

Implementasi Sensor Thermocouple Berbasis Telemetri Untuk Mengukur Thermal Pembakaran Propelan Roket

Adiguna Yudhanto ^{a,1,*}, Anggraini Puspita Sari ^{a,2}, Nur Rachman ^{b,3}, Subairi ^{a,3}

^aTeknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Malang, Jl. Terusan Raya Dieng 62-64, Indonesia

^bDepartemen Optik dan Hidrolik, Lembaga Pengkajian Teknologi Angkatan Darat, Junrejo, Batu, Indonesia

¹ adigunayudhanto@gmail.com*;

* Penulis Koresponden

INFO ARTIKEL

Histori Artikel

Pengajuan 2 Januari 2020

Diperbaiki 15 Maret 2020

Diterima 1 Mei 2020

Kata Kunci

Sensor Thermocouple

Telemetri

Arduino Uno

Borland Delphi

ABSTRAK

Telemetri adalah proses pengukuran parameter suatu obyek (benda, ruang, kondisi alam) yang hasil pengukurannya di kirimkan ke tempat lain melalui kabel maupun tanpa menggunakan kabel (*wireless*). Penelitian ini bertujuan merancang suatu sistem telemetri *wireless* yang digunakan untuk mengukur panas dari pembakaran propelan roket yang dilengkapi dengan perekam data berupa program *database*, hasil pengukuran tersebut akan ditampilkan pada laptop dalam bentuk tabel dan grafik. Sistem alat terbagi dua bagian yaitu Unit pengirim terdiri dari sensor *Thermocouple* tipe K, modul MAX6675, Mikrokontroler Arduino Uno, modul telemetri pixhawk 433 MHz, modul microSD, *Accu* 12 V dan *driver relay*. Unit penerima terdiri dari Modul RX telemetri pixhawk 433 MHz, Laptop dan bahasa pemrograman Borland Delphi. Uji coba alat menggunakan propelan dengan berat 100 gram. Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk menerapkan salah satu sistem komunikasi data secara *wireless* menggunakan modul radio frekuensi kepada mahasiswa. Selain itu untuk memperkenalkan lebih jauh tentang pengaplikasian sensor *Thermocouple* berbasis telemetri untuk pengukuran panas pada proses pembakaran propelan roket yang lebih aman, akurat dan efisien.

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



1. Pendahuluan

Pada dasarnya roket adalah salah satu wahana yang bekerja berdasarkan perubahan tenaga panas menjadi tenaga kinetis. Tenaga panas yang timbul berasal dari proses pembakaran di ruang bakar roket. Pada proses tersebut dihasilkan gas yang bertemperatur tinggi yang berakumulasi di ruang bakar dan menimbulkan tekanan sebagai tekanan pembakaran. Kecepatan gas pancar yang keluar dari nosel dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya adalah jenis bahan bakar, temperatur pembakaran, tekanan pembakaran, luas nosel, dan faktor-faktor lain.[1]

Salah satu syarat propelan yang baik yaitu memiliki temperatur pembakaran yang tinggi. Dalam hal ini penulis akan mengaplikasikan sensor *thermocouple* untuk mengubah panas pembakaran menjadi tegangan listrik yang kemudian data panas tersebut akan

