

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ALAT BANTU UKUR KEMIRINGAN PADA GERGAJI MITER MENGGUNAKAN *COMPLEMENTARY FILTER*

Design And Implementation Tilt Measuring Tool For Miter Saw Using Complementary Filter

Wahyu Perdana¹, Ekki Kurniawan², Rizki Ardianto Priramadhi³

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

¹cocoperdana@student.telkomuniversity.ac.id, ²ekdikurniawan@telkomuniversity.ac.id,

³rizkia@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Penggunaan teknologi mesin telah merambah berbagai sektor kehidupan, salah satunya adalah sektor industri *furniture*. Industri *furniture* di Indonesia merupakan sektor industri yang banyak digeluti oleh pelaku usaha kecil menengah. Untuk meningkatkan hal tersebut, perkembangan teknologi dalam pertukangan kayu diharapkan menghasilkan suatu produk yang berkualitas, sehingga perlu suatu proses kerja yang efektif

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi hasil produksi menjadi kurang baik ketika merancang interior berbahan dasar kayu salah satunya *human error* karena kesalahan dalam pengamatan dan penggunaan alat bantu ukur saat ini yaitu berupa penggaris busur untuk mengukur sudut kemiringan [1]. Dalam hal ini ada beberapa sudut sambungan kayu yang paling sering digunakan oleh industri mebel karena memiliki kelebihan yaitu nilai sudut sambungan tersebut memiliki konstruksi yang kuat pada sambungan kayu dan terlihat lebih rapi diantaranya sudut 45 derajat (segi 4), 36 derajat (segi 5), 30 derajat (segi 6), dan 22.5 derajat (segi 8).

Hasil akhir dari perancangan sistem ini adalah pengukuran kemiringan yang akurat dan presisi pada alat bantu ukur kemiringan pada gergaji *miter* dengan menggunakan metode algoritma *complementary filter* dengan memanfaatkan mikrokontroler sebagai pusat pengendali serta sensor *accelerometer* dan sensor *gyroscope* yang berfungsi sebagai sensor kemiringan sudut. Dengan target nilai *offset* sudut kemiringan 1 derajat.

Kata kunci: *Furniture, Complementary Filter, Accelerometer, Gyroscope, Gergaji Miter*

Abstract

The use of machine technology has penetrated various sectors of life, one of them is furniture industry sector. Furniture industry in Indonesia is an industry sector that many cultivated by businesses. Improving the quality of furniture production. To improve it, technological developments in carpentry are expected to produce a quality product, so need an effective work process.

Based on observations and interviews with small industries of furniture manufacturers in Semarang, errors in measurements made by cutting machine operators resulted in poor production. There are several factors that affect the production results become less good when designing wood based interior one of them human error due to errors in the observation and use of current measuring tool that is in the form of arc ruler to measure the angle of the tilt [1]. In this case there are some wooden connection angles that are most often used by the furniture industry because it has advantages that the connection angle value has a strong construction on the wooden joints and looks more presentable including angle of 45 degrees (square), 36 degrees (pentagonal) 30 degrees (hexagonal), and 22.5 degrees (octagonal).

The goal of this system is accurate and precise slope measurement on the tilt measuring tool on the miter saw by using the complementary filter algorithm method by utilizing microcontroller as the control center and accelerometer sensor and gyroscope sensor that serves as angle tilt sensor. With target angle offset angle value of 1 degree.

Keywords: *Furniture, Complementary Filter, Accelerometer, Gyroscope, Miter Saw.*

1. Pendahuluan

Penggunaan teknologi mesin telah merambah diberbagai sektor kehidupan, salah satunya adalah sektor industri mebel *furniture*. Industri mebel *furniture* di Indonesia merupakan sektor industri yang banyak digeluti oleh pelaku usaha kecil menengah. Peningkatan kualitas produksi mebel *furniture* dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi kecil menengah. Untuk meningkatkan hal tersebut, perkembangan teknologi dalam pertukangan kayu diharapkan menghasilkan suatu produk yang berkualitas, sehingga perlu suatu proses kerja yang efektif.

