

RANCANG BANGUN DATA LOGGER MONITORING VIBRASI PADA MOTOR LISTRIK 6,3 KV BERBASIS IOT SECARA REAL TIME DI PLTU JERANJANG

Putu Agus Satriya Guna Adnyana¹, Rukmi Sari Hartati², I Gede Dyana Arjana²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus Unud Jimbaran, Kec. Kuta Sel, Kabupaten Badung, Bali 80361

satriyagunaadnyana@student.unud.ac.id¹, rukmisari@unud.ac.id², dyanaarjana@unud.ac.id³

ABSTRAK

Sebagai industri pembangkit listrik, PLTU Jeranjang OMU (*Operation and Maintenance Unit*) memiliki salah satu motor induksi dengan tegangan nominal 6,3 kV yang sifatnya kritikal sebagai penggerak pompa air menuju ruang *boiler* yang harus selalu beroperasi. Motor sudah dilengkapi sensor temperatur yang secara *real time* dapat memantau temperatur bearing motor, namun untuk pemantauan vibrasi masih menggunakan secara manual yaitu setiap satu minggu diambil data vibrasinya serta tidak terdapat data penyimpanan secara *real time*. Pada penelitian ini dilakukan perancangan prototipe *data logger* monitoring vibrasi berbasis IoT menggunakan aplikasi *blynk* dengan hasil rata-rata selisih penyimpangan sensor sebesar 2,01%. Notifikasi alarm pada setiap sensor mengirim "*warning*" jika nilai vibrasi $\geq 4,5-7,0$ mm/s dan notifikasi alarm "*emergency*" jika nilai vibrasi $\geq 7,1$ mm/s sesuai dengan standar vibrasi ISO 10816-3, sedangkan pada unjuk kerja penyimpanan data sensor sudah berhasil menyimpan data dengan *microSD card* yang digunakan adalah 8 GB maka akan terisi penuh dalam 4629 hari atau 154 bulan 3 hari.

Kata kunci : Data Logger, Vibrasi, IoT, Motor Listrik

ABSTRACT

As a power plant industry, PLTU Jeranjang OMU (*Operation and Maintenance Unit*) owned one of 6.3 kV nominal voltage induction motor that has critical characteristic that drives the water pump into the boiler room which always has to operate. This motor has been equipped with temperature sensor in real time that can monitor the temperature of bearing motor. However, manual control is still applied in vibration monitoring. It is done by taking the vibration data once a week, and there is no deviation data found in real time. The result of this study shows that the prototype of IoT-based vibration monitoring data logger that is designed using the *blynk* application obtained the average of sensor deviation of 2%. Alarm notification of each sensors deliver "*warning*" if the vibration value indicates $\geq 4,5-7,0$ mm/s and alarm notification delivers "*emergency*" if the vibration value indicates $\geq 7,1$ mm/s in concordance with the ISO 10816-3 vibration standard. Although, the performance of sensor data storage has successfully storing the data with 8 GB *microSD card*, then will be fully charged in 4629 days or 154 months and 3 days.

Key Words : Data Logger, Vibration, IoT, Electric Motor

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri, mesin listrik merupakan komponen penting serta menjadi tumpuan dari sebagian aktivitas industri seperti pembangkit listrik. Salah satu mesin listrik tersebut adalah motor induksi yang hampir sekitar 70 % [1] proses operasi di industri yang menggunakan motor induksi sebagai penggerak, serta

alasan dibalik itu motor induksi memiliki kehandalan yang tinggi dan biaya relatif lebih murah.

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Jeranjang *Operation and Maintenance Services Unit* (OMU) merupakan salah satu unit pembangkit yang dikelola oleh PT Indonesia Power, memiliki kapasitas daya mampu 3x25 MW

sebagai salah satu suplai daya listrik di Pulau Lombok, NTB. Memiliki 2 jenis motor listrik berdasarkan tipe tegangan dalam mendukung operasi pembangkit yaitu motor listrik 6,3 kV dan 230/380 V. Dalam surat perintah kerja pemeliharaan rutin pada motor listrik dengan nomer *work order* (WO) 202123536 dilakukan oleh teknisi setiap satu minggu dengan cara membersihkan motor dari debu dan kotoran, memberikan gemuk pelumas kemudian pengukuran suhu bagian *inboard*, *outboard* dan *winding* serta pengukuran vibrasi pada bagian *inboard* dan *outboard* dengan masing-masing bagian pada titik vertikal, horizontal dan aksial dengan satuan kecepatan getaran (mm/s).

