

RANCANG BANGUN QUADCOPTER DENGAN KENDALI PID

¹⁾ Agus Sehatman Saragih ²⁾ Viktor Handrianus Pranatawijaya ³⁾ Widiatry ⁴⁾ Vincentius Abdi Gunawan

¹ Teknik Informatika, Universitas Palangka Raya
email: assaragih@gmail.com

² Teknik Informatika, Universitas Palangka Raya
email: viktor_hp@yahoo.com

³ Teknik Informatika, Universitas Palangka Raya
email: widiatry@gmail.com

⁴ Teknik Informatika, Universitas Palangka Raya
email: abdi_gnwn@yahoo.com

Abstract

Quadcopter merupakan salah satu jenis perangkat terbang tanpa awak yang menggunakan 4 motor yang masing-masing dilengkapi dengan propeller yang berfungsi sebagai alat untuk terbang dan bermanuver. Kestabilan terbang quadcopter dipengaruhi oleh kemampuan kendali dalam mempertahankan derajat kemiringan. Nilai derajat kemiringan didapatkan dari sensor IMU (inertial measurement Unit).

PID (Proportional, Integral and Derivative) merupakan kendali yang dapat meminimalisasi error yang disebabkan ketidaksesuaian derajat kemiringan yang ditetapkan (set value) dan derajat kemiringan ketika quadcopter terbang (present value). Nilai k_p , k_i , dan k_d didapatkan dengan mencoba beberapa kombinasi Nilai k_p , k_i , dan k_d serta memperhatikan pergerakan quadcopter (try and error).

Pengujian kestabilan dilakukan dengan menguji pada masing-masing sumbu quadcopter (roll-pitch). Berdasarkan pengujian yang dilakukan, quadcopter dapat bergerak berdasarkan derajat kemiringan yang telah ditentukan (0 dan 30 derajat kemiringan). Berdasarkan pengujian kestabilan masing-masing sumbu yang telah dilakukan, derajat kemiringan quadcopter masih berflutuasi hingga dengan simpangan terbesar hingga 12 derajat.

Keywords: *Quadcopter, PID*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* pada masa kini sangat pesat dan digunakan pada banyak aplikasi. Beberapa contoh aplikasi dari UAV adalah pada penginderaan jarak jauh, respons terhadap bencana yang terjadi, pengawasan hukum, pencarian dan penyelamatan pada daerah yang sulit dijangkau, perjalanan transportasi, alat penghubung komunikasi permanen ataupun sementara, membawa dan mengirimkan suatu muatan, dan juga pengambilan gambar untuk keperluan perfilman dan hiburan [1].

Salah satu tipe dari UAV adalah quadcopter. Quadcopter juga disebut dengan quadrotor. Karena ukurannya yang kecil, berat ringan dan kemampuan manuver yang tinggi, quadrotor cocok untuk aplikasi di dalam ruangan dan luar ruangan [2]. Pada saat terbang melayang di udara, yang disebut juga dengan istilah *hover*, kestabilan terbang sangatlah diperlukan sehingga diperlukan suatu cara untuk mengontrol quadcopter. Quadrotor dapat *hover* pada ketinggian yang diinginkan menggunakan sistem kontrol PID

(*Proportional, Integral, Derivative*[3]. Modeling dan simulasi pada quadcopter untuk *altitude* dan *attitude* menggunakan sistem kontrol kendali PD, PID dan *back-stepping* memiliki performa lebih baik[4].

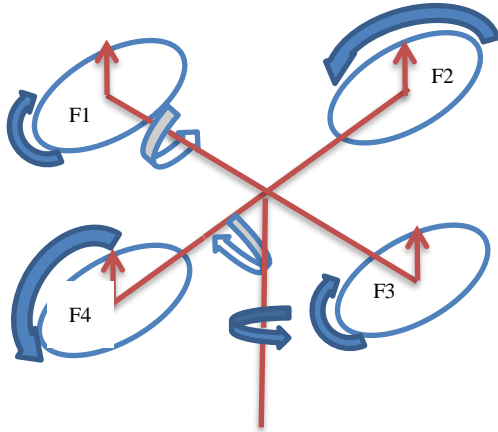
Sehingga beberapa permasalahan penelitian yang dapat dirumuskan adalah:

1. Bagaimana menganalisis dan merancang *prototype* UAV dengan tipe quadcopter.
2. Bagaimana merakit *prototype* UAV dengan tipe quadcopter.
3. Bagaimana menerapkan Sistem Kendali PID pada *prototype* UAV dengan tipe quadcopter.