Diantara peralatan-peralatan yang digunakan oleh industri *furniture*, *miter saw* atau gergaji *miter* merupakan alat yang digunakan untuk membuat sambungan kayu. Gergaji potong kayu ini cukup penting dan sering digunakan oleh operator potong kayu dalam membuat sambungan kayu. Berdasarkan pengamatan dan wawancara dengan industri kecil produsen *furniture* di Semarang, kesalahan dalam pengukuran yang dilakukan oleh operator mesin potong mengakibatkan hasil produksi menjadi kurang baik. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi hasil produksi menjadi kurang baik ketika merancang interior berbahan dasar kayu salah satunya *human error* karena kesalahan dalam pengamatan dan penggunaan alat bantu ukur saat ini yaitu berupa penggaris busur untuk mengukur sudut kemiringan [1]. Pada gambar I-1 dapat dilihat ada beberapa sudut sambungan kayu yang paling sering digunakan oleh industri mebel yaitu sudut 45 derajat (segi 4), 36 derajat (segi 5), 30 derajat (segi 6), dan 22.5 derajat (segi 8), karena nilai sudut sambungan tersebut memiliki konstruksi yang kuat pada sambungan kayu dan terlihat lebih rapi.

Berdasarkan latar belakang tersebut dibuat suatu sistem alat bantu ukur kemiringan pada gergaji *miter* dengan menggunakan metode algoritma *complementary filter* dengan memanfaatkan mikrokontroler sebagai pengendali serta sensor *accelerometer* dan sensor *gyroscope* yang berfungsi sebagai sensor kemiringan sudut untuk membuat sistem ini dengan rentang pengukuran yang diukur adalah 0 hingga 45 derajat serta menggunakan LCD sebagai layar tampilan sudut yang terukur dan *buzzer* sebagai sinyal untuk memberikan peringatan kepada operator potong kayu tersebut bahwa *miter saw* mengalami *offset* 1 derajat terhadap nilai sudut yang diinginkan saat memotong kayu.

