

# **SISTEM TELEKONTROL- TELEMONITORING DAN ORIENTASI PADA ROBOT INSPEKSI GORONG- GORONG MENGGUNAKAN RAZOR ARDUIMU 9 DOF**

---

**Achmad Komarudin<sup>1</sup>, Mas Nurul Ahmadiyah<sup>2</sup>, Leonardo  
Kamajaya<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Prodi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik  
Negeri Malang

<sup>1</sup>akomarudin1957@yahoo.co.id

## **Abstrak**

Seiring dengan meningkatnya pembangunan nasional di Indonesia, banyak hal positif yang tercipta dari pembangunan tersebut. Selain itu, muncul pula hal negatif dari pembangunan tersebut, salah satunya adalah kurangnya tempat untuk meningkatkan daya resap, sehingga menimbulkan genangan air. Untuk mengatasi hal tersebut, dibangunlah gorong-gorong yang berfungsi untuk mengatasi genangan air. Pemantauan gorong-gorong secara manual akan memakan banyak waktu serta biaya yang cukup besar. Pada penelitian ini dirancang sebuah sistem telemonitoring, telekontrol dan orientasi pada robot untuk menginspeksi gorong-gorong jarak jauh. Penelitian ini menggunakan metode algoritma DCM untuk pengolahan data sensor IMU. Hasil penelitian ini menunjukkan komunikasi robot dengan user via wireless dapat dilakukan sejauh 20 meter dengan tingkat kehandalan 100%. Selain itu, penggunaan algoritma DCM dari sensor IMU menghasilkan error selisih tidak lebih dari 2 derajat dibandingkan dengan hasil pengujian manual.

**Kata kunci: Robot, DCM, Telekontrol**

## **Abstract**

Along with the increase of national development in Indonesia, many positive things created from the development. In addition, there are also negative things from the development, one of which is the lack of places to increase the absorption capacity, causing stagnant water. The solution is built culverts that serve to overcome the puddle of water. Manually monitoring the culvert will take a lot of time and considerable cost. In this

study designed a telemonitoring system, telecontrol and orientation on the robot to inspect the long-distance culvert. This research uses DCM algorithm method for IMU sensor data processing. The results of this study show that robot communication with the user via wireless can be done as far as 20 meters with 100% reliability level. In addition, the use of the DCM algorithm from the IMU sensor results in an error difference of no more than 2 degrees compared with manual test results.

**Keywords:** *Robot, DCM, Tele-control*

## **1. PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang sedang fokus terhadap pembangunan nasional. Pembangunan tersebut dilaksanakan seiring dengan naiknya kepadatan penduduk yang memungkinkan terjadinya kepadatan lalu lintas pada kota-kota besar. Banyak hal positif yang dihasilkan dengan adanya pembangunan tersebut. Namun, terdapat pula hal negatifnya, yaitu karena kurangnya daya resap pada permukaan tanah dan menimbulkan genangan air (Sukmana and Vaza, 2011). Untuk mengatasi genangan air di jalan-jalan utama, dilakukan pemasangan Gorong - Gorong. *Gorong – gorong* ini berfungsi mengalirkan air agar tidak membanjiri salah satu sisi jalan. Program membuat saluran drainase dengan menggunakan Gorong - Gorong di jalur tersebut sangat baik untuk pencegahan banjir. (Sukmana and Vaza, 2011).

Penggunaan teknologi robot pada Gorong - Gorong saat ini sangatlah minim. Pemantauan yang dilakukannya juga sangat terbatas. Kebanyakan inspeksi Gorong - Gorong dilakukan secara manual oleh manusia. Sedangkan untuk memperbaiki kualitasnya, diperlukan pemantauan secara berkala. Oleh sebab itu, pemantauan dengan menggunakan jasa manusia sangat tidak efisien. Karena jika dilakukan inspeksi pada Gorong - Gorong pada area yang luas, hal itu akan memakan banyak waktu serta biaya yang besar. Pada penelitian ini akan dirancang sebuah system telemonitoring – telekontrol dan orientasi pada robot penginspeksi gorong – gorong dimana fungsinya untuk system control jarak jauh dan untuk mengetahui kondisi orientasi robot saat robot berada pada gorong – gorong. Informasi yang di tampilkan pada user adalah sikap dan tangkapan kamera berupa video *streaming* secara *wireless*.

Komponen nirkabel yang digunakan adalah Ys1020UA. Penelitian ini menggunakan metode algoritma DCM untuk pengolahan data sensor IMU. Metode ini sudah pernah diterapkan pada penelitian sebelumnya dan memperoleh hasil yang baik. (Macias *et al.*, 2012).

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1. A DCM Based Orientation Estimation Algorithm with an Inertion Measurement Unit and a Magnetic Compass

Penelitian ini membahas mengenai keefektifan penggunaan metode DCM dalam penentuan estimasi sikap dalam hal navigasi. Orientasi dan estimasi didapatkan dari *inertial sensor* dan kompas magnetic. Penggunaan metode ini mampu menyederhanakan komputasi dan meminimalisir waktu perhitungan dibanding Extended Kalman filter. Berikut tabel keakurasian dan rasio waktu eksekusi antar masing – masing metode.

Method	Quaternion	DCM	Ratio (Quat./DCM)
Process model matrix	49 (7x7)	72 (2x6x6)	0.68/1
Executed time	0.96 sec	1.00 sec	0.96/1
Roll abs. error	0.47 deg	0.21 deg	2.24/1
Pitch abs. error	0.40 deg	0.16 deg	2.50/1
Yaw abs. error	0.40 deg	0.21 deg	1.90/1
Singularity	No	No	

Sehingga penggunaan metode DCM dapat digunakan untuk penelitian ini, guna mempersingkat waktu komputasi.