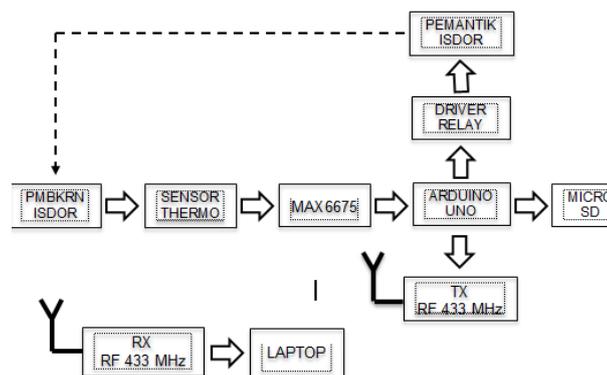
dikirimkan melalui telemetri berupa modul radio frekuensi. Telemetri *wireless* dapat memberi kemudahan dalam pengukuran [2][3], pemantauan dan mengurangi hambatan untuk mendapatkan informasi. Oleh karena itu, penulis merancang alat ukur panas dengan menggunakan sensor *thermocouple* [4][5], dan telemetri radio frekuensi sebagai komunikasi data antara mikrokontroler arduino uno yang kemudian ditampilkan ke laptop berupa data tabel dan grafik yang dapat di lihat secara *real time*, kemudian data tersebut secara otomatis akan tersimpan di dalam *database* aplikasi dan di dalam modul *microSD*[6].

2. Metode penelitian

Metode adalah sebuah cara atau rangkaian yang digunakan untuk menyelesaikan masalah. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan metode telemetri, metode ini digunakan untuk pengiriman data temperatur agar dapat ditampilkan secara *realtime*[7].

2.1 Skema Arsitektur Perancangan

Skema arsitektur dalam alat ini akan merancang suatu alat ukur *thermal* pembakaran propelan roket berbasis telemetri, sehingga hasilnya dapat dilihat secara *realtime*[8]. Pada perancangan alat ini akan dijelaskan cara kerja alat melalui blok diagram pada gambar 1.



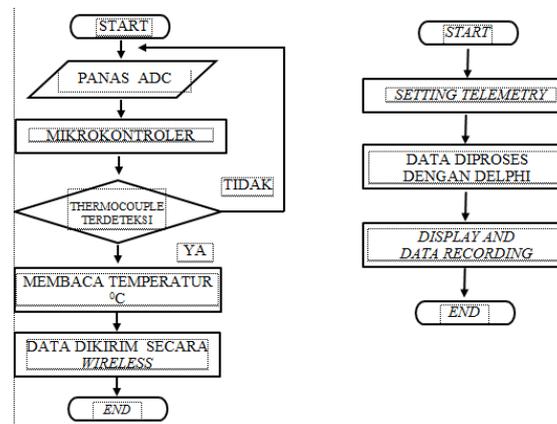
Gambar 1. Diagram blok sistem

Berdasarkan blok diagram yang ditunjukkan dalam Gambar.1 dapat diketahui sistem kerja dari alat adalah sebagai berikut:

1. Program yang ada pada laptop terdapat tombol untuk mengontrol *driver relay*. *Driver relay* berfungsi memberikan tegangan terhadap pemantik yang kemudian akan membakar isian dorong.
2. Sensor *thermocouple* tipe K akan mendeteksi kondisi temperatur pada saat pembakaran propelan.
3. Pada sensor *thermocouple* digunakan penguat MAX6675 [9] yang juga berfungsi sebagai ADC.
4. Dari data yang diperoleh sensor, akan diolah oleh mikrokontroler arduino yang selanjutnya akan dikirim menuju laptop melalui modul radio frekuensi 433 MHz [10] yang terhubung pada mikrokontroler. Selain dikirimkan melalui *wireless* data tersebut juga akan tersimpan ke dalam modul *microSD*[11][12].
5. Kemudian hasilnya akan ditampilkan pada monitor dengan bantuan program *Borland Delphi* berupa grafik dan tabel secara *realtime*. Data yang dikirimkan akan di simpan di dalam *database* dengan menggunakan *microsoft access*.

2.2 Diagram Alir Program

Diagram alir program berfungsi untuk memudahkan penulis dalam menganalisa program cara kerja alat. Gambar 2 menunjukkan diagram alir program.



