



**PROPOSAL TUGAS AKHIR - EC224701**

**PENGEMBANGAN *DEAD RECKONING* BERBASIS  
*DEEP LEARNING* UNTUK NAVIGASI JALAN DENGAN  
SENSOR BERBIAYA RENDAH IMU DAN  
MIKROKONTROLER STM**

**Muhammad Rafie Azmi**

NRP 0721 19 4000 0077

Dosen Pembimbing

**Dion Hayu Fandiantoro, S.T., M.T.**

NIP 1994202011064

**Arief Kurniawan, S.T., M.T.**

NIP 19740907 200212 1 001

**Program Studi Strata 1 (S1) Teknik Komputer**

Departemen Teknik Komputer

Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022



**FINAL PROJECT PROPOSAL - EC224701**

**DEVELOPMENT OF DEEP LEARNING-BASED DEAD  
RECKONING FOR ROAD NAVIGATION WITH IMU  
LOW-COST SENSORS AND STM  
MICROCONTROLLERS**

**Muhammad Rafie Azmi**

NRP 0721 19 4000 0077

Advisor

**Dion Hayu Fandiantoro, S.T., M.T.**

NIP 1994202011064

**Arief Kurniawan, S.T., M.T.**

NIP 19740907 200212 1 001

**Undergraduate Study Program of Computer Engineering**

Department of Computer Engineering

Faculty of Intelligent Electrical and Informatics Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya

2022

# LEMBAR PENGESAHAN

## PENGEMBANGAN *DEAD RECKONING* BERBASIS *DEEP LEARNING* UNTUK NAVIGASI JALAN DENGAN SENSOR BERBIAYA RENDAH IMU DAN MIKROKONTROLER STM

### PROPOSAL TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada  
Program Studi S-1 Teknik Komputer  
Departemen Teknik Komputer  
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh: **Muhammad Rafie Azmi**  
NRP. 0721 19 4000 0077

Disetujui oleh Tim Penguji Proposal Tugas Akhir:

Dion Hayu Fandiantoro, S.T., M.T. (Pembimbing)  
NIP: 1994202011064

Arief Kurniawan, S.T., M.T. (Ko-Pembimbing)  
NIP: 19740907 200212 1 001

Dr. Diah Puspito Wulandari, S.T, M.Sc. (Penguji I)  
NIP: 19801219 200501 2 001

Ahmad Zaini, S.T, M.Sc. (Penguji II)  
NIP: 19750419 200212 1 003

Atar Fuady Babgei, S.T, M.T. (Penguji III)  
NIP: 19891111 201812 1 001

**SURABAYA**  
**Desember, 2022**

# **APPROVAL SHEET**

## **DEVELOPMENT OF DEEP LEARNING-BASED DEAD RECKONING FOR ROAD NAVIGATION WITH IMU LOW-COST SENSORS AND STM MICROCONTROLLERS**

### **FINAL PROJECT PROPOSAL**

Submitted to fulfill one of the requirements for obtaining a degree Bachelor of Engineering at  
Undergraduate Study Program of Computer Engineering  
Department of Computer Engineering  
Faculty of Intelligent Electrical and Informatics Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology

By: **Muhammad Rafie Azmi**  
NRP. 0721 19 4000 0077

Approved by Final Project Proposal Examiner Team:

Dion Hayu Fandiantoro, S.T., M.T. (Advisor)  
NIP: 1994202011064

Arief Kurniawan, S.T., M.T. (Co-Advisor)  
NIP: 19740907 200212 1 001

Dr. Diah Puspito Wulandari, S.T, M.Sc. (Examiner I)  
NIP: 19801219 200501 2 001

Ahmad Zaini, S.T, M.Sc. (Examiner II)  
NIP: 19750419 200212 1 003

Atar Fuady Babgei, S.T, M.T. (Examiner III)  
NIP: 19891111 201812 1 001

**SURABAYA**  
**December, 2022**

# **PENGEMBANGAN *DEAD RECKONING* BERBASIS *DEEP LEARNING* UNTUK NAVIGASI JALAN DENGAN SENSOR BERBIAYA RENDAH IMU DAN MIKROKONTROLER STM**

**Nama Mahasiswa / NRP:** Muhammad Rafie Azmi / 0721194000077

**Departemen** : Teknik Komputer FTEIC - ITS

**Dosen Pembimbing** : 1. Dion Hayu Fandiantoro, S.T., M.T.  
2. Arief Kurniawan, S.T., M.T.

## **Abstrak**

Pengguna yang berpindah dari titik P0 ke titik P1 dapat diilustrasikan berada dalam elips Kepler- cayaan 95 persen berpusat pada P1 dengan sumbu AB, ditentukan oleh heading akurasi sensor, dan CD, ditentukan oleh sensor kecepatan ketepatan. Melakukan Dead Reckoning menggunakan Recurrent Neural Network, jaringan perlu dilatih pada kumpulan data input yang terdiri dari posisi kendaraan sebelumnya dan data sensorik yang dikumpulkan selama periode waktu tertentu, dan label output yang sesuai yang mewakili posisi kendaraan saat ini. Ada banyak aplikasi potensial untuk menggunakan Convolutional Neural Network untuk perhitungan mati, termasuk kendaraan otonom, drone, dan robot seluler lainnya. Kemampuan untuk secara akurat memperkirakan posisi kendaraan saat ini berdasarkan posisi sebelumnya dan data sensorik dapat sangat penting untuk navigasi dan lokalisasi di lingkungan di mana sinyal GPS. Dari penelitian yang akan dilakukan, diharapkan pengemudi yang sudah dilengkapi alat dapat menentukan sebuah posisi mereka tanpa perlu mengkhawatirkan medan perlintasan yang dilewati (seperti underground and forest) dengan penerapan metode Dead Reckoning berbasis Deep Learning sehingga menghasilkan luaran berupa navigasi secara Real Time dengan akurasi tinggi.

