

BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

Pada penelitian ini, pustaka berasal dari jurnal tentang topik sistem pengiriman akuisisi data sensor pada air kolam ikan, diantaranya menggunakan literatur penelitian yang berjudul “*Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Kolam Ikan Berbasis Wireless Sensor Network Menggunakan Komunikasi Zigbee*” dari Elba Lintang. Dilanjutkan dengan tinjauan pustaka pada penelitian berjudul “*Implementasi Time Synchronization Pada WSN Untuk Metode TDMA Menggunakan Algoritma TPSN*” oleh Ardy Novian Erwanda. Lalu tambahan dasar teori terkait berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah, diantaranya konsep *time synchronization*, pemrograman Arduino, sensor pH, sensor suhu dan sensor kekeruhan air serta modul komunikasi *wireless* nRF24L01.

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian yang dilakukan Elba Lintang, telah merancang sebuah sistem akuisisi data kualitas air kolam ikan dengan parameter pH, suhu dan kekeruhan air. Jumlah *node client* yang digunakan dalam penelitian Elba sebanyak dua *node*, dan *base* sebanyak 1 *node*. Mikrokontroler yang digunakan pada tiap *node* adalah Atmega16 dimana masing-masing mikrokontroler tersebut memiliki waktu yang tidak setara. Pengiriman data antar *node* klien tidak memiliki jadwal waktu tertentu. Sehingga hasil pengiriman akuisisi data air kolam ikan tersebut mencapai 90%. Selain itu, terdapat penelitian tentang implementasi protokol penjadwalan TDMA sebagai metode *anti-collision* pada proses pengiriman data yang dibahas oleh Ardy Novian Erwanda.

Berdasarkan penelitian-penelitian di atas, penelitian ini lebih fokus pada proses pengiriman akuisisi data sensor pH, suhu dan kekeruhan air kolam ikan. Pengiriman data dilakukan dengan mengimplementasikan protokol TPSN untuk menyetarakan waktu dan protocol TDMA untuk melakukan penjadwalan pengiriman agar tidak terjadi tabrakan data pada saat proses pengiriman data berlangsung.

Tabel 2.1 Tabel Perbandingan *Paper* dengan Penelitian yang Dilakukan

No.	Judul <i>Paper</i>	Tahun	Perbedaan Penelitian dengan <i>Paper</i>
1.	<i>Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Kolam Ikan Berbasis Wireless Sensor Network Menggunakan Komunikasi Zigbee</i>	2017	Pada <i>paper</i> sebelumnya, antar <i>node</i> tidak memiliki waktu yang sinkron dan pengiriman data bersifat acak tidak terjadwal, sedangkan pada yang penelitian yang peneliti lakukan ini adalah pengiriman data menggunakan metode

No.	Judul Paper	Tahun	Perbedaan Penelitian dengan Paper
			sinkronisasi dan penjadwalan antar <i>node</i> .
2.	<i>Timing-sync Protocol for Sensor Networks (TPSN)</i>	2003	Pada <i>paper</i> sebelumnya, penelitian fokus pada perbandingan metode penyetaraan waktu TPSN dengan metode penyetaraan waktu RBS (<i>Reference Broadcast Synchronization</i>), sedangkan pada penelitian yang peneliti lakukan ini lebih fokus kepada implementasi metode penyetaraan waktu TPSN.
3.	Implementasi <i>Time Synchronization</i> Pada WSN untuk Metode TDMA menggunakan Algoritma TPSN	2012	Pada <i>paper</i> sebelumnya, penelitian fokus kepada integrasi metode TPSN untuk menunjang metode penjadwalan pengiriman data TDMA yang hanya memiliki 1 <i>node client</i> dan 1 <i>node base</i> , sedangkan pada penelitian yang peneliti lakukan ini menggunakan jumlah node yang lebih banyak dengan akuisisi data sensor ditempatkan pada air kolam ikan.