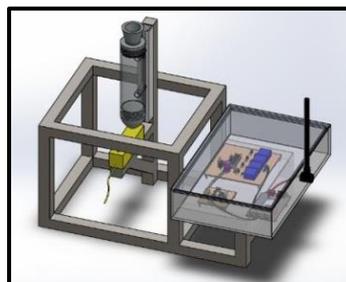
Gambar 2. Diagram alir program

2.3 Rancangan Sistem

Perancangan alat ini terdiri dari perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perancangan perangkat keras dalam sistem ini meliputi perancangan mekanik alat seperti *chamber* roket [13][14] dan penyangga agar roket dapat berdiri vertikal dan perancangan elektronika. Perangkat lunak meliputi perancangan aplikasi untuk menampilkan data temperatur di dalam laptop dalam bentuk tabel dan grafik yang dapat dilihat secara *realtime* pada saat pengujian alat. Dalam perancangan aplikasi ini digunakan bahasa pemrograman Borland Delphi 7.0 dan *microsoft access* sebagai *database* penyimpanan data hasil uji coba [15].

2.4 Perencanaan Mekanik

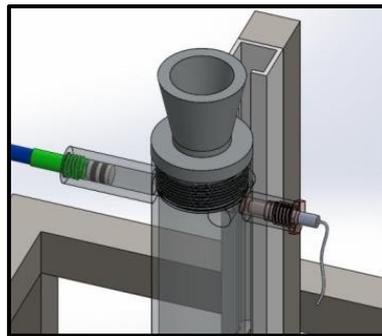
Mekanik yang direncanakan adalah tempat untuk penyangga roket agar dapat berdiri vertikal pada saat pengujian berlangsung. Tempat ini berbentuk persegi dengan panjang 40 cm, lebar 40 cm, dan tinggi 50 cm, di bentuk dengan menggunakan besi pipa berbentuk persegi. Pada bagian samping alat terdapat kotak yang berisi rangkaian elektronika yang terdiri dari mikrokontroler dan baterai [16]. Gambar 3. menunjukkan perancangan mekanik alat yang akan dibuat.



Gambar 3. Perancangan Mekanik

2.5 Perencanaan Chamber

Chamber yang direncanakan terbuat dari bahan *stainless steel* dengan tebal 5 mm, sehingga sangat kuat untuk menahan panas dan tekanan gas yang dihasilkan dari pembakaran isian dorong. Adapun *chamber* tersebut berupa tabung dengan panjang 22 cm, diameter 5 cm dengan berat 2 kg[16][17]. Pada bagian nozel lubang di buat dengan diameter 10 mm, Pada dinding tabung di beri lubang untuk sensor *thermocouple*. Gambar 4. menunjukkan desain *chamber* roket.



Gambar 4. Chamber roket

2.6 Perencanaan Propelan

Ada beberapa tahap yang harus dilakukan dalam pembuatan propelan, yaitu penyiapan bahan sebagai berikut:

1. Menentukan konfigurasi/bentuk propelan yaitu menggunakan bentuk propelan silinder.
2. Menentukan massa propelan, tiap propelan yang akan dibuat mempunyai massa total 100 gram.
3. Bahan dasar yang digunakan untuk membuat propelan yaitu Potasium Nitrat (KNO_3) dan Sukrosa ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)[18].
4. Kedua bahan tersebut di campur dengan perbandingan 50% Potasium Nitrat dan Sukrosa 50%, kemudian bahan tersebut dipanaskan, jika telah meleleh kemudian dicetak ke dalam cetakan menggunakan pipa paralon[19].
5. Propelan didiamkan hingga dingin dan mengeras kemudian keluarkan dari cetakan, setelah itu propelan siap untuk diuji.

2.7 Perencanaan Aplikasi

Perancangan aplikasi pada laptop menggunakan *software* pemrograman Borland Delphi 7.0. Data *thermal* yang dikirimkan melalui radio frekuensi akan diterima oleh *receiver* pada laptop kemudian data tersebut akan diolah dan ditampilkan di dalam bentuk grafik dan tabel. Di dalam aplikasi tersebut akan tercatat lamanya proses pembakaran dan temperatur pembakaran dan kemudian data hasil uji coba tersebut akan secara otomatis tersimpan di dalam *database*[20].

