Rancang Bangun *Grade Monitoring Assist* pada D3K Caterpillar Berbasis Mikrokontroler sebagai Akurasi pada Pekerjaan Operator Dozer

Abdul Halim^{1*}, Mangkona², Abdul Muis³, Irfan Andika Sakti⁴

^{1,2,3,4} Mechanical Engineering Department, Politeknik Negeri Samarinda

*Koresponden email: halim72@polnes.ac.id

Diterima: 15 September 2021

Disetujui: 3 November 2021

Abstract

In the process of construction work, operators need accuracy in the process of finishing land leveling works such as road & highway building, land reclamation, large commercial, landfill installation, so as to increase productivity. Therefore, the purpose of this research is to manufacture and implement a ground leveling finishing tool using Arduino IDE software and Atmega 328 microcontroller on the Dozer D3K Caterpillar heavy equipment unit. The placement of a series of components from the *Grade Monitoring Assist* includes the ultrasonic sensor on the lift cylinder, gyro and accelerometer at the top center of the blade, as well as a display that displays the results of parameter readings. Connections between components in *Grade Monitoring Assist* are cables that integrate all installed components. The results of testing the movement of the blade up and down position to get an accuracy value of 97.30% and an error of 2.70%. While the movement of the blade down position has an accuracy value of 96.50% and an error of 2.50%. And Tests by moving the blade according to the implement movement angle at the maximum blade angle position (either side) with an average error value of 1.48°, cutting ditches (angle V) an average error value of 0.676°.

Keywords: *microcontroller, arduino, grade monitoring assist, operating dozer, caterpillar D3K*

Abstrak

Dalam proses pekerjaan konstruksi, operator membutuhkan keakuratan pada proses pekerjaan finishing perataan tanah seperti *road & highway building, land reclamation, large commercial, landfill installation*, sehingga dapat meningkatkan produktivitas. Tujuan penelitian ini adalah pembuatan dan pengimplementasian alat bantu finishing perataan tanah dengan software Arduino IDE dan mikrokontroler Atmega 328 pada unit alat berat Dozer D3K Caterpillar. Penempatan rangkaian komponen dari *Grade Monitoring Assist* ini diantaranya yaitu pada *ultrasonic sensor* pada bagian *lift cylinder, gyro and accelerometer* pada bagian atas tengah dari blade, serta display yang menampilkan hasil nilai pembacaan parameter. Penghubung antar komponen pada *Grade Monitoring Assist* digunakan kabel yang mengintegrasikan semua komponen yang dipasang. Hasil pengujian pergerakan posisi naik dan turun blade untuk mendapatkan nilai akurasi 97,30% dan error 2,70%. Sedangkan pergerakan posisi turun blade nilai akurasi 96,50% dan error 2,50%. Dan Pengujian dengan mengerakkan blade sesuai sudut pergerakan implemen pada posisi *blade maximum angle (either side)* nilai error rata-rata 1,48°, *cutting ditches (angle V)* nilai error rata-rata 0,676°.

Kata Kunci: *mikrokontroler, arduino, grade monitoring assist, operator dozer, Caterpillar D3K*

1. Pendahuluan

Dalam pengoperasian dozer sebagian operator masih mengandalkan *felling* atau perkiraan berdasarkan pengalaman yang telah diperoleh. Dalam hal lain operator yang masih belum berpengalaman akan membutuhkan penyesuaian dalam pengoperasian dozer. Hal ini dapat menimbulkan masalah seperti *downtime* yang terjadi, serta *cycle time* yang kurang maksimal. Oleh karena itu, perlu adanya alat ukur yang dapat membantu melakukan pemantauan dalam pengoperasian dozer yang dikhususkan pada pekerjaan perataan pada tahap penyelesaian akhir untuk perataan permukaan. Proses *finishing* perataan dan penyebaran tanah merupakan hal memerlukan tingkat akurasi dan kecepatan dalam proses pekerjaannya. Hal ini menuntut adanya penggunaan teknologi yang diintegrasikan dengan unit alat berat khususnya pada unit dozer [1].

Berdasarkan informasi laporan dari PT Adimitra Baratama Nusantara (2018), bahwa dengan adanya penggunaan teknologi alat bantu perataan tanah yang dipasang pada unit mereka yang menggunakan teknologi SITECH, dapat mengefisienkan waktu dan mempermudah operator dalam melakukan pekerjaan [2]. Selain itu penggunaan alat bantu lain yang mulai diintegrasikan pada unit alat berat generasi terbaru

yaitu *Cat Accu Grade* yang digunakan oleh *Caterpillar* [3], *intelligent machine control* yang digunakan oleh Komatsu dan *smart grade* yang digunakan John Deere [4][5][6][7].