2.2 Dasar Teori

Dalam sub bab ini dijelaskan konsep dasar teori sebagai pengetahuan tentang teknologi dan komponen yang digunakan meliputi sensor pengukuran keasaman, suhu, kekeruhan air, serta mikrokontroler, komunikasi *wireless* (gelombang radio), protokol penyetaraan waktu dan protokol *anti-collision* data.

2.2.1 Sensor Pengukuran Suhu Air

Sensor suhu adalah perangkat elektronika yang dimanfaatkan untuk mengukur besaran suhu pada satuan celcius (°C). Sensor suhu umumnya dipakai

untuk keperluan sistem pemantauan atau sistem pencegahan terjadinya bencana di dalam atau di luar ruangan. Salah satu jenis sensor suhu adalah DS18B20. Sensor DS18B20 adalah sensor digital dengan stabilitas yang sangat baik dan fitur kalibrasi yang akurat. **Gambar 2.1** adalah gambar sensor Suhu DS18B20



Gambar 2.1 Sensor Suhu DS18B20

Sumber: (Espruino, 2017)

2.2.2 Sensor Pengukuran pH Air

Sensor pH yang akan dipakai dalam penelitian ini adalah berjenis Elektroda (SKU:SEN0161). Pada **Gambar 2.2** adalah sensor pH SKU:SEN0161. Sensor pH ini akan dipakai untuk akuisisi data derajat keasaman cairan yang diuji untuk menentukan apakah cairan dalam kondisi normal, asam atau basa.



Gambar 2.2 Sensor pH SKU:SEN0161

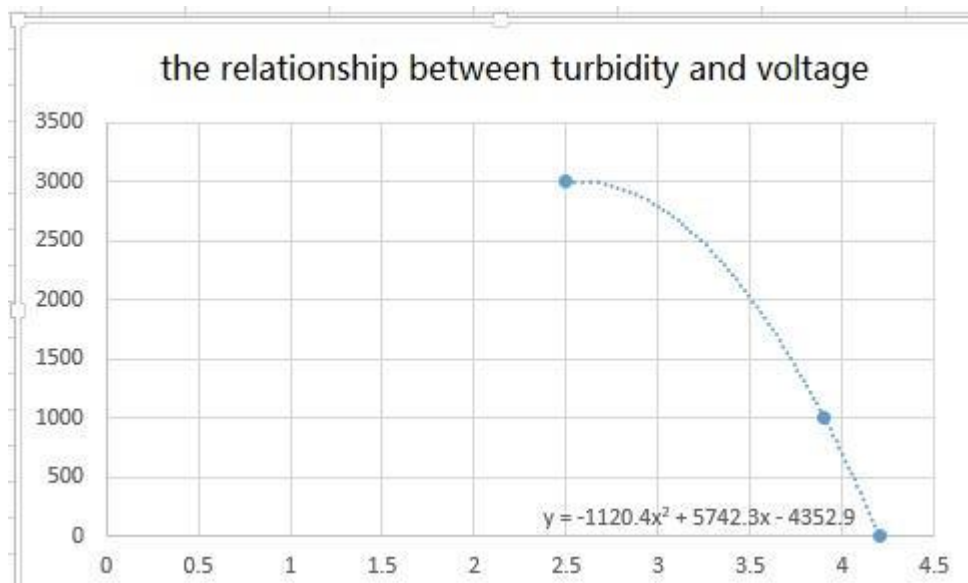
2.2.3 Sensor Pengukuran Kekeruhan Air

Pengukuran tingkat kekeruhan air menggunakan metode nephelometri, yaitu menggunakan intensitas cahaya yang dihamburkan oleh air. Semakin tinggi penghamburan cahaya maka semakin tinggi pula tingkat kekeruhannya dan dinyatakan dalam satuan *Nephelometric Turbidity Unit* disingkat NTU (Lenore S.Clesceri et al. 1998).



Gambar 2.3 Sensor Kekeruhan Air SKU:SEN0189

Berikut adalah grafik hubungan nilai kekeruhan dalam satuan NTU terhadap nilai tegangan yang ditunjukkan pada **Gambar 2.4** (DFRobot, 2017).



