

Pengaruh Sudut *Roll* Terhadap Perubahan Sudut *Pitch* Pada Sensor *Accelerometer*

Abdurrahman Nurhakim¹, Hendri Maja Saputra², Nanang Ismail³

^{1,3}Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SGD Bandung
Jl. A.H Nasution 105 Cibiru Bandung

² Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik LIPI Bandung
Komplek LIPI, Jl. Cisit No.21/154D, Bandung 40135

abdurrahmannurhakim@gmail.com¹, hendri.maja@gmail.com², nanang.is@uinsgd.ac.id³

Abstrak – Makalah ini membahas mengenai pengaruh sudut *roll* terhadap nilai sudut *pitch* pada sensor *accelerometer*. Penelitian dilakukan untuk melihat seberapa besar keterkaitan kedua sudut (*roll* dan *pitch*) karena menggunakan rumus yang mengandung vektor dari dua sumbu. Sudut *roll* di posisikan pada nilai tertentu, kemudian sudut *pitch* digeser dari 0 s/d 90° untuk mengetahui besar perubahan sudut *roll*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sudut *roll* mengalami pengurangan secara signifikan ketika sudut *pitch* dinaikan nilainya. Pengurangan nilai *roll* terbesar berada pada sudut 90°, yang mana sudut *roll* mengalami pengurangan dengan nilai yang hampir sama dengan nilai kenaikan sudut *pitch*.

Kata kunci: *accelerometer*, *pitch*, *roll*.

1. Pendahuluan

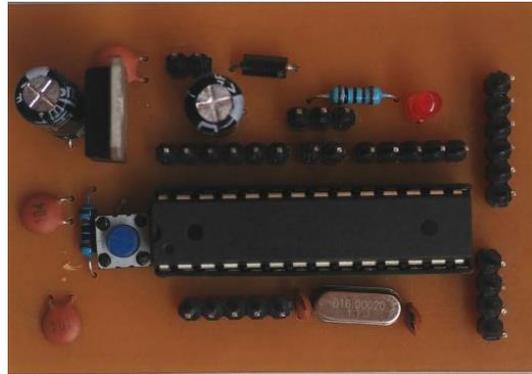
Penelitian terkait *accelerometer* sudah banyak dilakukan, salah satunya penelitian yang dilakukan oleh Sergiusz Łuczak, dkk [1]. Łuczak melakukan penelitian berupa pengukuran sudut kemiringan pada *accelerometer* dengan membandingkan sumbu-Z dengan sumbu-X dan sumbu-Y. Proses kalibrasi sensor *accelerometer* juga perlu dilakukan sebelum melakukan pengukuran terhadap sudut *pitch* dan *roll*. Penelitian terkait kalibrasi sensor *accelerometer* telah dilakukan oleh Alex Vogel, dkk [2]. Penelitian Vogel, melakukan kalibrasi dengan merubah nilai kemiringan sudut *accelerometer* sebesar 0°, 6°, 14.5°, 19.5°, dan 30°. Penelitian oleh Siti Yuliana dan Hendri Maja Saputra[3], tentang optimasi nilai konstanta *complementary filter* orde 2 pada sensor IMU. Sensor *accelerometer* dikombinasikan dengan sensor *gyroscope* dan sensor *magnetometer* untuk mendapatkan nilai *pitch*, *roll*, dan *yaw*. Siti juga mengkombinasikan *kalman filter* dengan *complementary filter* pada makalahnya[4], untuk mendapatkan nilai *roll*, *pitch*, dan *yaw* yang lebih optimal.

