

**Desain dan Implementasi *Time-Tagged Serial Data Acquisition*
Unit untuk Survey Hidrografi berbasis *Unmanned Surface Vehicle***

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Alfin Fadilah Freitas

221341004



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MEKATRONIKA
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**Desain dan Implementasi *Time-Tagged Serial Data Acquisition Unit* untuk
Survey Hidrografi berbasis *Unmanned Surface Vehicle***

Oleh:

Alfin Fadilah Freitas

221341004

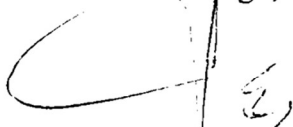
Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)

Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 23 Juli 2025

Disetujui,

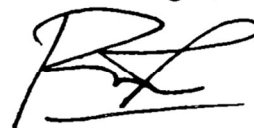
Pembimbing I,



Dr. Setyawan Aje Sukarno,
S.ST., M.T., M.Sc. Eng.

NIP. 198004282008101001

Pembimbing II,



Ridwan, S.ST., M.Eng.

NIP. 197806122001121002

Disahkan,

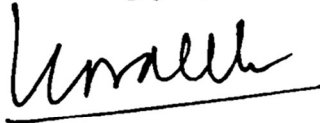
Penguji I,



Nur Wisma Nugraha, S.T.,
M.T.

NIP. 197406092003121002

Penguji II,



Dr. Noval Lilansa,
Dipl.Ing(FH), M.T.

NIP. 197111231995121001

Penguji III,



Danu Jaya Saputro
S.T., M.Sc

NRP. 224401001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

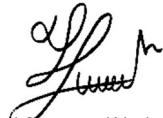
Nama : Alfin Fadilah Freitas
NIM : 221341004
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Mekatronika
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Desain dan Implementasi *Time-Tagged Serial Data Acquisition Unit* untuk Survey Hidrografi berbasis *Unmanned Surface Vehicle*

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 23 – 07 – 2025
Yang Menyatakan,



(Alfin Fadilah Freitas)
NIM 221341004

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

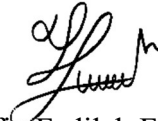
Nama : Alfin Fadilah Freitas
NIM : 221341004
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Mekatronika
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Desain dan Implementasi *Time-Tagged Serial Data Acquisition Unit* untuk Survey Hidrografi berbasis *Unmanned Surface Vehicle*

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 23 – 07 – 2025
Yang Menyatakan,



(Alfin Fadilah Freitas)
NIM 221341004

MOTO PRIBADI

“Fall in love with some activity, and do it! Nobody ever figures out what life is all about, and it doesn't matter. Explore the world. Nearly everything is really interesting if you go into it deeply enough. Work as hard and as much as you want to on the things you like to do the best. Don't think about what you want to be, but what you want to do. Keep up some kind of a minimum with other things so that society doesn't stop you from doing anything at all.”

Richard P. Feynman

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepadaNya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlindung kepadaNya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalanNya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembahyan yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagiNya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hambaNya dan RasulNya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “Desain dan Implementasi *Time-Tagged Serial Data Acquisition Unit* untuk Survey Hidrografi berbasis *Unmanned Surface Vehicle*”.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Darma Firmansyah U., S.ST., M.T.
2. Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Bapak Ridwan, S.ST., M.Eng.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika, Bapak Adhitya Sumardi Sunarya, S.Si., M.Si.
4. Para Pembimbing tugas akhir Bapak Dr. Setyawan Ajie Sukarno, S.ST., M.T., M.Sc. Eng., dan Bapak Ridwan, S.ST., M.Eng.