Gambar 2.4 Grafik Hubungan nilai tegangan (V) dan kekeruhan (NTU)

Konversi nilai kekeruhan air menggunakan formula persamaan 2.1 (DFRobot, 2017). Dimana x adalah nilai voltage dalam satuan volt dan y adalah nilai kekeruhan dalam satuan NTU.

$$y = -1120,4 \times x^2 + 5742,3 \times x - 4352,9 \quad (2.1)$$

2.2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah komputer mini yang dirancang untuk mengontrol operasi atau menjadi *control system* pada sistem embedded seperti alat *monitoring* kolam ikan, robot, peralatan medis, dan lain-lain. Salah satu jenis mikrokontroler adalah Arduino. Arduino memiliki keunggulan yang bersifat *open-source* dan penggunaannya ditujukan pada komponen dalam *system embedded*.

Arduino Nano adalah seri dari Arduino *family* berbasis Atmega328. Penulisan program pada Arduino Nano memakai bahasa pemrograman C. Terdapat banyak *library* yang bisa dipakai yang dapat memudahkan pengguna dalam penggunaan mikrokontroler tersebut. Adapun tampilan *Board* Arduino Nano dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Board Arduino Nano

(Sumber : Arduino.cc)

Arduino Nano memiliki 14 pin *digital input* dan *output*, 6 pin berperan sebagai *output* PWM, 6 pin lainnya sebagai *analog input*, *clock speed* sebesar 16MHz, konektifitas USB, *jack power* dan tombol *reset*.

a. *Input/Output* Pin

Ke-14 pin tersebut berperan sebagai *input/output* dengan menggunakan fungsi pin *Mode()*, *digital(Read)* dan *digitalWrite()*. Pin-pin bekerja pada tegangan 5V yang masing-masing pin-nya memiliki arus listrik sebesar 20mA. Beberapa pin pada Arduino Nano memiliki fungsi khusus, diantaranya :

- a. **LED** pada pin 13 yang terhubung *build-in* LED yang dikendalikan oleh *digital* pin 13.
- b. **Serial** yang terdiri dari 2 pin; pin 0 (*RX*) dan pin 1 (*TX*) yang berperan untuk menerima (*RX*) dan mengirim (*TX*) data serial.
- c. **PWM** pada pin 3,4,5,6,9,10 dan 11 yang menyediakan *output* PWM-8 *bit* dengan fungsi *analogWrite()*.
- d. **External Interrupts** pada pin 2 dan pin 3 yang berperan untuk pengaktifan *interrupts*.
- e. **SPI** adalah pin 10 (*SS*), 13 (*SCK*), 12 (*MISO*) dan 11 (*MOSI*) yang mendukung komunikasi *SPI* dengan menggunakan *library SPI*.

Arduio Nano juga memiliki beberapa pin *analog* A0 hingga A7. Beberapa pin lain yang ada pada Arduino Nano diantaranya, pin *I2C*, *Reset* dan *AREF*(Arduino CC, 2017).

b. *Power Supply*

Board Arduino Nano diberi *power* atau tegangan yang diperoleh dari koneksi kabel *mini-USB* atau dengan *power* eksternal. Pin *power* Arduino Nano diantaranya adalah:

- a. **VIN** adalah pin yang berperan memberikan *power* langsung ke *board* Arduino Nano dengan interval tegangan listrik 7V – 12V.
- b. **GND** adalah pin *ground* listrik negatif.
- c. **Pin 5V** adalah pin *output* yang aktif bila diberi tegangan listrik 5V melalui *regulator*.
- d. **Pin 3V3** adalah pin *output* yang memiliki tegangan sebesar 3.3V melalui *regulator*.
- e. **REF** adalah pin yang menyediakan referensi tegangan listrik mikrokontroler. Pin ini dipakai pada *board shield* untuk mendapatkan tegangan listrik yang sesuai antara 3V hingga 5V.