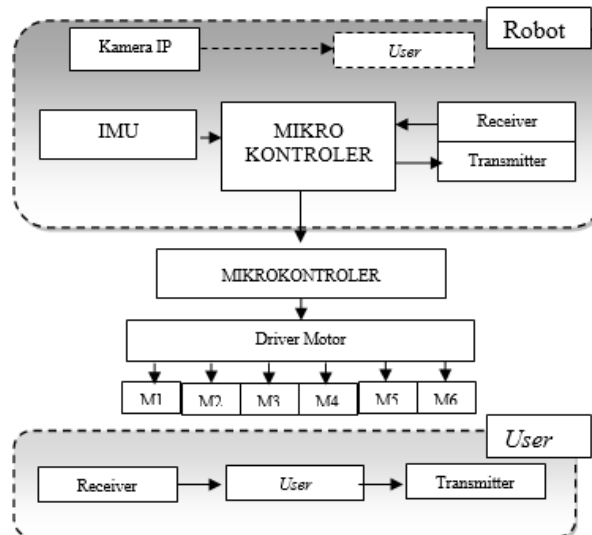
### 2.2. Pengendalian Payload Korindo dengan Modul RF YS-1020 Berbasis Mikrokontroler AVR ATmega 32

Penelitian ini bertujuan untuk mengendalikan payload Korindo secara jarak jauh menggunakan modul RF YS-1020. Dari penelitian ini dapat disimpulkan jika penggunaan modul RF YS – 1020 dapat digunakan untuk system control jarak jauh. Ketidak adanya kelemahan yang terbahas dalam penelitian ini mengenai ketidak handalan komunikasi modul YS 1020, membuat modul ini dapat dipergunakan dalam penelitian ini.

Selain harganya yang related lebih murah dibandingkan XBEE PRO.

### 3. METODE PENELITIAN

Blok diagram system penelitian ini adalah

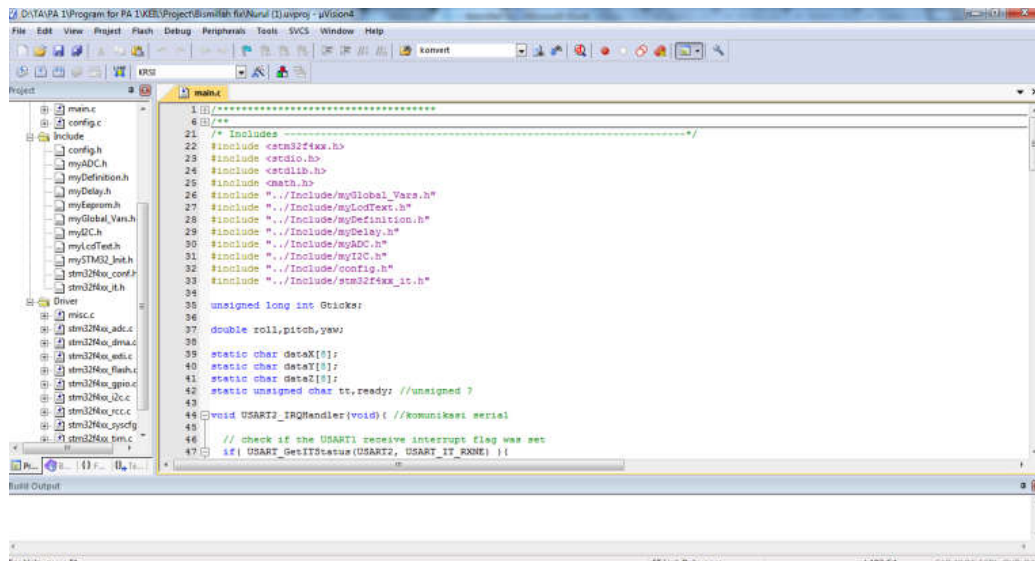


Pada blok diagram diatas, kotak yang diberi garis putus-putus merupakan system telemetri dan telekontrol. Sensor-sensor yang digunakan adalah IMU (accelerometer, magnetometer dan gyroscope) dan kamera. Data sensor IMU akan diolah pada rangkaian mikrokontroler, sedangkan data penangkapan gambar kamera akan dikirim langsung pada user secara *wireless* berupa *streaming video*. User dapat melihat hasil tangkapan kamera secara langsung dengan mengakses *Internet Protokol* dari kamera IP. Jenis mikrokontroler yang digunakan adalah jenis STM32F407Discovery. Kamera yang digunakan merupakan kamera IP jenis TL SC3230N. Sensor IMU (Inertial Measurement Unit) digunakan adalah jenis Razor IMU 9 DOF yang didalamnya terdapat ATmega 328 sebagai mikrokontrolernya, accelerometer, gyroscope dan magnetometer yang masing masing memiliki 3 aksis. Sensor IMU berfungsi untuk mengetahui orientasi sikap dan arah hadap robot dan estimasi posisi robot dalam gorong - gorong.

#### 3.1 Perancangan Sistem Mikrokontroler

Penelitian ini menggunakan modul mikrokontroler STM32F407Discovery buatan STMicroelectronics.