5. Para Penguji siding tugas akhir Bapak Nur Wisma Nugraha, S.T., M.T., Bapak Dr. Noval Lilansa, Dipl.Ing(FH), M.T, dan Bapak Danu Jaya Saputro S.T., M.Sc.
6. Panitia tugas akhir Ibu Fitria Suryatini, S.Pd., M.T., Ibu Hilda Khoirunnisa. S.Tr.T., M.Sc.Eng., Bapak Muhammad Nursyam Rizal, S.Tr.T., M.Sc., dan Bapak Rizqi Aji Pratama, S.Pd., M.Pd.
7. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Eti Roheti dan Ali Usman yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Adik-adik tercinta beserta keluarga besar tersayang yang senantiasa memberikan dukungan moril serta afeksi positif bagi penulis.
9. Teman-teman kelas AEA yang senantiasa menjadi media untuk bertukar pikiran dan juga pemberi dukungan.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, Juli 2025

Penulis

ABSTRAK

Survei hidrografi menggunakan *Unmanned Surface Vehicles* (USV) membutuhkan data spatiotemporal resolusi tinggi untuk memastikan keselamatan navigasi dan mendukung penelitian kelautan. Salah satu tantangan utama dalam operasi tersebut adalah mencapai pencatatan waktu yang akurat dan tersinkronisasi di beberapa sensor *onboard*, terutama yang menggunakan antarmuka serial asinkron. Penelitian ini menyajikan desain dan implementasi unit akuisisi data serial (DAQ) yang hemat biaya dan *open-source* berbasis mikrokontroler STM32F407VET6. Sistem ini mengintegrasikan tiga sensor berbasis UART, termasuk penerima GPS untuk referensi posisi dan waktu, IMU dan magnetometer untuk pengukuran sikap, dan sensor ultrasonik kedap air untuk estimasi kedalaman. Sinkronisasi waktu dicapai dengan menggunakan sinyal *Pulse Per Second* (PPS) dari modul GPS, sehingga memungkinkan penyelarasan sub-mikrodetik dengan waktu UTC. Unit DAQ memformat data sensor dengan stempel waktu yang sesuai untuk ditransmisikan melalui USB untuk pemantauan dan pencatatan. Pengujian menegaskan bahwa sistem ini mencapai akurasi penandaan waktu dengan RMSE (*Root Mean Square Error*) drift 47.94 μs , sehingga cocok untuk aplikasi survei hidrografi berbiaya rendah dan aplikasi pendidikan.

Kata kunci: Survey Hidrografi, USV, time-tagging, sinkronisasi GPS, akuisisi data serial, sistem tertanam

ABSTRACT

Hydrographic surveys using Unmanned Surface Vehicles (USVs) require high-resolution spatiotemporal data to ensure navigational safety and support marine research. One of the primary challenges in such operations is achieving accurate and synchronized timestamping across multiple onboard sensors, especially those using asynchronous serial interfaces. This study presents the design and implementation of a cost-effective, open-source time-tagged serial data acquisition (DAQ) unit based on the STM32F407VET6 microcontroller. The system integrates three UART-based sensors, including a GPS receiver for position and time reference, an IMU and magnetometer for attitude measurement, and a waterproof ultrasonic sensor for depth estimation. Time synchronization is achieved using the Pulse Per Second (PPS) signal from the GPS module, enabling sub-microsecond alignment with UTC time. The DAQ unit formats sensor data with corresponding timestamps then transmitted via USB for monitoring and logging. Testing confirms that the system achieves time-tagging accuracy with a mean drift of 47.94 μs , making it suitable for low-cost hydrographic survey applications and educational deployments.

Keywords: Hydrographic survey, USV, time-tagging, GNSS synchronization, serial data acquisition, embedded system

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xvi
I BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-3
I.3 Batasan Masalah.....	I-3
I.4 Tujuan dan Manfaat	I-3
I.5 Sistematika Penulisan	I-4
II BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Tinjauan Teori.....	II-1
II.1.1 Survey Hidrografi.....	II-1
II.1.2 <i>Unmanned Surface Vehicle (USV)</i>	II-2
II.1.3 <i>Data Acquisition (DAQ)</i>	II-3
II.1.4 Komunikasi Serial.....	II-3

