



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**MODEL ALAT UJI KERUSAKAN PADA POMPA SENTRIFUGAL
MENGUNAKAN SENSOR *ACCELEROMETER*
UNTUK *PREDICTIVE MAINTENANCE***

Sub Judul :

***Sistem Monitoring dan Logging Sinyal Getaran Berbasis Node-RED
Untuk Predictive Maintenance***

SKRIPSI

Akhmad Danung Yudistira

1903431002

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI INSTRUMENTASI DAN KONTROL INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2023



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**MODEL ALAT UJI KERUSAKAN PADA POMPA SENTRIFUGAL
MENGUNAKAN SENSOR *ACCELEROMETER*
UNTUK *PREDICTIVE MAINTENANCE***

**Sistem *Monitoring* dan *Logging* Sinyal Getaran Berbasis Node-RED
Untuk *Predictive Maintenance***

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Terapan**

**Akhmad Danung Yudistira
1903431002**

**PROGRAM STUDI INSTRUMENTASI DAN KONTROL INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2023

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun diurjuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Akhmad Danung Yudistira
NIM : 1903431002
Tanda Tangan : 
Tanggal : 11 Agustus 2023



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir diajukan oleh:

Nama : Akhmad Danung Yudistira
NIM : 1903431002
Program Studi : Instrumentasi dan Kontrol Industri
Judul Tugas Akhir : Sistem *Monitoring* dan *Logging* Sinyal Getaran Berbasis Node-RED Untuk *Predictive Maintenance*

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada, tanggal bulan 2023
Dan dinyatakan **LULUS**

Pembimbing 1 : Drs. Syafrizal Syarief, S.T., M.T.
NIP. 195905081986031002

**POLITEKNIK
NEGERI**

Depok, 21 Agustus 2023

Disahkan Oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Rika Novita Wardhani, S.T., M.T.

NIP. 197011142008122001

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadiran Allah SWT karena rahmat dan karuniaNya Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Terapan di Politeknik Negeri Jakarta. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan laporan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Rika Novita Wardhani, S.T., M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro;
2. Sulis Setiowati, S.Pd., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri;
3. Drs. Syafrizal Syarief, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
4. Orang tua yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
5. Ridwan Al Alif, selaku rekan satu tim dalam pelaksanaan penelitian ini yang telah mendukung, membantu, dan memotivasi dalam menyelesaikan laporan Skripsi ini;
6. Keyasa Abimanyu Nugroho, selaku kakak tingkat Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri Angkatan 2018 yang membantu penulis dalam proses penyusunan Laporan;
7. Teman-teman *Next Trip*, KONSIKI, dan IKI 2019 yang saling mendukung dan berjuang dalam menyelesaikan perkuliahan dan skripsi selama masa kuliah.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga laporan Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 10 Agustus 2023

Akhmad Danung Yudistira



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Sistem *Monitoring* dan *Logging* Sinyal Getaran Berbasis Node-RED Untuk *Predictive Maintenance*

ABSTRAK

Pompa sentrifugal merupakan salah satu jenis pompa yang digunakan dalam berbagai industri, seperti industri pengolahan air. Berdasarkan perannya tersebut, penggunaan pompa menjadi sangat penting pada sistem. Pengoperasian pompa yang dilakukan secara terus-menerus memungkinkan terjadinya kerusakan, salah satunya misalignment, sebagai akibat dari adanya vibrasi atau getaran yang dialami oleh pompa. Oleh karena itu, untuk menjaga produktivitas suatu sistem maka diperlukan suatu pemantauan kondisi dan diagnosis kerusakan pompa secara dini sebagai fungsi dari *predictive maintenance* yang dapat diimplementasikan menjadi sebuah sistem monitoring sinyal getaran berbasis Node-RED dengan protokol MQTT. Adapun dalam nilai getaran pompa tersebut diprediksi menggunakan metode regresi linier dan dievaluasi berdasarkan standar ISO 2372 (10816). Sistem monitoring dan logging sinyal getaran berbasis Node-RED ini diperoleh nilai akurasi dalam memprediksi kondisi pompa pada frekuensi 20 Hz sebesar 99,87%. Dalam hal tersebut, pompa diprediksi akan mengalami downtime dalam waktu 10279.1 detik atau 2,8 jam.

Kata Kunci: Pompa sentrifugal, *Predictive maintenance*, *Monitoring*, *Logging*, Node-RED, Protokol MQTT



Node-RED Based Vibration Signal Monitoring and Logging System For Predictive Maintenance

ABSTRACT

Centrifugal pumps are one type of pump used in various industries, such as the water treatment industry. Based on its role, the use of pumps is very important in the system. Continuous pump operation allows damage, one of which is misalignment, as a result of the vibrations experienced by the pump. Therefore, to maintain the productivity of a system, it is necessary to monitor the condition and diagnosis of pump damage early as a function of predictive maintenance which can be implemented into a Node-RED-based vibration signal monitoring system with the MQTT protocol. The pump condition monitoring is predicted using linear regression method and evaluated based on ISO 2372 (10816) standard. This Node-RED-based vibration signal monitoring and logging system obtained an accuracy value in predicting pump conditions at a frequency of 20 Hz is 99.87%. In this case, the pump is predicted to experience downtime within 10279.1 seconds or 2.8 hours.

Keywords: *Centrifugal Pump, Predictive Maintenance, Monitoring, Logging, Node-RED, MQTT Protocol*

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
<i>ABSTRAK</i>	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Luaran.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 <i>State of the art</i> Penelitian.....	4
2.2 Pompa Sentrifugal.....	5
2.3 <i>Vibration</i>	6
2.4 <i>Predictive maintenance</i>	7
2.5 Regresi Linier.....	9
2.5.1 MAPE (<i>Mean Absolute Percentage Error</i>).....	10
2.6 Sensor <i>Accelerometer</i> ADXL-345.....	10
2.7 ISO 2372 (10816).....	12
2.8 Arduino UNO.....	13
2.9 Labview 2015.....	14
2.10 MQTT Protocol.....	15
2.11 Node-RED.....	16
2.12 MySQL.....	17
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI.....	18
3.1 Perancangan Alat.....	18

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.1.1	Deskripsi Alat	18
3.1.2	Cara Kerja Alat	19
3.1.3	Spesifikasi Alat.....	20
3.1.4	Diagram Blok Sistem	21
3.1.5	Electrical wiring diagram	22
3.1.6	Diagram Blok Sub-Sistem	23
3.2	Realisasi Alat.....	24
3.2.1	Pembuatan Rancang Bangun Alat.....	24
3.2.2	Perancangan LabVIEW sebagai <i>publisher</i>	26
3.2.3	Perancangan Node-RED <i>LocalHost</i>	28
3.2.4	Pemrograman Database MySQL	40
3.2.5	Konfigurasi MQTT Broker.....	41
3.2.6	Flowchart Sistem Monitoring dan Logging	42
3.2.7	Tampilan Sistem <i>Monitoring</i> dan <i>Logging</i>	44
BAB IV PEMBAHASAN		47
4.1	Pengujian <i>Systems Monitoring</i> dan <i>Logging</i>	47
4.1.1	Deskripsi Pengujian Sistem <i>Monitoring</i> dan <i>Logging</i>	47
4.1.2	Daftar Peralatan Pengujian Sistem <i>Monitoring</i> dan <i>Logging</i>	47
4.1.3	Prosedur Pengujian Sistem <i>Monitoring</i> dan <i>Logging</i>	48
4.1.4	Data Hasil Prngujian Sistem <i>Monitoring</i> dan <i>Logging</i>	49
4.2	Pengujian <i>Predictive Maintenance</i>	71
4.2.1	Deskripsi Pengujian <i>Predictive Maintenance</i>	71
4.2.2	Daftar Peralatan Pengujian <i>Predictive Maintenance</i>	71
4.2.3	Prosedur Pengujian <i>Predictive Maintenance</i>	72
4.2.4	Data Hasil Pengujian <i>Predictive Maintenance</i>	73
BAB V PENUTUP.....		82
5.1	Kesimpulan	82
5.2	Saran	82
LAMPIRAN.....		xv



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bagian pada Pompa sentrifugal.....	5
Gambar 2. 2 Motor Induksi 3 phase.....	6
Gambar 2. 3 Jenis-Jenis Perawatan di Industri	7
Gambar 2. 4 <i>Predictive Maintenance overview</i>	8
Gambar 2. 5 Sensor Accelerometer ADXL345.....	11
Gambar 2. 6 Arah sumbu untuk pengukuran sensor Accelerometer ADXL-345...11	
Gambar 2. 7 Nilai standar berdasarkan peletakan sensor	11
Gambar 2. 8 Arduino UNO	14
Gambar 2. 9 Logo LabVIEW 2015.....	15
Gambar 2. 10 Arsitektur Publish/Subscribe MQTT.....	16
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Cara kerja Alat.....	19
Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem	21
Gambar 3. 3 <i>Electrical Wiring Diagram</i>	23
Gambar 3. 4 Diagram Blok Sistem <i>Monitoring</i> dan <i>Logging</i>	23
Gambar 3. 5 Tampak Depan Model Alat Uji Getaran pada pompa Sentrifugal....	25
Gambar 3. 6 Tampak dalam Panel	25
Gambar 3. 7 Flow Program LabVIEW sebagai <i>Publisher</i>	27
Gambar 3. 8 Flow Program Login dan Logout.....	28
Gambar 3. 9 Flow Program pemilihan pengambilan data.....	30
Gambar 3. 10 Program menu “Misalignment”	32
Gambar 3. 11 Flow Program Monitoring.....	34
Gambar 3. 12 Konfigurasi Mqtt in variabel sumbu X (mm/s).....	34
Gambar 3. 13 Konfigurasi Mqtt in variabel sumbu Y (mm/s)	35
Gambar 3. 14 Konfigurasi Mqtt in FFT sumbu X (Hz)	35
Gambar 3. 15 Konfigurasi Mqtt in FFT sumbu X (Hz)	36
Gambar 3. 16 Flow Program <i>Logging</i> data ke database	37
Gambar 3. 17 Flow Lihat data dan Unduh Data	38
Gambar 3. 18 Flow Kembali ke Pemilihan data	39
Gambar 3. 19 Membuat Tabel pada Database MySQL dengan phpMy Admin....	40

