

BAB II

KONSEP DESAIN & SPESIFIKASI SISTEM

2.1 Konsep Desain Sistem

Produk Rancang Bangun Sistem Pemantauan Keadaan Tanah Skala Kecil untuk *Outdoor Precision Farming* dirancang untuk bercocok tanam dengan luas lahan $11.24 \times 7.84 \text{ m}^2$. Jenis tanaman yang diukur adalah bayam, kubis, dan pakcoy. Produk ini memiliki dua subsistem yaitu subsistem pemantauan kondisi dan nutrisi tanaman dan subsistem *user interface*. Subsistem pemantauan kondisi dan nutrisi tanaman berfungsi untuk melakukan pengukuran tanah pada tanaman bayam, kubis, dan pakcoy dengan menggunakan sensor suhu lingkungan, kelembaban tanah, kelembaban udara, cahaya, kadar CO_2 , N, P, dan K. Nilai dari sensor kelembaban tanah akan diberikan ke subsistem pengairan dan nilai dari sensor NPK akan diberikan ke subsistem pemupukan sebagai parameter acuan atau *threshold* berupa nilai rata-rata dari hasil pengukuran kelembaban tanah dan nutrisi tanaman. Subsistem *user interface* berfungsi untuk menampilkan data dari parameter sensor suhu lingkungan, kelembaban tanah, kelembaban udara, intensitas cahaya, kadar CO_2 , dan NPK melalui *server* Node-RED.

Sistem ini terdiri dari 1 mikrokontroler *master* yaitu ESP8266 dan 1 mikrokontroler *slave* yaitu Arduino Nano. Komunikasi dilakukan melalui *serial communication* UART (*Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*), dengan pin yang digunakan antar *hardware* adalah pin RX dan TX Arduino Nano dengan pin TX dan RX ESP8266. Kemudian, ESP8266 akan mengirim data sensor yang telah diterima dari Arduino Nano ke *cloud* Adafruit IO dan menyimpan data hasil pengukuran sensor tersebut ke dalam *cloud*. Selanjutnya, data sensor dari *cloud* akan diteruskan dikirim ke Raspberry Pi 3 sebagai master utama pada sistem produk ini melalui MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) dengan jaringan Wi-Fi yang sama sehingga data-data sensor tersebut dapat ditampilkan melalui *server* Node-RED.

2.2 Spesifikasi Sistem

Produk Rancang Bangun Sistem Pemantauan Keadaan Tanah Skala Kecil untuk *Outdoor Precision Farming* memiliki spesifikasi yang telah direncanakan. Bagian ini menjelaskan lebih detail mengenai spesifikasi yang terdapat di dalam sistem. Penjelasan dalam bagian ini dibagi menjadi parameter sesuai spesifikasi yang ingin dicapai dalam pengembangan produk ini. Berikut ini merupakan parameter yang dimasukkan sebagai spesifikasi:

1. Akurasi

Produk Rancang Bangun Sistem Pemantauan Keadaan Tanah Skala Kecil untuk *Outdoor Precision Farming* diharapkan mampu mencapai persentase akurasi sebesar 85%. Akurasi ini ditentukan berdasarkan paper penelitian [19], dimana nilai akurasi pembacaan sensor MQ-135 di luar ruangan sebesar 83.85%. Parameter yang menentukan tingkat akurasi dari produk ini adalah semua jenis sensor yang digunakan dimulai dari DHT-11, BH1750, MQ-135, YL-69, dan NPK (modifikasi). Sehingga kondisi tanaman sayuran bayam, kubis, dan pakcoy dapat dipantau secara detail. Akurasi untuk masa panen tanaman diharapkan mampu mencapai 90% dari jumlah total masing-masing jenis tanaman sayuran sehingga diharapkan keberhasilan untuk tanaman bayam adalah 14 dari 16 tanaman, keberhasilan untuk tanaman kubis adalah 14 dari 16 tanaman, dan keberhasilan untuk tanaman pakcoy adalah 29 dari 32 tanaman.