3. Hasil dan Analisis

Setelah perancangan alat selesai, maka dilakukan pengujian agar alat yang telah dirancang dan dibuat dapat berjalan seperti yang telah direncanakan. Pengujian dilakukan untuk membandingkan hasil perancangan teoritis dengan hasil percobaan atau pengujian. Dari

Adiguna Yudhanto (Implementasi Sensor Thermocouple Berbasis Telemetry Untuk Mengukur Thermal Pembakaran Propelan Roket)

hasil pengujian dapat diketahui apakah alat telah bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan[21].

3.1 Hasil Pengujian Telemetry

Dalam pengujian ini dilakukan pada jarak yang bervariasi antara modul pengirim dan penerima. Tabel 3.1. menunjukkan hasil pengujian telemetry.

Tabel 3.1 Hasil pengujian modul telemetry.

Jarak (m)	Tx	Rx	Ket
100	Terkirim	Diterima	521 Data
150	Terkirim	Diterima	521 Data
200	Terkirim	Diterima	22 Data
300	Terkirim	Diterima	3 Data

Berdasarkan hasil pengujian jarak modul telemetry yang telah dilakukan pada jarak 100 – 300 meter. Jarak kerja efektif alat adalah pada jarak 100 meter, karena pada jarak ini data temperatur yang dikirimkan dapat diterima oleh laptop dengan baik, sehingga bentuk grafik yang dihasilkan dapat dilihat secara spesifik. Sedangkan pada jarak 200 dan 300 meter proses pengiriman data menjadi lambat sehingga data yang dikirimkan tidak dapat diterima oleh laptop dengan baik. *Delay* yang terjadi pada pengujian jarak ini menjadi lebih lama dan data yang diterima menjadi tidak akurat, hal ini mengakibatkan bentuk grafik pengukuran tidak dapat dianalisis.

3.2 Hasil Pengujian Sensor *Thermocouple*

Pada pengujian sensor ini dilakukan dengan memberikan panas yang tingginya sesuai dengan kemampuan maksimum sensor.

Tabel 3.2. Hasil pengujian *thermocouple* [22]

Pembacaan Temperatur (°C)	Pembacaan Thermocouple (mV)	DataSheet (mV)
530	22,0	21,924
520	21,4	21,497
510	21,0	21,071
500	20,9	20,644
490	20,2	20,218
480	19,8	19,792
470	19,4	19,366
460	18,9	18,941
450	18,6	18,516
440	17,8	18,091

Berdasarkan *datasheet* sensor *thermocouple* tipe K, tegangan output yang dikeluarkan oleh sensor sangatlah kecil, ini dibuktikan dengan uji coba sensor *thermocouple* ketika mendeteksi suhu ruang disekitarnya dan output yang dihasilkan hanya 0,05 mV. Perubahan tegangan output tersebut tergantung dengan suhu yang dideteksi oleh sensor *thermocouple*. Semakin tinggi temperatur yang terdeteksi semakin tinggi tegangan outputnya[23].

3.3 Hasil Pengujian Modul MAX6675

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui akurasi penguatan dari penguat instrumentasi. Sensor temperatur *thermocouple* akan mendeteksi perubahan temperatur, kemudian akan mengirim ke IC MAX6675. IC MAX6675 akan menerima sinyal dari sensor berupa sinyal analog, selanjutnya sinyal analog tersebut diubah menjadi sinyal digital dan diteruskan ke mikrokontroler arduino. Mikrokontroler akan mengolah sinyal yang diterima dari IC MAX6675 menjadi satuan variabel berupa besaran temperatur. Besaran temperatur yang dihasilkan oleh mikrokontroler selanjutnya dikirimkan secara *wireless* kemudian ditampilkan pada laptop sebagai hasil pengukuran. Modul MAX6675 juga berfungsi sebagai ADC. Pada pengujian ini dilakukan pengambilan data dengan cara mengukur tegangan masukan kemudian dikonversi ke dalam bilangan biner[24].