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3. 20 Diagram Alir sistem <i>monitoring</i> dan <i>logging</i>	42
Gambar 3. 21 Diagram Alir Login	43
Gambar 3. 22 Diagram Alir Unduh Data	44
Gambar 3. 23 Dashboard Login	45
Gambar 3. 24 Dashboard Informasi Alat	45
Gambar 3. 25 Pemilihan Pengambilan Data	45
Gambar 3. 26 Pilih Frekuensi Pengambilan data	46
Gambar 3. 27 Tampilan Monitoring	46
Gambar 3. 28 Tampilan Unduh Data	46
Gambar 4. 1 “Username Doesn’t Exist”	50
Gambar 4. 2 “Invalid Password”	50
Gambar 4. 3 <i>Monitoring</i> tidak dapat diakses	51
Gambar 4. 4 Informasi alat.....	51
Gambar 4. 5 Menu pengambilan data	52
Gambar 4. 6 Menu pemilihan frekuensi pada pengambilan data ... “Misalignment”	53
Gambar 4. 7 Menu pemilihan frekuensi pada pengambilan data “Normal”	53
Gambar 4. 8 Menu pemilihan frekuensi pada pengambilan data “Pengujian”	54
Gambar 4. 9 Menu pemilihan frekuensi “Misalignment”	54
Gambar 4. 10 Menu pemilihan frekuensi “Normal”	55
Gambar 4. 11 Menu pemilihan frekuensi “Pengujian”	55
Gambar 4. 12 Tampilan Monitoring “Misalignment15Hz”	57
Gambar 4. 13 Tampilan Monitoring “Misalignment20Hz”	57
Gambar 4. 14 Tampilan Monitoring “Misalignment25Hz”	58
Gambar 4. 15 Tampilan Monitoring “Normal15Hz”	58
Gambar 4. 16 Tampilan Monitoring “Normal20Hz”	59
Gambar 4. 17 Tampilan Monitoring “Normal25Hz”	59
Gambar 4. 18 Tampilan Monitoring “Pengujian15Hz”	60
Gambar 4. 19 Tampilan Monitoring “Pengujian120Hz”	60
Gambar 4. 20 Tampilan Monitoring “Pengujian25Hz”	61
Gambar 4. 21 Menu Pemilihan tanggal pengambilan data “Misalignment 15 Hz”	62



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 22 Menu Pemilihan tanggal pengambilan data “Misalignment 20 Hz”	62
.....	
Gambar 4. 23 Menu Pemilihan tanggal pengambilan data “Misalignment 25 Hz”	62
.....	
Gambar 4. 24 Menu Pemilihan tanggal pengambilan data “Normal 15 Hz”	63
Gambar 4. 25 Menu Pemilihan tanggal pengambilan data “Normal 20 Hz”	63
Gambar 4. 26 Menu Pemilihan tanggal pengambilan data “Normal 25 Hz”	63
Gambar 4. 27 Menu Pemilihan tanggal pengambilan data “Normal 25 Hz”	64
Gambar 4. 28 Menu Pemilihan tanggal pengambilan data “Pengujian 15 Hz”	64
Gambar 4. 29 Menu Pemilihan tanggal pengambilan data “Pengujian 15 Hz”	64
Gambar 4. 30 Tabel data “Misalignment 15 Hz”	65
Gambar 4. 31 Tabel data “Misalignment 20 Hz”	65
Gambar 4. 32 Tabel data “Misalignment 25 Hz”	65
Gambar 4. 33 Tabel data “Normal 15 Hz”	65
Gambar 4. 34 Tabel data “Normal 20 Hz”	66
Gambar 4. 35 Tabel data “Normal 25 Hz”	66
Gambar 4. 36 Tombol "Logout" pada <i>tab</i> "Home"	70
Gambar 4. 37 Tampilan "Login"	70
Gambar 4. 38 File csv terunduh	73
Gambar 4. 39 "Convert to Number"	74
Gambar 4. 40 <i>Command</i> "Data Analysis"	74
Gambar 4. 41 Pemilihan “Data Analysis” menggunakan <i>Regression</i>	75
Gambar 4. 42 Konfigurasi Regresi	75
Gambar 4. 43 Grafik Prediksi Getaran	77
Gambar 4. 44 Grafik Perbandingan Nilai Prediksi dengan 1000 data Pengujian Getaran	80



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Standar ISO 2372 (10816).....	12
Tabel 2. 2 Spesifikasi Arduino UNO.....	14
Tabel 3. 1 Spesifikasi Komponen <i>Hardware</i>	20
Tabel 3. 2 Keterangan Gambar Rancang Bangun Alat	26
Tabel 3. 3 Program JavaScript untuk login dan Logout.....	28
Tabel 3. 4 Program JavaScript untuk menu pemilihan pengambilan data	30
Tabel 3. 5 Program JavaScript menu “Misalignment”	32
Tabel 3. 6 Program JavaScript <i>Logging</i> Data ke Database	37
Tabel 3. 7 Program JavaScript Lihat dan Unduh Data	38
Tabel 3. 8 Program JavaScript untuk Tombol Pemilihan data atau Pemilihan frekuensi.....	40
Tabel 3. 9 Query SQL pembuatan tabel dengan phpMyAdmin	41
Tabel 4. 1 Daftar Peralatan Pengujian Sistem Monitoring dan Logging	47
Tabel 4. 2 Hasil unduh file format “.csv”.....	67
Tabel 4. 3 Hasil unduh file format “.csv”.....	67
Tabel 4. 4 Hasil unduh file format “.csv”.....	68
Tabel 4. 5 Hasil unduh file format “.csv”.....	68
Tabel 4. 6 Hasil unduh file format “.csv”.....	69
Tabel 4. 7 Hasil unduh file format “.csv”.....	69
Tabel 4. 8 Daftar Peralatan Pengujian Performa Alat	71
Tabel 4. 9 Nilai <i>intercept</i> (a) dan Kofisien variabel X(b)	76
Tabel 4. 10 Data Perbandingan Pengujian Getaran dengan Nilai Prediksi	78

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup Penulis.....	xv
Lampiran 2 Datasheet Sensor <i>Accelerometer</i> ADXL345	xvi
Lampiran 3 Flow Program Node-RED	xix



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pompa merupakan suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan/fluida dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui media perpipaan dengan cara menambahkan energi kinetik pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus. Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*) (Kamiel et al., 2019).

Pompa Sentrifugal merupakan salah satu jenis pompa yang sering digunakan pada industri pengolahan air, baik air limbah maupun air bersih. Pompa sentrifugal juga dapat digunakan pada industri pengolahan minyak. Seiring dengan pemakaian pompa yang terus-menerus maka memungkinkan pompa akan rusak. Oleh karena itu perawatan terhadap pompa sentrifugal sangat penting.

Dalam menjalankan fungsi pompa sentrifugal ada beberapa faktor yang mempengaruhi, salah satunya vibrasi atau getaran. Getaran merupakan gerakan bolak balik dari mesin atau elemen mesin dari posisi setimbang (diam). Getaran juga merupakan salah satu parameter analisa dalam proses *maintenance* khususnya digunakan untuk mendeteksi sumber dan gejala kerusakan. Kerusakan ini biasanya disebabkan karena beberapa hal diantaranya kerusakan yang disebabkan oleh kesalahan mekanik dan kerusakan yang disebabkan karena permasalahan bearing. Kerusakan mekanik contohnya *misalignment*, *unbalance*, dan juga *looseness*. Sedangkan untuk masalah bearing itu berupa BPFO, BPFI, BSF, dan FTF (Pulungan et al., 2022).

Pemantauan kondisi dan diagnosis kerusakan pompa sangat penting untuk operasi yang dapat diandalkan dari proses industri, diagnosis yang benar, dan deteksi dini kerusakan awal, yang dapat dicapai dengan mengambil pengukuran dari motor dan mengekstraksi fitur-fitur dari sinyal-sinyal time series yang direkam, yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan kondisi motor atau pompa dalam keadaan baik atau rusak (Liang, 2019).