2. KAJIAN LITERATUR

Quadcopter merupakan kendaraan nirawak yang menggunakan 4 motor sebagai alat penggerakannya. Setiap motor dipasangkan sebuah *propeller* (baling-baling) yang berfungsi menghasilkan gaya angkat (*thrust*). *Thrust* ditentukan besar kecil *propeller* (*radius*) dan kecepatan putar motor (*rpm*).

Model Quadcopter ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Model Quadcopter

Kombinasi gerakan motor pada quadcopter yaitu motor depan dan belakang berputar searah jarum jam, sedangkan motor kiri dan kanan berputar berlawanan arah jarum jam. Quadcopter memiliki 4 gerakan dasar, yaitu:

1. *Throttle*

Gerakan *throttle* yaitu gerakan untuk menaikkan dan menurunkan quadcopter dengan mempercepat atau memperlambat kecepatan putar dari keempat motor pada quadcopter.

2. *Roll*

Gerakan *roll* merupakan gerakan quadcopter terhadap sumbu *x*. Gerakan *roll* terjadi jika motor kiri dipercepat / diperlambat, sedangkan motor kanan diperlakukan sebaliknya.

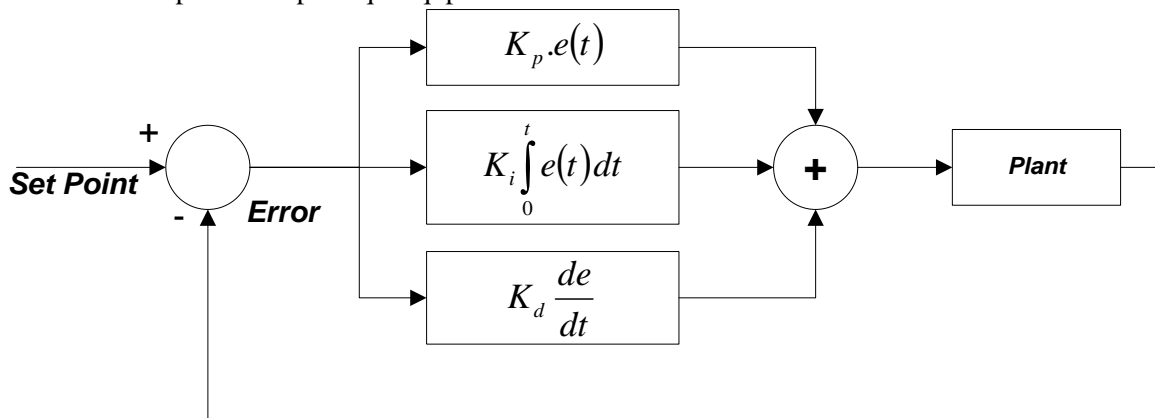
3. *Pitch*

Gerakan *pitch* merupakan gerakan quadcopter terhadap sumbu *y*. Gerakan *pitch* terjadi jika motor depan dipercepat / diperlambat, sedangkan motor belakang diperlakukan sebaliknya.

4. *Yaw*

Gerakan *yaw* merupakan gerakan terhadap sumbu *z*. Gerakan *yaw* terjadi jika gerakan motor kiri dan kanan dipercepat / diperlambat, sedangkan motor depan dan belakang diperlakukan sebaliknya.