Salah satu motor listrik 6,3 kV yang berada di PLTU Jeranjang adalah motor induksi *Boiler Feed Pump*, motor listrik ini termasuk salah satu komponen kritikal yang ada dalam proses pembangkit bekerja selama 24 jam setiap harinya, walaupun sudah dilakukan pemeliharaan rutin yang dilakukan seminggu sekali, namun dalam kenyataannya kerusakan bisa terjadi kapanpun. Motor ini sudah dilengkapi sensor temperatur yang secara *real time* dapat memantau temperatur motor, namun untuk pemantauan vibrasi masih menggunakan alat konvensional yang setiap satu minggu diambil data vibrasinya.

Vibrasi yang tinggi pada motor merupakan indikasi terjadinya abnormal pada motor tersebut salah satunya adalah indikasi kerusakan bearing, kerusakan tersebut merupakan salah satu jenis kerusakan terbanyak yang ditemukan pada operasi motor induksi, angka tersebut hampir menyentuh sekitar 41-44% [2]. Bearing merupakan komponen motor induksi yang membantu rotor agar dapat berputar, dengan demikian kerusakan bearing dapat menyebabkan terjadinya bising, meningkatnya suhu kerja, dan timbulnya bunga api yang dapat langsung menyebabkan kerusakan pada motor tersebut, maka dari itu sebelum terjadinya kerusakan parah pada bearing perlu dipantau nilai vibrasi sesuai dengan nilai standar batasan.

Sebuah penelitian yang sudah dilakukan dengan merancang alat monitoring vibrasi hanya menggunakan satu sensor dan titik pengukuran, dengan menggunakan sensor piezoelektrik didapatkan data bahwa sensor ini memiliki

rata-rata selisih eror 2% [3]. Banyak juga penelitian yang telah dilakukan mengenai monitoring vibrasi seperti yang ditunjukkan [4], [5], [6], dan [7] namun masih belum menggunakan 6 titik pengukuran dalam satu motor listrik.

Berdasarkan hal tersebut penelitian ini akan merancang alat monitoring secara *real time* pada vibrasi motor listrik berbasis IoT yang secara langsung dapat dipantau oleh teknisi pemeliharaan melalui *smartphone* dengan aplikasi *Blynk*, juga dibekali modul *data logger* dalam menyimpan data yang berguna untuk melihat tren grafik vibrasi motor listrik. Terdapat 6 sensor piezoelektrik yang akan mengukur vibrasi pada bagian *inboard* dan *outboard* dengan masing-masing bagian pada titik vertikal, horizontal dan aksial.

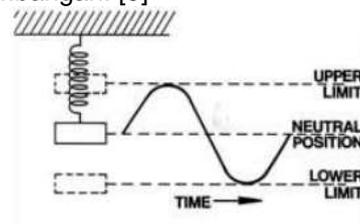
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor Listrik

Motor listrik merupakan sebuah perangkat yang bekerja dengan prinsip elektromagnetis yaitu mengubah energi listrik menjadi energi mekanik [8], perubahan ini dilakukan dengan mengubah tenaga listrik menjadi magnet yang disebut sebagai elektro magnet. Secara umum terdapat dua jenis utama motor listrik yaitu AC dan DC, contoh penggunaannya yaitu memutar impeller pompa, kipas angin atau blower, menggerakkan kompresor, dan mengangkat bahan.

2.2 Vibrasi

Getaran atau Vibrasi adalah gerakan bolak-balik yang terjadi di sekitar titik keseimbangan. [9]



Gambar 1. Konsep Vibrasi

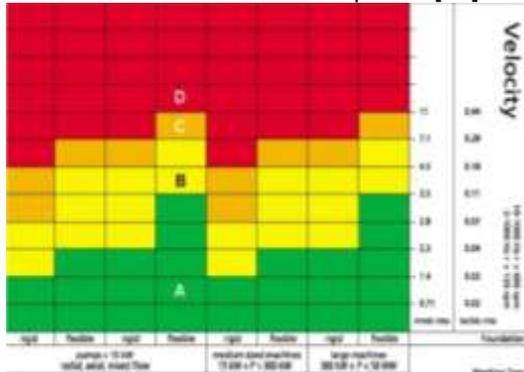
2.3 Pengukuran Standar Vibrasi

Karakteristik lain dari getaran yang juga mempunyai arti yang sangat penting yaitu arah dari gerakan getaran, hingga perlu mengukur getaran dari berbagai arah. Pengambilan data rutin dilakukan langsung pada posisi [10].

1. Bearing *outboard* posisi vertikal, horizontal dan aksial.

2. Bearing *inboard* posisi vertikal, horizontal dan aksial.

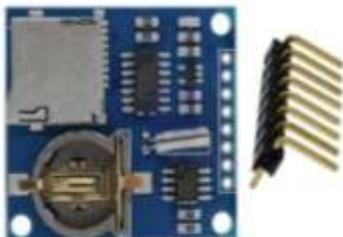
Nilai vibrasi suatu mesin yang beroperasi dapat ditentukan apakah mesin tersebut layak atau tidak layak untuk terus beroperasi. Berdasarkan standar yang digunakan, yaitu ISO 10816-3, Pengukuran dilakukan selama mesin beroperasi [11].