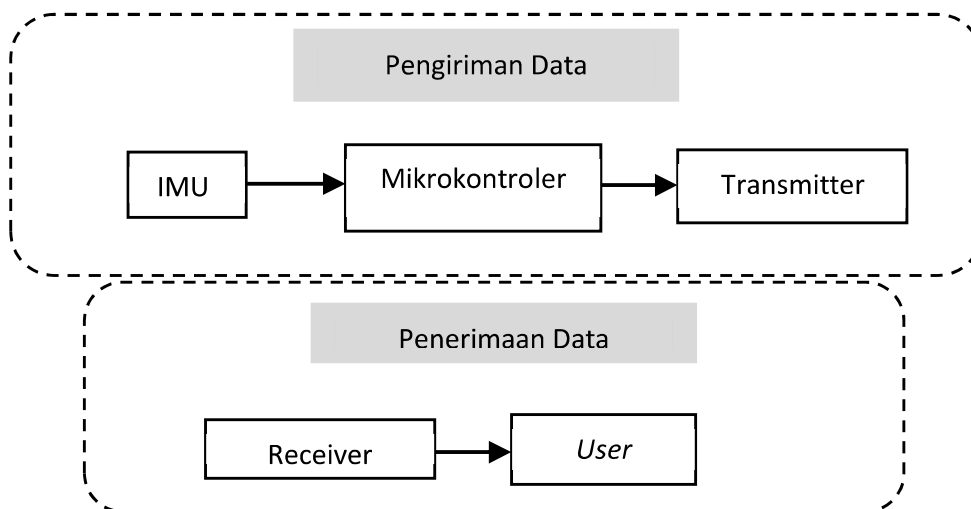
Pemrograman pada mikrokontroler ini menggunakan *software* Keil  $\mu$ Vision4. Tampilan *software* ini dapat dilihat pada gambar 3.2.



GAMBAR 1. TAMPILAN *SOFTWARE* KEIL MVISION4

### 3.2 Perancangan Sistem Telemetri dan Telekontrol

Sebagai robot yang berfungsi untuk memonitoring gorong - gorong, maka sangat perlu sangat diperhatikan mengenai perencanaan sistem telemetrinya. Pengiriman data telemetri menggunakan 1 pasang modul YS 1020UA yang terpasang pada *user* dan robot.



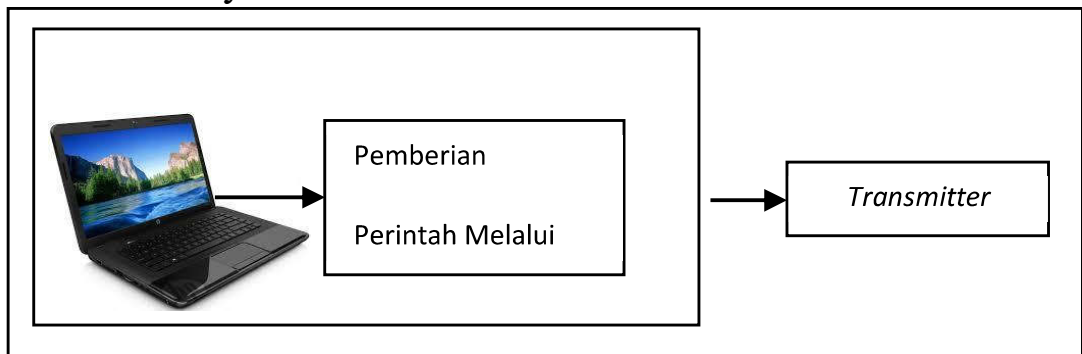
GAMBAR 2. BLOK DIAGRAM PROSES PENGIRIMAN DATA. DAN PENERIMAAN DATA PADA SISTEM TELEMETRI

Keseluruhan data akan dikirim kepada *user* dan ditampilkan pada Microsoft visual c#. informasi. Yaitu data

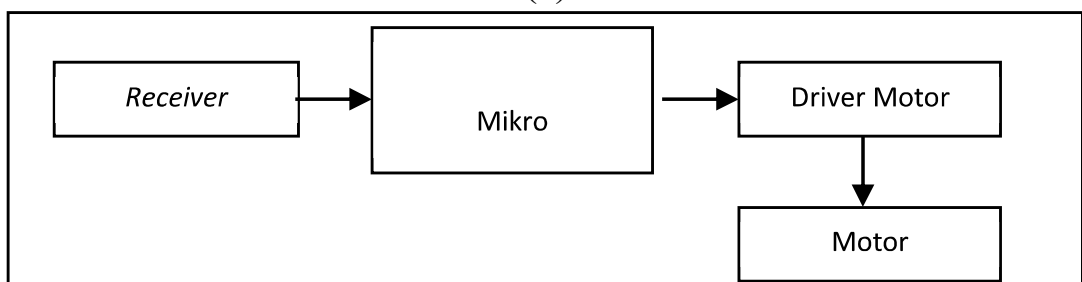
AHRS (*Attitude Heading Reference System*) dan data estimasi posisi. Data tersebut yang nantinya ditampilkan pada GUI baik dengan grafik maupun Open GL.

### 3.3 Perancangan Sistem Telekontrol

Sistem telekontrol merupakan suatu cara pengendalian jarak jauh antara *user* dan robot. Pengendalian yang dimaksudkan adalah mengendalikan pergerakan robot, yaitu perintah maju, mundur dan belok. Pada proyek akhir ini sistem telekontrol menggunakan 1 pasang YS1020UA. Proses pengiriman perintah dari user pada robot menggunakan tampilan visualisasi dari Microsoft Visual C# dengan inputan melalui keyboard.



(a)