Dari beberapa penggunaan teknologi yang dipasang pada unit alat berat model terbaru tersebut mengindikasikan monitoring pengoperasian berbasis teknologi perlu dilakukan. Oleh karena itu, pembuatan alat pemantauan perataan tanah unit dozer berbasis mikrokontroler Arduino Atmega 328 dapat membantu untuk menunjang kinerja dari pengoperasian dozer. Alat yang dibuat semi permanen ini merupakan *grade monitoring assist* yang merupakan alat bantu pemantauan nilai parameter pergerakan implement dalam pengoperasian dozer, tidak untuk pengontrolan otomatis unit dozer.

Dari banyak penelitian penggunaan *microcontroller* arduino dan sistim sensor selalu dilakukan untuk melakukan sistim pengendalian dengan berbagai tujuan obyek, sebagai rujukan penulis dalam penelitian terdahulu adalah penelitian menggunakan dua sensor (*accelerometer* dan *gyroscope*) untuk mendapatkan pembacaan data yang stabil dan handal pada implementasi robot keseimbangan beroda dua [8][9][10], menggunakan giroskop untuk mengukur kecepatan sudut (rad/s) [11], pendeteksian pengendalian dengan menggunakan sensor ultrasonik [12][13][14]. Begitu pula penggunaan secara manual dalam mengendalikan pergerakan pesawat tanpa awak yang dikendalikan mikrokontroler dengan mengolah data-data *gyroscope* dan *accelerator* sensor untuk mengarahkan pesawat dari satu titik ke titik lain [15]. Inilah yang membuat penulis kemudian mencoba memanfaatkan mikrokontroler arduino dan komponen pendukung lainnya seperti *gyroscope* dan *accelerator sensor*, *ultrasonic sensor*, *plat reflector* yang merupakan komponen utama dari alat *grade monitoring assist*. Tujuan penelitian ini adalah pembuatan dan pengimplementasian alat bantu finishing perataan tanah dengan software Arduino IDE dan mikrokontroler Atmega 328 pada unit alat berat Dozer D3K Caterpillar.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam pembuatan alat *Grade Monitoring Assist* ini berdasarkan studi literatur data yang diperoleh dari observasi langsung pada unit yang digunakan untuk mengaplikasikan alat ini. Setelah data dikumpulkan dan penempatan rancangan alat pada unit telah ditentukan barulah penulis melakukan riset untuk desain dari peletakan posisi alat yang akan ditempatkan serta bentuk rancangan dari alat *Grade Monitoring Assist* ini. Metode ini akan membantu penulis dalam melakukan pembuatan alat mulai dari awal sampai dengan alat ini dioperasikan sebagai alat bantu dalam pengoperasian dozer dalam hal perataan tanah. Untuk mengimplementasikan sistem alat parameter perataan tanah berbasis mikrokontroler ini beberapa tahap harus dilaksanakan. **Gambar 1** memperlihatkan *flow chart diagram* yang merupakan tahapan yang dilakukan dalam perancangan program dan pembuatan alat, diawali dengan studi literatur untuk mencari sistem yang tepat untuk digunakan, sampai pada pengambilan keputusan apakah alat berfungsi sesuai dengan yang diinginkan atau tidak.

Gambar 1. Flow chart penelitian dan prodesure pengujian alat *Grade Monitoring Assist*

Sumber: Dokumen pribadi, 2021

Prosedur Penelitian

Metode pengumpulan data yang digunakan yaitu dengan melakukan pengukuran perbandingan antara peletakan dari alat yang akan dibuat dengan implemen unit yang akan digunakan sebagai parameter pembacaan. Hal ini dilakukan untuk menyamakan hasil pembacaan yang akan ditampilkan pada *display*. Pengukuran dilakukan pada *cylinder lift*, yaitu pengukuran untuk mengetahui panjang dari *lift cylinder* pada posisi *blade* normal. Kemudian dilanjutkan pengukuran panjang *lift cylinder* setiap *blade* dinaikkan atau diturunkan 10 cm hingga menemukan posisi maksimum *exstand* dan *retrack* pada *lift cylinder*.

