob, and M. Imran, "The Role of Edge Computing in Internet of Things," *IEEE Communications Magazine*, vol. 56, no. 11, pp. 110–115, Nov. 2018, doi: 10.1109/MCOM.2018.1700906.
- [10] B. Chen, J. Wan, A. Celesti, D. Li, H. Abbas, and Q. Zhang, "Edge Computing in IoT-Based Manufacturing," *IEEE Communications Magazine*, vol. 56, no. 9, pp. 103–109, 2018, doi: 10.1109/MCOM.2018.1701231.
- [11] O. Salman, I. Elhajj, K. Ayman, and A. Chehab, "Edge Computing Enabling the Internet of Things," *IEEE Communications Magazine*, vol. IEEE.
- [12] A. Sabbrina, A. oktavia sufa, D. putra ritonga, and E. Rahma sari siregar, "Pengenalan Konsep Dasar Dan Penggunaan Database Manajemen Sistem (Dbms)," *Jurnal Sains Dan Teknologi (JSIT)*, vol. 3, no. 3, 2023.