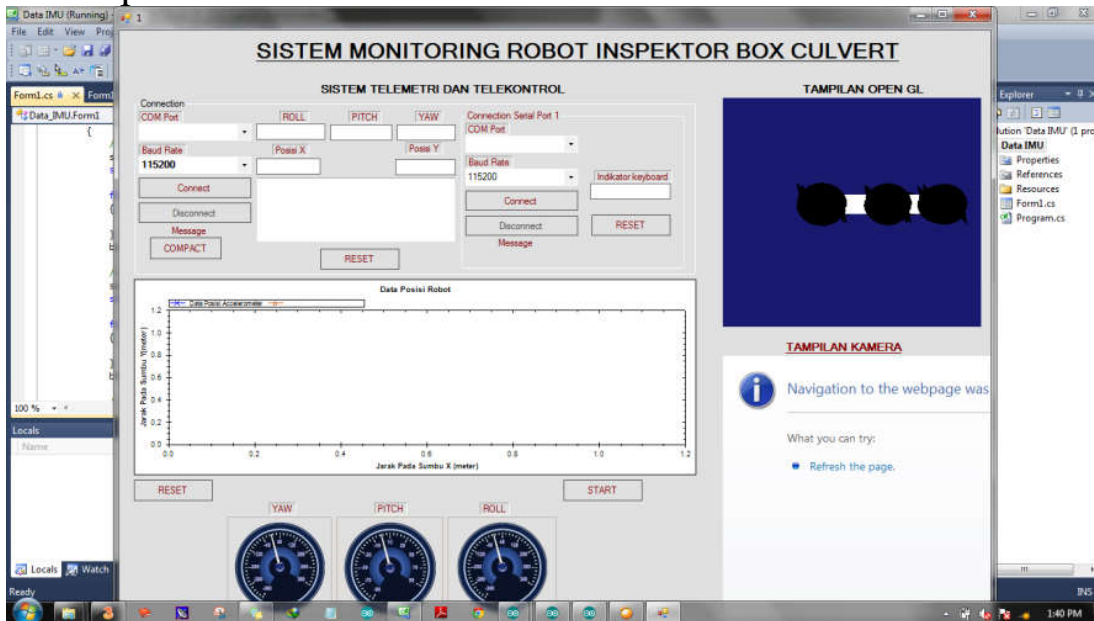
(b)

GAMBAR 3. (A) PROSES PENGIRIMAN DATA PADA SISTEM TELEKONTROL, (B) PROSES PENERIMAAN PADA PROSES TELEKONTROL

### 3.4 Perancangan Sistem Monitoring dan Visualisasi

Perancangan sistem monitoring dan visualisasi meliputi pembuatan GUI sistem monitoring yang informatif menggunakan Microsoft Visual C#. Dalam hal ini, GUI berisikan informasi berupa estimasi posisi robot dan AHRS

(Attitude Heading Reference System). Visualisasi sikap robot atau AHRS akan divisualisasikan menggunakan Open GL Pembuatan GUI dilakukan pada Microsoft Visual Studio, yaitu Visual C#. Pemilihan penggunaan Visual C# adalah pemrogramannya yang mudah dan bahasa yang digunakan ringan serta mudah dimengerti. Gambar 3.10 merupakan tampilan dari Microsoft Visual C#.



GAMBAR 4. TAMPILAN MICROSOFT VISUAL C#

### 3.5 Internet Protocol Camera (IP Camera)

Pada proses monitoring, hal terpenting yang tidak boleh dilupakan adalah indra penglihatan robot, dalam hal ini adalah kamera. Kamera sangat penting dalam proyek akhir ini. Karena sebagai robot inspektor *box culvert*, sangat penting bagi *user* untuk bisa melihat secara langsung kondisi bagian dalam *box culvert*. Pemilihan jenis kamera IP pada proyek akhir ini dikarenakan kamera IP lebih mudah digunakan. Cara mengakses kamera ini juga relatif mudah, yaitu dengan mengakses *Internet Protokol* dari kamera pada *web browser* pada Microsoft visual C#. Kamera dapat langsung digunakan tanpa mengolah datanya terlebih dahulu. Hasil tangkapan kamera berbentuk *video streaming*. Kamera yang digunakan pada proyek akhir ini adalah jenis TP-Link TL-SC3230 *Surveillance Camera*. Kamera ini dapat diakses dengan dan tanpa router. Pemilihan kamera ini dikarenakan bentuknya yang kecil, resolusi kamera yang baik serta harga yang relatif terjangkau.

### 3.6 Pengolahan Data IMU

Pengolahan data IMU meliputi mekanisme penentuan sudut *roll*, *pitch* dan *yaw* dan mekanisme penentuan estimasi posisi. Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai sensor IMU yang digunakan serta mekanisme penentuan sudut YPR dan estimasi posisi. Pada proyek akhir ini menggunakan modul sensor IMU jenis ArduIMU9DoF. Pada board ini terdapat sensor Accelerometer jenis ADXL345 dengan 3 derajat kebebasan. Sensor Gyroscope jenis ITG-3200 dengan 3 derajat kebebasan, serta sensor Magnetometer jenis HMC5883L dengan 3 derajat kebebasan.

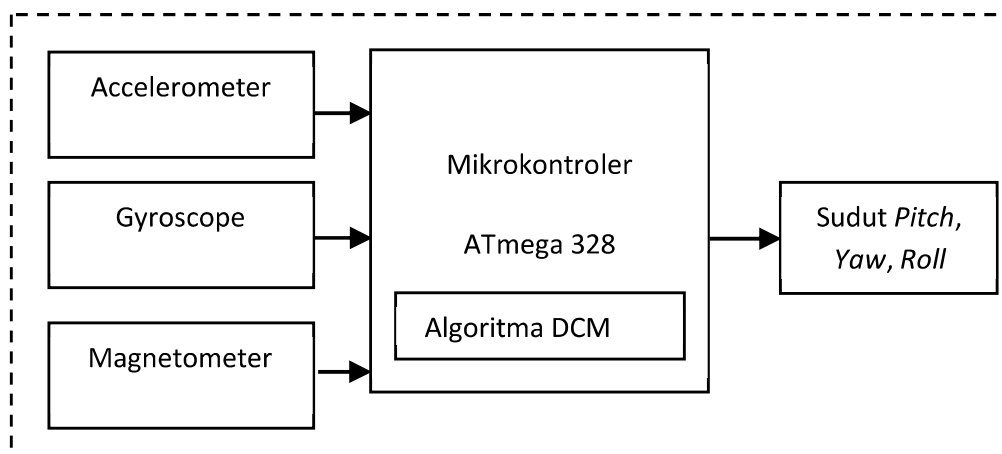


GAMBAR 5. MODUL ARDUIMU9DOF

Selain 3 sensor tersebut, didalam board ArduIMU9DoF terdapat mikrokontroler yaitu ATmega 328. Komunikasi antar sensor dan mikrokontroler terhubung secara I2C. Pemrograman modul ArduIMU9DoF menggunakan software Arduino.

