

RANCANG BANGUN APLIKASI *NETWORKED CONTROL SYSTEM* (NCS) PADA *UNMANNED AERIAL VEHICLE* (UAV) *QUADCOPTER* UNTUK KONTROL KESTABILAN POSISI

DESIGN AND IMPLEMENTATION *NETWORKED CONTROL SYSTEM* ON *UNMANNED AERIAL VEHICLE* (UAV) *QUADCOPTER* FOR STABILITY POSITION CONTROL

Irawan Dwi Purnomo¹, M. Ary Murti, S.T., M.T.², Erwin Susanto, S.T., M.T., Ph.D.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹irawandwp@gmail.com, ²arymurti@telkomuniversity.ac.id, ³erwinelektro@telkomuniversity.ac.id

NCS merupakan sistem dimana kontrol, *plant* dan sensor dihubungkan kedalam jaringan komputer. Dengan NCS kita dapat mengendalikan suatu sistem melalui frekuensi. NCS akan diaplikasikan untuk mengontrol arah posisi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) *quadcopter*, *quadcopter* merupakan teknologi UAV dimana terdapat *Flight controller* (FC) dan empat *brushless motor* yang sudah terintegasi dengan *Electronic Speed Controller* (ESC), sehingga didapat manuver *quadcopter*. Didalam UAV ini juga sudah terdapat system IMU (*Inertial Measurment Unit*) yaitu sensor *gyro* dan *accelerometer* untuk keseimbangan pada saat UAV bermanuver, kemudian sensor *magnetometers* untuk mengukur gaya magnet bumi. Salah satu Pemanfaatan UAV juga berpotensi untuk membantu pihak militer untuk berpatroli menjaga suatu daerah. Hasil dari tugas akhir ini adalah sebuah sistem *networked control system* dengan kecepatan respon *quadcopter* Pada pengujian tiap perubahan posisi sekitar 180° memiliki waktu pemrosesan perubahan gerakan sebesar 1.7s. Untuk pengujian dari arah utara ke selatan memiliki tingkat akurasi derajat sebesar 98,33%, untuk Pengujian dari arah barat ke timur memiliki tingkat akurasi derajat sebesar 5,1%, untuk pengujian pada arah timur laut ke barat daya memiliki tingkat akurasi derajat sebesar 10,22%, Pengujian dari arah barat laut ke tenggara memiliki tingkat akurasi sebesar 13,33%. *Networked control system* tugas akhir ini diimplementasikan untuk membuat *quadcopter* dapat bergerak kearah derajat posisi yang telah ditentukan dengan baik.

Kata kunci : *Networked control system, quadcopter, derajat, posisi*

Abstract

NCS is a system which controls, *plant* and sensors are connected into a computer network. With the NCS we can control the system via the frequency. NCS will be applied to control the direction of the position of *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) *quadcopter*, *quadcopter* a UAV technology where there is *Flight controller* (FC) and the four *brushless motors* integrated with *Electronic Speed Controller* (ESC), in order to get *quadcopter* maneuver. Within these UAVs also have the system IMU (*Inertial measurment Unit*) is *gyro* sensor and *accelerometer* for balance the UAV maneuver, then the sensor *magnetometers* to measure the magnetic force of the earth. One Utilization UAV also has potential to help the military to patrol guard an area. Results of this thesis is a system of *networked control system* with the speed of response *quadcopter* On testing each change of position around 180° has a processing time of 1.7s change movement. For testing from the north to the south has an accuracy rate of 98.33% degree, for testing from west to east has an accuracy rate of 5.1% degree, for testing in the northeast to the southwest has an accuracy rate of 10 degrees, 22%, testing of the northwest to the southeast has an accuracy rate of 13.33%. *Networked control system* of this thesis can be implemented to make the move towards degrees *quadcopter* predetermined position well

Keywords: *Networked control system, quadcopter, degrees, position*

1. Pendahuluan

Teknologi dibidang sistem kendali dan telekomunikasi terus berkembang, penggabungan dari kedua sistem tersebut akan didapat sistem kendali jarak jauh. Sistem tersebut dapat dinamakan *Networked Control System* (NCS). NCS merupakan sistem dimana kontrol, *plant* dan sensor dihubungkan kedalam jaringan komputer^[1]. Pada penelitian ini NCS akan diaplikasikan untuk mengontrol *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) *quadcopter*. UAV memiliki berbagai jenis seperti *quadcopter, fix wing, octocopter* dan lain-lain. UAV juga dapat diaplikasikan untuk proses pengintaian ke daerah yang sulit dijangkau oleh manusia. Dimana proses pada penelitian sebelumnya menggunakan teknologi GPS untuk pengontrolan koordinat posisi pada UAV^[2]. Selain itu UAV juga berpotensi untuk membantu pihak militer untuk berpatroli menjaga suatu daerah^[3].