II.1.5	<i>Time-Tagging</i>	II-4
II.2	Tinjauan Alat.....	II-5
II.2.1	STM32F407VET6 <i>Development Board</i>	II-5
II.2.2	GT-U7 <i>GPS Receiver Module</i>	II-6
II.2.3	MPU6050 <i>Accelerometer & Gyroscope Sensor Module</i>	II-6
II.2.4	HMC5883L <i>Magnetometer Sensor Module</i>	II-7
II.2.5	DYP-L04 <i>Underwater Ultrasonic Sensor</i>	II-8
II.2.6	STM32F103C8T6 <i>Development Board</i>	II-8
II.2.7	STM32CubeIDE	II-9
II.3	Studi Penelitian Terdahulu.....	II-9
III	BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH	III-1
III.1	<i>Requirements</i>	III-1
III.2	<i>System Design</i>	III-2
III.3	<i>Domain Specific Design</i>	III-4
III.3.1	<i>Mechanical Engineering</i>	III-4
III.3.2	<i>Electrical Engineering</i>	III-5
III.3.3	<i>Information Technology</i>	III-8
III.4	<i>System Integration</i>	III-13
III.5	<i>Assurance of Properties</i>	III-13
IV	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1	Hasil Perancangan Sistem.....	IV-1
IV.1.1	Perancangan Sistem Mekanik	IV-1
IV.1.2	Perancangan Sistem Elektrik.....	IV-2
IV.1.3	Perancangan Sistem Informatik	IV-4
IV.2	Hasil Implementasi Sistem.....	IV-7
IV.2.1	Pengujian Akurasi Sinkronisasi Waktu.....	IV-7

IV.2.2	Pengujian <i>Sensor Network</i>	IV-10
IV.2.3	Pengujian <i>Hydrographic Plotting</i>	IV-20
V	BAB V PENUTUP	V-1
V.1	Kesimpulan	V-1
V.2	Saran.....	V-1
	DAFTAR PUSTAKA	iii
	LAMPIRAN	x

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Penelitian Terdahulu.....	II-9
Tabel III.1 <i>Requirement Lists</i>	III-2
Tabel III.2 Format keluaran serial DYP-L04 [42]	III-11
Tabel IV.1 Konfigurasi <i>Priority</i> untuk <i>Event Interrupt</i>	IV-5
Tabel IV.2 Data hasil <i>logging</i> waktu UTC dan DAQ <i>unit</i>	IV-9
Tabel IV.3 Hasil Pengujian GPS <i>receiver</i>	IV-11
Tabel IV.4 Hasil Pengujian Data <i>Heading</i> pada INS.....	IV-13
Tabel IV.5 Hasil Pengujian Data <i>Roll</i> pada INS.....	IV-14
Tabel IV.6 Hasil Pengujian Data <i>Pitch</i> pada INS	IV-14
Tabel IV.7 Hasil pengujian pada air jernih dan permukaan <i>rigid</i>	IV-16
Tabel IV.8 Hasil pengujian pada air keruh dan permukaan <i>rigid</i>	IV-17
Tabel IV.9 Hasil pengujian pada air keruh dan permukaan berlumpur	IV-18
Tabel IV.10 Perbandingan hasil pengujian untuk tiap skema.....	IV-19