Sudut *pitch* dan *roll* dapat dijadikan sebagai pendeteksi kemiringan *quadrotor* seperti pada penelitian Oka Danil Saputra, dkk [5]. *Quadrotor* membutuhkan *feedback* berupa sudut *roll*, *pitch*, dan *yaw* agar sistem kendali *PID* dapat diterapkan. Penelitian oleh Saputra [6], *accelerometer* dikombinasikan dengan sensor *gyroscope* dan *magnetometer* untuk pengukuran posisi dan orientasi pada kendaraan. Pemodelan sensor digunakan sebagai data masukan sistem kendali pergerakan kendaraan secara mekanik. Penelitian terkait aplikasi sensor *accelerometer* juga dilakukan oleh H. Eric Tseng, dkk [7]. Eric melakukan penelitian berupa pengukuran kemiringan sudut *pitch* dan *roll* pada kendaraan roda empat.

Pengaruh sudut *roll* terhadap nilai sudut *pitch* pada sensor *accelerometer* yang diteliti, dipaparkan diterangkan secara lugas pada paper ini. Penelitian dilakukan untuk melihat seberapa besar keterkaitan kedua sudut (*roll* dan *pitch*) karena menggunakan rumus yang mengandung vektor dari dua sumbu.

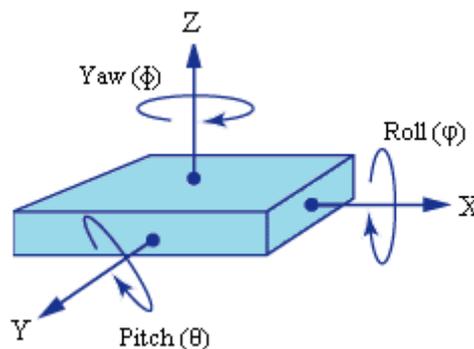
2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini dengan melakukan studi literatur, pembuatan *microcontroller*, pembuatan program, pengujian, pengambilan data, dan analisis. Pembuatan *mikrocontroller* dilakukan untuk membaca data *accelerometer* melalui komunikasi I2c dan sebagai komunikasi serial untuk menampilkan data *accelerometer* di LCD. *Mikrocontroller* digunakan sebagai sistem minimum pada penelitian ini. *Mikrocontroller* yang digunakan adalah atmega 328p dengan *clock speed* 16 Mhz, sebagaimana ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1. *Microcontroller* Atmega 328p

Microcontroller atmega 328p menggunakan IDE Arduino. Pembuatan program menggunakan IDE Arduino, berupa pembacaan data *accelerometer* dengan menggunakan komunikasi I2c kemudian ditampilkan ke layar LCD. Data *accelerometer* dikonversi terlebih dahulu, kemudian difilter menggunakan *low pass filter*. Data yang telah difilter dirubah ke dalam bentuk *pitch* dan *roll*. Ilustrasi sudut *pitch* dan sudut *roll* diperlihatkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi sudut *pitch*, *roll*, dan *yaw*

Gambar 2 merupakan ilustrasi dari sudut sudut *pitch*, *roll*, dan *yaw* dari sensor. Sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor IMU gy-88 10DOF yang berisikan sensor *accelerometer*, *gyroscope*, dan *magnetometer*. Sudut *roll* merupakan sudut rotasi yang mengelilingi sumbu-X, sudut *pitch* merupakan sudut rotasi yang mengelilingi sumbu-Y, sedangkan sudut *yaw* merupakan sudut rotasi yang mengelilingi sumbu-Z. Adapun tahapan pembuatan program dimulai dengan inialisasi data menggunakan komunikasi I2c, kemudian data *accelerometer* yang telah dibaca dikonversi ke dalam percepatan gravitasi. *Accelerometer* yang terkena derau memerlukan adanya filter. *Low pass filter* digunakan untuk mengurangi derau. Keluaran *low pass filter* ke-*i* (y_i) dapat dicari dengan persamaan berikut [8],

$$y_i = ax_i + (1 - a)y_{i-1}, \quad (1)$$

dimana x_i merupakan nilai *accelerometer* sumbu-X atau sumbu-Y atau sumbu-Z dan a merupakan *smoothing factor* dengan range $0 < a < 1$. Nilai a bisa didapat dengan persamaan berikut,