3.4 Hasil Pengujian Keseluruhan

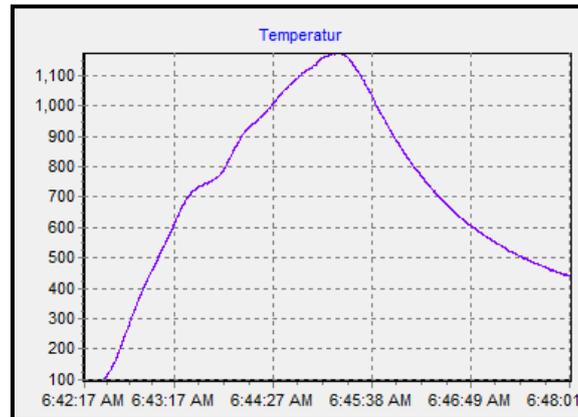
Pengujian sistem secara keseluruhan. dilakukan dengan cara menggabungkan seluruh blok rangkaian menjadi satu, sehingga sistem akan diuji secara lengkap untuk mengetahui data yang dikirim oleh rangkaian *transmitter* dan yang akan diterima oleh sistem *receiver* kemudian ditampilkan pada aplikasi *realtime* dalam bentuk tabel dan grafik. Pengujian sistem keseluruhan ini menggunakan tiga variasi jarak yaitu 100, 200 dan 300 meter. Dan menggunakan 3 jenis propelan yang berbeda dengan berat yang sama. Tabel 3.3. menunjukkan temperatur hasil pembakaran.

Tabel 3.3. Temperatur hasil pembakaran

Komposisi Propelan (gr)	Jarak (m)	Suhu (°C)	Waktu (ms)
KNO ₃ Dan Sukrosa 100 Gram	100 m	93	8.377
		112	25.819
		381	32.771
		511	35.551
		701	40.48
		950	52.234
		1005	72.078
		1104	97.608
		1127	106.329
		1131	108.983
		1143	113.786
		1091	122.253
		810	138.811
		775	141.604
		699	150.59
		597	169.271
		499	205.924
477	217.299		
460	228.42		
451	235.877		

Temperatur maksimum yang dibaca oleh sensor adalah 1143⁰ C pada waktu 113 ms. Gambar 3.1. menunjukkan grafik pengukuran temperatur pembakaran. Jarak yang digunakan antara *transmitter* dan *receiver* adalah 100 meter. Komposisi propelan yang digunakan yaitu KNO₃, dan Sukrosa. Perbandingan komposisi bahan tersebut yaitu 40 % Potassium Nitrat (KNO₃), dan 60% sukrosa, dengan berat total propelan 100 gram. Temperatur maksimum yang dibaca oleh sensor adalah 1143⁰ C pada waktu 113 ms. Data yang diterima oleh laptop hampir

tidak mengalami gangguan karena tidak ada *delay* ataupun data yang hilang pada saat pengujian berlangsung



Gambar 3.1. Grafik Pengukuran

4. Kesimpulan

Setelah melalui tahap perencanaan, pembuatan dan pengujian alat ukur thermal pembakaran propelan roket berbasis telemetri. Terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan, yaitu:

1. Jarak kerja efektif modul telemetri yang digunakan yaitu pada jarak 0 – 150 meter. Jarak diatas 150 meter sinyal menjadi lemah sehingga proses pengiriman data mengalami delay dan mengakibatkan bentuk grafik yang dihasilkan tidak dapat di analisa.
2. Dari hasil pengujian sensor *thermocouple* tipe K didapatkan suhu maksimal dari pembakaran yaitu 1143 °C, dari data temperatur tersebut dapat diketahui output data ADC dengan menggunakan persamaan 2.3. setelah di hitung maka bilangan biner yang didapat adalah 111100111101. Kemudian bilangan biner tersebut dikirimkan ke laptop secara *wireless* menggunakan modul radio frekuensi.
3. Dari hasil uji coba alat secara keseluruhan menggunakan variasi jarak dan komposisi propelan, didapatkan pada jarak 100 meter jarak kerja efektif modul telemetri. Data yang ditampilkan pada grafik tidak mengalami gangguan, pada uji coba alat jarak 200 meter data yang diterima mengalami gangguan karena transmisi data sering mengalami *loss connect*, sehingga banyak data yang hilang. Dan grafik yang dihasilkan menjadi tidak beraturan.

Setelah mendapatkan data pada uji coba alat maka terdapat beberapa kekurangan dari alat tersebut. Beberapa saran penulis untuk kemajuan penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Pada lubang nosel hendaknya dibuat bervariasi dengan ukuran yang berbeda, sehingga dapat menjadi bahan perbandingan pada saat melaksanakan uji coba.
2. Menggunakan media *telemetri* yang memiliki jarak jangkauan yang lebih jauh, agar faktor keamanan dapat lebih terjamin dan data yang dikirim tetap akurat.
3. Sensor *thermocouple* yang digunakan sebaiknya sensor yang memiliki *range* panas diatas 3000° C agar temperatur yang diukur dapat lebih luas.