Sistem kendali PID merupakan kombinasi kontrol Proporsional, Integral, dan Derivatif yaitu sebuah mekanisme umpan balik untuk memperkecil kesalahan sistem. Nilai kesalahan sistem didapatkan dari selisih *present value* (nilai keluaran terukur) dengan *set point* yang diinginkan. Diagram blok kendali PID ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Sistem Kendali Loop Tertutup dengan PID

Pada persamaan standar kendali PID dituliskan berikut;

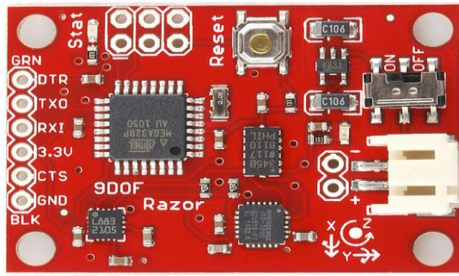
$$u(t) = K_p \cdot e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) \cdot dt + T_d \cdot \frac{de}{dt}$$

Dan pada fungsi alih dituliskan berikut;

$$\frac{U(s)}{E(s)} = Kp(1 + \frac{1}{T_i s} + T_D s)$$

Sensor derajat kemiringan digunakan IMU (*inertia Measurement Unit*) Razor 9 DOF (*Degrees of Freedom*) yang merupakan integrasi sensor *triple axis gyroscope* (ITG-

3200), *triple axis acclerometer*(ADXL345), *triple axis magnetometer* (HMC5883L). Keluaran dari ketiga sensor diproses dan dikolaborasi menggunakan on-board atmega328 yang menghasilkan data sumbu *roll*, *pitch* dan *yaw*. Perangkat lunak yang digunakan merupakan *firmware* AHRS (*Attitude Heading Reporting System*) dengan algoritma *Direction Cosine Matrix* (DCM) yang dikembangkan oleh William Premerlani. Sensor Razor 9 Dof pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Sensor Razor 9 dof

Sebagai tenaga pendorong quadcopter dipilih motor *brushless sunnysky KV700* yang memiliki tenaga dorong (*thrust*) maksimal 2 kg dengan ukuran propeller 12 x 6 *inch*. 4 buah motor *brushless* akan menghasilkan *thrust* sebesar 8 kg dengan arus maksimal sebesar 26 A. Besarnya gaya dorong adalah sebanding dengan beban ($F = W$), sehingga beban maksimal quadcopter secara keseluruhan sebaiknya setengah dari *thrust* total yaitu sebesar 4 kg. *Brushless sunnysky KV700* pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Brushless sunnysky KV700*

Persamaan kecepatan putaran per menitnya ;

$$RPM = K_v * V$$

dengan: RPM = Rotation Per Minute

K_v =Konstanta RPM/Volt

V =Tegangan Masukan

Electronic Speed Control (ESC) yang digunakan adalah tipe ZTW 30A spider yang dapat melewati arus maksimal sebesar 30 Ampere untuk memenuhi kebutuhan arus maksimal *brushless* motor dc SunnySky 700kv yaitu sebesar 27 Ampere. *ESC ZTW spider 30 A OPTO* ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 *ESC ZTW spider 30 A OPTO*

Untuk kendali jarak jauh digunakan wireless XBee PRO S2B 63 mW dengan *onboard wire* antenna. XBee PRO S2B menggunakan frekuensi kerja 2.4 Ghz dengan jangkauan 100m *indoor* dan 3200m *outdoor*. Xbee PRO S2B menggunakan komunikasi serial untuk dapat berkomunikasi dengan arduino sebagai kontroller. Xbee PRO S2B dapat dilihat pada gambar 2.6.



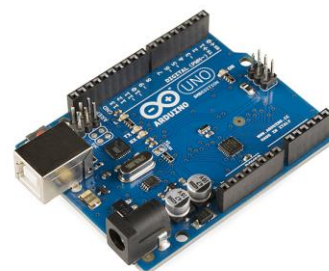
Gambar 2.6 Wireless XBee PRO S2B

Arduino Mega2560 menjadi pilihan sebagai kontroller utama dalam quadcopter. Arduino Mega2560 memiliki 54 pin I/O (*input/output*) dimana 15 pin dapat digunakan sebagai pin PWM (*Pulse With Modulation*). Pemilihan arduino Mega2560 karena memiliki 4 jalur komunikasi serial sehingga dapat digunakan untuk komunikasi serial sensor IMU razor 9 dof dan *wireless XBee*. Arduino Mega2560 ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Arduino Mega2560

Arduino uno digunakan sebagai perantara untuk wireless Zibee dan PC/Laptop untuk mengirimkan *setting* kecepatan motor *brushless* dan *setting point* orientasi kemiringan *quadcopter* pada untuk sumbu *pitch* dan *roll*. Gambar arduino uno ditunjukkan pada gambar 2.8.