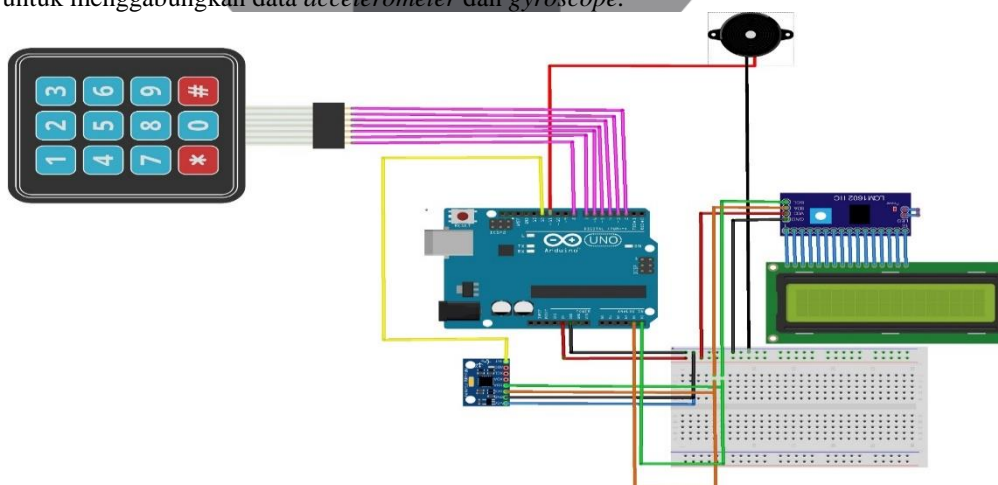
Dasar Teori dan Perancangan

1.1. Perancangan Sistem

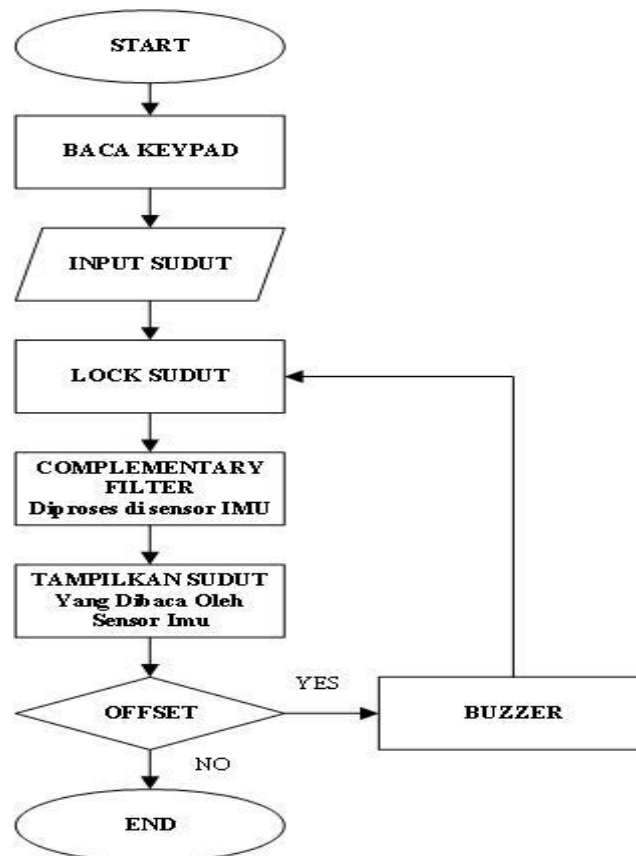


Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Tugas akhir ini berisikan sebuah rancangan sistem yang dapat mengukur kemiringan secara digital pada gergaji *Miter*. Sehingga operator pada bagian potong interior *furniture* tidak membutuhkan lagi alat bantu ukur manual. Dengan menggunakan algoritma *complementary filter* pada pengukuran kemiringan yaitu *filter* yang menggabungkan 2 jenis masukan yang berbeda yang berfungsi untuk mengisi kekurangan satu sama lain. *Filter* ini digunakan untuk menggabungkan data *accelerometer* dan *gyroscope*.



Gambar 2. Schematic Perangkat Keras



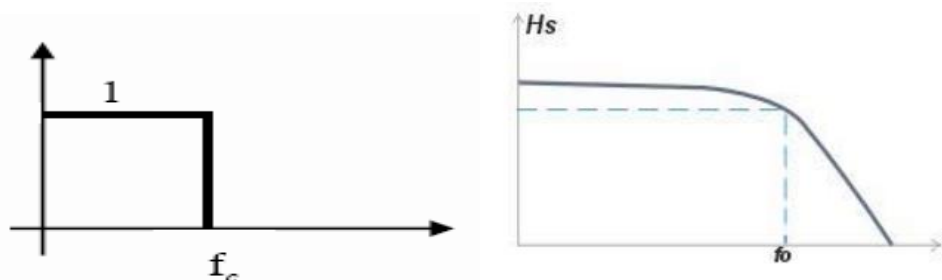
Gambar 3. Diagram Alir Sistem

Alur kerja sistem pada gambar 2 dari alat ukur kemiringan pada gergaji *miter* adalah sebagai berikut:

1. Pertama pasang alat bantu disamping gergaji *miter* kemudian nyalakan sistem pada alat untuk memulai pengukuran kemiringan dan lakukan kalibrasi. Dimulai dari mikrokontroler langsung memerintahkan rangkaian sensor yang ada pada alat ukur untuk mendeteksi kemiringan menggunakan metode algoritma *complementary filter*.
2. Selanjutnya jika sensor sudah memperoleh nilai kemiringan pada gergaji *miter*, masukan masukan nilai kemiringan sudut yang kita inginkan pada push Buton kemudian tekan *enter*, rangkaian akan menyimpan nilai sudut yang kita masukkan kemudian nilai tersebut akan diolah mikrokontroler.
3. Setelah diterima, mikrokontroler langsung memproses sesuai perintah untuk menampilkan nilai kemiringan sudut pada monitor display yang terangkai bersama mikrokontroler dan apabila kita akan memotong kayu kemudian nilai sudut yang dimasukan diawal melebihi lebih dari 1 derajat maka *buzzer* akan berbunyi yang artinya kemiringan pada gergaji kita mengalami *offset*.

2.2 Low Pass Filter

Low Pass Filter adalah *filter* yang hanya melewatkan frekuensi yang lebih rendah dari frekuensi *cut-off* (f_c). Diatas frekuensi tersebut, masukannya mengecil atau dianggap tidak ada (idealnya) [15]. Rangkaian RC LPF dan tanggapan frekuensinya ditunjukkan oleh Gambar berikut :

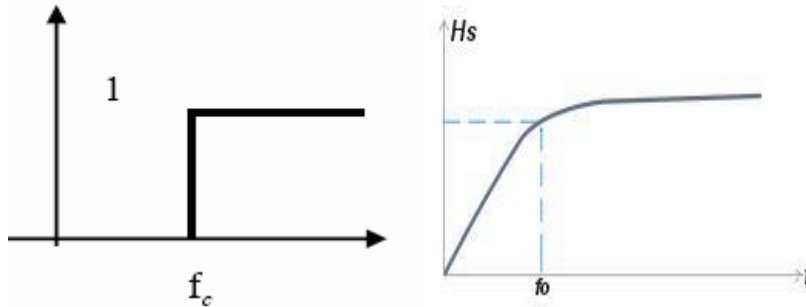


Gambar 4. Low pass filter (ideal signal dan realistic signal LPF)

Sedangkan penggunaannya pada *accelerometer* berfungsi untuk melewatkan perubahan data dalam jangka waktu panjang sementara menyaring fluktuasi dalam jangka waktu pendek. Pada pembacaannya, *accelerometer* yang memulai awalan dengan sudut 00 dan secara tiba-tiba pembacaan *accelerometer* akan berubah menjadi 100. Salah satu cara untuk menghilangkan perubahan yang secara tiba-tiba tersebut yaitu dengan cara merubah perubahan sudut dengan perubahan yang sedikit demi sedikit tiap waktunya.

2.3 High Pass Filter

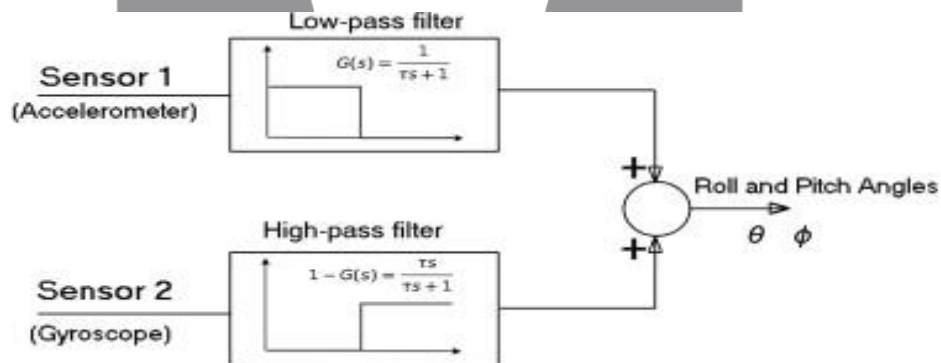
High Pass Filter adalah *filter* yang masukannya hanya melewatkan frekuensi diatas frekuensi *cut-off*. Di bawah frekuensi itu, masukan mengecil atau idealnya tidak ada. *Filter* ini mampu melewatkan sinyal dengan durasi pendek (*Short-duration*) dimana ini mampu menghilangkan pergeseran pada *gyroscope*.