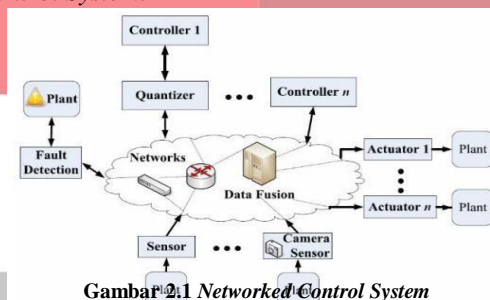
Quadcopter merupakan teknologi UAV dimana terdapat empat brushless motor yang sudah terintegrasi dengan *Electronic Speed Controller* (ESC) untuk membuat manuver *quadcopter*. Didalam UAV ini juga sudah terdapat sistem *Inertial Measurement Unit* (IMU) yaitu *sensor gyro* dan *accelerometer* untuk keseimbangan pada saat UAV bermanuver, kemudian *sensor magnetometers* untuk mengukur gaya magnet bumi dan GPS (Global Positioning System) sebagai penanda lokasi UAV. *Quadcopter* yang digunakan untuk penelitian ini adalah *Ar Drone* versi 2.0.

Untuk membuat kontrol posisi pada saat *quadcopter* terbang, diperlukan informasi derajat awal kondisi posisi *quadcopter*, sehingga *quadcopter* dapat berputar kederajat sesuai yang telah ditentukan. Untuk pengiriman data *quadcopter* akan lebih mudah jika dapat diakses menggunakan jaringan^[4]. Dari permasalahan yang muncul sehingga dibuatlah sistem NCS (*Networked Control System*), dengan menggunakan raspberry phi sebagai controller untuk menggerakkan manuver pada *quadcopter* dan sensor CMPS10 sebagai sensor pendeteksi arah dari *quadcopter*.

2. Dasar Teori

2.1 Networked Control System^[5]

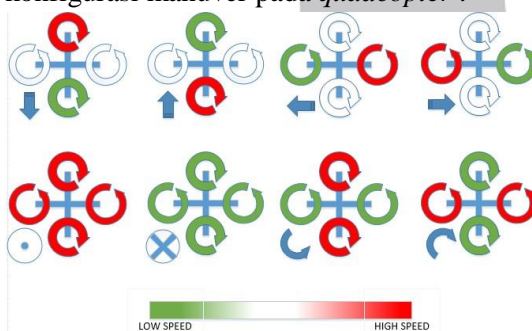
Networked Control System (NCS) adalah sistem kontrol *close loop* dimana *loop* sistem tersambung satu sama lain melalui jaringan. Informasi untuk mengontrol *plant*, baik itu dari *input* referensi, *sensor*, maupun komponen yang mempengaruhi keluaran sistem, dikirim ke pengontrol *plant* melalui jaringan. Pada gambar 2.1 diilustrasikan konsep dari model *Networked Control System*.