$$a = \frac{2\pi \Delta T f_c}{2\pi \Delta T f_c + 1}, \quad (2)$$

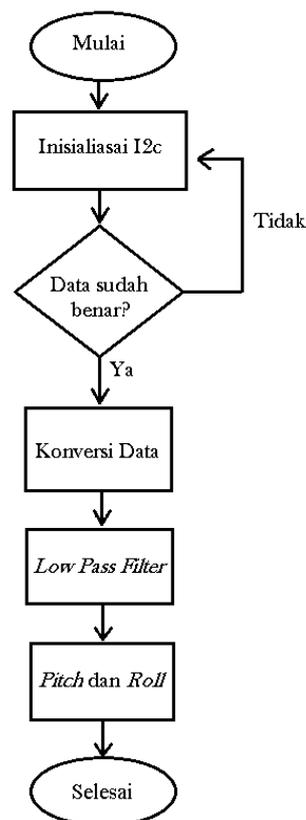
dimana ΔT merupakan periode sampling dan f_c merupakan frekuensi *cut-off*.

Nilai *accelerometer* yang telah difilter menggunakan *low pass filter* dikonversi ke dalam bentuk sudut *pitch* dan *roll*. Nilai sudut *pitch* dan *roll* didapat menggunakan persamaan berikut,

$$\theta = \tan^{-1}(a_y / \sqrt{a_x^2 + a_z^2}), \quad (3)$$

$$\varphi = \tan^{-1}(a_x / \sqrt{a_y^2 + a_z^2}), \quad (4)$$

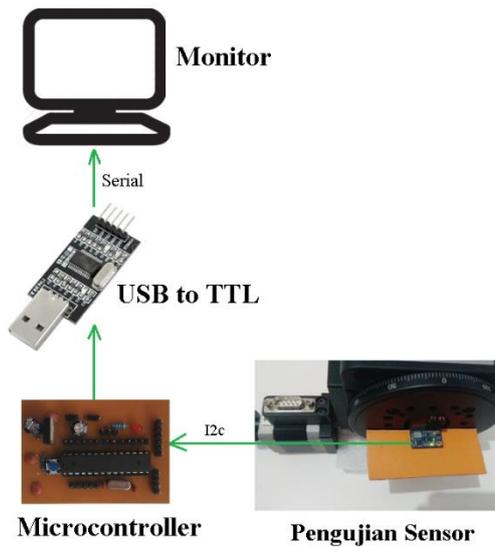
dimana a_x merupakan nilai *accelerometer* pada sumbu-X, a_y merupakan nilai *accelerometer* pada sumbu-Y, dan a_z merupakan nilai *accelerometer* sumbu-Z.



Gambar 3. Diagram Algoritma

Gambar 3 merupakan diagram algoritma dalam bentuk *flow chart* dari penelitian ini. Data *accelerometer* dibaca melalui komunikasi I2c, kemudian data dikonversi ke dalam satuan percepatan gravitasi. Data yang telah dikonversi difilter menggunakan *low pass filter* untuk mengurangi derau, kemudian data dirubah ke dalam bentuk sudut *pitch* dan *roll*. Kedua data sudut inilah yang dijadikan sebagai data pengujian.

Pengujian dilakukan terhadap *accelerometer* dengan menentukan nilai sudut *pitch* dan *roll*. Sudut *roll* diposisikan terhadap nilai tertentu, kemudian sudut *pitch* digeser dari 0 s/d 90 derajat. Pengukuran sudut *pitch* dan *roll* pada *accelerometer*, dimiringkan dengan sudut kemiringan yang sesuai dengan besar sudut pada busur. Data input sensor kemudian dibaca oleh *mikrocontroller* menggunakan komunikasi I2c. Keluaran dari *microcontroller* ditampilkan ke *serial monitor* menggunakan USB to TTL. Berikut skema sistem pengujian.