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Predictive maintenance merupakan salah satu perawatan yang dapat dilakukan dengan cara memantau kondisi getaran yang ditimbulkan dari mesin. Oleh karena itu peneliti melakukan desain dan pembuatan alat pemantau (*monitoring*) kerusakan mesin berdasarkan level getaran dengan LabVIEW yang terintegrasi Node-RED yang dapat dipantau secara nirkabel dan terus-menerus.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana cara merancang sistem monitoring pada Model Alat Uji Kerusakan Pada Pompa Sentrifugal Menggunakan Sensor *Accelerometer* Untuk *Predictive Maintenance*?
2. Bagaimana cara mengintegrasikan Software LabVIEW dengan Platform IoT Node-RED
3. Bagaimana cara melakukan data *logging* hasil monitoring dengan menggunakan Node-RED?
4. Bagaimana cara membuat *predictive maintenance* berdasarkan data getaran yang didapat?

1.3 Batasan Masalah

1. Sistem *monitoring* dan *logging* menggunakan Node-RED.
2. Variabel yang dimonitor adalah amplitudo dari sinyal getaran dalam satuan mm/s.
3. Datalogger menggunakan MySQL dan data dapat diunduh dalam format “.csv”.
4. *Predictive maintenance* menggunakan metode regresi linier.
5. Pengiriman data getaran dari LabVIEW ke Node-RED menggunakan *MQTT protocol*.
6. Penelitian ini Membahas Terkait monitoring data logging dan untuk Pembahasan mengenai pengukuran sensor akan dibahas oleh rekan peneliti Ridwan Al Alif.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

1.4 Tujuan

Membuat sistem *monitoring* dan *logging* pada Model alat uji kerusakan pompa sentrifugal, sehingga dapat dimonitor nilai sinyal getaran(mm/s) sebagai dasar atau acuan untuk *Predictive maintenance*.

1.5 Luaran

Luaran dari penelitian ini adalah membuat pemodelan sistem monitoring pada Model alat uji kerusakan pompa sentrifugal yang dapat dilihat dari komputer dengan koneksi internet. Alat ini diharapkan untuk memudahkan pengguna dan *maintenance service* dalam melakukan *maintenance* pompa sentrifugal.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dan pengujian, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem *Monitoring* dan *Logging* Sinyal Getaran Menggunakan NodeRED Untuk *Predictive maintenance* berhasil menjalankan *flow* yang telah dibuat dan menampilkan data sensor dari LabVIEW yang dikirim dengan MQTT.
2. Ketepatan nilai prediksi untuk *predictive maintenance* mendapatkan akurasi sebesar 99,88% untuk 1000 data pengujian alat pada frekuensi 20 Hz. Berdasarkan metode pemrediksian tersebut saat pompa dijalankan pada frekuensi 20 Hz maka pompa diprediksi akan mengalami *downtime* dalam waktu 10279.1 detik atau sama dengan 2,8 Jam.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, penulis mengajukan saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Membuat *dashboard* untuk *Reporting* menggunakan Node-RED yang berisikan data terkait kondisi pompa sentrifugal, nama mekanik yang melakukan pemeliharaan, tanggal dilakukannya pemeliharaan dan selanjutnya dapat diunduh dalam format pdf sebagai *Work Order*.
2. Mengolah data secara langsung dari *database* untuk menentukan kondisi pompa menggunakan Node-RED. Yaitu dengan cara memberikan pemodelan regresi langsung pada Node *function* di Node-RED agar dapat melakukan Analisa tanpa menggunakan Ms. Excel.



DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, J. A. (2021). *Predictive Maintenance in Industrial Machinery using Machine Learning*.
- Akbar, A., Karmiadi, D. W., Studi, P., Teknik, M., & Pancasila, U. (2021). Analisis Getaran Pengaruh Variabel Misalignment. *Teknobiz : Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 11(3), 141–150.
<http://journal.univpancasila.ac.id/index.php/teknobiz/article/view/2901>
- Almumtazah, N., Azizah, N., Putri, Y. L., & Novitasari, D. C. R. (2021). Prediksi Jumlah Mahasiswa Baru Menggunakan Metode Regresi Linier Sederhana. *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Terapan*, 18(1), 31–40.
<https://doi.org/10.22487/2540766x.2021.v18.i1.15465>
- Arifin, M., & Umar. (2021). Analisis Perbandingan Arus Starting Motor Induksi 3 Fasa Rangkaian Star Delta Denga N Variable Frequency Drive. *Symposium Nasional RAPI XX-2021 FT UMS*, 7, 189–195.
- Ferrina, Q., Ratna Sulistiyanti, S., & Junaidi, dan. (2022). Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor Akselerometer ADXL345. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 10(02), 187–196.
- Kamiel, B. P., Nafsaka, D. A., Riyanta, B., & Asyratul, A. (2019). Deteksi Kavitas Pada Pompa Sentrifugal Menggunakan Spektrum Getaran dan Spektrum Envelope. *Semesta Teknika*, 22(1), 1–10.
<https://doi.org/10.18196/st.221231>
- Lekić, M., & Gardašević, G. (2018). IoT sensor integration to Node-RED platform. *2018 17th International Symposium on INFOTEH-JAHORINA, INFOTEH 2018 - Proceedings, 2018-Janua(March)*, 1–5.
<https://doi.org/10.1109/INFOTEH.2018.8345544>
- Liang, X. (2019). Temperature estimation and vibration monitoring for induction motors and the potential application in electrical submersible motors. *Canadian Journal of Electrical and Computer Engineering*, 42(3), 148–162.
<https://doi.org/10.1109/CJECE.2018.2875111>

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Lubis, S., Siregar, I., & Siregar, A. M. (2020). Karakteristik Unjuk Kerja 2 Pompa Sentrifugal Dengan Susunan Seri Sebagai Turbin Pat. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 3(2), 85–92.
<https://doi.org/10.30596/rmme.v3i2.5270>
- Nasution, M., Bakhori, A., & Novarika, W. (2021). Manfaat Perlunya Manajemen Perawatan Untuk Bengkel Maupun Industri. *Buletin Utama Teknik*, 16, No. 3, 248–252.
- Pulungan, M. A., Benu, S. M., & Siahaan, S. (2022). Analisis Vibrasi Terhadap Massa Pakai Pompa Suntrifugal Unit 4 Fatty Acid Pada PT. Unilever Oleochemical Indonesia. *Jurnal Pendidik Indonesia (JPIn)*, 5(2), 588–592.
- Suryadi, D., & Pratama, M. D. (2020). Desain dan Pembuatan Alat Monitoring Kerusakan Mesin Berdasarkan Level Getaran. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 11(1), 21–29. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2020.011.01.3>
- Susilo, D. D., & Arifin, Z. (2013). ANALISA SINYAL GETARAN Keywords : Abstract : *Mekanika*, 11 Nmomor(2010), 116–122.
- Syarief, S. (2015). Pengukuran Overall Equipment Effectiveness. *Politeknologi*, 14(2).
- Zainudin, A., Anisah, I., & Gulo, M. M. (2021). Implementasi Fog Computing Pada Aplikasi Smart Home Berbasis Internet of Things. *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, 6(1), 127.
<https://doi.org/10.24114/cess.v6i1.20658>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup Penulis



Penulis bernama Akhmad Danung Yudistira, anak pertama dari tiga bersaudara dan lahir di Banyumas, 21 Juni 2001. Latar belakang pendidikan formal penulis adalah lulusan sekolah dasar di SDN 1 Sidabowa 2013. Melanjutkan ke sekolah menengah pertama di SMPN 3 Purwokerto dan lulus pada tahun 2016. Kemudian, melanjutkan pendidikan ke sekolah menengah atas di SMAN 5 Purwokerto dan lulus pada tahun 2019.

Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perkuliahan Sarjana Terapan (S.Tr.) di Politeknik Negeri Jakarta Jurusan Teknik Elektro Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri sejak tahun 2019 hingga tahun 2023. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail danungyudistirapwt@gmail.com.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Lampiran 2 Datasheet Sensor *Accelerometer ADXL345*

3-Axis, $\pm 2\text{ g}/\pm 4\text{ g}/\pm 8\text{ g}/\pm 16\text{ g}$ Digital Accelerometer

FEATURES

- ▶ Ultralow power: as low as 23 μA in measurement mode and 0.1 μA in standby mode at $V_S = 2.5\text{ V}$ (typical)
- ▶ Power consumption scales automatically with bandwidth
- ▶ User-selectable resolution
 - ▶ Fixed 10-bit resolution
 - ▶ Full resolution, where resolution increases with g range, up to 13-bit resolution at $\pm 16\text{ g}$ (maintaining 4 mg/LSB scale factor in all g ranges)
- ▶ Embedded memory management system with FIFO technology minimizes host processor load
- ▶ Single tap/double tap detection
- ▶ Activity/inactivity monitoring
- ▶ Free-fall detection
- ▶ Supply voltage range: 2.0 V to 3.6 V
- ▶ I/O voltage range: 1.7 V to V_S
- ▶ SPI (3- and 4-wire) and I²C digital interfaces
- ▶ Flexible interrupt modes mappable to either interrupt pin
- ▶ Measurement ranges selectable via serial command
- ▶ Bandwidth selectable via serial command
- ▶ Wide temperature range (-40°C to $+85^\circ\text{C}$)
- ▶ 10,000 g shock survival
- ▶ Pb free/RoHS compliant
- ▶ Small and thin: 3 mm \times 5 mm \times 1 mm LGA package

APPLICATIONS

- ▶ Handsets
- ▶ Medical instrumentation

- ▶ Gaming and pointing devices
- ▶ Industrial instrumentation
- ▶ Personal navigation devices
- ▶ Hard disk drive (HDD) protection

GENERAL DESCRIPTION

The ADXL345 is a small, thin, ultralow power, 3-axis accelerometer with high resolution (13-bit) measurement at up to $\pm 16\text{ g}$. Digital output data is formatted as 16-bit two's complement and is accessible through either a SPI (3- or 4-wire) or I²C digital interface.