Gambar 5. High pass filter (*ideal signal* dan *realistic signal* HPF)

2.4 Complementary Filter

Keluaran dari mikrokontroler tersebut adalah sebuah alat bantu untuk mengukur kemiringan sudut pada gergaji *Miter*. Kemiringan sudut akan di proses oleh Sensor *Inertial Measurement Units* (IMU) MPU 6050 pada gergaji *Miter* dengan metode *complementary filter*. Pada algoritma *complementary filter* ini berfungsi untuk mengurangi *noise* pada pengukuran kemiringan dengan ketelitian <1 derajat pada gergaji listrik *miter*.



Gambar 6. Prinsip Kerja *Complementary Filter*

Complementary filter adalah *filter* yang menggabungkan 2 jenis masukan yang berbeda yang berfungsi untuk mengisi kekurangan satu sama lain. masukan dari *filter* ini merupakan dua buah masukan sinyal yang berbeda dengan karakteristik masukan satu yang memiliki *noise* tinggi dan yang lain memiliki *noise* rendah. *Filter* ini digunakan untuk menggabungkan data *accelerometer* dan *gyroscope* [9]. *Accelerometer* merupakan sensor yang memiliki nilai *noise* yang sangat besar dan sangat bervariasi sedangkan *gyroscope* merupakan sensor yang memiliki karakter untuk mengalami sedikit pergeseran terus menerus. Nilai dari *accelerometer* yang berupa kecepatan linier di setiap sumbu diubah menjadi sudut dengan trigonometri, dan nilai kecepatan sudut dari *gyroscope* diubah menjadi sudut dengan mengintegral nilainya. Kemudian nilai dari *accelerometer* yang memiliki banyak *noise* di *filter* dengan menggunakan *low pass filter* agar perubahan yang dimilikinya (*noise*) dapat dihilangkan, dan nilai dari *gyroscope* yang memiliki sedikit perubahan, di *filter* menggunakan *high pass filter* agar perubahan yang sedikit dan terus menerus itu dapat dihilangkan, lalu nilai dari kedua *filter* ini digabungkan untuk membentuk sebuah nilai sudut.

Proses ini dilakukan dengan menggunakan sebuah persamaan berikut :

$$Angle = (a) * (angle + gyro * dt) + (1 - a) * (\theta_{acc})$$

- a = Koefisien *filter*.
- dt = Waktu *sampling* (d disesuaikan waktu *sampling* nilai sensor)
- out_gyro = Keluaran sensor *gyroscope* berupa kecepatan sudut.
- sudut_acc = Keluaran sensor *accelerometer* yang sudah berupa sudut