### 3.7 Mekanisme Penentuan Sudut *Yaw*, *Pitch*, *Roll*

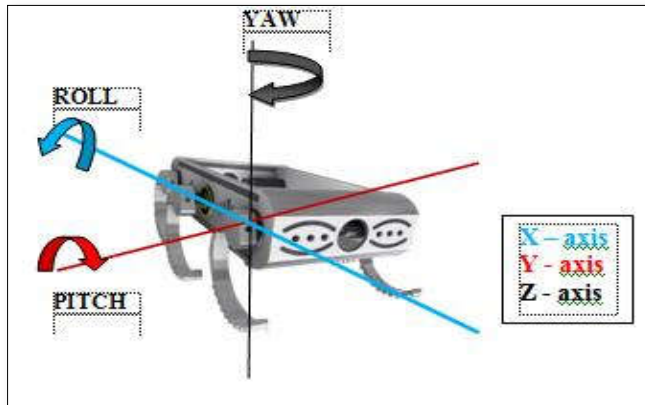
Berikut blok diagram penentuan sudut *yaw*, *pitch* dan *roll*:



GAMBAR 6. BLOK DIAGRAM PEROLEHAN SUDUT *ROLL*, *PITCH* DAN *YAW*



Sudut YPR(*Yaw Pitch Roll*), diperoleh dari pengolahan sensor IMU, yaitu Accelerometer, Gyroscope dan Magnetometer. Sudut *roll*, *pitch* dan *yaw* merupakan input untuk menentukan sikap dan arah hadap robot. Penentuan arah hadap dibutuhkan pada proyek akhir ini agar robot tidak kehilangan arah pada saat melakukan inspeksi *box culvert*.



GAMBAR 7. PERMODELAN SUDUT *ROLL*, *PITCH* DAN *YAW*

Gambar 3.15 merupakan definisi singkat sudut YPR(*Yaw Pitch Roll*) melalui gambar. Untuk menentukan sudut YPR dibutuhkan inputan dari sensor IMU yang diolah terlebih dahulu menggunakan matriks transformasi koordinat. Transformasi koordinat referensi merupakan transformasi rotasi yang dapat direpresentasikan dengan beberapa cara. Pada proyek akhir ini representasi transformasi rotasi menggunakan *Direction Cosine Matrix* (DCM) yang dinotasikan dengan  $C_b^n$ . Rotasi pada sumbu Z aksis merupakan *yaw angle* ( $\psi$ ). Rotasi pada Y aksis merupakan *pitch angle* ( $\theta$ ), dan X angle merupakan *roll angle* ( $\phi$ ). Sehingga dapat kita tuliskan kembali matriks rotasi  $C_b^n$ .

$$C_b^n = \begin{bmatrix} c(\theta)c(\psi) & s(\phi)s(\theta)c(\psi) - c(\phi)s(\psi) & c(\phi)s(\theta)c(\psi) + s(\phi)s(\psi) \\ c(\theta)s(\psi) & s(\phi)s(\theta)s(\psi) + c(\phi)s(\psi) & c(\phi)s(\theta)s(\psi) - s(\phi)c(\psi) \\ -s(\theta) & s(\phi)c(\theta) & c(\phi)s(\theta) \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