Gambar 2. Standar ISO 10816-3

2.4 Data Logger

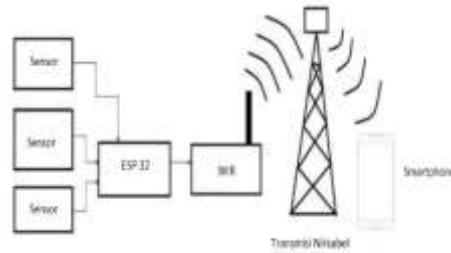
Modul *data logger* merupakan sebuah modul yang berfungsi sebagai data penyimpanan [12]. Modul ini terdiri dari 2 bagian utama, yaitu *micro SD card reader* dan *real time clock (RTC)*. *Micro SD card reader* adalah pembaca melalui sistem file SPI antar muka *driver*, MCU untuk melengkapi sistem file untuk *read* dan *write micro SD card*.



Gambar 3. Modul Data Logger

2.5 Internet Of Things

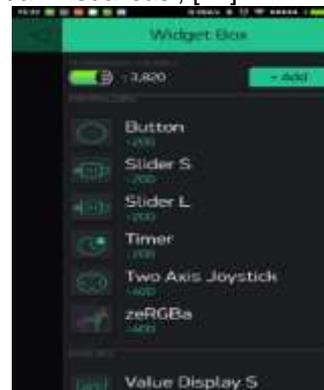
Internet Of Things (IoT) adalah sebuah konsep segala aktivitas saling berinteraksi dilakukan sebagian besar dengan menggunakan internet. IoT juga mengacu pada milaran perangkat yang saling terhubung atau bisa disebut dengan "Objek Cerdas" atau "*Smart Things*". Dengan adanya IoT segala kegiatan dan aktivitas dimudahkan melalui *online* dan lebih efisien [13].



Gambar 4. Internet of Things

2.6 Blynk

Blynk adalah aplikasi untuk IOS dan OS *Android* untuk mengontrol suatu mikrokontroler melalui Internet. Aplikasi ini dapat digunakan untuk mengendalikan perangkat *hardware*, menampilkan data sensor dan visualisasi, [14].



Gambar 5. Aplikasi Blynk

3. METODE PENELITIAN

Rancang bangun sistem monitoring vibrasi berbasis IoT dapat dilihat pada skematik di bawah ini.



Gambar 6. Skematik Sistem Kerja Prototipe

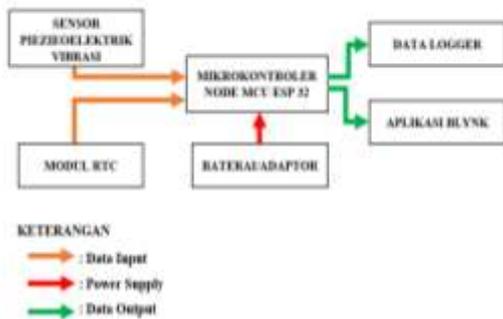
Dalam sistem kerja motor induksi akan menghasilkan getaran pada setiap bearing, terdapat 2 bearing yaitu bagian *inboard* dan *outboard* dengan masing-masing titik pengukuran vertikal, horizontal dan aksial sehingga berjumlah 6 sensor

piezoelektrik yang akan dipasang. Terdapat sumber energi baterai guna untuk menghidupkan keseluruhan sistem prototipe, mikrokontroler ESP 32 sebagai pengolah data sensor akan saling berkomunikasi dengan modul RTC (*data logger*) untuk menyimpan data, selain itu ESP 32 juga akan mengirimkan data vibrasi ke aplikasi *blynk* melalui jaringan internet sebagai sistem monitoring.

3.1 Perancangan Perangkat Keras

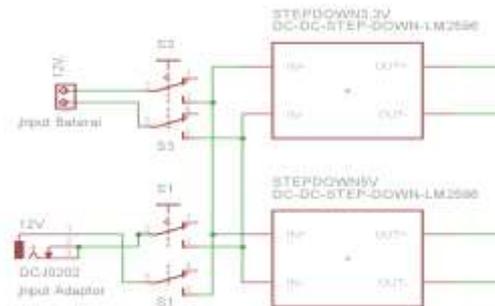
Perancangan perangkat keras pada rancang bangun prototipe dilakukan dengan perancangan *Box Controller*.

