

**PENGEMBANGAN SISTEM INDIKATOR BAHAN BAKAR WAHANA
KENDALI RKX-200TJ**

***DEVELOPMENT OF FUEL INDICATOR SYSTEM FOR HIGH SPEED
UAV RKX-200TJ***

Rahmat Mirza Zulfikar^{*1}, Islami Galang Ilman^{*2}, Andreas P. Adi^{*3}
¹²³Pusat Teknologi Roket LAPAN
mirza.zulfikar@lapan.go.id

Abstrak

Pusat Teknologi Roket LAPAN telah mengembangkan sebuah wahana kendali berkecepatan tinggi bernama RKX 200 TJ dengan mesin berbasis turbo jet dengan gaya dorong sebesar 20 kgf. Adapun pengembangan terus dilakukan pada wahana ini, baik di bidang manufaktur, bidang kendali, dan bidang avionik. Pada karya tulis ilmiah ini akan dibahas pengembangan wahana kendali di bidang avionik dengan tema pembahasan pengembangan indikator bahan bakar wahana kendali RKX 200 TJ. Pengembangan indikator bahan bakar ini dilakukan agar pengguna dapat mengetahui konsumsi bahan bakar yang habis dipakai. Dengan mengetahui konsumsi bahan bakar yang dipakai, dapat direncanakan misi yang akan diterapkan pada wahana kendali RKX 200 TJ, baik lama terbang ataupun jarak tempuh wahana yang akan diterapkan. Pada pengembangan indikator bahan bakar yang pertama ini, digunakan *flowmeter* sensor sebagai pengindera dari aliran bahan bakar dari tangki bahan bakar menuju mesin turbo jet. Dipilihnya *flowmeter* sebagai pengindera disebabkan instrumen tersebut dinilai handal karena tidak terpengaruh terhadap dinamika gerak dari wahana kendali RKX 200 TJ itu sendiri. Metode awal pengembangan yang telah dilakukan adalah menampung bahan bakar kerosin pada sebuah tangki, bahan bakar pada tangki tersebut nanti akan dikuras melalui selang yang tersambungkan pada *flowmeter* dan dikeluarkan pada sebuah wadah. Konsumsi bahan bakar yang digunakan dihitung dengan mengakumulasi debit yang tercatat pada *flowmeter*. Sebagai prosesor untuk menghitung dan mengolah data dari *flowmeter* digunakanlah Arduino UNO. Setelah dilakukan uji coba, didapatkan keakuratan dari penerapan *flowmeter* sebagai indikator konsumsi bahan bakar rata-rata sebesar 95.6 %. Kata kunci: wahana kendali, indikator bahan bakar, *flowmeter*.

Abstract

The LAPAN Rocket Technology Center has developed a high speed UAV called the RKX 200 TJ with a turbo jet-based engine with a thrust force of 20 kgf. The development continues to be carried out on this vehicle, both in the fields of manufacturing, control, and avionics. This scientific paper will discuss the development of control vehicles in the field of avionics with the theme of discussing the development of RKX 200 TJ control vehicle fuel indicators. The development of this fuel indicator is done so that users can find out the consumption of fuel is used up. By knowing the fuel consumption used, it can be planned for a mission that will be applied to the RKX 200 TJ control vehicle, both flight time and distance of the vehicle to be applied. In developing this first fuel indicator, a flowmeter sensor is used as a sensing from the fuel flow from the fuel tank to the turbo jet engine. The choice of flowmeter as sensing is because the instrument is considered reliable because it is not affected by the motion dynamics of the RKX 200 TJ control vehicle itself. The initial method of development that has been done is to hold kerosene fuel in a tank, the fuel in the tank will then be drained through a hose that is connected to the flowmeter and released in a container. The fuel consumption used is calculated by accumulating the debit recorded at the flowmeter. As a processor to calculate and process data from the flowmeter, Arduino UNO is used. After trials, the accuracy of the flowmeter is obtained as an indicator of an average fuel consumption of 95.6%.

Keywords: high speed UAV, fuel indicator, *flowmeter*.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan wahana kendali di insititusi Pusat Teknologi Roket LAPAN sudah dimulai sejak tahun 2013. Pengembangan wahana kendali tahap awal menggunakan *Electronic Ducted Fan (EDF)* sebagai pendorong utama. Pengembangan tahap berikutnya digunakan mesin *Turbo Jet* sebagai pendorong utama dibantu oleh *booster* sebagai pendorong untuk melakukan *take off*. Wahana kendali menggunakan *turbo jet* ini diberi nama RXX 200 TJ/*Booster*. Wahana kendali yang ada saat ini telah mampu terbang secara autopilot dengan kecepatan terbang mencapai 200 km/jam dan akan ditingkatkan pada kecepatan 250 km/jam. Tahapan berikutnya dari pengembangan wahana kendali RXX 200 TJ/*Booster* akan dikembangkan wahana kendali yang lebih besar yaitu RXX 300 TJ dengan terbang secara autopilot dan kecepatan terbang mencapai 350 km / jam [1]. Pengembangan wahana kendali ini merupakan tahapan pengembangan secara berkelanjutan untuk mewujudkan penguasaan teknologi roket kendali secara mandiri.

