

DISERTASI

**SISTEM DETEKSI DINI KEMIRINGAN DAN
VIBRASI JEMBATAN BERBASIS *IoT***

***IoT- BASED BRIDGE SLOPE AND VIBRATION EARLY
DETECTION SYSTEMS***

**NURAENI UMAR
D053192001**



**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU TEKNIK ELEKTRO
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

PENGAJUAN DISERTASI

SISTEM DETEKSI DINI KEMIRINGAN DAN VIBRASI JEMBATAN BERBASIS IoT

Disertasi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Doktor
Program Studi Ilmu Teknik Elektro

Disusun dan diajukan oleh

**NURAENI UMAR
D053192001**

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

DISERTASI

SISTEM DETEKSI DINI KEMIRINGAN DAN VIBRASI JEMBATAN BERBASIS IoT

NURAENI UMAR

D053192001

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Disertasi yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Doktor Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 2 Oktober 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan



Menyetujui,

Promotor



Prof. Dr. Ir. Syafruddin Syarif, M.T.
NIP. 196111251988021001

Co-Promotor



Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T., IPM
NIP. 196910261994122001

Co-Promotor



Merna Baharuddin, ST, M. el. Eng. Ph.D
NIP. 197512052005012002

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST, MT
NIP. 197309262000121002

Ketua Program Studi
S3 Teknik Elektro



Prof. Dr. Ir. H. Andani Achmad, MT
NIP. 196012311987031022

PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Nuraeni Umar

Nomor Mahasiswa : D053192001

Program Studi : S3 Teknik Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa disertasi berjudul "SISTEM DETEKSI DINI KEMIRINGAN DAN VIBRASI JEMBATAN BERBASIS IoT" adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing Prof. Dr. Ir. Syafruddin Syarif, M.T., sebagai Promotor, Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T., IPM., sebagai Co-Promotor 1, Merna Baharuddin, ST., M.Tel. Eng., Ph.D., sebagai Co-Promotor 2. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukandalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka disertasi ini. Sebagian dari isi disertasi ini telah dipublikasikan yaitu di *International Conference on Computer Science and Engineering Technology 2022 (ICCSET, 26 November 2022)* sebagai artikel dalam seminar internasional dengan judul " *Internet of Things Based on Bridge Slope Detection*". Artikel publikasi jurnal dengan judul "*Internet of Things and Long Range Based Bridge Slope Early Detection Systems*", pada *International Journal of Reconfigurable and Embedded Systems (IJRES, Vol.13, No.3, November 2024, pp 652-658, DOI:10.1159/ijres.v13.i3.pp652-658)*. Sebagai artikel dengan judul "*Internet of Things and Long Range based Bridge Vibration*" pada *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa disertasi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, Juli 2024

Yang menyatakan,



Nuraeni Umar

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur senantiasa kami panjatkan kehadirat Allah SWT, atas berkat dan rahmat Nya. Salam kepada Rasulullah, Allahummasallih ala Muhammad wa ala ali Muhammad. Disertasi ini selesai dengan judul “SISTEM DETEKSI DINI KEMIRINGAN DAN VIBRASI JEMBATAN BERBASIS IoT” (*IoT- BASED BRIDGE SLOPE AND VIBRATION EARLY DETECTION SYSTEMS*).

Proses penyusunan disertasi ini mendapat dukungan untuk mewujudkan gagasan-gagasan menjadi hasil disertasi lengkap yang sesuai dengan kaidah-kaidah keilmiahan yang disyaratkan dengan baik dan terstruktur . Disertasi ini selesai atas bimbingan dan arahan serta motivasi, dari berbagai pihak telah membantu, untuk itu secara khusus menyampaikan apresiasi atas bantuannya, terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Syafruddin Syarif, M.T. sebagai Promotor, untuk Co Promotor 1: Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T., IPM., Co Promotor 2: Ibu Merna Baharuddin, S.T., M.Tel. Eng., Ph.D.
2. Bapak Elyas Palantei, S.T., M. Eng., Ph.D., Ibu Dr. Ir. Hj. Sri Mawar Said, M.T., Bapak Dr. Ikhlas Kitta, S.T., M.T., Bapak Dr. Eng. Wardi, S.T., M. Eng. sebagai komisi tim penguji, Bapak Prof. Dr. Ir. Nana Rachmana Syambas, M. Eng. sebagai penguji eksternal, terima kasih saran dan koreksi yang membangun sempurnanya disertasi ini.
3. Rektor Universitas Hasanuddin Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., dan Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Bapak Prof. Dr. Eng., Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., Asean Eng., Ketua Jurusan Teknik Elektro Bapak Prof. Dr.-Ing. Ir. Faizal Arya Samman, S.T, M.T., IPU, Asean Eng, ACPE. dan Prof. Dr. Ir. Andani, M.T., sebagai Koordinator Program Studi S3, Prof. Dr. Ir. H. Ansar Suyuti, M.T., IPU., sebagai Penasehat Akademik. Seluruh Dosen serta Staf S3 Bu Tika dan kawan –kawan atas dukungan dan layanan terbaiknya selama proses studi.
4. Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang Bapak Ir. Ilyas Mansyur, M.T. dan seluruh jajarannya dosen dan staf, yang membantu selesai studi S3.

5. Ketua Jurusan Teknik Elektro PNUP Bapak Prof. Ahmad Rizal Sultan, S.T., M.T., Ph.D.
6. Ketua Program Studi : Ibu Yuniarti, S.ST., M.T., Ibu Ir. Sirmayanti, S.T., M. Eng., Ph.D., IPM., Asean. Eng. dan Bapak Zaini, S.ST.,M.T., seluruh sahabat keluarga besar Politeknik Negeri Ujung Pandang.
7. Tim Laboratorium Mikroprosesor Politeknik Negeri Ujung Pandang Bapak Sahbuddin Abdul Kadir, S.T., M.T., Bapak Achmad Zubaer, S.T., M.T., yang senantiasa membantu selesainya studi S3 Unhas.
8. Teman-teman Mahasiswa S3 Teknik Elektro Unhas, yang senantiasa membantu selesainya disertasi ini, serta semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung.
9. Kepada Ayahanda tercinta Bapak Umar Dg. Sali (Alm), dan Ibunda tercinta Hj. Nurmala Usman Natsir serta saudara yang senantiasa mendoakan keberhasilan dalam menempuh pendidikan.

Semoga segala dukungan serta bantuan semua pihak mendapat pahala yang melimpah dari sisi Allah Subhanahu Wataalah. Mohon maaf bila ada kekurangan disertasi ini. Harapan kami tulisan ini bermanfaat bagi pembaca dan penulis.

Makassar, Juli 2024

Penulis

Nuraeni Umar

ABSTRAK

NURAENI UMAR, Sistem Deteksi Dini Kemiringan dan Vibrasi Jembatan Berbasis IoT. (Dibimbing oleh **Syafruddin Syarif**, **Dewiani**, **Merna Baharuddin**)

Penelitian ini menghasilkan modul dengan desain yang sederhana, praktis, dan efektif, manfaat sistem mudah mengakses data kemiringan dan vibrasi jembatan secara *real time* dengan mengakses jaringan internet melalui handphone untuk *Structural Health Monitoring Technology* (SHMS). Penggunaan jaringan *LoRa* untuk mengatasi daerah yang tidak terjangkau jaringan internet, untuk itu *LoRa* akan mengirim data ke area dimana tersedia jaringan internet. Tujuan penelitian yaitu: 1) Mengembangkan sistem deteksi kemiringan dan vibrasi jembatan dengan integrasi teknologi sensor accelerometer sistem *LoRa*, *IoT*, menjangkau jarak jauh, *real time* serta memberi peringatan aman, waspada, bahaya melalui handphone 2). Melakukan transmisi data, pengukuran sensor yaitu kemiringan dan vibrasi jembatan dengan menjangkau jarak jauh dan *real time*, memberi informasi peringatan aman, waspada dan bahaya, pada handphone. Pengukuran parameter *delay*, *throughput*, *paket loss*, sehingga mendapatkan kinerja jaringan internet yang digunakan. Sistem pemantauan kemiringan dan vibrasi, akan memberi peringatan aman, waspada, bahaya pada handphone. Pengambilan data yaitu pengukuran dilakukan pada Laboratorium Mikroprosesor Politeknik Negeri Ujung Pandang, Laboratorium Teknologi Perangkat Lunak Teknik Elektro Universitas Hasanuddin, pengukuran di jembatan penghubung departemen teknik Elektro Universitas Hasanuddin, Gowa dan pengukuran langsung pada lokasi jembatan antara lain Jembatan Layang Urip Sumoharjo, Jembatan UMI, Jembatan Sungai Tello yang berada pada Kota Makassar. Hasil pengukuran deteksi kemiringan berada pada rentang $0,11^{\circ}$ hingga $15,2^{\circ}$, untuk vibrasi (percepatan linier) terukur pada rentang 0,01g hingga 2,39 g. Sistem ini akan memberikan peringatan aman, waspada, bahaya. Dari pengukuran, hasil deteksi aman diperoleh ketika kemiringan $0,86^{\circ}$ dan vibrasi 0,02 g, dan keadaan waspada ketika kemiringan $2,71^{\circ}$, vibrasi 1,33 g, informasi bahaya terjadi ketika kemiringan $13,11^{\circ}$ dengan vibrasi 2,39 g, sistem ini berfungsi dengan baik mengirim data deteksi kemiringan dan vibrasi serta informasi aman, waspada, bahaya ke handphone. Pengukuran jaringan internet pada parameter: *throughput* pada (81-90) bps, *packet loss* diperoleh (0,1-0,4) %, sedangkan *delay* (1,1-54) milidetik. Kinerja jaringan internet digunakan kategori bagus sampai dengan sangat bagus dengan standar Tiphon. Rekomendasi dari penelitian untuk pengembangan lebih lanjut, sistem dilengkapi dengan sensor posisi, sehingga koordinat pengukuran diketahui dengan presisi.

Kata Kunci: Kemiringan, Vibrasi Jembatan, *Accelerometer*, ESP32, *LoRa*, *IoT*

ABSTRACT

NURAENI UMAR, IoT-Based Bridge Slope and Vibration Early Detection System. (Supervised by **Syafruddin Syarif, Dewiani, Merna Baharuddin**)

This research produces a module with a simple, practical and effective design, the benefit of the system is easy to access bridge slope and vibration data in real time by accessing the internet network via cellphone for Structural Health Monitoring Technology (SHMS). The use of the LoRa network is to overcome areas that are not covered by the internet network, for this reason LoRa will send data to areas where an internet network is available. The research objectives are: 1) Developing a bridge slope and vibration detection system with the integration of LoRa system accelerometer sensor technology, IoT, reach long distances, real time and provide safe, alert and dangerous warnings information on mobile phones. 2). Transmitting sensor measurement data, namely changes in slope and vibration of the bridge, over long distances and in real time, provide safe, alert and dangerous warning information on mobile phones. Produce measurements of delay, throughput, packet loss parameters, so as to obtain the performance of the internet network used. The tilt and vibration monitoring system will provide safe, alert and dangerous warnings on cellphones. Data were collected, namely measurements carried out at the Ujung Pandang State Polytechnic Microprocessor Laboratory, Hasanuddin University Electrical Engineering Software Technology Laboratory, measurements at the bridge connecting the Electrical Engineering Department of Hasanuddin University, Gowa and direct measurements at bridge locations including the Urip Sumoharjo flyover, UMI bridge, bridge he Tello river is located in Makassar City. The results of tilt detection measurements are in the range of 0.11° to 15.2° , for vibration (linear acceleration) measured in the range of 0.01g to 2.39g. This system will provide safe, alert and dangerous warnings. From the measurements, safe detection results were obtained when the slope was 0.86° and vibration 0.02 g, and an alert state when the slope was 2.71° , vibration 1.33 g, danger information occurred when the slope was 13.11° with vibration 2.39 g, the system This works well by sending tilt and vibration detection data as well as safe, alert and danger information to the cellphone. Internet network measurements on parameters: throughput at (81-90) bps, packet loss obtained (0.1-0.4) %, while delay (1.1-54) milliseconds. The internet network performance used is in the good to very good category according to Tiphon standards. Recommendations from research for further development, the system is equipped with a position sensor, so that the measurement coordinates are known with precision.

Keywords: Bridge Slope, Bridge Vibration, Accelerometer, ESP32, LoRa, IoT

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGAJUAN DISERTASI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI DAN.....	iv
PELIMPAHAN HAK CIPTA.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah.....	6
1.6 Ruang Lingkup Penelitian.....	7
BAB II KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN	9
2.1 Jaringan Sensor Nirkabel	9
2.2 Sensor Accelerometer	10
2.3 Arduino IDE.....	12
2.4 Protokol MQTT.....	13
2.5 Long Range (LoRa).....	13
2.6 Teknologi <i>Internet of Things</i>	14
2.7 Sistem Mikrokontroller	16
2.8 Konstruksi Jembatan	18
2.9 Parameter jaringan internet yang diukur	20
2.10 Kerangka Konseptual	21
2.11 <i>State of The Art</i>	36
2.12 Kerangka Konsep Penelitian	43
2.13 Tahapan Penelitian	45

2.14 Waktu dan Lokasi Penelitian	47
2.14.1 Waktu	47
2.14.2 Lokasi	47
2.15 Jenis Penelitian.....	50
2.16 Sumber Data.....	50
2.17 Instrumen Penelitian.....	50
2.18 Hipotesis Penelitian.....	51
BAB III DETEKSI KEMIRINGAN JEMBATAN BERBASIS IoT	54
3.1 Abstrak	54
3.2 Pendahuluan	55
3.3 Metodologi	59
3.4 Hasil dan Pembahasan.....	61
3.5 Kesimpulan	63
BAB IV SISTEM DETEKSI DINI KEMIRINGAN JEMBATAN BERBASIS LONG RANGE DAN INTERNET OF THINGS	65
4.1 Abstrak	65
4.2 Pendahuluan	65
4.3 Metodologi	68
4.4 Hasil dan Pembahasan.....	73
4.5 Kesimpulan	74
BAB V VIBRASI JEMBATAN BEBASIS LONG RANGE DAN INTERNET OF THINGS	75
5.1 Abstrak	75
5.2 Pendahuluan	76
5.3 Hasil dan Pembahasan.....	80
5.4 Kesimpulan	82
BAB VI PEMBAHASAN UMUM	83
6.1 Deteksi Kemiringan Jembatan Berbasis IoT	83
6.2 Sistem Deteksi Dini Kemiringan Jembatan berbasis <i>Long Range</i> dan <i>Internet of Things</i>	84
6.3 Deteksi Vibrasi pada Jembatan berbasis <i>Long Range</i> dan <i>IoT</i>	85
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	98
7.1 Kesimpulan.....	98
7.2 Saran.....	99
DAFTAR PUSTAKA	100
L A M P I R A N.....	104

