

RANCANG BANGUN DETEKTOR KETINGGIAN AIR DI LANDASAN PACU PESAWAT TERBANG BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Puti Aulia Mardiah¹⁾ Yohandri²⁾

¹⁾Mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang
putiam@gmail.com¹⁾, yohandri@fmipa.unp.ac.id²⁾

ABSTRACT

The runway of an aircraft is designed to keep it dry even if it rains to avoid hydroplaning. Hydroplaning is a plane slip on the runway due to standing water. In accordance with regulations from the Airport Directorate, DGCA NO. KP 212 in 2017, the operational requirement for runways to be able to serve landings and aircraft flights is when there is a maximum of 3 mm of standing water on the runway surface. The design of the water level detector on the runway uses the Arduino Mega 2560 as a microcontroller which processes and sends the detected data to the thingspeak via the internet network. Performance specifications for water level detectors are water level sensor designs, U detector pipes, runways, electronic circuits. The water level sensor is a touch sensor that is designed and printed on a PCB board with horizontal and vertical strip designs. However, the level of accuracy and accuracy of the vertical sensor strip design is higher than the horizontal sensor strip design. Detected data will be processed in Arduino Mega 2560 and typed into the thingspeak page using the internet network. Data output can be accessed via a PC or smartphone connected to the internet network. The results of comparison with standard tools found the average percentage of errors for the horizontal sensor strip design was 97.08% while for the vertical sensor strip design was 4.98%. From the comparison results, the average percentage of accuracy for the horizontal sensor strip design is 8.57% and for the vertical sensor strip design is 95.01% with precision of 42.32% and 84.77%.

Keywords : Arduino Mega 2560, Internet Of Things, thingspeak, sensor strip design



This is an open access article distributed under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2018 by author and Universitas Negeri Padang.

PENDAHULUAN

Meningkatnya minat masyarakat untuk menggunakan pesawat terbang sebagai transportasi andalan yang efisien ekonomi dan waktu membuat jalur lalu lintas transportasi udara menjadi lebih ramai. Menurut Badan Pusat Statistik penerbangan dalam negeri tahun 2017 mengalami kenaikan 8,81 persen dibandingkan tahun sebelumnya, kedatangan pesawat ke dalam negeri dalam lima tahun terakhir (2013-2017) juga mengalami kenaikan 5,03 persen setiap tahunnya^[1]. Oleh karena itu pihak maskapai memiliki tanggung jawab yang lebih besar untuk menjaga keselamatan penumpang agar terhindar dari kecelakaan penerbangan.

Kecelakaan pesawat dipengaruhi oleh tiga faktor utama yaitu faktor teknis, faktor cuaca dan faktor kesalahan manusia^[2]. Kecelakaan pesawat yang diakibatkan oleh faktor teknis adalah kondisi landasan pacu pesawat terbang yang tidak memenuhi standar operasional. Landasan pacu pesawat terbang di desain agar tetap kering walaupun pada musim hujan. Kondisi Landasan pacu pesawat terbang yang basah mengganggu proses penerbangan.

Dalam dunia penerbangan disebut peristiwa *hydroplaning*. *Hydroplaning* adalah peristiwa tergelincirnya pesawat akibat terdapat genangan air di permukaan landasan. Data Komite Nasional

Keselamatan Transportasi (KNKT) tahun 2016 menyatakan penyebab kecelakaan pesawat terbanyak adalah *hydroplaning* dengan persentase 40,09% dari 212 kecelakaan^[3]. Kondisi landasan pacu yang basah mempengaruhi gaya gesek sehingga roda tidak stabil berputar. Koefisien gesek roda pesawat (μ) ketika landasan kering adalah 0,4 dan ketika landasan basah yaitu 0,25^[4]. Persamaan untuk menghitung gaya gesek roda dengan landasan (R) adalah:

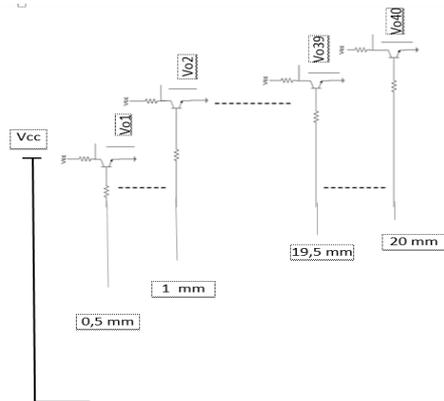
$$R = \mu(W-L) \quad (1)$$

dimana: μ = koefisien gaya gesek^[5]

Sesuai persamaan (1) koefisien gesek mempengaruhi gaya gesek roda dengan landasan. Landasan basah memperkecil gaya gesek roda dengan sehingga bisa menyebabkan pesawat tergelincir. Sesuai aturan dari Direktorat Bandara, Ditjen Perhubungan Udara NO. KP 212 tahun 2017, syarat dan ketentuan *runway* bisa melayani pendaratan dan penerbangan pesawat adalah genangan air dipermukaan landasan maksimum 3 mm.

Saat ini untuk deteksi ketinggian air di landasan pacu dilakukan secara manual oleh petugas bandara yang akan melihat secara langsung kondisi landasan pacu dan mengukurnya menggunakan mistar. Data ini tentu tidak efektif karena kemungkinan *human error* akan besar tergantung cara sudut pandang petugas tersebut. Untuk itu dibutuhkan sebuah detektor yang

dapat mendeteksi ketinggian air di landasan pacu dengan akurat dengan ketelitian yang tinggi. Detektor ini dirancang menggunakan rangkaian saklar transistor. Rangkaian saklar akan mendeteksi ketinggian air dan memberikan input data ke mikrokontroler. Rangkaian saklar transistor disusun sebanyak 40 buah untuk mendeteksi ketinggian air maksimum 2 centimeter dengan skala terkecil nya 0,5 milimeter. Susunan saklar transistor dapat dilihat pada



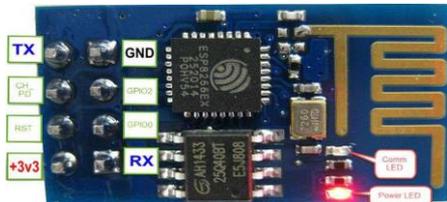
Gambar 1. Rangkaian saklar transistor

Data detektor ketinggian air ini akan diolah menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560. Arduino Mega 2560 memiliki 54 pin digital yang berguna untuk masukan data dari saklar transistor. Arduino Mega 2560 dapat dilihat pada Gambar 2.



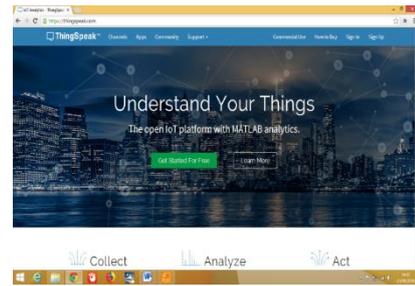
Gambar 2. Arduino Mega 2560

Detektor ketinggian air menggunakan modul *wifi* esp8266 untuk pengiriman data ke jaringan internet. Modul *wifi* esp8266 merupakan modul yang memiliki akses *wifi* yang bekerja pada tegangan 3,3 volt^[6]. Modul *wifi* esp8266 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Modul *wifi* esp8266

Hasil detektor ketinggian air di landasan pacu ini ditampilkan pada situs *thingspeak* dalam bentuk grafik. *Thingspeak* merupakan *platform open source internet of things*. *Internet of things* adalah kemajuan dibidang teknologi yang bisa menghubungkan semua perangkat dengan media internet^[7]. Tampilan *thingspeak* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan *thingspeak*

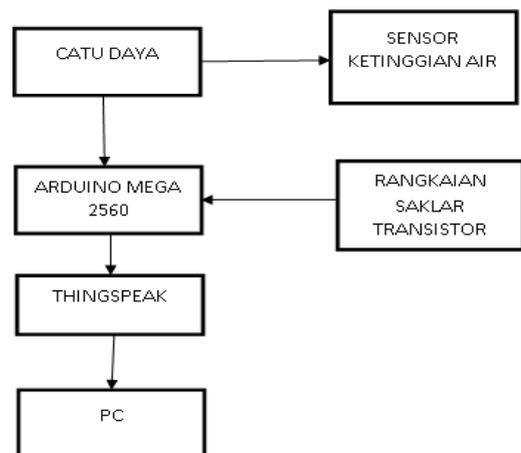
Tampilan *thingspeak* dapat di akses menggunakan jaringan internet dan ditampilkan di PC di luar landasan pacu. Dengan sistem ini diharapkan dapat melaporkan ketinggian air di landasan tanpa harus ke landasan pacu.