The ADXL345 is well suited for mobile device applications. It measures the static acceleration of gravity in tilt-sensing applications, as well as dynamic acceleration resulting from motion or shock. Its high resolution (3.9 mg/LSB) enables measurement of inclination changes less than 1.0° .

Several special sensing functions are provided. Activity and inactivity sensing detect the presence or lack of motion by comparing the acceleration on any axis with user-set thresholds. Tap sensing detects single and double taps in any direction. Free-fall sensing detects if the device is falling. These functions can be mapped individually to either of two interrupt output pins. An integrated memory management system with a 32-level first in, first out (FIFO) buffer can be used to store data to minimize host processor activity and lower overall system power consumption.

Low power modes enable intelligent motion-based power management with threshold sensing and active acceleration measurement at extremely low power dissipation.

The ADXL345 is supplied in a small, thin, 3 mm \times 5 mm \times 1 mm, 14-lead, plastic package.

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM

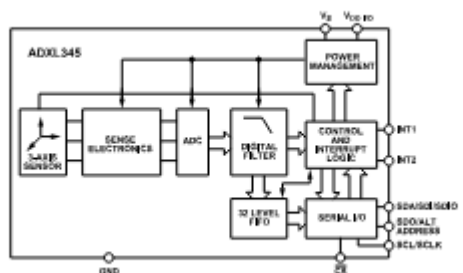


Figure 1.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, pennisan karya ilmiah, pennisan laporan, pennisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

SPECIFICATIONS

$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 2.5\text{ V}$, $V_{DDIO} = 1.8\text{ V}$, acceleration = 0 g, $C_S = 10\ \mu\text{F}$ tantalum, $C_{IO} = 0.1\ \mu\text{F}$, output data rate (ODR) = 800 Hz, unless otherwise noted. All minimum and maximum specifications are guaranteed. Typical specifications are not guaranteed.

Table 1.

Parameter	Test Conditions	Min	Typ ¹	Max	Unit
SENSOR INPUT					
Measurement Range	Each axis User selectable		$\pm 2, \pm 4, \pm 8, \pm 16$		g
Nonlinearity	Percentage of full scale		± 0.5		%
Inter-Axis Alignment Error			± 0.1		Degrees
Cross-Axis Sensitivity ²			± 1		%
OUTPUT RESOLUTION					
All g Ranges	Each axis 10-bit resolution		10		Bits
± 2 g Range	Full resolution		10		Bits
± 4 g Range	Full resolution		11		Bits
± 8 g Range	Full resolution		12		Bits
± 16 g Range	Full resolution		13		Bits
SENSITIVITY					
Sensitivity at $X_{OUT}, Y_{OUT}, Z_{OUT}$	Each axis All g-ranges, full resolution	230	256	282	LSB/g
	± 2 g, 10-bit resolution	230	256	282	LSB/g
	± 4 g, 10-bit resolution	115	128	141	LSB/g
	± 8 g, 10-bit resolution	57	64	71	LSB/g
	± 16 g, 10-bit resolution	29	32	35	LSB/g
Sensitivity Deviation from Ideal	All g-ranges		± 1.0		%
Scale Factor at $X_{OUT}, Y_{OUT}, Z_{OUT}$	All g-ranges, full resolution	3.5	3.9	4.3	mg/LSB
	± 2 g, 10-bit resolution	3.5	3.9	4.3	mg/LSB
	± 4 g, 10-bit resolution	7.1	7.8	8.7	mg/LSB
	± 8 g, 10-bit resolution	14.1	15.6	17.5	mg/LSB
	± 16 g, 10-bit resolution	28.6	31.2	34.5	mg/LSB
Sensitivity Change Due to Temperature			± 0.01		%/°C
0 g OFFSET					
0 g Output for X_{OUT}, Y_{OUT}	Each axis	-150	0	+150	mg
0 g Output for Z_{OUT}		-250	0	+250	mg
0 g Output Deviation from Ideal, X_{OUT}, Y_{OUT}			± 35		mg
0 g Output Deviation from Ideal, Z_{OUT}			± 40		mg
0 g Offset vs. Temperature for X-, Y-Axes			± 0.4		mg/°C
0 g Offset vs. Temperature for Z-Axis			± 1.2		mg/°C
NOISE					
X-, Y-Axes	ODR = 100 Hz for ± 2 g, 10-bit resolution or all g-ranges, full resolution		0.75		LSB rms
Z-Axis	ODR = 100 Hz for ± 2 g, 10-bit resolution or all g-ranges, full resolution		1.1		LSB rms
OUTPUT DATA RATE AND BANDWIDTH					
Output Data Rate (ODR) ^{3, 4, 5}	User selectable	0.1		3200	Hz
SELF-TEST⁶					
Output Change in X-Axis		0.20		2.10	g



SPECIFICATIONS

Table 1.

Parameter	Test Conditions	Min	Typ ¹	Max	Unit
Output Change in Y-Axis		-2.10		-0.20	g
Output Change in Z-Axis		0.30		3.40	g
POWER SUPPLY					
Operating Voltage Range (V_S)		2.0	2.5	3.6	V
Interface Voltage Range ($V_{DD I/O}$)		1.7	1.8	V_S	V
Supply Current	ODR \geq 100 Hz		140		μ A
	ODR < 10 Hz		30		μ A
Standby Mode Leakage Current			0.1		μ A
Turn-On and Wake-Up Time ⁷	ODR = 3200 Hz		1.4		ms
TEMPERATURE					
Operating Temperature Range		-40		+85	$^{\circ}$ C
WEIGHT					
Device Weight			30		mg

¹ The typical specifications shown are for at least 68% of the population of parts and are based on the worst case of mean $\pm 1 \sigma$, except for 0 g output and sensitivity, which represents the target value. For 0 g offset and sensitivity, the deviation from the ideal describes the worst case of mean $\pm 1 \sigma$.

² Cross-axis sensitivity is defined as coupling between any two axes.

³ Bandwidth is the -3 dB frequency and is half the output data rate, bandwidth = ODR/2.

⁴ The output format for the 3200 Hz and 1600 Hz ODRs is different than the output format for the remaining ODRs. This difference is described in the [Data Formatting of Upper Data Rates](#) section.

⁵ Output data rates below 6.25 Hz exhibit additional offset shift with increased temperature, depending on selected output data rate. Refer to the [Offset Performance at Lowest Data Rates](#) section for details.

⁶ Self-test change is defined as the output (g) when the SELF_TEST bit = 1 (in the DATA_FORMAT register, Address 0x31) minus the output (g) when the SELF_TEST bit = 0. Due to device filtering, the output reaches its final value after $4 \times \tau$ when enabling or disabling self-test, where $\tau = 1/(\text{data rate})$. The part must be in normal power operation (LOW_POWER bit = 0 in the BW_RATE register, Address 0x2C) for self-test to operate correctly.

⁷ Turn-on and wake-up times are determined by the user-defined bandwidth. At a 100 Hz data rate, the turn-on and wake-up times are each approximately 11.1 ms. For other data rates, the turn-on and wake-up times are each approximately $\tau + 1.1$ in milliseconds, where $\tau = 1/(\text{data rate})$.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

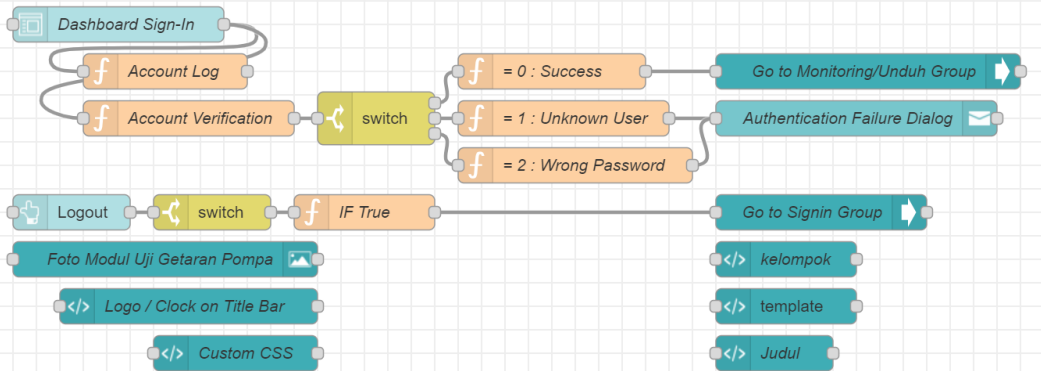
Hak Cipta :

- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
- Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