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Spesifikasi ESP 32	17
Tabel 2 Standar Delay	20
Tabel 3 State of The Art	36
Tabel 4 Perangkat Keras.....	51
Tabel 5 Perangkat Lunak.....	51
Tabel 6 Spesifikasi ESP32	58
Tabel 7 Perangkat keras.....	58
Tabel 8 Software	59
Tabel 9 Pengukuran throughput, packet loss, delay	62
Tabel 10 Pengukuran Kemiringan.....	63
Tabel 11 pengukuran sistem deteksi dini kemiringan jembatan dengan IoT dan LoRa, serta throughput, packet loss, delay	74
Tabel 12 The performance of bridge vibration systems.....	81
Tabel 13 Sistem deteksi dini kemiringan dan vibrasi jembatan berbasis IoT	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Jaringan Sensor Nirkabel ¹⁾	10
Gambar 2 Sensor Accelerometer MMA7361L dan MMA3452.....	11
Gambar 3 Tampilan Perangkat Lunak Arduino IDE.....	12
Gambar 4 LoRa Transceiver.....	14
Gambar 5 Bentuk fisik salah satu IoT	14
Gambar 6 Topologi Jaringan start, mesh, cluster tree	16
Gambar 7 Pin Out ESP32	18
Gambar 8 Diagram posisi penelitian terhadap state of the art.....	44
Gambar 9 Kerangka Konsep Penelitian.....	45
Gambar 10 Tahapan penelitian dalam diagram fishbone	46
Gambar 11 (a) Jembatan Layang Urip Sumoharjo, (b) jembatan UMI, (c) jembatan S.Tello, (d) jembatan penghubung Departemen Teknik Elektro Unhas	49
Gambar 12 Luaran Penelitian dan Milestone	49
Gambar 13 Hipotesis Penelitian	52
Gambar 14 Arsitektur sistem deteksi dini kemiringan dan vibrasi jembatan berbasis Lora dan IoT.....	52
Gambar 15 Flowchart sistem deteksi dini kemiringan dan vibrasi jembatan berbasis Lora dan IoT.....	53
Gambar 16 Sistem deteksi kemiringan jembatan berbasis IoT	60
Gambar 17 Diagram alir sistem deteksi kemiringan jembatan berbasis IoT.....	60
Gambar 18 Skema sistem deteksi kemiringan jembatan berbasis IoT	61
Gambar 19 IoT Systems	62
Gambar 20 Perbandingan pengukur sudut sensor akselerometer	63
Gambar 21 Model sistem deteksi dini kemiringan jembatan menggunakan LoRa dan IoT	69
Gambar 22 Diagram alir sistem kemiringan jembatan untuk deteksi dini menggunakan LoRa dan IoT	71
Gambar 23 Sistem deteksi sudut kemiringan jembatan dengan LoRa and IoT...	72
Gambar 24 Data sudut kemiringan jembatan berbasis LoRa and IoT.....	73
Gambar 25 Sistem deteksi vibrasi jembatan berbasis LoRa dan IoT	79
Gambar 26 Sistem deteksi vibrasi jembatan berbasis LoRa dan IoT	79
Gambar 27 Implentasi deteksi vibrasi jembatan berbasis IoT dan LoRa	80
Gambar 28 Data deteksi vibrasi jembatan berbasis LoRa dan IoT	80
Gambar 29 Desain sistem deteksi kemiringan dan vibrasi jembatan	87
Gambar 30 Denah lokasi pengambilan data pada jembatan layang Urip Sumharjo, jembatan UMI, jembatan Sungai Tello	87
Gambar 31 Pengukuran pada jembatan layang Urip Sumoharjo	89
Gambar 32 Pengukuran pada jembatan UMI	89
Gambar 33 Pengukuran pada jembatan Sungai Tello	90
Gambar 34 Tampilan data pengukuran pada handphone untuk pengukuran jembatan layang Urip Sumoharjo, jembatan UMI, jembatan Sungai Tello.....	90
Gambar 35 Pengukuran pada jembatan Sungai Tello	91
Gambar 36 Tampilan hasil pengukuran pada handphone untuk jembatan Sungai Tello	91

Gambar 37 Pengukuran pada jembatan penghubung departemen Teknik Elektro Unhas	92
Gambar 38 Tampilan hasil pengukuran di handphone untuk jembatan penghubung departemen Teknik Elektro Unhas	93
Gambar 39 Pengukuran pada Laboratorium Teknologi Perangkat Lunak Teknik Elektro Unhas.....	94
Gambar 40 Tampilan hasil pengukuran di handphone pada laboratorium teknologi perangkat lunak teknik elektro Unhas (a) kondisi aman (b) kondisi bahaya (c) kondisi waspada	95

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Publikasi Karya Ilmiah 1,2,3	105
Lampiran 2 Publikasi karya ilmiah 1,2,3	115
Lampiran 3 Publikasi karya ilmiah 1,2,3	125
Lampiran 4 Listing Program	132
Lampiran 5 Data sheet MPU6050	150
Lampiran 6 Data sheet MQTT	151
Lampiran 7 Data sheet ESP 32 LoRa dan IoT	152
Lampiran 8 Data Wireshark	154
Lampiran 9 Daftar Riwayat Hidup	156

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
IoT	<i>Intenet of things</i>
LoRa	<i>Long Range</i>
SHMS	<i>Structural Health Monitoring Technology</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
g	Percepatan linier satuan gravitasi dalam meter per detik ²
RAM	<i>Random Access Memory</i>
EPROM	<i>Erasable Programmable read Only Memeory</i>
MEMS	<i>Micro-electromechanical systems</i>
M2M	<i>Machine-to-machine</i>
WSN	<i>Wireless Sensor Network</i>
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
GPIO	<i>General Purpose Input Ouput</i>
ADC	<i>Analog to Digital Converter</i>
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
UART	<i>Universal Asynchronous Receiver Transmitter</i>
ESP32	Mikrokotroler oleh <i>Espressif System</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Informasi dari satu tempat ketempat yang lain sekarang ini sangat dibutuhkan. Terkirimnya informasi ke tempat yang jauh sangat bermanfaat tanpa harus berkunjung ke tempat tersebut, data kondisi lingkungan dapat diketahui dengan bantuan sistem telekomunikasi. Dengan memasang alat pendeteksi kondisi lingkungan (sensor) yang dihubungkan dengan sistem telekomunikasi maka kemudahan dan efisiensi dalam memperoleh data dapat dilakukan. Informasi yang dibutuhkan tentang kondisi suatu lingkungan, hal tersebut dibutuhkan ada pada daerah terpencil atau di kota, dengan sistem telekomunikasi masalah tersebut dapat dihilangkan. Telekomunikasi adalah sistem transfer data informasi dari satu tempat ke tempat yang jauh, untuk itu dibutuhkan sistem transmisi merupakan peralatan yang (menghubungkan) sistem pemancar dan sistem penerima. Sistem Telekomunikasi berasal dari kata : tele dan komunikasi ini adalah berkomunikasi jarak jauh. Sistem Telekomunikasi dalam transmisi sinyal membutuhkan medium perambatan gelombang untuk mencapai jarak yang jauh. Medium transmisi ini yang digunakan adalah : saluran kabel, fiber optik, udara. Ketika medium transmisi yang digunakan udara maka sistem telekomunikasi tersebut dinamai wireless/tanpa kabel/nirkabel. Salah satu bagian dari sistem telekomunikasi adalah sistem wireless/tanpa kabel atau telekomunikasi medium udara/sistem nirkabel. Sistem telekomunikasi adalah sinyal informasi akan dimodulasi dengan sinyal carrier yang merupakan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi tinggi , sinyal tersebut bersama-sama merambat pada medium transmisi. Sistem wireless ini untuk transmisi data informasi juga membutuhkan Antena yang berfungsi memancarkan gelombang elektromagnetik ke udara dan dipenerima gelombang elektromagnetik di tangkap oleh antenna penerima. Sistem wireless tidak dibatasi oleh panjang kabel yang akan di koneksikan/di hubungkan dari pemancar ke penerima sehingga diperoleh efisiensi dan pergerakan tidak dibatasi oleh kabel. Sistem *wireless* digunakan untuk: siaran Televisi, siaran Radio, *Digital Enhanced Cordless Telecommunications*, Walkitalky, Hand Phone, Sistem Satelit, Sistem

Bluetooth, *Internet of Thing* (IoT), WLAN , GPRS, WAN, Wi-Fi, LoRa, Li-Fi, dst.

LoRa (Long Range) merupakan modulasi frekuensi, pita frekuensinya 433-868, 915 -923 MHz, untuk Asia frekuensi nya berkisar 923-925 MHz . Teknologi *LoRa* menggunakan daya rendah, jarak jangkauan yang mencapai 15 Km pada remote area, teknologi ini baik untuk transmisi data yang kecil yaitu orde 10-20 byte.

Internet of Thing (IoT) adalah *Internet of Everything*, internet yang terkoneksi dengan sistem sensor, data yang diperoleh oleh sensor dapat langsung terkirim ke tujuan dengan menggunakan jaringan internet. Internet merupakan *interconeksi Network*, internet adalah akses antara computer, dapat berlangsung ketika tersedia (*Modem Transiver* dan *Receiver*, dll.). Tersedianya jaringan internet maka sistem *IoT* dapat berfungsi mentransmisikan data.

Teknologi telekomunikasi (*IoT*) dan sensor difungsikan sebagai sistem yang akan membantu memonitoring kemiringan jembatan. Teknologi telekomunikasi *wireless (IoT)* akan digunakan untuk monitoring pergerakan kemiringan Jembatan. Jembatan merupakan salah satu sarana infra struktur transportasi yang sangat penting bagi manusia. Jembatan berfungsi sebagai penghubung antara satu daerah dengan daerah yang lainnya, dimana kedua daerah tersebut dilalui oleh aliran sungai ataupun aliran pengairan lainnya, atau jembatan layang untuk mengefisienkan jarak tempuh. Peranan jembatan sangat penting dalam transportasi darat, untuk mengefisienkan jarak jalan raya, utamanya di Indonesia karena negara terdiri dari berbagai kepulauan. Sehubungan dengan peranannya yang sangat penting (untuk membantu mobilitas orang dan barang dalam aktifitas sehari-hari dimana daerah itu terpisah oleh sungai) maka pembuatan jembatan harus memenuhi berbagai macam standart yang ada. Salah satu syarat yang harus terpenuhi dalam pembuatan jembatan adalah ketahanan jembatan tersebut dalam menahan beban baik manusia maupun kendaraan yang melintas di jembatan tersebut serta kondisi stabilitas jembatan tersebut. Bangunan konstruksi suatu jembatan tersusun atas dua bagian yaitu konstruksi atas (*superstruktur*) berupa bangunan diatas tanah dan konstruksi bawah tanah (*substruktur*) yang membentuk pondasi-pondasi di bawah tanah.

Jembatan dibuat dengan konstruksi yang sangat kokoh, kuat, kemiringan yang standar serta bertahan untuk waktu/usia yang panjang, akan tetapi seiring berjalannya waktu dan penggunaan jembatan maka ada kondisi terjadi perubahan pada jembatan tersebut. Ketahanan konstruksi suatu jembatan dipengaruhi beban primer dan sekunder. Beban primer tergantung pada beban utama dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan sedangkan beban sekunder berupa beban sementara yang selalu diperhitungkan dalam setiap perencanaan jembatan misalnya pengaruh dari luar bangunan jembatan (suhu, angin, gempa bumi, tekanan dll). Sehubungan hal tersebut maka kemungkinan kondisi jembatan sangat dipengaruhi oleh lingkungan yang terjadi atau dialami oleh jembatan tersebut.

Kerusakan struktur jembatan umumnya berlangsung pada kecepatan yang tidak dapat dikendalikan walaupun infrastruktur tersebut dibuat agar dapat berfungsi untuk jangka waktu yang lama (Nababan, 2008). Penurunan kemampuan tersebut mempengaruhi pergerakan masyarakat yang akan menuju tempat yang melalui/melintasi sungai dll. Dengan adanya jembatan akan memudahkan pergerakan masyarakat untuk mengirim hasil pertanian dll, sehingga akan menunjang perekonomian daerah tersebut. Berkurangnya kemampuan infrastruktur dalam jangka panjang akan menghambat pergerakan masyarakat, dan untuk perbaikan jembatan membutuhkan biaya perbaikan sangat besar.

Untuk menghindarkan penurunan kemampuan fisik yang tidak terhindarkan tersebut, diperlukan penilaian terhadap kondisi *Structural Health Monitoring Technology* (SHMS) suatu infrastruktur (Nababan, 2008). Penilaian itu perlu dilakukan secara terus menerus tanpa henti agar dapat diambil tindakan yang rasional. Hal inilah yang merupakan tantangan bagi komunitas ahli konstruksi (Nababan, 2008). Dengan semakin majunya teknologi dalam bidang instrumentasi didukung dengan kemajuan di bidang teknologi informasi dan telekomunikasi, maka monitoring *Structural Health Monitoring Technology* (SHMS) infrastruktur dalam hal ini monitoring kondisi jembatan dapat dibuat. Sudah ada perangkat atau sistem yang dapat memonitoring kondisi jembatan, yaitu lazim disebut *Structural Health Monitoring Technology* (SHMS). SHMS merupakan bidang baru didalam mendeteksi kerusakan dengan metoda pengujian tak rusak dengan cara

mengintegrasikannya dengan struktur untuk memonitor kondisi jembatan, suatu infra struktur secara parsial. Teknologi dapat memperpanjang umur pelayanan jembatan karena penurunan kemampuan dan kerusakan dapat diidentifikasi lebih dini (peringatan dini) sebelum terjadinya kerusakan yang lebih parah yang membutuhkan biaya rehabilitasi yang sangat besar. Pada umumnya parameter yang diukur antara lain: ***strain***, ***stress***, ***deformasi*** dan ***vibrasi***. Dengan memasang/menempatkan sensor-sensor dari jenis tertentu yang sesuai dengan parameter yang akan diukur pada tempat-tempat yang dianggap kritis (*Principle Structural Element*) yang membutuhkan pengamatan. Pada jembatan Suramadu, parameter yang diukur adalah vibrasi untuk mengetahui pola getar dari badan jembatan, deformasi jembatan untuk mengetahui lendutan badan jembatan, strain untuk mengetahui regangan dari komponen-komponen utama jembatan, dan tegangan kabel. Untuk mengukur vibrasi maka pada badan jembatan dipasang sensor accelerometer. Untuk mengukur regangan dipasang *strain gauge* pada *girder* baja dan beton. Untuk mengukur deformasi dan *displacement* digunakan GPS. Selain itu penggunaan GPS juga diperuntukkan untuk sinkronisasi waktu (*time stamp*). Untuk mengukur tegangan kabel digunakan *electromagnetic sensor* (Nababan, 2008).

Sistem deteksi dini (SHMS) yakni sensor accelerometer digunakan untuk membaca kemiringan vibrasi suatu jembatan yang terintegrasi dengan sistem telekomunikasi *LoRa*, *IoT* dengan fungsi mengirimkan data sensor ketujuan atau penerima, jadi monitoringnya dilakukan oleh sensor di lokasi sehingga data kondisi jembatan terkirim ketempat jauh. Pengiriman data dilakukan oleh sensor secara berperiodik. Sehubungan hal tersebut maka penelitian ini mengintegrasikan sensor accelerometer dengan perangkat komunikasi *LoRa*, *IoT*, dapat mengirim data setiap beberapa detik, sehingga proses pemantauan dapat dilakukan dari jarak relatif jauh dan proses pengambilan data kondisi jembatan tersebut berlangsung secara kontinu *realtime*. Adapun parameter kondisi jembatan yang diukur adalah kemiringan dan vibrasi dari jembatan. Informasi data tersebut dapat disebar luaskan pada pengguna jalan yang akan melintas di lokasi jembatan tersebut dengan sistem *LoRa*, *IoT*. Sistem ini menghasilkan pengukuran pada parameter *throughput*, *packet loss*, *delay* dari proses transmisi.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang maka secara filosofi sistem sensor dengan sistem wireless yang mendeteksi kemiringan dan vibrasi jembatan di buat rumusan masalah pada penelitian ini :

1. Bagaimana mengintegrasikan teknologi sensor accelerometer dengan sistem *LoRa*, *IoT*, menjangkau jarak jauh dan memberi peringatan aman, waspada, bahaya di penerima handphone.
2. Bagaimana sistem sensor accelerometer dengan system *LoRa*, *IoT* mengukur kemiringan dan vibrasi jembatan, dengan transmisi data menjangkau jarak jauh dan memberi peringatan aman, waspada, bahaya di penerima handphone, mengukur kinerja jaringan internet yang digunakan untuk parameter *delay*, *throughput*, *paket loss*.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan akan dicapai pada penelitian ini adalah mengembangkan ilmu pengetahuan dan rekayasa, sebagai berikut :

1. Mengembangkan sistem dengan integrasi teknologi sensor accelerometer sistem *LoRa*, *IoT*, menjangka jarak jauh dan riel time dengan peringatan aman, waspada, bahaya pada handphone .
2. Melakukan transmisi data hasil pengukuran sensor yaitu perubahan kemiringan dan vibrasi jembatan oleh sistem dengan menjangkau jarak jauh dan *riel time*, mengirim peringatan aman, waspada, bahaya pada handphone .Serta menghasilkan pengukuran parameter *delay*, *throughput*, *paket loss*, sehingga mendapatkan kinerja jaringan internet yang digunakan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitan ini yaitu :

1. Penelitian ini adalah pengembangan sistem deteksi pada kondisi pergerakan kemiring dan vibrasi jembatan, yaitu sistem sensor accelerometer integrasi dengan *LoRa*, *IoT*. Sistem deteksi yang terkoneksi dengan internet, proses transmisi informasi berupa data kontinu dan sistem *LoRa*, *IoT*, memberi peringatan aman, waspada, bahaya. Untuk

menjadi salah satu sistem *Structural Health Monitoring Technology* (SHMS).

