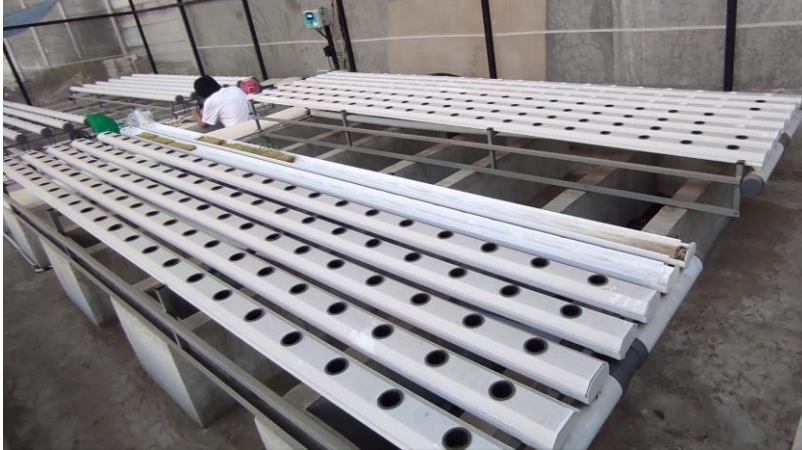


2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Penunjang

2.1.1 Hidroponik NFT (Nutrient Film Technique)



Gambar 2. 1 Hidroponik NFT

Sumber: Pribadi

Hidroponik merupakan salah satu teknik *urban farming* tanpa menggunakan media tanam tanah, biasanya metode tanam ini menggunakan media tanam air atau media tanam yang tidak memiliki unsur hara seperti sekam, *rockwool*, kerikil dan lain sebagainya. Sedangkan untuk pemberian nutrisi, biasanya nutrient dialirkan menggunakan pompa air dan dicampur dengan air.

Dalam hidroponik terdapat dua teknik tanam yaitu hidroponik DFT (*Deep Flow Technique*) dan NFT (*Nutrient Film Technique*). Dalam tugas akhir penulis akan mengerjakan hidroponik dengan teknik tanam NFT. NFT merupakan teknik tanam hidroponik yang menggunakan lapisan air tipis setipis film yang dicampur dengan nutrient, sehingga kebutuhan tanaman dapat terpenuhi dengan baik.



Gambar 2. 2 *GreenHouse* Tampak Dalam.

Gambar 2. 2 merupakan tampak dalam *GreenHouse* yang dikerjakan oleh penulis, terdapat 2 jenis hidroponik yang terpasang pada *GreenHouse*. Namun penulis hanya mengerjakan bagian hidroponik NFT.



Gambar 2. 3 *GreenHouse* Tampak Luar

Gambar 2. 3 merupakan tampak luar dari *GreenHouse* yang dikerjakan oleh penulis, dapat dilihat bahwa terdapat jaring yang menutup bagian samping *GreenHouse*.



Gambar 2. 4 Hidroponik NFT Terpasang Pada *GreenHouse*.

Gambar 2. 4 merupakan gambar hidroponik NFT yang terpasang pada *GreenHouse*, Hidroponik NFT biasanya dipasang dengan kemiringan, untuk mempertahankan aliran air dan nutrisi yang tipis setipis film. Tujuannya agar tanaman mendapatkan nutrisi, air, dan oksigen secara bersamaan dan seimbang, oleh sebab itu pertumbuhan tanaman lebih baik, lebih cepat dan seragam karena memperoleh air, nutrisi, dan oksigen yang seimbang. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam teknik tanam hidroponik adalah PH, oksigen, supply air, suhu, kelembapan, serta jenis dan jumlah nutrisi yang diberikan (Beberapa Jenis Sistem Hidroponik Yang Populer Di Indonesia, 2021).