**Kata Kunci:** *Dead Reckoning, RNN, Global Position System*

# **DEVELOPMENT OF DEEP LEARNING-BASED DEAD RECKONING FOR ROAD NAVIGATION WITH IMU LOW-COST SENSORS AND STM MICROCONTROLLERS**

**Student Name / NRP:** Muhammad Rafie Azmi / 07211940000077

**Department** : Computer Engineering FTEIC - ITS

**Advisor** : 1. Dion Hayu Fandiantoro, S.T., M.T.  
2. Arief Kurniawan, S.T., M.T.

## **Abstract**

Users moving from point P0 to point P1 can be illustrated to be in an ellipse 95 percent confidence centered on P1 with AB axis, determined by heading accuracy sensors, and CDs, are determined by the accuracy speed sensor. Doing Dead Reckoning using the Recurrent Neural Network, the network needs to be trained on an input data set that consists of the vehicle's previous position and sensory data collected during the period specific time, and corresponding output labels that represent the current position of the vehicle. Exist many potential applications for using Convolutional Neural Network for perhitu- ngan die, including autonomous vehicles, drones and other mobile robots. Ability to accurately estimate the current position of the vehicle based on its previous position and data Sensory can be critical for navigation and localization in environments where GPS signals. From the research that will be carried out, it is expected that motorists who have been equipped with da- Pat determines their position without worrying about the terrain of the perlitasan bypassed (such as underground and forest) with the application of the Dead Reckoning-based method Deep Learning so as to produce outputs in the form of navigation in Real Time with accuracy tall.

**Keywords:** *Dead Reckoning, RNN, Global Position System*

# DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang . . . . .	1
1.2 Rumusan Masalah . . . . .	1
1.3 Batasan Masalah atau Ruang Lingkup . . . . .	1
1.4 Tujuan . . . . .	2
1.5 Manfaat . . . . .	2
<b>2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>3</b>
2.1 Hasil penelitian/perancangan terdahulu . . . . .	3
2.1.1 A Robust Dead-Reckoning Pedestrian Tracking System with Low Cost Sensors. . . . .	3
2.1.2 AI-IMU Dead-Reckoning. . . . .	3
2.2 Teori Dasar . . . . .	3
2.2.1 Dead Reckoning (DR) . . . . .	3
2.2.2 Recurrent Neural Network (RNN) . . . . .	4
2.2.3 Accelerometers . . . . .	6
2.2.4 Magnetometers . . . . .	6
2.2.5 Gyroscope . . . . .	7
<b>3 METODOLOGI</b>	<b>8</b>
3.1 Metode yang digunakan . . . . .	8

3.2	Bahan dan peralatan yang digunakan . . . . .	9
3.2.1	Mikrokontroller STM32 . . . . .	9
3.2.2	IMU Sensor Module MPU-9255 . . . . .	9
3.3	Urutan pelaksanaan penelitian . . . . .	10
<b>4</b>	<b>HASIL YANG DIHARAPKAN</b>	<b>11</b>
4.1	Hasil yang Diharapkan dari Penelitian . . . . .	11
4.2	Hasil Pendahuluan . . . . .	11
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>12</b>



## DAFTAR GAMBAR

2.1	<i>Inertial navigation</i> menggunakan <i>Dead Reckoning</i> (Ltd., 2020) . . . . .	4
3.1	Pemrosesan data jarak yang ditempuh pada RNN . . . . .	8
3.2	Flowchart menentukan Koef. Relatif dengan RNN . . . . .	8
3.3	ST-Microelectronics STM32H750VBT6, Arm Cortex-M7 . . . . .	9
4.1	Screenshot pemasangan library MPU9255 di Arduino . . . . .	11

## DAFTAR TABEL

3.1	Tabel timeline . . . . .	10
-----	--------------------------	----

# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Saat ini metode penentuan posisi suatu titik di permukaan bumi mengalami kemajuan teknologi. Hal tersebut ditandai dengan ketersediaan peralatan alat ukur yang dilengkapi dengan teknologi digital terkini. Salah satu metode penentuan posisi suatu titik di permukaan bumi yaitu, dengan menggunakan *Global Position System* (GPS). Nama formalnya adalah NAVs-tar GPS, kependekan dari "*NAVigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*" (Abidin, 2007). GPS secara garis besar terdiri dari dua tipe yaitu tipe navigasi dan tipe geodetik. Perangkat GPS mengandalkan penerimaan sinyal dari setidaknya empat satelit. Jika mereka terhubung hanya pada tiga satelit, maka posisinya tidak sepenuhnya akurat. Masalah dapat terjadi ketika rintangan seperti dinding, bangunan, gedung pencakar langit dan pepohonan yang menghalangi sinyal. Kondisi atmosfer yang ekstrem seperti badai geomagnetik juga dapat menyebabkan masalah. Selain itu, teknologi pemetaan yang digunakan bersama dengan *Global Position System* mungkin tidak akurat dan menyebabkan kesalahan dalam bernavigasi.

*Dead Reckoning* secara bertahap mengintegrasikan jarak tempuh dan arah perjalanan relatif ke lokasi awal yang diketahui. Arah kendaraan biasanya ditentukan oleh kompas magnetik, dan jarak yang ditempuh dihitung berdasarkan waktu tempuh dengan kecepatan kendaraan. Namun, dalam navigasi berbasis darat modern, berbagai perangkat sensor dapat digunakan seperti perhitungan perputaran roda, giroskop, dan unit pengukuran inersia (IMU). Kelemahan umum dari *Dead Reckoning* bahwa kesalahan estimasi meningkat dengan jarak ke posisi awal yang diketahui, sehingga diperlukan pembaruan yang sering dengan posisi tetap. Biasanya *Dead Reckoning* dapat digunakan sebagai back-up jika sistem navigasi utama tidak tersedia atau tidak dapat digunakan. Dengan menggunakan *Deep Learning*, sistem *Dead Reckoning* dapat belajar dari data yang telah dikumpulkan sebelumnya dan menggunakannya untuk memprediksi posisi saat ini dengan lebih akurat. Diusulkan penelitian yang berjudul "Pengembangan Dead-Reckoning Berbasis Deep Learning Untuk Navigasi Jalan Dengan Sensor Berbiaya Rendah dan Mikrokontroler STM".