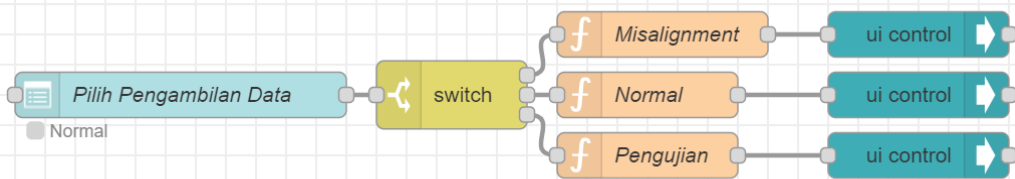


Lampiran 3 Flow Program Node-RED

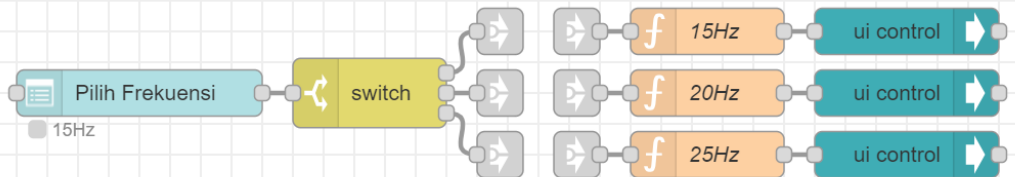
a) Login



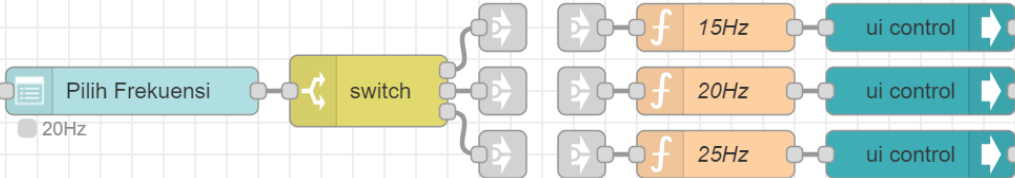
b) Pilih Data



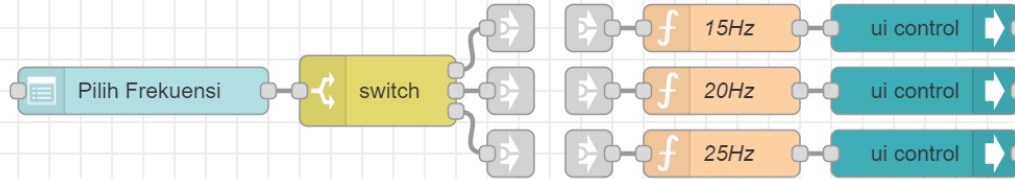
c) Misalignment



d) Normal



e) Pengujian

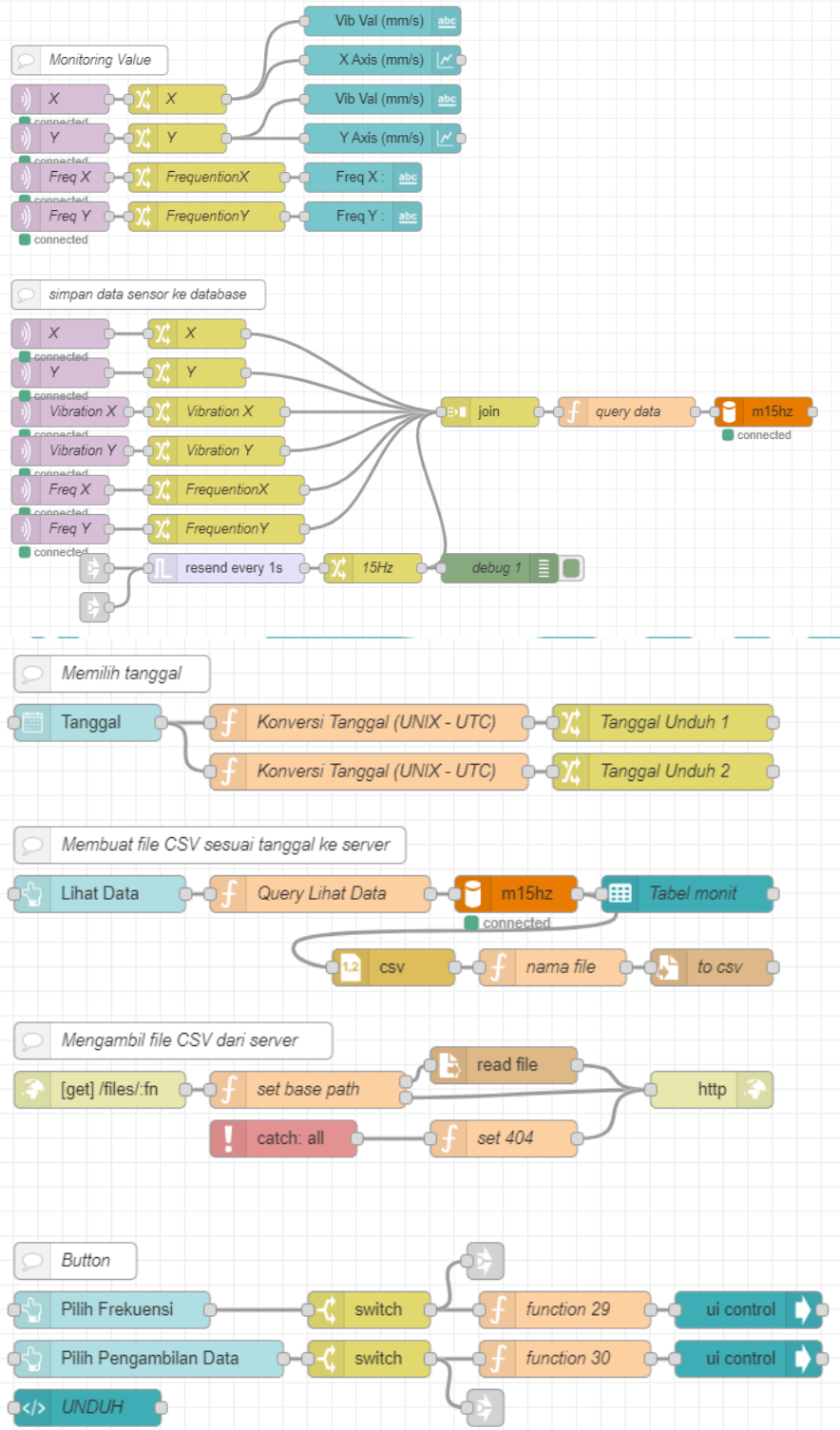


- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

f) M15Hz



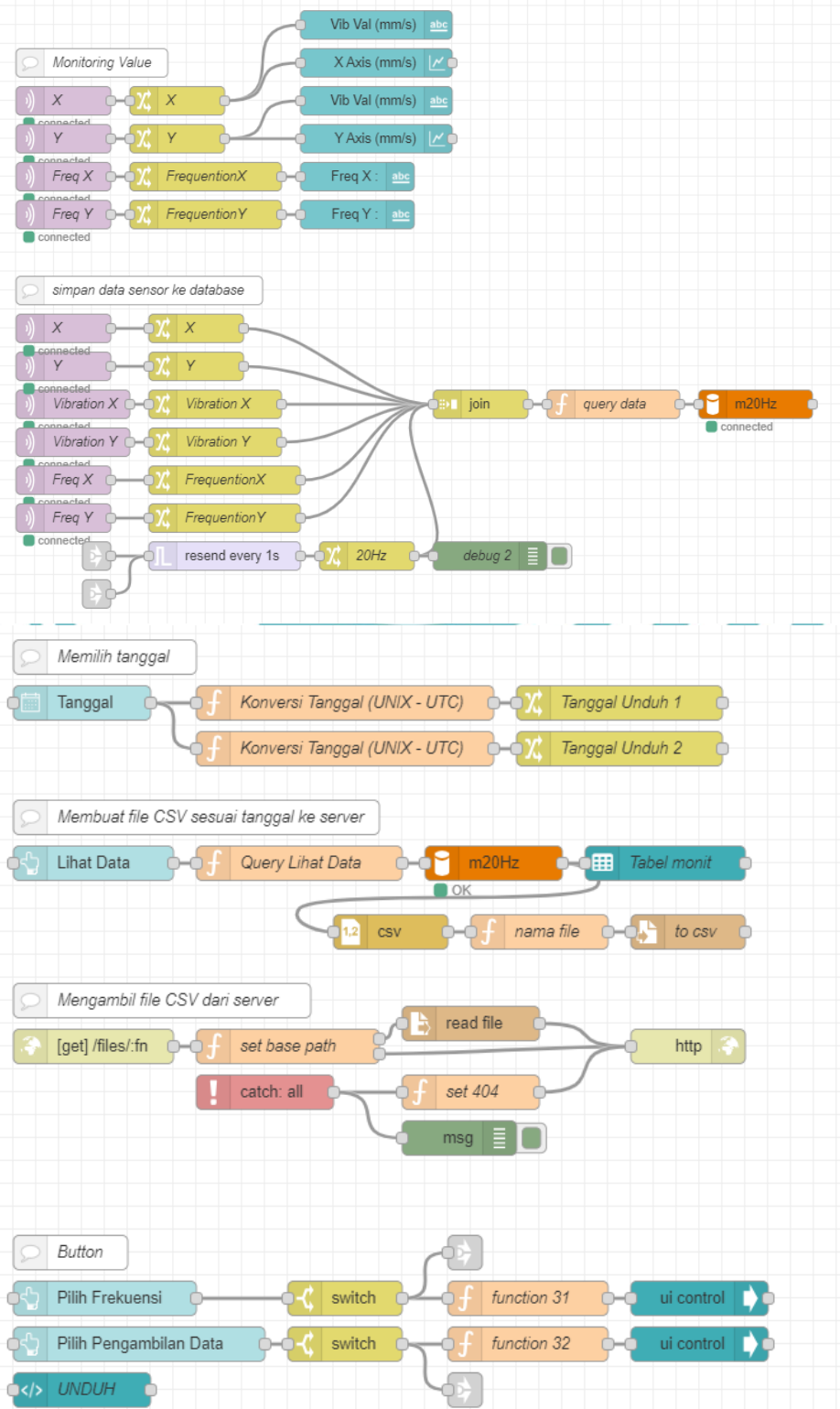
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

g) M20Hz



h) M25Hz

Hak Cipta :