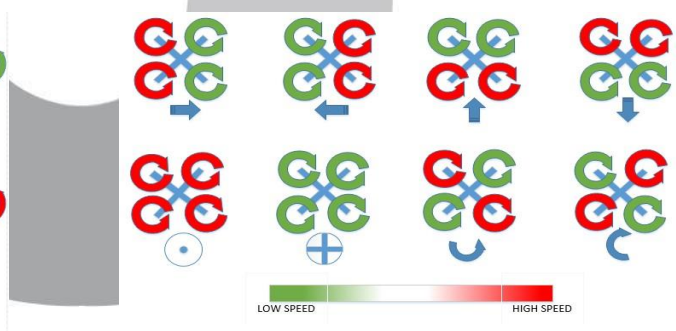
Gambar 2.1 Networked Control System

2.2 Ar Drone

Ar drone merupakan *quadcopter* yang memiliki 4 buah motor brushless yang dipasang dengan propeller sebagai penggerak yang digunakan untuk menghasilkan manuver. Tipe dari *quadcopter* sendiri ada 2 jenis, yaitu tipe X dan tipe +. Untuk mendapatkan gerakan seperti *pitch*, *yaw* dan *roll* diperlukan konfigurasi kecepatan perputaran rotor pada *quadcopter*. Pada gambar 2.2 dan gambar 2.2.1 dapat dilihat konfigurasi manuver pada *quadcopter*.



Gambar 2.2 Dasar arah pergerakan *quadcopter* model +



Gambar 2.2.1 Dasar arah pergerakan *quadcopter* model x

2.4 Compass Module

Modul CMPS10 adalah sensor untuk menghitung kemiringan kompensasi dari kompas. Mempekerjakan *magnetometer* 3-axis *accelerometer* dan 3-axis dan prosesor 16-bit yang kuat, CMPS10 yang telah dirancang untuk menghapus kesalahan yang disebabkan oleh memiringkan PCB. CMPS10 yang menghasilkan hasil dari 0-3599 mewakili 0-359,9 atau 0 sampai 255. Output dari tiga sensor berukuran x, y dan z komponen medan magnet, bersama dengan *pitch* dan *roll* digunakan untuk menghitung *bearing*. penggunaan modul CMPS10 dengan berbagai kontroler populer. Modul CMPS10 membutuhkan power supply pada 3,6 - 5V dan menggambar 25mA nominal saat ini. Ada tiga cara untuk mendapatkan *bearing* dari modul. Sebuah serial interface, antarmuka I2C atau output PWM.

2.5 Protokol UDP

UDP (*User Datagram Protocol*), merupakan bagian dari protokol lapisan transpor TCP/IP yang mendukung komunikasi yang tidak andal (*unreliable*), tanpa koneksi (*connectionless*).

2.6 Raspberry pi

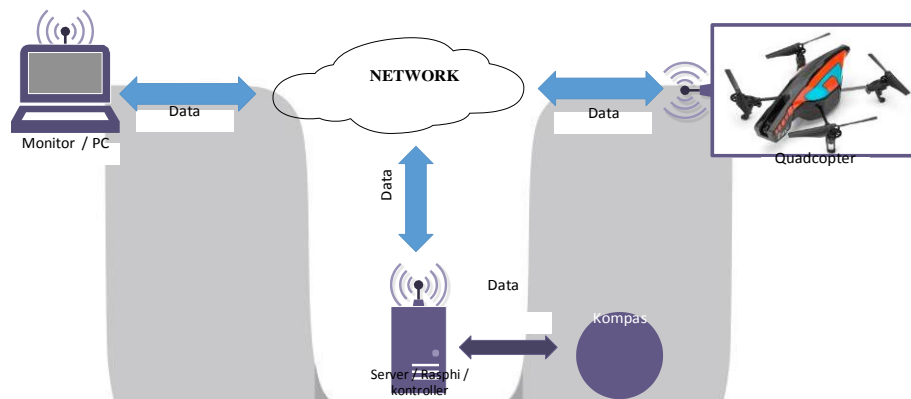
Raspberry Pi adalah mikrokomputer yang memiliki fungsi yang sama seperti komputer pada umumnya dengan beberapa fitur tambahan seperti GPIO dan modul wifi. Dengan spesifikasi processor ARM 11 700MHz, memory 512MB SDRAM dan Power Micro USB socket 5V,2A. dengan memiliki berbagai konektor seperti Ethernet, Video Output, Audio output, USB, GPIO, Camera connectordan memory card slot. Mikro computer ini pada umunya digunakan untuk merancang sebuah sistem berbasis network.