HARDWARE BOX CONTROLLER



Gambar 7. Diagram Blok Rangkaian Perancangan *Box Controller*

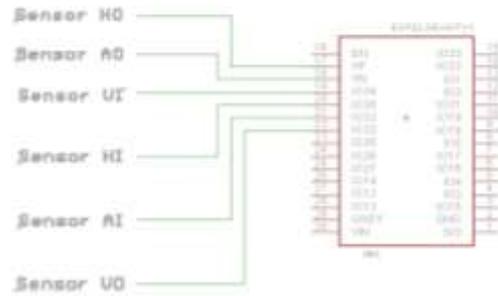
1. Perancangan Rangkaian Power Supply



Gambar 8. Rangkaian Power Supply

Perancangan rangkaian *power supply* pada alat ini berfungsi untuk mensuplai tegangan yang dibutuhkan rangkaian sensor, *data logger*, dan lain-lain.

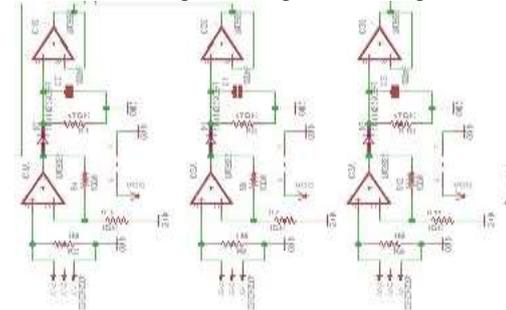
2. Perancangan Rangkaian Sensor Vibrasi Piezoelektrik



Gambar 9. Rangkaian Sensor

Sensor vibrasi menggunakan tipe piezoelektrik, sebelum menuju ke mikrokontroler sebagai pembaca data, rangkaian modul piezoelektrik akan disalurkan ke rangkaian penguat sensor.

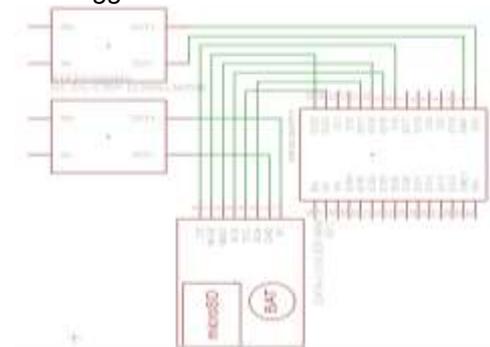
3. Perancangan Rangkaian Penguat



Gambar 10. Rangkaian Penguat Data Sensor

Penguat pada sensor piezoelektrik yang akan berjumlah 6 rangkaian menggunakan beberapa komponen seperti Resistor ¼ Watt 470k, 1M, 10k, dan 100k Ohm, Dioda zener 1n4148, Kapasitor 100nF, IC LM358 smd.

4. Perancangan Rangkaian Data Logger



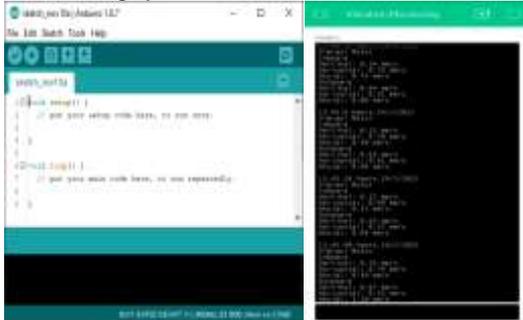
Gambar 11. Rangkaian Data Logger

Nilai vibrasi motor listrik akan disimpan pada *micro SD card* serta waktu ketika besaran-besaran tersebut terukur. Rangkaian *data logger* terdiri dari 8 pin

yaitu VCC, GND, SDA, SCL, SCK, MISO, MOSI, CS.

3.2 Perancangan Perangkat Lunak

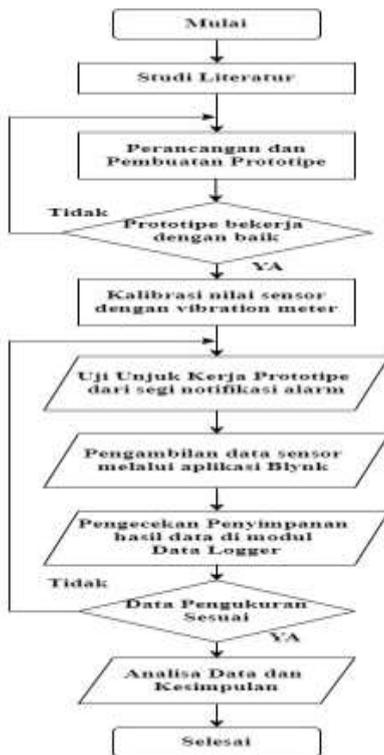
Perancangan perangkat lunak menggunakan Arduino IDE sebagai programnya dan aplikasi *blynk* untuk monitoringnya.