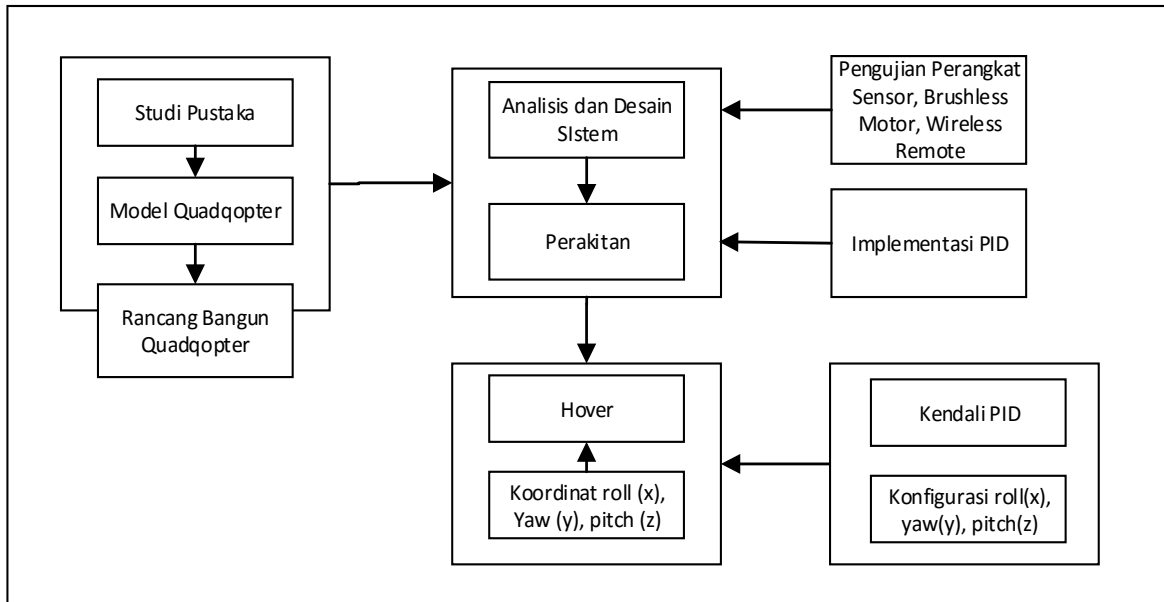


Gambar 2.8 Arduino Uno

3. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan yaitu membuat model dan rancang bangun quadcopter, membuat dan mengidentifikasi konfigurasi sistem kendali PID, dan melakukan pengujian respon posisi. Pengujian-pengujian yang dilakukan tersebut dianalisis dengan metode analisis