Gambar 2. Pengambilan data pada *cylinder rod*
Sumber: Data penelitian, 2021

Gambar 3. Penempatan *ultrasonic sensor*
Sumber: Data penelitian, 2021

Kemudian penempatan posisi dari *gyroscope & accelerometer* sensor yang digunakan untuk pembacaan *Blade Maximum Either Side Angle* dan *Blade Cutting Ditch Angle* ditempatkan pada bagian tengah atas pada *blade* yang ada pada *Track Type Tractor D3K*. Hal ini ditujukan agar pembacaan dari posisi *Maximum Either Side Angle* dan *Cutting Ditches Angle* menjadi lebih akurat.

Gambar 4. Penempatan *Gyro & Accelerometer Sensor*
Sumber: Data penelitian, 2021

Rangkaian dari komponen mikrokontroler yang digunakan sebagai bagian dari rancangan dalam pembuatan *Grade Monitoring Assist* ini terdiri dari beberapa komponen diantaranya *Arduino Atmega328*, *Ultrasonic Sensor*, *Gyroscope & Accelerometer Sensor*, *LCD*, *Buzzer*, *Stepdown*, *Switch*, *Rotary Encoder*, dan *Battery*, ditampilkan melalui rangkaian pada **Gambar 5**.

Gambar 6. Rangkaian komponen Mikrokontroler
Sumber: Data penelitian, 2021

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian alat melalui perbandingan pengujian kinerja alat dengan pengukuran menggunakan alat bantu lain, untuk menilai keakuratan dari pembacaan alat yang dibuat. Pengukuran dilakukan berulang hingga beberapa kali percobaan untuk mengetahui perbandingan hasil perhitungan penggunaan alat *Grade Monitoring Assist* dengan pengukuran manual dengan *tools* dan bantuan *software* derajat yang ditentukan dan akan dihitung tingkat akurasi dari alat.

Perbandingan menggunakan kelipatan kenaikan *blade* setiap 10 cm dari tanah hingga nilai kenaikan maksimal sesuai spesifikasi sebagai acuan dari alat untuk mengetahui presentasi *error* dan presentasi akurasi pada alat. Data ditampilkan pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

Tabel 1. Pengukuran ketinggian *blade*

No.	Ukuran Sebenarnya (cm)	Hasil Pembacaan Alat (cm)					Rata-rata (cm)	Error %	Akurasi %
		I	II	III	IV	V			
1.	10	12	11	10	11	12	11	10%	90%
2.	20	19	20	20	21	21	20,2	1%	99%
3.	30	31	31	30	31	30	30,6	2%	98%
4.	40	42	41	41	40	41	41	2,50%	97,50%
5.	50	51	51	50	51	52	51	2%	98%
6.	60	62	60	60	61	61	60,8	1,40%	98,60%
7.	70	72	70	71	70	71	70,8	1,20%	98,80%
8.	75	76	76	76	75	77	76	1,40%	98,60%
Rata-rata								2,70%	97,30%

Sumber: Data penelitian, 2021

Berdasarkan **Tabel 2** menunjukkan hasil pengujian pergerakan posisi naik *blade* dengan pergerakan nilai mulai dari 10 cm hingga 75 cm dengan selisih setiap kenaikan nilai 10 mendapatkan nilai akurasi 97,30% dan *error* 2,70%.

Tabel 2. Pengukuran kedalaman *blade*

No	Ukuran Sebenarnya (cm)	Hasil Pembacaan Alat (cm)					Rata-rata (cm)	Error %	Akurasi %
		I	II	III	IV	V			
1	10	12	11	10	12	11	11	10%	90%
2	20	22	20	20	21	21	20,8	1%	99%
3	30	31	31	32	31	30	31	3,4%	96,6%
4	40	42	41	41	40	41	41	2,50%	97,50%
5	50	51	51	50	51	52	51	2%	98%
6	54	55	55	56	54	55	55	1,90%	98,10%
Rata-rata								3,50%	96,50%

Sumber: Data penelitian, 2021

Berdasarkan **Tabel 2** menunjukkan hasil pergerakan posisi turun *blade* dengan pergerakan nilai mulai dari 10 cm hingga 54 cm dengan selisih setiap kenaikan nilai 10 mendapatkan nilai akurasi 96,50% dan error 2,50%.