Gambar 12. Perancangan Perangkat Lunak

3.3 Alur Penelitian

Berikut diagram alur penelitian dibuat untuk menunjukkan proses awal hingga akhir.



Gambar 13. Flowchart Alur Penelitian

Dalam penelitian ini akan dimulai dari perancangan dan pembuatan alat, kemudian dilanjutkan kalibrasi yang bertujuan untuk mendekati nilai prototipe dengan *vibration meter*. Alat prototipe ketika sudah mendekati nilai yang sama maka akan dilanjutkan dengan menguji notifikasi alarm sesuai dengan standar ISO

10816-3, serta dilanjutkan pengujian penyimpanan data sebagai tambahan fitur untuk proses analisis grafik vibrasi motor.

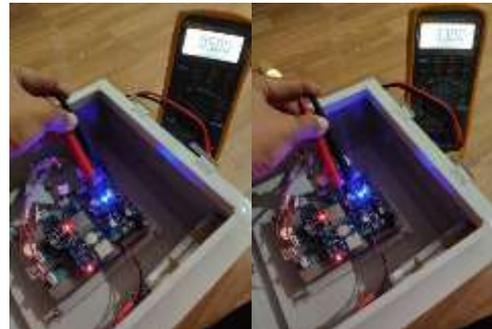
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian pada penelitian sistem monitoring vibrasi motor berbasis *Internet of Things* terdiri dari 4 pengujian yaitu pengujian sistem kontrol, pengujian kalibrasi, pengujian notifikasi alarm dan pengujian penyimpanan data.

4.1 Pengujian Sistem Kontrol

Beberapa pengujian pada sistem kontrol yaitu:

1. Pengujian Stabilitas Tegangan Listrik
Prototipe menggunakan modul regulator 5 V untuk rangkaian RTC dan sensor sedangkan regulator 3,3 V untuk rangkaian ESP32.



Gambar 14. Pengujian Stabilitas Tegangan Prototipe

2. Pengujian Rangkaian *Mikrokontroler*
Pengujian dilakukan apakah *mikrokontroler* ESP 32 dapat memproses program dengan baik.



Gambar 15. Pengujian Komunikasi Mikrokontroler

3. Pengujian rangkaian *real time clock* (RTC)

Pengujian dilakukan untuk menyamakan waktu pada prototipe dengan waktu aktualnya.



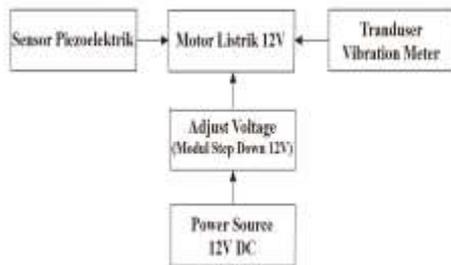
Gambar 16. Pengujian kalibrasi RTC

4.2 Pengujian Kalibrasi

Pada pengujian kalibrasi dengan menggunakan metode regresi linier, data x merupakan data analog yang keluar ketika

No	x	Y	A	B
1	0	0	0,1	0,000165
2	300	0,1		
3	1000	0,3		
4	3000	0,6		
5	5000	0,9		
6	7000	1,2		
7	8500	1,5		
8	10000	1,8		
9	12500	2,1		
10	14500	2,5		
11	16500	2,8		

getaran motor listrik diatur sedemikian rupa yang berbanding lurus dengan pembacaan *vibration meter*. Data yang diambil berjumlah 11 data kemudian dimasukkan ke fungsi regresi linier pada *software* microsoft excel.



Gambar 17. Skematik Pengambilan Data Kalibrasi

Dari proses kalibrasi didapatkan data yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Kalibrasi

Dengan demikian didapatkan persamaan kemudian akan dimasukkan ke dalam program arduino IDE.

$$N = A+B*x$$

$$N = 0,1 + (0,000165*x)$$

Keterangan:

x = Nilai ADC (sensor piezoelektrik)

y = Nilai alat ukur (*vibration meter* mm/s)

N = *Output* nilai getaran (mm/s)

A&B = Hasil Regresi aplikasi *microsoft excel*.

Pengujian sensor getar piezoelektrik dalam membaca nilai kecepatan getaran (mm/s) dilakukan pada motor listrik *sea water* agar lebih mudah dalam hal pemantauan. Motor ini memiliki tegangan kerja 380 V dengan daya 5,5 kW.