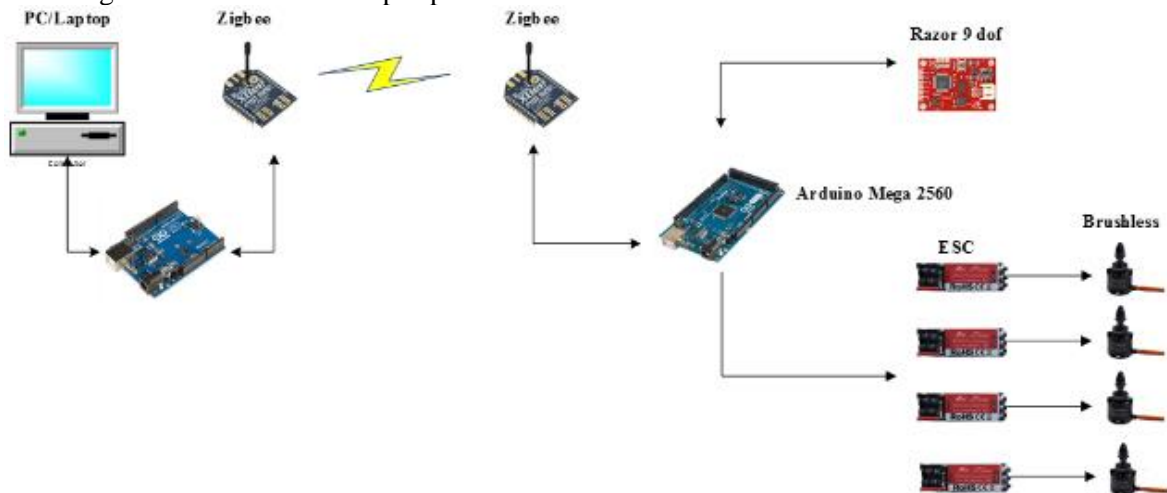
eksperimental untuk menentukan konfigurasi optimal K_p , K_i , K_d . Sebagai tahapan berikut adalah membuat model sistem navigasi Quadcopter. Sistem Navigasi berupa *waypoint route* yang dipresentasikan titik-titik koordinat (*latitude, longitude*) yang akan dirubah menjadi arah (derajat) dan jarak (*distance*) sebagai acuan pergerakan quadcopter.



Gambar 2.9 Tahapan Penelitian

Perancangan sistem meliputi analisis dan rancangan perangkat keras dan perangkat lunak pada quadcopter. Rancangan perangkat keras yaitu rancangan mekanik dan rancangan elektronik. Bagian rangka quadcopter menggunakan besi alluminium yang dirancang berbentuk X dan tempat peletakan

komponen controller digunakan bahan acrylic. Sedangkan rancangan elektronik meliputi sensor, controller, *driver* motor dan komunikasi *wireless*. Rancangan sistem prototype quadcopter dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Arsitektur Sistem Prototype Quadcopter

A. Pengujian Sensor

Kestabilan terbang pada quadcopter berdasarkan orientasi kemiringan berdasarkan pada sumbu *roll* dan *pitch*, sedangkan sumbu *yaw* digunakan untuk navigasi berdasarkan kutub medan magnet bumi. Pengujian dilakukan dengan mengamati perubahan data *roll* dan *pitch* berdasarkan kemiringan quadcopter.