c. Memori

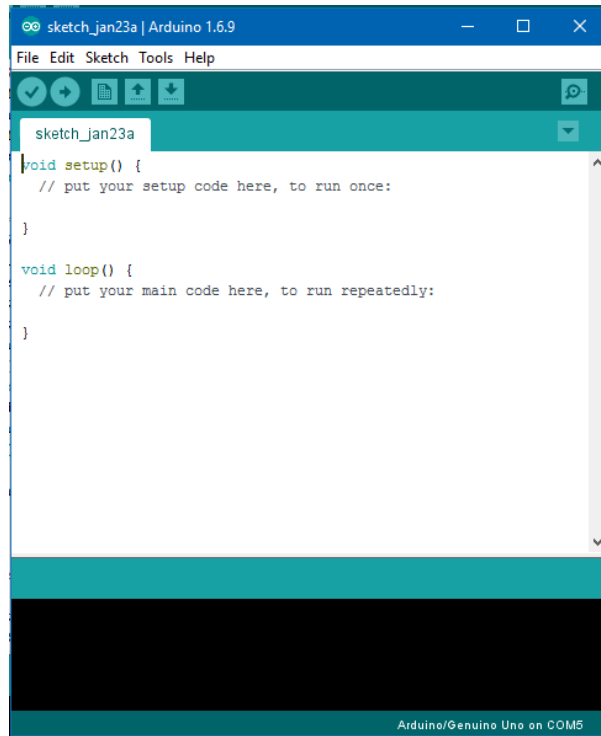
Arduino Nano pada prinsipnya memakai *chip ATmega328* yang memiliki kapasitas memori 32KB yang mana 0,5KB dari total memori dipakai untuk *bootloader*. Jumlah EEPROM 1KB dan SRAM 2KB. EEPROM bisa *read* and *write* dengan EEPROM *library* saat melakukan pemrograman (Arduino CC, 2017).

d. Komunikasi

Arduino Nano memiliki beberapa macam alternatif untuk bisa berkomunikasi dengan komputer atau mikrokontroler lainnya. Arduino Nano memiliki komunikasi *serial* UART TTL (5V) yang terdapat pada pin 0 (*RX*) dan pin 1 (*TX*). Pada bagian komunikasi, tersedia Perangkat Lunak Arduino IDE untuk bisa menampilkan data *serial* dengan fasilitas *Serial Monitor*(Arduino CC, 2017).

2.2.5 Arduino IDE

Integrated Development Environment atau disingkat IDE adalah perangkat lunak yang dipakai untuk melakukan pengembangan mikrokontroler Arduino. Arduino IDE dibangun dari bahasa *Java* yang dilengkapi *library* C dan C++. Melalui perangkat lunak ini, dilakukan pemrograman untuk melakukan fungsi-fungsi melalui sintaks instruksi pemrograman. Pemrograman yang terdapat pada Arduino menggunakan bahasa C yang disebut *Sketch*. Adapun tampilan Perangkat Lunak Arduino IDE bisa dilihat pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5 Tampilan Perangkat Lunak Arduino IDE

Fitur-fitur dari perangkat lunak Arduino IDE, diantaranya adalah:

a. **Verify**

Menu fitur ini berperan melakukan pengecekan kode program yang dibuat apakah sudah sesuai dengan aturan pemrograman atau belum.

b. **Upload**

Menu fitur ini berperan melakukan kompilasi program atau *code* ke *board* Arduino.

c. **New**

Menu fitur ini berperan untuk membuat *Sketch* baru.

d. **Open**

Menu fitur ini digunakan untuk membuka *sketch* yang pernah dibuat sebelumnya.

e. **Save**

Menu fitur ini digunakan untuk menyimpan *sketch* yang telah dibuat.

f. **Serial Monitor**

Menu fitur ini digunakan untuk menampilkan program *debugging* tanpa memakai LCD pada *board* Arduino. *Serial monitor* ini bisa dipakai untuk

menampilkan nilai hasil pemrosesan, nilai hasil akuisisi sensor, hingga memunculkan *error message*.