Gambar 4. Skema Sistem Pengujian

Gambar 4 memaparkan sensor *accelerometer* yang dimiringkan terhadap sumbu-X atau berada pada rotasi *roll*. Besar sudut *roll* disesuaikan dengan besar sudut busur, kemudian sudut *pitch* mulai dimiringkan sesuai dengan besar sudut busur. Data *pitch* dan *roll* dari *accelerometer* dibaca oleh *microcontroller* atmega328p menggunakan komunikasi I2c, kemudian ditampilkan ke *serial monitor* menggunakan komunikasi serial.

Sudut *roll* dimiringkan dengan variasi nilai sudut kemiringan: 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, dan 90°. Sudut *pitch* kemudian dimiringkan dengan variasi kemiringan: : 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, dan 90° pada setiap perubahan kemiringan sudut *roll*. Hasil pengujian kemudian dicatat dan dianalisa untuk memperoleh kesimpulan dari penelitian ini. Analisis dilakukan terhadap data hasil pengukuran yang berbentuk tabel dan grafik. Analisis hasil pengukuran pada tabel dilakukan dengan melihat besar perubahan nilai yang terjadi, sedangkan analisis hasil pada grafik, dilakukan dengan melihat besar kemiringan data pada.

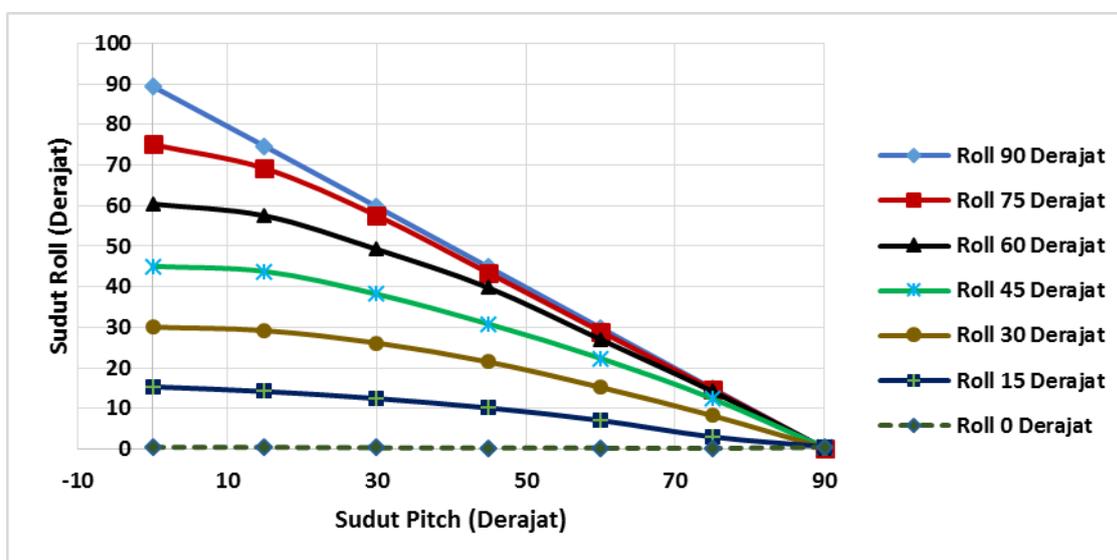
3. Hasil dan Pembahasan

Terdapat tujuh variasi sudut *roll* dengan interval 15 derajat. Sudut *pitch* juga diubah nilainya sebanyak tujuh variasi pada setiap perubahan kemiringan dari sudut *roll*. Hasil pengujian pengaruh sudut *roll* terhadap kemiringan sudut *pitch* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh sudut *roll* terhadap nilai sudut *pitch*

Roll	Pitch						
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0	0,58	0,56	0,42	0,36	0,33	0,27	0,15
15	15,39	14,24	12,52	10,19	7,12	3,05	0,65
30	30,09	29,23	26,20	21,51	15,26	8,28	0,32
45	45,07	43,83	38,22	30,87	22,42	12,48	0,42
60	60,43	57,50	49,25	39,76	27,05	14,25	0,20
75	75,06	69,19	57,59	43,42	29,03	14,74	0,12
90	89,38	74,66	59,78	44,84	29,89	14,94	0,18

Berdasarkan pada Tabel 1, sudut *roll* saat berada di kemiringan sudut *pitch* 0° hampir tidak memiliki perubahan. Perbedaan nilai terjadi karena adanya derau yang ada pada *accelerometer*. Semakin besar kemiringan sudut *pitch*, semakin besar pengurangan yang terjadi pada sudut *roll*.