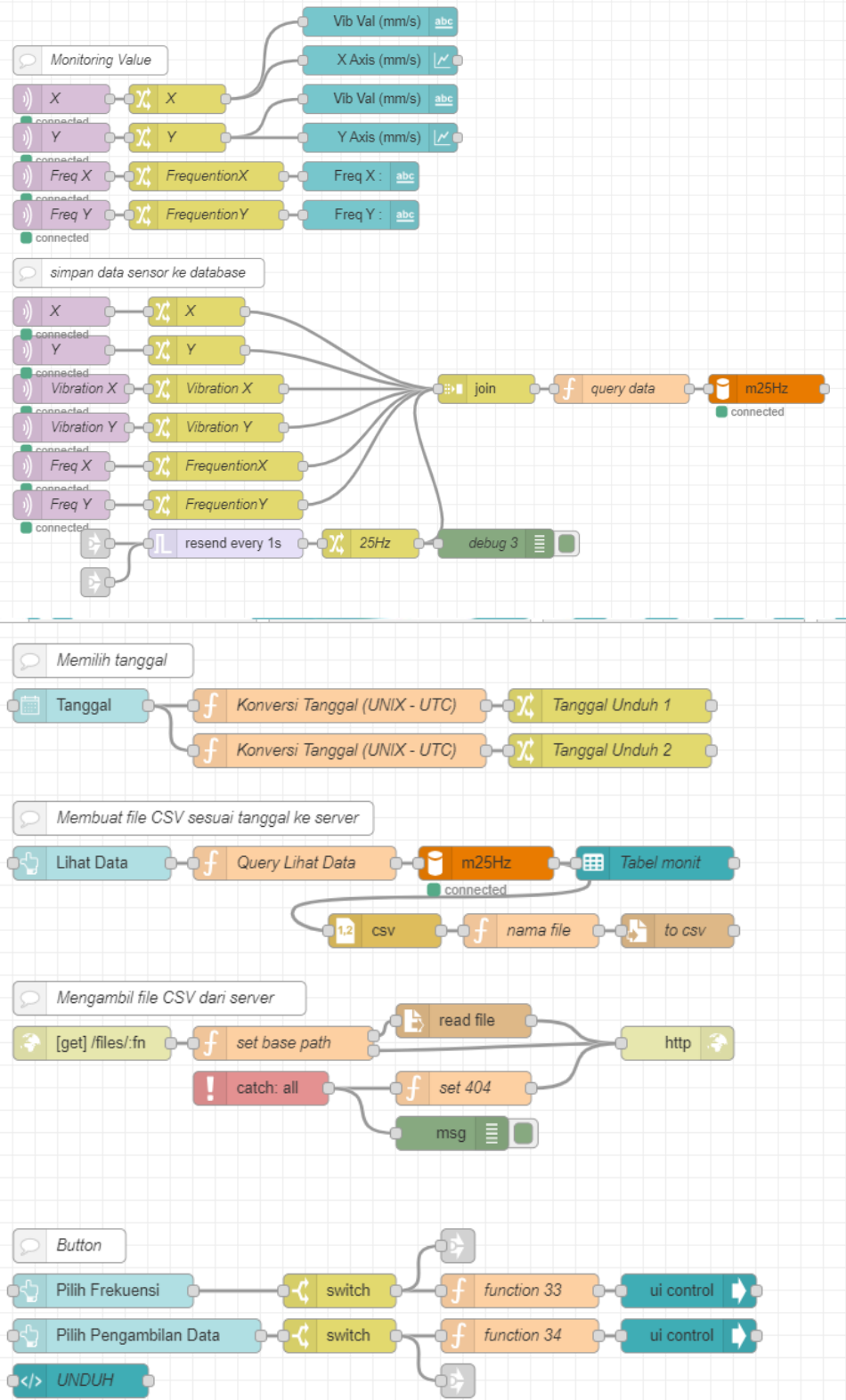
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

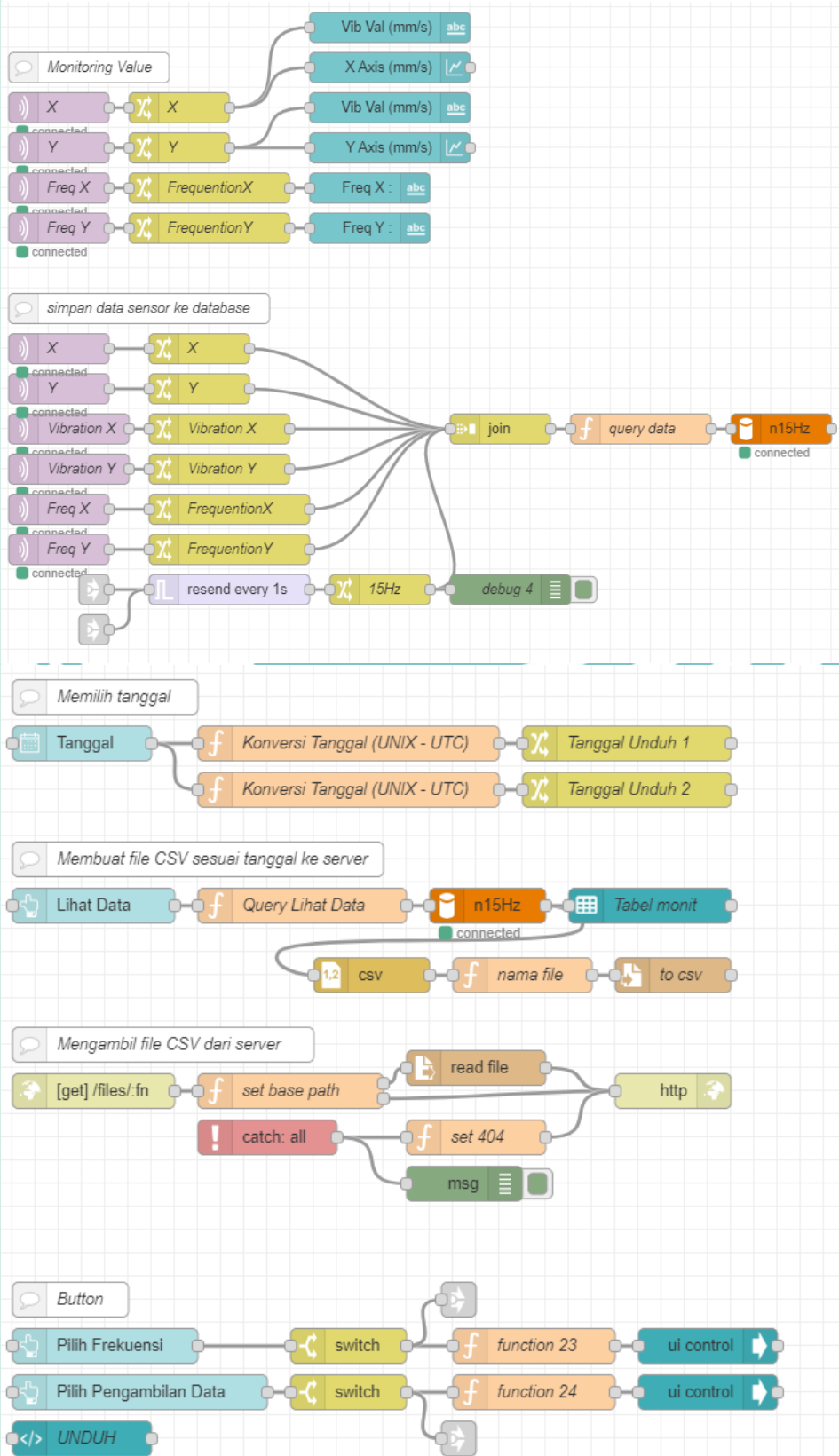
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