Dengan,

$C_b^n$  = Matriks rotasi dari  $b$ -ke  $n$ -frame

$\phi$  = Sudut *roll*

$\theta$  = Sudut *pitch*

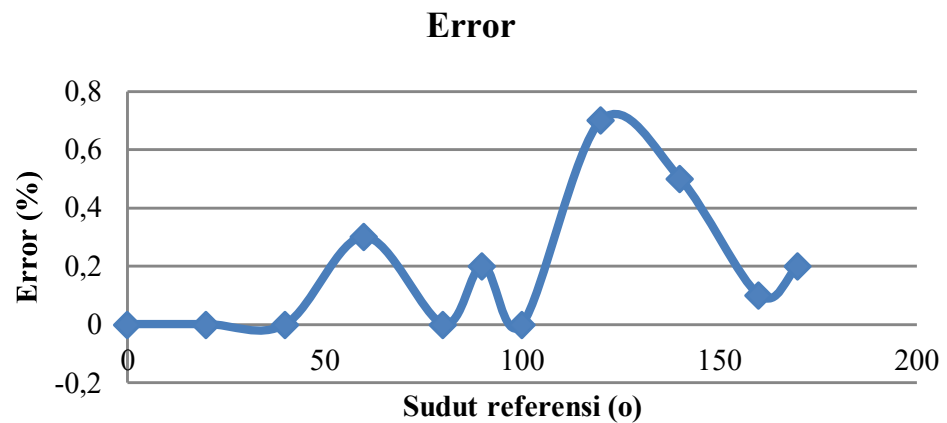
$\psi$  = Sudut *yaw*

$s$  = Operator sinus

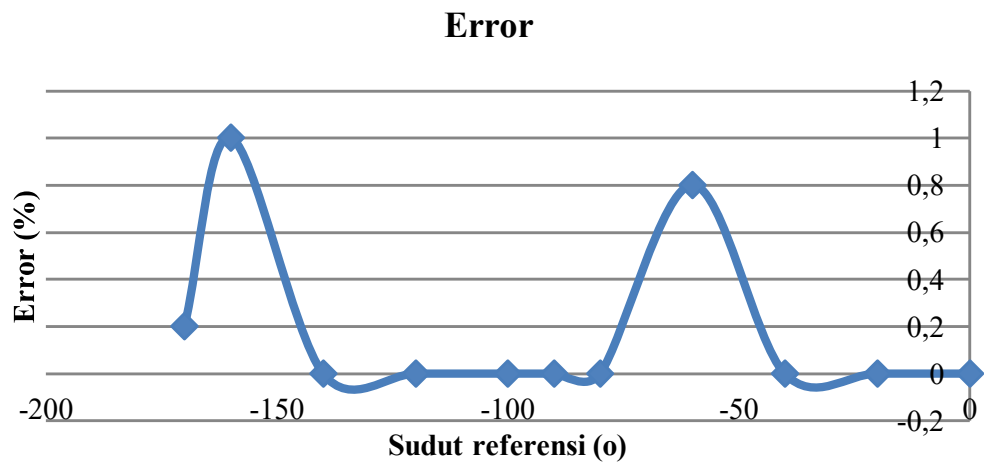
$c$  = Operator cosinus

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Pengujian Sudut Roll



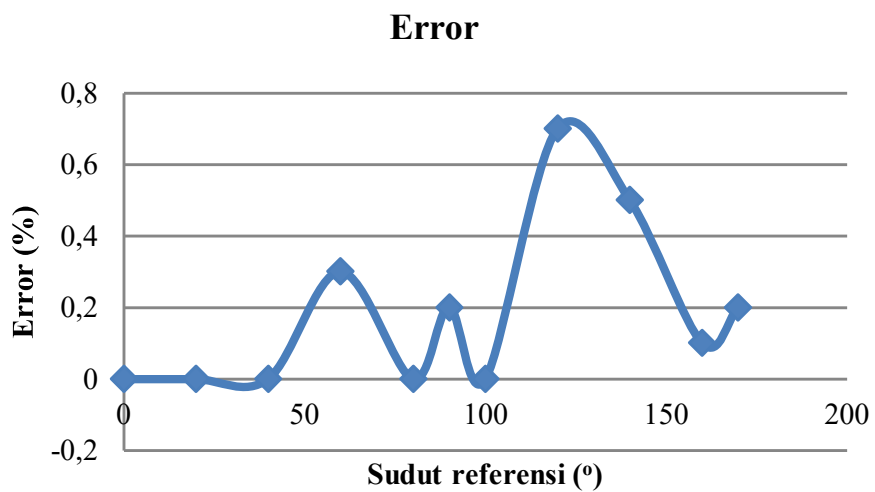
(a)



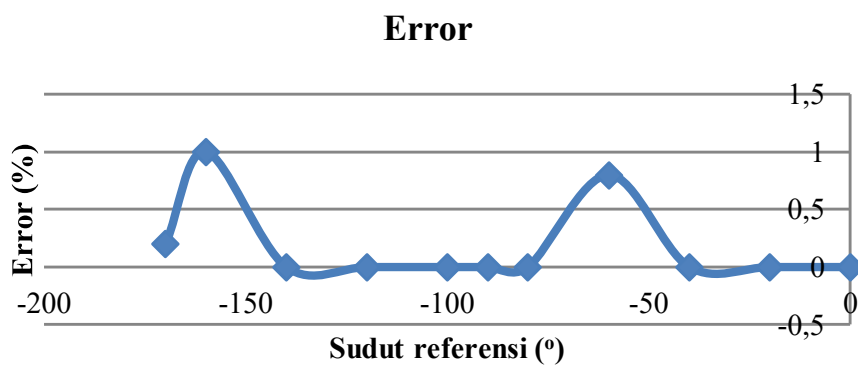
(b)

GAMBAR 8. GRAFIK ERROR SUDUT ROLL (A) ERROR SUDUT ROLL POSITIF, DAN (B) ERROR SUDUT ROLL NEGATIF

## 4.2. Pengujian Sudut Pitch



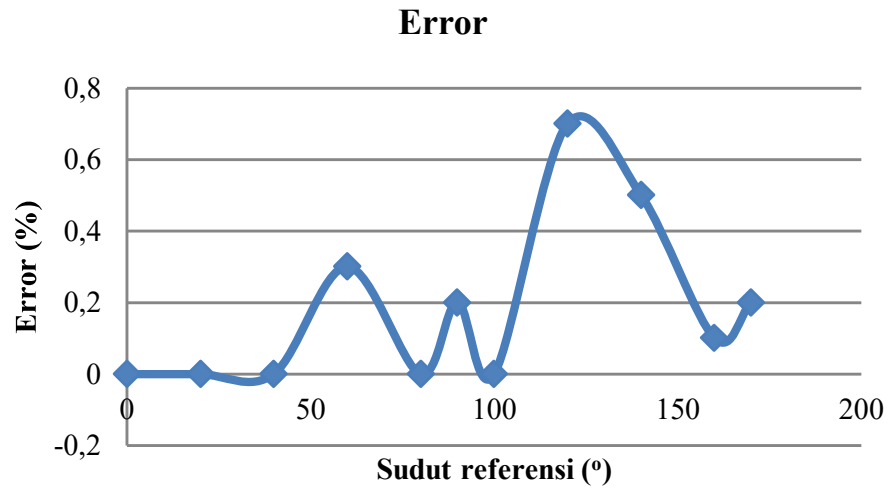
(a)



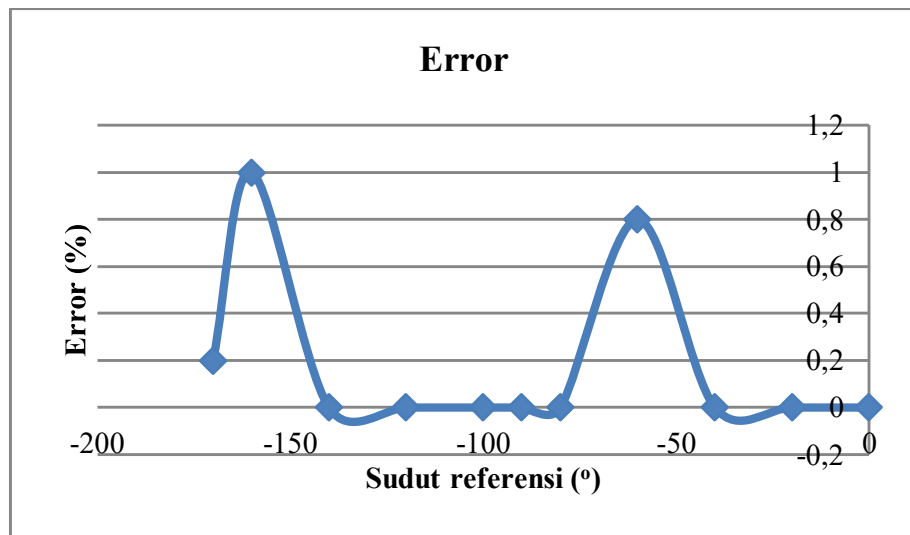
(b)