METODE PENELITIAN

Berdasarkan masalah yang dikemukakan pada penelitian ini, maka penelitian ini termasuk dalam penelitian eksperimen laboratorium (*laboratory Experimentation*), yaitu penelitian yang menerapkan ilmu pengetahuan menjadi suatu rancangan untuk mendapatkan kinerja sesuai dengan yang diharapkan. Hubungan sebab-akibat atau pengaruh suatu variabel bebas terhadap variabel terikat hanya dapat diperoleh melalui prosedur eksperimen.

Prosedur penelitian eksperimen adalah mengenali masalah, mengidentifikasi dan memberikan batasan masalah, merumuskan hipotesis masalah, memilih variabel eksperimen, membuat rencana eksperimen, melakukan eksperimen, mengolah data mentah dan melakukan uji signifikansi^[8].

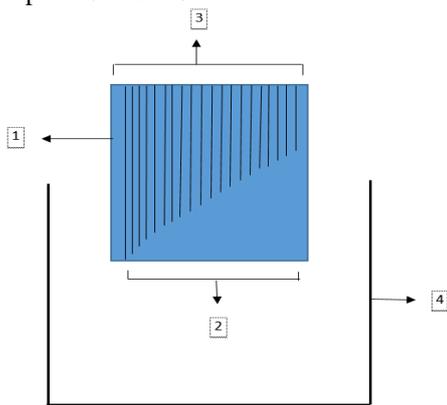
Pembuatan rancang bangun detektor ketinggian air di landasan pacu pesawat terbang berbasis *Internet of Things* memiliki blok seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Blok diagram rancang bangun detektor ketinggian air di landasan pacu pesawat terbang berbasis *internet of things*

Blok diagram pada Gambar 5 terlihat bahwa catu daya berguna untuk mengaktifkan Arduino Mega 2560 dan juga sensor ketinggian air. Sensor ketinggian air ini menggunakan *strip* sensor yang terhubung dengan saklar transistor sebagai indikator ketinggian air dan menjadi *input* data untuk Arduino Mega 2560. Setelah data ter-*input* maka data akan dikirim dengan sinyal *wifi* ke halaman *thingspeak* dan tampilan ketinggian air di landasan pacu dapat di akses menggunakan PC yang berada jauh dari landasn pacu.

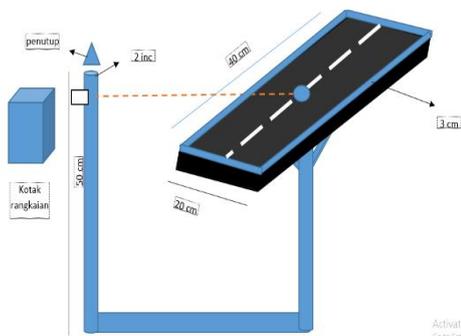
Desain mekanik *strip* sensor pendeteksi ketinggian air dicetak dengan menggunakan PCB yang terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Desain Mekanik *strip* sensor

Pada Gambar 6 menunjukkan desain mekanik sensor yang dirancang untuk mendeteksi ketinggian air di landasan pacu. Sensor (1) dicetak pada papan PCB dengan ukuran 13 x 6 cm yang dibuat dengan jalur timbal balik. Sensor memiliki 40 *street* (2) dengan jarak masing-masing *street* adalah 0,5 mm. *Strip* bagian depan dibuat lebih tinggi 0,5 mm dari pada *strip*. Sensor dipasang di dalam pipa (4) untuk mendeteksi ketinggian air dengan ketinggian maksimum 2 cm dari permukaan landasan. Sensor terhubung dengan rangkaian saklar transistor melalui pin *hider* (3), pin *hider* ini berjumlah 40 buah. Sensor ini diharapkan tepat dan akurat untuk mendeteksi ketinggian air yang bekerja dalam orde milimeter.

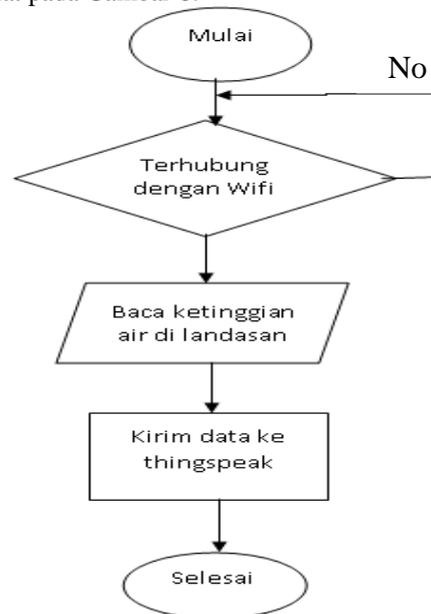
Desain perangkat keras dari rancangan detektor ketinggian air di landasan pacu dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Desain Detektor Ketinggian Air

Pada Gambar 7 terlihat bentuk desain dari detektor ketinggian air di landasan pacu pesawat terbang. Pada landasan pacu akan ditanamkan pipa detektor dengan ketinggian yang sama dengan landasan. Pipa detektor ini akan terhubung dengan sebuah pipa di luar landasan. Pipa detektor yang berada di luar landasan dipasang sensor ketinggian air dengan orde 0,5 milimeter. Pipa diluar landasan dibuat lebih tinggi dari pada di dalam landasan untuk mendeteksi ketinggian ketinggian air yang memiliki ketinggian diatas batas maksimum ketinggian air di landasan pacu dan juga diberi atap sebagai penutup pipa agar terlindungi dari pengaruh luar.

Perancangan perangkat lunak Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Desain Perangkat Lunak

Pada Gambar 8 dapat dijelaskan alur dari perangkat lunak. Untuk langkah pertama yaitu dengan bahasa pemrograman arduino yang menghubungkan *board* Arduino Mega 2560 ke *wifi*. Jika *board* tersebut tidak terhubung maka dia akan mulai lagi dari awal dan jika terhubung maka data sensor ketinggian air dapat terbaca pada *board*. Data yang masuk ke *board* Arduino Mega 2560 berupa data digital dari sensor ketinggian air. Data ketinggian air ke *thingspeak* dengan jaringan internet. Di *thingspeak* data akan di plot grafik secara *realtime*.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian rancang bangun detektor ketinggian air di landasan pacu pesawat terbang berbasis *internet of things* menghasilkan detektor yang mampu mendeteksi ketinggian air di landasan pacu dengan ketelitian 0,5 milimeter dan data ketinggian air di *upload* ke halaman *thingspeak* melalui jaringan internet.

Rancang bangun detektor ketinggian air di landasan pacu adalah menggunakan pipa U. Penggunaan pipa berhubungan U untuk mendeteksi

ketinggian air memanfaatkan sifat bejana berhubungan yang ketinggian permukaan air selalu sama ketika permukaan pipa dal keadaan terbuka. Pipa U yang digunakan pada rancang bangun ini berdiameter 2 inch. Penggunaan pipa dengan diameter 2 inch adalah untuk menghindari efek kapilaritas dan tegangan permukaan yang membuat permukaan air naik pada pipa dengan diameter kecil^[9]. Berikut data hasil ekperimen perubahan yang terjadi dengan berbagai ukuran diameter pipa terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh Diameter Pipa Terhadap Tinggi Permukaan Air pada Pipa U

No	Diameter Pipa (inch)	Ketinggian Air (mm)	
		Di Dalam Pipa	Di Luar Pipa
1	1	40	42
2	1,5	40	41
3	2	40	40
4	2,5	40	40
5	3	40	40
6	3,5	40	40
7	4	40	40

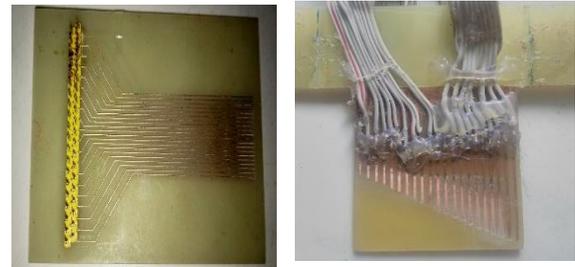
Pada Tabel 1 terlihat pengaruh diameter pipa terhadap naiaknya permukaan air di dalam pipa dan di luar pipa. Pipa dengan diameter >2 inch tidak lagi terjadi perubahan ketinggian permukaan air. Oleh karena itu rancang bangun detektor ini menggunakan pipa dengan diamter 2 inch agar meminimalisir terjadinya kesalah pembacaan sensor.

Rancang bangun detektor ketinggian air ini terdiri dari bagian-bagian mekanik yang mendukung performansi agar mampu memdeteksi ketinggian air. Desain meknik rancang bangun detektor ketinggian air terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Desain Mekanik Rancang Bangun Detektor Ketinggian Air

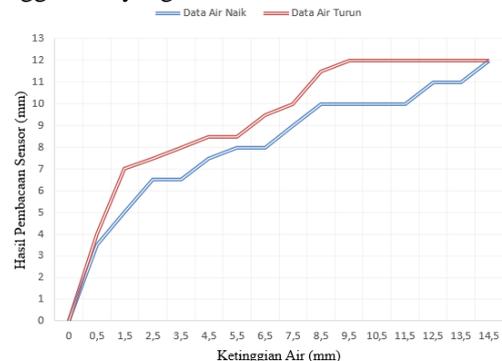
Rancang bangun detektor ketinggian air menggunakan landasan pacu dengan ukuran 20x40 cm, 40 buah rangkaian saklar transistor, kotak rangkaian yang berukuran n 20x20x5 cm dan menggunakan dua buah desain *strip* sensor yaitu desain *strip* horizontal dan desain *strip* vertikal. Kedua desain ini memiliki spesifikasi performansi dan spesifikasi desain yang berbeda-beda. Pada Gambar 10 bisa dilihat desain mekanik dari dua sensor.



Gambar 10. Desain *Strip* Sensor (a) Horizontal (b) Vertikal

Pada Gambar 10 terlihat dua jenis desain *strip* sensor yang digunakan untuk mendeteksi ketinggian air. Desain *strip* sensor vertikal dipasang sejajar dengan pipa detektor sedangkan desain *strip* sensor vertikal dipasang tegak lurus dengan pipa detektor ketinggian air. Data detektor ketinggian air dengan dua desain *strip* sensor diperoleh dengan melakukan variasi ketinggian air pada landasan pacu. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan grafik dan statistik. Hasil analisis statistik diperoleh persentase ketepatan rata-rata, persentase kesalahan, dan persentase ketelitian.

Hasil analisis grafik dari detektor ketinggian air menggunakan desain *strip* horizontal bisa dilihat pada Gambar 11. Data yang di plot kedalam grafik diperoleh dari memvariasikan ketinggian air di landasan pacu dan membandikannya dengan ketinggian air yang di deteksi sensor.



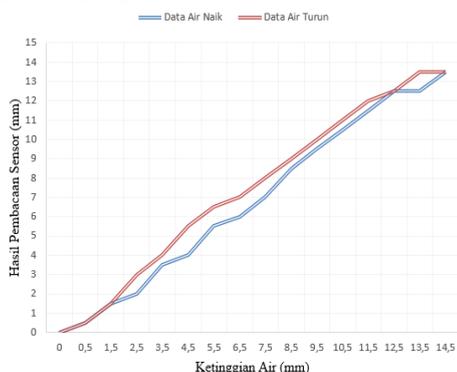
Gambar 11. Data detektor Ketinggian Air di Landasan Pacu Desain *Strip* Sensor Horizontal

Pada Gambar 11 menunjukkan grafik perubahan ketinggian air secara *realtime* dari ketinggian 0 milimeter sampai ketinggian 14,5 milimeter. Pada Gambar 11 juga terlihat grafik hubungan antar data yang di deteksi sensor dengan ketinggian air

sebenarnya di landasan pacu, dari grafik dapat kita lihat bahwa ketinggian air yang di deteksi sensor memiliki perbedaan yang cukup besar terhadap ketinggian air sebenarnya di landasan pacu. Pada grafik terjadi histeresis yaitu data deteksi kenaikan air dengan data penurunan air terjadi perbedaan. Histeresis adalah penyimpangan yang timbul dalam pengukuran dari dua arah yang berlawanan yaitu dari skala nol ke skala maksimum dan sebaliknya dari skala maksimum ke skala nol. Histeresis terjadi pada rancang bangun detektor ini karena tidak stabilnya *strip* sensor mendeteksi setiap perubahan yang terjadi.

Dari hasil analisis statik nilai persentase ketepatan rata-rata detektor ketinggian air menggunakan desain *strip* sensor vertikal rendah yaitu 8,57%, dengan persentase kesalahan rata-rata adalah 97,08%. Hasil detektor ketinggian air dengan desain *strip* sensor horizontal belum akurat untuk mendeteksi ketinggian air di landasan pacu. Hal itu disebabkan karena terjadi kesalahan pembacaan pada *strip* sensor. Untuk data ketelitian diperoleh dengan melakukan pengukuran berulang terhadap beberapa variasi ketinggian air. Variasi ketinggian air yang digunakan adalah 0.5, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5. Percobaan dilakukan sebanyak lima kali dan diperoleh ketelitian rata-rata dari detektor ketinggian air dengan desain *strip* sensor horizontal adalah 42,32%.

Hasil analisis grafik dari detektor ketinggian air menggunakan desain *strip* sensor horizontal bisa dilihat pada Gambar 12. Data yang di plot kedalam grafik diperoleh dari memvariasikan ketinggian air di landasan pacu dan membandikannya dengan ketinggian air yang di deteksi sensor.



Gambar 12. Data detektor Ketinggian Air di Landasan Pacu Desain *Strip* Sensor Vertikal

Pada Gambar 12 terlihat grafik perubahan ketinggian air secara *realtime* dari ketinggian 0 milimeter sampai ketinggian 14,5 milimeter. Pada Gambar 12 juga terdapat perbandingan antara data yang dideteksi oleh sensor terhadap ketinggian air sebenarnya di landasan pacu. Dari grafik kenaikan dan penurunan air tersebut terlihat bahwa selisih antara data yang dideteksi oleh sensor tidak berbeda jauh dengan ketinggian air sebenarnya di landasan pacu. Pada grafik juga terjadi lagi histeresis, namun pada grafik di Gambar 12 simpangan yang terjadi tidak

terlalu jauh. Untuk menghindari terjadi peristiwa histeresi dengan nilai simpangan besar dibutuhkan bahan dan desain sensor yang tepat.

Dari hasil analisis statik nilai persentase ketepatan rata-rata detektor ketinggian air menggunakan desain *strip* sensor horizontal rendah yaitu 95,01%, dengan persentase kesalahan rata-rata adalah 4,98%. Hasil detektor ketinggian air dengan desain *strip* sensor horizontal belum akurat untuk mendeteksi ketinggian air di landasan pacu. Hal itu disebabkan karena terjadi kesalahan pembacaan pada *strip* sensor. Untuk data ketelitian diperoleh dengan melakukan pengukuran berulang terhadap beberapa variasi ketinggian air. Variasi ketinggian air yang digunakan adalah 0.5, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5. Percobaan dilakukan sebanyak lima kali dan diperoleh ketelitian rata-rata dari detektor ketinggian air dengan desain *strip* sensor horizontal adalah 84,77%.

Dari analisis grafik dan statik penggunaan desain *strip* sensor vertikal lebih baik dalam mendeteksi ketinggian air dari pada desain *strip* sensor horizontal. Hal itu dikarenakan Nilai ketepatan rata-rata yang tinggi, persentase kesalahan yang kecil dan ketelitian yang tinggi.

Rancang bangun detektor ketinggian air ini memiliki beberapa kekurangan yaitu pertama sensor sentuh yang digunakan belum sepenuhnya akurat mendeteksi perubahan yang terjadi, ketika air turun sensor yang tidak tersentuh air masih basah karena terdapat sisa air yang menempel pada sensor sehingga sensor mendeteksi kesalahan pembacaan ketinggian air. Kedua yaitu pemasangan mekanik rancangan bangun dilakukan secara manual memperbesar terjadinya *human error* yang mempengaruhi ketepatan dan ketelitian alat. Ketiga yaitu rangkaian saklar transistor yang terhubung dengan sensor sentuh tidak stabil karena rangkain dicetak secara manual yang dalam pembuatannya bisa terjadi putus jalur, kaki transistor yang terhubung dan masalah lainnya. Keempat yaitu proses pendeteksian ketinggian air menggunakan jaringan internet yang harus selalu tersambung terus –menerus untuk *upload* data, jika terjadi kesalahan jaringan maka data tidak ter-*upload*. Kelima adalah catu daya rancang bangun ini terhubung dengan PLN sehingga ketika terjadi pemadaman listrik data pengukuran langsung terhenti

KESIMPULAN

1. Hasil spesifikasi performansi dari rancang bangun detektor ketinggian air di landasan pacu terdiri dari landasan pacu, pipa U, sensor sentuh, dan kotak rangkaian. Rangkaian elektronika rancang bangun terdiri dari rangkaian saklar transistor, Arduino Mega 2560, *power supply*, rangkaian penuru tegangan, dan modul esp8266. Hasil detektor ketinggian air di landasan pacu di tampilkan pada PC atau *smartphone* yang terhubung ke jaringan internet.
2. Hasil spesifikasi desain dari rancang bangun adalah ketepatan rata-rata detektor ketinggian air

di landasan pacu menggunakan desain *strip* sensor horizontal adalah 8,57%. Ketepatan rata-rata detektor ketinggian air di landasan pacu menggunakan desain *strip* sensor vertikal adalah 95,01%. Ketelitian rata-rata detektor ketinggian air di landasan pacu menggunakan desain *strip* sensor horizontal adalah 42,32%. Ketelitian rata-rata detektor ketinggian air di landasan pacu menggunakan desain *strip* sensor vertikal adalah 84,77%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat statistik Indonesia. 2017. *Statistik Transportasi Udara*. Jakarta: Badan Pusat Statistik
- [2] Eko, Peorwanto, Uyuunul Mauidzon. 2016. Analisi kecelakaan penerbangan analisis kecelakaan penerbangan di Indonesia untuk peningkatan keselamatan penerbangan. *Jurnal angkasa*.7(2): Yogyakarta
- [3] KNKT Media Release. 2016. *Data Investigasi Kecelakaan Penerbangan tahun 2010-2016*. Jakarta: Database KNKT
- [4] Sukamto, Taryana. 2014. Pengaruh Rubber Deposit Pada Landasan Pacu Terhadap Keselamatan Penerbangan di Bandar Udara Radin Intel II Lampung. *Jurnal Aviasi Langit Biru*. 9(18):68.
- [5] Syamsuar, Sayuti. 2015. *Metoda Short Take Off Landing (Studing Kasus Prestasi Terbang Takeoff-Landing Pesawat Udara Turbo Prop CN235)*. WARTA ADHIA *Jurnal Perhubungan Udara*. 41(2): 49-58
- [6] Sukamto, Taryana. 2014. Pengaruh Rubber Deposit Pada Landasan Pacu terhadap Keselamatan Penerbangan Di Bandar udara Radin Intel II Lampung. *Jurnal Aviasi Langit Biru*. 9(18): 68
- [7] The MathWorks. 2019. ThingSpeak. Diunduh dari <https://www.thingspeak.com> (Di Akses 24 Februari 2019)
- [8] Prastowo, Andi. 2016. *Memahami Metode-Metode Penelitian Suatu Tinjauan Teoritis dan Praktis*. Yogyakarta: Ar-Ruzz Media
- [9] Young, Hugh D. 2000. *Fisika Universitas Edisi Sepuluh*. Jakarta: Erlangga