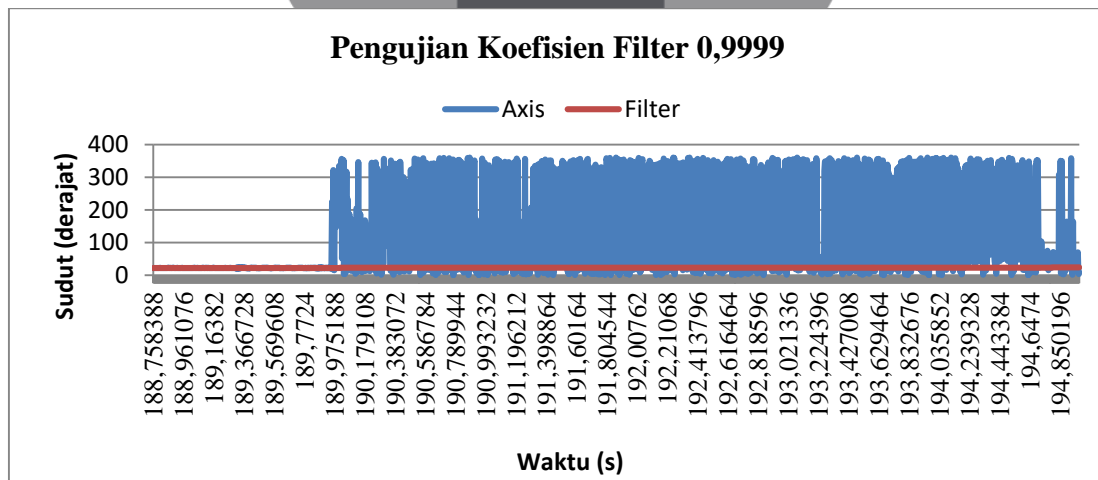
Pada persamaan ini, nilai yang didapat dari *gyroscope* diintegral agar mendapatkan nilai sudut, dan nilai sudut dari *accelerometer* didapat dengan perhitungan trigonometri. Nilai a merupakan nilai yang didapat dari time constant atau kerangka waktu dimana *filter* ini bekerja, dan nilai ini akan mempengaruhi nilai sudut dari *gyroscope* sebagai *high pas filter* dan *accelerometer* sebagai *low pass filter*. Sensor *gyroscope* dan sensor *accelerometer* memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Sudut kemiringan yang dihitung dari data *accelerometer* memiliki waktu respon yang lambat, sedangkan sudut kemiringan yang terintegrasi dari data *gyroscope* mempunyai penyimpangan selama periode waktu tertentu. Dapat dikatakan bahwa data pada *accelerometer* berguna untuk jangka panjang sedangkan *gyroscope* digunakan untuk jangka pendek. Salah satu cara yang paling sederhana untuk menggabungkan data dari *gyroscope* dan *accelerometer* adalah dengan menggunakan *Complementary Filter* [10]. Maka dari itu dalam penelitian kali ini penulis menggunakan metode algoritma *complementary filter* yang dikenal baik untuk menghilangkan *noise* pada aplikasi penggabungan sensor *accelerometer* dan *gyroscope* untuk mengukur sudut *pitch*, *rol*, dan *yaw*.

3. Hasil Pengujian dan Analisis

3.1 Pengujian koefisien *Filter* Pada *Complementary Filter*

Koefisien <i>filter</i>	Deviasi								Rata-rata deviasi comp
	Sudut = 22,5		Sudut = 30		Sudut = 36		Sudut = 45		
	comp	Sensor	comp	Sensor	comp	Sensor	comp	sensor	
0,7	20.57	136.83	31.94	116.34	21.70	97.15	20.99	90.37	23,8
0,8	19.42	117.02	23.42	115.04	19.04	113.84	12.33	82.49	18,55
0,9	14.79	136.28	16.10	120.27	18.99	97.113	12.80	94.78	13,17
0,9999	0,32	127,31	121,23	0,31	0,47	108,14	0,19	93,74	0,322

Tabel 1. Pengujian Hasil Pembacaan Sensor Dengan dan Tanpa *Complementary Filter*.



Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Sistem *Complementary* dan Tanpa *Complementary* Pada Sudut 45 Derajat Kengan Koefisien *Filter* 0,9999.

Koefisien filter	SETTLING TIME				Rata-rata settling time
	Sudut = 22,5	Sudut = 30	Sudut = 36	Sudut = 45	
0,7	0,19942	0,172888	0,212648	0,19884	0,196
0,8	0,33214	0,239272	0,371888	0,304928	0,312
0,9	0,543232	0,491332	0,530928	0,690982	0,564
0,9999	188,75	188,75	138,61	191,28	171,38

Tabel 2. Pengujian Hasil *Settling time* Dengan *Complementary Filter*.

Pada tabel 1 bisa diperoleh rata-rata nilai deviasi yang paling kecil dengan menggunakan koefisien filter 0,9999 sebesar 0,3222. Maka pada pengujian ini dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar nilai koefisiennya maka semakin akurat nilai sudut yang diperoleh. Pada tabel 2 dapat diperoleh semakin besar nilai koefisien filter-nya maka waktu cupliknya akan lebih lama pada koefisien filter 0,9999 rata - rata *settling time* yang diperoleh adalah 171,38 s tetapi karena pada pengujian kali ini yang kita butuhkan adalah nilai sudut yang akurat dan dapat meredam gangguan getaran yang terdapat pada gergaji miter maka koefisien filter yang paling baik pada adalah 0,9999.

3.2 Pengujian Pemotongan Kayu Bersudut Menggunakan *Complementary filter* dengan koefisien 0,9999

Koefisien Filter 0,9999					
Sudut (derajat)	Sudut Terendah	Sudut Tertinggi	Rata – rata sudut (derajat)	Error (Sudut)	Error (%)
22,5	22,48	24,11	23,02	0,7	3,11%
30	29,1	30,2	29,1	0,9	3%
36	34,28	36,04	35,39	0,61	1,7%
45	44,43	45,53	44,89	0,11	0,24%
Rata – rata				0,075	0,4%

Tabel 3. Pengujian Hasil Pembacaan *Complementary Filter* Dengan Koefisien Filter 0,9999 Pada Gergaji Miter Pada Kondisi Mesin Menyala.

Koefisien filter 0,9999											
Sudut (derajat)	Pengujian ke-								Rata - rata sudut kayu	Error (Sudut)	Error (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8			
22,5	22	22	22	22	22	22	22	22	22	0,5	2,22%
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0%
36	35,5	35,5	36	36	36	36	36	36	35,88	0,12	0,33%
45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	0	0%
Rata – rata										0,16	0,64%

Tabel 4. Pengujian dan Perbandingan Hasil Pemotongan Kayu Dengan Koefisien Filter 0,9999.

Pada pengujian tabel 3 dengan menggunakan koefisien *filter* 0,9999 dapat diperoleh nilai rata-rata error sudut sebesar 0,075 dan nilai error (%) sebesar 0,4% dengan kondisi gergaji *miter* menyala dan pada pengujian tabel 4 dengan menggunakan koefisien *filter* 0,9999 dengan kondisi gergaji menyala dengan memotong kayu yang dilakukan pengujian dengan sudut 22,5 derajat, 30 derajat, 36 derajat, dan 45 derajat kemudian kayu yang dipotong diukur dengan busur derajat dapat diperoleh rata-rata nilai *error* sudut sebesar 0,16 derajat dan nilai *error* (%) sebesar 0,64% dari pengujian diatas dapat diperoleh bahwa nilai koefisien *filter* 0,9999 pada *complementary filter* dapat memotong kayu dengan akurat dan presisi dengan ketelitian kurang dari 1 derajat.

Kesimpulan :

1. Pengukuran sudut dengan MPU 6050 pada sumbu x dengan *Complementary filter* akan akurat jika menggunakan koefisien *filter* 0,9999 karena nilai deviasinya yang paling kecil diantara koefisien *filter* lainnya yang diuji.
2. Pengukuran sudut dengan MPU 6050 pada sumbu x dengan *Complementary filter* jika menggunakan koefisien *filter* 0,9999 dapat meredam *noise* pada getaran mesin gergaji *miter* dengan optimal.
3. Pengukuran sudut dengan *Complementary Filter* akan diperoleh *settling time* yang cepat jika menggunakan koefisien *filter* 0,7 dengan rata-rata *settling time* 0,196 detik dan untuk koefisien *filter* 0,9999 diperoleh *settling time* yang lama dengan rata-rata *settling time* 171,38 detik.
4. Pengukuran sudut dengan *Complementary Filter* dengan koefisien *filter* 0,9999 dengan kondisi gergaji *miter* menyala dapat diperoleh nilai rata-rata *error* sudut sebesar 0,075 derajat dan nilai *error* (%) sebesar 0,14%.
5. *Complementary filter* untuk pengukuran sudut dengan MPU 6050 pada peralatan potong kayu dengan koefisien *filter* 0,9999 dapat meningkatkan kualitas produksi karena diperoleh hasil yang akurat dan presisi dengan pengukuran nilai rata-rata *error* sudut sebesar 0,16 derajat dan nilai *error* (%) sebesar 0,64% dengan perbandingan menggunakan busur derajat.