GAMBAR 9. GRAFIK ERROR SUDUT PITCH (A) SUDUT *PITCH*, DAN POSITIF (B) SUDUT *PITCH* NEGATIF

### 4.3. Pengujian Sudut Yaw



(a)

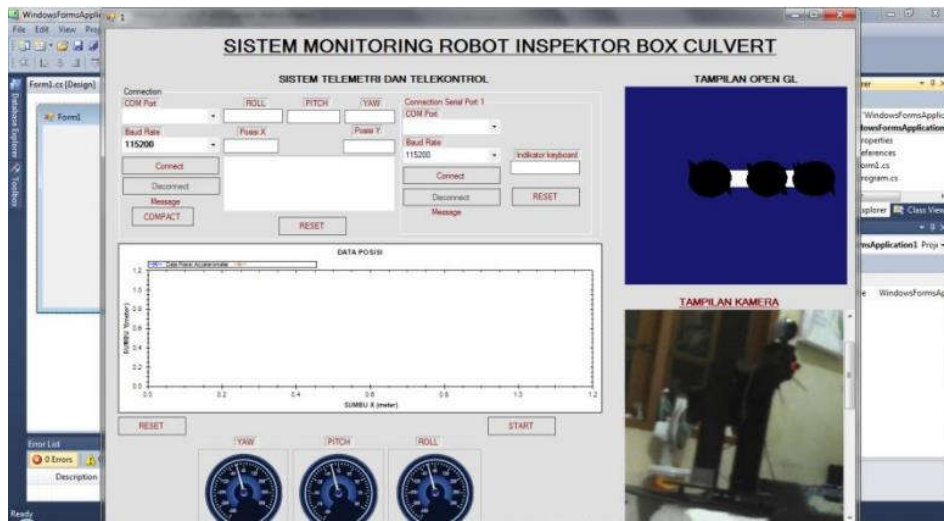


(b)

GAMBAR 10. GRAFIK ERROR SUDUT *YAW* (A) ERROR SUDUT *YAW* POSITIF, DAN (B) ERROR SUDUT *YAW* NEGATIF

#### 4.4. Pengujian Kamera IP

Gambar tampilan kamera pada c# dapat dilihat pada gambar 11.



GAMBAR 11. GAMBAR TAMPILAN KAMERA PADA MICROSOFT VISUAL C#

Hasil pengujian dilakukan dengan baik pada jarak  $\pm 20$  meter indoor namun tidak terhalang dinding yang tertutup antara *user* dengan kamera (kondisi pengukuran antara *user* dan *receiver* terletak didalam ruangan dengan pintu yang terbuka seperti pada kondisi gorong gorong yang kedua sisinya masih terbuka dan tidak benar-benar tertutup). Pengujian ini dimaksudkan untuk menyerupai kondisi riil, yaitu pada *box culvert* yang meskipun terhalang dinding *box culvert* namun masih memiliki celah dikedua sisinya.

#### 4.5. Pengujian pada Sistem Telemetri dan Telekontrol

Tabel 1 merupakan pengujian jarak pada sistem telemetri. Hasil pengujian menunjukkan kualitas dan kuantitas data pada saat komunikasi berlangsung. Pengujian dilakukan dengan jarak – jarak tertentu, pengujian kualitas dikatakan baik jika kehandalan bernilai 100%. Perhitungan kehandalan ditunjukkan pada persamaan 4.1.

$$Kehandalan = \frac{\text{Jumlah frame data dibalas}}{\text{Jumah frame data dikirim}} \times 100\% \quad (4.1)$$

TABEL 1. DATA HASIL PENGUJIAN JARAK PADA SISTEM TELEMETRI SECARA KUALITATIF

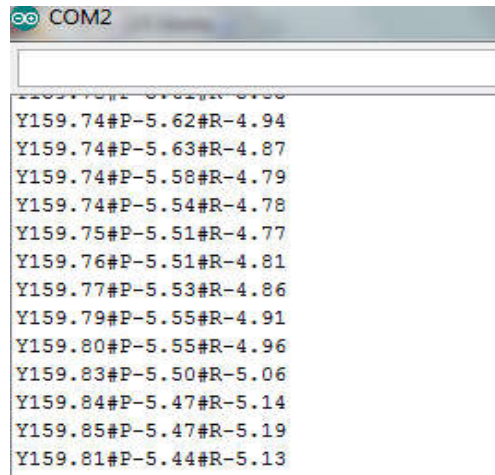
No	Jarak	Data Penerima
1	±2 meter	Baik
2	±4 meter	Baik
3	±6 meter	Baik
4	±8 meter	Baik
5	±10 meter	Baik
6	±12 meter	Baik
7	±14 meter	Baik
8	±16 meter	Baik
9	±18 meter	Baik
10	±20 meter	Baik

TABEL 2. DATA HASIL PENGUJIAN JARAK PADA SISTEM TELEMETRI SECARA KUANTITATIF

Data Pengiriman	Jarak	Data Penerima	Kehandalan
-----------------	-------	---------------	------------