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis dapat merumuskan beberapa masalah penting sebagai berikut,

1. Bagaimana cara mengatasi *Pedestrian Navigation* pada hutan dan goa yang tidak bisa menggunakan *Global Position System*?
2. Bagaimana penerapan penggunaan *Deep Learning* pada *Computer-on-a-Chip*?
3. *Noise Drifting* di sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU) yang tergolong masih besar.

## 1.3 Batasan Masalah atau Ruang Lingkup

Supaya memperoleh hasil yang maksimal mengenai masalah yang ada dalam penelitian dan mengingat keterbatasan yang ada juga, maka penulis akan memberikan batasan sebagai berikut,

1. Pengumpulan data diruang terbuka, ruang lingkup disekitar kawasan integritas Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Jawa Timur.
2. Menggunakan orde *International System of Units* (SI) satuan Meter pada perhitungan panjang atau jarak.
3. Alat dikalibrasi dengan *Global Position System* saat digunakan.

4. Navigasi dilakukan pada bidang Dua Dimensi (2D).

## **1.4 Tujuan**

Tujuan sejalan dengan rumusan masalah diatas, laporan ini disusun dengan tujuan untuk mendeskripsikan:

1. Untuk membuat sistem navigasi untuk di hutan dan goa berbasis *Inertial Measurement Unit* (IMU).
2. Untuk membandingkan hasil tingkat akurasi dari penggunaan *Global Position System* (GPS) dengan gabungan penggunaan metode *Dead Reckoning*.
3. Untuk membuat model pengurang noise untuk *Inertial Measurement Unit* (IMU).

## **1.5 Manfaat**

Secara teoretis penelitian ini berguna sebagai pengembangan konsep materi atau ilmu dari beberapa mata kuliah yang didapatkan selama perkuliahan, dan Secara praktis laporan tugas akhir ini diharapkan dapat bermanfaat seperti,

1. Meningkatkan kebermanfaatan mikrokontroller di Indonesia.
2. Memberikan pengetahuan lebih kepada masyarakat luas tentang manfaat *Dead Reckoning*.
3. Meminimalisasi tingkat tersesat yang ditimbulkan akibat pemakaian *Global Position System* (GPS) pada lokasi susah sinyal.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Hasil penelitian/perancangan terdahulu

#### 2.1.1 A Robust Dead-Reckoning Pedestrian Tracking System with Low Cost Sensors.

Munculnya perangkat seluler pribadi dengan sensor berbiaya rendah, seperti akselerometer dan kompas digital, telah menjadikan *Dead Reckoning* (DR) pilihan yang menarik untuk indoor pelacakan pejalan kaki. Dalam makalah ini, mengusulkan *Dead Reckoning* (DR) yang kuat sistem pelacakan pejalan kaki di atas akses komersial tersebut, set sensor BLE yang mampu *Dead Reckoning* (DR). Metode yang diusulkan mengeksplorasi fakta bahwa, beberapa sistem *Dead Reckoning* (DR), dibawa oleh pejalan kaki yang sama, memiliki perpindahan relatif yang stabil sehubungan dengan pusat gerak, dan karenanya satu sama lain. Kami pertamanya merumuskan tugas pelacakan yang kuat sebagai maksimum umum posteriori masalah fusi sensor, dan kemudian kami mempersempitnya menjadi sederhana prosedur perhitungan dengan asumsi tertentu. Sebuah prototipe dilaksanakan dan dievaluasi dengan sistem benchmark yang mengumpulkan kebenaran dasar secara efisien dan akurat. Dalam praktis testbed dalam ruangan, skema yang diusulkan telah menunjukkan kuat kinerja pelacakan, dengan pengurangan kesalahan pelacakan rata-rata hingga 73,7 persen, dibandingkan dengan metode pelacakan *Dead Reckoning* (DR) tradisional (Jin et al., 2011).