Saran :

1. Jika bertujuan untuk mendapatkan nilai sudut yang akurat maka lebih baik menggunakan nilai koefisien *filter* yang bernilai besar dan jika ingin mendapatkan nilai *settling time* yang cepat maka gunakan koefisien *filter* yang bernilai kecil.
2. Pada alat bantu ukur kemiringan sudut pada gergaji *miter* kedepannya dapat dilakukan pada sumbu Y dan sumbu Z.
3. Pengukuran sudut dengan menggunakan *complementary filter* kedepannya dapat diimplementasikan pada peralatan kayu lainnya.

Daftar Pustaka :

- [1] D. Giancolli (2001): Fisika Jilid 1, Jakarta, Erlangga.
- [2] 4 Contoh Kerusakan Konstruksi Sambungan Kayu dan Solusinya, Tentang Kayu, diperoleh melalui situs internet: <http://www.tentangkayu.com/2016/07/4-contoh-kerusakan-konstruksi-sambungan.html>. Diakses pada 19 April 2017.
- [3] Wahyudi (2010): Metode Kalibrasi Sensor rate-Gyroscope Untuk IMU Roket, Jurnal Teknologi Dirgantara.
- [4] X. Yin (2013): Positioning Errors Predicting Method of Strapdown Inertial Navigation Systems Based on PSO-SVM , Jurnal Applied Analysis.
- [5] D. Shu-Chih Yang (2012): Handling Nonlinearity in an Ensemble Kalman *Filter* Experiments with the Three-Variable Lorenz Model, jurnal Mon.
- [6] D. Jaw-Kuen Shiau (2012): Noise Characteristics of MEMS Gyro's Null Drift and Temperature Compensation, Journal of Applied Science and Engineering.
- [7] Perkakasku gergaji miter modern md-3700, diperoleh melalui situs internet: <https://www.perkakasku.com/mesin-gergaji-miter-modern-md-3700-ps973.html>. Diakses 20 Maret 2017.
- [8] W. S. KUSUMA (2014), *FILTER PASIF*, DIKTAT ELEKTRONIKA 1, JAKARTA.
- [9] A. R. H. J. Talok (2013): Sistem Penyetimbang Helikopter Empat Baling-Baling Menggunakan Mekanisme PID, Jakarta: Universita Bima Nusantara.
- [10] K. Wincheste (2005): Art of Woodworking - Portable Power Tools, Time Life Books.
- [11] Arduino Board Uno, diperoleh melalui situs internet: www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno. Diakses pada 25 Februari 2017.
- [12] MPU-6050, diperoleh melalui situs internet: <https://www.invensense.com/products/motion-tracking/6-axis/mpu-6050/>. Diakses pada 24 februari 2017.
- [13] LCD Module, diperoleh melalui situs internet: : <https://www.engineersgarage.com/electronic-components/16x2-lcd-module-datasheet>. Diakses pada 25 Februari 2017.
- [14] A. B. Dodong (2002): Mesin tangan Kayu Industri, Yogyakarta, Kanisius.
- [15] Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) 2008 International Conference, diperoleh melalui situs internet: https://www.researchgate.net/profile/T_Hamel/publication/224339663_A_Complementary_Filter_for_Attitude_Estimation_of_a_Fixed-Wing_UAV/links/00b4951a50e8a6f3d2000000/A-Complementary-Filter-for-Attitude-Estimation-of-a-Fixed-Wing-UAV.pdf. Diunduh pada 25 April 2017.