Nutrisi AB mix merupakan jenis larutan nutrisi yang biasa digunakan untuk tanaman hidroponik dimana kandungan yang terdapat pada AB mix adalah sebagai berikut (Huda et al., 2021):

- **Nutrisi A:**
 - Kalsium Nitrat, 1176 gram.
 - Kalium Nitrat, 616 gram.
 - Fe EDTA, 38 gram.
- **Nutrisi B:**
 - Kalium Dihidro Fosfat, 335 gram.
 - Ammonium Sulfat, 122 gram.
 - Kalium Sulfat, 790 gram.
 - Cupri Sulfat, 0.4 gram.
 - Asam Borat, 4 gram.
 - Mangan Sulfat, 8 gram.
 - Magnesium Sulfat, 790 gram.
 - Zine Sulfat, 1.5 gram.
 - Ammonium Hepta Moliddat, 0.1 gram.

Berikut untuk pemberian nutrisi dan PH untuk beberapa jenis tanaman hidroponik:

Tabel 2. 1

Jenis Tanaman Hidroponik dan Kebutuhan Nutrisi.

Sayur dan Buah	PPM	PH
Pakchoi	1050 -1400	7
Sawi	1050 -1400	5.5 – 5.6
Kailan	1050 -1400	5.5 – 5.6
Cabe	1260 - 1540	6.0 – 6.5
Bayam	1260 - 1610	6.0 – 7.0
Seledri	1260 - 1680	6.5
Tomat	1400 - 3500	6.0 – 6.5
Selada	560 - 840	6.0 – 7.0
Strawberry	1260 - 1540	6
Ketimun	1190 - 1750	5.5

Pada tugas akhir ini media tanam hidroponik berupa pipa PVC yang diberi lubang sebanyak 22 (dua puluh dua) titik, maka potensi hasil panen dari sistem ini adalah sebanyak 264 tanaman sayur.

2.1.2 ANTARES

ANTARES merupakan sebuah *Horizontal IoT Platform*, yang berarti ANTARES mencoba untuk menjadikan layanan yang disediakan se-umum mungkin agar solusi vertikal untuk *project* IoT dapat menyesuaikan dengan arsitektur yang umumnya digunakan, ANTARES menyediakan solusi untuk masalah IoT seperti *Smart Utilities, Smart Manufacture, Track and Trace, Smart Poultry and Farming*, dan *Education* (Antares, n.d.).

2.1.3 MIT App Inventor dan Android Studio

MIT *App Inventor* adalah sebuah *environment* pemrograman aplikasi intuitif berbasis visual yang memungkinkan siapa saja bahkan anak – anak untuk membuat aplikasi yang dapat berjalan sepenuhnya pada *smartphone android/IOS*. Siapa saja yang baru mengenal MIT *App Inventor* dapat langsung membuat aplikasi pertama yang sederhana dan dapat berjalan hanya dalam waktu 30 menit.

Block based programming yang digunakan oleh MIT *App Inventor* memudahkan pembuatan aplikasi yang sederhana hingga aplikasi yang kompleks, *block based programming* juga berdampak besar dalam mempersingkat waktu pemrograman dibandingkan pemrograman yang tradisional (MIT App Inventor, n.d.).

Android Studio adalah IDE resmi untuk pengembangan aplikasi *Android*. Berbasis editor kode dan *developer tools* yang andal dari IntelliJ IDEA, *Android Studio* menawarkan lebih banyak fitur yang mampu meningkatkan produktivitas saat membuat aplikasi *Android*, seperti (Android Developers, 2022):

- *Flexible gradle-based build system.*
- *Emulator* yang cepat dan kaya akan fitur.
- *Live edit* untuk memantau komposisi di *emulator* dan perangkat fisik secara *real time*.
- Kode template dan integrasi dengan GitHub untuk membantu membangun fitur aplikasi umum dan mengimpor kode sampel.
- Dukungan untuk C++ dan NDK.
- Mendukung Google *Cloud Platform*, sehingga mudah untuk mengintegrasikan Google *Cloud Messaging* dan *App Engine*.

Dalam tugas akhir ini Android Studio akan digunakan untuk membuat aplikasi android yang digunakan untuk monitoring dan pengendalian sistem hidroponik.

2.1.4 NB – IoT dan 4G

NB-IoT merupakan sebuah protokol yang ditujukan untuk menyediakan konektivitas selular yang *low-cost, low-power, wide-area* untuk perangkat-perangkat IoT (Dangana et al., 2021). NB-IoT merupakan protokol *licensed* yang sedang populer saat ini karena protokol ini dapat langsung digunakan pada jaringan *Global System for Mobile Communication* (GSM) atau pada jaringan *Long Term Evolution* (LTE) (Migabo et al., 2020), maka dari itu maka protokol ini merupakan protokol selular yang memerlukan konektivitas dengan BTS selular.

Karena berbasis selular maka *deployment cost* dari NB-IoT lebih rendah jika dibandingkan dengan LoRa, dimana bila menggunakan protokol LoRa diperlukan untuk mengadakan dua *device* yang berlaku sebagai *client* dan *gateway*, hal semacam ini tidak diperlukan jika menggunakan protokol NB-IoT. Pada NB-IoT, *gateway* sudah dihandle oleh BTS selular dari *Internet Service Provider* (ISP) jadi hanya perlu membuat *device client* saja dan memastikan bahwa *simcard* dari *Internet Service Provider* (ISP) yang digunakan mendapat koneksi yang baik dengan BTS ISP terdekat. Pada tugas akhir ini NB-IoT akan digunakan dengan tujuan memberikan akses *internet* kepada *Mini PC Raspberry Pi* agar dapat terhubung dengan *server* ANTARES, karena letak hidroponik *farm* yang akan dikerjakan memiliki keterbatasan akses Wi-Fi.

Berikut adalah perbandingan protokol LoRaWAN dan NB-IoT:

Tabel 2. 2

Tabel Perbandingan LoRaWAN dan NB-IoT.

PHY parameters	LoRa	NB-IoT
Modulation	CSS	QPSK
Link Budget	154dB	150dB
Spectrum Bandwidth	Unlicensed 500 KHz - 125 KHz	Licensed LTE bandwidth 180KHz
Peak Data Rate	290bps-50Kbps (DL/UL)	DL:234.7kbps; UL:204.8kbps
Energy Efficiency	> 10 years battery life of devices	> 10 years battery life of devices
Spectrum Efficiency	Chirp SS CDMA better than FSK	Improved by , Standalone, Inband guard band operation
Power efficiency	Very High	Medium High
Area Traffic Capacity	Depends on gateway type	40 devices per household ≈ 55k devices per cell
Interference immunity	Very High	Low
Standardization	De-facto Standard	3GPP Rel.13
Mobility	Better than NB-IoT	No connected mobility (only idle mode reselection)

Pada Tabel 2. 2 dapat dilihat perbandingan LoRa dan NB-IoT, dimana perbedaan pertama adalah NB-IoT merupakan protokol *licensed* dan berbasis selular sehingga perlu

mengeluarkan biaya langganan, dalam hal ini berupa *simcard* dari ISP, berbeda dengan LoRa yang merupakan protokol *unlicensed* dan tidak berbasis selular sehingga bebas dan tidak perlu biaya langganan ketika ingin melakukan *deploy* perangkat IoT. NB-IoT memiliki *peak data rate uplink* sebesar 204.8 kbps dan *downlink* 234.7 kbps, sedangkan untuk LoRa memiliki *peak data rate* sebesar 290bps – 50kbps untuk *uplink* dan *downlink*, sehingga dapat diketahui bahwa *data rate* dari protokol NB-IoT lebih besar dibandingkan dengan LoRa. Efisiensi energi dari NB-IoT dan LoRa memiliki kemiripan dimana pada perangkat yang menggunakan baterai kedua protokol ini dapat bertahan kurang dari 10 tahun dengan penggunaan arus *standby* sebesar 10 μ A, sedangkan untuk mobilitas dari perangkat LoRa lebih baik dibandingkan dengan NB-IoT, karena untuk protokol LoRa, *gateway* tidak terikat dengan BTS dari ISP sehingga dapat *dideploy* dimana saja. NB-IoT memiliki jarak sekitar 18-20 km, sedangkan LoRa 12-15 km.

Sedangkan untuk 4G merupakan kepanjangan dari *fourth generation wireless*. 4G ditetapkan menjadi standar jaringan selular nirkabel yang ditetapkan oleh ITU (*International Telecommunication Union*), ITU juga menetapkan karakteristik utama dari standar tersebut. Karakteristik yang ditetapkan oleh ITU adalah teknologi transmisi dan kecepatan dari 4G.

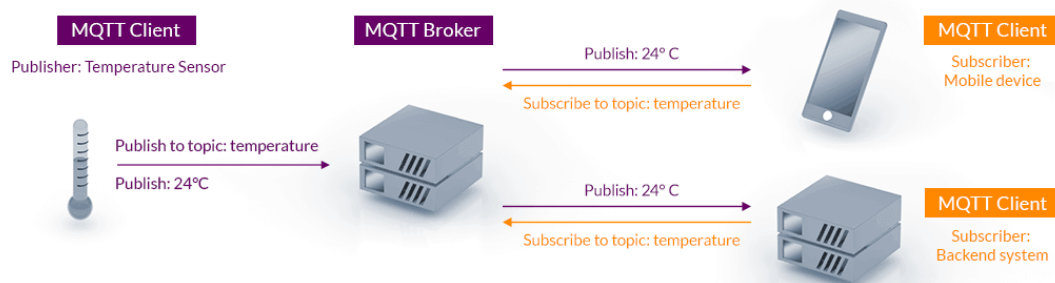
Kecepatan 4G dijanjikan hingga 100Mbps, yang dimana 8 kali lipat dibandingkan kecepatan 3G. Transmisi data 4G didukung dengan teknologi MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) dan OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). MIMO dan OFDM memungkinkan *bandwidth* dari 4G lebih besar dibandingkan dengan 3G.

Perbedaan 4G dan 4G LTE adalah semua tentang pemasaran dan sejarah dari 4G itu sendiri. LTE sendiri pada awalnya dikembangkan untuk mempermudah ISP dalam melakukan transisi dari 3G menuju 4G. LTE menyediakan *bandwidth* yang lebih besar dibandingkan 3G, namun masih belum mencapai *bandwidth* penuh minimum yang dijanjikan oleh 4G yaitu 100Mbps (Kerner, 2021).

2.1.5 MQTT

MQTT (Message Queueing Telemetry Transport) merupakan protokol pengiriman pesan dengan standar OASIS yang digunakan untuk keperluan IoT. MQTT dirancang sangat ringan dalam transportasi pengiriman pesan *publish/subscribe*, sehingga sangat ideal untuk menghubungkan perangkat jarak jauh dengan kode yang sederhana dan *bandwidth* internet yang minimal. MQTT saat ini sudah banyak digunakan dalam industri seperti, industri otomotif, manufaktur, telekomunikasi, dan lain sebagainya.

MQTT memungkinkan pengiriman pesan dua arah, yaitu dari perangkat IoT menuju *cloud* dan sebaliknya dari *cloud* menuju perangkat IoT, hal ini tentu memudahkan penyiaran pesan ke kelompok-kelompok perangkat IoT (MQTT, n.d.).



Gambar 2. 5 Arsitektur *Publish* dan *Subscribe* MQTT.

Dalam tugas akhir ini akan digunakan broker MQTT *Eclipse Mosquitto* yang merupakan broker MQTT *open source* yang mengimplemetasi protokol MQTT versi 5.0, 3.1.1, dan 3.1. *Mosquitto* sangat ringan dan cocok digunakan pada semua perangkat mulai dari *low power single board* komputer hingga *server*.

2.1.6 Mode Ad-Hoc

Ad-Hoc adalah koneksi jaringan sementara yang dibuat untuk tujuan tertentu misalnya adalah untuk berkomunikasi dan berbagi data antar satu *node* dengan *node* yang lain. Ad-Hoc merupakan jaringan yang termasuk LAN (*Local Area Network*) yang terdiri dari sekumpulan *node*.

Node dalam Ad-Hoc memiliki sifat yang dinamis dan multifungsi, diantara *node* ada yang berlaku sebagai penerima dan ada juga yang berlaku sebagai pengirim data atau informasi (Nugroho, 2020). Pada tugas akhir ini akan digunakan sebuah *access point* dengan mode Ad-Hoc yang bertujuan untuk menjembatani pertukaran data antara *smart sensor* dan *actuator* dengan *Mini PC Raspberry Pi*. Berikut adalah karakteristik dari Ad-Hoc:

- ***Router free:***
Mode Ad-Hoc memungkinkan pertukaran data atau informasi antar perangkat tanpa memerlukan perantara dari *router*.
- ***Multiple Wireless Link:***
Setiap *node* memiliki mobilitas tinggi yang memungkinkan beberapa *interface* terhubung dengan beberapa *node* lainnya.
- ***Dynamic Topology:***
Node pada Ad-Hoc bersifat *mobile*, yang berarti *topology* jaringan di dalam Ad-Hoc dapat berubah dengan acak.
- ***Limited resources:***
Ad-Hoc memiliki batas pada kapasitas memori dan daya.
- ***High Speed:***
Menggunakan jaringan Ad-Hoc tidak memerlukan perangkat keras maupun lunak tambahan.

2.1.7 Raspberry Pi



Gambar 2. 6 *Mini PC Raspberry Pi*

Sumber: Pribadi

Raspberry Pi adalah sebuah komputer dengan ukuran *credit card* yang memungkinkan semua orang dari segala usia untuk mengkspolrasi komputasi dan belajar pemrograman terutama bahasa pemrograman *scratch* dan *python*. *Raspberry Pi* walaupun memiliki ukuran yang kecil, namun mampu melakukan semua hal yang dapat dilakukan oleh sebuah komputer *dekstop* biasa.

Raspberry Pi mampu melakukan *browsing*, memutar video, membuat *spreadsheet*, pengolahan kata, bermain game, dan pemrograman, terlebih lagi *Raspberry Pi* dapat terhubung dengan dunia luar dan sudah banyak digunakan untuk berbagai project mulai dari alat musik digital, pendeteksi orang tua, hingga stasiun cuaca (Raspberry Pi, n.d.).

Dalam tugas akhir ini *Raspberry Pi 4* akan digunakan untuk mengakomodasi data yang dikirim oleh *smart sensor* dan *actuator*, memberi perintah pada *smart sensor* dan *actuator*, dan mengirim serta menerima data dari *server* ANTARES.

2.1.8 WEMOS D1 Mini



Gambar 2. 7 WEMOS D1

Sumber: Pribadi

WEMOS D1 Mini adalah sebuah *development board*. WEMOS D1 mini merubah *wireless microcontroller* yang sangat populer yaitu ESP8266 menjadi sebuah *development board* yang lengkap dan siap digunakan. Pemrograman D1 mini sama mudahnya dengan membuat program untuk mikrokontroler berbasis Arduino, bahkan WEMOS D1 mini dapat diprogram langsung dari Arduino IDE (WEMOS, n.d.).

2.1.9 TTGO LORA32 V2.1



Gambar 2. 8 TTGO LORA32 V2.1

Sumber: Pribadi

TTGO LORA32 V2.1 adalah sebuah *development board* yang dikembangkan oleh LILYGO. *Development board* ini menggunakan *microcontroller* ESP32, selain itu *development board* ini sudah dilengkapi dengan layar OLED SSD1306, TF *card slot*, dan modul LoRa rfm95 sehingga sangat cocok untuk keperluan IoT (LILYGO, n.d.).

2.1.10 BME280 dan BH1750



Gambar 2. 9 BME280 dan BH1750

Sumber: Pribadi

BME280 adalah sebuah sensor *environmental* yang dibuat oleh Bosch, sensor ini mampu mengukur suhu, kelembapan dan tekanan barometrik. BME280 sangat cocok untuk segala jenis pengukuran *indoor* dan mendukung 2 jenis komunikasi *serial*, yaitu I2C dan SPI. Sensor yang

presisi ini merupakan solusi terbaik untuk pengukuran suhu, kelembapan dan tekanan barometrik dengan biaya yang murah.

Sensor ini memiliki akurasi $\pm 3\%$ untuk pengukuran kelembapan, $\pm 1\%$ untuk pengukuran tekanan barometrik, dan $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$ untuk pengukuran suhu. BME280 merupakan peningkatan dari BMP085/BMP180/BMP183 yang *low altitude noise* hingga 0.25 m dan juga memiliki waktu konversi yang cepat

BH1750 merupakan sensor cahaya 16-Bit yang dibuat oleh Rohm. Sensor ini merupakan sensor kecil yang mumpuni dan murah untuk berbagai aplikasi proyek IoT, sehingga cocok untuk digunakan dalam proyek IoT yang membutuhkan pengukuran cahaya atau pengaturan cahaya dari sebuah ruangan.

BH1750 menyediakan resolusi pengukuran 16-bit dalam satuan lux, yang merupakan satuan SI (Satuan Internasional) untuk pengukuran cahaya. Sensor ini mampu melakukan pengukuran dari 0 sampai 65.000+ lux, pada kalibrasi tertentu dan penyesuaian waktu pengukuran tingkat lanjut, sensor ini mampu mengukur hingga 100.000 lux (Adafruit, n.d.).

2.1.11 SIM 7000E HAT



Gambar 2. 10 NB-IoT Hat SIM7000E

Sumber: Pribadi

SIM7000E HAT adalah HAT telekomunikasi untuk *Mini PC Raspberry Pi* yang mendukung komunikasi NB-IoT, Cat-M, EDGE, dan GPRS, serta pada HAT ini dilengkapi dengan fungsi *positioning* GNSS (*Global Navigation Satellite System*). Karena ukuran yang kecil, latensi yang rendah, dan area cakupan yang luas, maka NB-IoT hat SIM7000E adalah pilihan yang ideal untuk aplikasi IoT, seperti *intelligent instruments*, *asset tracking*, *remote monitoring*, *e-health*, dan berbagai aplikasi IoT lain.

Berikut merupakan sekilas mengenai fitur yang dimiliki oleh NB-IoT hat SIM7000E (WAVESHARE, n.d.) :

- Pin header yang sesuai standar *Raspberry Pi* yaitu 40 pin.
- Mendukung TCP (*Transmission Control Protocol*), UDP (*User Datagram Protocol*), PPP (*Point to Point Protocol*), HTTP (*HyperText Transfer Protocol*), FTP (*File Transfer Protocol*), MQTT (*Message Queueing Telemetry Transport*), SMS (*Short Message Service*) dan *Mail*.
- Mendukung GNSS *positioning* (GPS (*Global Positioning System*), BeiDou, GLONASS (*Global Navigation Satellite System*) , Galileo).
- On board *micro usb* untuk mencoba *AT Command*, mendapat data GPS, dan sebagainya.
- Memiliki pin UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*) yang memungkinkan NB-IoT hat SIM 7000E untuk berkomunikasi dengan *development board* seperti Arduino dan sebagainya.
- *Slot SIM card* yang mendukung *SIM card* biasa dan *SIM card* NB-IoT.
- *Baudrate* 300 – 3686400 bps
- Kendali melalui *AT Command* (3GPP TS 27 007.27005. dan *SIMCOM enhanced AT Command*).

2.1.12 Sensor EC (electrical conductivity)



Gambar 2. 11 Sensor EC

Sumber: Pribadi

Sensor ini memiliki fitur kalibrasi *on-line*. Kompensasi temperatur otomatis, alarm kualitas kalibrasi elektroda, perlindungan ketika kelistrikan bermasalah (hasil kalibrasi dan *preset* tidak hilang ketika dimatikan atau ketika terjadi *power failure*), perlindungan arus berlebih, perlindungan tegangan berlebih, akurasi pengukuran tinggi, respons yang cepat, umur pemakaian lama, dan lain sebagainya. Sensor ini memiliki karakteristik yaitu, ukuran yang kecil, bobot yang ringan, mudah dalam pemasangan dan perawatan, sinyal keluaran sesuai standar industri (0 – 10 V atau 5 V, 4-20 mA, ModbusRTU485) (ComWinTop, n.d.).

2.1.13 Perbandingan Dengan Project Yang Sudah Ada

Terdapat beberapa penelitian serupa yang dibuat oleh peneliti lain, yang pertama penelitian dengan judul "*Smart Urban Farming Berbasis Internet Of Things (IoT)*" yang dibuat pada tahun 2019, penelitian tersebut memanfaatkan *platform firebase* untuk mengirim dan menerima data dari sensor. Data yang dikirim dari *development board* Nodemcu ESP32 akan langsung ditampilkan pada *dashboard* dari *firebase* (Zuraiyah et al., 2019). Perbedaan lain penelitian yang dikerjakan oleh penulis dengan jurnal tersebut adalah perbedaan sensor, aktuator dan protokol yang digunakan.

Penelitian kedua berjudul "Perancangan Sistem Hidroponik Dengan Metode NFT (*Nutrient Film Technique*) Pada Tanaman Selada (*Laccuta Lativa L*)", penelitian tersebut memanfaatkan *platform* BLYNK IoT untuk mengirim, menerima, menampilkan data sensor, dan mengendalikan aktuator. Perbedaan lain adalah *development board*, sensor dan aktuator yang digunakan, pada jurnal ini digunakan *development board* Arduino yang dilengkapi modul ekspansi Wi-Fi ESP8266 (Huda et al., 2021).

Penelitian ketiga berjudul "Sistem Kontrol dan Monitoring Hidroponik Berbasis Android", penelitian tersebut membuat sendiri aplikasi *dashboard monitoring* dan *control* yang langsung terhubung dengan *public* MQTT Broker. Perbedaan lain penelitian yang dikerjakan oleh penulis dengan jurnal "Sistem Kontrol dan Monitoring Hidroponik Berbasis Android" adalah *development board*, sensor dan aktuator yang digunakan, pada jurnal ini digunakan *development board* TTGO LoRa 32 V2.1 dan WEMOS D1 (Sultan Salahuddin & Kowanda, 2018).

Berikut ini adalah perbandingan ketiga project tersebut dengan rencana implementasi ditugas akhir ini :

Tabel 2. 3

Perbandingan Ketiga Project Dengan Rencana Implementasi Tugas Akhir

No	Perbedaan	<i>Smart Urban Farming</i> Berbasis <i>Internet Of Things</i> (IoT) (2019)	Perancangan Sistem Hidroponik Dengan Metode NFT (<i>Nutrient Film Technique</i>) Pada Tanaman Selada (<i>Laccuta Lativa L</i>) (2021)	Sistem Kontrol dan <i>Monitoring</i> Hidroponik Berbasis Android (2018)	Platform Antares untuk <i>Sistem Urban Farming</i> Berbasis IoT dengan Menggunakan Protokol <i>Narrow Band</i>
1	Platform	Firebase	BLYNK IoT	Buatan Sendiri	Antares IoT
2	Protokol	MQTT	<i>Custom Protocol</i>	MQTT	MQTT, Narrow Band IoT
3	Sensor	Sensor PH, Sensor Lux, Sensor Oksigen (TDS), DHT 22, <i>Water Level Sensor</i> .	DHT 11, Sensor PH, Sensor Oksigen (TDS).	Sensor PH, Sensor <i>Ultrasonic</i> , Sensor EC Meter, Sensor Suhu Air, DHT22.	Sensor BME280, Sensor BH1750, dan Sensor EC
4	Aktuator	Pompa Air, Pompa Diafragma, AC Mini	LED dan Pompa Air 3 Buah	Solenoid Valve dan Pompa Air	Pompa Air, Kipas, Pompa Misting, Lampu, Pompa Nutrisi
5	Development Board	NodeMcu	Arduino + Modul Wi-Fi ESP8266	NodeMcu	Wemos D1 Mini

Dapat dilihat pada tabel 2. 3 dimana penulis memberikan perbandingan dengan proyek yang sudah ada, oleh sebab itu pembeda utama pada tugas akhir ini adalah penggunaan protokol NB-IoT pada sistem hidroponik NFT otomatis berbasis IoT.

Berikut merupakan perbandingan beberapa protokol yang umum digunakan dalam sistem IoT:

Tabel 2. 4

Tabel Perbandingan NB-IoT Dengan Beberapa Protokol Yang Umum diGunakan Pada Sistem IoT.

	NB-IoT 	WIFI 	BLUETOOTH 	SIGFOX 	LoRa 	LTE-M/ (eMTC) (Rel 13) 	EC-GSM (Rel. 13) 	ZIGBEE Pro 	5G (targets) 
Coverage Area	<15 km 164 dB	17-30+ (meters)	1-10+ (meters)	<12km 160 dB	<10 km 157 dB	<10 km 156 dB	<15 km 164 dB	1-100+ (meters)	<12km 160 dB
Spectrum Bandwidth	Licensed 7-900MHz 200 kHz shared	2.4 GHz 802.11	2.4 GHz 802.15.1	Unlicense d 900MHz 100kHz	Unlicense d 900MHz <500kHz	Licensed 700MHz- 900MHz 1.4 MHz shared	Licensed 800MHz- 900MHz shared	2.4G 802.15.4	Licensed 700MHz- 900MHz shared
Rate	<50 kbps	150Mbps	1Mbps	<100bps	<10 kbps	<1 Mbps	10 kbps	250kbps	<1 Mbps
Terminal cost	4.00\$ (2015) 2-3\$ (2020)	4.00\$ (2016)	4.00\$ (2016)	4.00\$ (2015) 2.64\$ (2020)	4.00\$ (2015) 2.64\$ (2020)	5.00\$ (2015) 3.30\$ (2020)	4.5\$ (2015) 2.97\$ (2020)	3.00\$ (2016)	<2\$
Network Refarming	Small to moderate	None	None	Large	Large	Small	Moderate (LTE reuse)	None	Requires 5G NWs

Sumber: Migabo, E. M., Djouani, K. D., & Kurien, A. M. (2020). *The Narrowband Internet of Things (NB-IoT) Resources Management Performance State of Art, Challenges, and Opportunities*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2995938>

NB-IoT jika dibandingkan dengan protokol MQTT dan Protokol milik BLYNK IoT memiliki kelebihan dimana tidak perlu adanya akses Wi-Fi yang memadai untuk sebuah sistem hidroponik NFT berbasis IoT *dideploy*, karena NB-IoT berbasis selular dimana hanya perlu terhubung dengan BTS ISP terdekat, berbeda dengan MQTT dan protokol dari BLYNK IoT yang memerlukan akses Wi-Fi yang baik untuk dapat bekerja, sehingga untuk melakukan *deployment* diperlukan akses Wi-Fi yang memadai. Mobilitas dari sistem hidroponik NFT berbasis IoT dengan protokol NB-IoT lebih tinggi dibanding ketiga sistem yang sudah ada, karena dapat berjalan dimana saja selama mendapatkan koneksi dengan BTS ISP terdekat.

Kelebihan lain dari protokol NB-IoT dibandingkan dengan Wi-Fi adalah jarak yang lebih jauh yaitu kurang dari 15 km, sedangkan Wi-Fi hanya 1-10 meter.