#### 2.1.2 AI-IMU Dead-Reckoning.

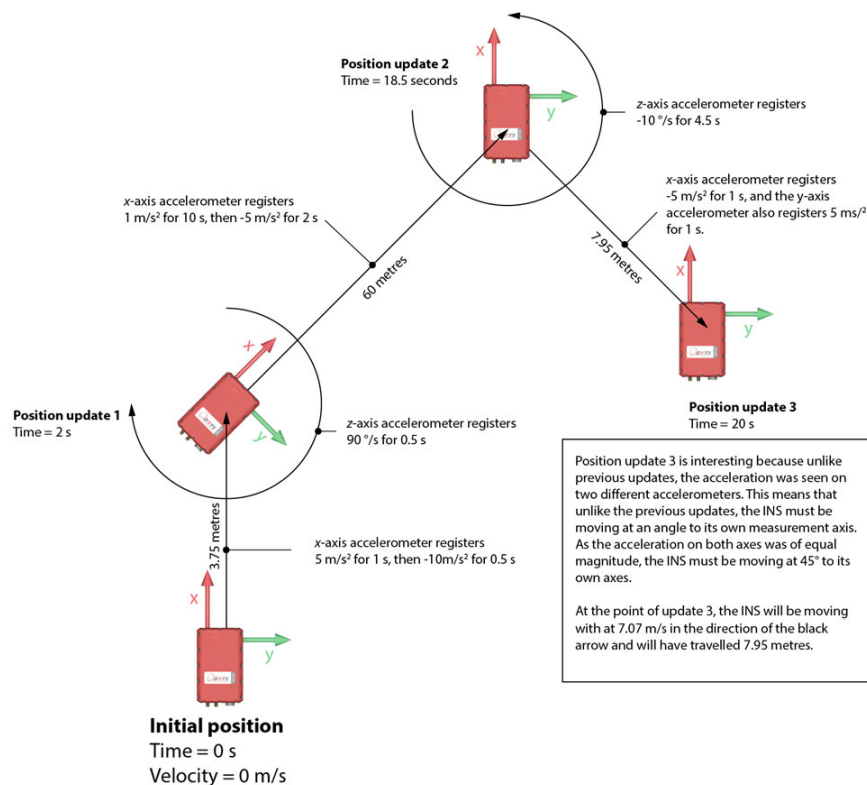
Makalah ini mengusulkan pendekatan baru untuk inersia hanya *Dead Reckoning* (DR) untuk kendaraan beroda yang dibangun di atas jaringan saraf dalam untuk secara dinamis mengadaptasi parameter filter Kalman. Kami telah menunjukkan fakta-fakta berikut. Dimungkinkan untuk mendapatkan hasil yang sangat akurat hanya dengan menggunakan *Inertial Measurement Unit* (IMU) berbiaya sedang, berkat penggunaan filter Kalman yang menggabungkan persamaan *Inertial Measurement Unit* (IMU) standar dengan informasi samping tentang dinamika kendaraan beroda. Algoritma ini bersaing dengan metode berbasis visi, meskipun hanya *Inertial Measurement Unit* (IMU) yang digunakan (dan tidak ada satu pun sensor lain, seperti GNSS). Jaringan saraf dalam adalah alat yang ampuh untuk adaptasi dinamis parameter penyetelan filter Kalman (matriks kovarians kebisingan). Di luar jaring saraf dalam, menilai kovarians pengukuran dengan benar secara dinamis memungkinkan filter Kalman mencapai kinerja yang jauh lebih baik, dan ini membuka jalan untuk fusi dengan sensor lain. Subjek generalisasi, dan terutama bagaimana arsitektur jaringan dapat digunakan kembali dalam aplikasi serupa, dibiarkan untuk penelitian di masa depan, karena penyetelan *Convolutional Neural Network* (CNN) mewakili dalam dirinya sendiri bidang penelitian saat ini. Yang mengatakan, kode yang kami buat tersedia untuk umum dapat digunakan apa adanya, dan disesuaikan dengan kendaraan lain. Selain itu, seperti yang disebutkan dalam Bagian VI-E, artikel tersebut membuktikan bahwa adaptasi kovarians dinamis memainkan peran besar untuk lokalisasi yang akurat, dan aturan adaptasi rekayasa praktis sederhana dapat dikejar alih-alih yang berbasis *Artificial Intelligence* (AI) (Brossard et al., 2020).

### 2.2 Teori Dasar

#### 2.2.1 Dead Reckoning (DR)

Perhitungan mati (*Dead Reckoning*) adalah proses memperkirakan posisi saat ini dengan memproyeksikan heading dan kecepatan dari masa lalu yang diketahui posisi. Heading dan kecepatan digabungkan menjadi sebuah gerakan Vektor  $V_1$  mewakili perubahan posisi dari A

posisi yang diketahui,  $P_0$ , ke posisi yang diperkirakan,  $P_1$ . Akurasi dari perkiraan ini dapat dikutip sebagai elips kepercayaan diri yang rata-rata populasinya ada di elips 95 persen dari waktu. Sumbu elips ditentukan oleh keakuratan deteksi heading dan pengukuran kecepatan. Pengguna yang berpindah dari titik  $P_0$  ke titik  $P_1$  dapat diilustrasikan berada dalam elips kepercayaan 95 persen berpusat pada  $P_1$  dengan sumbu AB, ditentukan oleh heading akurasi sensor, dan CD, ditentukan oleh sensor kecepatan ketepatan. Untuk melakukan *Dead Reckoning*, kalian memerlukan informasi berikut: [1] Posisi awal: Ini adalah posisi objek atau orang yang diketahui di awal perjalanan. [2] Heading: Ini adalah arah di mana objek atau orang bepergian, biasanya diukur dalam derajat dari utara. [3] Jarak yang ditempuh: Ini adalah jarak yang telah ditempuh objek atau orang dari posisi awal.



Gambar 2.1: *Inertial navigation menggunakan Dead Reckoning* (Ltd., 2020)

## 2.2.2 Recurrent Neural Network (RNN)

Jaringan saraf berulang (RNN) adalah jenis jaringan saraf tiruan yang sangat cocok untuk memproses data berurutan, seperti teks, audio, atau data deret waktu. *Recurrent Neural Network* dirancang untuk mengingat input sebelumnya, memungkinkan mereka untuk memahami konteks dan menggunakan pemahaman tersebut untuk memproses input baru. *Recurrent Neural Network* terdiri dari unit yang disebut "sel" yang memproses data input dan meneruskannya ke sel berikutnya dalam jaringan. Sel-sel dalam RNN terhubung dalam satu lingkaran, yang memungkinkan mereka memproses data dalam beberapa langkah waktu. Hal ini membuat RNN sangat berguna untuk tugas-tugas seperti terjemahan bahasa atau pengenalan suara, di mana arti sebuah kata atau frase tergantung pada konteks yang diberikan oleh kata atau frase yang datang sebelumnya. Ada beberapa jenis *Recurrent Neural Network*, termasuk jaringan *long Short-term Memory* (LSTM) dan *Gated Recurrent Units* (GRU). Jaringan LSTM dan GRU dirancang untuk mengatasi masalah hilangnya dan meledaknya gradien yang dapat terjadi saat melatih *Recurrent Neural Network* tradisional pada urutan yang panjang. Masalah ini terjadi karena RNN

tradisional kesulitan mempertahankan informasi dari langkah waktu sebelumnya saat mereka memproses data melalui beberapa langkah waktu. Jaringan LSTM dan GRU keduanya menggunakan mekanisme khusus untuk menyimpan informasi ini dengan lebih baik dan membuatnya lebih mudah untuk melatih *Recurrent Neural Network* pada urutan yang panjang.