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Perangkat dan Sistem Hidroakustik untuk Survey Hidrografi [8]..	II-1
Gambar II.2 Arsitektur <i>Unmanned Surface Vehicle</i> (USV).....	II-3
Gambar II.3 Keluaran PPS dan data NMEA dari GNSS <i>receiver</i> [32]	II-4
Gambar II.4 STM32F407VET6 <i>Development Board</i> [35]	II-5
Gambar II.5 GT-U7 <i>Module</i> [37].....	II-6
Gambar II.6 MPU6050 <i>Module</i> [38].....	II-6
Gambar II.7 HMC5883L <i>Module</i> [40].....	II-7
Gambar II.8 AJ-SR04 <i>Module</i> [42].....	II-8
Gambar II.9 STM32F103C8T6 <i>Development Board Pinouts</i> [43].....	II-8
Gambar III.1 V-Model Metodologi VDI 2206:2004 [46].....	III-1
Gambar III.2 Gambaran Umum Sistem <i>Time-Tagged Serial DAQ Unit</i>	III-2
Gambar III.3 <i>Functional Structure</i> untuk implementasi unit DAQ pada USV .	III-3
Gambar III.4 Rancangan Sistem Mekanik USV	III-4
Gambar III.5 <i>Free Body Diagram</i> untuk Kinematika USV	III-5
Gambar III.6 Gambaran Umum Sistem Elektrik <i>DAQ unit</i>	III-5
Gambar III.7 Skematika <i>Header Pin DAQ Unit</i>	III-6
Gambar III.8 Skematika <i>Inertial Navigation System</i>	III-7
Gambar III.9 Skematika <i>Depth Measurement System</i>	III-7
Gambar III.10 Gambaran umum sistem elektrik USV	III-8
Gambar III.11 <i>Flowchart Firmware</i> untuk <i>Time Taging Serial Data</i>	III-9
Gambar III.12 <i>Flowchart Firmware</i> untuk <i>Teleoperation USV</i>	III-11
Gambar III.13 Rancangan <i>user interface</i> laman <i>logging</i>	III-12
Gambar III.14 Rancangan <i>user interface</i> laman <i>monitoring</i>	III-12
Gambar III.15 Rancangan <i>user interface</i> laman <i>monitoring</i>	III-13
Gambar IV.1 Hasil perancangan purwarupa USV	IV-1
Gambar IV.2 <i>Thruster</i> pada purwarupa USV	IV-2
Gambar IV.3 <i>Buoyancy</i> purwarupa USV	IV-2
Gambar IV.4 <i>Time-Tagged Serial DAQ Unit</i>	IV-3
Gambar IV.5 Sistem elektrik purwarupa USV	IV-3
Gambar IV.6 Konfigurasi <i>Clock</i> pada DAQ Unit.....	IV-4

Gambar IV.7 Hasil rancangan laman <i>logging</i> untuk unit DAQ.....	IV-6
Gambar IV.8 Hasil rancangan laman <i>monitoring</i> untuk unit DAQ	IV-6
Gambar IV.9 Sinyal PPS dan data serial dari GPS <i>module</i>	IV-8
Gambar IV.10 Informasi waktu UTC dari data serial GPS <i>module</i>	IV-8
Gambar IV.11 Hasil Pengujian Sinkronisasi Waktu.....	IV-9
Gambar IV.12 Titik uji statis modul GPS GT-U7	IV-11
Gambar IV.13 <i>Elipsoid fitting</i> sensor magnetometer HMC5883L	IV-12
Gambar IV.14 Akurasi pembacaan <i>heading</i> sistem INS	IV-13
Gambar IV.15 Akurasi pembacaan <i>roll</i> sistem INS.....	IV-15
Gambar IV.16 Akurasi pembacaan <i>pitch</i> sistem INS	IV-15
Gambar IV.17 Linearitas sensor kedalaman pada air jernih	IV-17
Gambar IV.18 Linearitas sensor kedalaman pada air keruh	IV-18
Gambar IV.19 Linearitas sensor kedalaman pada permukaan berlumpur	IV-19
Gambar IV.20 <i>Trajectory</i> manuver USV	IV-21
Gambar IV.21 Hasil <i>logging</i> data GPS	IV-21
Gambar IV.22 Hasil <i>logging</i> data kedalaman	IV-22
Gambar IV.23 Hasil <i>logging</i> data INS.....	IV-22
Gambar IV.24 Hasil <i>plotting</i> data hidrografi	IV-23
Gambar IV.25 Hasil interpolasi data hidrografi.....	IV-24