2.7 Accelerometer⁶⁾

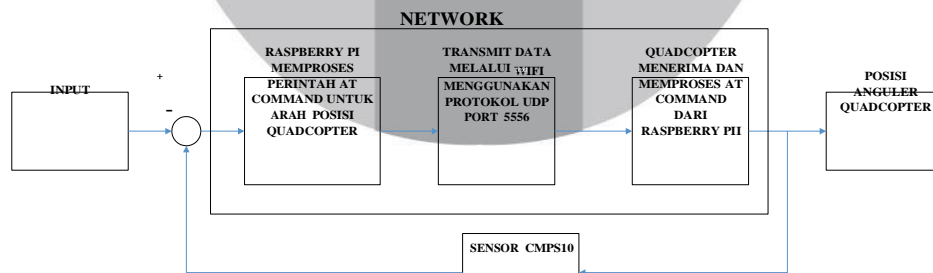
Accelerometer adalah suatu alat untuk mengukur percepatan sehingga dapat mendeteksi adanya perubahan posisi perangkat dan berapa banyak perubahan itu terjadi. Alat ini memberikan pengalaman baru dalam berinteraksi dengan perangkat bergerak dan tidak hanya dapat digunakan untuk aplikasi biasa namun juga terutama untuk game

3. Perancangan

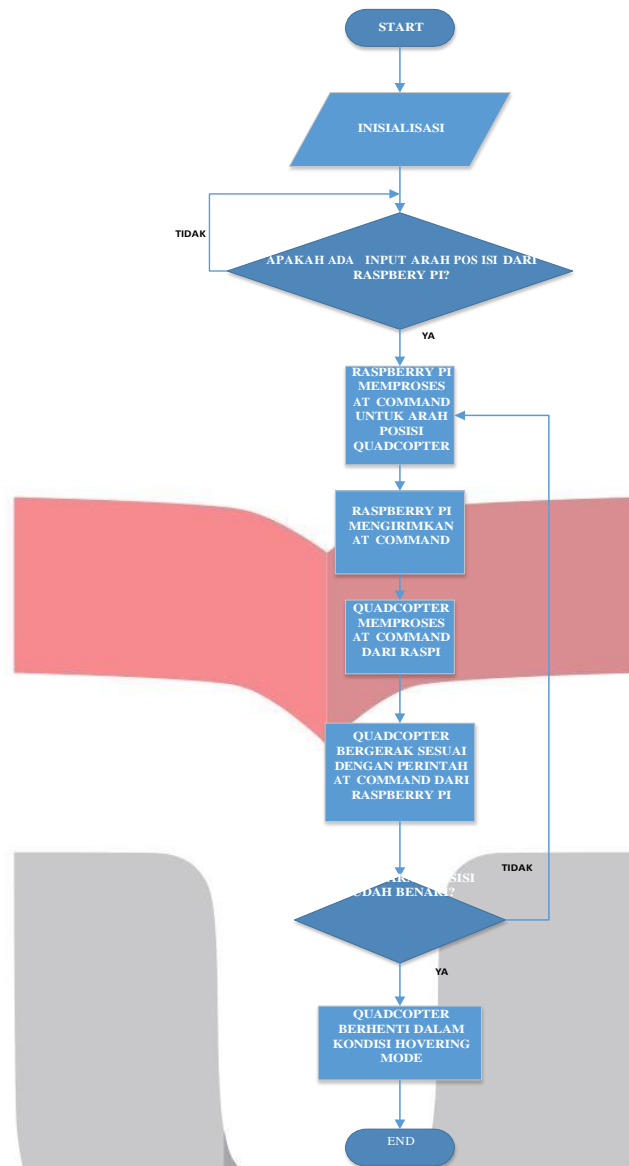
Sistem yang akan dibuat pada penelitian ini adalah *networked control system* (NCS) yang berfungsi untuk mengontrol derajat posisi *quadcopter* ketika berada di udara. Dengan memanfaatkan NCS diharapkan sistem dapat dikontrol secara wireless. Untuk sistem ini diperlukan beberapa perangkat tambahan seperti *rasphi*, dan sensor CMPS10. Sensor CMPS10 berguna untuk menentukan derajat arah perpindahan dari *quadcopter*. Data informasi dari CMPS10 diterima oleh *rasphi*, disini *rasphi* berfungsi sebagai controller untuk menghubungkan *quadcopter* dengan perangkat tambahan CMPS10. Arsitektur dari sistem dapat dilihat pada gambar 3.1 dan pada gambar 3.2 ini ditunjukkan diagram alir dari proses pembuatan sistem *quadcopter*.