Jaringan saraf berulang memori jangka pendek (LSTM) adalah jenis jaringan saraf tiruan yang sangat cocok untuk memproses data berurutan dan mengingat informasi dalam jangka waktu yang lama. varian dari jenis jaringan saraf berulang (RNN) yang lebih umum, yang dirancang untuk memproses data berurutan dengan memproses data selama beberapa langkah waktu. *long Short-term Memory* (LSTM) sangat berguna untuk tugas-tugas seperti terjemahan bahasa atau pengenalan ucapan, di mana arti kata atau frasa bergantung pada konteks yang diberikan oleh kata atau frasa sebelumnya. *long Short-term Memory* (LSTM) juga digunakan dalam aplikasi lain yang penting untuk mengingat informasi dalam jangka waktu yang lama, seperti prediksi pasar saham atau terjemahan mesin. Salah satu fitur utama *long Short-term Memory* (LSTM) adalah penggunaan "gerbang", yang digunakan untuk mengontrol aliran informasi melalui jaringan. Gerbang dalam jaringan *long Short-term Memory* (LSTM) memungkinkannya menyimpan atau melupakan informasi secara selektif, dan memperbarui keadaan internalnya berdasarkan input yang diterimanya. Hal ini membuat *long Short-term Memory* (LSTM) sangat efektif dalam belajar dari rangkaian data yang panjang dan mengingat informasi penting dalam jangka waktu yang lama. (Sak et al., 2014)

*Gated Recurrent Units* (GRU) adalah jenis jaringan syaraf tiruan yang cocok untuk memproses data sekuensial, seperti teks, audio, atau data deret waktu. Varian dari jenis jaringan saraf berulang (RNN) yang lebih umum, yang dirancang untuk memproses data berurutan dengan memproses data dalam beberapa langkah waktu. *Gated Recurrent Units* (GRU) terdiri dari unit-unit yang disebut "sel", yang memproses data input dan meneruskannya ke sel berikutnya dalam jaringan. Sel-sel dalam *Gated Recurrent Units* (GRU) terhubung dalam satu lingkaran, yang memungkinkan mereka memproses data dalam beberapa langkah waktu dan menyimpan informasi dari langkah waktu sebelumnya. *Gated Recurrent Units* (GRU) sangat berguna untuk tugas-tugas seperti terjemahan bahasa atau pengenalan ucapan, di mana arti kata atau frasa bergantung pada konteks yang disediakan oleh kata atau frasa sebelumnya. GRU juga digunakan dalam aplikasi lain yang penting untuk mengingat informasi dalam jangka waktu yang lama, seperti prediksi pasar saham atau terjemahan mesin. Salah satu fitur utama *Gated Recurrent Units* (GRU) adalah penggunaan "gerbang", yang digunakan untuk mengontrol aliran informasi melalui jaringan. Gerbang di *Gated Recurrent Units* (GRU) memungkinkannya menyimpan atau melupakan informasi secara selektif, dan untuk memperbarui status internalnya berdasarkan input yang diterimanya. Hal ini membuat *Gated Recurrent Units* (GRU) sangat efektif dalam belajar dari rangkaian data yang panjang dan mengingat informasi penting dalam jangka waktu yang lama. (Dey & Salem, 2017)

Untuk melakukan *Dead Reckoning* menggunakan *Recurrent Neural Network*, jaringan perlu dilatih pada kumpulan data input yang terdiri dari posisi kendaraan sebelumnya dan data sensorik yang dikumpulkan selama periode waktu tertentu, dan label output yang sesuai yang mewakili posisi kendaraan saat ini. *Recurrent Neural Network* kemudian akan dapat membuat prediksi tentang posisi kendaraan saat ini berdasarkan data input baru yang terdiri dari posisi kendaraan sebelumnya dan data sensorik yang dikumpulkan pada titik waktu tertentu. Ada banyak aplikasi potensial untuk menggunakan *Convolutional Neural Network* untuk perhitungan mati, termasuk kendaraan otonom, drone, dan robot seluler lainnya. Kemampuan untuk secara akurat memperkirakan posisi kendaraan saat ini berdasarkan posisi sebelumnya dan data sensorik dapat sangat penting untuk navigasi dan lokalisasi di lingkungan di mana sinyal GPS

mungkin tidak tersedia atau tidak dapat diandalkan (Albawi et al., 2017).

### 2.2.3 Accelerometers

Akselerometer adalah otomatis alat untuk mengukur akselerasi, mendeteksi dan mengukur getaran (vibration) dan akselerasi pengukuran karena tubuh (inclination). Akselerometer dapat digunakan untuk mengukur getaran pada mobil, mesin, bangunan, dan keamanan Instalasi. Akselerometer juga dapat diterapkan pada mengukur peralatan elektronik, seperti 3 dimensi permainan, mouse komputer dan telepon dan gempa bumi kegiatan dan dapat digunakan untuk keperluan multimedia seperti VOD (Video on Demand) yang video tersebut menggunakan gerakan 3D dan objek 3D dapat diubah menjadi gambar seperti JPG yang memiliki fungsi kontinu dari intensitas cahaya di sebuah dimensi. Hadir dalam bentuk sirkuit sederhana untuk perangkat elektronik besar. Meskipun penampilannya sederhana, akselerometer terbuat dari berbagai bagian dan bekerja dalam banyak hal, dua di antaranya adalah *Capacitance Accelerometer* dan *Piezoelectric Accelerometer* (Randell et al., 2003).

Untuk sistem akselerometer multi-sensor, pengklasifikasi pohon keputusan digunakan sebagai algoritma klasifikasi. Ukuran jendela tetap 1 sec dan laju pengambilan sampel 20Hz diadopsi untuk sistem ini seperti yang dijelaskan sebelumnya. Untuk pengklasifikasi, mean, var, dan *Spectral Energy* diadopsi sebagai fitur karena kemampuan pengenalannya yang lemah. Dua kombinasi fitur masing-masing digunakan untuk pengklasifikasi pohon keputusan: Hanya rata-rata dan kombinasi mean dan var. Untuk sistem akselerometer sensor tunggal, ukuran jendela tetap 0,5 sec dan frekuensi pengambilan sampel 50Hz diadopsi, karena sistem sensor tunggal lebih sensitif terhadap frekuensi pengambilan sampel di bawah 50Hz. Pengklasifikasi dan fitur-fiturnya dipilih berdasarkan studi yang ditentukan Akselerometer sering kali dilengkapi dengan rentang pengukuran yang dapat diprogram. Mereka biasanya memiliki minimum rentang pengukuran gaya  $\pm 2$  g dan naik ke rentang pengukuran gaya  $\pm 24$  g. Namun memilih rentang pengukuran yang tinggi tidak berarti itu akan menjadi pilihan ideal untuk setiap tugas. Ini adalah karena mengonfigurasi akselerometer ke rentang pengukuran yang lebih besar mengurangi presisi akselerometer. Karena itu, jika lebih penting bagi suatu tugas untuk dapat mengukur pengukuran yang luas rentang, maka akselerometer akan dikonfigurasi ke rentang pengukuran tertinggi.