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 *Datasheet* STM32F407VET6

Lampiran 2 Kalibrasi *Inertial Measurement Unit*

Lampiran 3 Pengujian *Inertial Navigation System*

Lampiran 4 Pengujian Sistem Pengukur Kedalaman

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

- USV : *Unmanned Surface Vehicle*
DAQ : *Data Acquisition*
GPS : *Global Positioning System*
GNSS : *Global Navigation Satellite System*
PPS : *Pulse Per Second*
RTC : *Real-Time Clock*
UTC : *Coordinated Universal Time*
UART : *Universal Asynchronous Receiver Transmitter*
IMU : *Inertial Measurement Unit*
INS : *Inertial Navigation System*
NMEA: *National Marine Electronics Association*
CDC : *Communication Device Class*

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Survey hidrografi merupakan proses pengukuran dan pendeskripsian fitur fisik perairan [1] yang bertujuan untuk memastikan keselamatan navigasi, mengidentifikasi potensi bencana, serta mendukung pemanfaatan sumber daya maritim [2], [3]. Dalam perkembangannya *Unmanned Surface Vehicle* (USV) semakin banyak digunakan sebagai platform survey karena memiliki kemampuan manuver yang baik serta biaya operasional yang lebih rendah [4], [5], [6]. Namun, salah satu tantangan utama dalam survei hidrografi berbasis USV adalah sinkronisasi data dari beberapa sensor yang terdistribusi untuk memastikan akurasi data yang diperoleh [7], [8], [9], [10].

Beberapa sensor yang digunakan dalam survey hidrografi seperti halnya *Global Navigation Satellite System* (GNSS) receiver, *Inertial Navigation System* (INS), dan *Echosounder* menghasilkan data secara asinkron melalui komunikasi serial [8], [11], [12]. Salah satu metode sinkronisasi pengukuran asinkron tersebut ialah dengan proses *time referencing* atau proses penandaan waktu pada tiap-tiap instrumentasi pada waktu pengukuran aktualnya mengacu pada waktu sistem (UTC (*Coordinated Universal Time*)) [13]. Memastikan penandaan waktu yang akurat dan tersinkronisasi pada proses akuisisi data berbagai sensor sangat penting guna meningkatkan akurasi pemrosesan data spasial dan efektivitas *post processing* data hidrografi [1], [14]. Penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa bahkan kesalahan waktu konstan 20 ms antara INS (*Inertial Navigation System*) dan *multibeam echo sounder* (MBES) pada kapal survei kecil yang beroperasi pada kedalaman air 100 m dapat menghasilkan riak dengan penyimpangan kedalaman $\pm 0,5$ m [13].

Beberapa penelitian telah dilakukan terkait dengan pengembangan unit akuisisi data untuk survey hidrografi, seperti halnya perancangan *data logger* pada USV berbasis IoT (*Internet of Things*) [15], pengembangan *Smart Bathymetry Kit* [16], serta perancangan ASV (*Autonomous Surface Vehicle*) *Data Logger* [17]. Namun,

penelitian-penelitian tersebut masih memiliki keterbatasan pada implementasi proses *time-tagging* tersinkronisasi untuk proses akuisisi data.

Meninjau kebutuhan akan sistem penandaan waktu yang tersinkronisasi, sejumlah penelitian telah mengkaji implementasi GNSS/GPS *receiver* sebagai sumber referensi waktu yang akurat [18], [19], [20]. Salah satu fitur penting dari GNSS receiver adalah sinyal *Pulse Per Second* (PPS), yang dapat digunakan sebagai acuan sinkronisasi waktu [21]. Dalam penelitian terkait sinkronisasi waktu pada sistem *Cyber-Physical System* (CPS), penggunaan sinyal PPS terbukti mensinkronisasi beberapa sistem tertanam dengan akurasi hingga 10 μ s [22]. Selain itu, informasi waktu dari GNSS *receiver* dapat difungsikan untuk implementasi protokol sinkronisasi waktu sepertihalnya *Network Time Protocol* (NTP) [23] dan *Precision Time Protocol* (PTP) [18], [24].