Gambar 3.1 gambaran sistem secara umum



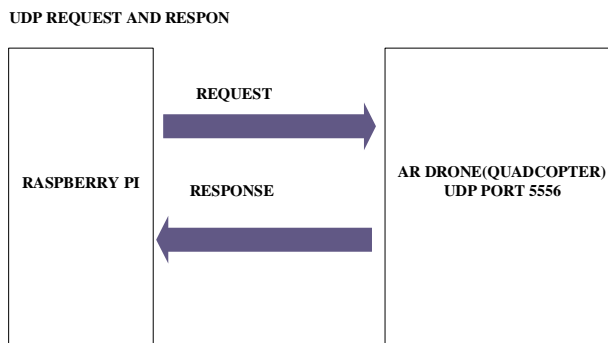
Gambar 3.2 Diagram blok sistem



Gambar 3 Flowchart Sistem

3.1 Proses pengiriman AT Command

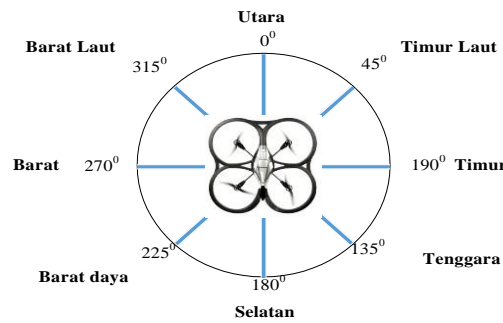
AT Command merupakan perintah untuk menggerakkan quadcopter, raspberry pi akan mengirimkan perintah AT Command melalui bahasa pemrograman python. Untuk menggerakkan quadcopter digunakan aturan AT*PCMD dengan menggunakan protokol UDP pada port 5556, pada perancangan sistem ini manuver menggunakan manuver gerakan yaw, dengan menggunakan gerakan yaw quadcopter akan diputar sampai dengan derajat tujuan. Pada sistem ini memiliki tujuan 8 arah mata angin yaitu timur, tenggara, selatan, barat daya, barat, barat laut, utara dan timur laut. Berikut Gambar proses pengiriman AT Command kedalam quadcopter.



Gambar 3.1 Proses pengiriman AT command

3.2 Posisi Anguler quadcopter

Posisi anguler adalah kedudukan *quadcopter* dari titik acuan. Posisi *quadcopter* yang bergerak melingkar dapat dinyatakan dengan garis atau sudut. Jarak yang ditempuh *quadcopter* dapat dinyatakan dengan garis yaitu berupa busur lingkaran, atau dinyatakan dengan sudut yang ditempuh. Posisi linier dan posisi sudut ini ditunjukkan pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Posisi anguler *quadcopter*

4. Pengujian dan Analisis Sistem

Dari pengujian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa sensor CMPS10 berfungsi dengan benar. Namun memiliki waktu komputasi yang berbeda jika jarak client dengan router semakin jauh. Hal tersebut dapat dilihat pada grafik dibawah. yang menunjukkan data pengujian dari 8 mata angin dengan nilai derajat terhadap waktu yang berbeda.

Tabel 4. 1 Pengujian Pengiriman Data sensor CMPS10

Sudut	Jarak (meter)	Pengiriman data sensor	
		status	Durasi
0°	1	Berhasil	1s
	10	Berhasil	1,05s
	20	Berhasil	1,05s
	21	Tidak Berhasil	-
	22	Tidak Berhasil	-
45°	1	Berhasil	1s
	10	Berhasil	1s
	20	Berhasil	1,05s
	21	Tidak Berhasil	-
	22	Tidak Berhasil	-
90°	1	Berhasil	1s
	10	Berhasil	1,05s
	20	Berhasil	1,1s
	21	Tidak Berhasil	-
	22	Tidak Berhasil	-
135°	1	Berhasil	1s
	10	Berhasil	1,1s
	20	Berhasil	1,05
	21	Tidak Berhasil	-
	22	Tidak Berhasil	-