Daftar Pustaka

- [1] M. Chawari And L. Satibi, "Analisis Banding Propelan Polisulfida Roket Rx-150 Dengan Roket Super Loki Dart," *Maj. Lapan*, Vol. 2, No. 2, 2011.
- [2] F. Djuandi, "Pengenalan Arduino," *E-Book. Www. Tobuku*, Vol. 24, 2011.
- [3] S. K. Sugiarto, I. Mujahidin, And A. B. Setiawan, "2, 5 Ghz Antena Mikrostrip Polarisasi Circular Model Patch Yin Yang Untuk Wireless Sensor," *Jeecae (Journal Electr. Electron. Control. Automot. Eng.)*, Vol. 4, No. 2, Pp. 297-300, 2019.
- [4] S. Wardoyo, R. Munarto, And V. P. Putra, "Rancang Bangun Data Logger Suhu Menggunakan Labview," *J. Ilm.ELIT. Elektro*, Vol. 4, No. 1, Pp. 23-30, 2013.
- [5] M. Wibowo, S. Suprayogi, And I. Mujahidin, "Rancang Bangun Sistem Pengamanan Rak Senjata M16 Menggunakan Rfid Dan Fingerprint," *Jasiek (Jurnal Apl. Sains, Informasi, Elektron. Dan Komputer)*, Vol. 1, No. 2, Pp. 134-142, 2019.
- [6] D. F. C. Kusuma, D. A. Prasetya, F. Kholid, And I. Mujahidin, "Evaluasi Database Senjata Untuk Sistem Keamanan Menggunakan Fuzzy Logic," *Jasiek (Jurnal Apl. Sains, Informasi, Elektron. Dan Komputer)*, Vol. 1, No. 2, Pp. 111-116, 2019.
- [7] M. T. Prakarsa, D. Wahyuni, N. Rachman, And I. Mujahidin, "Optimasi Sistem Komunikasi Dari Ht Dengan Hp Dalam Pelaksanaan Tugas Operasi Tni Ad Menggunakan Metode Dtmf," *Jasiek (Jurnal Apl. Sains, Informasi, Elektron. Dan Komputer)*, 2019.
- [8] I. Mujahidin, "Directional 1900 Mhz Square Patch Ring Slot Microstrip Antenna For Wcdma," *Jeemecs (Journal Electr. Eng. Mechatron. Comput. Sci.)*, 2019.
- [9] Maxim, *Cold Junction Compensated K Thermocouple To Digital Converter*. Maxim, China: Maxim Technology, 2013.
- [10] R. Audli, S. R. Sulistiyanti, And A. Trisanto, "Rancang Bangun Alat Ukur Portable 9 Titik Kecepatan Aliran Sungai (Open Channel) Nirkabel Berbasis Pc," *Electrician*, Vol. 8, No. 2, Pp. 68-81, 2014.
- [11] T. A. S, A. Rabi', D. Minggu, And I. Mujahidin, "Frequency Hopping Video Real Time Untuk Pengamanan Data Pengintaian Operasi Inteligence Tni," *Jasiek (Jurnal Apl. Sains, Informasi, Elektron. Dan Komputer)*, 2019.
- [12] C. A. Balanis, *Modern Antenna Handbook*. 2007.
- [13] G. Samosir, "Perhitungan Dan Perancangan Igniter Berbasis Kalkulasi Propulsi Roket (Studi Kasus Roket Rx-320)," *J. Teknol. Dirgant.*, Vol. 9, No. 2, 2011.
- [14] R. Jamil, L. Ming, I. Jamil, And R. Jamil, "Application And Development Trend Of Flue Gas Desulfurization (Fgd) Process: A Review," *Int. J. Innov. Appl. Stud. Issn*, 2013.
- [15] I. Mujahidin And B. F. Hidayatulail, "2.4 Ghz Square Ring Patch With Ring Slot Antenna For Self Injection Locked Radar," *Jeemecs (Journal Electr. Eng. Mechatron. Comput. Sci.)*, Vol. 2, No. 2, 2019.
- [16] I. Mujahidin, S. H. Pramono, And A. Muslim, "5.5 Ghz Directional Antenna With 90 Degree Phase Difference Output," 2018.
- [17] J. Lasmono, A. P. Sari, E. Kuncoro, And I. Mujahidin, "Optimasi Kerja Peluncur Roket Pada Robot Roda Rantai Untuk Menentukan Ketepatan Sudut Tembak," *Jasiek (Jurnal Apl. Sains, Informasi, Elektron. Dan Komputer)*, 2019.
- [18] M. Walid, N. Slaheddine, A. Mohamed, And B. Lamjed, "Modelling, Identification And Control Of A Quadrotor Uav," In *2018 15th International Multi-Conference On Systems, Signals And Devices, Ssd 2018*, 2018.
- [19] I. Mujahidin, D. A. Prasetya, Nachrowie, S. A. Sena, And P. S. Arinda, "Performance Tuning Of Spade Card Antenna Using Mean Average Loss Of Backpropagation Neural Network," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, 2020.
- [20] A. E. Pambudi, L. Maajid, J. Rohman, And I. Mujahidin, "Aplikasi Penggunaan Joystick Sebagai Pengendalian Remote Control Weapon Station (Rcws) Senjata Mesin Ringan (Smr)," *Jasiek (Jurnal Apl. Sains, Informasi, Elektron. Dan Komputer)*, Vol. 1, No. 2, Pp. 98-105, 2019.
- [21] R. Bimarta, A. E. Putra, And A. Dharmawan, "Balancing Robot Menggunakan Metode Kendali Proporsional Integral Derivatif," *Ijeis (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.)*, 2015.
- [22] K. Pinem, "Analisis Kinerja Teoritik Dan Uji Statik Motor Rx-250-2000 Propelan Htpb Konfigurasi Bintang-7," *War. Lapan*, Vol. 4, No. 2, 2010.
- [23] R. Yuwono, I. Mujahidin, A. Mustofa, And Aisah, "Rectifier Using Ufo Microstrip Antenna As Electromagnetic Energy Harvester," *Adv. Sci. Lett.*, 2015.
- [24] M. Ali, "Kontrol Kecepatan Motor Dc Menggunakan Pid Kontroler Yang Ditunning Dengan Firefly Algorithm," *Intake J. Penelit. Ilmu Tek. Dan Terap.*, 2012.