Untuk hasil pengujian pergerakan *up and down blade* yang dilakukan untuk mengetahui keakuratan dari hasil pembacaan yang dilakukan oleh alat *Grade Monitoring Assist*. Pada tahap pengujian ini dilakukan pengujian untuk pergerakan posisi *blade maximum angle (either side)*, *cutting ditches (angle V)* dan *pitch* saat operator menggerakkan *implement*. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran manual dan dengan mengukur menggunakan alat *Grade Monitoring Assist*. Alat pembanding yang digunakan dalam pengukuran lainnya yaitu aplikasi *waterpass*. Data ditampilkan pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**.

Tabel 3. Hasil pengukuran sudut *maximum angle (either side)*

No.	Ukuran Sebenarnya (°)	Hasil Pembacaan Alat (°)					Rata-rata (°)	Error (°)
		I	II	III	IV	V		
1.	5°	6°	7°	6°	6°	7°	6,4°	1,4°
2.	10°	11°	11°	12°	12°	11°	11,4°	1,4°
3.	15°	16°	16°	17°	16°	17°	16,4°	1,4°
4.	20°	21°	22°	22°	22°	21°	21,6°	1,6°
5.	25°	26°	26°	27°	27°	27°	26,6°	1,6°
Jumlah rata-rata								1,48°

Sumber: Data penelitian, 2021

Berdasarkan **Tabel 3** menunjukkan hasil pengujian dengan menggerakkan *blade* sesuai sudut pergerakan *implement* pada posisi *blade maximum angle (either side)*, *cutting ditches (angle V)*, dan *pitch*. Untuk *blade maximum angle (either side)* perbandingan hasil pembacaan pergerakan nilai sudut mulai dari sudut 5° hingga kelipatan 5 dari nilai sudut awal yang ditentukan, dengan selisih setiap kenaikan nilai 5° mendapatkan nilai *error* rata-rata dari alat *Grade Monitoring Assist* 1,48°.

Tabel 4. Hasil pengukuran sudut *Cutting Ditches (Angle V)*

No.	Ukuran Sebenarnya (°)	Hasil Pembacaan Alat (°)					Rata-rata (°)	Error (°)
		I	II	III	IV	V		
1.	0°	0,7°	0,6°	0,7°	0,7°	0,8°	0,7°	0,7°
2.	1°	1,6°	1,7°	1,6°	1,6°	1,7°	1,64°	0,64°
3.	2°	2,4°	2,7°	2,6°	2,7°	2,7°	2,62°	0,62°
4.	3°	3,4°	3,6°	3,7°	3,8°	3,6°	3,62°	0,62°
5.	4°	4,7°	4,6°	4,7°	4,7°	4,8°	4,7°	0,7°
6.	5°	5,6°	5,6°	5,7°	5,7°	5,6°	5,64°	0,64°
7.	6°	6,7°	6,8°	6,8°	6,7°	6,7°	6,74°	0,74°
8.	7°	7,8°	7,5°	7,5°	7,8°	7,7°	7,66°	0,66°
Jumlah rata-rata								0,66°

Sumber: Data penelitian, 2021

Berdasarkan **Tabel 4** menunjukkan hasil pengukuran untuk *cutting ditches (angle V)* perbandingan hasil pembacaan pergerakan nilai sudut mulai dari sudut 0° hingga posisi 7°, dengan selisih setiap kenaikan sudut 1° maka didapatkan nilai *error* rata-rata dari alat *Grade Monitoring Assist* 0,665°.

5. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa alat *Grade Monitoring Assist* dapat menggunakan *power source* berupa 2 buah battery 18650 yang dirangkai secara seri. Unit dapat dipasang alat *Grade Monitoring Assist* tanpa mengganggu sistem lain atau mengubah sistem pada unit. Alat *Grade Monitoring Assist* dapat melakukan kalibrasi secara otomatis sebelum alat dinyalakan untuk memastikan alat yang baru dinyalakan memulai perhitungan mulai dari posisi yang ditentukan pada saat alat dipasang.