RXX200TJ mempunyai konfigurasi sayap *crop delta*, *fuselage*, dan 4 buah *fin* berbentuk X seperti ditunjukkan pada Gambar 1.1. Adapun *engine* yang digunakan adalah Mini Turbo Jet yang mempunyai *Thrust* sebesar 200 kgf. Sementara itu, bidang kendali dari wahana terletak pada *fin* yang berjumlah 4 yang memungkinkan untuk melakukan manuver *pitch* dan *yaw*. Dengan bidang kendali tersebut, perancangan kendali terbang menggunakan ardupilot telah dilakukan dan sukses diuji untuk mengikuti trayektori yang telah ditentukan di awal.



Gambar 1. Wujud wahana kendali RXX 200 TJ

Dalam tahap pengembangan wahana kendali RXX 200 TJ masih terdapat banyak hal yang harus dikembangkan untuk menuju RXX 300 TJ, salah satunya adalah indikator bahan bakar pada wahana. Sistem indikator bahan bakar ini diperlukan untuk mengetahui konsumsi bahan bakar dari wahana. Parameter konsumsi bahan bakar yang sudah diketahui dapat membantu untuk mengembangkan strategi kontrol yang dapat diterapkan pada sistem *autopilot* wahana kendali RXX 200 TJ. [2][3]

Pembahasan paper ini meliputi sistem indikator bahan bakar dan kemungkinan penerapannya pada wahana kendali RXX 200 TJ. Di mana penerapan sistem indikator bahan bakar harus mempertimbangkan dengan dimensi wahana, karakteristik dari indikator itu sendiri, serta instalasi pada wahana kendali RXX 200 TJ.

2. METODOLOGI

Pada pengembangan sistem indikator bahan bakar ini ada tiga tahapan yang kami kerjakan. Tiga tahapan tersebut dapat kita lihat pada blok diagram diagram 1.

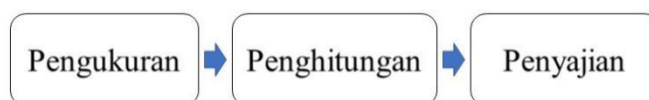


Diagram 1. Tahapan sistem indikator bahan bakar

2.1. Metode pengukuran

Sebelum melakukan perancangan indikator bahan bakar, perlu diketahui manuver dari wahana agar modus kegagalan yang mungkin dialami sistem indikator dapat diketahui dan dicegah. Selanjutnya, kajian pustaka mengenai indikator dilakukan untuk mengetahui cara kerja dari sistem indikator tertentu agar bisa dipilih sistem indikator yang bisa menahan modus kegagalan akibat manuver.

Kajian mengenai penerapan indikator bahan bakar terhadap geometri dari tangki bahan bakar wahana kendali RXX 200 TJ pada dasarnya terdapat berbagai macam tipe indikator bahan bakar dengan metode pengukuran yang berbeda-beda. Masing-masing metode pengukuran akan memberikan performa yang optimal jika digunakan pada geometri tangki yang tepat. Untuk itu, perlu dilakukan pengkajian mengenai metode pengukuran bahan bakar pada geometri tangki RXX 200 TJ.

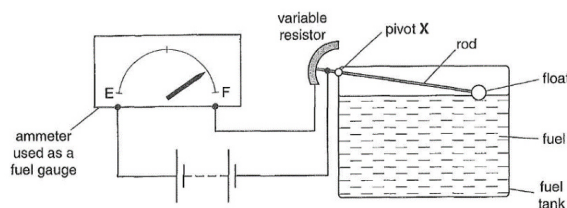
Metode pengukuran adalah cara yang akan digunakan untuk mengukur sisa bahan bakar yang terdapat pada tangki. Sehingga dapat digunakan pada pengembangan sistem indikator bahan bakar. Pada paper ini kami terlebih dahulu mengkaji metode pengukuran yang akan kami gunakan. Kami mengkaji dua metode pengukuran, yaitu metode pengukuran langsung (*direct measurement*) dan metode pengukuran tidak langsung (*indirect measurement*). Masing-masing metode memiliki kelebihan dan kekurangan. Berikut penjelasan dari kedua metoda tersebut beserta tipe alat ukur yang digunakan.