2. Presisi

Produk Rancang Bangun Sistem Pemantauan Keadaan Tanah Skala Kecil untuk *Outdoor Precision Farming* diharapkan mampu mencapai persentase 85%. Parameter yang menentukan tingkat presisi dari produk ini adalah keakuratan sensor NPK saat pengukuran di titik acuan setiap jenis tanaman sayuran dan keakuratan tingkat konsentrasi sensor CO₂, dalam hal ini didasari oleh *paper* penelitian [19] tingkat akurasi sensor MQ-135 pembacaan CO₂ di luar ruangan hanya mencapai 83.85%.

3. Dimensi Produk

Dimensi pada topik utama “Penerapan Pertanian Cerdas pada Tanaman Bayam, Kubis, dan Pakcoy di Universitas Multimedia Nusantara

Menggunakan Media Tanah” terbagi atas subsistem yang berbeda sehingga dimensi atas produk dijelaskan secara terpisah. Subsistem pemantauan kondisi dan nutrisi tanaman memiliki ukuran panjang 11 cm, lebar 6 cm, tinggi 18 cm.

4. Konsumsi Daya

Konsumsi daya yang dibutuhkan produk Rancang Bangun Sistem Pemantauan Keadaan Tanah Skala Kecil untuk *Outdoor Precision Farming* dapat mencapai sekitar 23.543 W.

Table 2.1 – Rincian Konsumsi Daya Produk Secara Keseluruhan

No	Komponen	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (W)
1	DHT-11	3.3	1	0.003
2	YL-69	5	15	0.075
3	BH1750	3.3	0.12	0.0004
4	MQ135	5	150	0.750
5	Sensor NPK Modifikasi	5	1000	5
6	TP4056	5	1000	5
7	Battery Shield 18650	3.7	3000	11.1
8	Arduino Nano	5	40	0.2
9	Keypad 1x4	5	30	0.15
10	LCD I2C	5	200	1
11	ESP8266	3.3	80	0.264
Total				23.543

5. Easy-of-Use/Kemudahan Penggunaan

Kemudahan dari penggunaan produk yang dikembangkan ini adalah pengguna dapat memantau tanah dari jarak jauh pada tanaman sayuran bayam, kubis, dan pakcoy yang ditanam, dapat mengakses data-data informasi dari sensor hasil pengukuran pada subsistem kondisi tanah dan nutrisi sehingga kebutuhan melalui *server* Node-RED, serta alat bersifat portable atau mudah dibawa-bawa.

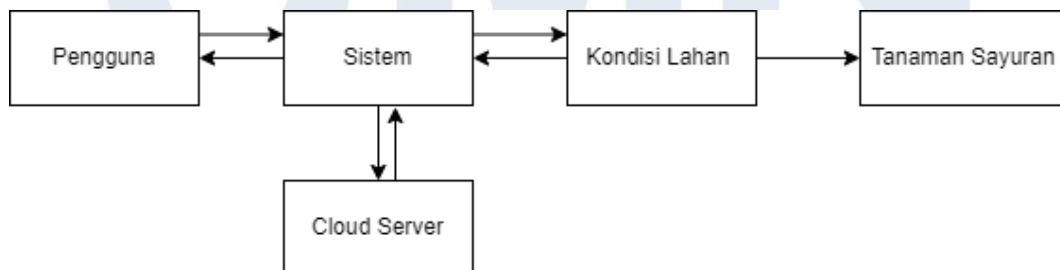
6. Kekuatan/Kestabilan Sistem

Produk ini diharapkan memiliki ketahanan sistem sesuai perangkat-perangkat elektronika pada umumnya yaitu tidak tahan air karena akan menyebabkan korsleting pada sistem utama, namun untuk komponen sensor YL-69 masih tahan air hanya sebatas terkena percikan air atau sedikit air yang tergenang di tanah.