Sistem peringatan (*warning*) berupa bunyi buzzer dan nyala lampu LED yang dimaksudkan pada saat nilai parameter melewati atau tidak sesuai dengan nilai yang sebelumnya diset-up sebelum dilakukan pengoperasian unit. Untuk melindungi module dari debu atau kotoran digunakan *case* yang cukup melindungi bagian *hardware module*, selain itu kabel juga telah dilindungi oleh *cable manager* untuk melindungi dari kotoran debu agar kabel terlihat lebih rapi. Alat dapat dilakukan pemasangan dengan mudah karena dapat langsung ditempelkan pada bagian yang telah ditentukan, untuk *case* yang menggunakan magnet sebagai sarana pemasangannya seperti *case display* dan *gyro* serta *accelerometer sensor*. Atau dapat dikencangkan bagi *case* yang menggunakan belt sebagai sarana pemasangannya seperti *case ultrasonic sensor*. Baterai yang digunakan pada alat *Grade Monitoring Assist* cukup mampu untuk digunakan karena dapat bertahan cukup lama yaitu 25 jam lebih menurut perhitungan.

6. Referensi

- [1] Satriawan, N. Budi, "Optimalisasi produktivitas dan kinerja alat berat dengan analisa data real time parameter," *Prosiding Temu Profesi Tahunan XXVIII Perhapi*, 2019.
- [2] GNSS Antennas for Construction, SITECH-products. "Increase Productivity with The Latest Positioning Technology," *Product Catalog. Uni Emirate Arab*. November 2017
- [3] Asia Pasific Learning, "Earthmoving Concept," *PT Trakindo Utama. Bogor. Departement Training Center*. 2013.
- [4] K. Hayashi, K. Shimada, E. Ishibashi, K. Okamoto, and Y. Yozenewa, "Development of D61EXi/PXi-23: Bulldozer with automatic control system of work equipment," *Komatsu Technical Report*, vol. 59 (166), pp. 1-8, 2013.
- [5] Q. Song, W. J. Wang, C. Jia, Y. L. Yao, and S. B. Wang, "Research on fuel consumption of hybrid bulldozer under typical duty cycle," In: *Mechanical Engineering and Control Systems: Proceedings of 2015 International Conference on Mechanical Engineering and Control Systems (MECS2015)*. Pp. 54-57, 2016.
- [6] A. Bulgakov, S. Emelianov, T. Bock, & G. Tokmakov, "Adaptive control of bulldozer's workflows," *In ISARC. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, Vol. 33, pp. IAARC Publications, 2016.
- [7] M. S. Korytov, V. S. Shcherbakov, and V. V. Titenko, "Effect of the angles of the earth-moving machine moldboard on the cross slope of the graded surface," *In Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1210, No. 1, pp. 012070, IOP Publishing, 2019.
- [8] G. Bobby, E. Susanto, and FY Supratman, "Implementasi Robot Keseimbangan Beroda Dua Berbasis Mikrokontroler," *J. ELKOMIKA*, vol. 3 (2), pp. 2338-8323, 2015.
- [9] R. Bimarta, A.E. Putra, and A. Dharmawan, "Balancing Robot Menggunakan Metode Kendali Proporsional Integral Derivatif," *IJEIS Indones. J. Electron. Instrum. Syst*, vol. 5, no. 1, pp. 89, 2015.
- [10] M. Junaedi, "Balancing Robot Beroda Dua Dengan Menggunakan Sensor Gyroscope Berbasis Arduino Uno (Doctoral dissertation, Universitas Mataram), 2018.
- [11] R. Bimarta, A Eko Putra, dan A. Dharmawan, "Balancing robot menggunakan metode kendali proporsional integral derivatif," *J. IJELIS*, vol. 5 (1), hal. 2088-3714, 2015.
- [12] L.Y. Priyoprahastyo, A. Rusdinar, and E. Susanto, "Design and Implementation of Collision Avoidance for Automated Guided Vehicle (AGV) Using Ultrasonic Sensors with Fuzzy Logic Methods," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 2 (2), p. 1995, 2015.
- [13] I. Waldy, A. Rusdinar, and E. Estanto, "Design and Implementation System Automatic Guided Vehicle (AGV) Using RFID for Position Information," *Journal of Measurements, Electronics, Communications, and Systems*, vo. 1, no. 1, D1-6, 2015.

- [14] L. Y. A. Priyoprahasto, A. Rusdinar, and E. Susanto, "Perancangan Dan Implementasi Sistem Pencegah Tabrakan Pada Automated Guided Vehicle (AGV) Menggunakan Sensor Ultrasonik Dengan Metode Logika Fuzzy," *Proceedings of Engineering*, vol. 2, no. 2, 2015.
- [15] E. Aprilian, "Pengembangan Sistem Pendaratan Otomatis Pada Pesawat Tanpa Awak. Fakultas Teknologi Industri," Tugas Akhir, Jurusan Elektro, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya. 2017.