Ketersediaan sistem akuisisi data untuk survei hidrografi yang mendukung penandaan waktu akurat masih terbatas, khususnya dalam bentuk solusi *open-source* dan terjangkau untuk platform USV skala kecil. Sebagai contoh, unit komersial seperti *Accurate Time Tagging Unit* (ATTU) [25] dari EIVA yang berjalan di atas sistem operasi Linux. Melalui penelitian ini, dikembangkan pendekatan alternatif berbasis mikrokontroler *bare-metal* untuk memungkinkan proses penandaan waktu yang lebih responsif secara *real-time* [26], [27]. Selain itu, sistem ini menggunakan antarmuka USB dan UART TTL yang lebih umum dan praktis digunakan untuk integrasi sensor-sensor komersial [16][17]. Dengan demikian, sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi yang lebih sederhana, terbuka, dan dapat diadaptasi untuk kebutuhan akademik maupun survei hidrografi berskala kecil.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah unit *serial data acquisition unit* yang mampu mengakuisisi data dari beberapa sensor dengan antarmuka komunikasi serial, serta mengintegrasikan proses penandaan waktu yang tersinkronisasi dengan referensi waktu akurat seperti GNSS. Sistem ini dirancang untuk mendukung aplikasi survei hidrografi berbasis USV, khususnya pada skala kecil, serta dapat dimanfaatkan untuk keperluan akademik dan penelitian.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, berikut merupakan rumusan permasalahan akan penelitian yang hendak dijalankan.

1. Bagaimana mengembangkan sistem akuisisi data serial yang bersifat *open-source* dan *cost-effective* untuk mendukung aplikasi survei hidrografi berbasis USV skala kecil dan dapat dimanfaatkan dalam kegiatan penelitian atau akademik?
2. Bagaimana menerapkan proses penandaan waktu (*time-tagging*) yang akurat dan tersinkronisasi menggunakan referensi waktu dari GPS *receiver* (melalui sinyal PPS) untuk setiap data sensor yang diterima?

I.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang didapatkan, agar dapat dibahas lebih spesifik maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut.

1. Diimplementasikan sistem data akuisisi yang dikembangkan pada purwarupa USV (*Unmanned Surface Vehicle*).
2. Sebagai media pengujian sistem DAQ *unit* difungsikan tiga instrument pengukuran, yakni sistem pemosisian, pengukuran *attitude*, dan pengukuran kedalaman.
3. Komponen-komponen instrumentasi memanfaatkan komponen komersial dan tidak *marine grade*.
4. Instrument pengukur kedalaman disimulasikan sedemikian sehingga memiliki format data serial serta *update rate* yang sesuai dengan SBES skala survei.
5. Pengujian performansi unit akuisisi data dibatasi pada lingkungan perairan tenang dan tawar.

I.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari pembuatan penelitian ini ialah sebagaimana berikut,

1. Mengembangkan sistem akuisisi data serial yang mampu mengintegrasikan beberapa sensor dengan antarmuka komunikasi serial yang umum digunakan pada survey hidrografi berbasis USV.
2. Mengimplementasikan proses penandaan waktu yang akurat dan tersinkronisasi dengan referensi waktu dari GNSS/GPS *receiver* untuk data terakuisisi.

Manfaat dari penelitian ini diantaranya sebagaimana berikut,

1. Menyediakan solusi *open-source* dan berbiaya rendah untuk akuisisi data serial dengan penandaan waktu akurat pada platform USV skala kecil.
2. Mendukung kegiatan riset dan akademik melalui sistem yang fleksibel dan dapat dikustomisasi.
3. Meningkatkan akurasi integrasi data sensor melalui sinkronisasi waktu berbasis GNSS.

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika proposal Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV BIAYA DAN JADWAL KEGIATAN, berisi rancangan jadwal kegiatan TA dan rincian anggaran biaya untuk penyelesaian TA.