2.2.6 Modul *Wireless* NRF24L01

Transmisi data bisa dilakukan melalui gelombang radio sebagai media. Sistem nirkabel ini dipilih karena pertimbangan agar lebih efektif dan efisien dalam pengiriman data digital. Salah satu contoh modul transmisi data gelombang radio yaitu NRF24L01. NRF24L01 adalah modul komunikasi serial nirkabel yang menggunakan *chip* original produksi Nordic Semiconductor dari Norwegia. NRF24L01 bekerja pada frekuensi ISM 2,4GHz yang bebas lisensi dengan kecepatan hingga 2Mbps dengan pilihan opsi data rate 1Mbps, 2Mbps dan 250Kbps. Modul ini dilengkapi dengan tambahan *Low Noise Amplifier* dan *Power Amplifier* sehingga dapat digunakan lebih stabil dan semakin jauh. Jangkauan radius area modul ini hingga 100m di lapangan terbuka. Adapun tampilan Modul *Wireless* nRF24L01 bisa dilihat pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6 Modul *Wireless* nRF24L01

(Sumber : dex.com)

Modul ini memiliki 126 pilihan *channel* sehingga memenuhi kebutuhan komunikasi-komunikasi frekuensi *hopping* dan *multipoint* yang dapat diatur oleh perangkat lunak. Modul ini mengkombinasikan prinsip operasi TDMA – CDMA – FDMA. Modul ini bekerja pada tegangan kerja dari 3,0-3,6V.

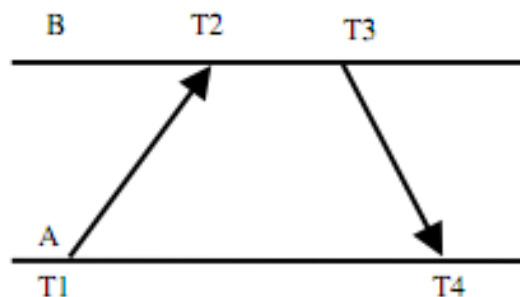
Komunikasi modul *wireless* nRF24L01 menggunakan *interface* SPI. *Serial Peripheral Interface* (SPI) adalah salah satu jenis protokol komunikasi yang bersifat *full duplex*, diantaranya terdapat perangkat yang berperan sebagai *Slave* dan *Master*. Bersifat *full duplex* karena *slave* dan *master* dapat mengirim atau menerima data dalam waktu yang bersamaan.

2.2.7 Metode *Time-Synchronization* TPSN

Time-Sync Protocol for Sensor Networks (TPSN) adalah salah satu jenis protokol penyetaraan waktu pada jaringan sensor. TPSN menggunakan topologi *tree* yang mengharuskan adanya satu node yang bertindak sebagai *root*. *Root* akan mengirimkan data kepada hierarki yang berada dibawahnya dan menyamakan waktu menggunakan *timestamp*. Dibandingkan dengan protokol

Reference Broadcast Synchronization (RBS), protokol TPSN lebih baik digunakan jika diterapkan pada skala besar (Saurabh Ganeriwal, 2003).

Proses sinkronisasi waktu TPSN dibagi menjadi 2 tahap. Tahap pertama adalah *Discovery Phase* lalu tahap kedua adalah *Synchronization Phase*. Pada penelitian ini ditahap *Discovery Phase*, *root node* berperan sebagai *node base* untuk melakukan *broadcast* paket *discovery* yang berisi identitas dan level pengiriman *node root* ke *node client* terdekat. Dari *node root* akan diteruskan sampai ke level paling rendah atau paling ujung. Paket *discovery* digunakan untuk membentuk sebuah level hierarki dalam bentuk *tree*. Setelah paket *discovery* *distributed* ke seluruh *node*, maka seluruh *node* akan dapat mengetahui sekaligus mengingat levelnya. Tahap kedua adalah *Synchronization Phase*. Berawal dari *node* yang memiliki level paling rendah terlebih dahulu. *Node* pada level 1 akan mengirimkan *request* sinkronisasi ke *node root* (level 0) dengan waktu T_1 . Kemudian *node root* akan menerima *request* waktu tersebut pada waktu T_2 . *Root* kemudian akan membalas *request* sinkronisasi dengan paket *Acknowledgement* pada waktu T_3 . Kemudian *node* level 1 akan melakukan perhitungan berdasarkan aliran skenario dengan melakukan pencocokan waktu. Hal tersebut juga akan dilakukan oleh *node* level 2 kepada *node* level 1 dan berulang seterusnya sampai *node* dengan level paling rendah atau paling ujung.