### 2.2.4 Magnetometers

Modul kompas elektronik 3-sumbu sedang dirancang untuk tujuan penginderaan magnetik medan rendah yang memiliki antarmuka digital, untuk tujuan memberikan informasi judul untuk proyek mikrokontroler. Sensor ringkas ini biasanya cocok dengan proyek-proyek kecil seperti UAV dan sistem navigasi robot. Sensor sebenarnya mengubah segala jenis medan magnet menjadi output tegangan diferensial pada 3 sumbu. Perubahan tegangan ini adalah nilai output digital mentah, yang dapat digunakan untuk tujuan menghitung heading atau merasakan medan magnet yang datang dari berbagai arah. Pertumbuhan pasar kompas elektronik 3 sumbu sangat bergantung pada pertumbuhan pasar otomotif dan kedirgantaraan dan pertahanan secara keseluruhan secara global. Magnetometer digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk navigasi, pemetaan medan geomagnetik, dan deteksi logam. Dalam sistem navigasi, magnetometer 3 sumbu dapat digunakan untuk mengukur medan magnet bumi dan menentukan orientasi perangkat relatif terhadap kutub utara magnet bumi. Ini berguna untuk menentukan arah atau arah perjalanan kendaraan atau perangkat, terutama dalam situasi di mana sinyal GPS tidak tersedia atau tidak dapat diandalkan.

Terlepas dari banyak faktor pendorong, pasar kompas elektronik 3-sumbu diperkirakan akan menunjukkan menyusut dan fluktuasi tingkat pertumbuhan karena adanya teknologi GPS sebagai pengganti aplikasi serupa yang terkait dengan navigasi. Tidak adanya perangkat keras



tambahan untuk e-compass atau kompas navigasi bertindak sebagai faktor penahan untuk pasar kompas elektronik 3-sumbu global. Pengurangan paket sensor untuk tujuan mengintegrasikannya secara efisien ke dalam produk elektronik portabel telah secara portentous mendorong pertumbuhan pasar kompas elektronik 3-sumbu dalam beberapa waktu terakhir dan akan menciptakan peluang yang signifikan untuk kompas elektronik 3-sumbu di tahun-tahun mendatang. Ada beberapa jenis magnetometer, termasuk fluxgate, efek hall. Magnetometer Fluxgate menggunakan gulungan kawat yang dikelilingi oleh inti feromagnetik. Ketika medan magnet hadir, inti termagnetisasi, yang menyebabkan perubahan resistansi kawat. Magnetometer efek hall menggunakan magnetometer tipis, konduktor datar yang diposisikan dalam medan magnet. Ketika arus dilewatkan melalui konduktor, dihasilkan tegangan yang sebanding dengan kekuatan medan magnet. Magnetometer yang dipompa secara optik menggunakan laser untuk mengukur penyerapan cahaya oleh spesies atom atau molekul untuk menentukan kekuatan medan magnet.

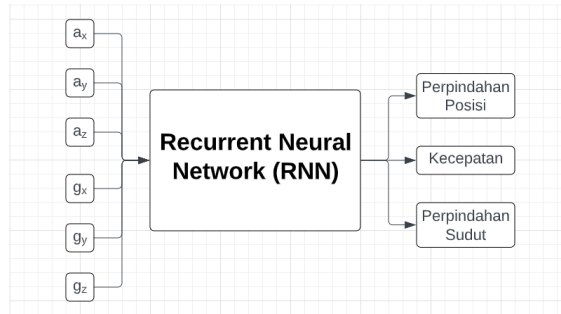
### **2.2.5 Gyroscope**

Giroskop adalah perangkat yang dipasang ke bingkai dan dapat merasakan kecepatan sudut jika itu bingkai adalah rotasi. Ada beberapa kelas giroskop, tergantung pada operasi fisik dan teknologi yang melibatkan. Giroskop dapat berdiri sendiri atau digunakan untuk sesuatu sistem yang kompleks, seperti Inertial Measurement Unit (IMU), gyrocompass, sistem referensi judul sikap dan sistem navigasi. Untuk mengukur efek Koriolis, giroskop MEMS mengandung massa bergetar yang bergetar di sepanjang drive sumbu. Getaran sekunder diinduksi dengan sumbu indera tegak lurus yang menggantikan massa darinya jalur asli ketika giroskop diputar. Prinsip kerja giroskop di mana rotasi di sekitar sumbu masing-masing. Giroskop memperkenalkan kapasitansi berubah untuk mendeteksi perpindahan ini. Berbasis pada ini, kecepatan sudut IMU dapat diukur dan dengan mengintegrasikan sinyal, kita dapat memperoleh orientasi (Passaro et al., 2017).

Giroskop struktur bergetar mengandung massa mesin mikro yang terhubung ke rumah luar oleh satu set mata air. Rumah luar ini terhubung ke papan sirkuit tetap oleh set pegas ortogonal kedua. Massa terus menerus didorong sinusoidal di sepanjang set pegas pertama. Setiap rotasi sistem akan menginduksi percepatan Koriolis dalam massa, mendorongnya ke arah set pegas kedua. Ketika massa diusir dari sumbu rotasi, massa akan didorong tegak lurus dalam satu arah, dan ketika didorong kembali ke arah sumbu rotasi, ia akan didorong ke arah yang berlawanan, karena gaya Koriolis yang bekerja pada massa.