Gambar 18. Pengujian Penyimpangan Nilai

Guna mengetahui penyimpangan ketika dilakukan kalibrasi yaitu mengubah nilai analog sensor menjadi nilai getaran vibrasi, maka akan dilakukan analisis penyimpangan pembacaan di setiap sensor dengan *vibration meter* pada motor listrik *sea water*, kemudian dibandingkan dengan sensor piezoelektrik. Hasil pengujian pembacaan nilai ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Selisih Penyimpangan

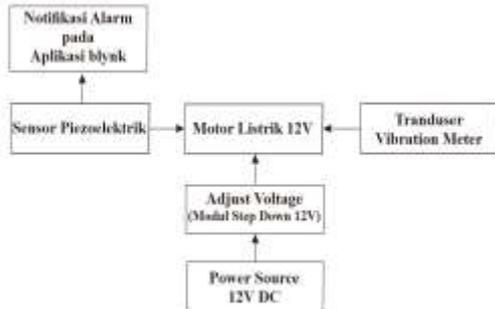
Sensor	Vibration Meter (mm/s)	Baca Sensor (mm/s)	Selisih (%)
VI	0,6	0,59	1,6
HI	1,0	1,03	3
AI	2,2	2,24	1,8
VO	1,4	1,42	1,4
HO	1,9	1,91	0,5
AO	1,8	1,73	3,8
Rata-rata			2,01

Tabel di atas adalah hasil pengujian sensor piezoelektrik dalam pembacaan nilai kecepatan getaran yang dihasilkan oleh motor listrik menunjukkan adanya penyimpangan dengan hasil pembacaan pada *vibration meter*.

Berdasarkan hasil pengujian pembacaan nilai sensor piezoelektrik, didapatkan rata-rata penyimpangan sensor memiliki penyimpangan sebesar 2,01 %.

4.3 Pengujian Notifikasi Alarm

Unjuk kerja pada notifikasi alarm akan memberikan notifikasi sesuai dengan standar ISO 10816-3. Dalam simulasi untuk mendapatkan getaran, maka akan digunakan motor listrik kecil yang tegangan *input* di *adjust* atau diatur maka akan mendapatkan getaran yang bervariasi dan targetnya akan menyentuh 4,5 serta 7,1 mm/s, ketika sensor telah membaca kedua getaran tersebut maka akan diuji apakah notifikasi pada *smartphone* dan di aplikasi *blynk* sudah tampil.

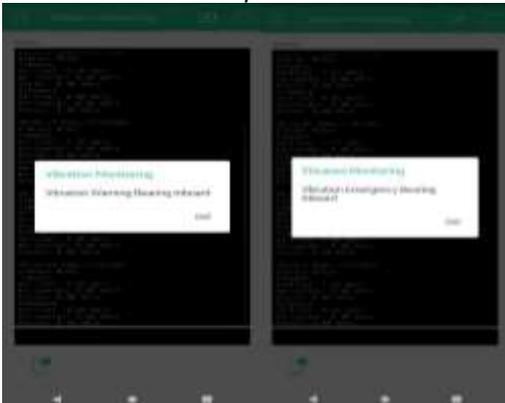


Gambar 19 Skematik Pengujian Notifikasi Alarm
Berikut pengujian yang dilakukan dengan hasil getaran 4,5 dan 7,1 mm/s



Gambar 20. Pengujian Langsung Notifikasi Alarm

Setelah pengujian notifikasi akan muncul dalam *smartphone*.



Gambar 21. Hasil Notifikasi Alarm

Dari pemaparan hasil notifikasi alarm pada setiap sensor, dengan ringkas akan ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Notifikasi Alarm

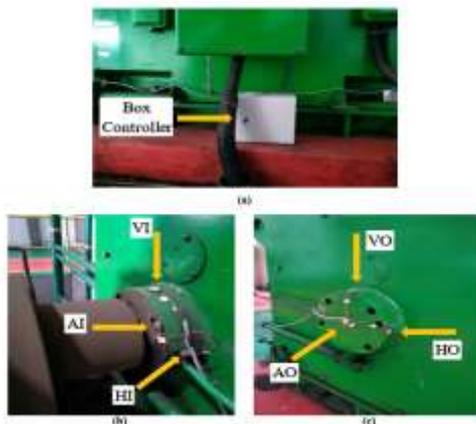
No	Sensor	Getaran \geq 4,5-7,0 mm/s)	Getaran \geq 7,1 mm/s)
1	VI	Warning Inboard	Emergency Inboard
2	HI	Warning Inboard	Emergency Inboard
3	AI	Warning Inboard	Emergency Inboard
4	VO	Warning Outboard	Emergency Outboard
5	HO	Warning Outboard	Emergency Outboard
6	AO	Warning Outboard	Emergency Outboard

Pemaparan hasil notifikasi alarm maka dapat diperoleh data setiap masing-masing sensor sudah diprogram dengan baik dan dapat menampilkan notifikasi alarm "warning" ketika nilai vibrasi \geq 4,5-7,0 mm/s dan juga menampilkan notifikasi alarm "emergency" ketika nilai vibrasi \geq 7,1 mm/s.