2.1.1. Metode pengukuran langsung (*Direct Measurement*)

Metode pengukuran ini digunakan dengan tujuan untuk mengetahui satu kondisi ketinggian bahan bakar pada tanki secara langsung. Umumnya metode ini menggunakan perangkat deteksi berupa sensor atau *transducer* yang dipasang langsung pada tanki bahan bakar. Metode ini biasanya digunakan sebagai penanda pada tanki apakah bahan bakar dalam kondisi penuh maupun kosong. Beberapa tipe alat ukur level bahan bakar pada metode ini adalah sebagai berikut:

2.1.1.1. Tipe pelampung

Konstruksi : tipe pelampung terdiri dari bagian yang meliputi pelampung, sensor, lengan mekanik, saklar magnetik, dan panel indikator



Gambar 2. Ilustrasi konstruksi alat ukur tipe pelampung

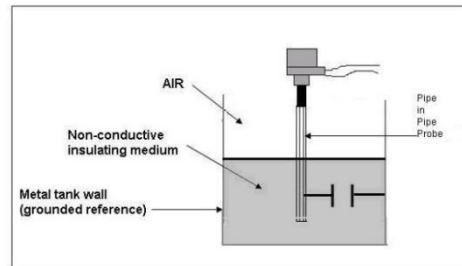
Prinsip kerja: menggunakan pelampung yang dimasukan kedalam tangki bahan bakar, pelampung ini akan mendeteksi ketinggian permukaan bahan bakar yang ada di dalam tangki. Pergerakan naik turun pelampung dengan bertambah maupun berkurangnya bahan bakar akan dapat di ketahui akibat dari adanya perubahan nilai yang dibaca oleh sensor pada ujung lengan mekanik.

Keuntungan: sistem sederhana, akurasi titik maksimum dan minimum yang baik, cocok untuk berbagai aplikasi dan biaya nya murah.

Kekurangan: mengharuskan adanya modifikasi tangki, berukuran besar, banyak bagian bergerak, sistem masih analog (diskrit) sehingga rentan terhadap *noise*.

2.1.1.2. Tipe kapasitif

Konstruksi: umumnya terdiri dari pipa elektroda, penutup elektroda, rangkaian elektronik *AC bridge*.



Gambar 3. Ilustrasi konstruksi alat ukur tipe kapasitif

Prinsip Kerja: pipa elektroda bertindak sebagai salah satu plat elektroda dari kapasitor dan dinding tangki sebagai pasangannya. Perubahan ketinggian bahan bakar di dalam tangki akan mengakibatkan perubahan kapasitansi, yang akan di baca oleh rangkaian elektronik *AC bridge*.

Besarnya nilai kapasitansi ini dapat dicari menggunakan persamaan berikut :

$$C = k \frac{A}{d} \quad (1)$$

C =Kapasitansi (Farad)

K = konstanta zat dielektrik

A = Luas area konduktor (m²)

d = Jarak antara dua konduktor (m)

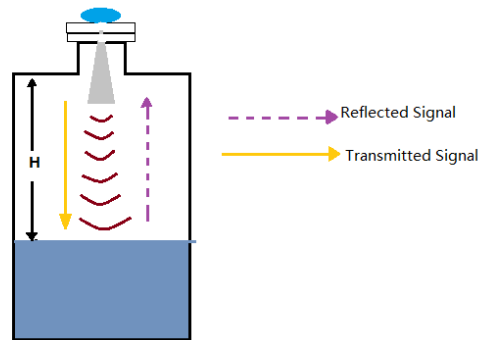
Berdasarkan persamaan diatas dapat dilihat jika bahan bakar dalam tangki berkurang maka konstanta dielektrik nya juga akan menurun yang menyebabkan nilai kapasitansi yang kecil dan sebaliknya jika bahan bakar dalam tangki penuh, maka konstanta dielektriknya meningkat dan nilai kapasitansinya besar.

Keuntungan: *design* kokoh, instalasi yang lebih gampang (dibandingkan dengan tipe pelampung), aplikasi yang luas, akurasi yang baik, tidak ada bagian bergerak.

Kekurangan: mengharuskan adanya modifikasi tangki, sensitifitas yang dapat berubah-ubah akibat perubahan konstanta dielektrik, sistem masih analog (diskrit) sehingga rentan terhadap *noise*.

2.1.1.3. Tipe *ultrasonic*

Konstruksi: komponen penyusun utama nya adalah sensor *ultrasonic*, Kristal *piezoelectric*, dan sikuit pengendali.



Gambar 4. Ilustrasi cara kerja alat ukur tipe *ultrasonic*

Prinsip kerja : *ultrasonic* adalah gelombang suara dengan frekuensi 20 KHz yang tidak bisa di dengar oleh telinga manusia (*maximum* 20 KHz), gelombang *ultrasonic* digunakan untuk pengukuran ketinggian zat cair tanpa harus bersentuhan langsung dengan zat cair tersebut. Sensor *ultrasonic* mengukur jarak antara pemancar gelombang dengan permukaan bahan bakar. Cara nya adalah dengan menembakan gelombang *ultrasonic* melalui *transducer* dipantulkan kembali oleh permukaan bahan bakar dan kemudian akan di terima oleh pasangan *transducer* yang akan mengirimkan sinyal ke pengolah data. Pengolah data akan menerjemahkan data dari *transducer* tadi dengan menghitung waktu kirim dan waktu terima gelombang *ultrasonic* seperti di terangkan persamaan dibawah ini:

$$D = (C * t) * \frac{1}{2} \quad (2)$$

D = Jarak antara sensor dengan bahan bakar

C = Cepat rambat suara pada medium udara

t = waktu rambat gelombang

Keuntungan: *design* kokoh, instalasi yang lebih mudah (dibandingkan dengan tipe pelampung), aplikasi yang luas, akurasi yang baik, tidak ada bagian bergerak.

