



© 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



**SOLUSI BANGUN
INDONESIA**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA – PT SOLUSI BANGUN INDONESIA
TBK CILACAP PLANT**

**PERANCANGAN MODUL SISTEM MONITORING SENSOR
LOAD CELL BERBASIS ANALISIS *ZERO BALANCE* DAN
DRIFT PADA JEMBATAN TIMBANG *INBOUND* DAN
*OUTBOUND LOGISTICS***

LAPORAN TUGAS AKHIR

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**ASAIIH TAWADHU RAHMADANI
NIM : 2302315010**

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

**JURUSAN TEKNIK MESIN – PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN
KONSENTRASI REKAYASA INDUSTRI SEMEN
EVE PROGRAM – PT SOLUSI BANGUN INDONESIA
CILACAP 2026**



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



**SOLUSI BANGUN
INDONESIA**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA – PT SOLUSI BANGUN
INDONESIA TBK CILACAP PLANT**

**PERANCANGAN MODUL SISTEM MONITORING SENSOR
LOAD CELL BERBASIS ANALISIS *ZERO BALANCE* DAN
DRIFT PADA JEMBATAN TIMBANG *INBOUND* DAN
*OUTBOUND LOGISTICS***

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Diploma III Program Studi Teknik Mesin Konsentrasi Rekayasa Industri, Teknik
Mesin

ASAIH TAWADHU RAHMADANI

NIM : 2302315010

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JURUSAN TEKNIK MESIN – PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN
KONSENTRASI REKAYASA INDUSTRI SEMEN
EVE PROGRAM – PT SOLUSI BANGUN INDONESIA
CILACAP 2026**



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

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

PERANCANGAN MODUL SISTEM MONITORING SENSOR *LOAD CELL* BERBASIS *ANALISIS ZERO BALANCE* DAN *DRIFT* PADA JEMBATAN TIMBANG *INBOUND* DAN *OUTBOUND LOGISTICS*

Oleh:

Asaih Tawadhu Rahmadani

NIM. 2302315010

Program Studi Diploma III Teknik Mesin Konsentrasi Rekayasa Industri

Laporan Tugas Akhir telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Sonki Prasetya, S.T., M.Sc.

NIP. 197512222008121003

Seoryono Kurniyanto

NIK. 62500374

Kepala Program Studi

Diploma III Teknik Mesin

Nabila Yudhisa

NIP. 199311302023212045



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

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR

PERANCANGAN MODUL SISTEM MONITORING SENSOR *LOAD CELL* BERBASIS *ANALISIS ZERO BALANCE* DAN *DRIFT* PADA JEMBATAN TIMBANG *INBOUND* DAN *OUTBOUND LOGISTICS*

Oleh:

Asaih Tawadhu Rahmadani

NIM. 2302315010

Program Studi Diploma III Teknik Mesin Konsentrasi Rekayasa Industri

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang Tugas Akhir dihadapan Dewan
Penguji pada tanggal 18 Juni 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk
memperoleh gelar Diploma III pada Program Studi Diploma III Teknik Mesin
Konsentrasi Rekayasa Industri Semen, Jurusan Teknik Mesin.

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi	Tanda Tangan	Tanggal
1	Fajar Mulyana, S.T., M.T. NIP. 197805222011011003	Penguji 1		18 Juni 2026
2	Radhi Maladzi, S.T., M.T. NIP. 199307282024061001	Penguji 2		18 Juni 2026
3	Andam Wijadmiko NIK. 62200894	Penguji 3		18 Juni 2026
4	Ridwan Dwi Prasetya NIK. 62500863	Penguji 4		18 Juni 2026

Cilacap, 18 Juni 2026

Disahkan Oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si
NIP. 197602252000121002

Manager Program EVE

Gammalia Permata Devi
NIK. 62501176



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 PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Asaih Tawadhu Rahmadani

NIM : 2302315010

Program Studi : D3 Teknik Mesin

Menyatakan bahwa yang dituliskan didalam Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Tugas Akhir telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan penulisan ilmiah.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya.

Cilacap, 18 Juni 2026



yang menyatakan

Asaih Tawadhu Rahmadani
NIM. 2302315010

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

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Diploma III Program EVE kerjasama Politeknik Negeri Jakarta – PT Solusi Bangun Indonesia Tbk, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Asaih Tawadhu Rahmadani
NIM : 2302315010
Jurusan : Teknik Mesin
Program Studi : Konsentrasi Rekayasa Industri
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada EVE, Program Kerjasama Politeknik Negeri Jakarta – PT Solusi Bangun Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalti-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“PERANCANGAN MODUL SISTEM MONITORING SENSOR *LOAD CELL* BERBASIS ANALISIS *ZERO BALANCE* DAN *DRIFT* PADA JEMBATAN TIMBANG *INBOUND* DAN *OUTBOUND LOGISTICS*”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif, EVE, Program Kerjasama Politeknik Negeri Jakarta – PT Solusi Bangun Indonesia Tbk berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Cilacap, 18 Juni 2026
yang menyatakan

Asaih Tawadhu Rahmadani

NIM. 2302315010



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

PERANCANGAN MODUL SISTEM MONITORING SENSOR *LOAD CELL* BERBASIS ANALISIS *ZERO BALANCE* DAN *DRIFT* PADA JEMBATAN TIMBANG *INBOUND* DAN *OUTBOUND LOGISTICS*

Asaih Tawadhu Rahmadani¹, Sonki Prasetya², Soeryono Kurniyanto³

¹Mechanical Engineering, Rekayasa Industri, Politeknik Negeri Jakarta,

asaih.tawadhu.rahmadani.tm23@stu.pnj.ac.id

²Mechanical Engineering, Politeknik Negeri Jakarta, sonki.prasetya@mesin.pnj.ac.id

³ Pallet & Management Support, PT. Solusi Bangun Indonesia, soeryono.kurniyanto@sig.id

ABSTRAK

Jembatan timbang merupakan titik kontrol utama dalam sistem logistik PT Solusi Bangun Indonesia Cilacap Plant, yang mengandalkan delapan unit sensor *load cell* tipe PR 6221/30t C3 sebagai komponen pengukuran utama. Data historis menunjukkan bahwa kegagalan sistem umumnya dipicu oleh *drifting* dan kerusakan komponen pendukung *load cell*, yang mengakibatkan total *downtime* operasional selama sembilan hari. Tingginya durasi gangguan tersebut disebabkan oleh keterbatasan indikator standar yang hanya mampu memberikan kode *error* umum tanpa kemampuan identifikasi lokasi kerusakan secara spesifik. Penelitian ini merancang bangun modul sistem monitoring *load cell* berbasis mikrokontroler ESP32 yang mampu mendeteksi anomali sensor secara individual melalui analisis *zero balance* dan *drift* sebagai mekanisme peringatan dini. Prototipe menggunakan empat unit *load cell* 5 kg sebagai representasi skala simulasi, modul ADC HX711 sebagai konverter sinyal, LCD I2C dan LED sebagai media *output real-time*, dan pencatatan data otomatis melalui *Google sheets*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil mendeteksi anomali *zero balance* dan *drift* pada setiap sensor, menampilkan kondisi sensor secara *real-time*, serta melakukan pencatatan data secara kontinu. Dengan demikian, sistem ini dapat berfungsi sebagai pendukung *predictive diagnostics* untuk deteksi dini gangguan sensor pada jembatan timbang.

Kata Kunci: *load cell*, *zero balance*, *drift*, ESP32, jembatan timbang, *predictive diagnostics*



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

DESIGN OF A LOAD CELL SENSOR MONITORING SYSTEM MODULE BASED ON ZERO BALANCE AND DRIFT ANALYSIS FOR INBOUND AND OUTBOUND LOGISTICS WEIGHBRIDGES

Asaih Tawadhu Rahmadani¹, Sonki Prasetya², Soeryono Kurniyanto³

¹Mechanical Engineering, Industrial Engineering, Politeknik Negeri Jakarta,

asaih.tawadhu.rahmadani.tm23@stu.pnj.ac.id

²Mechanical Engineering, Politeknik Negeri Jakarta, sonki.prasetya@mesin.pnj.ac.id

³ Pallet & Management Support, PT. Solusi Bangun Indonesia, soeryono.kurniyanto@sig.id

ABSTRACT

The weighbridge is a key control point in the logistics system of PT Solusi Bangun Indonesia's Cilacap Plant, which relies on eight PR 6221/30t C3 load cell sensors as its primary measurement components. Historical data shows that system failures are generally triggered by drifting and damage to load cell support components, resulting in a total operational downtime of nine days. The prolonged duration of these disruptions is attributed to the limitations of standard indicators, which can only provide general error codes without the ability to specifically identify the location of the failure. This study designs and develops a load cell monitoring system module based on the ESP32 microcontroller capable of detecting individual sensor anomalies through zero balance and drift analysis as an early warning mechanism. The prototype was developed using four 5-kg load cells as a simulation scale, an HX711 ADC module as a signal converter, an I2C LCD and LEDs as real-time output media, and automatic data logging via *Google sheets*. Test results show that the system successfully detected zero balance and load cell anomalies in each sensor individually, displayed sensor status in real-time, and recorded data continuously. Thus, this system can serve as a predictive diagnostics support tool for the early detection of sensor malfunctions in weighbridges.

Keywords: load cell, zero balance, drift, ESP32, weighbridge, predictive diagnostics



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

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas izin dan kasih sayang Allah SWT, serta dorongan Bapak dan Ibu yang mendamba putra bungsunya menyandang gelar ahli madya, tugas akhir berjudul “Perancangan Modul Sistem Monitoring Sensor *Load Cell* Berbasis Analisis *Zero Balance* dan *Drift* pada Jembatan Timbang *Inbound* dan *Outbound Logistics*” telah tiba pada pungkasan akhirnya. Meski telah selesai, penulis menyadari sepenuhnya bahwa karya ini jauh dari kata sempurna. Selesainya tugas akhir ini adalah wujud kelegaan, sekaligus tanggung jawab yang ditunaikan di bangku perkuliahan. Ada doa yang berbisik, bimbingan yang menuntun, dan dukungan yang menguatkan.

Atas itu semua, penulis dengan segala kerendahan hati menyampaikan terima kasih kepada nama-nama berikut :

Ucapan terima kasih yang tulus penulis haturkan kepada Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, serta Ibu Gammalia Permata Devi selaku Manajer Program EVE. Secara istimewa, rasa hormat dan terima kasih penulis persembahkan kepada Bapak Dr. Sonki Prasetya, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing, yang dengan kesabaran telah meluangkan waktu, tenaga, dan pemikiran dalam menuntun penulis hingga karya ini dapat terselesaikan. Rasa terima kasih juga penulis sampaikan kepada Bapak Soeryono Kurniyanto beserta segenap Tim *Supply Chain Management*, khususnya tim *Weighbridge & Validation*, yang telah menerima dan membimbing penulis selama masa spesialisasi dengan penuh keterbukaan, serta kepada seluruh jajaran EVE Attendant yang telah mendampingi dan memfasilitasi perjalanan akademik serta operasional penulis dengan penuh dedikasi.

Bapak dan Mama, selaku orang tua penulis beserta Mba Mifrah selaku keluarga penulis yang telah menciptakan rumah yang hangat serta penuh kasih, selalu mendukung penulis untuk terus tumbuh, serta miliaran rapalan doa yang tidak pernah terputus untuk kesuksesan penulis hingga hari ini.



© 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

Tidak lupa juga, terima kasih dinamika perjalanan singkat namun penuh makna, *EVE 19B Cilacap*. Terima kasih sudah menerima penulis apa adanya. Semoga kita semua dapat meraih dan menemukan mimpi dari keberanian dan jalan yang kita pilih sendiri.

Terakhir, untuk Leo—teman dekat penulis dan semua teman baik penulis yang namanya belum sempat tertulis satu per satu di sini, kalian adalah halaman-halaman yang tidak tertulis yang tetap menyempurnakan cerita ini. Terima kasih sudah kebersamaan penulis dalam bertumbuh selama masa perkuliahan; menghadirkan tawa di tengah lelah, memberi semangat di tengah ragu, dan menjadi warna yang tidak tergantikan dalam setiap langkah.

Cilacap, 27 Februari 2026

Penulis

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 PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.3.1 Tujuan Umum	3
1.3.2 Tujuan Khusus	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Tugas akhir	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
1.7 Lokasi Tugas Akhir.....	5
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kajian Teori	6
2.1.1 <i>Supply Chain Management</i>	6



© 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

2.1.2	<i>Quality Control</i>	6
2.1.3	<i>Asset Reliability</i>	7
2.1.4	<i>Predictive Maintenance</i>	7
2.1.5	Jembatan Timbang (<i>Weighbridge</i>)	8
2.1.6	Standar Metrologi Legal Indonesia	9
2.1.7	<i>Load Cell</i>	11
2.1.8	<i>Predictive diagnostics</i>	18
2.2	Kajian Literatur Ilmiah	19
2.2.1	Penelitian Terdahulu.....	19
2.3	Kajian Komponen	21
2.3.1	Mikrokontroler.....	21
2.3.2	ESP32	21
2.3.3	ADC HX711	22
2.3.4	LCD I2C	23
2.3.5	LED.....	24
2.3.6	<i>Tactile push button</i>	24
2.3.7	Arduino IDE	25
2.3.8	<i>Google sheets</i> dan <i>Google apps script</i>	26
2.3.9	<i>Load Cell</i> PR6221.....	27
2.4	Kerangka Pemikiran.....	29
BAB III		31
METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH		31
3.1	Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir	31
3.2	Penjelasan Diagram Alir.....	32
3.2.1	Mulai.....	32



© 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

3.2.2	Identifikasi Masalah.....	32
3.2.3	Studi Literatur	34
3.2.4	Perancangan Sistem	34
3.2.5	Perancangan Perangkat Keras.....	35
3.2.6	Perancangan Perangkat Lunak.....	35
3.2.7	Pembuatan Prototipe	35
3.2.8	Pengujian Sistem	35
3.2.9	Kesesuaian Standar	36
3.2.10	Analisis dan Evaluasi.....	36
3.2.11	Selesai	36
3.3	Diagram <i>Process Business</i>	37
3.4	Kondisi <i>Existing</i> Jembatan Timbang	39
3.4.1	Spesifikasi dan Konfigurasi Sensor <i>Existing</i>	39
3.4.2	Konfigurasi <i>Wiring Existing</i> Sistem Jembatan Timbang.....	41
3.4.3	Penentuan Parameter Desain Berdasarkan Kondisi <i>Existing</i>	41
3.5	Pemilihan Komponen dan Alternatif Pemandangan	42
3.5.1	Pemilihan Mikrokontroler	43
3.5.2	Pemilihan Modul ADC	44
3.5.3	Pemilihan Sensor <i>Load Cell</i>	45
3.5.4	Pemilihan Media <i>Display</i>	47
3.5.5	Pemilihan <i>Platform Logging Data</i>	48
3.5.6	Pemilihan Metode Monitoring.....	50
3.6	Metode Analisis Sistem Monitoring	52
3.6.1	Analisis <i>Zero balance</i>	52
3.6.2	Analisis <i>Drift</i>	54



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

3.6.3	Penentuan <i>Threshold</i> Monitoring	56
3.6.4	Konversi <i>Threshold</i> dan Simulasi Parameter	57
3.6.5	Metode Konversi Sinyal	60
3.7	Perancangan Sistem Monitoring	61
3.7.1	Perancangan <i>Hardware</i>	61
3.7.2	Perancangan <i>Software</i>	65
3.7.3	Implementasi Struktur Kode Program	67
3.8	Metode Pengujian	72
BAB IV		73
HASIL DAN PEMBAHASAN		73
4.1	Pengujian Kinerja Sistem Monitoring	73
4.1.1	Pengujian Respon Waktu Pembaruan Data	74
4.1.2	Pengujian <i>Logging</i> Data ke <i>Google sheets</i>	75
4.2	Analisis Penetapan <i>Threshold</i> Deteksi Anomali.....	77
4.2.1	Batas Toleransi Teoritis.....	78
4.2.2	Identifikasi Gangguan (<i>Noise</i>) dan Instabilitas Pembacaan	78
4.2.3	Keputusan Parameter (<i>Tuning</i>).....	79
4.3	Pengujian Metode Deteksi Anomali	80
4.3.1	Validasi Penyimpangan <i>Zero balance</i>	80
4.3.2	Validasi Nilai <i>Drift</i>	83
4.4	Evaluasi Sistem	85
4.4.1	Evaluasi Relevansi terhadap Standar PR5410	86
4.5	Keterbatasan Sistem.....	88
4.5.1	Perbedaan Skala Sistem	88
4.5.2	Perbedaan Kondisi Lingkungan Operasional	89



© 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

4.5.3 Keterbatasan Parameter Monitoring	89
4.5.4 Ketergantungan terhadap Koneksi Internet	89
BAB V	91
KESIMPULAN DAN SARAN	91
5.1 Kesimpulan	91
5.2 Saran	92
DAFTAR PUSTAKA	93
LAMPIRAN A	97
LAMPIRAN B	103
LAMPIRAN C	104
LAMPIRAN D	106
LAMPIRAN E	110
LAMPIRAN F	115
LAMPIRAN G	117
LAMPIRAN H	119
LAMPIRAN I	120
LAMPIRAN J	121



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 GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Worksheet</i> lokasi tugas akhir.....	5
Gambar 1.2 Lokasi aktual tugas akhir.....	5
Gambar 2.1 Jembatan timbang (<i>weighbridge</i>).....	8
Gambar 2.2 Mekanisme <i>displacement error</i> akibat defleksi <i>platform</i>	15
Gambar 2.3 ESP32	22
Gambar 2.4 ADC HX711.....	23
Gambar 2.5 LCD I2C	23
Gambar 2.6 LED	24
Gambar 2.7 Tactile <i>push button</i>	25
Gambar 2.8 Tampilan <i>software</i> Arduino IDE.....	26
Gambar 2.9 Tampilan <i>Google sheets</i>	26
Gambar 2.10 Tampilan awal <i>Google apps script</i>	27
Gambar 3.1 Diagram alir metodologi pengerjaan tugas akhir	31
Gambar 3.2 Distribusi <i>downtime</i> berdasarkan jenis kerusakan	33
Gambar 3.3 Diagram <i>process business</i>	37
Gambar 3.4 <i>Detail dimension mounting load cell</i>	40
Gambar 3.5 Konfigurasi sensor <i>load cell</i>	40
Gambar 3.6 Rangkaian <i>load cell</i>	46
Gambar 3.7 Alur analisis <i>zero balance</i>	53
Gambar 3.8 Blok diagram alur perancangan <i>hardware</i>	62
Gambar 3.9 <i>Wiring system</i>	63
Gambar 3.10 Perancangan modul prototipe.....	64
Gambar 3.11 Blok diagram alur perancangan <i>software</i>	65
Gambar 3.12 Potongan program pengiriman data	68
Gambar 3.13 Potongan program inisialisasi sistem	69
Gambar 3.14 Potongan program pembacaan sensor	70
Gambar 3.15 Potongan program analisis <i>zero balance</i>	70
Gambar 3.16 Potongan program analisis <i>drift</i>	71
Gambar 3.17 Potongan program simulasi anomali	71



© 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 3.18 Potongan program pengendalian indikator	72
Gambar 3.19 Implementasi <i>Google apps script</i>	72
Gambar 4.1 Skema pengujian pembacaan sensor <i>load cell</i>	74
Gambar 4.2 Skema pengujian respon waktu pembaruan data	75
Gambar 4.3 Skema pengujian sistem <i>logging</i> data	77
Gambar 4.4 Hasil pengujian <i>logging</i> data.....	77
Gambar 4.5 Skema pengujian pembacaan analisis <i>zero balance</i>	82
Gambar 4.6 Kondisi normal pengujian <i>zero balance</i>	82
Gambar 4.7 Kondisi anomali <i>zero balance</i>	83
Gambar 4.8 Skema pengujian pembacaan analisis <i>drift</i>	84
Gambar 4.9 Kondisi normal pengujian <i>drift</i>	85
Gambar 4.10 Kondisi anomali <i>drift</i>	85

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 TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi teknis <i>load cell</i> PR 6221/30t C3	28
Tabel 3.1 Data historis kerusakan <i>load cell</i>	32
Tabel 3.2 Keterangan skor	43
Tabel 3.3 Pemilihan mikrokontroler	44
Tabel 3.4 Pemilihan modul ADC	45
Tabel 3.5 Spesifikasi modul ADC HX711	45
Tabel 3.6 Pemilihan media <i>display</i>	48
Tabel 3.7 Spesifikasi LCD	48
Tabel 3.8 Pemilihan <i>platform logging data</i>	50
Tabel 3.9 Spesifikasi <i>Google sheets</i>	50
Tabel 3.10 Pemilihan metode monitoring	51
Tabel 3.11 <i>Threshold</i>	56
Tabel 3.12 Perbandingan <i>threshold</i> pada implementasi prototipe	58
Tabel 3.13 Percobaan simulasi <i>repeatability</i>	59
Tabel 4.1 Hasil pengujian respon waktu	76
Tabel 4.2 Hasil konversi	79
Tabel 4.3 Sensitivitas <i>threshold</i>	81
Tabel 4.4 Validasi pengujian <i>zero balance</i>	83
Tabel 4.5 Validasi pengujian <i>drift</i>	86
Tabel 4.6 Evaluasi relevansi terhadap standar PR5410	88



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 I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Solusi Bangun Indonesia (Persero) Tbk merupakan perusahaan semen yang memiliki komitmen untuk menjadi perusahaan yang terdepan dengan kapasitas produksi 14,8 juta ton semen per tahun [1]. Dengan kapasitas produksi yang cukup besar, proses produksi semen melibatkan tahapan yang kompleks dan berkesinambungan, mulai dari penambangan di area *quarry*, *crusher area*, *raw mill area*, *kiln area*, *coal mill area*, *finish mill area*, hingga *packer area*, sebelum akhirnya produk semen siap untuk didistribusikan.

Dalam mendukung kelancaran proses distribusi material dan produk, Departemen *Supply chain management* (SCM) memiliki peran penting dalam menjamin efisiensi aliran material, baik pada proses *inbound logistics* maupun *outbound logistics* [2]. Salah satu aspek krusial dalam sistem logistik tersebut adalah akurasi pengukuran kuantitas material, yang secara langsung memengaruhi kualitas data transaksi dan pengendalian operasional [3].

Jembatan timbang (*weighbridge*) merupakan alat ukur yang digunakan untuk menentukan berat kendaraan beserta muatannya, baik pada proses penerimaan material maupun pengiriman produk [4]. Keandalan jembatan timbang menjadi faktor penting karena berperan sebagai titik kontrol utama dalam proses logistik, serta berkaitan langsung dengan validitas data transaksi dan dokumen operasional [4].

Pada jembatan timbang tipe *pit type*, sistem penimbangan pada PT Solusi Bangun Indonesia menggunakan 8 *load cell* yang dipasang di bawah *platform* [5]. *Load cell* berfungsi sebagai sensor utama yang mengubah beban mekanik menjadi sinyal listrik. Namun, karena posisinya yang berada di bawah tanah, *load cell* rentan terhadap berbagai faktor lingkungan seperti kelembapan, korosi, gangguan kabel, serta ketidaksesuaian mekanis seperti kemiringan atau defleksi [6].

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 kritis 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

Data historis kerusakan tiga tahun terakhir menunjukkan bahwa kegagalan sistem jembatan timbang umumnya dipicu oleh *drifting* serta kerusakan komponen pendukung *load cell*. Dari kerusakan tersebut mengakibatkan total *downtime* operasional selama sembilan hari yang berdampak terhadap penutupan jalur penimbangan dan meningkatnya antrean kendaraan. Tingginya durasi gangguan tersebut disebabkan oleh ketergantungan pada indikator standar yang hanya memberikan kode *error* yang umum tanpa kemampuan identifikasi lokasi kerusakan secara spesifik, sehingga baik tim *maintenance* maupun vendor harus melakukan pengecekan manual.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji sistem berbasis sensor *load cell* dan mikrokontroler, di antaranya perancangan simulasi timbangan digital menggunakan HX711 berbasis ESP32 [7] serta sistem monitoring berbasis IoT menggunakan sensor *load cell* dan ESP32 untuk pembacaan berat secara *real-time* [8]. Selain itu, sistem monitoring dan kontrol berbasis IoT pernah dikembangkan oleh M. Farid Aditya Rahman dalam jurnal Riestech tahun 2024 [9]. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa penerapan teknologi IoT dapat mendukung pemantauan kondisi peralatan secara terintegrasi dan *real-time*. Namun demikian, penelitian-penelitian tersebut masih berfokus pada fungsi pengukuran berat secara total dan belum membahas aspek pemantauan kondisi kesehatan masing-masing sensor secara individual. Oleh karena itu, penelitian ini dirancang untuk mendeteksi anomali pada masing-masing sensor *load cell* melalui analisis *zero balance* dan *drift* sebagai peringatan dini gangguan sensor pada jembatan timbang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang sudah dijelaskan, maka rumusan masalah tugas akhir yang harus diselesaikan adalah :

- a) Bagaimana merancang sistem monitoring *load cell* berbasis mikrokontroler ESP32 yang mampu mendeteksi penyimpangan nilai impedansi dan sinyal keluaran dengan tingkat akurasi pembacaan sinyal sesuai standar PR5410?

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

- b) Bagaimana membangun prototipe sistem monitoring *load cell* dengan beberapa *input* sensor (simulasi *load cell*) yang mampu menampilkan data pembacaan dan status sensor secara *real-time* dengan waktu pembaruan yang cepat?
- c) Bagaimana mengimplementasikan metode analisis *zero balance* dan *drift* pada sistem untuk mendeteksi anomali sensor berdasarkan kriteria penyimpangan yang telah ditentukan?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan tugas akhir ini berdasarkan rumusan masalah di atas adalah sebagai berikut :

1.3.1 Tujuan Umum

Merancang bangun modul sistem monitoring *load cell* yang mampu mengidentifikasi gangguan sensor secara spesifik berbasis analisis *zero balance* dan *drift* sebagai peringatan dini (*early warning*)

1.3.2 Tujuan Khusus

- a) Merancang sistem monitoring *load cell* berbasis mikrokontroler ESP32 yang mampu mendeteksi penyimpangan kondisi sensor melalui analisis *zero balance* dan *drift* dengan mengacu pada parameter monitoring yang tersedia pada indikator PR5410.
- b) Membangun prototipe sistem monitoring dengan beberapa *input* sensor (simulasi *load cell*) yang mampu menampilkan data pembacaan dan status sensor secara *real-time* dengan waktu pembaruan ≤ 2 detik.
- c) Mengimplementasikan metode analisis *zero balance* dan *drift* pada sistem untuk mendeteksi anomali sensor, dengan kriteria:
 - Penyimpangan *zero balance* $\geq 1,0\%$ C_n sebagai indikasi gangguan,
 - Nilai *drift* $\geq 0,015\%$ dalam periode pengamatan sebagai indikasi penurunan performa sensor.



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

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam tugas akhir ini tidak melebar, maka penulisan laporan tugas akhir ini dibatasi sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini berupa prototipe simulasi dengan menggunakan empat titik *load cell* skala kecil yang merepresentasikan konfigurasi umum *load cell* pada jembatan timbang. Metode analisis yang diterapkan dibatasi pada analisis *zero balance* dan *drift* untuk mendeteksi kondisi anomali pada sensor. Selanjutnya, pengolahan data lanjutan dilakukan secara *online* menggunakan *Google sheets*, dan sistem yang dirancang dalam penelitian ini tidak terintegrasi secara langsung dengan sistem industri seperti *Distributed Control System* (DCS) atau *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA).

1.5 Manfaat Tugas akhir

Manfaat yang didapatkan oleh PT. Solusi Bangun Indonesia (Persero) Tbk Cilacap plant dari pembuatan tugas akhir perancangan ini adalah sebagai berikut :

- 1) Sebagai referensi pengembangan sistem monitoring sensor,
- 2) Sebagai solusi peningkatan keandalan jembatan timbang khususnya pada *weighbridge* PT Solusi Bangun Indonesia-Cilacap Plant,
- 3) Meningkatkan pemahaman sistem sensor dan *predictive maintenance*.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Membahas latar belakang, tujuan, manfaat, sistematika, dan lokasi pengerjaan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Membahas tentang teori yang mendukung dari komponen yang dipakai.

BAB III METODOLOGI Pengerjaan Tugas Akhir

Membahas tentang diagram alir pengerjaan tugas, penjelasan langkah kerja, dan metode pemecahan masalah yang akan dikerjakan.

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 IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Memaparkan hasil penelitian serta analisis terhadap efektivitas sistem kontrol otomatis yang diterapkan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

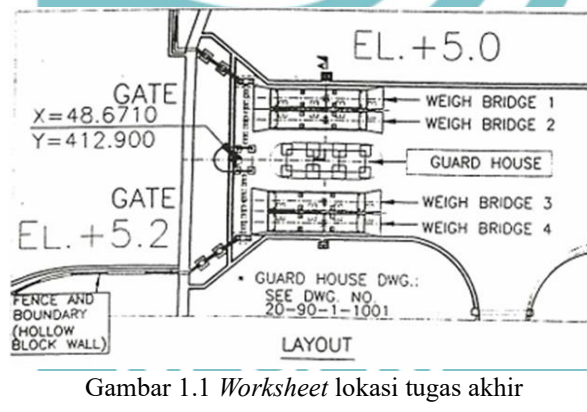
Menyajikan kesimpulan dari penelitian serta rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

1.7 Lokasi Tugas Akhir

Lokasi tugas akhir ini berada di jembatan timbang CC2 area *logistic* PT Solusi Bangun Indonesia Cilacap Plant di mana lebih tepatnya pada jalur *inbound* dan *outbound*.



Gambar 1.1 Worksheet lokasi tugas akhir



Gambar 1.2 Lokasi aktual tugas akhir

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

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan disusun berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian modul sistem monitoring *load cell* yang telah dilakukan pada penelitian ini. Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem monitoring *load cell* berbasis mikrokontroler ESP32 berhasil dirancang dan direalisasikan dengan menerapkan analisis *zero balance* dan *drift* sebagai parameter monitoring kondisi sensor. Parameter tersebut dipilih dengan mengacu pada fungsi monitoring yang tersedia pada indikator PR5410 sehingga sistem mampu melakukan pemantauan kondisi sensor secara individual.
2. Prototipe sistem monitoring dengan empat unit *load cell* 5 kg berhasil dibangun dan mampu menampilkan data pembacaan serta status kondisi sensor secara *real-time*. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata waktu pembaruan data sebesar 2,23 detik. Nilai tersebut sedikit melampaui target awal ≤ 2 detik akibat overhead proses pembacaan empat sensor HX711 secara berurutan, pengolahan data ESP32, dan pembaruan tampilan LCD. Selisih 0,23 detik dinilai masih dapat diterima karena tidak memengaruhi kemampuan sistem dalam mendeteksi anomali secara keseluruhan.
3. Metode analisis *zero balance* dan *drift* berhasil diimplementasikan pada sistem untuk mendeteksi anomali sensor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kondisi anomali *zero balance* dan *drift* berdasarkan kriteria yang ditetapkan. Pada implementasi prototipe, digunakan nilai *threshold* sebesar 0,20 kg untuk *zero balance* dan 0,01 kg untuk *load cell* sebagai hasil penyesuaian parameter berdasarkan karakteristik pembacaan aktual sensor, sehingga sistem dapat melakukan deteksi anomali secara stabil dan konsisten.

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

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat digunakan untuk pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Sistem monitoring dapat dikembangkan dengan jumlah sensor yang lebih banyak agar mendekati konfigurasi aktual jembatan timbang industri yang menggunakan delapan *load cell* atau lebih.
2. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan parameter monitoring lain seperti impedansi sensor, perubahan temperatur, maupun analisis *noise* sinyal untuk meningkatkan akurasi diagnosis kondisi *load cell*.
3. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur notifikasi otomatis melalui aplikasi pesan atau email sehingga informasi gangguan dapat diterima oleh tim *maintenance* secara lebih cepat.
4. Pengujian sistem dapat dilakukan langsung pada lingkungan jembatan timbang industri untuk mengevaluasi performa sistem terhadap kondisi operasional yang sebenarnya.
5. Pengembangan metode analisis berbasis kecerdasan buatan (*machine learning*) dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan kemampuan sistem dalam memprediksi potensi kegagalan sensor secara lebih akurat.



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 PUSTAKA

- [1] “Profil Perusahaan | Solusi Bangun Indonesia.” Accessed: Apr. 16, 2026. [Online]. Available: <https://solusibangunindonesia.com/profil-perusahaan/>
- [2] H. Sucahyowati, S. Ketatalaksanaan, P. Niaga, D. Kepelabuhanan, A. Maritim, and N. Cilacap, “MANAJEMEN RANTAI PASOKAN (SUPPLY CHAIN MANAGEMENT),” *GEMA MARITIM*, vol. 13, no. 1, 2011.
- [3] “Tugas dan Tanggung Jawab Quality Control (QC) | Pengadaan.web.id.” Accessed: Apr. 16, 2026. [Online]. Available: <https://www.pengadaan.web.id/2020/05/tugas-tanggung-jawab-quality-control.html>
- [4] “Mengetahui Jembatan Timbangan – Dinas Perhubungan Kab. Purwakarta.” Accessed: Apr. 16, 2026. [Online]. Available: <https://dishub.purwakartakab.go.id/mengetahui-jembatan-timbangan/>
- [5] “Jembatan Timbang Jenis Pit Rata Tanah | Jembatan Timbang Gewinn.” Accessed: Apr. 16, 2026. [Online]. Available: <https://www.jembatantimbangindonesia.com/keunggulan-jembatan-timbang-rata-tanah/>
- [6] “PR 6221 Weighbridge Load cell”.
- [7] M. Yusuf, S. Dwi Riyanto, T. Elektronika, P. Negeri Cilacap, and J. Soetomo No, “Perancangan Simulasi Timbangan Digital Menggunakan Sensor Hx711 Dengan Tambahan Buzzer Berbasis Esp32,” *journal.polbitrada.ac.id*, pp. 128–140, 2023, Accessed: May 19, 2026. [Online]. Available: <https://journal.polbitrada.ac.id/index.php/Jtemp/article/view/38>
- [8] A. Rusmiza, K. A. Wahab Hasbullah, K. Jombang, and P. Jawa Timur, “Sistem Monitoring Level Air Galon Berbasis IoT Menggunakan Sensor Berat (Load cell),” *journal.ypmma.org*, vol. 4, pp. 18–26, 2026, doi: 10.58477/cj.v4i1.354.
- [9] M. Farid, A. Rahman, S. Prasetya, and H. M. Ridlwan, “IoT-based Intelligent Monitoring & Control System Planning Using Project Management Method and Business Feasibility Analysis,” *mbi-journals.com* S Prasetya, MFA Rahman, HM Ridlwan Recent in Engineering Science and Technology, 2024•mbi-journals.com, vol. 02, no. 02, 2024, doi: 10.59511/riestech.v2i02.47.
- [10] N. York and S. Chopra, “Supply Chain Management Strategy, Planning, and OPERatiOn,” 2019, Accessed: Apr. 16, 2026. [Online]. Available: <https://lccn.loc.gov/2017035661>



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

- [11] “Logistics and Supply Chain Management: Logistics & Supply Chain Management - Martin Christopher - Google Buku.” Accessed: Apr. 16, 2026. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=NIfQCwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=id#v=onepage&q&f=false>
- [12] C. Time and R. S. Leavenworth, “Course Outline STA 4664 / 5666 : Statistical Quality Control Summer A 2022,” 2022, Accessed: Apr. 17, 2026. [Online]. Available: https://books.google.com/books/about/Introduction_to_Statistical_Quality_Cont.html?hl=id&id=oh7zDwAAQBAJ
- [13] “Essentials of Quality with Cases and Experiential Exercises - Victor E. Sower - Google Buku.” Accessed: Apr. 17, 2026. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=l-vc5QAbP8UC&oi=fnd&pg=PR11&dq=D.+L.+Sower,+Essentials+of+Quality+with+Cases+and+Experiential+Exercises.+Hoboken,+NJ,+USA:+John+Wiley+%26+Sons,+2010.&ots=tUpLq5j8xA&sig=_5SNQeKeVPe19OScM0xxcWAUcao&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- [14] Q. Control, “Saturday , Monday & Wednesday 11 : 00am - MENG 436 Class FA,” 2012, Accessed: Apr. 17, 2026. [Online]. Available: https://books.google.com/books/about/Essentials_of_Quality_with_Cases_and_Exp.html?hl=id&id=l-vc5QAbP8UC
- [15] “Reliability-centered Maintenance - John Moubray - Google Buku.” Accessed: Apr. 17, 2026. [Online]. Available: <https://11nq.com/0kr7v7y>
- [16] M. Rausand, “Chapter 9 Reliability Centered Maintenance”, Accessed: Apr. 17, 2026. [Online]. Available: <http://www.ntnu.edu/ross/>
- [17] “AI Predictive Maintenance: Kurangi Downtime, Tingkatkan Efisiensi.” Accessed: Apr. 17, 2026. [Online]. Available: <https://bie-sby.telkomuniversity.ac.id/predictive-maintenance-dengan-ai-kurangi-downtime-tingkatkan-efisiensi/>
- [18] A. K. S. Jardine, D. Lin, and D. Banjevic, “Mechanical Systems and Signal Processing A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance,” *Mech. Syst. Signal Process.*, vol. 20, pp. 1483–1510, 2006, doi: 10.1016/j.ymssp.2005.09.012.
- [19] “Undang-Undang Nomor 2 Tahun 1981 tentang Metrologi Legal/Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang tentang Cipta Kerja - JDIH Kementerian Perdagangan RI.” Accessed: Apr. 17, 2026. [Online]. Available: <https://jdih.kemendag.go.id/peraturan/undang-undang-nomor-2->



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

tahun-1981-tentang-metrologi-legalperaturan-pemerintah-pengganti-undang-undang-tentang-cipta-kerja

- [20] “Peraturan Menteri Perdagangan Nomor 31 Tahun 2024 tentang Standar Ukuran Metrologi Legal - JDIH Kementerian Perdagangan RI.” Accessed: Jun. 28, 2026. [Online]. Available: <https://jdih.kemendag.go.id/peraturan/peraturan-menteri-perdagangan-nomor-31-tahun-2024-tentang-standar-ukuran-metrologi-legal>
- [21] M. Syarif, H. Elmas, P. Manajemen, F. Ekonomi, and U. Probolinggo, “PENGENDALIAN KUALITAS DENGAN MENGGUNAKAN METODE STATISTICAL QUALITY CONTROL (SQC) UNTUK MEMINIMUMKAN PRODUK GAGAL PADA TOKO ROTI BAROKAH BAKERY,” *Jurnal Penelitian Ilmu Ekonomi WIGA*, vol. 7, pp. 15–22, 2017.
- [22] Oiml, “Non-automatic weighing instruments Part 1: Metrological and technical requirements-Tests”.
- [23] D. Métrologie Légale, “Metrological regulation for *load cells* Part 1: Metrological and technical requirements Réglementation métrologique des cellules de pesée Partie 1 : Exigences métrologiques et techniques Edition 2021 (E) ORGANISATION INTERNATIONALE”.
- [24] “How Does a *Load cell* Work? | Strain Gauge, Wheatstone Bridge | Transcell.” Accessed: Jun. 28, 2026. [Online]. Available: <https://sl1nk.com/xq3c7x4>
- [25] “Prinsip Kerja *Load cell* dan Strain Gauge | PDF | Metode & Bahan Ajar | Sains & Matematika.” Accessed: Jun. 28, 2026. [Online]. Available: <https://id.scribd.com/document/653428297/Putri-Rebekka-240110180080-LOAD-CELL>
- [26] “Sensitivitas Sel Beban 101 - Antarmuka.” Accessed: Jun. 28, 2026. [Online]. Available: <https://www.interfaceforce.com/load-cell-sensitivity-101/>
- [27] “What Is *Load cell* Creep? - Arlyn Scales.” Accessed: Jun. 28, 2026. [Online]. Available: <https://www.arlynscales.com/industrial-scales/what-is-load-cell-creep/>
- [28] “Truck scale *load cell* PR 6221 – Minebea Intec.” Accessed: Apr. 16, 2026. [Online]. Available: <https://www.minebea-intec.com/us/load-cells/truck-scale-components/truck-scale-load-cell-pr-6221>



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

- [29] “What is the difference between zero offset and zero drift?” Accessed: May 26, 2026. [Online]. Available: <https://www.sensorsone.com/zero-offset-drift-difference/>
- [30] “Load cell Accuracy Explained: Precision, Repeatability & Error | FUTEK.” Accessed: Jun. 28, 2026. [Online]. Available: <https://www.futek.com/load-cell-accuracy>
- [31] Es, “Truck scale *load cell* PR 6221 Installation Manual”.
- [32] “Understanding *Load cell* Resistance and Its Impact on Performance | Morehouse Instrument Company, Inc.” Accessed: Jun. 28, 2026. [Online]. Available: <https://mhforce.com/load-cell-resistance/>
- [33] “Load cell Fundamentals.” Accessed: Jun. 28, 2026. [Online]. Available: https://deltamotion.com/support/webhelp/rmctools/Content/Controller_Features/Transducer_Basics/Load_Cell_Fundamentals.htm
- [34] “Mengenal Mikrokontroler Sirkuit Terpadu (IC) Pengatur Operasi Tertentu.” Accessed: Jun. 28, 2026. [Online]. Available: <https://binus.ac.id/bandung/2019/11/mengenal-mikrokontroler/>
- [35] “ESP32 Wi-Fi & Bluetooth SoC | Espressif Systems.” Accessed: May 26, 2026. [Online]. Available: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32?>
- [36] “AVIA SEMICONDUCTOR 24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales DESCRIPTION”.
- [37] “I2C Serial Interface 1602 LCD Module,” Handson Technology. Accessed: Jun. 28, 2026. [Online]. Available: https://www.handsontec.com/dataspecs/module/I2C_1602_LCD.pdf
- [38] “Working Principle of Light Emitting Diode,” Electrical4U. Accessed: Jun. 28, 2026. [Online]. Available: <https://www.electrical4u.com/working-principle-of-light-emitting-diode/>
- [39] “Push Button/Tactile Switch Pinout Connections, Uses, Dimensions & Datasheet.” Accessed: Jun. 28, 2026. [Online]. Available: <https://components101.com/switches/push-button>
- [40] “Overview of the Arduino IDE 1 | Arduino Documentation.” Accessed: Jun. 28, 2026. [Online]. Available: <https://docs.arduino.cc/software/ide-v1/tutorials/Environment/>
- [41] “Apps Script | Google for Developers.” Accessed: May 26, 2026. [Online]. Available: <https://developers.google.com/apps-script?hl=id>



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 A KODE PROGRAM ESP32

```
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include "HX711.h"

// konfigurasi jaringan & server
const char* ssid      = "asaih tawadhu";
const char* password  = "87654321";
String serverName     =
"https://script.google.com/macros/s/AKfycbzo9JeqYSWGjXKC_Y0kn9CcM
Du1QL1EI7JGQrZvXQAjX0BmRJKG89dvwx8jgATi1Sk/exec";

// inisialisasi komponen
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
HX711 scale[4];

// konfigurasi pin
const int DOUT_PINS[4] = {12, 14, 27, 26};
const int SCK_PINS[4]  = {13, 25, 32, 33};
const int ledPins[4]   = { 2,  4,  5, 15};
const int btnPins[4]   = {16, 17, 23, 19};

// parameter monitoring
float k_factor      = -363091.31;
float inject_val    =      0.25;

float drift_sim[4] = {0, 0, 0, 0};
unsigned long lastDriftTime[4] = {0, 0, 0, 0};
float last_s_val[4] = {0, 0, 0, 0}; // menyimpan nilai sensor
terakhir agar tidak error saat HX711 loading

unsigned long last_log_time = 0;
const long    log_interval  = 10000;

// push button mode (0 = NORMAL, 1 = ZERO BALANCE, 2 = DRIFT)
int sim_mode[4]      = {0, 0, 0, 0};
int lastBtnState[4] = {HIGH, HIGH, HIGH, HIGH};

unsigned long lastDebounceTime[4] = {0, 0, 0, 0};
const unsigned long debounceDelay = 50; // Dipercepat biar tombol
lebih responsif
```


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

```
String anomali_type[4] = {"NORMAL", "NORMAL", "NORMAL",
"NORMAL"};

// fungsi handle button
void handleButtons() {
  for (int i = 0; i < 4; i++) {
    int currentState = digitalRead(btnPins[i]);

    if (currentState == LOW && lastBtnState[i] == HIGH) {
      if ((millis() - lastDebounceTime[i]) > debounceDelay) {
        sim_mode[i]++;

        if (sim_mode[i] > 2) {
          sim_mode[i] = 0;
          drift_sim[i] = 0;
          lastDriftTime[i] = 0;
        }

        // jika masuk mode drift, mulai drift dari nilai sensor
        terakhir
        if (sim_mode[i] == 2) {
          drift_sim[i] = last_s_val[i];
        }

        Serial.print("Sensor ");
        Serial.print(i + 1);

        if (sim_mode[i] == 0) Serial.println(" -> Mode
NORMAL");
        else if (sim_mode[i] == 1) Serial.println(" -> Mode
SIMULASI ZERO BALANCE");
        else if (sim_mode[i] == 2) Serial.println(" -> Mode
SIMULASI DRIFT");

        lastDebounceTime[i] = millis();
      }
    }
    lastBtnState[i] = currentState;
  }
}

// fungsi handle serial (mengubah nilai injeksi)
void handleSerial() {
  if (Serial.available()) {
    String input = Serial.readStringUntil('\n');
```

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

```
input.trim();
float newVal = input.toFloat();

if (newVal > 0) {
    inject_val = newVal;
    Serial.print("Nilai injeksi diubah ke: ");
    Serial.println(inject_val, 5);
}
}

// setup
void setup() {
    Serial.begin(115200);
    lcd.init();
    lcd.backlight();

    // matikan semua LED di awal
    for (int i = 0; i < 4; i++) {
        pinMode(ledPins[i], OUTPUT);
        digitalWrite(ledPins[i], LOW);
        pinMode(btnPins[i], INPUT_PULLUP);
    }

    // koneksi WiFi
    WiFi.begin(ssid, password);
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Connecting WiFi");

    int timeout_counter = 0;
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && timeout_counter < 30) {
        delay(500);
        Serial.print(".");
        timeout_counter++;
    }

    if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        lcd.clear();
        lcd.print("WiFi Gagal");
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("Mode Offline");
        delay(1500);
    } else {
        lcd.clear();
        lcd.print("WiFi Connected!");
        delay(1000);
    }
}
```




© 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

```
}

// tare sensor
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Locking Zero...");
Serial.println("Memulai penguncian Zero...");

for (int i = 0; i < 4; i++) {
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Tare S");
    lcd.print(i + 1);
    lcd.print("...");

    scale[i].begin(DOUT_PINS[i], SCK_PINS[i]);
    scale[i].set_scale(k_factor);
    scale[i].tare(1);

    Serial.print("Sensor ");
    Serial.print(i + 1);
    Serial.println(" Tare OK");
    delay(50);
}

lcd.clear();
lcd.print("System Ready!");
Serial.println("System Ready!");
delay(1000);
}

// loop
void loop() {
    handleButtons();
    handleSerial();

    float total_berat = 0;
    bool is_anomali = false;
    String rusak_list = "";

    for (int i = 0; i < 4; i++) {

        if (scale[i].is_ready()) {
            last_s_val[i] = scale[i].get_units(1);
        }

        float current_val = last_s_val[i];
```

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

```
if (sim_mode[i] == 0) {
    // NORMAL
    digitalWrite(ledPins[i], LOW);
    anomali_type[i] = "NORMAL";
}
else if (sim_mode[i] == 1) {
    // ZERO BALANCE
    current_val = inject_val;
    digitalWrite(ledPins[i], HIGH);
    is_anomali = true;
    rusak_list += String(i + 1) + " ";
    anomali_type[i] = "ZERO_BALANCE";
}
else if (sim_mode[i] == 2) {
    // DRIFT
    if (millis() - lastDriftTime[i] > 1000) {
        drift_sim[i] += 0.01;
        lastDriftTime[i] = millis();
    }
    current_val = drift_sim[i];
    digitalWrite(ledPins[i], HIGH);
    is_anomali = true;
    rusak_list += String(i + 1) + " ";
    anomali_type[i] = "DRIFT";
}

total_berat += current_val;
}

// LCD display
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("W:");
if(total_berat < 0) total_berat = 0;
lcd.print(total_berat, 2);
lcd.print("kg      ");

lcd.setCursor(0, 1);
if (!is_anomali) {
    lcd.print("Status: NORMAL  ");
} else {
    String pesan = "ERR:S" + rusak_list;
    while (pesan.length() < 16) pesan += " ";
    lcd.print(pesan);
}
```




© 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

```
// Google sheets logging
if (millis() - last_log_time > log_interval) {
    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
        WiFiClientSecure client;
        client.setInsecure();
        HTTPClient http;

        String url = serverName
            + "?berat=" + String(total_berat, 3)
            + "&status=" + (is_anomali ? "ANOMALI" :
"NORMAL")
            + "&s1=" + anomali_type[0]
            + "&s2=" + anomali_type[1]
            + "&s3=" + anomali_type[2]
            + "&s4=" + anomali_type[3];

        if (http.begin(client, url)) {
            http.setFollowRedirects(HTTPC_STRICT_FOLLOW_REDIRECTS);
            int httpCode = http.GET();
            Serial.print("Log Status: ");
            Serial.println(httpCode);
            http.end();
        }
        last_log_time = millis();
    }
    delay(10);
}
```

**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

LAMPIRAN B

KODE *GOOGLE APPS SCRIPT*

```
function doGet(e) {  
  var ss      = SpreadsheetApp.getActiveSpreadsheet();  
  var sheet   = ss.getSheets()[0];  
  var date    = new Date();  
  
  var berat   = e.parameter.berat    || "";  
  var status  = e.parameter.status   || "";  
  var s1      = e.parameter.s1       || "NORMAL";  
  var s2      = e.parameter.s2       || "NORMAL";  
  var s3      = e.parameter.s3       || "NORMAL";  
  var s4      = e.parameter.s4       || "NORMAL";  
  
  sheet.appendRow([date, berat, status, s1, s2, s3, s4]);  
  
  return ContentService.createTextOutput("OK");  
}
```

**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

LAMPIRAN C

WIRING DIAGRAM PROTOTIPE

No	Komponen	Pin Komponen	Pin ESP32
1.	LCD I2C	VCC	VIN (5V)
		GND	GND
		SDA	GPIO 21
		SCL	GPIO 22
2.	HX711 Sensor 1	VCC	3V3
		GND	GND
		DT	GPIO 12
		SCK	GPIO 13
3.	HX711 Sensor 2	VCC	3V3
		GND	GND
		DT	GPIO 14
		SCK	GPIO 25
4.	HX711 Sensor 3	VCC	3V3
		GND	GND
		DT	GPIO 27
		SCK	GPIO 32
5.	HX711 Sensor 4	VCC	3V3
		GND	GND
		DT	GPIO 26
		SCK	GPIO 33
6.	LED 1	Anoda (+) melalui resistor	GPIO 2
		Katoda (-)	GND
7.	LED 2	Anoda (+) melalui resistor	GPIO 4
		Katoda (-)	GND
8.	LED 3	Anoda (+) melalui resistor	GPIO 5
		Katoda (-)	GND
9.	LED 4	Anoda (+) melalui resistor	GPIO 15



© 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

		Katoda (-)	GND
10.	<i>Push Button 1</i>	Terminal 1	GPIO 16
		Terminal 2	GND
11.	<i>Push Button 2</i>	Terminal 1	GPIO 17
		Terminal 2	GND
12.	<i>Push Button 3</i>	Terminal 1	GPIO 23
		Terminal 2	GND
13.	<i>Push Button 4</i>	Terminal 1	GPIO 19
		Terminal 2	GND

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

LAMPIRAN D

DIAGRAM JSON SIMULASI WOKWI

```
{
  "version": 1,
  "author": "Asaih Tawadhu Rahmadani",
  "editor": "wokwi",
  "parts": [
    { "type": "board-esp32-devkit-c-v4", "id": "esp", "top": 0,
      "left": 33.64, "attrs": {} },
    {
      "type": "wokwi-hx711",
      "id": "cell1",
      "top": -26.2,
      "left": -218.2,
      "attrs": { "type": "5kg" }
    },
    {
      "type": "wokwi-hx711",
      "id": "cell2",
      "top": 98.6,
      "left": -218.2,
      "attrs": { "type": "5kg" }
    },
    {
      "type": "wokwi-hx711",
      "id": "cell3",
      "top": 213.8,
      "left": -218.2,
      "attrs": { "type": "5kg" }
    },
    {
      "type": "wokwi-hx711",
      "id": "cell4",
      "top": 338.6,
      "left": -218.2,
      "attrs": { "type": "5kg" }
    },
    { "type": "wokwi-led", "id": "led1", "top": 274.8, "left":
      71, "attrs": { "color": "red" } },
    { "type": "wokwi-led", "id": "led2", "top": 274.8, "left":
      119, "attrs": { "color": "red" } },
    { "type": "wokwi-led", "id": "led3", "top": 274.8, "left":
      167, "attrs": { "color": "red" } },
    { "type": "wokwi-led", "id": "led4", "top": 274.8, "left":
      215, "attrs": { "color": "red" } },
    {

```

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

```

    "type": "wokwi-resistor",
    "id": "r1",
    "top": 360,
    "left": 66.65,
    "rotate": 90,
    "attrs": { "value": "220" }
  },
  {
    "type": "wokwi-resistor",
    "id": "r2",
    "top": 360,
    "left": 114.65,
    "rotate": 90,
    "attrs": { "value": "220" }
  },
  {
    "type": "wokwi-resistor",
    "id": "r3",
    "top": 360,
    "left": 162.65,
    "rotate": 90,
    "attrs": { "value": "220" }
  },
  {
    "type": "wokwi-resistor",
    "id": "r4",
    "top": 360,
    "left": 210.65,
    "rotate": 90,
    "attrs": { "value": "220" }
  },
  {
    "type": "wokwi-lcd1602",
    "id": "lcd1",
    "top": 25.6,
    "left": 245.6,
    "attrs": { "pins": "i2c" }
  },
  {
    "type": "wokwi-pushbutton-6mm",
    "id": "btn1",
    "top": 189.8,
    "left": 316.8,
    "attrs": { "color": "green", "xray": "1" }
  },
  {

```


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

```

    "type": "wokwi-pushbutton-6mm",
    "id": "btn2",
    "top": 189.8,
    "left": 364.8,
    "attrs": { "color": "green", "xray": "1" }
  },
  {
    "type": "wokwi-pushbutton-6mm",
    "id": "btn3",
    "top": 189.8,
    "left": 412.8,
    "attrs": { "color": "green", "xray": "1" }
  },
  {
    "type": "wokwi-pushbutton-6mm",
    "id": "btn4",
    "top": 189.8,
    "left": 460.8,
    "attrs": { "color": "green", "xray": "1" }
  }
],
"connections": [
  [ "esp:TX", "$serialMonitor:RX", "", [ ] ],
  [ "esp:RX", "$serialMonitor:TX", "", [ ] ],
  [ "cell1:DT", "esp:12", "green", [ "h-19.2", "v76.3",
    "h220.8", "v57.6" ] ],
  [ "cell2:DT", "esp:14", "green", [ "h-19.2", "v66.7",
    "h220.8", "v-67.2" ] ],
  [ "cell3:DT", "esp:27", "green", [ "h-19.2", "v76.3",
    "h220.8", "v-201.6" ] ],
  [ "cell4:DT", "esp:26", "green", [ "h-19.2", "v85.9",
    "h220.8", "v-345.6" ] ],
  [ "led1:C", "esp:GND.2", "blue", [ "v28.8", "h-28.4", "v-
    124.8", "h115.2", "v-192" ] ],
  [ "led1:A", "r1:1", "violet", [ "v0" ] ],
  [ "led2:A", "r2:1", "violet", [ "v0" ] ],
  [ "led3:A", "r3:1", "violet", [ "v0" ] ],
  [ "led4:A", "r4:1", "violet", [ "v0" ] ],
  [ "r1:2", "esp:2", "gold", [ "h0", "v18", "h19.2", "v-182.4",
    "h38.4", "v-67.2" ] ],
  [ "r2:2", "esp:4", "gold", [ "h0", "v18", "h19.2", "v-182.4",
    "h-9.6", "v-86.4" ] ],
  [ "r3:2", "esp:5", "gold", [ "h0", "v18", "h19.2", "v-182.4",
    "h-57.6", "v-115.2" ] ],
  [ "r4:2", "esp:15", "gold", [ "h0", "v18", "h28.8", "v-
    182.4", "h-115.2", "v-57.6" ] ],

```

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

```
[ "led2:C", "esp:GND.2", "blue", [ "v28.8", "h-28.4", "v-124.8", "h67.2", "v-192" ] ],
[ "led3:C", "esp:GND.2", "blue", [ "v28.8", "h-28.4", "v-124.8", "h19.2", "v-192" ] ],
[ "led4:C", "esp:GND.2", "blue", [ "v28.8", "h-28.4", "v-124.8", "h-28.8", "v-192" ] ],
[ "lcd1:SDA", "esp:21", "purple", [ "h0" ] ],
[ "lcd1:SCL", "esp:22", "black", [ "h-57.6", "v-38.1" ] ],
[ "cell1:SCK", "esp:13", "#8f4814", [ "h-28.8", "v56.8", "h240", "v86.4" ] ],
[ "cell2:SCK", "esp:25", "#8f4814", [ "h-28.8", "v47.2", "h240", "v-86.4" ] ],
[ "cell3:SCK", "esp:32", "#8f4814", [ "h-28.8", "v56.8", "h240", "v-230.4" ] ],
[ "cell4:SCK", "esp:33", "#8f4814", [ "h-28.8", "v66.4", "h240", "v-355.2" ] ],
[ "btn3:1.1", "esp:18", "gray", [ "h0", "v-19.2", "h-182.4", "v38.4", "h-67.2", "v-9.6" ] ],
[ "btn4:1.1", "esp:19", "gray", [ "h0", "v-19.2", "h-230.4", "v38.4", "h-67.2", "v-115.2" ] ],
[ "esp:GND.3", "btn1:2.1", "red", [ "h48", "v0", "h9.6", "v124.8" ] ],
[ "esp:GND.3", "btn2:2.1", "red", [ "h57.6", "v124.8", "h96", "v19.2", "h76.8" ] ],
[ "esp:GND.3", "btn3:2.1", "red", [ "h57.6", "v124.8", "h96", "v28.8", "h124.8" ] ],
[ "esp:GND.3", "btn4:2.1", "red", [ "h57.6", "v124.8", "h96", "v38.4", "h172.8" ] ],
[ "btn1:1.1", "esp:16", "gray", [ "h-134.4", "v-57.6", "h-57.6" ] ],
[ "btn2:1.1", "esp:17", "gray", [ "h0", "v-19.2", "h-182.4", "v-48" ] ],
],
"dependencies": {}
}
```


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 E

DATASHEET LOAD CELL PR6221

Technical specifications

Technical data truck scale load cell PR 6221							
Designation	Description	Abbr.	C3*	C4*	C5*	C6*	Unit
Accuracy class			0.015	0.012	0.010	0.008	% E _{max}
Minimum dead load	Lowest limit of specified measuring range	E _{min}	0				% E _{max}
Maximum capacity	Highest limit of specified measuring range	E _{max}	12.5 to 75				t
Safe load limit	Maximum load possible without irreversible damage For E _{max} = 12.5 and 25 t For E _{max} = 20 t For E _{max} = 30 t For E _{max} ≥ 50 t	E _{an}	37.5 40 60 75	37.5 40 60 75	... 40 60 75	... 40 60 75	t
Destructive load	Danger of mechanical destruction For E _{max} = 12.5 and 25 t For E _{max} = 20 t For E _{max} = 30 t For E _{max} ≥ 50 t	E _d	> 75 > 100 > 150 > 150	> 75 > 100 > 150 > 150	... > 100 > 150 > 150	... > 100 > 150 > 150	t
Minimum LC verification	Minimum load cell verification interval v _{min} = E _{max} /Y E _{max} = 12.5 t	Y	14,000 14,000	20,000 18,000	20,000 ...	20,000 ...	
Deadload output return	Factor for deadload output return after load (DR = 1/2 * E _{max} / Z) For E _{max} ≥ 50 t	Z	6,000 6,000	8,000 ⁽¹⁾ 6,000	8,000 ⁽¹⁾ 6,000	8,000 ⁽¹⁾ ...	
Rated output	Relative output at maximum capacity For E _{max} = 12.5 t For E _{max} = 20 t, 30 t For E _{max} = 25 t For E _{max} = 50 t For E _{max} = 60 t For E _{max} = 75 t	C _n	1.0 1.0 2.0 2.0 2.4 3.0	1.0 1.0 2.0 2.0 1.5 1.5	... 1.0 2.0 1.5 1.5 1.5	... 1.0 2.0 1.5 1.5 1.5	mV/V
Tolerance on rated output	Permissible deviation from rated output C _n	d _z	< 0.07				% C _n
Zero output signal	Load cell output signal under unloaded condition	S _{min}	0 ± 1.0				% C _n
Repeatability error	Max. change in load cell output for repeated loading	e _R	< 0.005				% C _n
Creep	Max. change of output signal at E _{max} during 30 min.	d _{cr}	< 0.015	< 0.0125	< 0.010	< 0.008	% C _n
Non-linearity	Deviation from best straight line through zero	d _{ln}	< 0.01				% C _n
Hysteresis	Max. difference in LC output between loading and unloading	d _{hy}	< 0.0165	< 0.0125	< 0.010	< 0.008	% C _n
Temperature effect on S _{min}	Max. change related to C _n of S _{min} per 10 K in B _r	TK _{Smin}	< 0.01	< 0.007	< 0.007	< 0.007	% C _n /10 K
Temperature effect on C	Max. change related to C _n of C per 10 K	TK _C	< 0.01	< 0.008	< 0.007	< 0.005	% C _n /10 K
Input impedance	Between supply terminals	R _{ic}	1,080 ± 10				Ω
Output impedance	Between measuring terminals For E _{max} ≤ 30 t For E _{max} = 50 t For E _{max} = 60 t For E _{max} = 75 t	R _o	1,010 ± 1 1,010 ± 1 1,010 ± 1 1,010 ± 1	1,010 ± 1 1,010 ± 1 635 ± 1 510 ± 1	1,010 ± 1 760 ± 1 635 ± 1 510 ± 1	1,010 ± 1 760 ± 1 635 ± 1 510 ± 1	Ω

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

Designation	Description	Abbr.	C3*	C4*	C5*	C6*	Unit
Accuracy class			0.015	0.012	0.010	0.008	% E _{max}
Insulation impedance	Between measuring circuit and housing at 100 U _{OC}	R _{is}			> 5,000		MQ
Insulation voltage	Between circuit and housing (PR 6221/..E only)				500		V
Nominal supply voltage range	To hold the specified performance	B _u			4 to 24		V
Max. supply voltage	Continuous operation without damage to PR 6221/..E	U _{max}			32 25		V
Nominal ambient temp. range	To hold the specified performance	B _t			-10 to +55		°C
Usable ambient temp. range	Continuous operation without damage	B _{tu}			-40 to +95		°C
Storage temperature range	Without electrical and mechanical stress	B _{ti}			-40 to +95		°C
Permissible eccentricity	Permissible displacement from nominal load line	S _{ex}			5		mm
Vibration resistance	Resistance against oscillations (IEC 68-2-6 Fc)				20 g, 100 h, 10 to 150 Hz		
Barometric pressure influence	Barometric pressure influence on S _{min}	PK _{Smin}			420		g/kPa
Nominal deflection	Max. elastic deformation under maximum capacity For E _{max} = 12.5 t For E _{max} = 20 t For E _{max} = 25 t For E _{max} = 30 t For E _{max} = 50 t For E _{max} = 60 t For E _{max} = 75 t	S _{nom}	0.2 0.4 0.5 0.5 0.8 0.9 1.1	0.2 0.4 0.5 0.5 0.8 0.9 1.1	... 0.4 0.5 0.5 0.8 0.9 1.1	... 0.4 0.5 0.5 0.8 0.9 1.1	mm
Material (housing)					1.4301 (DIN EN 10088-3)		
Protection class					- PR 6221: IP68** / IP69 - Connexx®: IP65 / IP68***		
Cables					TPE, colour: green, ø 5 mm, cable: 4×0.35 mm ² , length: 16 m PR 6221/..E TPE, colour: blue, ø 5 mm, cable: 4×0.35 mm ² , length: 20 m		
Bending radius					≥ 25 mm in case of fixed installation ≥ 75 mm in case of flexible installation		

Connexx®	Description	Abbr.	Temperature range	Unit
Nominal ambient temp. range	To hold the specified performance	B _t	-10 ... +40	°C
Usable ambient temp. range	Continuous operation without damage	B _{tu}	-30 ... +60	°C
Storage temperature range	Without electrical and mechanical stress	B _{ti}	-30 ... +70	°C

* As per OIML R60

** The load cell can be submerged at a water depth of 1.5 m for 10,000 hours.

*** The module can be submerged at a water depth of 1.5 m for 100 hours.

(1) Z = 8,000 for -10°C ... +40°C, above +40°C Z = 6,000

Converter Connexx®



Fitted with the converter Connexx®, the load cell PR 6221 offers a comprehensive plus of possibilities:

- The digital version guarantees fast signalling times
- Thanks to the use of field bus communication, the cable junction box is no longer needed
- CANopen allows for extra-long communication paths of up to 200 m
- Weight values individually available for each load cell facilitate quick commissioning and make it easier to identify defective load cells

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

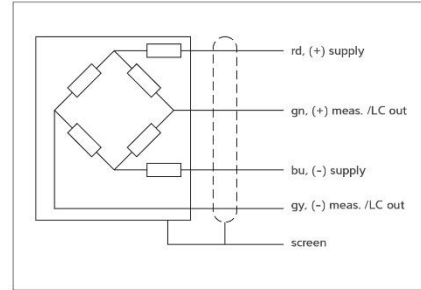
- TUGAS AKHIR MAHASISWA PROGRAM EVE, PNJ – PT. SOLUSI BANGUN INDONESIA Tbk

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



Mounting kit PR 6021/03N

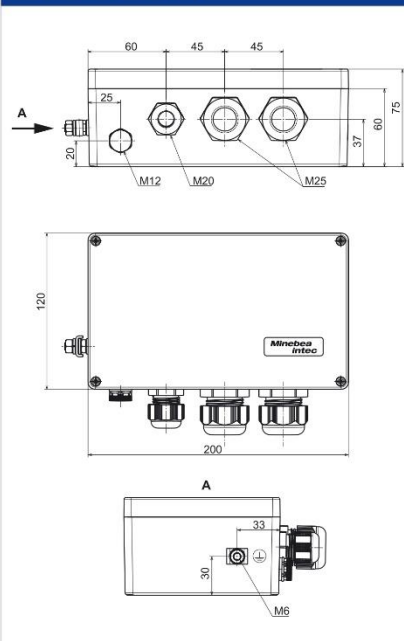


Circuit diagram

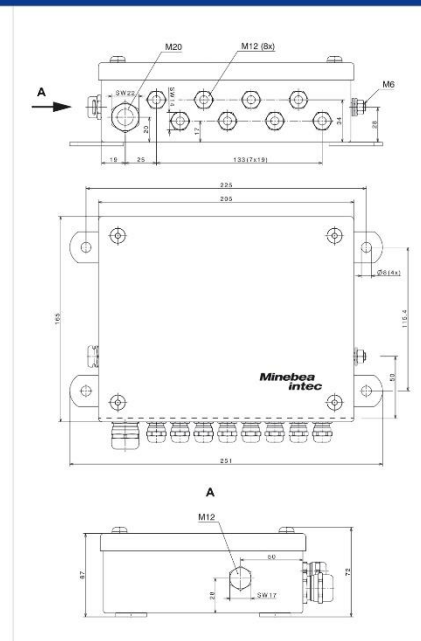


Easy Installation

Junction box dimensions



Junction box PR 6021/08 and PR 6021/18



Junction box PR 6021/68S

All dimensions in mm



© 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

High restoring force

When driving onto the truck scale, the forces applied result in a deflection of the load cell. The restoring force ensures that the load cell returns to its centred rest position as quickly as possible.

Maximum lightning protection

The truck scale load cells PR 6221 meet all requirements

- Lightning surge current ($I_{\max} = 100 \text{ kA}$) $10 \mu\text{s}/350 \mu\text{s}$ (lightning protection class III) as per DIN EN 62475
- Lightning surge voltage ($U_{\max} = 1,000 \text{ kV}$) $1.2 \mu\text{s}/50 \mu\text{s}$ as per DIN EN/IEC 60060-1

In the event of proper surge protection, potential equalisation, protection of the measuring cable and in conjunction with Minebea Intec junction boxes and indicators, the analogue load cells can withstand voltages of at least 1,000 kV and currents of up to 100 kA without damage.

Time savings with matched output

The output impedance (R_n) and parameter (C_n) of the load cells are within a tight tolerance range (= matched output) both individually and together. This means that there may possibly be no need for electrical corner correction and only mechanical height adjustment will be required.

Highest IP protection class and regional explosion protection certificate

Zone	Marking	Certificate no	Load cell
0 and 1	II 1G Ex ia IIC T6 Ga Ex ia IIC T6 Ga	BVS 16 ATEX E 005 IECEx BVS 16.0005	PR 6221/-E
20 and 21	II 1D Ex ta IIIC T 160 °C Da Ex ta IIIC T 160 °C Da	TÜV 03 ATEX 2301X IECEx TUN 17.0025X	PR 6221 with add-on ATEX zone 20/21
2	II 3G Ex nA IIC T6 Gc	Manufacturer's declaration	PR 6221 with add-on ATEX zone 2/22
22	II 3D Ex tc IIIC T 85 °C Dc	Manufacturer's declaration	PR 6221 with add-on ATEX zone 2/22
Class I, II, III Div. 1 and 2	IS CL I, II, III, DIV 1, GP A,B,C,D,E,F,G Entity - 4012 101 5688 NI CL I, II, III, DIV 2, GP A,B,C,D,E,F,G NIFW - 4012 101 5688 T4A Ta= -30 °C to 70 °C; T5 Ta= -30 °C to 55 °C	FM17US0276	PR 6221 with add-on FM
Class I, II, III Div. 1 and 2	IS CL I, II, III, DIV 1, GP A,B,C,D,E,F,G Entity - 4012 101 5688 NI CL I, II, III, DIV 2, GP A,B,C,D,E,F,G NIFW - 4012 101 5688 T4A Ta= -30 °C to 70 °C; T5 Ta= -30 °C to 55 °C	FM17CA0138	PR 6221 with add-on FM

* Please specify required explosion protection version when ordering.

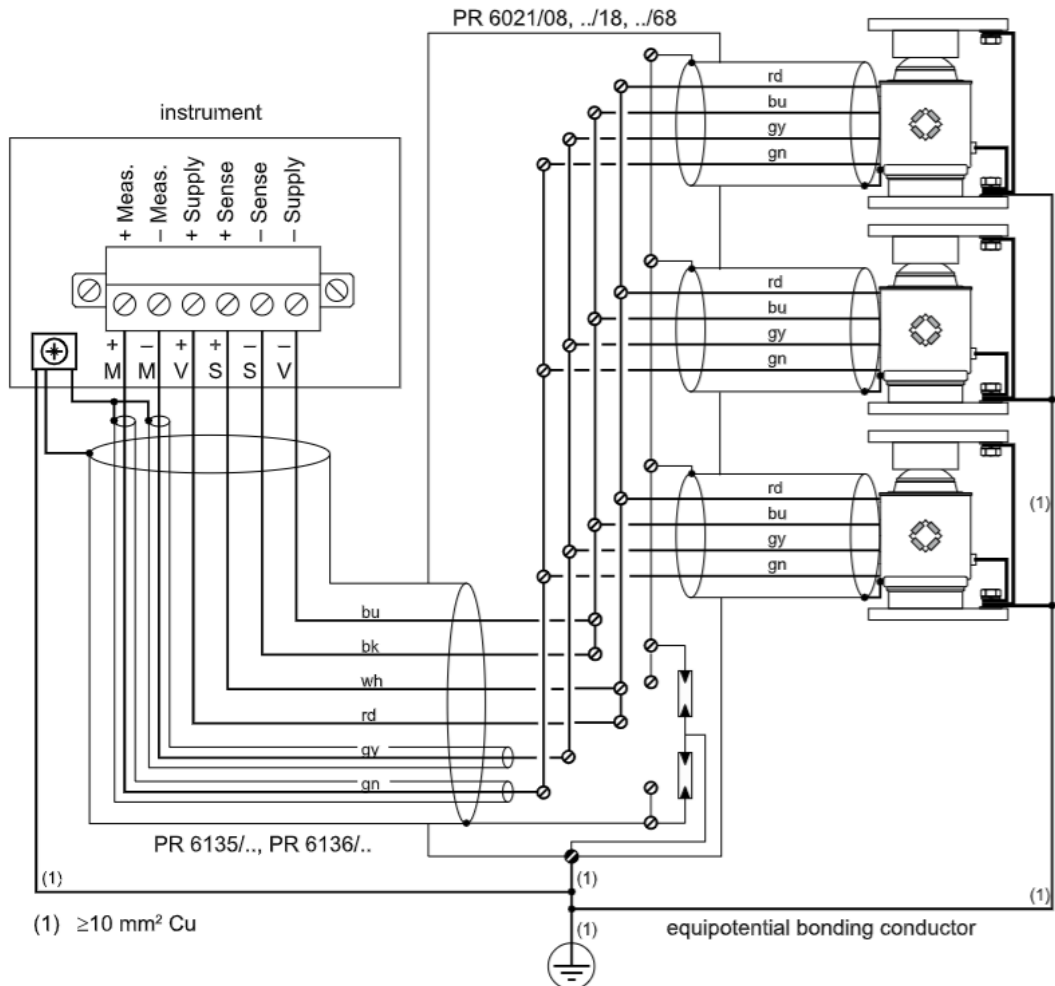


Hak Cipta :

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 F

WIRING EXISTING SISTEM JEMBATAN TIMBANG



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

Terminal	Nama Jalur	Fungsi pada Sistem
M+	Jalur pengukuran positif	Mengirimkan sinyal hasil perubahan beban dari <i>load cell</i> menuju indikator sebagai sinyal pengukuran positif.
M-	Jalur pengukuran negatif	Menjadi pasangan jalur pengukuran positif sehingga indikator dapat membaca perubahan sinyal secara diferensial dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi.
V+	Jalur catu daya positif	Menyalurkan tegangan eksitasi dari indikator ke rangkaian <i>load cell</i> agar sensor dapat bekerja menghasilkan sinyal keluaran.
V-	Jalur catu daya negatif	Menjadi jalur balik (<i>return path</i>) dari catu daya sehingga rangkaian <i>load cell</i> memperoleh suplai listrik yang stabil.
S+	Jalur kompensasi positif (<i>Sense +</i>)	Memantau tegangan yang benar-benar diterima <i>load cell</i> sehingga indikator dapat mengoreksi penurunan tegangan akibat resistansi kabel.
S-	Jalur kompensasi negatif (<i>Sense -</i>)	Bekerja bersama jalur <i>Sense +</i> untuk memastikan tegangan eksitasi yang diterima sensor tetap sesuai sehingga akurasi pembacaan dapat dipertahankan.
Shield	Pelindung kabel	Melindungi sinyal dari gangguan elektromagnetik (<i>electromagnetic interference/EMI</i>) yang berasal dari lingkungan industri sehingga pembacaan sensor lebih stabil.
Ground (<i>Equipotential Bonding Conductor</i>)	Sistem pentanahan	Menghubungkan seluruh sistem ke titik pentanahan untuk mengurangi gangguan listrik, menyamakan potensial antarperangkat, serta meningkatkan keamanan dan kestabilan sistem.

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 G

FUNCTIONAL DESCRIPTION SISTEM MONITORING *LOAD CELL*

Lampiran G memaparkan *functional description* dari sistem monitoring *load cell* yang dikembangkan pada penelitian ini. Setiap komponen dijelaskan berdasarkan fungsi utama, jenis masukan (*input*), serta keluaran (*output*) yang dihasilkan selama proses kerja sistem. Penyajian *functional description* bertujuan memberikan gambaran mengenai peran masing-masing komponen dalam sistem sehingga pembaca dapat memahami hubungan antarbagian tanpa harus meninjau diagram rangkaian maupun kode program.

Komponen	Fungsi	<i>Input</i>	<i>Output</i>
<i>Load cell</i> 5 kg	Mengubah gaya/beban mekanis menjadi sinyal listrik	Beban mekanis (kg)	Sinyal analog (mV/V)
ADC HX711	Memperkuat dan mengonversi sinyal analog menjadi digital	Sinyal analog dari <i>load cell</i>	Data digital 24-bit
ESP32	Memproses data, menjalankan analisis <i>zero balance & drift</i> , serta mengontrol <i>output</i>	Data digital dari HX711, <i>input push button</i>	Data ke LCD, LED, dan <i>Google Sheets</i>
LCD I2C 16 x 2	Menampilkan informasi berat dan status sensor	Data dari ESP32	Tampilan visual
LED	Indikator visual status sensor	Sinyal GPIO dari ESP32	Cahaya indikator
<i>Tactile Push Button</i>	Input kontrol pengguna (<i>reset</i> /kalibrasi)	Injeksi fisik	Sinyal logika ke ESP32
<i>Google Sheets & Apps Script</i>	Menyimpan data monitoring secara <i>cloud</i>	Data HTTP dari ESP32	Data tersimpan dalam <i>spreadsheet</i>

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

Komponen	Terhubung dengan	Media Komunikasi
<i>Load cell 5 kg</i>	HX711	Analog diferensial (<i>4-wire</i>)
HX711	ESP32	Serial DT & SCK
ESP32	LCD I2C	I2C
ESP32	LED	GPIO <i>Output</i>
<i>Push Button</i>	ESP32	GPIO <i>Input</i>
ESP32	<i>Google Sheets</i>	WiFi (HTTP)





© 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

LAMPIRAN H RENCANA ANGGARAN BIAYA

No.	ITEM	DESCRIPTION	QTY	UNIT/PRICE	TOTAL	KETERANGAN
1	Load cell 5 kg	Pressure Sensor Load Cell Timbangan Elektronik 5 kg YZ-13 – Sensor Berat / Weighing Scale	4	Rp 30.000,00	Rp 120.000,00	https://id.shp.ee/ABZxUTqX
2	Modul ADC HX711	HX711 weighing sensor load dual channel module IC HX711 (24 bit)	4	-	-	
3	Mikrokontroler	ESP32 Development Board Nodemcu ESP 32 Type C USB C Dev Kit V1 1.0 D0ID	1	Rp 75.800,00	Rp 75.800,00	https://id.shp.ee/oNRWh5by
4	LCD display	LCD 16x2 1602 blue LCD with I2C IIC module sensor uno R3	1	Rp 27.900,00	Rp 27.900,00	https://id.shp.ee/BN6uPKNE
5	Kabel jumper	Paket kabel jumper dupont 20 cm for breadboard pitch 2.54mm pin header	1	Rp 31.700,00	Rp 31.700,00	https://id.shp.ee/1S7t7JfJ
6	Breadboard	Breadboard solderless kit 830P	1	Rp 12.500,00	Rp 12.500,00	https://id.shp.ee/q3HhPdRE
7	Push button	Tactile switch push button 6x5x5mm	4	Rp 400,00	Rp 1.600,00	https://id.shp.ee/rzq1nES
8	LED indikator	LED 3mm F3 Super Bright Diffused Merah 3volt	4	Rp 1.500,00	Rp 6.000,00	https://id.shp.ee/SVpcPyP
9	Akrilik	Akrilik A4 bening (29.7x21cm) 3mm	2	Rp 20.000,00	Rp 40.000,00	https://id.shp.ee/ABZxUTqX
		Akrilik A4 bening (29.7x21cm) 5mm	1	Rp 32.000,00	Rp 32.000,00	
10	Resistor	Resistor 1/4W 1% Metal Film Value 220 Ohm	4	Rp 1.100,00	Rp 4.400,00	https://id.shp.ee/zP4s64oe
11	USB port data	USB Port Data Type - C Cable USB 30CM	1	Rp 6.700,00	Rp 6.700,00	https://id.shp.ee/LqgawpyY
12	Timah solder	Timah Solder Flux Cored Solder Wire 10m 0.8mm	1	Rp 30.000,00	Rp 30.000,00	Offline
TOTAL					Rp 388.600,00	

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

LAMPIRAN I

TIMELINE TUGAS AKHIR

No	AKTIVITAS	2025	2026
1	Pengajuan Proposal Tugas Akhir		
2	Penentuan Judul Tugas Akhir		
3	Mencari Data dan Informasi		
4	Penyusunan Proposal Tugas Akhir		
5	Seminar Proposal Tugas Akhir		
6	Pengumpulan Proposal Tugas Akhir		
7	Pengumpulan Informasi		
8	Pengumpulan Tugas Akhir		
9	Penyusunan Laporan		
10	Penyusunan Laporan		
11	Penyusunan Laporan		
12	Penyusunan Laporan		
13	Penyusunan Laporan		
14	Penyusunan Laporan		
15	Penyusunan Laporan		
16	Penyusunan Laporan		
17	Penyusunan Laporan		
18	Penyusunan Laporan		
19	Penyusunan Laporan		
20	Penyusunan Laporan		
21	Penyusunan Laporan		
22	Penyusunan Laporan		
23	Penyusunan Laporan		
24	Penyusunan Laporan		
25	Penyusunan Laporan		
26	Penyusunan Laporan		
27	Penyusunan Laporan		
28	Penyusunan Laporan		
29	Penyusunan Laporan		
30	Penyusunan Laporan		
31	Penyusunan Laporan		
32	Penyusunan Laporan		
33	Penyusunan Laporan		
34	Penyusunan Laporan		
35	Penyusunan Laporan		
36	Penyusunan Laporan		
37	Penyusunan Laporan		
38	Penyusunan Laporan		
39	Penyusunan Laporan		
40	Penyusunan Laporan		
41	Penyusunan Laporan		
42	Penyusunan Laporan		
43	Penyusunan Laporan		
44	Penyusunan Laporan		
45	Penyusunan Laporan		
46	Penyusunan Laporan		
47	Penyusunan Laporan		
48	Penyusunan Laporan		
49	Penyusunan Laporan		
50	Penyusunan Laporan		
51	Penyusunan Laporan		
52	Penyusunan Laporan		
53	Penyusunan Laporan		
54	Penyusunan Laporan		
55	Penyusunan Laporan		
56	Penyusunan Laporan		
57	Penyusunan Laporan		
58	Penyusunan Laporan		
59	Penyusunan Laporan		
60	Penyusunan Laporan		
61	Penyusunan Laporan		
62	Penyusunan Laporan		
63	Penyusunan Laporan		
64	Penyusunan Laporan		
65	Penyusunan Laporan		
66	Penyusunan Laporan		
67	Penyusunan Laporan		
68	Penyusunan Laporan		
69	Penyusunan Laporan		
70	Penyusunan Laporan		
71	Penyusunan Laporan		
72	Penyusunan Laporan		
73	Penyusunan Laporan		
74	Penyusunan Laporan		
75	Penyusunan Laporan		
76	Penyusunan Laporan		
77	Penyusunan Laporan		
78	Penyusunan Laporan		
79	Penyusunan Laporan		
80	Penyusunan Laporan		
81	Penyusunan Laporan		
82	Penyusunan Laporan		
83	Penyusunan Laporan		
84	Penyusunan Laporan		
85	Penyusunan Laporan		
86	Penyusunan Laporan		
87	Penyusunan Laporan		
88	Penyusunan Laporan		
89	Penyusunan Laporan		
90	Penyusunan Laporan		
91	Penyusunan Laporan		
92	Penyusunan Laporan		
93	Penyusunan Laporan		
94	Penyusunan Laporan		
95	Penyusunan Laporan		
96	Penyusunan Laporan		
97	Penyusunan Laporan		
98	Penyusunan Laporan		
99	Penyusunan Laporan		
100	Penyusunan Laporan		



© 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

LAMPIRAN J PERSONALIA TUGAS AKHIR

Nama Lengkap	: Asaih Tawadhu Rahmadani
NIM	: 2302315010
Program Studi	: Teknik Mesin
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Tempat, Tanggal Lahir	: Cilacap, 04 November 2004
Nama Ayah	: Sarwan
Nama Ibu	: Tasini
Alamat	: Jalan Jambe 116, RT.08/02 Cilacap
E-mail	: asaih.eve19@gmail.com asaih.tawadhu.rahmadani.tm23@stu.pnj.ac.id
Pendidikan	
SD (2011-2017)	: SD Negeri Tritih Kulon 04
SMP (2017-2020)	: SMP Negeri 1 Cilacap
SMA (2020-2023)	: SMA Negeri 3 Cilacap
Pengalaman <i>Project</i>	: 1. <i>Project Belt Conveyor Pacrete Machine</i> 2. <i>Project Modification of Aggregate Washer Machine</i>