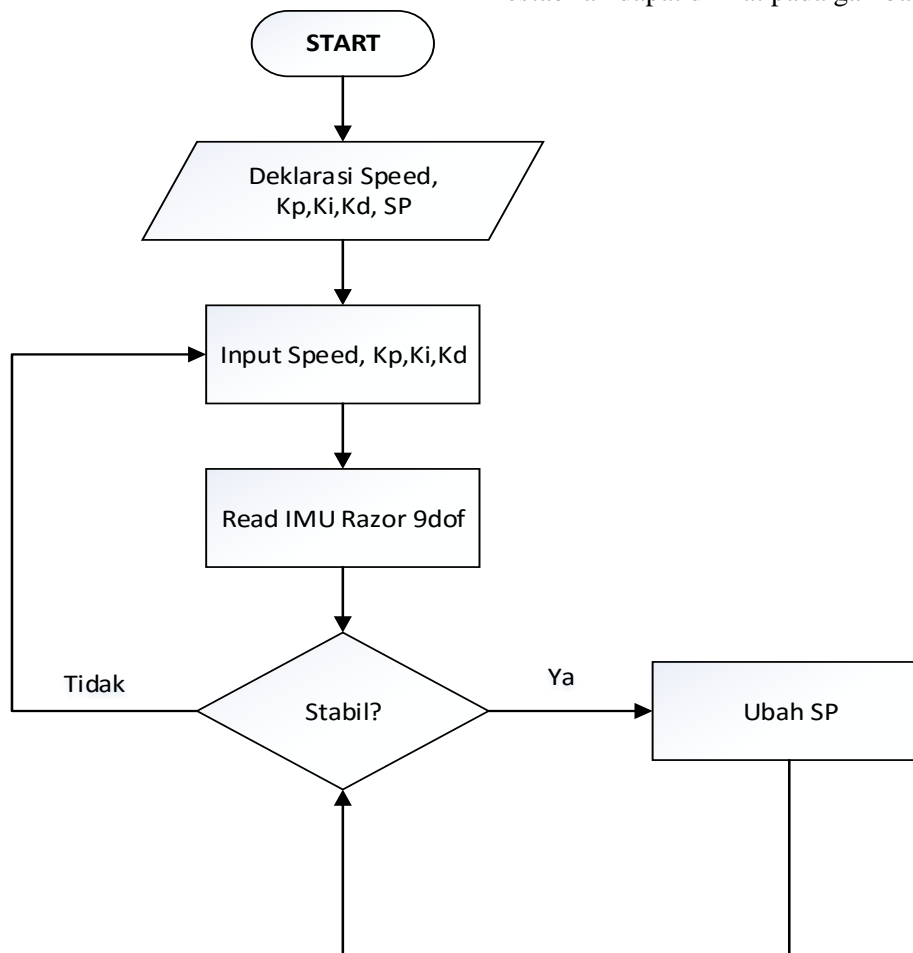
B. Pengujian Motor *Brushless*

Kendali kecepatan motor brushless menggunakan metode PWM (*Pulse With Modulation*) yaitu memberikan sinyal *on-off* dengan frekuensi 50Hz. Pengujian dilakukan dengan kalibrasi motor *brushless* untuk

mendapatkan pengaturan kondisi motor tidak beputar/*off* dan kecepatan putar maksimal.

C. Pengujian Kestabilan *Hover*

Kontrol PID digunakan untuk menjaga kestabilan pada quadcopter. Pengujian dilakukan dengan sistem *try and error* yaitu mencari kombinasi *Konstanta Propotional (Kp)*, *Konstanta Integral (Ki)*, dan *Konstanta Derivatif (Kd)*. Untuk mendapatkan keadaan seimbang pengujian dilakukan pada setiap sumbu *roll* dan *pitch*. Kombinasi kontrol PID terbaik didapatkan dengan mencari waktu respon time menuju keadaan stabil (*Steady State*) berdasarkan pemberian *setting point (SP)* yang derajat kemiringan. Alur pengujian kestabilan dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengujian Kestabilan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Sensor

Sensor IMU razor 9 Dof berkomunikasi dengan kontroller utama arduino ATMEGA 2560 menggunakan

komunikasi data serial. Sensor IMU akan mengirimkan data secara kontinyu. Pengujian sensor dilakukan dengan mengikatkan salah satu sumbu quadcopter pada sebuah penyangga seperti ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4.1 Pengujian Sensor Razor 9 Dof

Pengujian dilakukan dengan memberikan derajat kemiringan pada sumbu *pitch* dan *roll* quadcopter. Data pengujian sensor pada sumbu *pitch* ditunjukkan pada

tabel 4.1 dan pengujian pada sensor sumbu roll ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.1 Data Pengujian Sensor pada Sumbu *Pitch*

Derajat Kemiringan	Sumbu Pitch									
90	89,48	89,46	89,48	89,43	89,42	89,46	89,49	89,5	89,56	89,48
45	45,58	45,59	45,56	45,62	45,6	45,54	45,53	45,55	45,49	45,56
0	-0,03	0,03	-0,03	-0,01	-0,08	-0,13	-0,19	-0,18	-0,14	-0,09
-45	-45,01	-44,99	-45,05	-45,06	-45,06	-45,04	-45,05	-45,05	-44,99	-45,05
-90	-89,43	-89,45	-89,41	-89,39	-89,48	-89,44	-89,51	-89,51	-89,46	-89,42

Tabel 4.2 Data Pengujian Sensor pada Sumbu *Roll*

Derajat Kemiringan	Sumbu Roll									
90	89,32	89,47	89,58	89,47	89,38	89,46	89,49	89,6	89,63	89,66
45	45,43	45,52	45,58	45,62	45,6	45,54	45,53	45,55	45,49	45,6
0	0,1	0,14	0,06	0,2	0,06	0,11	0,15	0,18	0,09	0,13
-45	-45,35	-44,99	-45,05	-45,16	-45,06	-45,04	-45,1	-45,08	-44,99	-45,05
-90	-89,3	-89,32	-89,28	-89,26	-89,35	-89,31	-89,38	-89,38	-89,33	-89,29

Data yang didapatkan berdasarkan pengujian berfluktuasi dengan perkiraan *error* maksimal sebesar 0,5%. Perbedaan *error* yang terjadi antara 90° dan -90° atau 45° dan -45° dapat disebabkan kesalahan pengujian ketika memiringkan posisi quadcopter dan tingkat kesensitifan sensor razor.

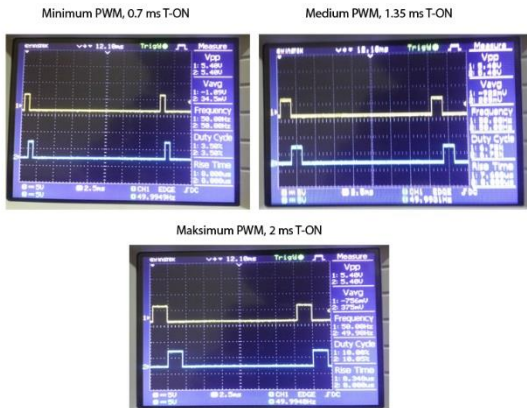
4.2 Pengujian ESC dan Brushless Motor

Teknik untuk mengendalikan *brushless motor* adalah dengan memberikan sinyal

pulsa/PWM dengan periode 20 ms. Untuk mengatur kecepatan putarnya dengan mengubah TON (periode ON) *duty cycle*. Sebelumnya ESC perlu dikalibrasi. Kalibrasi ESC dilakukan dengan memberikan untuk memberikan *set point* kecepatan maksimum (2ms) dan kecepatan minimum (0,7 ms) dari *brushless motor*. *Brushless motor* yang digunakan memiliki spesifikasi 700 KV dan sumber daya baterai yang digunakan adalah jenis lippo 4S 14,8 V.

Kecepatan putar = $700 * 14,8 = 10360$ RPM

Pengujian dilakukan dengan mengukur kecepatan putar motor dengan 3 kondisi sinyal PWM, yaitu 0,7 ms, 1,35 ms dan 2ms. Sinyal pulsa/PWM ditampilkan menggunakan *oscilloscope* seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 PWM dengan T-ON 0,7 ms, 1,35 ms, dan 2 ms

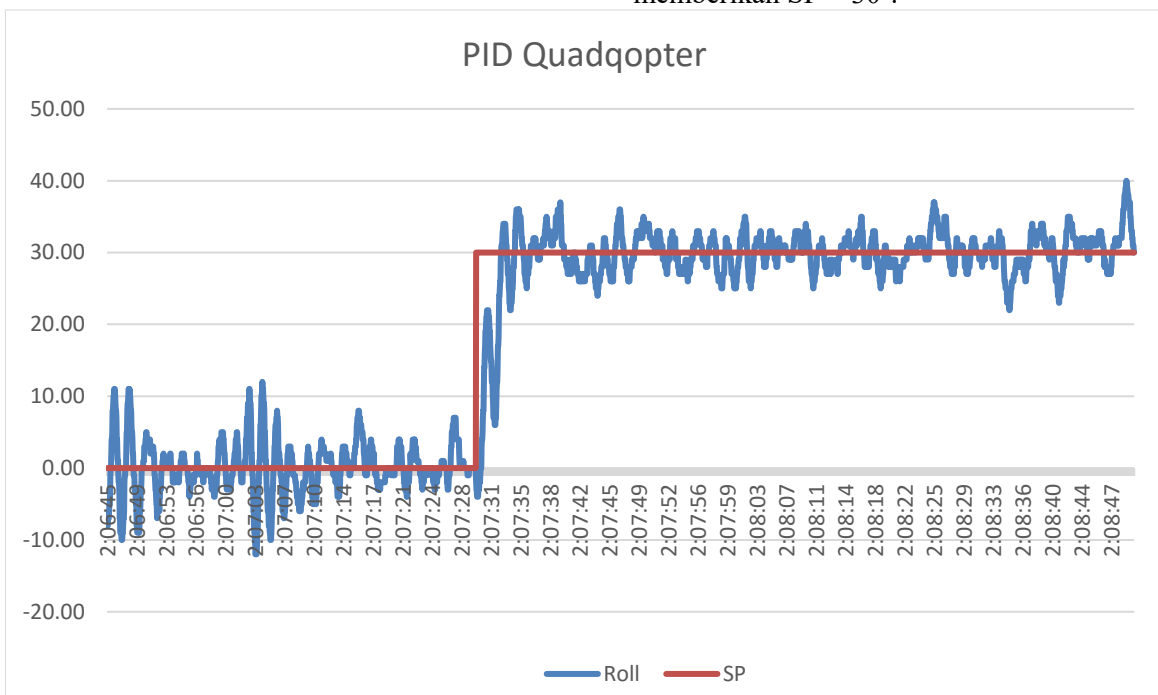
Data kecepatan putar brushless motor yang diukur menggunakan *tachometer* dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data ukur kecepatan putar brushless motor menggunakan *tachometer*