7. Kompatibilitas Dengan Subsistem Tambahan

Produk ini memiliki kompatibilitas dengan subsistem tambahan yaitu dengan menerapkan penggunaan jaringan internet berupa Wi-Fi sebagai komunikasi antar *slave* (ESP8266) dengan *master* (Raspberry Pi) sehingga pemantauan kondisi dan nutrisi tanaman dapat saling terhubung dengan subsistem tambahan UI.

Kemudian spesifikasi produk harus dianalisis berdasarkan fungsionalitas sistem, menggunakan diagram blok atau menggunakan *Data Flow Diagram* dengan level yang cukup tinggi misalnya adalah mulai dari level 0, 1 hingga level 2 untuk masing-masing subsistem. Berikut merupakan bentuk DFD dari produk Rancang Bangun Sistem Pemantauan Keadaan Tanah Skala Kecil untuk *Outdoor Precision Farming*. Sebagai tambahan informasi, penelitian ini merupakan bagian dari topik “Penerapan Pertanian Cerdas pada Tanaman Bayam, Kubis, dan Pakcoy di Universitas Multimedia Nusantara Menggunakan Media Tanah” sehingga bentuk DFD level 0 sebagai berikut.

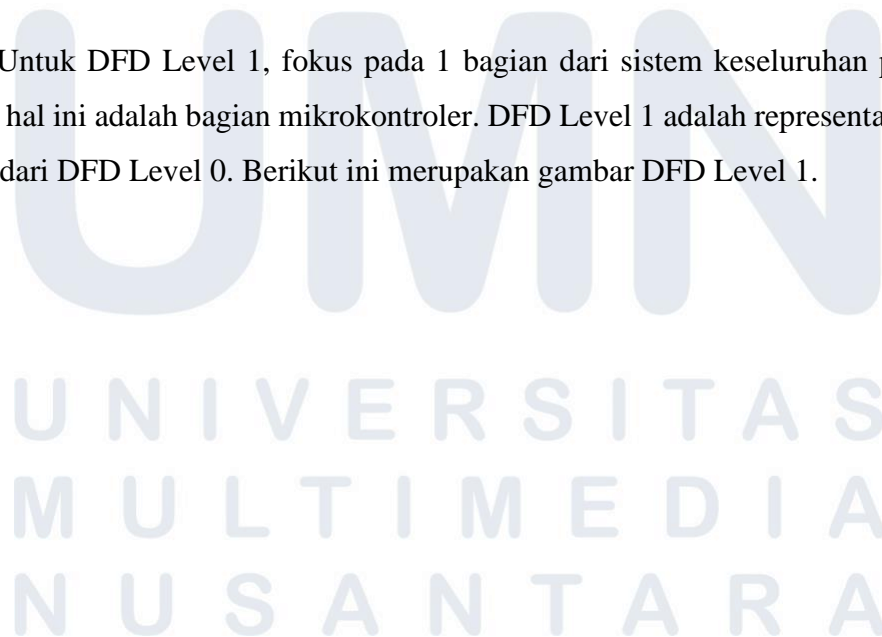


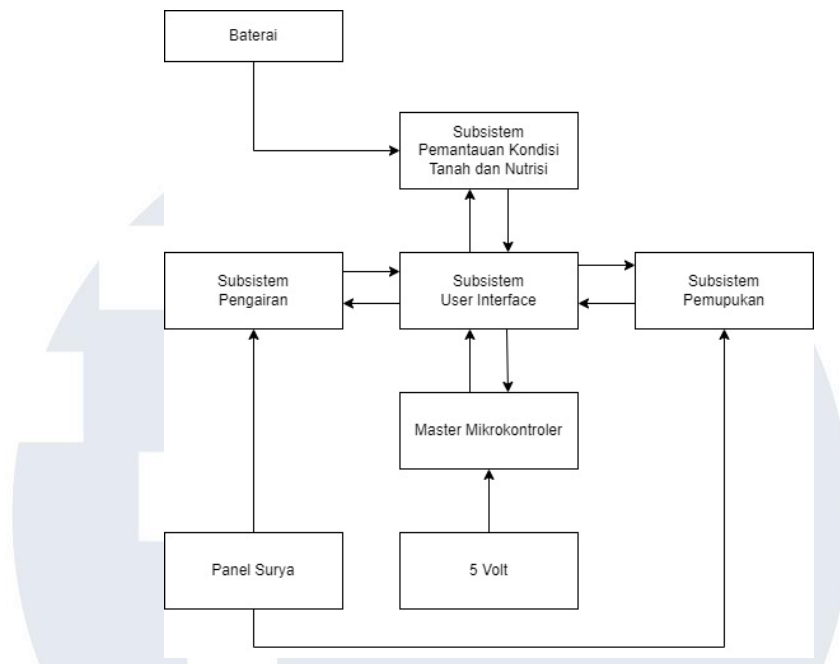
Gambar 2.1 – DFD Level 0 Sistem Keseluruhan Topik

Table 2.2 – Penjelasan DFD Level 0 Sistem Keseluruhan Topik