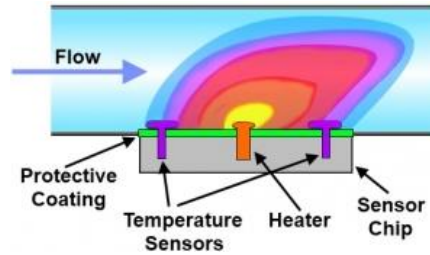
Kekurangan: mengharuskan adanya modifikasi tangki.

2.1.2. Metode pengukuran tidak langsung (*Indirect Measurement*)

Metode pengukuran ini digunakan dengan tujuan untuk mengetahui satu kondisi bahan bakar pada tangki secara tidak langsung. Pada metode ini, pengukuran menggunakan perangkat deteksi berupa sensor atau *transducer* yang tidak dipasang langsung pada tangki bahan bakar. Sistem ini menggunakan metoda pengukuran debit bahan bakar pada saluran. Metoda pengukuran debit ini menggunakan sensor *flowmeter* yang keluarannya dapat digunakan untuk mengestimasi sisa bahan bakar yang ada pada tangki. Beberapa jenis sensor *flowmeter* adalah sebagai berikut:

2.1.2.1. *Flowmeter* berbasis prinsip *thermo-transfer*

Prinsip kerja: *Flowmeter* ini memanfaatkan pengukuran disipasi panas yang dibangkitkan oleh komponen pemanas (*heater*) dan kemudian panas tersebut didistribusikan oleh cairan yang mengalir. Dengan menghitung besarnya distribusi panas maka dapat ditentukan seberapa cepat laju aliran cairan tersebut. Semakin besar selisih nilai sensor temperatur 2 dibandingkan nilai sensor temperatur 1 maka semakin cepat pula laju cairan tersebut mengalir.



Gambar 5. Ilustrasi cara kerja sensor *flowmeter* yang menggunakan prinsip *Thermo-Transfer*

Konstruksi: komponen penyusun utamanya sensor temperatur, *heater*, pipa saluran, dan sikuit pengendali



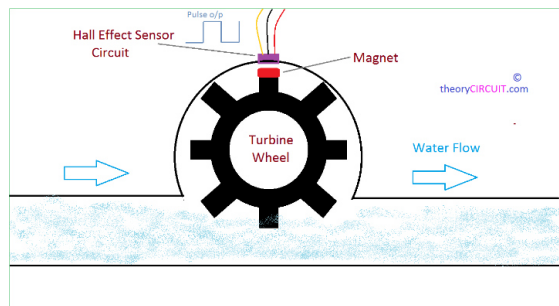
Gambar 6. Contoh sensor *flowmeter* yang menerapkan prinsip *Thermo-Transfer*

Keuntungan: *design* kokoh, instalasi yang lebih mudah (tidak perlu memodifikasi tangki), aplikasi yang luas, akurasi yang baik, tidak ada bagian bergerak.

Kekurangan: harga satu unit sensor sangat mahal, ketersediaan barang harus import.

2.1.2.2. *Flowmeter* berbasis sensor *hall effect*

Prinsip kerja: *Flowmeter* ini menggunakan prinsip pendeteksian medan magnet oleh sensor *hall effect*. Magnet terdapat pada bilah (*turbine wheel*) *flowmeter*. Pada saat *flowmeter* dialiri oleh cairan (bahan bakar) maka bilah (*turbine wheel*) akan ikut berputar seiring deras atau pelan aliran cairan tersebut. Sensor *hall effect* mendeteksi medan magnet dan mengubahnya menjadi sinyal elektrik. Medan magnet yang ikut berputar pada bilah (*turbine wheel*) akan membentuk kondisi ada dan tiada atau 1 dan 0 pada sistem biner secara berulang sehingga sinyal elektrik yang terdeteksi akan berbentuk seperti pulsa (sinyal kotak). Semakin deras aliran maka pulsa yang terbentuk akan semakin rapat begitu juga sebaliknya, semakin pelan aliran maka pulsa yang terbentuk akan semakin renggang.



Gambar 7. Ilustrasi cara kerja sensor *flowmeter* yang menggunakan sensor *hall effect*

Konstruksi: komponen penyusun utamanya sensor *hall effect*, bilah (*turbine wheel*), pipa saluran dan sikuit pengendali