i) N15Hz



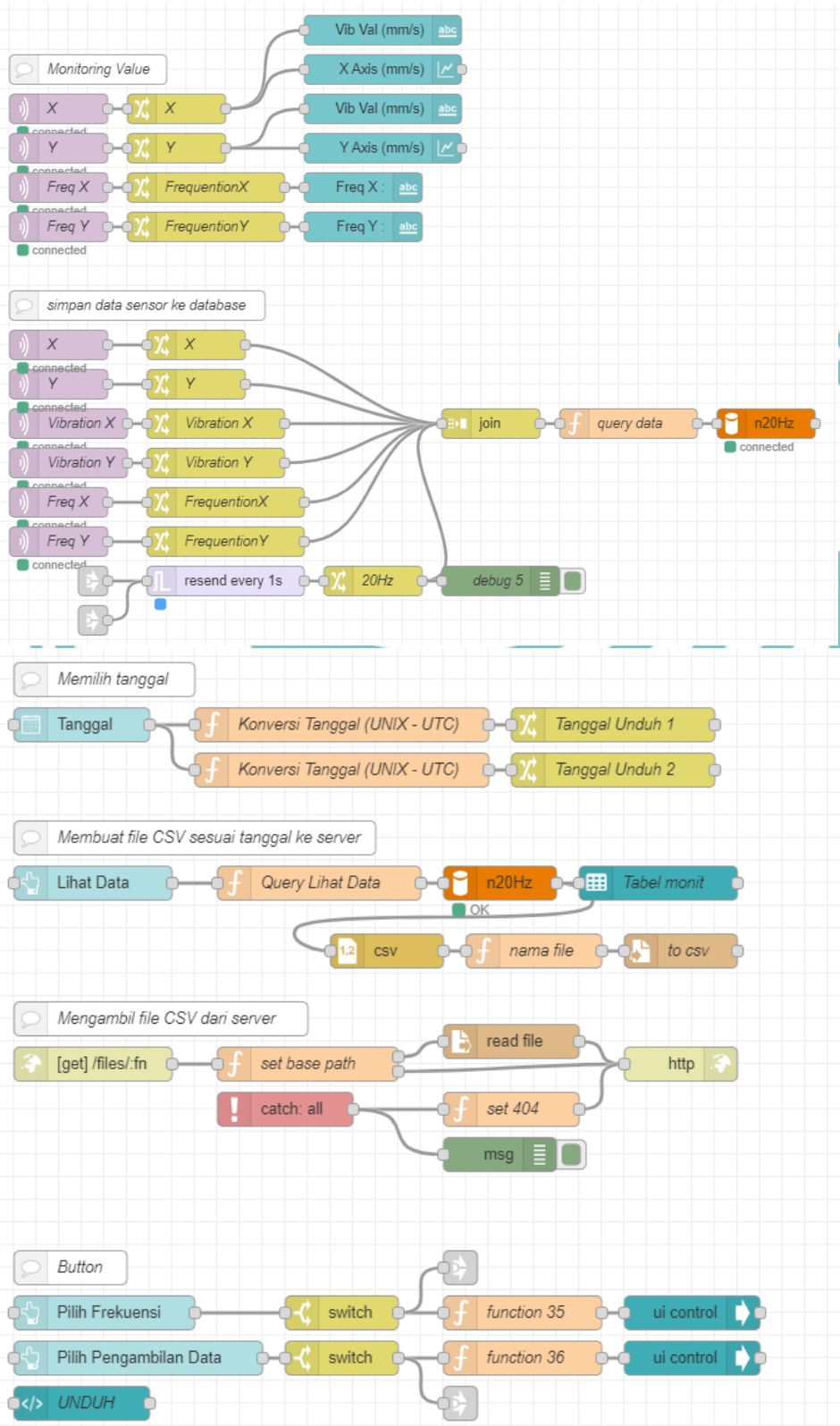
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

j) N20Hz



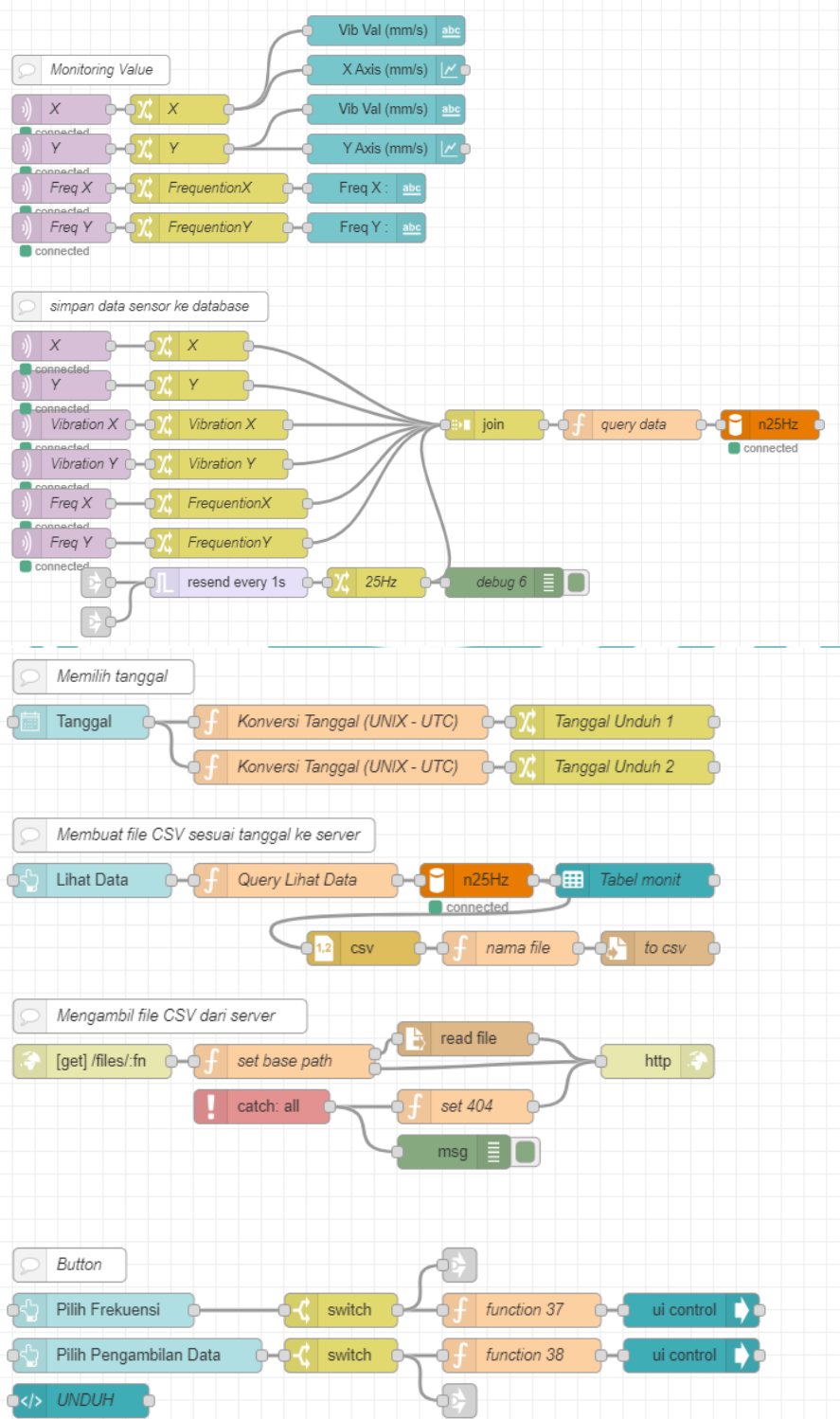
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

k) N25Hz



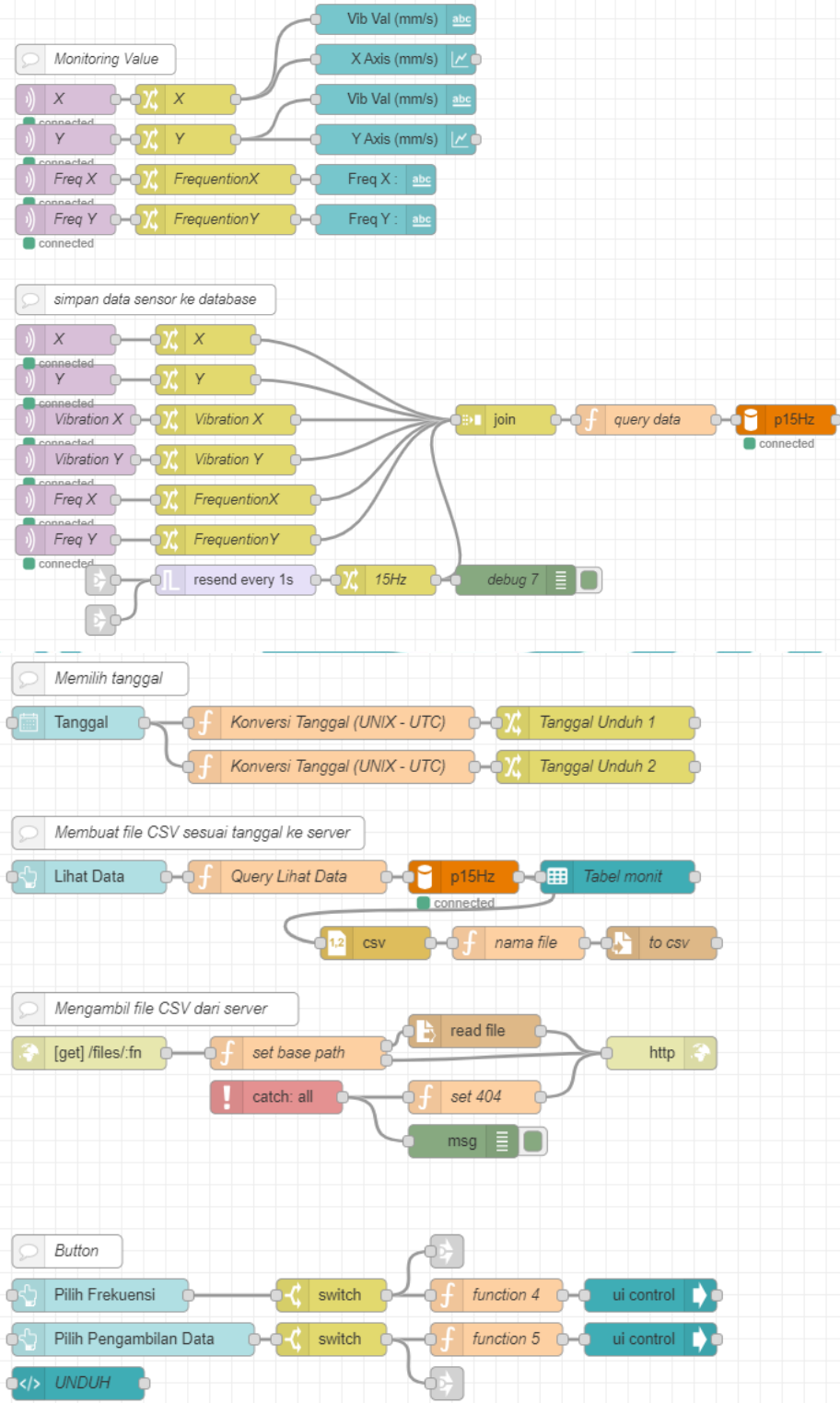
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