Gambar 5. Grafik Pengaruh Sudut *Roll* terhadap Perubahan Sudut *Pitch*

Berdasarkan pada Gambar 5, sudut *roll* dimiringkan dengan variasi kemiringan: 0° , 15° , 30° , 45° , 60° , dan 90° , kemudian sudut *pitch* dimiringkan hingga sebesar 90° . Sudut *roll* mengalami penurunan terbesar pada sudut *pitch* 90° , sedangkan sudut *roll* tidak mengalami penurunan pada 0° . Kenaikan sudut *pitch* mempengaruhi sudut *roll*, yang mengalami pengurangan. Perubahan nilai sudut terjadi karena vektor sudut *roll* yang berada pada sumbu-Y mengalami sedikit perubahan ke arah sumbu-X. Arah vektor berperan penting dalam proses pembacaan nilai percepatan gravitasi, sehingga percepatan gravitasi yang ditangkap oleh *accelerometer* sumbu-Y mengalami pengurangan yang cukup besar ketika sumbu-X juga ikut dimiringkan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar perubahan nilai *pitch*, maka sudut *roll* juga semakin berkurang. Pengurangan nilai terbesar dari sudut *roll* terdapat pada sudut 90° , sedangkan pengurangan nilai sudut *roll* terkecil berada pada 0° . Perubahan nilai sudut *roll* terhadap sudut *pitch* terjadi karena vektor dari sumbu-y terhadap sumbu-x berubah sehingga pembacaan percepatan gravitasi juga ikut berkurang karena arah vektornya berubah.

Daftar Pustaka

- [1] S. Łuczak, W. Oleksiuk, and M. Bodnicki, "Sensing tilt with MEMS accelerometers," *IEEE Sens. J.*, vol. 6, no. 6, pp. 1669–1675, 2006.
- [2] A. Vogel, S. N. Sani, B. J. Roscoe, Z. M. Alamgir, X. Cai, and C. J. Robinson, "Calibrating translating 3-axis accelerometers," *Proc. IEEE Annu. Northeast Bioeng. Conf. NEBEC*, pp. 180–181, 2013.
- [3] S. Yuliani and H. M. Saputra, "Optimasi Nilai Konstanta Complementary Filter Orde 2 pada Sensor IMU," no. 1, pp. 2–5.
- [4] S. Yuliani and M. Saputra, "Kolaborasi Kalman Filter dengan Complementary Filter untuk Mengoptimasi Hasil Sensor Gyroscope dan Accelerometer," no. 1, pp. 1–6.
- [5] O. D. Saputra, A. Triwiyatno, and B. Setiyonp, "Pemodelan dan Simulasi Roll, Pitch, dan Yaw Pada Quadrotor," *Transmisi*, p. 105, 2012.
- [6] H. M. Saputra, Z. Abidin, and E. Rijanto, "IMU Application in Measurement of Vehicle

- Position and Orientation for Controlling a Pan-Tilt Mechanism,” *J. Mechatronics, Electr. Power, Veh. Technol.*, vol. 4, no. 1, p. 41, 2013.
- [7] H. E. Tseng, L. Xu, and D. Hrovat, “Estimation of land vehicle roll and pitch angles,” *User Model. User-adapt. Interact.*, vol. 45, no. 5, pp. 433–443, 2007.
- [8] Wikipedia, “Low-pass filter,” 2017. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Low-pass_filter.