4.4 Pengujian Penyimpanan Data

Pengujian unjuk kerja penyimpanan dan pengukuran bertujuan untuk mengetahui apakah prototipe dapat menyimpan data yang diukur sesuai dengan perancangan. Pengujian langsung dilakukan pada motor listrik 6,3 kV *Boiler Feed Pump* Unit 3 PLTU Jeranjang. Pemasangan sensor pada bearing motor listrik 6,3 kV yaitu dengan kode VI (vertikal *inboard*), HI (horizontal *inboard*), AI (aksial *inboard*), VO (vertikal *outboard*), HO (horizontal *outboard*), AO (aksial *outboard*).

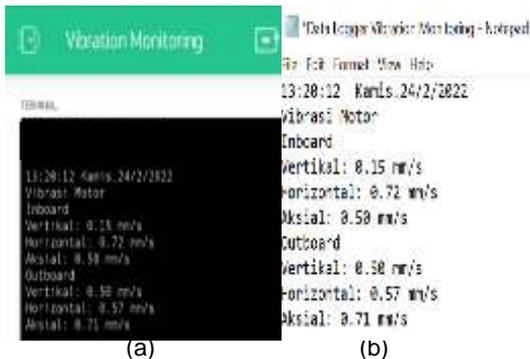
Metode pengambilan data yang akan dilakukan yaitu menit pertama dan 5 menit selanjutnya berturut-turut diambil data vibrasi motor listrik sesuai dengan titik bearing yang sudah dipasangkan sensor selama 25 menit. Kemudian akan ditampilkan antara data yang terpantau di aplikasi *blynk* dengan data yang sudah di rekam oleh modul *data logger*. Dengan demikian akan diketahui apakah data yang disimpan sesuai dengan pengukuran dan waktu secara *real time*.



Gambar 22. Pemasangan Sensor di Motor 6,3 kV

Gambar 22 merupakan prototipe saat sedang dalam pengambilan data, gambar (a) merupakan tempat *box controller* ditempatkan ditengah-tengah motor listrik 6,3 kV *Boiler Feed Pump Unit 3*, sedangkan gambar (b) dan (c) merupakan letak masing-masing sensor piezoelektrik dalam membaca vibrasi bearing *inboard* dan *outboard*. Berikut merupakan hasil yang didapatkan ketika melakukan pengujian pengukuran dan penyimpanan data, dalam pengujiannya dimulai dari Kamis 24 Februari 2022 jam 13:20:12.

Pada gambar (a) data yang didapatkan dari monitoring aplikasi *blinky* dan gambar (b) didapatkan dari data *microSD card* yang terhubung dengan modul *data logger*.



Gambar 23. Hasil Data Logger Menit 1

Dari pemaparan diatas dapat di masukan ke dalam Tabel 4 pengujian untuk dapat melihat data pengukuran apakah sudah sesuai dengan data yang dapat disimpan oleh *data logger*.

Tabel 4. Hasil Pengujian Data Logger

No	Waktu	Sensor Piezoelektrik (mm/s)						Penyimpanan Data Logger (mm/s)					
		Inboard			Outboard			Inboard			Outboard		
		V	H	A	V	H	A	V	H	A	V	H	A
1	Menit ke 1	0,15	0,72	0,50	0,50	0,57	0,71	0,15	0,72	0,50	0,50	0,57	0,71
2	Menit ke 5	0,21	0,69	0,54	0,53	0,48	0,86	0,21	0,69	0,54	0,53	0,48	0,86
3	Menit ke 10	0,20	0,70	0,42	0,72	0,51	0,88	0,20	0,70	0,42	0,72	0,51	0,88
4	Menit ke 15	0,19	0,70	0,44	0,74	0,52	0,75	0,19	0,70	0,44	0,74	0,52	0,75
5	Menit ke 20	0,13	0,72	0,48	0,71	0,52	0,66	0,13	0,72	0,48	0,71	0,52	0,66
6	Menit ke 25	0,18	0,68	0,49	0,55	0,50	0,76	0,18	0,68	0,49	0,55	0,50	0,76

Pengujian rangkaian penyimpanan menggunakan *microSD card* berkapasitas 8 GB (8.000.000.000 *byte*) sebagai media penyimpanan data. Tiap karakter yang tertulis dalam file dengan ekstensi *.txt* memiliki ukuran sebesar 1 *byte*. Rangkaian penyimpanan menuliskan 200 buah karakter dalam sekali *logging*, sehingga jika sistem monitoring vibrasi motor ini melakukan data logging setiap 10 detik maka *microSD card* akan terisi penuh dalam waktu 4629 hari atau 154 bulan 3 hari. Dari data yang ditampilkam juga dapat di analisis bahwa nilai vibrasi motor masih berada di *Zone A* yaitu Tipikal nilai vibrasi pada permesinan baru *commissionin* sesuai dengan standar vibrasi ISO 10816-3.