Gambar 2.7 Mekanisme TPSN

(Sumber : Shaurab Ganeriwal)

Gambar 2.7 di atas, adalah ilustrasi dari proses penyetaraan waktu pada TPSN. Ada 2 buah *node*, yaitu *node A* dan *node B*. T_1 dan T_4 adalah waktu lokal *node A*, sedangkan T_2 dan T_3 adalah waktu lokal *node B*. *Node A* mengirimkan *synchronization pulse* atau paket sinkronisasi ke *node B* pada waktu T_1 . *Synchronization pulse* adalah paket yang berisi nomor level dari *node A* dan nilai dari T_1 . *Node B* menerima paket tersebut pada waktu T_2 , dimana T_2 berisikan nilai dari $T_1 + \Delta + d$; Δ adalah nilai dari *clock drift* antara *node A* dan *node B*, sedangkan d adalah nilai dari *delay propagasi* yang terjadi antara kedua *node*. Kemudian *node B* akan mengirimkan *acknowledgment packet* ke *node A* yang

berisi nilai dari T1, T2, dan T3. *Node A* menerima paket tersebut pada waktu T4 yang kemudian melakukan perhitungan berdasarkan rumus berikut :

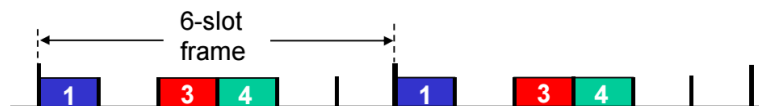
$$\Delta = \frac{(T2-T1)-(T4-T3)}{2} \quad (2.2)$$

$$d = \frac{(T2-T1)+(T4-T3)}{2} \quad (2.3)$$

2.2.8 Multiple-Access Protocol

Penerapan prosedur *multiple-access* pada sistem pemantauan kolam ikan memiliki beberapa tantangan, baik dari sisi proses *sensing* oleh sensor maupun proses penerimaan data dari *node client* ke *node base*. Permasalahan yang pertama adalah *performance* pencegahan *data collision* antar sensor yang mengirimkan data secara bersama-sama menuju *Node Base*. Dengan terjadinya *collision*, sangat mungkin akan ada kesalahan pengiriman data. Untuk mengatasi masalah tersebut, dibutuhkan sebuah prosedur berupa protokol yang dapat melakukan penanganan terhadap *multiple-access* agar proses pengiriman data dapat berjalan dengan baik.

Time Division Multiple Access (TDMA) adalah jenis protokol Multiple Access yang mengalokasikan *slot* waktu untuk setiap pengguna pada masing-masing saluran atau *node* (Tittel, 2002). TDMA memberikan penjadwalan waktu (*slot* waktu) untuk proses pengiriman data dari masing-masing *node*. Dalam proses pengiriman data, TDMA mengharuskan tiap *node* menunggu giliran sesuai slot waktu yang telah diberikan.



Gambar 2.8 Ilustrasi TDMA

(Sumber : Kurose and Ross)

Dengan diterapkannya slot waktu pengiriman, maka setiap *node* pengirim (*client*) akan memiliki jadwal pengiriman data yang berbeda dengan *node* lainnya. Seperti pada **Gambar 2.8**, ada 6 buah slot waktu pengiriman, dimana slot waktu yang sedang digunakan adalah slot 1, slot 3, dan slot 4. Sedangkan slot 2, slot 5, dan slot 6 dalam kondisi *idle*.