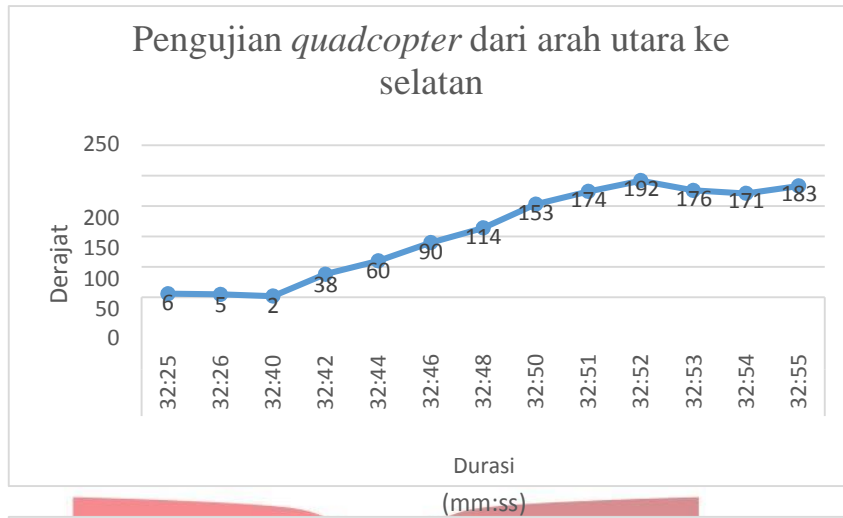
Tabel 4. 2 Pengujian Pengiriman Data Sensor CMPS10

Sudut	Jarak (meter)	Pengiriman data sensor	
		status	Durasi
180 ⁰	1	Berhasil	1s
	10	Berhasil	1,05s
	20	Berhasil	1s
	21	Tidak Berhasil	-
	22	Tidak Berhasil	-
225 ⁰	1	Berhasil	1s
	10	Berhasil	1,05s
	20	Berhasil	1,1s
	21	Tidak Berhasil	-
	22	Tidak Berhasil	-
270 ⁰	1	Berhasil	1,05s
	10	Berhasil	1,1s
	20	Berhasil	1,05s
	21	Tidak Berhasil	-
	22	Tidak Berhasil	-
315 ⁰	1	Berhasil	1s
	10	Berhasil	1,05s
	20	Berhasil	1,05s
	21	Tidak Berhasil	-
	22	Tidak Berhasil	-

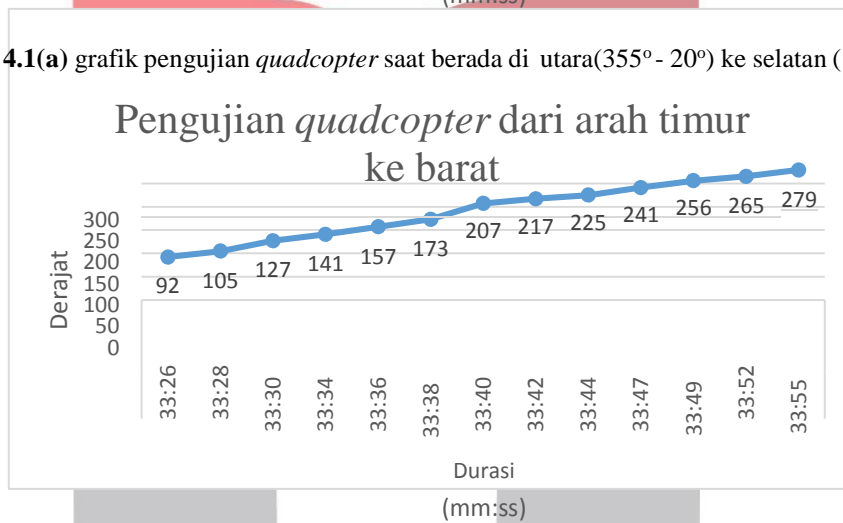
Pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 diatas menunjukkan bahwa waktu pengujian CMPS10 pada jarak $\pm 1m$ memiliki waktu $\pm 1.007s$, waktu komputasi yang lebih cepat dibandingkan dengan jarak $\pm 10m$ dengan perolehan waktu $\pm 1.207s$ dan jarak $\pm 20m$ dengan perolehan waktu $\pm 1.06s$, menunjukkan bahwa semakin jauh jarak client dengan router, maka waktu komputasi yang dibutuhkan lebih lama.

4.1 Hasil dan Analisis Pengujian posisi anguler *quadcopter*

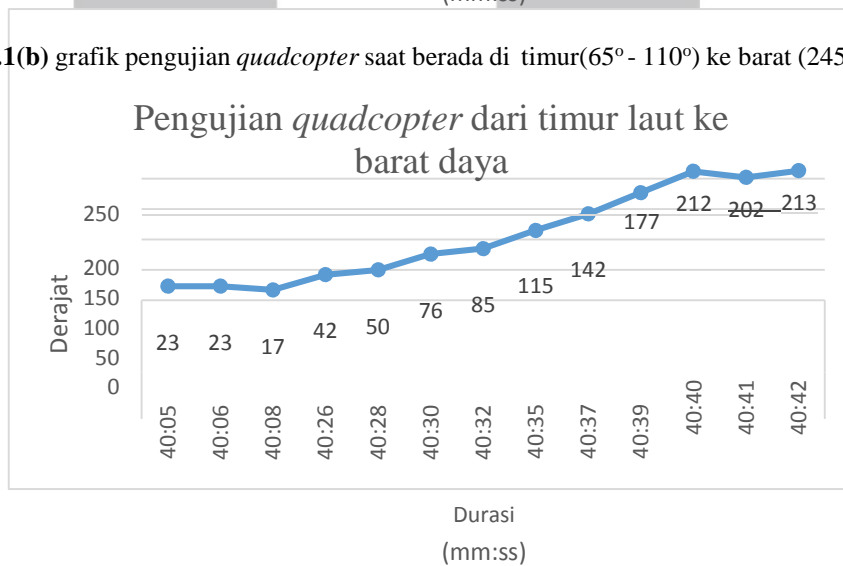
Pengujian yang dilakukan akan dicari arah posisi yang sesuai dengan derajat arah yang diinginkan. Seperti pada Gambar 4.2.2(a) memiliki respon dengan set poin posisi utara diperoleh 6° menuju ke selatan dengan perolehan nilai 183° dengan lama waktu komputasi sebesar $\pm 1,615s$. Pada Gambar 4.2.2(b) memiliki respon dengan set posisi timur diperoleh 98° menuju ke barat dengan perolehan nilai 284° dengan lama waktu komputasi sebesar $\pm 1,75s$. Pada Gambar 4.2.2(c) memiliki respon dengan set posisi timur laut diperoleh 23° menuju ke barat daya dengan perolehan nilai 202° dengan lama waktu komputasi sebesar $\pm 1,75s$. Pada Gambar 4.2.2(d) memiliki set posisi barat laut dengan nilai 315° menuju ke tenggara dengan perolehan nilai 153° , dengan waktu komputasi sebesar $\pm 1.7s$. Pada pengujian tiap perubahan posisi sekitar 180° memiliki waktu pemrosesan perubahan gerakan sebesar $\pm 1.7s$. Namun untuk besaran bandwidth yang berbeda tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kecepatan pemrosesan komputasi *quadcopter*



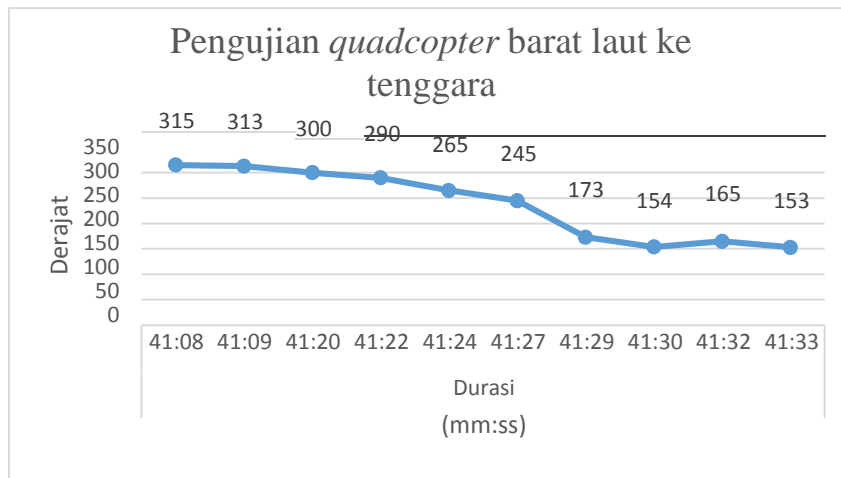
Gambar 4.1(a) grafik pengujian quadcopter saat berada di utara(355° - 20°) ke selatan (155° - 200°)



Gambar 4.1(b) grafik pengujian quadcopter saat berada di timur(65° - 110°) ke barat (245° - 290°)



Gambar 4.1(c) grafik pengujian quadcopter saat berada di timur laut (20°-65°) ke barat daya (200° - 245°)



Gambar 4.1(d) grafik penguujian *quadcopter* saat berada di barat laut (65° - 110°) ke tenggara (245° - 290°)

5. Kesimpulan

Setelah melakukan penguujian dan analisis terhadap Sensor CMPS10 dan posisi anguler pada *quadcopter* menggunakan deteksi derajat dengan metode *network control system* untuk kontrol posisi *quadcopter*, didapatkan kesimpulan seperti berikut :

1. Penguujian sensor CMPS10 pada Grafik 4(a) dan 4(b) diatas menunjukkan bahwa waktu penguujian CMPS10 pada jarak $\pm 1m$ memiliki waktu komputasi sebesar $\pm 1,007s$, yang lebih cepat dibandingkan dengan jarak $\pm 10m$ dengan perolehan waktu $\pm 1.207s$. grafik diatas juga menunjukkan bahwa semakin jauh jarak client dengan router, maka waktu komputasi yang dibutuhkan lebih lama.
2. Penguujian yang dilakukan pada Gambar 4.1(a) memiliki respon dengan set poin posisi utara diperoleh 6° menuju ke selatan dengan perolehan nilai 183° dengan lama waktu komputasi sebesar $\pm 1,615s$. Pada Gambar 4.1(b) memiliki respon dengan set posisi timur diperoleh 98° menuju ke barat dengan perolehan nilai 284° dengan lama waktu komputasi sebesar $\pm 1,75s$. Pada Gambar 4.1(c) memiliki respon dengan set posisi timur laut diperoleh 23° menuju ke barat daya dengan perolehan nilai 202° dengan lama waktu komputasi sebesar $\pm 1,75s$. Pada Gambar 4.1(d) memiliki set posisi barat laut dengan nilai 315° menuju ke tenggara dengan perolehan nilai 153° , dengan waktu komputasi sebesar $\pm 1.7s$. Pada penguujian tiap perubahan posisi sekitar 180° memiliki waktu pemrosesan perubahan gerakan sebesar $\pm 1.7s$. Namun untuk besaran bandwidth yang berbeda tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kecepatan pemrosesan komputasi *quadcopter*.
3. Untuk penguujian dari arah utara ke selatan memiliki tingkat akurasi derajat sebesar $98,33\%$, untuk Penguujian dari arah barat ke timur memiliki tingkat akurasi derajat sebesar $94,81\%$, untuk penguujian pada arah timur laut ke barat daya memiliki tingkat akurasi derajat sebesar $94,22\%$, Penguujian dari arah barat laut ke tenggara memiliki tingkat akurasi sebesar $86,67\%$.

Daftar Pustaka :

- [1] Gupta, R.A. dan Chow, Mo-Yuen. 2008. "Overview of Networked Control Systems". Networked Control System, Theory and Applications. London, UK. : Springer London.
- [2] Habibie, G. Akbar. (2013). "Perancangan dan Analisis Otomasi Sistem Kendali *Quadcopter* Melalui koordinat dengan GPS". Bandung : IT Telkom.
- [3] Ma'asum, M. Anwar. Dkk. (2013). "Autonomous *Quadcopter* Swarm Robots for Object Localization and Tracking". Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS).
- [4] S. Stramigioli, M. Fumagalli dan R.G.K.M. 2014. Aarts. *Control of Quadcopters for Collaborative Interaction*. University Of Twente, Netherlands.
- [5] Xia, Y., Fu, M. dan Liu, G. P. 2011. *Analysist and Synthesis of Network Control System*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- [6] Colton, Shane. *The Valance Filter, A Simple Solution for Integrating Accelerometer and Gyroscope Measurement for a Balancing Platform*, jurnal diajukan sebagai Chief Delphi white paper, 25 Juni 2007 pada Massachusetts institute of technology