5. KESIMPULAN

Dari Pembahasan di atas dapat disimpulkan :

1. Perancangan prototipe *data logger* monitoring vibrasi berbasis IoT dengan pengujian stabilitas tegangan, *mikrokontroler*, dan *real time clock* berhasil dirancang dengan pembacaan sensor memiliki rata-rata selisih penyimpangan sebesar 2,01%.
2. Pada penelitian ini sistem unjuk kerja notifikasi alarm pada setiap sensor sudah mampu mengirim notifikasi alarm "*warning*" dengan nilai vibrasi $\geq 4,5- 7,0$ dan notifikasi alarm "*emergency*" dengan nilai vibrasi $\geq 7,1$ sesuai dengan standar vibrasi ISO 10816-3. Sedangkan pada unjuk kerja pada penyimpanan data sensor sudah berhasil menyimpan data dengan *micro-SD card* yang digunakan adalah 8 GB maka akan

terisi penuh dalam waktu 4629 hari atau 154 bulan 3 hari.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rodríguez, I., & Alves, R. (2006). Notice of Violation of IEEE Publication Principles: Bearing Damage Detection of the Induction Motors using Current Analysis. In *2006 IEEE/PES Transmission & Distribution Conference and Exposition: Latin America* (pp. 1-5). IEEE.
- [2] Da Silva, A. M. (2006). Induction motor fault diagnostic and monitoring methods (Doctoral dissertation, Marquette University).
- [3] Musyaffa, I. F. (2019). Monitoring Temperatur Dan Getaran Motor Induksi 3 Phase Menggunakan Arduino Uno (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- [4] Tarmuji, T. (2015). Perancangan dan pembuatan alat pengukur getaran mekanis menggunakan piezzo electric sensor berbasis arduino mikrokontroler. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 15(2), 53-59.
- [5] Sulthoni, A., & Suprianto, B. (2018). Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Vibrasi Pada Motor Sebagai Indikator Pengaman Terhadap Perubahan Beban Menggunakan Sensor Accelerometer GY-521 MPU 6050 Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro*, 7(3), 147-155.
- [6] Roza, I., Yanie, A., Almi, A., & Andriana, L. (2020). Implementasi Alat Pendeteksi Getaran Bantalan Motor Induksi Pada Pabrik Menggunakan Sensor Piezoelektrik Berbasis SMS. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 3(1), 20-25.
- [7] Meidiasha, D., Rifan, M., & Subekti, M. (2020). Alat Pengukur Getaran, Suara Dan Suhu Motor Induksi Tiga Fasa Sebagai Indikasi Kerusakan Motor Induksi Berbasis Arduino. *Journal of Electrical Vocational Education and Technology*, 5(1), 27-31.
- [8] Khater, F. M., El-Sebah, M. I. A., Osama, M., & Sakkoury, K. S. (2016). Proposed fault diagnostics of a broken rotor bar induction motor fed from PWM inverter. *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, 3(3), 387-397.
- [9] Karyasa, T. B. (2011). Dasar-dasar getaran mekanis. Yogyakarta: Andi.
- [10] Setyawan, D. B., & Sufiyanto, S. (2013). Metode vibration analysis dalam aplikasi perawatan mesin. *Jurnal Teknik Mesin Transmisi*, 9(2), 921-930.
- [11] Harjono, R. N., Sukmadi, T., & Karnoto, K. (2013). Pemanfaatan spektrum vibrasi untuk mengindikasikan kerusakan motor induksi di pltu indramayu 3 x 330 mw. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 2(3), 408-414.
- [12] Nurjanah, T. I. (2017). Pembuatan Logger Data Seismik 3 Komponen Berbasis Modul Arduino Uno (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- [13] Sulaiman, O. K., & Widarma, A. (2017). Sistem Internet Of Things (IoT) Berbasis Cloud Computing dalam Campus Area Network Sistem Internet Of Things (IOT) Berbasis Cloud Computing Dalam Campus Area Network Oris. ks@ ft. uisu. ac. id.
- [14] Mentaruk, A. E., Najoan, X. B., & Lumenta, A. S. (2020). Implementasi Sistem Keamanan Toko Berbasis Sistem Internet of Things. *Jurnal Teknik Informatika*, 15(4), 325-332.