Y159.74#P- 5.62#R-4.94	±2 meter	Y159.74#P- 5.62#R-4.94	100%
Y159.74#P- 5.63#R-4.87	±4 meter	Y159.74#P- 5.63#R-4.87	100%
Y159.74#P- 5.58#R-4.79	±6 meter	Y159.74#P- 5.58#R-4.79	100%
Y159.74#P- 5.54#R-4.78	±8 meter	Y159.74#P- 5.54#R-4.78	100%
Y159.74#P- 5.54#R-4.78	±10 meter	Y159.74#P- 5.54#R-4.78	100%
Y159.74#P- 5.63#R-4.87	±12 meter	Y159.74#P- 5.63#R-4.87	100%
Y159.74#P- 5.58#R-4.79	±14 meter	Y159.74#P- 5.58#R-4.79	100%
Y159.74#P- 5.63#R-4.87	±16 meter	Y159.74#P- 5.63#R-4.87	100%
Y159.74#P- 5.58#R-4.79	±18 meter	Y159.74#P- 5.58#R-4.79	100%
Y159.74#P- 5.63#R-4.87	±20 meter	Y159.74#P- 5.63#R-4.87	100%

Tampilan hasil pengiriman serial pada arduino dapat dilihat pada gambar 12.



GAMBAR 12. TAMPILAN SERIAL ARDUINO HASIL PENGIRIMAN DATA MELALUI MIKROKONTROLER

## 5. PENUTUP

Kesimpulan penelitian ini adalah:

- 1) Komunikasi antara robot dan *user* via *wireless* dapat diterapkan pada robot hingga jarak 20 meter dengan tingkat kehandalan sebesar 100%, sehingga robot dapat menjalankan fungsinya sebagai robot inspeksi *box culvert*.
- 2) Perolehan data *Attitude Heading Reference System* dengan hasil berupa penentuan sudut *roll*, *pitch* dan *yaw* dengan menggunakan *Algoritma DCM* dari sensor IMU memperoleh hasil yang baik dengan error selisih dari pengujian dengan cara manual tidak lebih dari 2 derajat.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] \_\_\_\_\_, *Elektronika Komunikasi Telkompoltek: YS-1020 UA Data Transceiver*, 2011, <http://elkakom.blogspot.com/2011/07/ys-1020-ua-data-transceiver.html>, diakses pada tanggal 18 januari 2014 jam 09.18 WIB
- [2] \_\_\_\_\_, *Edimax Technical Blog : IP kamera dan Network kamera*, 2012, <http://networkingpeoplettogether.blogspot.com/2012>



/08/apa-yang-dimaksud-dengan-ip-camera-atau.html,

diakses tanggal 18 januari 2014 jam 11.05 WIB

- [3] Alfiansyah, M., Dikairono, R., Pujiono, 2012, “ Rancang Bangun Inertial Measurement Unit untuk Unmanned Aerial Vehicles “Quadrotor””, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [4] Anam, K., Pitowarno, E., Sabino, U.,2010, "Desain Sistem Navigasi Robot Berkaki Enam pada Model Lahan Tanaman Padi"
- [5] Anderson,Chris.,2012, “Ardupilot,” <http://diydrones.ning.com/ardupilot>, 2002, diakses pada 27 Juni 2012 jam 22.35 WIB.
- [6] Darajat, A., Komarudin, A., Ratna, S.,2012, “ Sistem Telemetri *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) Berbasis *Inertial Measurement Unit* (IMU), Electrician Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro Vol:6, No.3
- [7] Eko,B., Sumardi, Darjat, 2011,"Perancangan Sistem Monitoring Kecepatan dan Arah Angin Menggunakan Komunikasi ZIGBEE 2,4 GHz" Undergraduate thesis, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip
- [8] Galloway, K., Clark, J., Koditschek, D., 2009, “Design of A Tunable Stiffness Composite leg For Dinamic Locomotion”, University of Pennsylvania
- [9] Garaudy., Hendrit., 2006, "Perancangan Sistem Monitoring Kelembaban Dan Temperatur Menggunakan Komunikasi Zigbee 2,4 Ghz", Universitas Diponegoro
- [10] Macias, E., Torres, D., Ravindran, S., 2012, ” Nine-Axis Sensor Fusion Using the Direction Cosine Matrix Algorithm on the MSP430F5xx Family”

- [11] Magnussen, Ø., Skjønhaug, K., 2011, “ Modelling, Design and Experimental Study for A Quadcopter System Construction”, University of Agder.
- [12] Muzakhim, A., 2011, "Telemetri dan Telekontrol Antar Mikrokontroler Menggunakan XBEE-PRO Wireless" Hal 1-12
- [13] Myers, Brad A., 2000, “User Interface Software Tools,” ACM Transactions on Computer–Human Interaction, vol. 2, no. 1, Boca Raton, pp. 64–103.
- [14] Nielsen, J., 1993, “Usability Engineering,” Boston: Academic Press, 1993b.
- [15] Premerlani, W., Bizard, Paul., 2009, “ Direction Cosine Matrix IMU : Theory”
- [16] Syamsudin, D., Pratama, I., 2011, “Pengisi Air Otomatis Menggunakan Sensor Magnetik Dengan Metode Linier Dilengkapi Pelaporan Data Melalui Gelombang Radio”, STIKOM Surabaya
- [17] Sukmana, F., Vaza, H., 2011, “jembatan Indonesia Sekarang dan Mendatang”, Departemen Pekerja Umum
- [18] Supriyatnan Y., Ramdhani, M., Rusdinar, A., 2009, “Desain Dan Implementasi Handheld Sebagai Alat Pengambil Data Pada Kwh Meter Dengan Komunikasi Wireless Rf Berbasis Mikrokontroler”, Institut Teknologi Telkom
- [19] Wibawa. T, Arifin, Saleh. A., 2011, "Rancang Bangun Robot Soccer Wireless Berbasis Mikrokontroler", Politeknik Elektronika Negeri surabaya