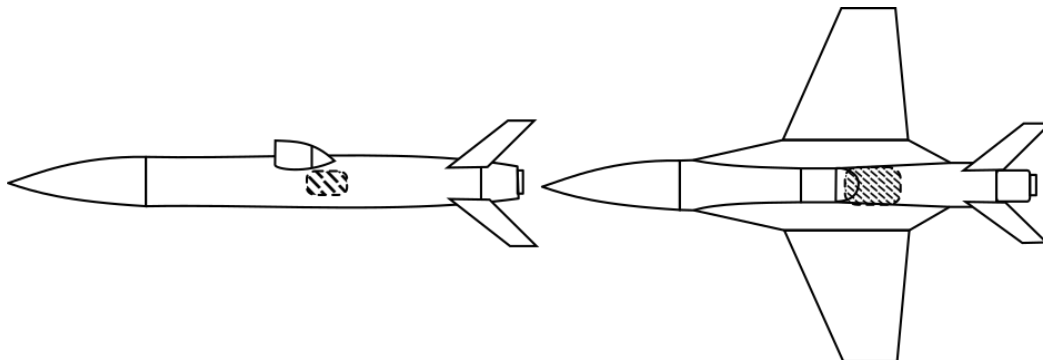
Gambar 8. Komponen penyusun sensor *flowmeter* yang menggunakan sensor *hall effect*

Keuntungan: *design* kokoh, instalasi yang lebih mudah (tidak perlu memodifikasi tangki), aplikasi yang luas, ketersediaan barang ada di dalam negeri, harga satu unit sensor murah

Kekurangan: akurasi yang kurang baik, ada bagian bergerak.

2.2. Pengkajian metode pengukuran

Berdasarkan wahana kendali RKX 200 TJ yang telah ada, struktur tangki bahan bakar wahana kendali RKX 200 TJ terbuat dari material komposit. Peletakan tangki bahan bakar berada pada bagian dalam *fuselage* wahana yang ditunjukkan pada gambar 7 (gambar peletakan wahana). Adapun *fuselage* dari wahana itu sendiri tidak dapat dibongkar, sehingga salah satu cara untuk mengeluarkan tangki bahan bakar adalah dengan cara merusak struktur dari wahana.



Gambar 9. Peletakan tangki bahan bakar pada wahana kendali RKX 200 TJ

Terdapat ruangan sempit yang tidak memungkinkan untuk dilakukan modifikasi tangki bahan bakar, yang terletak pada bagian dalam kerangka wahana seperti terlihat pada gambar 8. Maka dari itu, penambahan sistem indikator bahan bakar haruslah memiliki dimensi yang sesuai dengan geometri ruang yang tersedia pada bagian dalam wahana.



Gambar 10. Penempatan tangki bahan bakar wahana kendali RKX 200 TJ yang menyisakan sedikit ruang untuk menambahkan sistem indikator bahan bakar.

Selain dimensi, sistem indikator yang akan diterapkan harus memiliki berat massa yang seringan mungkin dan mampu melakukan pembacaan dalam berbagai kondisi terbang. Massa yang terlalu berat dapat berpengaruh pada letak titik pusat gravitasi yang berubah. Perubahan titik pusat gravitasi yang terjadi dapat berpengaruh pada performa terbang wahana. Sedangkan kehandalan sistem indikator yang akan diterapkan juga harus terjamin, karena kemampuan wahana yang bergerak secara 6 *DoF* yaitu bergerak sesuai sumbu X, Y, dan Z serta mengalami rotasi pada sumbu tersebut atau *Roll*, *Pitch*, dan *Yaw*. Sehingga dengan kehandalan sistem indikator yang diterapkan, pembacaan indikator dapat dilakukan dengan secara tepat.

Setelah dilakukan kajian mengenai metode pengukuran level bahan bakar, maka pada penelitian awal ini telah kami putuskan untuk menggunakan metode pengukuran tidak langsung (*indirect measurement*) menggunakan sensor *flowmeter* berbasis sensor *hall effect*. Metode ini kami gunakan karena memenuhi beberapa kriteria sebagai berikut:

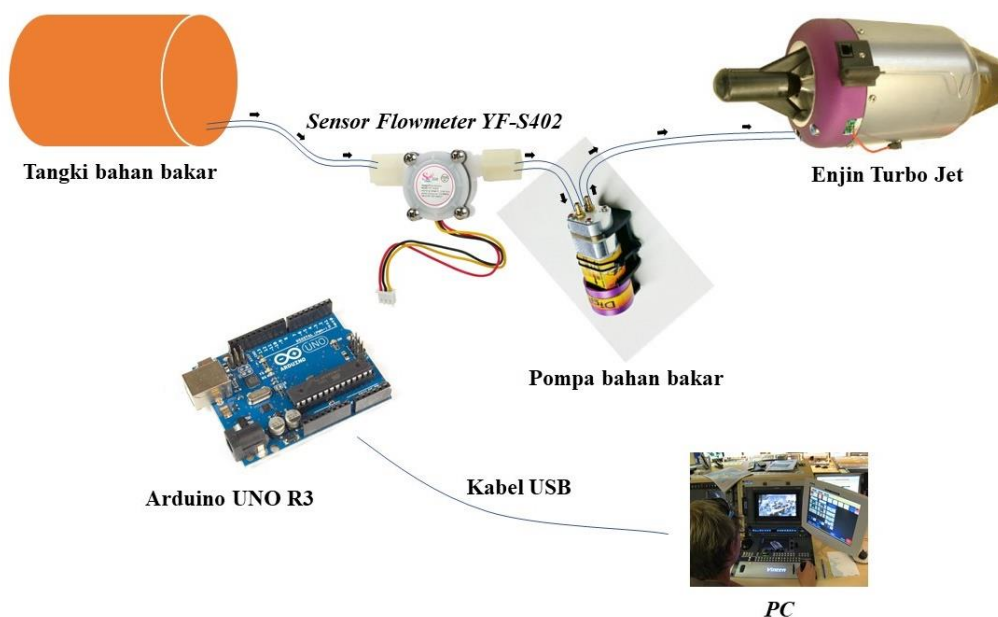
1. Tidak perlu modifikasi tangki bahan bakar
2. Instalasi sensor yang tidak rumit
3. Tidak membutuhkan area pemasangan yang luas
4. Sensor mudah di temukan di pasaran dalam negeri
5. Harga unit sensor tidak memberatkan anggaran

2.3. Konfigurasi sistem

Alat dan bahan yang digunakan pada sistem indikator bahan bakar adalah sebagai berikut :

- Arduino Uno R3
- Sensor *flowmeter* YF-S402
- Kabel USB
- PC
- Tangki bahan bakar kapasitas 4 Liter
- Pompa bahan bakar
- Enjin mini turbojet jetcat P200 (*throttle max 0,74 liter/minute*)

Konfigurasi sistem indikator bahan bakar secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 11. Konfigurasi sistem indikator bahan bakar berbasis sensor *flowmeter*

2.4. Metode perhitungan

Untuk memperkirakan sisa bahan bakar pada tanki kami menggunakan perhitungan matematika sederhana. Perkiraan sisa bahan bakar pada tanki dapat ditentukan dengan cara menghitung selisih kapasitas bahan bakar pada tanki dengan laju bahan bakar tiap detik. Atau dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Vol_{bb\ curent} = Vol_{bb\ previous} - Debit_{bb} \quad (3)$$

$Vol_{bb\ curent}$ = Volume bahan bakar saat t detik (liter)

$Vol_{bb\ previous}$ = Volume bahan bakar saat $t - 1$ detik (liter)

$Debit_{bb}$ = Laju aliran bahan bakar (liter/detik)

2.5. Metode pencatatan data

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data, pengolahan dan analisis data adalah sebagai berikut.

- Pencatatan data menggunakan software serial monitor *docklight* pada PC
- Pengolahan data menggunakan software excel pada PC
- Analisis data menggunakan metode regresi linier untuk menentukan performa sensor *flowmeter* serta prosentase akurasi sistem indikator bahan bakar.

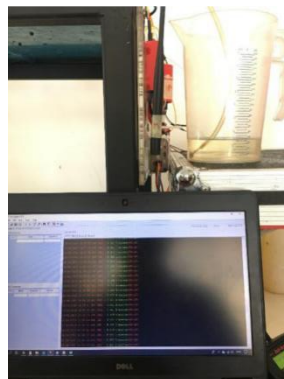
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengukuran

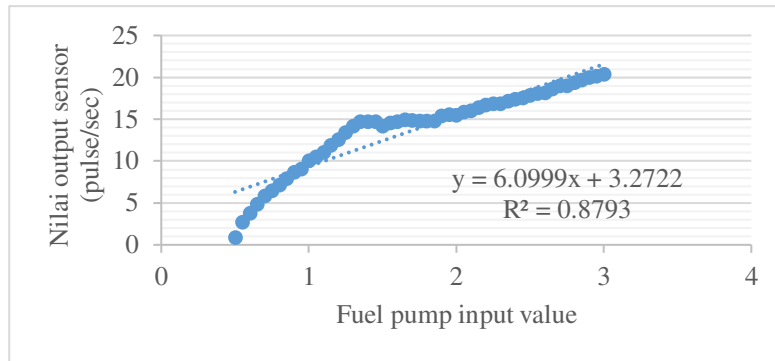
Untuk mengetahui performa sensor yang kami lakukan adalah pengecekan secara manual. Pengecekan manual dilakukan dengan cara membandingkan data yang dibaca oleh sensor dengan pengamatan secara visual menggunakan gelas ukur. Proses pengukuran secara manual dapat dilihat pada gambar 10 dan 11. Hasil pengamatan ditampilkan pada grafik 1 dan 2.



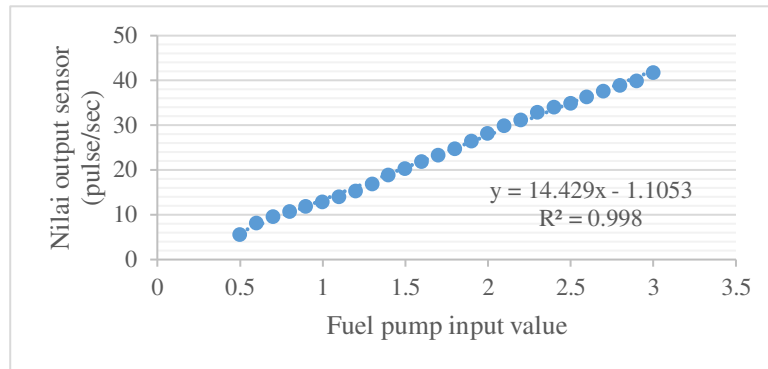
Gambar 12. Benda uji sistem indikator bahan bakar berbasis sensor *flowmeter*



Gambar 13. Pengamatan data sensor pada software serial monitor dan visual gelas ukur



Grafik 1. Hasil pengamatan sensor *flowmeter* YF-S402 A



Grafik 2. Hasil pengamatan sensor *flowmeter* YF-S402 B

Pada grafik terlihat jelas perbedaan performa pada dua buah sensor *flowmeter* YF-S402. Grafik 1 dan 2 menunjukkan bahwa linearitas sensor *flowmeter* YF-S402 B lebih bagus dari sensor *flowmeter* YF-S402 A. Melihat kedua grafik tersebut maka dapat disimpulkan bahwa pengukuran menggunakan sensor YF-S402 B untuk hasil yang lebih akurat.

3.2. Penghitungan

Proses penghitungan untuk memperkirakan sisa bahan bakar dilakukan oleh mikrokontroler Arduino uno R3 dengan menggunakan persamaan (3). Berikut gambar 12 yang menunjukkan kode sumber yang digunakan untuk menghitung perkiraan sisa bahan bakar pada tangki.

```

sketch_nov16a | Arduino 1.8.9 (Windows Store 1.8.21.0)
File Edit Sketch Tools Help

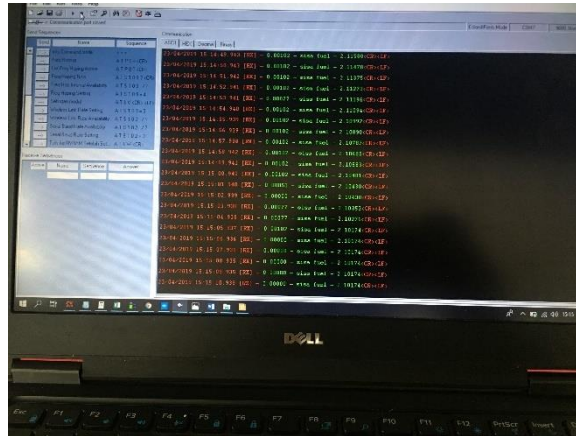
sketch_nov16a$
void loop ()
{
  currentTime = millis();
  // Every second, calculate and print litres/hour
  if(currentTime >= (cloopTime + 1000))
  {
    cloopTime = currentTime; // Updates cloopTime
    // Pulse frequency (Hz) = 7.5Q, Q is flow rate in L/min.
    //l_hour = (flow_frequency * 60 / 7.5); // (Pulse frequency
    l_second = (float) flow_frequency / 3912; // Pulse frequency
    //Serial.println(flow_frequency, DEC);
    fuel=(float) fuel - l_second;
    flow_frequency = 0; // Reset Counter
    //Serial.print(l_hour, DEC); // Print litres/hour
    Serial.print(l_second, 5); // Print litres/hour
    Serial.print("- sisa fuel - ");
    Serial.println(fuel, 5);
  }
}

```

Gambar 14. Kode sumber penghitungan sisa bahan bakar

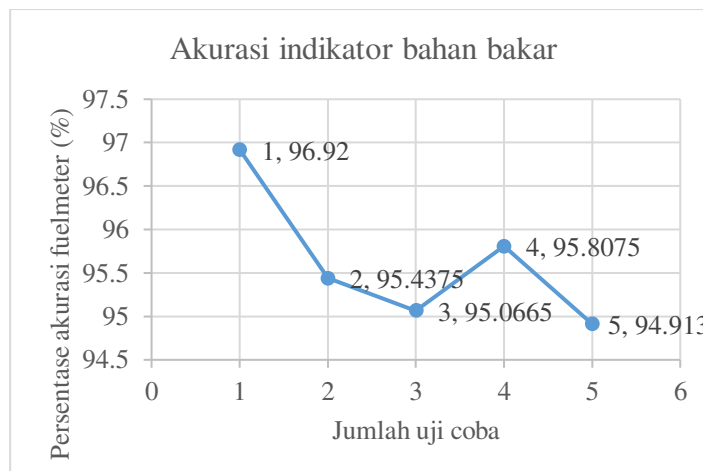
3.3. Penyajian data

Penyajian data indikator bahan bakar menggunakan software serial monitor yang terhubung dengan Arduino uno R3 menggunakan antarmuka USB dan *baudrate* data sebesar 9600 bit per detik. Berikut gambar 13 merupakan tampilan dari software serial monitor yang menyajikan data hasil penghitungan sisa bahan bakar pada tangki.



Gambar 15. Tampilan software serial monitor untuk menyajikan data sisa bahan bakar

Setelah data tersaji maka langkah selanjutnya adalah menguji tingkat akurasi sistem indikator bahan bakar. Pengujian akurasi sistem dilakukan beberapa kali dengan hasil yang ditunjukkan pada grafik 3.



Grafik 3. Hasil pengujian akurasi sistem indikator bahan bakar

Dari pengamatan pada grafik 3 didapatkan bahwa rata-rata akurasi pada sistem indikator bahan bakar adalah sebesar 95.6%.

4. KESIMPULAN

Dengan tingkat akurasi sensor sebesar 95.6% sistem indikator layak untuk diuji cobakan pada mesin turbo jet. Dengan catatan uji coba yang dilakukan adalah uji statik, bukan uji terbang. Ini karena masih dibutuhkan lagi beberapa kali pengujian untuk menentukan kualitas dari sensor. Dari pengamatan dua sensor *flowmeter* YF-S402 bisa terjadi perbedaan linearitas dikarenakan ketidak konsistenan kualitas dari sensor tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ditujukan kepada kepala pusat teknologi roket bapak Drs. Sutrisno, M.Si, kepala bidang program dan fasilitas bapak Dr. Heru Supriyatno, M.Eng, kepala bidang diseminasi ibu Ir. Lilis Mariani, M.Eng, kepala bagian SDM bapak Ir. Saeri, M.Si, kasubag SDM bapak Larasmoyo Nugroho, ST, MDs, kepala program wahana kendali ibu Dra. Sri Kliwati, M.Kom program manajer bapak Prof. Dr. Wahyu Widada atas fasilitas dan dukungan dalam melakukan kegiatan penelitian. Serta rekan-rekan yang turut membantu dalam proses pengujian, Salman, S.T., Maksun Sumantri, Agus, Amd., Hery Suwanto, Rahmat Alfiduhri, S.T., Arjuna Putra Perdana, S.T., Kurdianto, M.Eng, Sutisna, Faishol Luthfy M., S.T.,M.T.

PERNYATAAN PENULIS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa seluruh isi makalah ini merupakan tanggung jawab penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Riyadl, A., Hakiki, and Putro, I.E., 2013, *Design Review RXX200TJ/EDF*, Pusat Teknologi Roket LAPAN, Bogor.
- [2] Sumantri, B., 2015, *Robust and Energy-Efficient Controller Design for a Quad-Rotor Helicopter* (Doctoral dissertation, Toyohashi University of Technology)
- [3] Ryerson, MS., Mark, H., Bonn, J., 2011, *Fuel Consumption and Operational Performance*, Ninth USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar.
- [4] Saurabh, C., Shubham, B., Kiran, B., Sarawale R.K., 2017, *Smart Digital Fuel Indicator System*, International Engineering Research Journal (IERJ), ISSN : 2395-1621
- [5] Kumar, J.Vinoth, 2017, *Accurate Fuel Level Finder for Filling and Tank Left Over Fuel Using Sensors*, International Journal of Latest Research in Engineering and Technology (IJLRET), ISSN : 2454-5031
- [6] Wang, Y., Jiang, X., Wang, F., Chen , Q., 2015, *Research of Turbine Flowmeter Performance under the condition of Low Temperature*, International Journal of Research in Engineering and Science (IJRES), ISSN (Online) : 2320-9364, ISSN (Print) : 2320-9356
- [7] Ghenand, V.N., Choudhary, A.P., Shelke, D.K., Angal, Y.S., 2018, *Model Based Design of Digital Fuel Indication System*, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), e-ISSN: 2395-0056
- [8] Lethwala, Y., Surti, J., 2017, *Automotive Sensorize Fuel Indicator*, International Journal for Research & Development in Technology, ISSN (Online) : 2349-3585
- [9] Vaidya, R.S., 2016, *Digital Fuel Level Indicator*, Journal of Information, Knowledge And Research in Mechanical Engineering, ISSN 0975-668X
- [10] Hareendran, T.K., 2015, *Working with Water Flow Sensors Arduino*, tersedia : <https://www.electroschematics.com/12145/working-with-water-flow-sensors-arduino/>
- [11] *Capacitance Level Measurement Working Principle*, Tersedia : <https://instrumentationtools.com/capacitance-level-measurement-working-principle/>
- [12] *Fuel gauge using variable resistor*, Tersedia : <https://evantoh23.wordpress.com/2015/09/10/n2010-p2q12-fuel-gauge-using-variable-resistor/>

- [13] Water Flow Sensor YF-S201 Arduino Interface, Tersedia : <http://www.theorycircuit.com/water-flow-sensor-yf-s201-arduino-interface/>

- [14] FS2012 Datasheet, Gas or Liquid Flow Sensor Module with Calibration, Tersedia : <https://www.idt.com/products/sensor-products/flow-sensors/fs2012-gas-or-liquid-flow-sensor-module-calibration>

- [15] CALORIMETRIC LOW-FLOW LIQUID FLOW METER, Tersedia : <https://www.elveflow.com/microfluidic-tutorials/microfluidic-reviews-and-tutorials/microfluidic-low-flow-liquid-flow-meter-a-review/>

- [16] Jetcat Engine P200 website, Tersedia : <http://www.jetcatamericas.com/>