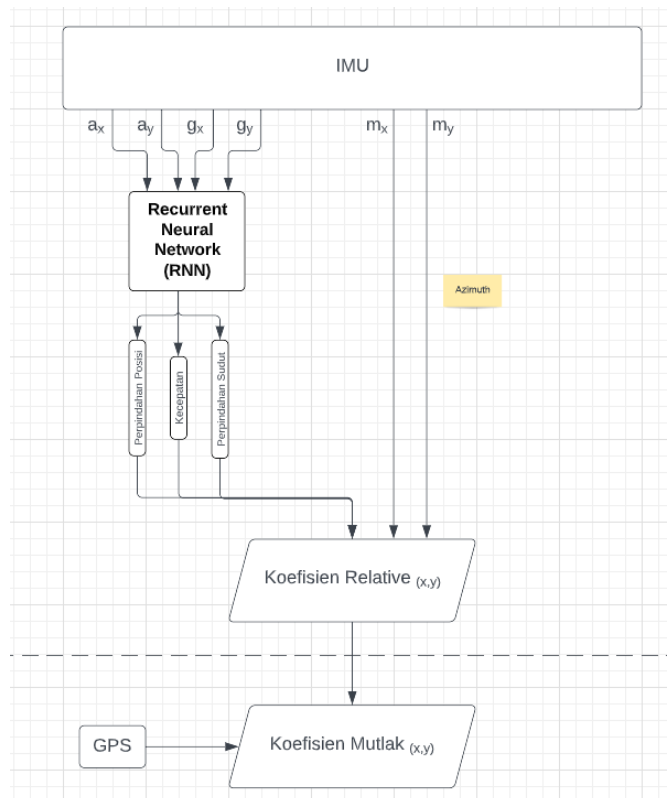
## BAB 3 METODOLOGI

### 3.1 Metode yang digunakan



Gambar 3.1: Pemrosesan data jarak yang ditempuh pada RNN

Dengan menerapkan sistem *Pose and Position* dalam dua dimensi (x,y) maka dari itu data yang dihasilkan pada nilai 3-Sumbu *Gyroscope* yang memperoleh sumbu Az dan Gz tidak diperlukan karena jika dipakai, dibutuhkan setidaknya tiga dimensi (x,y,z) pada objek target.



Gambar 3.2: Flowchart menentukan Koef. Relatif dengan RNN

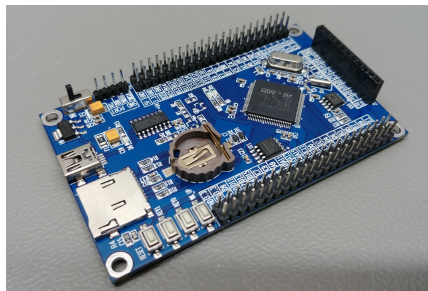
Pada *flowchart* yang tertera di Gambar 3.2 untuk mendapatkan posisi kendaraan memerlukan beberapa tahapan, mulai dari merangkai seluruh alat-alat yang hendak digunakan untuk

pengambilan data. Alat pengujian yang berupa mikrokontroler dengan sensor IMU dan beberapa komponen *Electrical Wiring* akan dipasangkan pada kendaraan bermotor, Selanjutnya persiapan dan instalasi beberapa *Software* pendukung yang dibutuhkan dalam penelitian seperti, kalibrasi sensor *Inertial Measurement Unit* dengan *Global Position System*, hingga instalasi mikrokontroler STM.

## 3.2 Bahan dan peralatan yang digunakan

### 3.2.1 Mikrokontroler STM32

Mikrokontroler STM adalah rangkaian mikrokontroler yang dikembangkan dan diproduksi oleh STMicroelectronics, sebuah perusahaan semikonduktor global yang berbasis di Eropa. Mikrokontroler STM banyak digunakan dalam berbagai aplikasi termasuk elektronik konsumen, otomotif, kontrol industri, dan sistem komunikasi. Biasanya diprogram menggunakan bahasa pemrograman tingkat tinggi seperti C atau C++, dan dapat diprogram menggunakan berbagai alat pengembangan dan lingkungan pengembangan terintegrasi (IDE). Mikrokontroler ini juga menyediakan serangkaian pustaka dan alat perangkat lunak untuk membantu pengembang membuat aplikasi untuk mikrokontroler mereka. Seri STM32 didasarkan pada inti ARM Cortex-M3 yang dirancang khusus untuk aplikasi tertanam yang membutuhkan kinerja tinggi, biaya rendah, dan konsumsi daya rendah. Ini dibagi menjadi produk yang berbeda sesuai dengan arsitektur inti: Di antara mereka, seri STM32F meliputi: seri "ditingkatkan" STM32F103, seri "dasar" STM32F101, STM32F105, seri "interkoneksi" STM32F107, dan seri yang ditingkatkan dengan frekuensi clock 72MHz, yang merupakan produk kinerja tertinggi di antara produk serupa.



Gambar 3.3: ST-Microelectronics STM32H750VBT6, Arm Cortex-M7

### 3.2.2 IMU Sensor Module MPU-9255

MPU-9255 adalah *Inertial Measurement Unit* (IMU) 9-sumbu yang dikembangkan oleh InvenSense, sebuah perusahaan yang berspesialisasi dalam desain dan pembuatan pelacakan gerak dan sensor pencitraan. MPU-9255 adalah perangkat kecil berdaya rendah yang dapat mengukur akselerasi, laju sudut, dan medan magnet dalam tiga dimensi. Ini umumnya digunakan dalam aplikasi seperti drone, robotika, realitas virtual, dan teknologi yang dapat dikenakan untuk memberikan informasi waktu nyata tentang orientasi, gerakan, dan akselerasi perangkat. Untuk menggunakan MPU-9255, Anda harus menghubungkannya ke mikrokontroler atau perangkat lain yang dapat berkomunikasi dengannya menggunakan antarmuka digital seperti I2C atau SPI. Nantinya kemudian perlu menulis kode untuk membaca data dari MPU-9255 dan menginterpretasikannya berdasarkan persyaratan aplikasi spesifik. InvenSense menyediakan serangkaian pustaka dan alat perangkat lunak untuk membantu pengembang membuat aplikasi menggunakan MPU-9255.