PWM	Pengukuran ke-	Kecepatan
0.7 ms	1	0
1.35 ms	1	5176
	2	5175
	3	5176
2. ms	1	10348
	2	10347
	3	10320

4.3 Pengujian Kestabilan dengan Kendali PID

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, didapatkan nilai $k_p = 0,35$, $k_i = 0,95$, dan $k_d = 0,225$. Pengujian dilakukan dengan posisi awal dengan kemiringan $SP = 0$ dan kemudian memberikan $SP = 30^\circ$.



Gambar 4.3 Pengujian Kestabilan Quadcopter

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.3, pada $SP = 10$ masih terdapat osilasi pada quadcopter dengan simpangan kemiringan 12° sampai dengan -12° . Pada $SP = 30^\circ$ osilasi terjadi dengan kemiringan 22° sampai dengan 40° . Respon quadcopter terhadap perubahan SP berkisar 0,03 detik untuk dapat mencapai kemiringan 30° .

5. KESIMPULAN

Kemampuan quadcopter untuk dapat bermanuver dengan baik dipengaruhi oleh tingkat kestabilan quadcopter dalam mempertahankan derajat kemiringannya. Kendali PID merupakan salah satu algoritma yang dapat digunakan untuk dapat

mempertahankan derajat kemiringan yang dikehendaki.

Tahapan dalam rancang bangun quadcopter meliputi analisis, perancangan dan pengujian sistem quadcopter meliputi sensor, motor brushless dan kestabilan terbang quadcopter menggunakan kendali PID.

Kestabilan quadcopter dipengaruhi oleh ketepatan dalam menentukan nilai dari k_p , k_d , dan k_i . Nilai derajat kemiringan sensor IMU menjadi merupakan variable pada kendali PID, sehingga diharapkan getaran yang terjadi pada sensor IMU seminimal mungkin. Penggunaan peredam pada sensor dan memastikan rangka quadcopter dalam keadaan solid merupakan hal yang perlu diperhatikan untuk dapat mempertahankan kestabilan quadcopter dengan menggunakan kendali PID.

6. REFERENSI

- [1] Wisnu Jadmiko, dkk. 2012. Robotika: Teori dan Aplikasi. Fakultas Ilmu Komputer Universitas Indonesia. UIP.
- [2] Razinkova, A., Gaponov, I., Hyun-Chan Cho. 2014. Adaptive Control over Quadcopter UAV under Disturbances. 2014 14th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2014). Oct. 22-25, 2014 in KINTEX, Gyeonggi-do, Korea. pp. 386 – 390.
- [3] Erginer, B. dan Altug E. 2007. Modeling and PD Control of a Quadrotor VTOL Vehicle. proceedings of the 2007 IEEE
- [4] Patel, K. dan Barve, J. 2014. Modeling, Simulation and Control Study for The Quad-Copter UAV. Industrial and Information Systems (ICIIS), 2014 9th International Conference on. IEEE.