Parameter	Keterangan
Input	<ul style="list-style-type: none"> • Pengaturan penjadwalan otomatis pengairan dan pemupukan oleh pengguna. • Melakukan pemantauan kondisi dan nutrisi tanaman dengan menancapkan probe sensor ke tanah sayuran.
Output	<ul style="list-style-type: none"> • Pengendalian aktuatur <i>valve</i> pengairan dan pemupukan. • Parameter data kondisi lahan dan nutrisi tanaman sayuran.
Fungsi	<ul style="list-style-type: none"> • Mampu melakukan pengaturan penjadwalan secara otomatis untuk pengairan dan pemupukan. • Menampilkan hasil pengukuran sensor suhu lingkungan, kelembaban tanah, kelembaban udara, cahaya, kadar CO₂, NPK, laju aliran air, ketinggian air, laju aliran pupuk, dan ketinggian cairan pupuk secara <i>real time</i> ke pengguna melalui display LCD. • Melakukan pengendalian air dan pupuk serta pemantauan kondisi dan nutrisi tanaman sayuran jarak jauh. • Menampilkan <i>User Interface</i> keseluruhan sistem melalui <i>server</i> Node-RED.

Untuk DFD Level 1, fokus pada 1 bagian dari sistem keseluruhan produk, dalam hal ini adalah bagian mikrokontroler. DFD Level 1 adalah representasi lebih detail dari DFD Level 0. Berikut ini merupakan gambar DFD Level 1.





Gambar 2.2 – DFD Level 1 Sistem Keseluruhan Produk

Table 2.3 – Penjelasan DFD Level Sistem Keseluruhan Produk

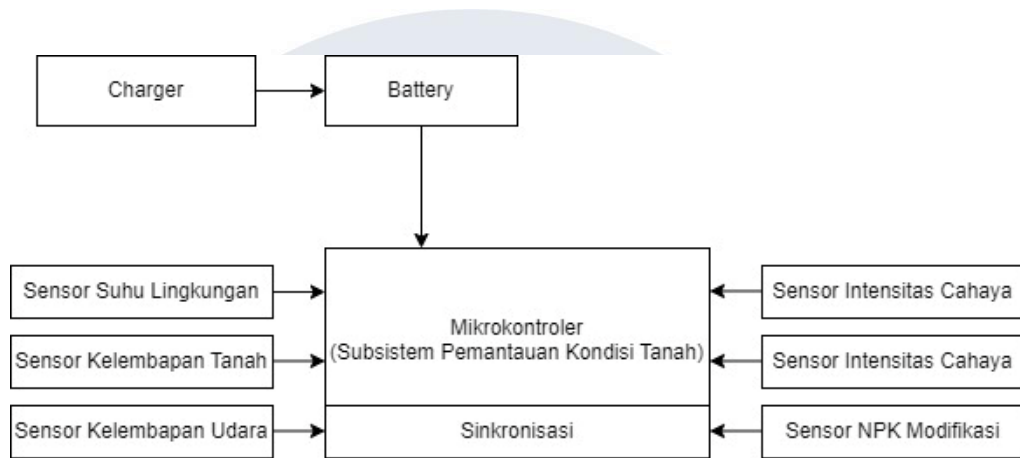
Parameter	Keterangan
Input	<ul style="list-style-type: none"> • Konfigurasi sistem dari sinkronisasi antar subsistem pengairan, pemupukan, kondisi tanah, dan nutrisi, serta user interface. • Pengaturan penjadwalan otomatis pengairan dan pemupukan oleh pengguna. • Pengaturan jumlah air dan pupuk yang disalurkan ke tanaman. • Melakukan pemantauan kondisi dan nutrisi tanaman dengan menancapkan probe sensor ke tanah sayuran.
Output	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan pengendalian <i>valve</i> pengairan dan pemupukan. • Melakukan pengendalian motor DC. • Menampilkan informasi data-data dari parameter sensor suhu lingkungan, kelembaban tanah, kelembaban udara, cahaya, kadar CO₂, NPK, laju aliran air, ketinggian air, laju aliran pupuk, dan ketinggian cairan pupuk di LCD dan <i>website</i> menggunakan Node-RED.

	<ul style="list-style-type: none"> • Menampilkan <i>user interface</i> keseluruhan sistem di <i>website</i> menggunakan Node-RED.
Fungsi	<ul style="list-style-type: none"> • Mampu melakukan pengaturan penjadwalan secara otomatis untuk pengairan dan pemupukan. • Menampilkan hasil pengukuran sensor suhu lingkungan, kelembaban tanah, kelembaban udara, cahaya, kadar CO₂, NPK, laju aliran air, ketinggian air, laju aliran pupuk, dan ketinggian cairan pupuk secara <i>real time</i> ke pengguna melalui display LCD dan <i>server</i> UI menggunakan Node-RED. • Melakukan pengendalian air dan pupuk serta pemantauan kondisi dan nutrisi tanaman sayuran jarak jauh. • Menampilkan <i>User Interface</i> keseluruhan sistem melalui <i>server</i> Node-RED.

Berdasarkan Gambar 2.2 dan Tabel 2.2, bagian DFD level 1 ini merupakan sistem keseluruhan dari topik “Penerapan Pertanian Cerdas pada Tanaman Bayam, Kubis, dan Pakcoy di Universitas Multimedia Nusantara Menggunakan Media Tanah”, untuk penelitian ini hanya terdiri dari dua subsistem yaitu subsistem pemantauan kondisi dan nutrisi tanaman dan subsistem *user interface* (UI). Pemilihan parameter dari masing-masing sensor yang digunakan untuk subsistem pemantauan kondisi dan nutrisi tanaman didasari oleh faktor kebutuhan berupa faktor abiotik yaitu lingkungan fisik antara lain : suhu, pencahayaan, kadar air, angin, media tanam hingga pupuk [9]. Untuk penjelasan lebih detail mengenai masing-masing dari kedua subsistem tersebut, dapat dilihat pada DFD level 2 gambar di halaman berikutnya.

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A

2.2.1 Subsisitem Pemantauan Kondisi dan Nutrisi Tanaman



Gambar 2.3 – Subsistem Pemantauan Kondisi dan Nutrisi Tanaman

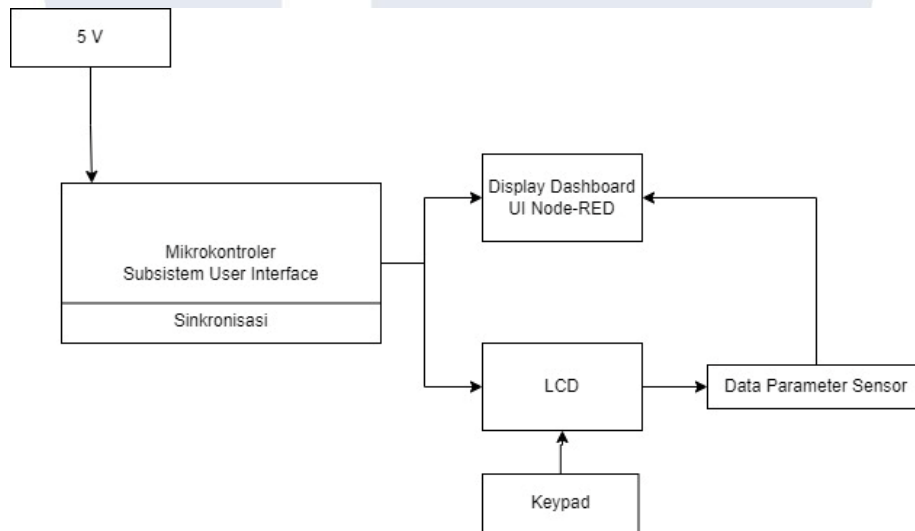
Table 2.3 – Penjelasan DFD DFD Level 2 Subsistem Pemantauan Kondisi dan Nutrisi Tanaman

Parameter	Keterangan
Input	<ul style="list-style-type: none"> Parameter data yang digunakan pada subsistem ini adalah bacaan sensor suhu lingkungan, kelembaban tanah, kelembaban udara, intensitas cahaya, kadar CO₂, dan NPK. Mengukur kelembaban dan nutrisi tanah dengan menancapkan sensor YL-69 dan <i>probe</i> NPK ke tanah tanaman sayuran.
Output	<ul style="list-style-type: none"> Hasil bacaan sensor mengenai parameter suhu lingkungan, kelembaban tanah, kelembaban udara, intensitas cahaya, kadar CO₂, dan NPK.
Fungsi	<ul style="list-style-type: none"> Mampu memantau kondisi tanah dan nutrisi yang terdiri dari suhu lingkungan, kelembaban tanah, kelembaban udara, cahaya, kadar CO₂, dan NPK. Produk dapat dibawa kemana (<i>mobile</i>) dengan mudah oleh pengguna.

Berdasarkan Gambar 2.3 dan tabel di atas, untuk subsistem pemantauan nutrisi dan kondisi tanaman memiliki kemampuan untuk mengetahui kondisi kesehatan tanaman sayuran dengan melakukan pengukuran terhadap suhu

lingkungan dan kelembaban tanah menggunakan sensor DHT-11, intensitas cahaya menggunakan sensor BH1750, kadar CO₂ menggunakan sensor MQ-135, kelembaban tanah menggunakan sensor YL-69, dan Nitrogen (N), Phosphorus (P), Potassium (K) menggunakan sensor NPK yang telah dimodifikasi. Hasil pengukuran dari setiap sensor tersebut terbaca di LCD 16x2 pada alat. Kemudian, hasil data sensor dikirim sehingga dilanjutkan ke subsistem *User Interface* (UI).

2.2.2 Subsistem *User Interface*



Gambar 2. 4 - DFD Level 2 Subsistem *User Interface*

Table 2.4 – Penjelasan DFD Level 2 Subsistem *User Interface*

Parameter	Keterangan
Input	<ul style="list-style-type: none"> • Menerima hasil pengukuran data dari sensor suhu, kelembaban udara, intensitas cahaya, kadar CO₂, kelembaban tanah, dan NPK. • Menerima informasi data dari parameter sensor yang digunakan dari subsistem pemantauan kondisi dan nutrisi tanaman. • Menyimpan data pengukuran ke <i>cloud</i> Adafruit IO.

Output	<ul style="list-style-type: none"> • Menampilkan data pengukuran di LCD 16x2 pada produk. • Memberikan tampilan UI untuk pengguna melalui <i>dashboard</i>. • Data hasil pengukuran sensor tersimpan di <i>cloud</i> Adafruit IO.
Fungsi	<ul style="list-style-type: none"> • Menampilkan data-data hasil pengukuran dari subsistem pemantauan kondisi dan nutrisi tanaman melalui display LCD pada produk. • Menampilkan data dalam bentuk yang mudah dipahami melalui <i>server</i> Node RED. • Mampu menyimpan data hasil pengukuran ke <i>cloud</i> Adafruit IO. • Mudah diakses jarak jauh, namun harus berada di jaringan Wi-Fi yang sama.

Berdasarkan Gambar 2.4 dan tabel di atas, untuk subsistem *user interface* memiliki kemampuan untuk menyimpan data hasil pengukuran data-data kondisi kesehatan tanaman ke *cloud* Adafruit IO, kemudian data tersebut dikirim ke Raspberry Pi 3 sehingga dapat ditampilkan hasil data pengukuran sensor dalam bentuk tampilan yang mudah dipahami pengguna melalui *server* Node-RED.

2.2.3 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Standarisasi

Bagian ini menjelaskan mengenai standarisasi industri yang harus diikuti oleh produk yang akan dikerjakan. Untuk penggunaan produk di Indonesia, standar yang wajib diikuti adalah SNI, tetapi juga dapat mengikuti standar industri yang berlaku secara global, sebagai berikut:

1. SNI IEC/TS 62257-7:2018 mengenai istilah, definisi, dan simbol dari sistem energi PV (IEC/TS 61836:2016, IDT).
2. IEC 60303: 1983 mengenai instrumen ukur elektronik.

3. SNI 04-6253-2003 mengenai peralatan audio, video, dan elektronika sejenis – Persyaratan Keselamatan.
4. SNI 04-6629.4-2006 mengenai kabel berselubung.
5. SNI 04-6629.5-2006 mengenai kabel fleksibel.
6. SNI ISO/IEC 38500:2013 mengenai tatakelola teknologi informasi.
7. SNI ISO/IEC TR 22417:2017 mengenai teknologi informasi – kasus-kasus penggunaan internet untuk segala (IoT).
8. EN 50144-1, standar mengenai keselamatan peralatan elektrik yang menggunakan motor elektrik.

2.2.4 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Keandalan dan Perawatan

Dalam pengembangan produk “Rancang Bangun Sistem Pemantauan Keadaan Tanah Skala Kecil untuk *Outdoor Precision Farming*” memiliki target yang harus terpenuhi dan diharapkan dapat berjalan dengan baik sesuai fungsinya. Maka, perlu dilakukannya analisis *mean time before failure* (MTBF) dengan target sekitar 1440 jam dan analisis *mean time to repair* (MTTR) dengan target sekitar 7 hari. Untuk penyimpanan produk ini dapat dilakukan dengan cara yaitu menjauhkan dari unsur zat cair karena keseluruhan sistem tidak tahan air dan diletakkan di tempat dengan suhu stabil.

2.2.5 Spesifikasi Sistem Berdasarkan *Constraint*/Hambatan

Bagian ini membahas mengenai *constraint* yang menjadi hambatan spesifikasi sistem.

- Biaya material sistem tidak lebih dari 5.5 juta.
- Penggunaan sensor suhu lingkungan dan kelembaban udara menggunakan menggunakan sensor DHT-11.
- Penggunaan sensor kelembaban tanah menggunakan YL-69.
- Penggunaan sensor kadar CO₂ menggunakan sensor MQ-135
- Penggunaan sensor cahaya menggunakan sensor BH1750.
- Penggunaan sensor aliran menggunakan NPK (modifikasi).
- Jenis tanaman sayuran yang ditanam adalah bayam, kubis, dan pakcoy.

- Jumlah tanaman sayuran dari masing-masing jenis adalah 32 tanaman bayam, 16 kubis, dan 16 pakcoy sehingga total keseluruhan tanaman ada sebanyak 64 tanaman.
- Mikrokontroler tidak dapat terhubung dengan Wi-Fi dan mengakses *server* Node-RED, serta *cloud* Adafruit IO.

2.3 Metode Verifikasi Spesifikasi

Spesifikasi produk yang dijanjikan akan dianalisis dan diverifikasi tingkat keberhasilannya melalui sebuah prosedur pengujian. Berikut merupakan pembahasan lebih lanjut.

2.3.1 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian produk Rancang Bangun Sistem Pemantauan Keadaan Tanah Skala Kecil untuk *Outdoor Precision Farming* mencakup hal-hal berikut:

1. Komponen terdiri dari seluruh jenis sensor yang digunakan pada sistem produk ini akan dilakukan pengujian apakah sensor tersebut dapat membaca parameter sesuai fungsi sensornya. Bagaimana perbandingan hasil pengukuran pembacaan parameter dari sensor dengan alat ukur instrumentasi standar. Jika hasil pembacaannya telah sama, maka sensor dapat digunakan ke tahap perakitan produk dan telah memenuhi kriteria yang dibutuhkan pada produk ini. Kemudian melakukan pengujian terhadap mikrokontroler *slave* maupun *master* yang digunakan apakah dapat berfungsi dan menyala dengan baik atau tidak. Dalam hal ini pengujian dilakukan dengan meng-*upload* kode ke *software* yang mendukung lalu memantau hasilnya.
2. Melakukan desain perancangan *printed circuit board* (PCB) untuk *wiring* antar setiap komponen yang digunakan, seperti LED, switch, sensor, baterai, mikrokontroler Arduino Nano, dan ESP8266.
3. Melakukan perakitan komponen sensor agar terhubung dengan mikrokontroler yang terkait sesuai masing-masing subsistem. Perlu

dilakukan pengecekan apakah sensor dapat terhubung dengan baik atau tidak pada mikrokontroler Arduino Nano.

4. Implementasi dari masing-masing subsistem yang telah dirakit. Apakah nilai parameter pengukuran pada subsistem pemantauan kondisi dan nutrisi tanaman telah tepat atau tidak.
5. Memastikan kesesuaian fitur yang tersedia di LCD dengan hasil dari sistem yang sedang berjalan. Selain itu, memastikan komunikasi antar mikrokontroler *slave* dengan mikrokontroler *master* telah saling terhubung atau tidak. Terakhir, memastikan *display* UI telah sesuai atau tidak.

2.3.2 Analisis Toleransi

Pada proses kerja produk terdapat berbagai kondisi kurang ideal yang masih dapat ditoleransi. Kondisi kurang ideal yang dapat terjadi dan masih dapat ditoleransi adalah ketika terjadi hujan yang menyebabkan produk tidak dapat melakukan pemantauan kondisi dan nutrisi tanaman. Dan, saat terjadinya gangguan terhadap jaringan Wi-Fi yang digunakan menyebabkan pengguna tidak dapat mengakses data secara *online* hanya dapat diakses secara *offline* saja.

2.3.3 Pelaksanaan Pengujian

Produk Rancang Bangun Sistem Pemantauan Keadaan Tanah Skala Kecil untuk *Outdoor Precision Farming* yang dikembangkan akan dilakukan di ruangan terbuka dengan kondisi suhu sekitar 23 sampai 37 derajat Celcius, terkena sinar matahari secara langsung. Alasan produk perlu dilakukan pengujian di ruangan terbuka karena ditargetkan untuk lahan pertanian pada umumnya dan Universitas Multimedia Nusantara memiliki lahan kosong terletak di dekat lahan parkir belakang gedung D yang mendukung pengujian sistem sehingga dapat diimplementasikan produk ini.