Kegiatan	Minggu															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Studi pustaka																
Perancangan alat dan Pengambilan data																
Pengolahan data dan Pembuatan struktur model																
Training, Validasi dan Pengujian Dataset																
Penerapan model dan Penganalisaan hasil data																
Perhitungan perbedaan K.Relatif (tanpa GPS) dengan K.Mutlak (dengan GPS)																
Evaluasi penelitian																
Penyusunan laporan																

Tabel 3.1: Tabel timeline

### 3.3 Urutan pelaksanaan penelitian

Pada *timeline* yang tertera di Tabel 3.1, terdapat 16 minggu pengerjaan penelitian, mulai dari satu bulan pertama ada Studi pustaka dengan Perancangan alat dan Pengambilan data, bertujuan untuk mengkaji ulang sedikit literatur yang kurang sesuai pada Proposal Tugas Akhir dan mulai merancang alat. dua bulan setelahnya adalah Pengolahan data dan Pembuatan model, serta Penerapan model dan Penganalisaan hasil data yang diperoleh. Di empat bulan terakhir adalah penambahan sedikit fitur atau mengetahui perbedaan antara dua buah obyek dengan substansi yang berbeda, jika ditemukan beberapa kesalahan dataset serta modeling bisa dilakukan evaluasi secara cepat.

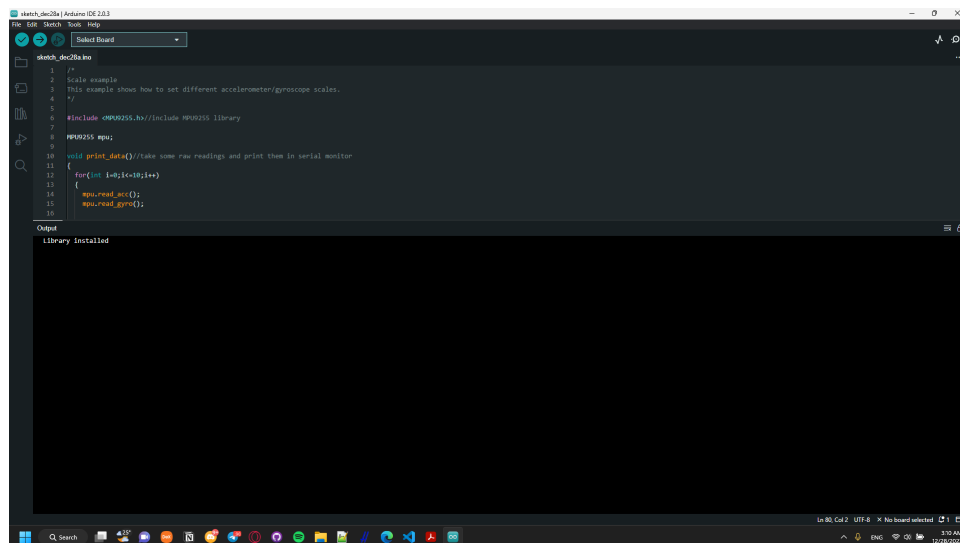
## BAB 4 HASIL YANG DIHARAPKAN

### 4.1 Hasil yang Diharapkan dari Penelitian

Dari penelitian yang akan dilakukan, diharapkan pengendara yang sudah dilengkapi alat dapat menentukan sebuah posisi mereka tanpa perlu mengkhawatirkan medan perlitasan yang dilewati (seperti *underground and forest*) dengan penerapan metode *Dead Reckoning* berbasis *Deep Learning* sehingga menghasilkan luaran berupa navigasi secara *Real Time* dengan akurasi tinggi.

### 4.2 Hasil Pendahuluan

Sampai saat ini, penulis telah menyiapkan beberapa komponen alat, karena keterbatasan suku cadang maka penulis diharuskan *Pre-Order* sensor MPU9255 hingga 28 hari dengan tujuan saat pengerjaan skripsi kedepannya hanya cukup pembuatan model dan dataset. Penulis juga sudah melakukan instalasi Mikrokontroler STM32 yang akan digunakan saat penelitian berlangsung, dan mencoba beberapa testing perhitungan jarak menggunakan *Based Module Public* yang sudah ada di Github (<https://github.com/topics/mpu9255>), namun masih terdapat banyak error dan salah pemasangan yang sudah saya perbuat, karena itu memerlukan bimbingan lanjutan.



Gambar 4.1: Screenshot pemasangan library MPU9255 di Arduino

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z. (2007). Penentuan posisi dengan gps dan aplikasinya. *Jakarta: PT Pradnya Paramita*.
- Albawi, S., Mohammed, T. A., & Al-Zawi, S. (2017). Understanding of a convolutional neural network. *2017 international conference on engineering and technology (ICET)*, 1–6.
- Brossard, M., Barrau, A., & Bonnabel, S. (2020). Ai-imu dead-reckoning. *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, 5(4), 585–595.
- Dey, R., & Salem, F. M. (2017). Gate-variants of gated recurrent unit (gru) neural networks. *2017 IEEE 60th international midwest symposium on circuits and systems (MWSCAS)*, 1597–1600.
- Jin, Y., Toh, H.-S., Soh, W.-S., & Wong, W.-C. (2011). A robust dead-reckoning pedestrian tracking system with low cost sensors. *2011 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom)*, 222–230.
- Ltd., O. T. S. (2020). Inertial navigation: Dead reckoning. Retrieved December 15, 2021, from <https://www.oxts.com/dead-reckoning/>
- Passaro, V. M., Cuccovillo, A., Vaiani, L., De Carlo, M., & Campanella, C. E. (2017). Gyroscope technology and applications: A review in the industrial perspective. *Sensors*, 17(10), 2284.
- Randell, C., Djalllis, C., & Muller, H. (2003). Personal position measurement using dead reckoning. *Seventh IEEE International Symposium on Wearable Computers, 2003. Proceedings.*, 166–166.
- Sak, H., Senior, A. W., & Beaufays, F. (2014). Long short-term memory recurrent neural network architectures for large scale acoustic modeling.