1) P15Hz



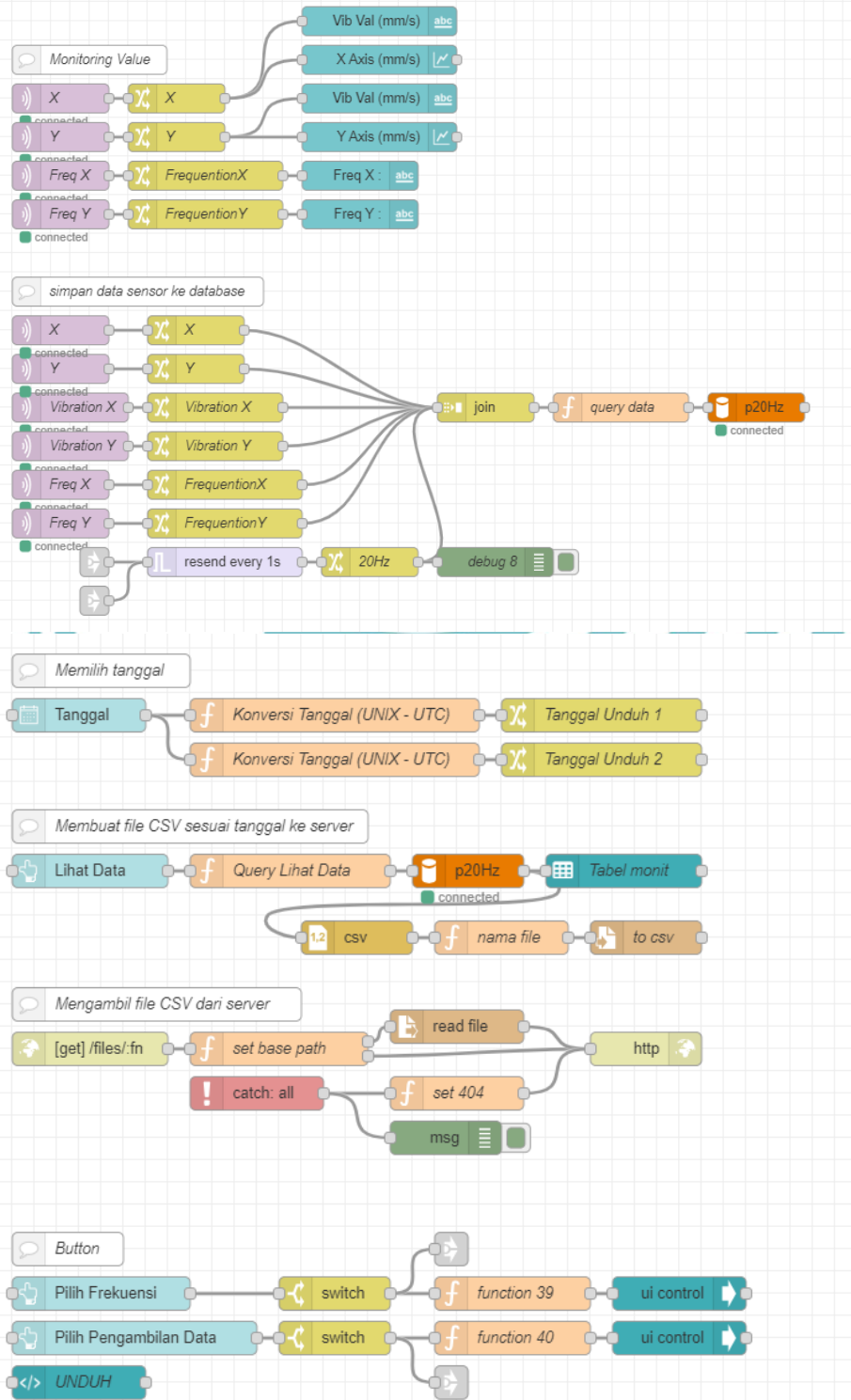
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

m) P20Hz



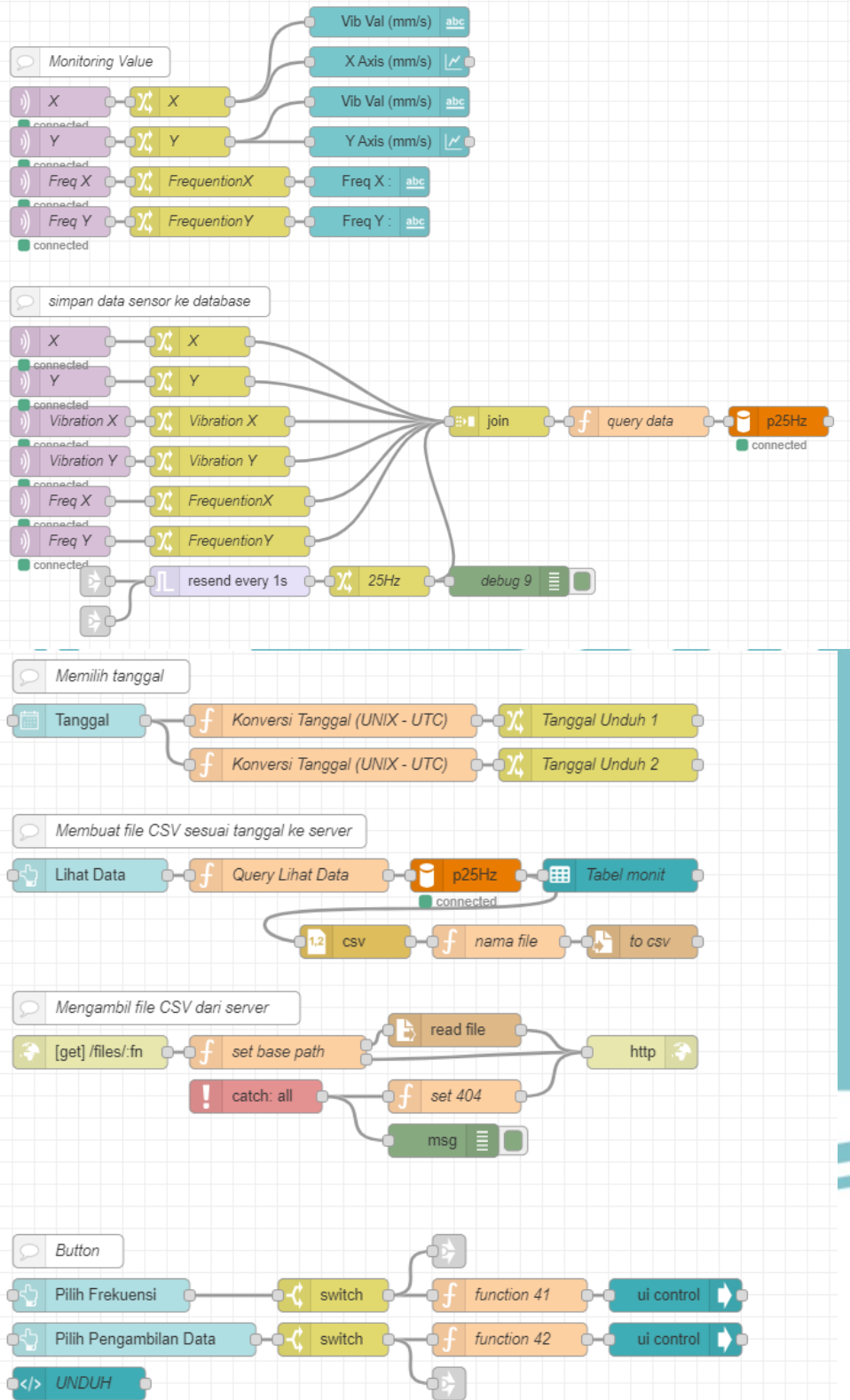
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

n) P25Hz



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta