

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Switchgear Room*

Switchgear adalah panel distribusi yang mendistribusikan beban kepanel-panel yang lebih kecil kapasitasnya. Dalam bahasa Indonesia artinya Panel Tegangan Menengah (PTM) atau juga disebut MVMDB (*Medium Voltage Main distribution Board*) dan sedangkan untuk tegangan rendah disebut LVMDB (*Low Voltage Main Distribution Board*). Berdasarkan penelitian (Andi, 2011) Pada sistem tenaga listrik secara luas pengertian *switchgear* adalah komponen-komponen hubung/pemutus dan pendukung-pendukungnya dalam satu kesatuan (*unit*) terintegrasi, sehingga dapat difungsikan sebagai penghubung, pemutus, dan pelindung terhadap dua sisi rangkaian tersebut. Komponen-komponen dalam *switchgear* tersebut adalah:

- Kompartemen Bus Bar (*Bus Bar Compartment*)
- Kompartemen Penghubung dan Pemutus (*Switchgear Compartment*)
- Kompartemen Kabel-Kabel Kontrol (*Cable Compartment*)
- Kompartemen lain pendukung operasional (PT, CT, Relay Proteksi)

2.2. **Sistem HVAC (*Heating Ventilation & Air Conditioning*) / Tata Udara**

Sistem Tata Udara atau yang lebih sering dikenal dengan AHU (*Air Handling Unit*) atau HVAC (*Heating, Ventilating and Air Conditioning*) adalah suatu sistem yang mengkondisikan lingkungan melalui pengendalian suhu,

kelembaban nisbi, arah pergerakan udara dan mutu udara, termasuk penendalian partikel dan pembuangan kontaminan yang ada di udara seperti ‘*vapors*’ dan ‘*fumes*’. AHU terdiri dari beberapa mesin/alat yang masing-masing memiliki fungsi yang berbeda, yang terintegrasi sehingga membentuk suatu sistem tata udara yang dapat mengontrol suhu, kelembaban, tekanan udara, tingkat kebersihan, pola aliran udara serta jumlah pergantian udara sesuai prosedur yang telah ditentukan. (Bambang, 2014)

2.3. Jaringan Sensor Nirkabel (JSN)

Sensor adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengkonversi besaran fisis ke besaran fisis lain seperti listrik. Perangkat sensor yang berkomunikasi secara nirkabel menggunakan Personal Area Network (PAN) disebut sebagai Jaringan Sensor Nirkabel atau yang dikenal dengan Wireless Sensor Network (WSN) (Patalay, 2012)

WSN memiliki beberapa fungsi yaitu monitoring, controlling dan agregasi data. WSN merupakan jaringan nirkabel menggunakan sensor untuk memonitor fisik atau kondisi lingkungan sekitar, seperti suhu, suara, getaran, gelombang elektromagnetik, tekanan, gerakan, dan lain-lain. Perkembangan dari WSN sebenarnya sudah dimulainya kebutuhan dalam bidang militer seperti pemantauan pada saat perang di medan perang. Namun sekarang WSN sudah digunakan dalam bidang industri dan penggunaan untuk kemudahan masyarakat sipil, melingkupi pengawasan dan pengontrolan proses dalam industri, mesin pengawasan kesehatan, pemantau kondisi lingkungan, aplikasi untuk kesehatan, otomatisasi pada rumah, dan pengaturan pada lalu lintas. (Sohraby dkk, 2007)

2.4. Perangkat Keras (*Hardware*) Jaringan Sensor Nirkabel

Perangkat keras (*Hardware*) yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi processing unit yang menggunakan mikro kontroler Arduino tipe UNO, LoRa sebagai perangkat transceiver, perangkat sensor menggunakan sensor DHT11, LCD 2x16 sebagai display output dan LED sebagai output actuator.

2.4.1. Processing Unit

Pada penelitian ini, digunakan sistem mikro kontroler Arduino tipe UNO. Menurut penelitian dari (Artanto, 2012), arduino merupakan sebuah platform komputasi fisik yang bersifat open source dengan board input dan output yang sederhana. Arduino berfungsi sebagai sistem pengendali, pemroses data serta mengirimkan data ke komputer untuk disimpan dan ditampilkan secara terus-menerus (real time).



Gambar 2.1 Arduino Uno

2.4.2. LoRa Sebagai Perangkat Transceiver

Pada penelitian ini akan digunakan perangkat transceiver LoRa tipe Hope RF. Tipe ini bekerja pada frekuensi 915 MHz sesuai regulasi ISM band untuk LPWAN Indonesia. Modul ini merupakan breakout board dari HopeRF RFM95/96/97/98W - Ultra Long Range Low Power LoRa Transceiver. Produk ini

cocok untuk telekomunikasi jarak jauh dan rendah energi hingga jarak 15 km (LOSS). Form factor sudah menggunakan 2.54mm pitch sehingga mudah digunakan (Rufiyanto, 2017)



Gambar 2.2 LoRa Tipe HopeRF

LoRa Hope RF memiliki tegangan operasi I/O: 3.3V serta memiliki fitur modem jarak jauh LoRaTM yang menyediakan komunikasi spektrum penyebaran jarak panjang dan kekebalan gangguan tinggi, adapun spesifikasi lengkap dari Hope RF ini dapat dilihat seperti bawah ini

- *Tegangan Operasi I/O: 3.3V*
- LoRaTM Modem
- 168 dB maximum link budget.
- +20 dBm - 100 mW constant RF output vs. V supply.
- +14 dBm high efficiency PA.
- Programmable bit rate up to 300 kbps.
- High sensitivity: down to -148 dBm.

- Bullet-proof front end: IIP3 = -12.5 dBm.
- Excellent blocking immunity.
- Low RX current of 10.3 mA, 200 nA register retention.
- FSK, GFSK, MSK, GMSK, LoRa(TM) and OOK modulation.
- 127 dB Dynamic Range RSSI.
- Automatic RF Sense and CAD with ultra-fast AFC.
- Packet engine up to 256 bytes with CRC.
- Built-in temperature sensor and low battery indicator.

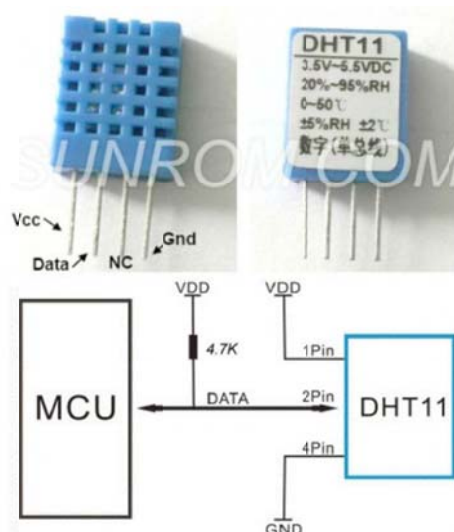
2.4.3. Sensor DHT11

Sensor DHT11 merupakan sensor dengan kalibrasi sinyal digital yang mampu memberikan informasi suhu dan kelembaban. Sensor ini tergolong komponen yang memiliki tingkat stabilitas yang sangat baik. Produk dengan kualitas terbaik, respon pembacaan yang cepat dan kemampuan anti-interference, dengan harga yang terjangkau. DHT11 memiliki fitur kalibrasi yang sangat akurat. Koefisien kalibrasi disimpan dalam OTP program memory, sehingga ketika internal sensor mendeteksi sesuatu suhu atau kelembaban, maka module ini membaca koefisien sensor tersebut. Ukurannya yang kecil, dengan transmisi sinyal hingga 20 meter membuat produk ini cocok digunakan banyak implementasi. (Yan, Aditya dkk 2013)

Kelembaban udara menggambarkan kandungan uap air di udara yang dapat dinyatakan sebagai kelembaban mutlak, kelembaban nisbi (relatif) maupun defisit tekanan uap air. Kelembaban nisbi adalah membandingkan antara

kandungan/tekanan uap air aktual dengan keadaan jenuhnya atau pada kapasitas udara untuk menampung uap air. Peralatan elektronik juga menjadi mudah berkarat jika memiliki kelembaban yang cukup tinggi. Oleh karena itu, informasi mengenai kelembaban udara pada suatu area tertentu menjadi sesuatu hal yang penting untuk diketahui karena menyangkut dampak-dampak yang ditimbulkannya.

Informasi mengenai nilai kelembaban udara diperoleh dari proses pengukuran. Alat yang biasanya digunakan untuk mengukur kelembaban udara adalah hygrometer. DHT11 adalah sensor digital yang dapat mengukur suhu dan kelembaban udara di sekitarnya. Sensor ini sangat mudah digunakan bersama dengan Arduino. Memiliki tingkat stabilitas yang sangat baik serta fitur kalibrasi yang sangat akurat. Koefisien kalibrasi disimpan dalam OTP program memory, sehingga ketika internal sensor mendeteksi sesuatu suhu atau kelembaban maka modul ini menyertakan koefisien tersebut dalam kalkulasinya.



Gambar 2.3 Sensor Suhu dan Kelembaban DHT11

Gambar 2.3 diatas bisa kita ketahuai bahwa bisa ketahuai bahwa struktur yang merupakan cara kerja dari sensor suhu dan kelembaban DHT11 memiliki 4 buah kaki yaitu : pada bagian kaki Vcc dihubungkan ke bagian Vss yang bernilai sebesar 5V pada *board* Arduino Uno dan untuk bagian kaki *GND* dihubungkan ke *ground (GND)* pada *board* Arduino Uno, sedangkan pada bagian kaki data yang merupakan keluaran (*output*) dari hasil pengolahan data *analog* dari sensor DHT11 yang dihubungkan ke bagian *analog input (pin3)*, yaitu pada bagian pin *PWM (Pulse with Modulation)* pada *board* Arduino Uno dan terakhir yaitu kaki *NC (Not Connected)* yang tidak dihubungkan ke pin manapun.

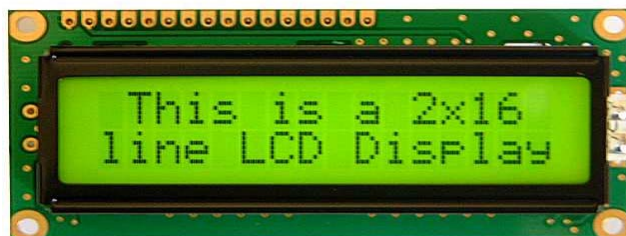
Tabel 2.1 Tabel Karakteristik Sensor Suhu dan Kelembaban Udara

Model	DHT11
Power supply	3-5.5 V DC
Output signal	digital signal via single-bus
Measuring range	humidity 20-90% RH \pm 5% RH error temperature 0-50 °C error of \pm 2 °C
Accuracy	humidity \pm 4% RH (Max \pm 5%RH); temperature \pm 2.0 Celsius
Resolution or Sensitivity	humidity 1% RH; temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity \pm 1% RH; temperature \pm 1 Celsius
Humidity hysteresis	\pm 1% RH
Long-term Stability	\pm 0.5% RH/ year
Sensing period	Average: 2s
Interchangeability	fully interchangeable
Dimensions size	12*15.5*5.5 mm

DHT11 ini termasuk sensor yang memiliki kualitas terbaik, dinilai dari respon, pembacaan data yang cepat, dan kemampuan anti-*interference*. Ukurannya yang kecil dan dengan transmisi sinyal hingga 20 meter, seperti yang terlihat pada tabel 2.1 spesifikasi dari sensor suhu dan kelembaban DHT11 antara lain : *Supply Voltage: +5v, Temperature Range: 0-50°C error of $\pm 2^{\circ}\text{C}$, Humidity: 20-90% RH $\pm 5\%$ RH error*, dengan spesifikasi digital *interfacing system*. Produk ini cocok digunakan untuk banyak aplikasi-aplikasi pengukuran suhu dan kelembaban.

2.4.4. LCD Sebagai Display Output

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan diberbagai bidang misalnya alat-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, atau pun layar komputer. Pada aplikasi LCD yang digunakan ialah LCD dot matrik dengan jumlah karakter 2 x 16 seperti pada gambar 2.7. LCD sangat berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat.



Gambar 2.4 LCD 2x16

Penelitian dari (Irwan, 2012) LCD 2x16 mempunyai lebar display 2 baris dan 16 kolom atau biasa disebut sebagai LCD karakter 2x16 dan LCD tersebut mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 2.2 Spesifikasi LCD2x16

Pin	Deskripsi
1	Ground
2	VCC
3	Pengatur Kontras
4	RS (Instruktion/Register Select)
5	R/W (Read/Write LCD Register)
6	EN (Enable)
7-14	Data I/O Pins
15	VCC
16	Ground

2.4.5. Lampu LED Sebagai Output Actuator

LED atau *light-emitting diode*, salah satu indikator yang banyak digunakan dalam elektronika. Komponen ini adalah semikonduktor dimana sumber cahaya akan keluar jika komponen ini dilewati arus.

2.5. Unjuk Kerja Sistem dengan Perhitungan BER (Bit Error Rate)

Bit Error Rate (BER) adalah parameter kunci yang digunakan untuk menilai unjuk kerja sistem yang mengirimkan data digital dari satu lokasi ke lokasi yang lain. Dalam transmisi digital, BER adalah tingkat dimana kesalahan terjadi dalam sistem transisi.

Perhitungan BER pada sistem komunikasi berdasarkan proses probabilitas dari banyaknya data yang diterima terhadap data yang dikirimkan. Berdasarkan (Misbah et al.) BER dipresentasikan dalam persamaan 2.1

$$BER = \frac{\text{Data yang tidak diterima}}{\text{Total data yang terkirim}} \times 100 \quad 2.1$$

Dari persamaan 2.5 terlihat bahwa nilai BER yang lebih rendah mencerminkan sistem yang lebih baik.

2.6. Simulasi Sistem Komunikasi dengan Matlab

MATLAB merupakan paket program dengan bahasa pemrograman yang tinggi untuk mengembangkan algoritma, visualisasi data, dan komputasi numerik. Program MATLAB ini dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah komputasi dengan lebih cepat dibandingkan dengan bahasa pemrograman tradisional, seperti C, C++, dan Fortran. MATLAB digunakan untuk banyak aplikasi seperti *signal and imageprocessing*, desain kontrol, pengujian dan pengukuran, permodelan, dan analisis. *Simulink* merupakan bagian dari MATLAB untuk memodelkan, mensimulasikan, dan menganalisa sistem dinamik. *Simulink* dapat membentuk model dari awal atau memodifikasi model yang sudah ada sesuai dengan apa yang diinginkan. Selain itu *simulink* juga mendukung sistem linier dan nonlinier, pemodelan waktu kontinyu atau diskrit, atau gabungan. *Simulink* ini dapat digunakan sebagai media untuk menyelesaikan masalah dalam industri nyata, yang meliputi kedirgantaraan dan pertahanan, otomotif, komunikasi, elektronik dan pemrosesan sinyal. Salah satu modul dalam *Simulink* yang dapat digunakan untuk komunikasi perangkat keras adalah *Instrument Control Toolbox*. Modul ini merupakan kumpulan fungsi *m-file* yang dibangun pada lingkungan komputasi

teknis MATLAB. *Toolbox* ini menyediakan kerangka kerja untuk komunikasi instrumen yang mendukung GPIB *interface*, standar VISA, TCP/IP, dan protokol UDP. *Toolbox* ini memperluas fitur dasar *serial port* yang ada dalam MATLAB. Selain itu, *toolbox* ini berfungsi untuk komunikasi data antara *workspace* MATLAB dan peralatan lainnya. Data tersebut dapat berbentuk biner atau *text*. Komunikasi *serial* merupakan protokol dasar tingkat rendah untuk komunikasi antara dua peralatan atau lebih. Pada umumnya satu komputer dilengkapi dengan modem, *printer*, mikrokontroler, atau peralatan lainnya. *Serial port* mengirim dan menerima informasi *bytes* dengan hubungan seri. *Bytes* tersebut dikirimkan menggunakan format biner atau karakter ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*). Dalam komunikasi serial MATLAB, agar data ASCII dapat diproses *real time*, maka digunakan ASCII *encode* dan *decode* yang terdapat pada *xPC Target Library for RS232*. ASCII *encode* merupakan blok dalam *simulink* yang digunakan untuk mengubah data *bytes* menjadi karakter ASCII, sedangkan ASCII *decode* merupakan blok *Simulink* yang digunakan untuk mengubah karakter ASCII menjadi data *bytes* yang kemudian dapat dikonversi sesuai kebutuhan. (Cleve Moler 2004)

2.7. Metode Konsensus Terdistribusi Rata-Rata

2.7.1. Metode Terdistribusi

Metode terdistribusi pada Jaringan Sensor Network (JSN) / *Wireless Sensor Network* (WSN) merupakan hal yang penting dalam lalu lintas informasi. Gagasan berkaitan dengan metode terdistribusi berasal dari konsep WSN dimana *node* sensor bekerja secara kooperatif melakukan pengamatan pada lingkungan.

Kooperatif tidak hanya berkaitan dengan komunikasi, tetapi juga pengambilan keputusan terhadap data informasi. Metode terdistribusi memungkinkan pengolahan data informasi secara desentralisasi. Metode terdistribusi memberikan banyak keuntungan dibandingkan pengolahan terpusat. Keuntungan tersebut adalah daya komputasi menjadi lebih besar. Selain itu, data informasi lebih tahan jika terjadi kegagalan *node*. (Edi 2017)

Permasalahan utama pada metode terdistribusi adalah *node* WSN tidak bisa disamakan seperti halnya *cluster* komputer. Metode distribusi merupakan hal yang tidak mudah untuk diimplementasikan karena pada *node* WSN karena memiliki komputasi yang kecil, umumnya tidak memiliki informasi tentang topologi jaringan. Untuk itu, perlu dilakukan perancangan metode distribusi secara hati-hati dan tepat agar selalu mencapai konvergensi. Salah satu pendekatan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah pendekatan berbasis konsensus rata-rata. Metode konsensus rata-rata merupakan metode terdistribusi yang sederhana dan sangat berpotensi untuk diimplementasikan pada hardware WSN. Untuk itu, pada penelitian ini metode terdistribusi yang digunakan adalah konsensus terdistribusi rata-rata. (Edi 2017)

2.7.2. Metode Konsensus Rata-Rata

Metode Konsensus rata rata merupakan varian dari metode konsensus pada WSN. Metode konsensus memungkinkan data yang diperoleh setiap node sensor secara iteratif diperbarui oleh data dari node sensor tetangganya. Adapun yang dimaksud dengan sensor tetangga adalah sensor yang terhubung langsung secara single hop. Dalam hal ini, setiap sensor bekerja sama melakukan penginderaan

terhadap suatu besaran fisik lingkungan. Kemudian setiap *node* akan bertukar informasi hingga mencapai suatu konvergensi dimana setiap *node* memiliki persepsi yang sama tentang informasi dari kondisi yang sedang diamati. Metode konsensus rata-rata konsensus mengupayakan terjadinya konvergensi dengan melakukan perhitungan rata-rata pada data yang diperoleh baik dari sensing maupun data dari *node* tetangga. Metode ini bertujuan untuk menjamin keakuratan data informasi dengan cara mengkombinasikan data dari banyak sensor. Metode ini juga menjadi solusi keberagaman data yang diperoleh banyak sensor. Di sisi lain, jika hanya menggantungkan kinerja satu sensor, maka besar kemungkinan data informasi dipengaruhi oleh eror penginderaan pada sensor. (Edi 2017)

Metode konsensus adalah suatu estimasi konsensus terdistribusi pada suatu jaringan sensor nirkabel dimana diperlukan suatu nilai yang mewakili suatu area yang luas. Ada tiga metode konsensus yang ada, yaitu metode konsensus rata-rata, metode konsensus regresi dalam jaringan dan metode konsensus berdasar observasi dan inovasi.

Penelitian ini membahas tentang metode konsensus terdistribusi rata-rata dimana metode ini dikembangkan dengan sistem multi-agen. Konsensus ini adalah aspek penting dalam koordinasi dan kerjasama antar node. Metode konsensus rata-rata merupakan skema iterasi linear dimana setiap nilai yang diupdate oleh tiap node merupakan kombinasi pembobotan linear dari nilai yang diperoleh sendiri dan nilai yang diterima dari node tetangga. (Engineer, 2015)

Metode konsensus terdistribusi rata-rata dapat dikerjakan dalam banyak cara. Salah satunya adalah metode flooding. Tiap node memelihara sebuah tabel

yang berisi nilai awal dari semua node yang ada, diawali hanya dengan nilai node itu sendiri. Pada tiap step, node-node bertukar informasi dari tabelnya sendiri ke tabel tetangganya. Setelah jumlah dari step sama dengan ukuran jaringan, setiap node mengetahui semua nilai awal dari semua node, maka nilai rata-rata dapat dihitung. (L. Xiao dan S. Boyd, 2004)

Karena iterasi berdistribusi linier, maka nilai global dari metode konsensus rata-rata diperoleh dengan persamaan 2.2

$$x_i(t + 1) = W_{ii}x_i(t) + \sum_{j=0}^N W_{ij}x_j \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots i = 1,2 \dots N \quad 2.2$$

Dimana

x_i = data pada sensor ke i

W_{ii} = nilai pembobot pada sensor ke i

W_{ij} = nilai pembobot pada sensor tetangga ke j di sensor i

N = jumlah sensor tetangga

x_j = data sensor tetangga