2. Hasil penelitian ini adalah sistem deteksi dini kemiringan dan vibrasi jembatan, telemetri kondisi kemiringan dan vibrasi jembatan, utamanya bentuk konstruksinya apakah terjadi kemiringan akibat terjadinya tekanan (strain), gempa, badai, dan dll. Data hasil pemantauan yang diperoleh di kirim dengan sistem LoRa dan *internet of things*, dimana sistem ini mengirim data dengan jarak jauh, walaupun lokasi pemantauan jauh, data terkirim dan diterima pada Handphone dimanapun berada. Data deteksi dini kemiringan dan vibrasi jembatan terkirim secara kontinu (*real time*). Sistem deteksi kemiringan dan vibrasi jembatan, akan memberikan informasi peringatan aman, waspada, bahaya ke handphone. Apabila penelitian ini di implementasikan maka dapat digunakan sebagai sumber informasi, monitoring kondisi sarana dan prasaran khususnya kemiringan dan vibrasi jembatan.

Adapun manfaat dapat diuraikan sebagai berikut :

- ✓ Kemudahan mendapatkan data kemiringan dan vibrasi jembatan menjangkau jarak jauh, terkoneksi dengan internet, menghasilkan peringatan aman, waspada, bahaya pada handphone.
- ✓ Menyediakan data kemiringan dan vibrasi jembatan yang terkirim kontinu (*riel time*), dan jarak jangkauan jauh serta perigatan aman, waspada, bahaya pada handphone. Efisiensi dalam mendapatkan data, digunakan untuk menentukan jadwal inspeksi dan pemeliharaan jembatan, serta berguna mengetahui tingkat keamanan pengguna lalu lintas di jembatan. Kinerja jaringan internet yang digunakan dengan mengukur parameter *delay, throughput, paket loss*.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem ini mengimplementasikan sensor accelerometer dan sistem LoRa, IoT, untuk memdeteksi kemiringan dan vibrasi jembatan, menjangkau jarak jauh, peringatan aman, waspada, bahaya di handphone.

2. Sistem sensor accelerometer dengan sistem LoRa, IoT berfungsi untuk deteksi dini kemiringan dan vibrasi jembatan, dan mengirim data tersebut secara kontinu dengan jaringan *internet of thing*, menjangkau jarak jauh, peringatan aman, waspada, bahaya di handphone. Pengukuran parameter jaringan internet *delay, throughput, paket loss*.

Menyediakan data kemiringan dan vibrasi jembatan yang terkoneksi dengan LoRa, *internet of things*, datanya terkirim kontinu (*realtime*), sehingga dengan data sistem deteksi dini kemiringan dan vibrasi jembatan ini dapat di tindak lanjuti untuk menentukan, keamanan pengguna jembatan dan jadwal inspeksi, serta pemeliharaan jembatan.

1.6 Ruang Lingkup Penelitian

Dari studi literatur yang berkaitan dengan penelitian ini yaitu tentang penggunaan sensor accelerometer untuk deteksi kemiringan dan deteksi vibrasi maka ditarik simpulan untuk menggunakan sensor Accelerometer untuk dikembangkan ke sistem yang dapat mendeteksi kemiringan dan vibrasi jembatan secara bersama-sama. Pengembangan selanjutnya sistem terhubung dengan long range dan *internet of things*. Dari literatur sensor accelerometer melakukan pengukuran kemiringan saja atau pengukuran vibrasi sedangkan pengembangan yang dilakukan adalah secara bersama-sama data kemiringan dan vibrasi terukur dan dikirimkan melalui *LoRa* dan *IoT*. Ruang lingkup penelitian ini memanfaatkan sebuah sensor accelerometer untuk mendeteksi kemiringan dan vibrasi yang terjadi pada jembatan kemudian terkoneksi dengan jaringan komunikasi radio yaitu Long Range dan terkoneksi jaringan internet of things penerima pada handphone. Penelitian yaitu sebuah sistem deteksi dini kemiringan dan vibrasi jembatan yang terintegrasi dengan *LoRa* dan *IoT*, untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada sebuah jembatan serta mengetahui kualitas jaringan internet pada parameter: *throughput, packet loss, delay* dari sistem. Membahas metode dan model yang dikembangkan dari sistim deteksi dini kemiringan dan vibrasi Jembatan menjangkau jarak jauh, peringatan aman, waspada, bahaya di handphone, mendapatkan *throughput, delay, packet loss*. Topic Penelitian I yaitu Monitoring kemiringan jembatan dengan *internet of things* (IoT). Untuk penelitian II yaitu Deteksi kemiringan Jembatan dengan *LoRa* dan *IoT*. Serta

penelitian III yaitu Deteksi Vibrasi pada Jembatan berbasis *LoRa* dan *IoT*. Hasil studi secara menyeluruh tentang model sistem deteksi dini kemiringan dan vibrasi jembatan dengan *LoRa* dan *IoT*.

Kebaruan Penelitian (*Novelty*) Penelitian ini memberikan kontribusi yang besar untuk pengembangan sistem deteksi dini kemiringan dan vibrasi jembatan. Kontribusi adapun kebaruan dari penelitian ini adalah:

1. Model deteksi kemiringan dan vibrasi jembatan, menjangkau jarak jauh dan *riel time* serta memberikan informasi peringatan aman, waspada, bahaya pada handphone.
2. Menghasilkan pengukuran kemiringan, vibrasi jembatan, menjangkau jarak jauh dan *riel time* dengan peringatan aman, waspada, bahaya pada handphone.

BAB II

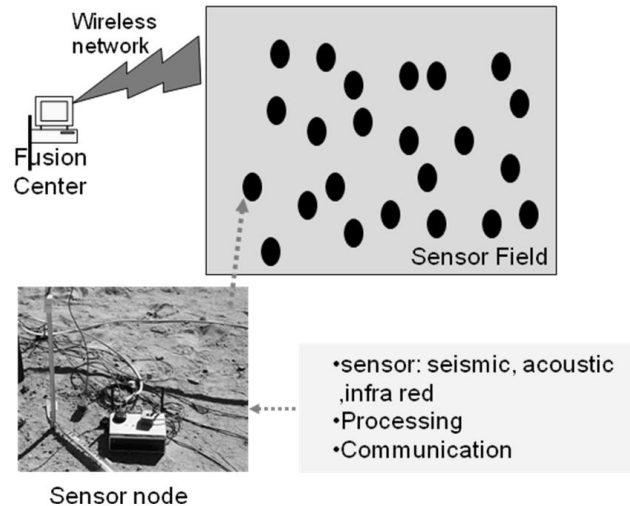
KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN

Penelitian ini merupakan pengembangan yang membangun sistem deteksi dini kemiringan dan vibrasi jembatan, akan diuraikan sehubungan dengan tersebut. Pengetahuan yang menjadi dasar untuk membangun sistem deteksi dini pergerakan kemiringan dan vibrasi jembatan. Sensor nirkabel, *LoRa*, *IoT*. Data (dari teknologi telemetri Jaringan Sensor Nirkabel) diperoleh akan ditransmisikan dengan teknologi *LoRa* dan *IoT*. Jaringan Sensor Nirkabel adalah perangkat yang mendeteksi data kemiringan dan vibrasi. Teknologi telekomunikasinya adalah *LoRa* dan *IoT*, serta melakukan pengukuran kinerja jaringan internet.

2.1 Jaringan Sensor Nirkabel

Pada saat ini jaringan sensor nirkabel berkembang sangat pesat, hal ini dikarenakan jaringan sensor nirkabel mempunyai aplikasinya yang sangat luas diberbagai bidang kehidupan, seperti bidang militer, kesehatan, perumahan, industri, transportasi dan lingkungan. Di bidang militer contohnya, penyebaran yang cepat dan dinamis serta *self-organization* dari jaringan sensor membuat sistem ini menjadi suatu sistem penginderaan yang sangat menjanjikan untuk keperluan militer diantaranya dalam memberi aba-aba, sistem kontrol, dan intelijen. Dibidang kesehatan, jaringan sensor dapat digunakan untuk memonitor kondisi pasien, dimana data psikologis pasien dapat diakses menggunakan remote oleh dokter. Jaringan sensor juga dapat digunakan untuk mendeteksi penyebaran polutan/bahan kimia asing pada udara dan air, dapat membantu mengidentifikasi jenis, kadar dan lokasi dari polutan.

Sebuah jaringan sensor nirkabel terdiri dari sejumlah sensor yang disebar pada suatu daerah tertentu yang disebut sebagai sensor *field*/medan sensor. Penyebaran sensor ini dapat dilakukan secara acak atau mengikuti suatu pola tertentu. Masing-masing sensor dilengkapi dengan beberapa komponen utama yaitu sensor, memori dan peralatan komunikasi.



Gambar 1 Jaringan Sensor Nirkabel (E.D. Wardhani 2012)

Salah satu cara untuk mengatasi hal ini adalah dengan sistem deteksi terdistribusi dimana sensor melakukan pengolahan data untuk membuat keputusan sementara dan mengirimkan hasil keputusannya ke pusat pengolahan data atau *fusion center*. Keputusan dari sensor merupakan bilangan biner, '0' jika tidak ada target dan '1' jika ada target. *Fusion center* yang akan membuat keputusan final ada tidaknya target.

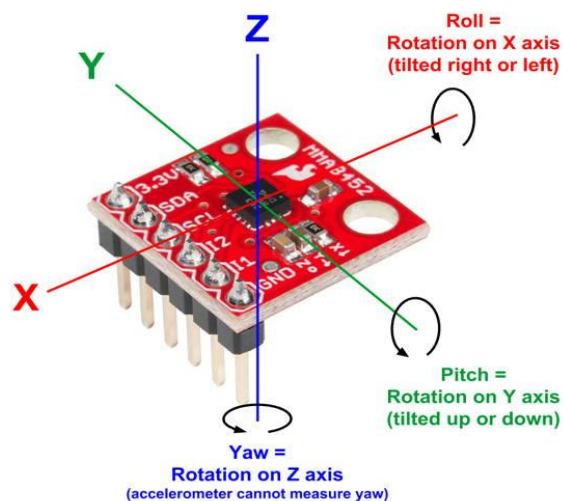
2.2 Sensor Accelerometer

Accelerometer adalah sebuah transduser yang berfungsi untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur vibrasi, ataupun untuk mengukur percepatan akibat gravitasi bumi. Accelerometer juga dapat digunakan untuk mengukur vibrasi yang terjadi pada kendaraan, bangunan, mesin, dan juga bisa digunakan untuk mengukur vibrasi yang terjadi di dalam bumi, vibrasi mesin, jarak yang dinamis, dan kecepatan dengan ataupun tanpa pengaruh gravitasi bumi.

Prinsip kerja dari transduser ini berdasarkan hukum fisika bahwa apabila suatu konduktor digerakkan melalui suatu medan magnet, atau jika suatu medan magnet digerakkan melalui suatu konduktor, maka akan timbul suatu tegangan induksi pada konduktor tersebut. Accelerometer yang diletakan di permukaan bumi dapat mendeteksi percepatan 1g (ukuran gravitasi bumi) pada titik vertikalnya, untuk percepatan yang dikarenakan oleh pergerakan horizontal maka Accelerometer akan mengukur percepatannya secara langsung ketika bergerak secara horizontal. Hal ini sesuai dengan tipe dan jenis sensor accelerometer yang

digunakan karena setiap jenis sensor berbeda-beda sesuai dengan spesifikasi yang dikeluarkan oleh perusahaan pembuatnya. Saat ini hampir semua sensor/transduser accelerometer sudah dalam bentuk digital (bukan dengan sistem mekanik) sehingga cara kerjanya hanya berdasarkan temperatur yang diolah secara digital dalam satu chip.

Jenis yang digunakan sensor accelerometer MMA7361L dengan tiga sumbu pengukuran, yaitu terhadap sumbu x, sumbu y dan sumbu z. Sensor accelerometer ini digunakan untuk mengukur percepatan benda dalam satuan gravitasi (g). Sensor ini dapat mengukur dua percepatan yaitu 1,5g dan 6g. Sensor accelerometer MMA6371L ini dapat dilihat pada gambar 2. dibawah ini.

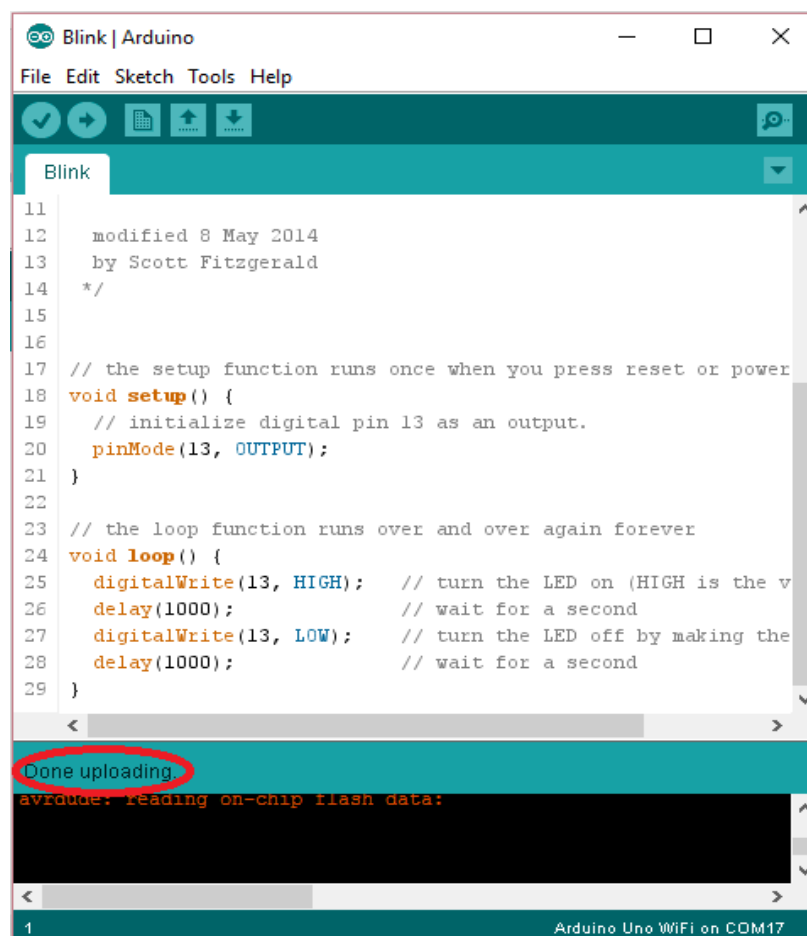


Gambar 2 Sensor Accelerometer MMA7361L dan MMA3452

Pada sensor accelerometer MMA7361L ini memiliki fasilitas *g-select* yang memungkinkan sensor bekerja pada tingkat sensitivitas yang berbeda-beda. Penguatan interval pada sensor akan berubah sesuai dengan tingkat sensitifitas yang dipilih, yaitu 1,5 g atau 6 g. Pemilihan tingkat sensitifitas ini dilakukan dengan memberikan input logika pada *g-select*.

2.3 Arduino IDE

Arduino mempunyai bahasa *software* adalah bahasa pemrograman C++. *Software* arduino dapat diinstal diberbagai operasi sistem, seperti Linux, Mac OS, dan Windows.



Gambar 3 Tampilan Perangkat Lunak Arduino IDE

Software IDE (*Integrated Development Environment*) terdiri dari tiga bagian, antara lain:

- Editor program*: untuk mengedit dan menulis program dalam bahasa processing. *Listing* program pada arduino disebut *sketch*.

b. *Compiler*: modul yang berfungsi mengubah bahasa *processing* (kode program) ke bentuk kode biner karena kode biner adalah satu-satunya bahasa yang dipahami mikrokontroler.

Uploader: modul yang berfungsi memasukkan kode biner ke dalam memori mikrokontroler (Lumba, 2017).

2.4 Protokol MQTT

Protokol MQTT merupakan sebuah protokol pertukaran pesan dengan model *publish/subscribe* yang sederhana dan ringan serta didesain untuk perangkat yang memiliki kemampuan terbatas dan bandwidth yang kecil, latency tinggi, atau jaringan yang tidak andal. Prinsip desain MQTT adalah untuk meminimalisasi bandwidth jaringan dan kebutuhan resource perangkat dan tetap menjamin keandalan dan beberapa tingkat jaminan tersampainya sebuah pesan. Prinsip inilah yang membuat protokol ini ideal untuk diaplikasikan pada komunikasi *machine-to-machine* (M2M) atau Internet of Things dan untuk aplikasi mobile dimana bandwidth dan kapasitas baterai terbatas (MQTT, 2019).

Pertukaran pesan dengan model *publish/subscribe* pada MQTT merupakan alternatif dari model *client-server*, dimana sebuah *client* (*publisher/subscriber*) berkomunikasi langsung dengan sebuah endpoint lainnya pada sebuah topik melalui sebuah broker yang bertugas melakukan penyaringan pesan dan mendistribusikannya.

2.5 Long Range (LoRa)

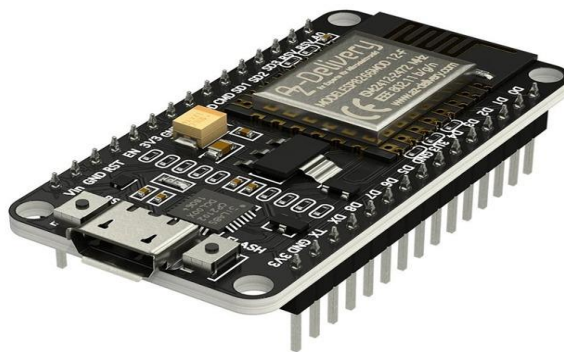
Merupakan komunikasi wireless dan penerapan teknologi ini pada sistem telekomunikasi. protokol (*cloud-based*) dengan kode sumber terbuka, yang didesain dan dimaintain oleh [LoRa Alliance](#), yang memungkinkan perangkat – perangkat IoT untuk berkomunikasi secara nirkabel melalui LoRa. Secara garis besar, LoRaWAN memanfaatkan teknologi nirkabel LoRa dan menambahkan beberapa komponen jaringan ke dalamnya, termasuk di dalamnya adalah komponen untuk keamanan seperti autentikasi *node* / titik yang terhubung dengan LoRaWAN dan enkripsi data.



Gambar 4 LoRa Transceiver

2.6 Teknologi *Internet of Things*

Kelebihan IoT: Jadi *Internet of Thing (IoT)* adalah sebuah konsep dimana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer. *IoT* telah berkembang dari konvergensi teknologi nirkabel, *micro-electromechanical systems* (MEMS), dan Internet. “A Things” pada *Internet of Things* dapat didefinisikan sebagai subjek misalkan orang dengan monitor implant jantung, hewan peternakan dengan transponder *biochip*, sebuah mobil yang telah dilengkapi *built-in* sensor untuk memperingatkan pengemudi ketika tekanan ban rendah.



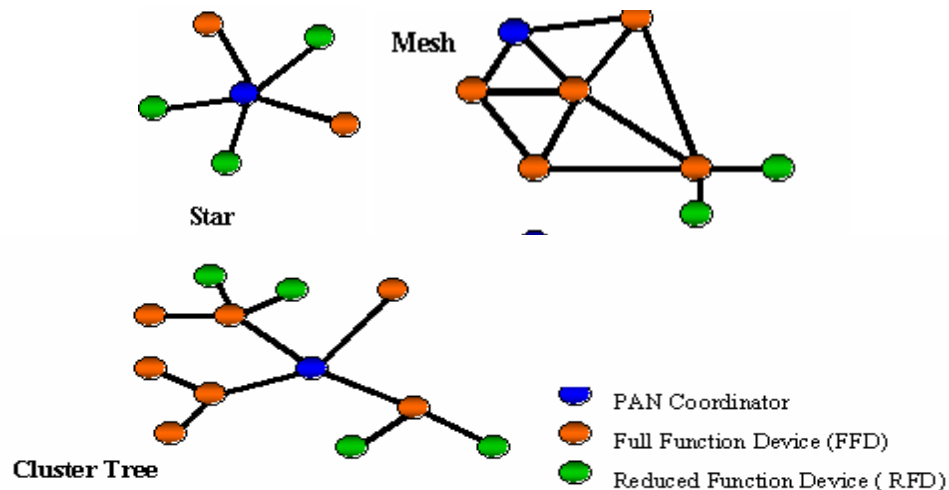
Gambar 5 Bentuk fisik salah satu IoT

Kelebihan IoT: Jadi *Internet of Thing (IoT)* adalah sebuah konsep dimana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer. *IoT* telah berkembang dari konvergensi teknologi nirkabel, *micro-electromechanical*

systems (MEMS), dan Internet. “A Things” pada *Internet of Things* dapat didefinisikan sebagai subjek misalkan orang dengan monitor implant jantung, hewan peternakan dengan transponder biochip, sebuah mobil yang telah dilengkapi built-in sensor untuk memperingatkan pengemudi ketika tekanan ban rendah. Sejauh ini, *IoT* paling erat hubungannya dengan komunikasi *machine-to-machine* (M2M) di bidang manufaktur dan listrik, perminyakan, dan gas. Produk dibangun dengan kemampuan komunikasi M2M yang sering disebut dengan sistem cerdas atau “*smart*”. Sebagai contoh yaitu smart kabel, smart meter, smart grid sensor. Penelitian pada *IoT* masih dalam tahap perkembangan. Oleh karena itu, tidak ada definisi dari *Internet of Things*. Berikut adalah beberapa definisi alternatif dikemukakan untuk memahami *Internet of Things (IoT)*, antara lain (id.wikipedia.org): Menurut Ashton pada tahun 2009 definisi ini *IoT* adalah *Internet of Things* memiliki potensi untuk mengubah dunia seperti pernah dilakukan oleh Internet, bahkan mungkin lebih baik. Pernyataan tersebut diambil dari artikel sebagai berikut: “Hari ini komputer dan manusia, hampir sepenuhnya tergantung pada Internet untuk segala informasi yang semua terdiri dari sekitar 50 petabyte (satu petabyte adalah 1.024 terabyte) data yang tersedia pada Internet dan pertama kali digagas dan diciptakan oleh manusia. Dari mulai magnetik, menekan tombol rekam, mengambil gambar digital atau memadai kode bar. Diagram konvensional dari Internet, router menjadi bagian terpenting untuk bertukar informasi.. Masalahnya adalah orang memiliki waktu, perhatian dan akurasi terbatas. Mereka semua berarti tidak sangat baik dalam menangkap berbagai data tentang hal di dunia nyata. Dari segi fisik dan begitu juga lingkungan. Gagasan dan informasi begitu penting, tetapi banyak lagi hal yang penting. Namun teknologi informasi saat ini sangat tergantung pada data yang berasal dari orang-orang sehingga komputer tahu lebih banyak tentang semua ide dari hal-hal tersebut”. Menurut Casagras (*Coordinator and support action for global RFID-related activities and standardisation*) mendefinisikan *IoT* sebagai sebuah infrastruktur jaringan global, yang menghubungkan benda-benda fisik dan virtual melalui eksploitasi data *capture* dan kemampuan komunikasi. Infrastruktur terdiri dari jaringan yang telah ada dan internet berikut pengembangan jaringannya. Semua ini akan menawarkan identifikasi obyek, sensor dan kemampuan koneksi

sebagai dasar untuk pengembangan layanan dan aplikasi ko-operatif yang independen. Sistem ditandai dengan tingkat otonom data *capture* yang tinggi, *event transfer*, konektivitas jaringan dan interoperabilitas.

- 3 topologi model jaringan yaitu topologi *star*, *mesh (Peer to Peer)* serta *cluster tree*, seperti Gambar 6. di bawah ini.



Gambar 6 Topologi Jaringan *start*, *mesh*, *cluster tree*

2.7 Sistem Mikrokontroller

Mikrokontroller adalah suatu chip yang mempunyai *central processing unit* dan berbagai komponen lain seperti: *clock* dan *reset*, memory (baik program maupun data) dan *input/output* (serial dan paralel) yang dibangun dalam satu perangkat IC (*Integrated Circuit*). Penggabungan beberapa komponen dalam satu chip ini menjadikan sistem mikroprosesor menjadi lebih kompak, praktis dan efisien.

Di pasaran elektronik banyak tersedia mikrokontroller dari berbagai produsen juga dengan berbagai fasilitas. Beberapa produsen mikrokontroller adalah Intel yang memproduksi seri 8051, Atmel yang memproduksi seri-seri 89C51, 89C52, MICROCHIP dengan seri-seri PIC, Motorola yang memproduksi seri 68XX, maupun ZILOG. Mikrokontroller seri 8051 adalah mikrokontroller pertama yang diproduksi oleh Intel Corporation. Mikrokontroller 8051 adalah kontroller 8 bit yang dapat mengakses 64K memori program dan memori data secara terpisah. Mikrokontroller ini memiliki beberapa komponen diantaranya

Random Access Memory (RAM) internal, timer/counter, serial port, port input/output dan lima interupsi. Varian dari seri 8051 yaitu 8751 memiliki memori program yang dapat dihapus (*Erasable Programmable read Only Memeory/EPROM*). Perusahaan Atmel juga memproduksi seri 89C51 yang memiliki *Electrically Erasable Programmable read Only Memeory/EEPROM*) yang sangat bermanfaat dalam pembuatan prototype dimana program banyak mengalami perubahan.

Ada banyak pilihan mikrokontroller yang telah terintegrasi modul jaringan agar dapat langsung terhubung ke internet sehingga dapat diimplimentasikan untuk peralatan berbasis IoT/WSN, contohnya NodeMCU ESP32. ESP32 adalah nama dari mikrokontroler yang dirancang oleh perusahaan yang berbasis di Shanghai, China yakni Espressif Systems. ESP32 menawarkan solusi jaringan WiFi yang mandiri sebagai jembatan mikrokontroler ke jaringan WiFi. ESP32 menggunakan prosesor *dual core* yang berjalan di instruksi Xtensa LX16 (Khalif,D.B et al., 2021), ESP32 memiliki spesifikasi seperti yang ditampilkan pada tabel 1. (Kusumah H dkk., 2019)

Tabel 1 Spesifikasi ESP 32

No	Atribut	Detail
1	Tegangan	3.3 Volt
2	Prosesor	Tensilica L108 32 bit
3	Kecepatan prosesor	Dual 160MHz
4	RAM	520K
5	GPIO	34
6	ADC	7
7	Dukungan 802.11	11b/g/n/e/i
8	Bluetooth	BLE (Bluetooth Low Energy)
9	SPI	3
10	I2C	2
11	UART	3

(Kolban's book on ESP32)

Jembatan merupakan salah satu sarana transportasi yang sangat penting bagi manusia. Jembatan berfungsi sebagai penghubung antara satu daerah dengan daerah yang lainnya. Jembatan merupakan satu struktur yang dibuat untuk menyeberangi jurang atau rintangan seperti sungai, rel kereta api ataupun jalan raya. Dalam perencanaan struktur jembatan beban dan gaya harus diperhatikan untuk perhitungan tegangan yang terjadi pada setiap bagian. Adapun beban pada konstruksi jembatan sebagai berikut :

- **Beban Primer** ; Beban primer merupakan beban utama dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan. Yang termasuk beban primer adalah beban mati yaitu semua beban yang berasal dari berat sendiri jembatan termasuk segala unsur tambahan. Sedangkan beban hidup berupa beban terpusat 'T' untuk lantai kendaraan dan beban 'D' yang merupakan beban jalur untuk gelagar. Beban ini biasa juga disebut beban internal.

- Beban Sekunder ; Beban sekunder merupakan beban sementara yang selalu diperhitungkan dalam setiap perencanaan jembatan. Yang termasuk beban sekunder adalah beban angin, beban gaya akibat suhu, beban akibat rangka dan susutnya bahan beton pondasi, gaya rem dan gempa bumi.

Kemiringan dan vibrasi jembatan merupakan salah satu factor yang mempengaruhi kekuatan jembatan. Kemiringan dalam derajat adalah sebagai pengukuran sudut vertikal yang dibuat oleh lereng dan horizontal, sudut siku-siku sama dengan 90° , dan oleh karena itu kemiringan selalu diukur antara 0° (horizontal) dan 90° (vertikal). Pengukuran kemiringan pada jembatan akan membantu dalam pemeliharaan jembatan. Vibrasi jembatan adalah gerakan atau getaran benda terhadap posisi referensi disebabkan oleh suatu gaya. Secara sederhana getaran adalah: respon terhadap beberapa bentuk eksitasi. Pengukur getaran jembatan adalah alat penting dalam pengujian dan pemeliharaan jembatan, membantu dalam memastikan bahwa jembatan tetap aman, berkinerja tinggi, mampu menahan beban. Sistem pengukuran berfungsi untuk mengukur nilai percepatan getaran.

$$x = \text{constrain}((a.\text{acceleration}.y * 90 / 9.78), -90, 90); \quad (1)$$

Untuk pendekatan matematika deteksi sudut menggunakan sensor akselerometer. Deteksi ini menggunakan nilai sumbu y dengan nilai pembacaan sensor 0 – 9.78 nilai ini kemudian akan terdistribusi ke nilai sudut -90 – 90 untuk mendeteksi sudut kemiringan jembatan sebagai berikut: persamaan di dalam *constrain* () mengalikan nilai percepatan pada sumbu y dengan 90 dan membaginya dengan nilai gravitasi standar di permukaan bumi (9.78 m/s^2). Jadi secara matematis:

$$x_{\text{tanpa batas}} = \frac{a_y \cdot 90}{9.78} \quad (2)$$

Fungsi *constrain* () kemudian membatasi nilai x ke dalam rentang -90 hingga 90. Sehingga nilai akhir x akan mengikuti aturan ini:

$$x = \begin{cases} -90, & \text{jika } x_{\text{tanpa batas}} < -90 \\ x_{\text{tanpa batas}}, & \text{jika } -90 \leq x_{\text{tanpa batas}} \leq 90 \\ 90, & \text{jika } x_{\text{tanpa batas}} > 90 \end{cases} \quad (3)$$

Sedangkan untuk mendeteksi getaran menggunakan resultan ketiga sumbu gyroskop sebagai berikut: dimana $v = \text{velocity}$,

$$v = \sqrt{(\text{sq}(g.\text{gyro}.x) + \text{sq}(g.\text{gyro}.y) + \text{sq}(g.\text{gyro}.z))}; \quad (4)$$

Pengukuran kemiringan dan vibrasi dilakukan pada laboratorium mikroprosesor Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, laboratorium Teknologi Perangkat Lunak Teknik Elektro Universitas Hasanuddin dan jembatan penghubung Departemen Teknik Elektro Universitas Hasanuddin, Gowa. Lokasi implementasi perangkat ini di Jembatan Layang Urip Sumoharjo, Jembatan UMI, Jembatan S.Tello Di Kota Makassar. Jembatan tersebut terletak di Jalan Urip Sumoharjo, dan Jl Perintis Kemerdekaan, Makassar.

2.9 Parameter jaringan internet yang diukur

1. *Throughput*

Throughput merupakan kinerja jaringan yang terukur. *Throughput* merupakan jumlah bit yang berhasil dikirim pada suatu jaringan (Ardiansyah, 2014). Sedangkan menurut E. Setio Dewo (2003) ditulis kembali oleh Prahareza Ardiansyah (2014), *throughput* adalah *bandwidth* aktual yang terukur pada suatu ukuran waktu tertentu dalam suatu hari menggunakan rute jaringan yang spesifik ketika sedang men-download suatu file. Nilai *throughput* dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Paket data diterima}}{\text{Lama waktu pengamatan}} \quad (\text{bps}) \quad (5)$$

2. *Delay*

Delay adalah waktu yang diperlukan untuk transmisi paket data dari pengirim ke penerima.

Tabel 2 Standar *Delay*

Kategori <i>Delay</i>	Besar <i>Delay</i> (miliSecond)
<i>Excellent</i>	< 150
<i>Good</i>	150 s/d 300
<i>Poor</i>	300 s/d 450
<i>Unnacceptable</i>	> 450

Gangguan yang sering terjadi pada proses transmisi data diantaranya adalah *attenuation* / *attenuation distortion* dan *delay distortion*. *Delay distortion* adalah pemotongan/pelemahan fasa, dimana fasa atau waktu yang diperlukan sinyal untuk melewati media transmisi dilemahkan, terjadi akibat kecepatan sinyal yang melalui medium berbeda-beda, sehingga sinyal yang

dikirimkan transmitter ke receiver akan cenderung lebih lama. Nilai delay didapatkan dari persamaan berikut:

$$Delay = \text{Lamanya waktu pengiriman data} \quad (\text{detik})$$

3. *Packet loss*

Definisi *packet loss* adalah banyaknya paket yang hilang selama proses transmisi dari sumber ke tujuan. Nilai *packet loss* selama proses transmisi dari sumber ke tujuan didapatkan dari persamaan berikut :

$$Packet Loss = \frac{\Sigma \text{Paket dikirim} - \Sigma \text{Paket diterima}}{\Sigma \text{Paket di kirim}} \times 100\% \quad (\%) \quad (6)$$

2.10 Kerangka Konseptual

1. Poltak H.A.Nababan, Structural Health Monitoring System Alat Bantu Mempertahankan Usia Teknis Jembatan, Inti dari ilmu SHMS ini terletak pada interpretasi hasil pengukuran. Tujuan dari SHMS pada investigasi keutuhan struktur yang berkaitan dengan perubahan structural propertisnya (mass, stiffness, damping) melalui monitoring perubahan respons statis dan dinamis dari suatu struktur. Deteksi adanya kerusakan atau identifikasi suatu kerusakan merupakan teknik kernel dari SHMS didalam menyediakan interpretasi dan penjelasan terhadap kesehatan suatu infrastruktur.
2. Mohd. Syaryadhi¹ , Purwandy Hasibuan² , dan Suhardi, Universitas Syiah Kuala, Penggunaan Accelerometer MMA7361 sebagai Alternatif Pengukuran Lendutan pada Jembatan Secara Nirkabel Berbasis ATmega32. Jembatan dirancang dan dibangun dengan kemampuan tertentu terhadap beban yang akan dilaluinya. Ketika jembatan dilalui oleh sejumlah kendaraan, maka jembatan akan mengalami vibrasi dan lendutan vertikal. Apabila lendutan ini terjadi secara terus menerus dalam nilai yang besar maka jembatan akan mengalami kerusakan lebih cepat dari yang direncanakan. Dalam penelitian ini dirancang suatu prototype sistem pengukuran lendutan vertikal pada jembatan secara nirkabel dengan menggunakan sensor accelerometer MMA7361 dengan pusat kendali mikrokontroler ATmega32. Pengujian dilakukan dengan memberi beban pada jembatan trial dengan panjang 1 (satu)

m sehingga menghasilkan lendutan vertikal ke bawah dengan simpangan maksimal 15 cm. Data pembacaan sensor dikirimkan secara nirkabel menggunakan modul ZigBee secara real time ke komputer untuk ditampilkan dalam bentuk grafis sehingga mempermudah proses analisa tingkat lendutan pada jembatan. Dengan penelitian ini diharapkan dapat memberikan suatu metode alternatif pengukuran lendutan vertikal pada jembatan yang dapat dimanfaatkan oleh pihak terkait dalam pengambilan kebijakan

3. Dorra Ben Khalif, Matthieu Martel, Precision Tuning of an Accelerometer-Based Pedometer Algorithm for IoT. Internet of Things (IoT) dianggap sebagai salah satu teknologi yang paling berkembang. Ini mempengaruhi hampir setiap aspek kehidupan di dunia modern. Satu hal yang mencegah teknologi ini mencapai potensinya adalah memori dan konsumsi energi perangkat IoT yang terlalu tinggi. Salah satu aspek dari masalah ini adalah komputasi numerik yang dilakukan oleh perangkat IoT yang umumnya dilakukan dengan presisi lebih tinggi dari yang dibutuhkan, dengan kurangnya teknik untuk menyesuaikan presisi ini dalam fungsi kebutuhan aplikasi yang sebenarnya. Untuk melampaui batasan ini, kami menyajikan POP alat kami berdasarkan analisis program statis, yang dilakukan dengan interpretasi abstrak. POP menyediakan penyetelan presisi campuran yang menemukan instruksi dan variabel yang menggunakan presisi lebih rendah sehubungan dengan persyaratan akurasi pengguna pada hasil. Kami mendemonstrasikan efisiensi POP untuk menyetel algoritma pedometer berbasis akselerometer untuk aplikasi yang disematkan.
4. F. Sun, W. Zang, H. Huang, I. Farkhatdinov and Y. Li, "Accelerometer-Based Key Generation and Distribution Method for Wearable IoT Devices, pesatnya perkembangan perangkat IoT yang dapat dipakai, aplikasinya menjadi semakin meluas, mulai dari jejaring sosial, pembayaran, dan navigasi hingga pemantauan kesehatan dan aktivitas. Keamanan komunikasi antara perangkat ini sangat penting untuk melindungi informasi sensitif yang dikirimkan dari gangguan dan penyadapan. Dengan integrasi akselerometer ke dalam perangkat IoT yang dapat dikenakan, teknologi kriptografi biometrik berbasis gaya berjalan telah muncul sebagai alat pengamanan data untuk perangkat

yang dapat dikenakan. Artikel ini mengusulkan metode pembangkitan kunci grup berbasis noise ringan, yang memanfaatkan sinyal noise yang dikenakan pada sinyal akselerasi mentah untuk menghasilkan kunci M-bit dengan keacakan tinggi dan laju generasi bit. Selain itu, metode ekstraksi fitur umum berbasis pengkodean jendela geser bertanda (SSWC) dirancang untuk mengekstrak fitur umum untuk berbagi kunci M-bit yang dihasilkan di antara perangkat yang dikenakan pada bagian tubuh yang berbeda. Akhirnya, sistem distribusi kunci grup berbasis kubah fuzzy diimplementasikan dan dievaluasi menggunakan kumpulan data publik. Analisis komprehensif yang dilakukan dari metode pembangkitan dan distribusi kunci yang diusulkan membuktikan bahwa kunci biner yang dihasilkan melalui prosedur berbasis noise yang diperkenalkan memiliki entropi tinggi dan dapat lulus uji statistik NIST dan Dieharder dengan efisiensi tinggi. Hasil eksperimen yang diperoleh membuktikan kekokohan metode ekstraksi fitur umum berbasis SSWC yang diusulkan dalam hal kesamaan dan diskriminasi fitur intra dan antar kelas, masing-masing

5. C. Chiang, "Desain Akselerometer MEMS CMOS yang Digunakan dalam Perangkat IoT untuk Deteksi Seismik", desain akselerometer sistem mikroelektromekanis semikonduktor oksida logam komplementer (CMOS) yang digunakan pada perangkat Internet of Things (IoT) untuk deteksi seismik. Perangkat yang diusulkan melakukan fungsi utama akselerometer, dan memiliki keuntungan memilih gaya umpan balik elektrostatik secara otomatis untuk meniadakan posisi sensor. Makalah ini menerapkan teknologi CMOS 0,35 μm 2P4M dengan catu daya 3-V. Sensitivitas rangkaian penginderaan analog tegangan waktu kontinu adalah 131,99 mV/g dan nonlinier maksimal 1,21% di atas eksitasi intensitas 0,25 hingga 6,75 g ($1\text{ g} = 9,8\text{ m/s}^2$). Rantai kebisingan adalah 0,579 mg/Hz^{1/2}. Nonlinier sumbu silang Y dan sumbu silang Z masing-masing kurang dari 0,05% dan 1,38%. Di bawah eksitasi intensitas 2,75 g, rasio puncak signal-to-noise-plus-distortion (SNDR) dari akselerometer yang diusulkan adalah 72 dB, dan menurun menjadi 49,1 dB setelah 3 minggu pengacak secara terus menerus. Setelah mengaktifkan pembatalan sensor secara otomatis selama 0,5 detik, SNDR

puncak adalah 75,2 dB. Berdasarkan mode operasional ini, akselerometer nulling dapat diterapkan untuk penggunaan di perangkat IoT untuk deteksi seismik. Hasil pengukuran memverifikasi fungsi dan kinerja akselerometer yang diusulkan. Pemantauan eksperimental vibrasi jembatan sungai juga berhasil dilakukan.

6. Akshata Dhuri, Pratiksha Jogale, Snehal Kadam, Latika Kawade, Shushma Kore, IoT Based Bridge Health Smart Monitoring System, Saat ini berbagai jenis bencana terjadi di seluruh dunia. Hal ini karena perubahan kondisi alam. Jenis bencana ini akan menghancurkan banyak struktur seperti jembatan dan akan merusak kehidupan. Karenanya untuk terus memverifikasi dan memantau kondisi di jembatan kami membuat sistem yang disebut sistem pemantauan jembatan. Sistem pemantauan akan membantu untuk mengetahui kondisi saat ini pada jembatan . Jembatan dapat berubah sebab seperti kecepatan angin, suhu, berat beban dll dan untuk itu system sensor akan menginformasikan kepada hal tersebut. Menurut pembacaan sensor yang berbeda akan dapat membandingkan dengan nilai tetap dan akan mendapat peringatan sebelum bencana.
7. Yayan Prima Nugraha, Aldi Ari Kandi, Tjipto Prastowo, Pemantauan Kemiringan Gedung dan Bangunan Fisik dengan menggunakan Sensor Akselerometer ADXL-335, Penelitian berbasis kerja laboratorium dan lapangan ini mengembangkan sensor akselerometer untuk memantau kemiringan gedung dan bangunan fisik. Kemiringan gedung dan bangunan fisik diamati dengan menggunakan sistem akusisi data dengan memanfaatkan sensor akselerometer ADXL335. Sistem akusisi data yang digunakan adalah mikrokontroler Arduino 328 Pro-Mini dengan tambahan sensor suhu tipe LM35DZ dan IC RTC DS1307 sebagai timer yang dipasang pada board akusisi data. Bentang derajat ukur yang mampu dibaca oleh sensor adalah sebesar 360° searah putaran jarum jam dan kebalikannya. Hasil pengamatan sensor akselerometer, suhu dan waktu dikirimkan menuju server dengan menggunakan wireless Xbee Pro S2B. Data yang diterima oleh server diolah dengan bantuan perangkat lunak LabView 2013 dan kemudian disimpan sebagai database. Hasil-hasil pengamatan pada setiap titik dalam ruang waktu

oleh sensor akselerometer ADXL335 memberikan data kemiringan gedung atau bangunan fisik yang dapat dijadikan acuan sebagai sistem peringatan dini potensi bahaya keruntuhan suatu gedung atau bangunan fisik.

8. Muh. Riyadi, Wahyudi, Iwan Setiawan, Pendeteksi Posisi menggunakan sensor Accelerometer MMA7260 berbasis Mikrokontroler Atmega 32. Saat ini penentuan posisi dan orientasi yang tepat dalam suatu sistem teknis memiliki peranan penting, terutama dalam hal pengendalian pada suatu sistem navigasi. Salah satu instrumen yang digunakan dalam sistem navigasi adalah Inertial Measurement Unit (IMU). IMU terdiri dari kombinasi sensor akselerasi (akselerometer) dan sensor sudut (giroskop) untuk melacak keberadaan dan pergerakan suatu objek. Sensor akselerometer adalah salah satu yang telah mengalami banyak kemajuan dan diterapkan untuk mengukur kemiringan, vibrasi, akselerasi, dan posisi. Akselerometer juga dapat diterapkan pada pengukuran aktivitas gempa dan peralatan elektronik, seperti game 3 dimensi, mouse komputer, dan telepon. Untuk aplikasi lebih lanjut, sensor banyak digunakan untuk keperluan navigasi dalam kaitannya dengan posisi objek. Tugas akhir ini melakukan perancangan dan pembuatan instrumentasi accelerometer sebagai salah satu komponen IMU untuk mendeteksi posisi/jarak dengan 3 derajat kebebasan. Data diperoleh dari posisi integral ganda dari keluaran accelerometer berupa percepatan. Sistem instrumentasi terdiri dari sensor akselerometer, pengkondisi sinyal, mikrokontroler ATmega 32 sebagai unit pengolah utama, dan komputer yang akan mengolah data input dan menampilkan data output menggunakan Visual C++, sedangkan fungsi g-select digunakan untuk menentukan mode mana yang akan digunakan, accelerometer untuk meminimalkan kesalahan dalam pengukuran.
9. P.Bhargava Dinesh, T.J. Naga Lakshmi. Dr. P.C. Kishore Raja, Monitoring of Streng of Bridge Using Accelerometer. Tujuan utama dari pekerjaan yang diusulkan adalah untuk menganalisis kekuatan jembatan menggunakan akselerometer (ADXL345)/sensor vibrasi. Kemampuan sistem sensor ini adalah untuk menganalisis properti jembatan menggunakan data yang dikumpulkan dari akselerator yang dipasang pada jembatan. Accelerometer

adalah perangkat yang banyak digunakan untuk aplikasi seperti kerusakan jembatan dan kerusakan jembatan untuk pemantauan jembatan. Sistem pemantauan kesehatan umumnya mencakup perolehan informasi, analisis, diagnosis, evaluasi, umpan balik, dan keamanan. Ini memungkinkan realisasi fungsi akuisisi data secara tepat waktu.

10. Kuladeep Chilamkuri, Venkatesh Kone, Monitoring of Varadhi Road Bridge Using Accelerometer Sensor. Dengan tetap memperhatikan keselamatan publik dan untuk mengurangi korban jiwa, perlu dirancang suatu sistem yang akan terus memantau kondisi jembatan. Proyek ini memanfaatkan jaringan sensor secara real time untuk pemantauan kesehatan jembatan. Itu dapat mengirimkan informasi secara konsisten selama beberapa menit. Dalam hal itu vibrasi jembatan dapat dideteksi. Tujuan utama dari pekerjaan yang diusulkan adalah untuk membaca vibrasi Jembatan Jalan menggunakan akselerometer. Kapasitas kerangka sensor ini adalah untuk mengevaluasi perpindahan atau pelepasan jembatan menggunakan informasi yang diperoleh dari akselerometer yang dipasang di dek jembatan. Accelerometer adalah perangkat yang banyak digunakan untuk mengetahui vibrasi jembatan. Kerangka kerja pemantauan telah digunakan untuk memantau infrastruktur penting seperti jembatan, gedung bertingkat tinggi, dan arena dan mungkin dapat meningkatkan harapan hidup struktur, meningkatkan keamanan terbuka, dan membantu dalam manajemen dan pemulihan bencana struktural..
11. A. Elhattab, Nasim Uddin, Eugene Obrien, Extrction of Bridge Fundamental Frequencies utilizing a smart Phone MEMS Accelerometer. Akselerometer MEMS (*Micro Electrical Mechanical System*) smartphone memiliki sensitivitas yang relatif rendah dan kerapatan kebisingan keluaran yang tinggi. Oleh karena itu, tidak dapat langsung digunakan untuk melacak vibrasi lemah seperti vibrasi struktural. Artikel ini mengusulkan peningkatan sensitivitas akselerometer ponsel cerdas yang efektif dengan memanfaatkan fenomena resonansi stokastik (SR). SR adalah pendekatan di mana, berlawanan dengan intuisi, sinyal lemah diperkuat daripada diliputi oleh penambahan noise. Studi ini memperkenalkan teknik resonansi stokastik pinning underdamped independen frekuensi 2D (2D-FI-UPSR), yang

merupakan filter SR khusus yang memungkinkan mengidentifikasi frekuensi sinyal lemah. Untuk memvalidasi kelayakan filter SR yang diusulkan, perangkat iPhone digunakan untuk mengumpulkan data percepatan jembatan selama operasi lalu lintas normal dan filter 2D-FI-UPSR yang diusulkan digunakan untuk memproses data ini. Empat frekuensi jembatan fundamental pertama berhasil diidentifikasi dari data iPhone. Sejalan dengan iPhone, jaringan penginderaan nirkabel yang sangat sensitif terdiri dari 15 akselerometer (akselerometer Desain Silikon SDI-2012) dipasang untuk memvalidasi keakuratan frekuensi yang diekstraksi. Fidelitas pengukuran perangkat iPhone terbukti konsisten dengan data jaringan penginderaan nirkabel dengan sekitar 1% kesalahan pada tiga frekuensi jembatan pertama dan kesalahan 3% pada frekuensi keempat..

12. Divya Muddala, Dhanashree Kamble, Pooja Nimbalkar, Ravina Patil, Sathish K. Penchala, IoT Based Bridge Monitoring System, Sistem pemantauan jembatan penting bagi struktur pemantauan kesehatan jembatan dan jalan layang lama/baru dan infrastruktur sehari-hari yang digunakan oleh warganya masing-masing negara. Laporan berikut diusulkan dan dikembangkan dan arsitektur untuk pemantauan jembatan pada tingkat yang lebih aman dengan mempertimbangkan berbagai parameter yang terlibat dalam kesehatan struktural jembatan. Sebuah 3-tingkat struktur terdistribusi diadopsi dalam sistem pemantauan, yang mencakup server pusat, node akuisisi cerdas, dan pengontrol lokal. Node akuisisi terletak di seberang menjembatani. Satu pengontrol lokal mengelola semua node akuisisi. Setiap node akuisisi memiliki 8 saluran, yang dapat dengan mudah dan kira-kira sampel penyimpangan garis pandang, vibrasi jembatan akibat beban berbagai angkutan dan serta ketinggian air yang ketika melewati ambang batas menyebabkan banjir. Untuk mendapatkan data presisi tinggi, konverter A/D 10 bit adalah sedang digunakan. Dibandingkan dengan metode tradisional, yang diusulkan arsitektur memiliki dua fitur. Node akuisisi cerdas perangkat berdasarkan pengontrol yang kuat. Sinyal sensor medan dianalisis dan dikompresi secara *real-time* di *node* akuisisi. Hanya hasil pemrosesan yang dikirim ke pengontrol lokal melalui jaringan nirkabel IEEE 802.11. Operasi

ini dapat meringankan beban server pusat. Pemantauan cerdas sistem telah berjalan di jembatan bentang besar. Hasil lari menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan stabil dan efektif.

13. Didik R. Santoso, Sukir Maryanto, Ahmad Nadhir, Aplikasi single-accelerometer MEMS untuk mengukur Vibrasi 3- sumbu dan Tilt-Angle 2-axis Secara Bersamaan. Makalah ini membahas tentang teknik pengembangan sistem sensor terintegrasi untuk mengukur vibrasi mekanis pada 3-sumbu dan sudut kemiringan pada 2-sumbu secara bersamaan, menggunakan MEMSaccelerometer tunggal, yaitu MMA7361L. MMA7361L adalah akselerometer analog dengan sensitivitas maksimum 800 mV/g. Perangkat ini memiliki tegangan keluaran 3-saluran (V_x , V_y , V_z) sebagai respons terhadap percepatan "g" dari masing-masing sumbu kerja yang sesuai (g_x , g_y , g_z). Dengan menggunakan teknik tertentu dalam perancangan rangkaian pengkondisi sinyal, maka MMA7361L dapat digunakan untuk mendeteksi vibrasi 3 sumbu dan sudut kemiringan 2 sumbu secara bersamaan. Untuk menampung 5 sinyal dari keluaran sistem sensor, dibangun sistem akuisisi data berbasis mikrokontroler PIC16F876 yang menyediakan ADC internal 5 kanal dengan resolusi 10 bit. Dengan demikian, sistem sensor terintegrasi yang dihasilkan menjadi sangat sederhana dan murah. Hasil percobaan menunjukkan bahwa sistem sensor yang dikembangkan telah terbukti memiliki kinerja yang baik. Untuk sensor vibrasi, penguatan tegangan dapat diatur hingga 60 dB (800 V/g) dengan kebisingan tingkat rendah. Sedangkan sensor kemiringan mampu mendeteksi sudut hingga ± 30 pada non-linearitas 4,5% (maks), dengan resolusi rata-rata sekitar 0,06 derajat. Kata kunci: Sensor Terintegrasi, Vibrasi, Tilt-Angle, MEMS-Accelerometer.
14. Haidong Sun, Zhengtao Zhang, Peng Li, Design and Analysis of Bridge Inspection System Based on Wireless Communication and Internet of Things Technology, 2021, Hidawi Wireless Communications and Mobile Computin, Perkembangan teknologi informasi yang terus menerus dan berbagai perangkat elektronik telah mempercepat proses informatisasi dan digitalisasi, memungkinkan pengembangan dan penerapan teknologi nirkabel yang muncul komunikasi dan Internet of Things. Sejak terjadinya kecelakaan

keruntuhan jembatan yang kejam di Tiongkok di beberapa tahun terakhir, masalah pemeriksaan jembatan menjadi perbincangan hangat di masyarakat. Pada saat yang sama, alangkah baik untuk meminta agar komunikasi nirkabel dan teknologi *Internet of Things* untuk menjembatani sistem inspeksi juga menjadi tema penelitian baru. Artikel ini terutama mempelajari desain dan analisis sistem deteksi jembatan berdasarkan komunikasi nirkabel dan teknologi *Internet of Things*. Untuk memperluas bidang deteksi jembatan dan manajemen standar dan meningkatkan kredibilitas dan keandalan prediksi dan evaluasi masalah keselamatan, sistem deteksi jembatan akan mengintegrasikan penginderaan IoT, internet, komunikasi jarak jauh, analisis dan pemrosesan sinyal digital, penambangan pengetahuan data besar, prediksi data besar, dan teknologi lainnya, desain dan analisis struktur utama jalan dan jembatan, dan bidang pengetahuan multifaset lainnya dan membangun jaringan digital cerdas profesional berdasarkan pengumpulan data inspeksi jembatan, pemantauan, analisis, evaluasi, dan peringatan dini. Dari desain hingga penggunaan dan pemeliharaan jembatan, jaringan saraf digital yang menjangkau ruang dan waktu sepanjang siklus hidup dibangun untuk membangun otak digital dengan titik-titik penginderaan jembatan sebagai neuron. Makalah ini menggunakan peralatan sensor inframerah daya tinggi, sistem penentuan posisi satelit, peralatan sensor, dan peralatan teknis lainnya untuk mencapai tujuan komunikasi dan pertukaran data dan mewujudkan penentuan posisi, identifikasi, pengawasan, pelacakan, dan fungsi lainnya, membuat komunikasi nirkabel dan transmisi *Internet of Things* dapat diandalkan, komprehensif persepsi, pemrosesan cerdas, dan kemampuan lain yang sangat efektif di bidang pemeriksaan jembatan. Melalui penelitian dan analisis artikel ini, semakin banyak sistem inspeksi jembatan yang dikembangkan oleh *Internet of Things* dan teknologi komunikasi nirkabel di Cina, dan persentase peralatan terkait yang digunakan dapat mencapai lebih dari 90%. NS fungsi sistem inspeksi jembatan menjadi lebih dan lebih lengkap, dan hasil data inspeksi adalah juga meningkat.

15. Nuraeni Umar, Airin Dewi U. T., Hafsa Nirwana, Aplikasi Jaringan Sensor Nirkabel untuk Sistem Monitoring Deformasi Konstruksi Jembatan. Hasil

yang dicapai yaitu berupa rancang bangun perangkat sensor Accelerometer serta perhitungan kinerja perangkat komunikasi. Sensor *Accelerometer* MMA7361L yang di koneksikan dengan perangkat telekomunikasi Zigbee 802.15, ujicoba perangkat komunikasinya dilakukan untuk menghitung kemampuan jarak jangkauan, delay dan throughputnya. Sensor Accelerometer dengan perangkat komunikasi dilakukan di ruang terbuka dengan berbagai variasi jarak, topologi (letak sensor) terhadap perangkat komunikasi *point to point* dengan model *Star*. Untuk validasi hasil pengukuran maka dilakukan 10 kali setiap satu kondisi (atau jarak) dan kemudian di rata-ratakan. Parameter pengukuran berupa *Throughput* (bps), *Delay* (ms) dan *Packet loss* (%). Sedang data yang di kirim berupa posisi dari sensor tersebut. Hasil pengukuran menyatakan bahwa sistem SHMS yang di buat ini, dapat di implementasikan atau di terapkan di jembatan yang ukuran panjangnya maksimal 50 meter.

16. Syufrijal Syufrijal, Universitas Negeri Jakarta, Prototipe Sistem Pengukuran Jarak dan Kemiringan Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Internet of Things (IoT), *Autocracy: Jurnal Otomasi, Kendali, dan Aplikasi Industri* Kamis, 4 Juni 2020. <http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/autocracy/>, Penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu prototipe sistem pengukur jarak dan kemiringan otomatis menggunakan mikrokontroler berbasis *Internet of Things* (IoT). Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, yang meliputi perancangan sistem baik *hardware* maupun *software*, pengujian program untuk diterapkan ke dalam sistem guna mendapatkan kinerja yang diinginkan. Sistem yang dirancang menggunakan arduino mega 2560 sebagai mikrokontroler, sensor ultrasonic untuk mengukur jarak, sensor accelerometer dan *gyroscope* GY-521 untuk mengukur sudut kemiringan, LCD untuk menampilkan hasil pengukuran, dan NodeMCU ESP8266 sebagai pengirim data ke kemiringan, LCD untuk menampilkan hasil pengukuran, dan NodeMCU ESP8266 .
17. Ivar Koene, Ville Klar, Raine Vitala, IoT Connected device for Vibration Analysis and Measurment. Akselerometer banyak digunakan dalam aplikasi, seperti pengukuran kondisi, pelacakan gerak, dan pemantauan kendaraan. Sebagian besar perangkat pintar genggam, seperti ponsel pintar dan tablet,

menggunakan akselerometer untuk pelacakan gerak. Batasan ukuran perangkat tersebut telah memberikan dorongan untuk mengembangkan akselerometer yang presisi, terjangkau, ringkas, dan hemat daya. Akselerometer sistem mikroelektromekanis (MEMS) memenuhi persyaratan ketat ini, sehingga menjelaskan adopsi yang luas di pasar perangkat pintar. Rasio biaya-kinerja yang meningkat, khususnya mengenai akurasi dan bandwidth, dari akselerometer MEMS modern memungkinkan penggunaannya dalam aplikasi pengukuran yang menuntut. Penelitian ini memperkenalkan akselerometer MEMS Internet of Things bertenaga baterai open source yang disebut Memsio. Memsio adalah unit sensor nirkabel serbaguna yang dapat digunakan untuk mengukur berbagai gerakan yang berbeda. Ini dioperasikan dari *browser web*, sehingga membuatnya dapat diakses dari jarak jauh melalui ponsel pintar, tablet, atau komputer. Selain itu, Memsio menawarkan kemampuan akuisisi data gerak berkecepatan tinggi dan dapat menyimpan periode pengukuran yang diperpanjang yang berlangsung selama puluhan menit; selain itu, sifatnya yang nirkabel dan portabel memudahkan integrasi dalam aplikasi pemantauan kondisi. Studi ini menyajikan laporan tentang konstruksi dan fungsionalitas Memsio. Selain itu, fungsi Memsio ditunjukkan dalam pengukuran gerakan translasi aktuator linier dan vibrasi mesin besar yang berputar.

18. Adam Hoag , Neil A. Hoult , W. Andy Take , Fernando Moreu , Hoat Le and Vamsi Tolikonda , Measuring displacements of a railroad bridge using DIC and accelerometers. Jembatan kereta api di Amerika Utara merupakan bagian integral tetapi menua dari jaringan kereta api dan biasanya hanya dipantau menggunakan inspeksi visual. Ketika informasi kuantitatif diperlukan untuk penilaian, rel kereta api sering memantau jembatan menggunakan akselerometer. Namun tanpa sensor untuk mengukur perpindahan secara langsung, sulit untuk menginterpretasikan hasil ini karena berhubungan dengan kinerja jembatan. *Digital Image Correlation* (DIC) adalah teknologi sensor non-kontak yang mampu secara langsung mengukur perpindahan komponen jembatan yang terlihat. Dalam penelitian ini, jembatan kereta api dimonitor di bawah beban menggunakan DIC dan akselerometer. Pengukuran

DIC secara langsung dibandingkan dengan batas servis dan diamati bahwa jembatan memenuhi persyaratan. Data akselerometer juga digunakan untuk menghitung perpindahan yang dibandingkan dengan pengukuran DIC untuk menilai keakuratan pengukuran akselerometer. Pengukuran ini dibandingkan dengan baik untuk data lateral rata-rata nol, memberikan redundansi dan validasi pengukuran. Perpindahan lateral dari akselerometer dan DIC pada tumpuan kemudian digunakan untuk menentukan sumber perpindahan lateral dalam sistem tumpuan.

19. Kirti A.Gunjal¹, Purtata D.Gunjal², Trupti C.Gunja, IoT Based Monitoring and Maintenance of Highway Bridges Using Wireless Sensor Network, Sistem pemantauan jembatan berbasis IOT sistem menggunakan teknologi WSN. Modifikasi lanjutan dari teknologi sensor telah membawa real-time otomatis menjembatani sistem pemantauan kesehatan sistem seperti itu akan membantu dalam penanggulangan bencana. Ini dikembangkan menggunakan sensor nirkabel teknologi jaringan (WSN). Sistem ini terdiri dari beberapa sensor untuk memantau kondisi jembatan secara terus menerus melalui Accelerometer untuk mendeteksi sentakan di jembatan, vibrasi sensor untuk mendeteksi vibrasi terjadi jembatan, sensor fleksibel untuk mendeteksi tikungan di jembatan, sensor ketinggian air untuk mendeteksi tingkat air. Data dari berbagai sensor diproses oleh mikrokontroler dan ditransmisikan ke server dan untuk sistem manajemen untuk memiliki pemantauan real-time dari kondisi jembatan melalui perangkat telekomunikasi seluler melalui model GSM.
20. L. Zhang, G. Zhou, Y. Han, H. Lin and Y. Wu, Application of Internet of Things Technology and Convolutional Neural Network Model in Bridge Crack Detection, in IEEE Access, vol. 6, pp. 39442-39451, 2018. Penelitian Ini menganalisis nilai aplikasi praktis teknologi IoT dalam identifikasi retakan struktur jembatan dan membangun sistem pemantauan kesehatan struktur jembatan berbasis teknologi IoT. Atas dasar itu, makalah ini juga mempelajari metode pendeteksian keretakan jembatan secara digital dan cerdas untuk meningkatkan efisiensi diagnosis keselamatan jembatan dan mengurangi faktor risiko.

21. Hendra Kusumah , Restu Adi Pradana, Penerapan Trainer Interfacing Mikrokontroler dan Internet of Things Berbasis ESP32 Pada Mata Kuliah Iterfacing, Jurnal Cerita, 2019, Print ISSN : 2461-1417 , online ISSN : 2655-2574, Vol 5 No 2 – Agustus 2019. Ketidadaan alat peraga masih menjadi kendala pada proses pembelajaran mata kuliah interfacing dimana mahasiswa mengalami kesulitan saat memahami materi yang didapatkan selain karena pengalaman praktik mikrokontroler yang kurang membuat mahasiswa kurang memahami bagaimana mengoperasikan mikrokontroler dan juga karena kurangnya pengetahuan dasar mengenai mikrokontroler. Perancangan trainer interface mikrokontroler ini ditujukan sebagai alat peraga untuk membantu memahami interfacing mikrokontroler menggunakan protokol UART, SPI, dan I2C serta dapat digunakan sebagai alat peraga Internet of Things untuk membantu mahasiswa dalam melakukan praktik monitoring dan controlling input output pada mikrokontroler menggunakan smartphone melalui jaringan internet. Dalam merancang trainer ini sebelumnya penulis telah melakukan observasi langsung pada kegiatan pembelajaran di mata kuliah interfacing serta melakukan tanya jawab dengan beberapa mahasiswa. Trainer ini menggunakan modul RFID, RTC dan LCD sebagai alat peraga interfacing yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32, serta terdapat komponen berupa LED dan potensiometer untuk mempraktikkan konsep Internet of Things. Pin header untuk GPIO dan ekspansi pin interface mikrokontroler juga tersedia pada trainer ini yang dapat dihubungkan dengan lebih banyak modul dan komponen lain. Modul dan komponen pada rancangan trainer ini dihubungkan dengan mikrokontroler ESP32 dalam satu papan sirkuit terpadu sehingga memberikan kepraktisan dalam menggunakannya.
22. Monika Kashyap, Vidushi Sharma, Neeti Gupta, Taking MQTT and NodeMcu to IoT: *Communication in Internet of Things, Internet of Things* (IoT) memungkinkan koneksi antar perangkat menggunakan internet dengan kemampuan untuk mengumpulkan dan bertukar data. Ini perangkat biasanya terpasang dengan mikrokontroler seperti Arduino, sensor, aktuator dan konektivitas internet. Pada konteks ini, *Message Queuing Telemetry Transport protocol* (MQTT) berperan penting untuk pertukaran data atau

informasi antara perangkat di IoT tanpa mengetahui identitas satu sama lain. Makalah ini menyajikan model layanan yang berbeda untuk komunikasi di *Internet of Things* (IoT). Model A menyajikan penggunaan USB serial sebagai media transmisi sedangkan Model B menggunakan Pesan *Queuing Telemetry Transport protocol* (MQTT) yang menyebarkan modul *Wi-Fi* (ESP8266-12) untuk menghubungkan sistem ke internet. Untuk komunikasi digunakan konsep *publisher* dan *subscriber*. Pesan diterbitkan atau berlangganan dengan bantuan broker atau server. Agen ini bertugas menyebarkan pesan ke klien maksud tergantung pada pilihan topik pesan. *Broker* di MQTT juga disebut server.

23. Ainun Arsyi Sahifa, Rachmad Setiawan, dan Muhammad Yazid, Pengiriman Data Berbasis *Internet of Things* untuk Monitoring Sistem Hemodialisis Secara Jarak Jauh, Hemodialisis merupakan alat yang sangat penting, karena alat ini membantu manusia yang mengalami gangguan pada fungsi ginjalnya. Sehingga Hemodialisis, merupakan alat sebagai pengganti fungsi ginjal pada manusia. Pada penelitian ini dilakukan pengembangan pada Hemodialisis sehingga lebih meningkatkan pelayanan rumah sakit yang diberikan kepada pasien dan memudahkan petugas rumah sakit dalam melakukan penjangaan. Penelitian ini dapat mengirimkan data Hemodialisis supaya pasien dan petugas rumah sakit dapat melihat data pada hemodialisis, selain itu pada penelitian ini menambahkan fitur untuk memantau pasien dari jarak jauh (Monitoring System) dengan memanfaatkan konsep *Internet of Things* menggunakan WiFi dan MQTT dengan Arduino ESP32 dan mengimplementasikan penelitian ini dalam Platform IoT. Sistem yang dikembangkan telah berhasil untuk mengirimkan data dengan menggunakan protokol MQTT yang dibuat sesuai dengan rancangan. Pada penelitian ini yang digunakan sebagai *publisher* adalah mikrokontroler yang berfungsi untuk menerima data nilai sensor yaitu ESP32 (master) dan ESP32 (slave) yang dihubungkan secara serial, lalu broker yang digunakan adalah lokal MQTT broker pada ThingsBoard dan *subscriber* pada ThingsBoard saat login menjadi admin atau customers. Lalu web server ThingsBoard sudah berjalan dengan baik dengan dibuktikan, pesan dapat terpublish dan

ThingsBoard dapat menampilkan nilai tekanan darah, aliran darah, temperatur dialisat, dan konduktivitas cairan dialisat.

24. Asma Yanziah , Sopian Soim , Martinus Mujur Rose, Analisis Jarak Jangkauan LoRa dengan Parameter RSSI dan Packet loss pada area Urban, Low Power Wide Area Networks (LPWAN) merupakan salah satu teknologi komunikasi nirkabel yang mendukung perkembangan Internet of Things (IoT). LPWAN menawarkan coverage area yang lebih luas dan konsumsi energi rendah. LoRa adalah salah satu teknologi LPWAN yang sedang populer. Teknologi LoRa cocok untuk skenario aplikasi IoT yang hanya perlu mengirimkan sejumlah kecil data dalam jarak jauh dan data transmisi yang berdaya rendah. Penelitian ini berfokus pada pengujian jarak jangkauan Chip LoRa Rfm 95/96 pada frekuensi 920 MHz dan SF7 untuk area urban. Parameter yang digunakan yaitu Received Signal Strength Indicator (RSSI) dan Packet loss. RSSI hasil pengujian akan dibandingkan dengan RSSI hasil perhitungan yang menggunakan log normal shadowing model. Nilai RSSI hasil pengujian lebih mendekati nilai RSSI perhitungan untuk area free space dengan penambahan efek shadowing. Jika dilihat dari rentang nilai RSSI pada setiap titik pengujian, RSSI relatif stabil. Namun berdasarkan RSSI rata-rata pengujian dan perhitungan, RSSI mengalami penurunan sedangkan packet loss meningkat setiap penambahan jarak. Dari penelitian ini, jangkauan LoRa maksimum yaitu 2 km. Hal ini selaras dengan spesifikasi LoRa untuk area urban. Kata-kata kunci: LoRa, LoRaWAN, LPWAN, Packet loss, RSSI.
25. Qihao Zhou, Kan Zheng, Lu Hou, Jinyu Xing, Rongtao Xu, Desain dan Implementasi Open LoRa untuk IoT, LoRa digunakan karena cakupan area yang luas dan konsumsi daya yang rendah dari Jaringan LoRa, berbagai aplikasi yang disediakan oleh LoRa memiliki telah muncul di pasar IoT. Dalam makalah ini, bertujuan untuk memberikan solusi yang fleksibel dan lengkap untuk membangun rumah pribadi Jaringan LoRa, desain dan implementasi kerja jaringan LoRa telah diusulkan termasuk perangkat keras dan perangkat lunak. Selain itu, proyek open source tersedia di GitHub. Jejak lapangan menunjukkan bahwa transmisi maksimum jarak berdasarkan desain perangkat keras kami adalah sekitar 7,5 km lingkungan perkotaan.

Selanjutnya, kami juga menunjukkan bahwa LoRa sistem di bawah arsitektur yang ditingkatkan dapat mendukung lebih banyak dari 10.000 Node LoRa dengan komputasi yang diterapkan dengan baik sumber daya. Diharapkan jaringan LoRa yang terbuka ini dapat memberikan fleksibilitas dan kelayakan untuk akademik dan industri untuk menyebarkan aplikasi LPWA baru mereka dalam waktu dekat masa depan. Penelitian ini , menggunakan sensor Accelermeter, mikrokontroler ESP32, IoT, Lora.

2.11 *State of The Art*

Penelitian terdahulu yang menjadi referensi dari penelitian disertasi ini ada pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3 *State of The Art*

No	Penulis	Judul	Solusi	Metode
1.	Poltak H.A.Nababan, Desember 2008 Surabaya Seminar Construction and maintenance of main span Suramadu Bridge	Structural Health Monitoring System Alat Bantu Mempertahank an Usia Teknis Jembatan	Monitoring Construction and maintenance of main span Suramadu Bridge	Pemodel an
2.	Mohd. Syaryadhi, Purwandi Hasibuan dan Suhardi, Desember 2015 Jurnal Rekayasa Elektrika Vol.11 no.5	Penggunaan Accelerometer MMA7361 sebagai Alternatif Pengukuran Lendutan pada Jembatan Secara Nirkabel Berdasarkan ATmega 32	Sistem Pengukuran Lendutan Vertikal Jembatan Secara Nirkabel dengan Sensor Accelerometer MMA7361 Pusat kendali Mikrokontroler Atmega 32 dengan Zigbee ke Komputer berupa grafik	Pemodel an Jembatan Trial dengan panjang 1 meter dengan simpangan maksimal 15 cm
3.	Dorra Ben Khalif, Matthieu Martel, 2021, IEEE, , Bali, Indonesia,	Precision Tuning of an Accelerometer -Based Pedometer Algorithm for IoT.	Mendemonstrasikan efisiensi POP untuk algoritma pedometer berbasis akselerometer untuk aplikasi	Pemodel an

No	Penulis	Judul	Solusi	Metode
4.	F. Sun, W. Zang, H. Huang, I. Farkhatdinov and Y. Li, IEEE Internet of Things Journal, vol. 8, no. 3, 2021	"Accelerometer-Based Key Generation and Distribution Method for Wearable IoT Devices	Hasil eksperimen yang diperoleh membuktikan kekokohan metode ekstraksi fitur umum berbasis SSWC yang diusulkan dalam hal kesamaan dan diskriminasi fitur intra dan antar kelas, masing-masing	Eksperimen
5	C. Chiang, IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems, vol. 8, no. 3, pp. 566-577, Sept. 2018	"Design of a CMOS MEMS Accelerometer Used in IoT Devices for Seismic Detection,"	Hasil pengukuran memverifikasi fungsi dan kinerja akselerometer yang diusulkan. Pemantauan eksperimental vibrasi jembatan sungai juga berhasil dilakukan	Pemodelan
6	Akshata Dhuri, Pratiksha Jogale, Snehal Kadam, Latika Kawade, Shushma Kore, 2020, IJERT, Vol. 8, Issue 11,	IoT Based Bridge Health Smart Monitoring System,	Sistem pembangkitan peringatan menggunakan IoT, kami menampilkan data menggunakan Layar LCD dan IOT ketika ada tanda-tanda runtuh	Pemodelan
7	Yayan Prima Nugraha, Aldi Ari Kandi, Tjipto Prastowo, April 2014 Prosiding pertemuan ilmiah xxviii HFI Jateng danDIY	Pemantauan Kemiringan Gedung dan Bangunan Fisik dengan menggunakan Sensor Akselerometer ADXL-335	Mengukur kemiringan Gedung dengan ACCelerometer ADLX-335 , Xbee ProS2B	Pemodelan

No	Penulis	Judul	Solusi	Metode
8	Muh. Riyadi, Wahyudi, Iwan Setiawan, 2010 e-journal undip ac.id	Pendeteksi Posisi menggunakan sensor Accelerometer MMA7260 berbasis Mikrokontroler Atmega 32	Menentukan posisi jarak dengan Mikrokontroler Atmega 32 divisualisasi dengan 3D	Pemodelan
9	P.Bhargava Dinesh, T.J. Naga Lakshmi. Dr. P.C. Kishore Raja, 2018 International Journal of Pure and Applied Mathematics	Monitoring of Streng of Bridge Using Accelerometer	Monitoring using Acelerometer ADXL-345 / vibration sensors	Pemodelan
10	Kuladeep Chilamkuri, Venkatesh Kone, 04/05/2020 Proceedings	Monitoring of Varadhi Road Bridge Using Accelerometer Sensor	Monitoring using Acelerometer ADXL-335 / vibration sensors , Arduino Uno.	Pemodelan
11	A. Elhattab, Nasim Uddin, Eugene Obrien, 17 Juli 2019 Jurnal Sorsors 2019, 19,3143;	Extrction of Bridge Fundamental Frequencies utilizing a smart Phone MEMS Accelerometer	Monitoring resonansi stokastik independen frekuensi; SHM menggunakan smartphone	Pemodelan
12	Divya Muddala, Dhanashree Kamble, Pooja Nimbalkar, Ravina Patil, Sathish K. Penchala, 2019, IJARIIT, Vol. 5, Issue 2, ISSN:2454-132X,	IoT Based Bridge Monitoring System	Pemantauan cerdas sistem di jembatan bentang besar. Hasil sistem yang diusulkan stabil dan efektif.	Pemodelan
13	Didik R. Santoso, Sukir Maryanto, Ahmad Nadhir, 2018 TELKOMNIKA.	Aplikasi Single-accelerometer MEMS untuk Mengukur Vibrasi 3-sumbu dan Tilt-Angle 2-axis Secara Bersamaan	Mengukur menggunakan MMA7361L, tipe analog, akuisisi data dgn mikrokontroler PIC 16F876	Pemodelan

No	Penulis	Judul	Solusi	Metode
14	Haidong Sun, Zhengtao Zhang, Peng Li, 2021, Hidawi Wireless Communications and Mobile	Design and Analysis of Bridge Inspection System Based on Wireless Communication and Internet of Things Technology	Pemantauan keamanan jembatan, data teknologi fusi terutama diterapkan pada penyaringan dan klasifikasi data asli dan perakitan cerdas data terkait sesuai.	Pemodelan
15	Nuraeni Umar, Airin, Hafsa Nirwana, Prosiding Seminar Teknik Elektro & Informatika SNTEI 2016	Aplikasi Jaringan Sensor Nirkabel Untuk Sistem Monitoring Deformasi Konstruksi Jembatan	Sistem monitoring dengan system Ziqbee	Eksperiment dengan pemodelan
16	Syufrijal Syufrijal Universitas Negeri Jakarta, Autocracy: Jurnal Otomasi, Kendali, dan Aplikasi Industri, 4 Juni 2020.	Prototipe Sistem Pengukuran Jarak dan Kemiringan Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Internet of Things (IoT)	sistem pengukur jarak dan kemiringan otomatis menggunakan mikrokontroler berbasis Internet of Things (IoT). Sistem yang dirancang menggunakan arduino mega 2560 sebagai mikrokontroler, sensor ultrasonic untuk mengukur jarak, sensor accelerometer dan gyroscope GY-521 mengukur sudut kemiringan, LCD untuk menampilkan hasil pengukuran, dan NodeMCU ESP8266 sebagai pengirim	Metode eksperimen.

No	Penulis	Judul	Solusi	Metode
17	Ivar Koene, Ville Klar, Raine Vitala, Jurnal Elsevier2020	IoT Connected device for Vibration Analysis and Measurment	Monitoring vibrasi oleh Akselerometer sistem mikroelektromekanis (MEMS),	Demonstrated
18	Adam Hoag , Neil A. Hoult , W. Andy Take , Fernando Moreu , Hoat Le and Vamsi Tolikonda, Jurnal smart Structures and systems, 2017	Measuring displacements of a railroad bridge using DIC and accelerometers	DIC digunakan untuk memantau perpindahan dinamis vertikal dan lateral ditengah bentang dan tumpuan beberapa bentang. Satu rentang jembatan dipantau menggunakan akselerometer	Demonstrated
19	Kirti A. Gunjal, Purtata D. Gunjal,Trupti C. Gunjal, 2020, IRJET, Vol.7 Issue: 4, e-ISSN:2395-0056.	IoT Based Monitoring And Maintenace of Highway Bridges using Wireless Sensor Network	Sistem menggunakan jaringan sensor untuk pengambilan data dan data yang dikumpulkan juga disimpan ke cloud melalui IOT	Demonstrated
20	L. Zhang, G. Zhou, Y. Han, H. Lin dan Y. Wu, IEEE Access, vol. 6, pp. 39442-39451, 2018.	Application of Internet of Things Technology and Convolutional Neural Network Model in Bridge Crack Detection	Monitoring menganalisis nilai aplikasi IoT dalam identifikasi retakan struktur jembatan dan membangun sistem pemantauan kesehatan struktur jembatan berbasis teknologi IoT. ari metode pendeteksian keretakan jembatan secara digital dan cerdas untuk meningkatkan efisiensi diagnosis keselamatan	Pemodelan

No	Penulis	Judul	Solusi	Metode
			jembatan dan mengurangi faktor risiko.	
21	Hendra Kusumah , Restu Adi Pradana. Jurnal Cerita, 2019, Print ISSN : 2461-1417 , online ISSN : 2655-2574, Vol 5 No 2 – Agustus 2019	Application of Internet of Things Penerapan Trainer Interfacing Mikrokontroler dan Internet of Things Berbasis ESP32 pada Mata Kuliah Interfacing.	Melakukan perakitan modul, Perancangan trainer interface mikrokontroler ini ditujukan sebagai alat peraga untuk membantu memahami interfacing mikrokontroler menggunakan protokol UART, SPI, dan I2C serta dapat digunakan sebagai alat peraga Internet of Things	Perancan gan modul
22	Monika Kashyap, Vidushi Sharma, Neeti Gupta, Elsevier, Procedia Computer Science 132 (2018)	Taking MQTT and NodeMcu to IoT: Communication in Internet of Things.	Untuk komunikasi digunakan konsep publisher dan subscriber. Pesan diterbitkan atau berlangganan dengan bantuan broker atau server. Agen ini bertugas menyebarkan pesan ke klien maksud tergantung pada pilihan topik pesan. Broker di MQTT juga disebut server.	Pemodel an
23.	Ainun Arsyi Sahifa, Rachmad Setiawan ,dan Muhammad Yazid, Jurnal Teknik ITS Vol. 9, No. 2, (2020)	Pengiriman Data Berbasis Internet of Things untuk Monitoring Sistem	Publisher adalah mikrokontroler yang berfungsi untuk menerima data nilai sensor yaitu ESP32	Pemodel an

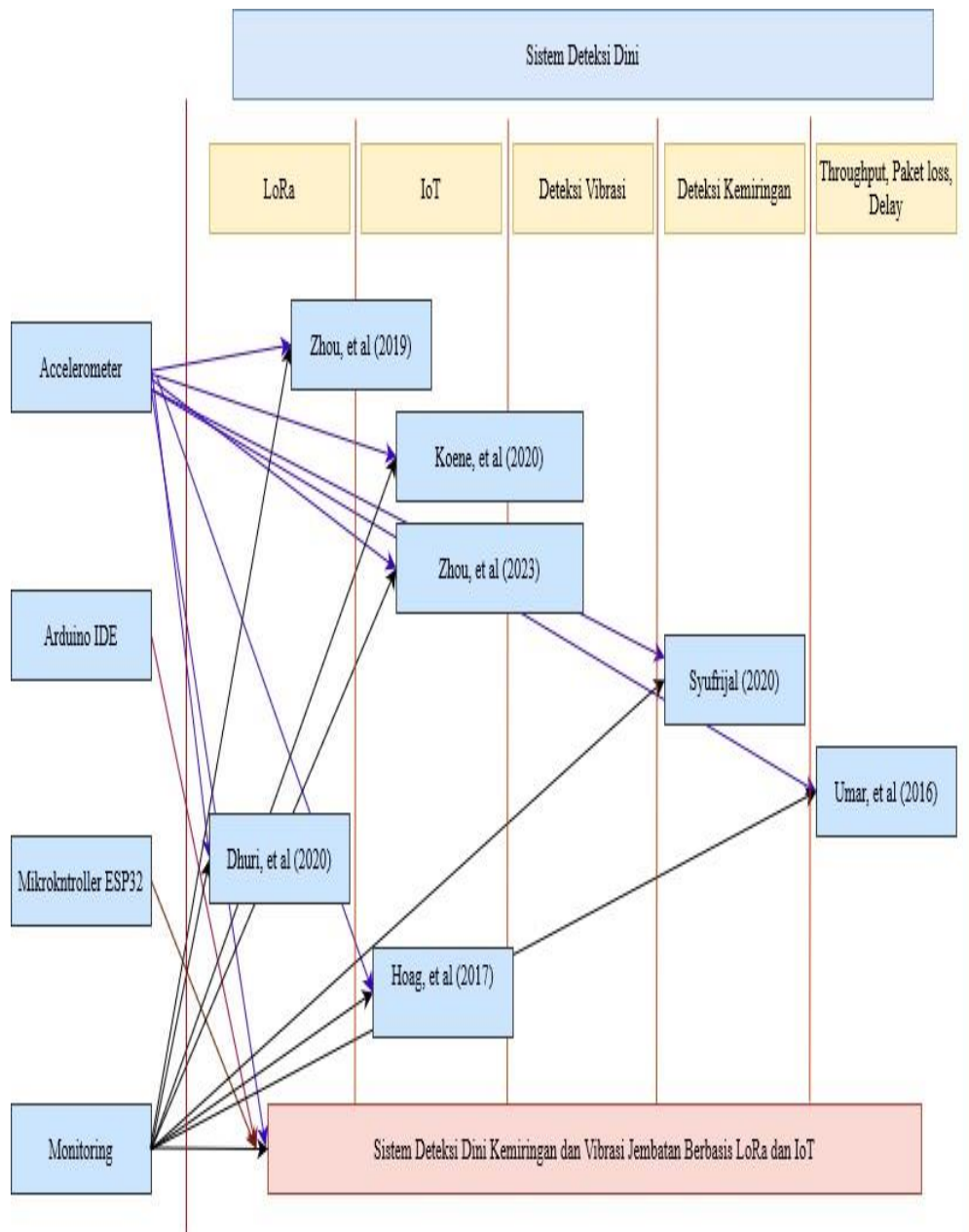
No	Penulis	Judul	Solusi	Metode
		Hemodialisis Secara Jarak Jauh,	(master) dan ESP32 (slave) yang dihubungkan secara serial, lalu broker yang digunakan adalah lokal MQTT broker pada ThingsBoard dan subscriber pada ThingsBoard saat log-in menjadi admin atau customers. Lalu web server ThingsBoard sudah berjalan dengan baik dengan dibuktikan, pesan dapat terpublish dan ThingsBoard dapat menampilkan nilai tekanan darah, aliran darah, temperatur dialisat, dan konduktivitas cairan	
24	Asma Yanziah , Sopian Soim , Martinus Mujur Rose, Jurnal Teknologi TECHNOSCIENTIA ISSN: 1979-8415 Vol. 13 No. 1	Analisis Jarak Jangkauan LoRa dengan Parameter RSSI dan Packet loss pada area Urban	Packet loss, Model propagasi teoritis dengan log normal-shadowing dan berbasis pengujian menunjukkan bahwa daya sinyal yang diterima rata- rata mengalami penurunan terhadap penambahan jarak. Jarak jangkauan maksimum LoRa pada area urban yang didapatkan dari penelitian adalah 2 km. Hal	pemodelan

No	Penulis	Judul	Solusi	Metode
			ini selaras dengan jangkauan LoRa pada datasheet untuk area urban (perkotaan) yaitu berkisar 1-5 km.	
25	Qihao Zhou, Kan Zheng, Lu Hou, Jinyu Xing, RongTao Xu, IEEE Access Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2019	Desain dan Implementasi Open LoRa untuk IoT,	solusi desain dan implementasi yang membangun jaringan LoRa dengan aplikasi IoT. Dari Eksperimen transmisi maksimum jarak berdasarkan desain sekitar 7,5 km lingkungan perkotaan	Pemodelan

2.12 Kerangka Konsep Penelitian

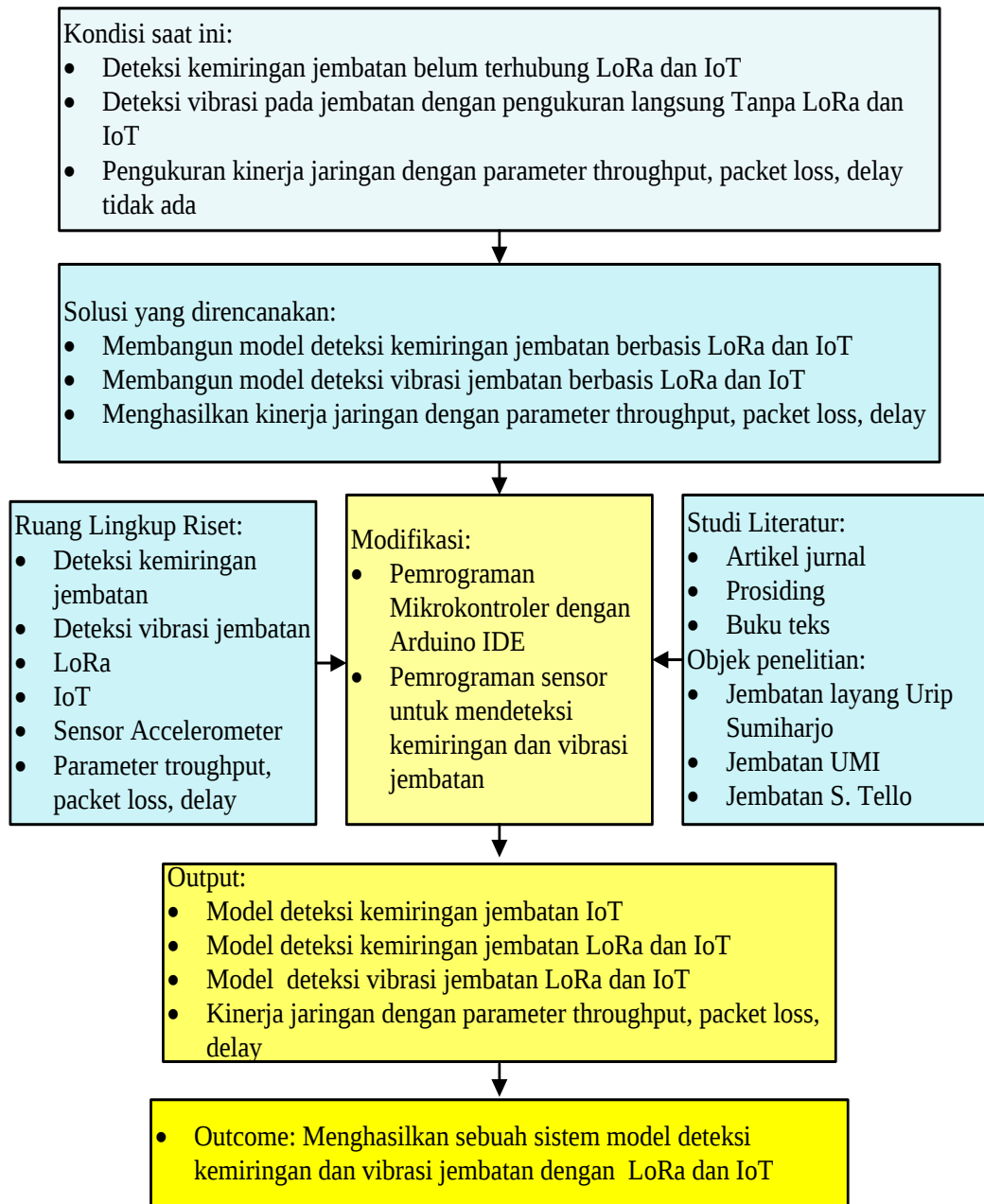
Kerangka pikir atau konsep penelitian akan menampilkan keunikan dan keistimewaan dari penelitian yang dikerjakan/dilakukan. Model dari sistem yang akan dirancang yaitu model sistem monitoring kemiringan jembatan berbasis *IoT*.

Hubungan kajian literature sebelumnya dan pengembangan yang merupakan kebaruan penelitian yang akan dibuat. Pada gambar 8 memperlihatkan posisi penelitian terhadap *state of the art*.



Gambar 8 Diagram posisi penelitian terhadap *state of the art*

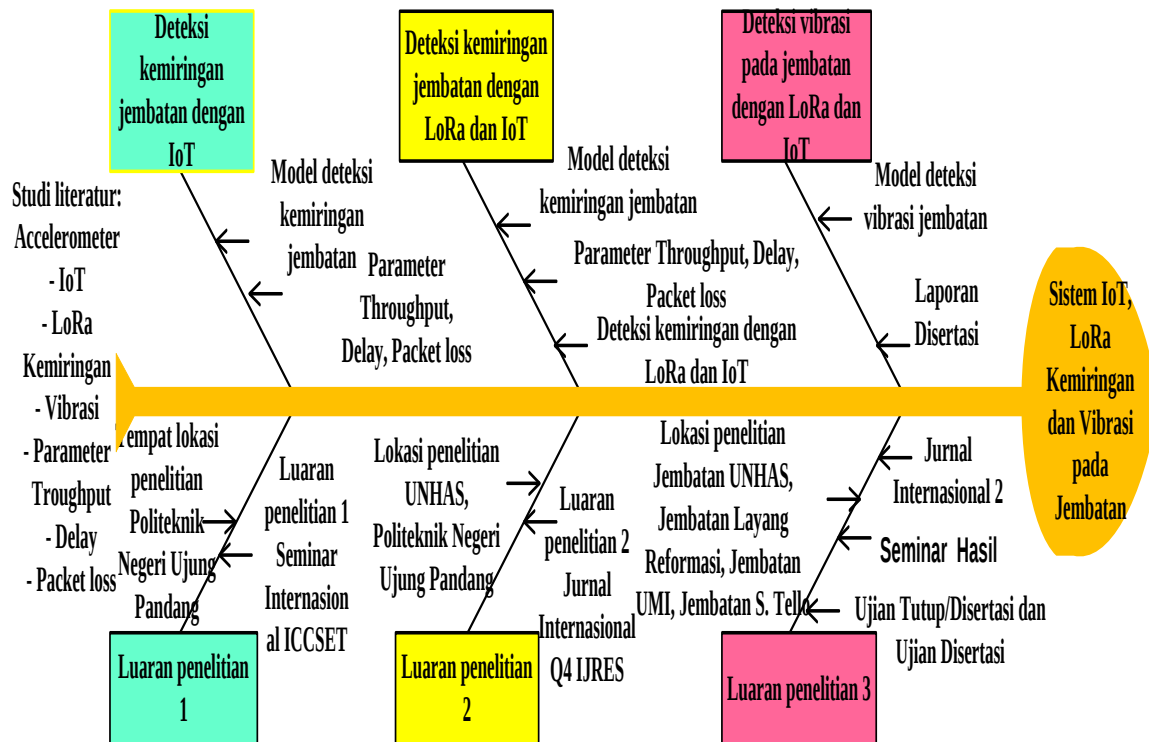
Penelitian ini berdasarkan dari kajian literature dan permasalahan yang ada maka disusun kerangka pikir penelitian ada pada gambar 9 kerangka konsep sistem deteksi dini kemiringan dan vibrasi Jembatan berbasis *IoT*.



Gambar 9 Kerangka Konsep Penelitian

2.13 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian adalah perencanaan yang dilakukan untuk menghasilkan luaran yang diinginkan. Dengan tahapan penelitian ini akan memudahkan mencapai tujuan penelitian.



Gambar 10 Tahapan penelitian dalam diagram *fishbone*

- Kajian Literatur : Untuk memperoleh pengetahuan sehubungan penelitian ini , mengumpulkan hasil penelitian yang telah dibuat untuk selanjutnya di kembangkan menjadi lebih baik sesuai dengan tujuan penelitian.
- Observasi: Pengamatan di objek penelitian, wawancara dengan petugas yang menangani yaitu dinas Pekerjaan Umum pada kantor Dinas-dinas kotamadyah Makassar.
- Pengambilan Data: Mengumpulkan data hasil perancangan system accelerometer yang terkirim dari sistem IoT.
- Perancangan sistem: Pembuatan pengembangan sistem sensor accelerometer yang membaca data pengukurannya kemudian dikirim dengan IoT ke user.
- Pengujian sistem : Pengumpulan data yang dihasilkan dari perangkat .
- Pembuatan Laporan : Dari hasil perancangan sistem dan pengukuran perangkat maka disusun laporan sebagai ilmu pengetahuan yang akan mendukung penelitian selanjutnya.
- Selesai: Hasilnya adalah buku disertasi.

2.14 Waktu dan Lokasi Penelitian

2.14.1 Waktu

Waktu penelitian dilaksanakan selama 2 tahun dimulai pada bulan Agustus 2020 sampai bulan September 2022.

2.14.2 Lokasi

Proses pengukuran dilakukan pada lokasi yaitu: laboratorium Mikroprosesor Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang Sulawesi Selatan, laboratorium Teknologi Perangkat Lunak Teknik Elektro Unhas, pada Jembatan penghubung Departemen Teknik Elektro Universitas Hasanuddin Gowa, Jembatan Layang Urip Sumoharjo, Jembatan UMI, Jembatan S. Tello Kota Madya Makassar, dan jembatan penghubung Departemen Elektro Universitas Hasanuddin, Gowa.



(a) Jembatan Layang Urip Sumoharjo



(b) Jembatan UMI

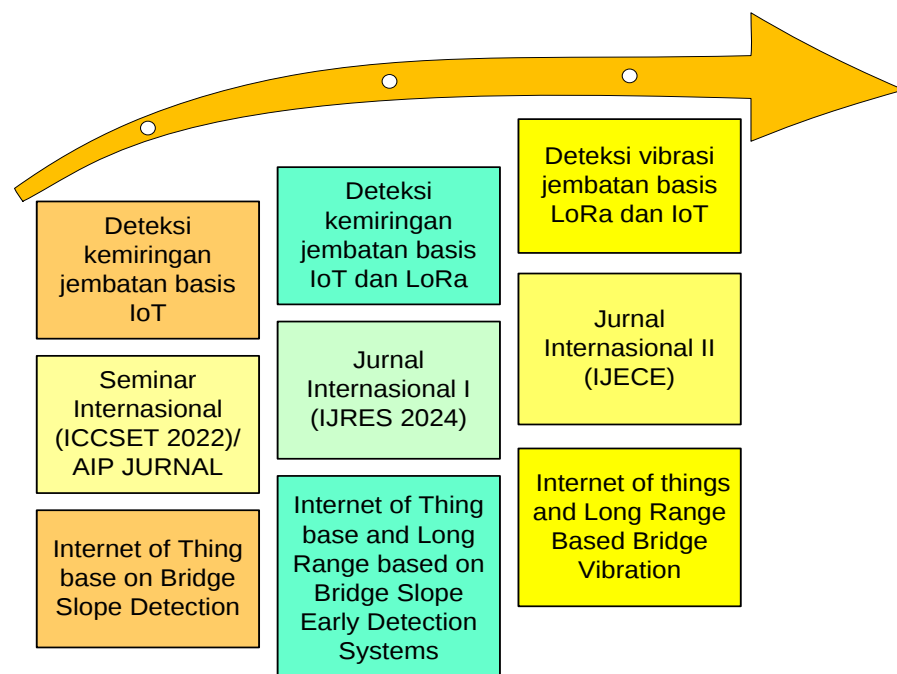


(c) Jembatan Sungai Tello



(d) Jembatan penghubung Departemen Teknik Elektro Unhas, Gowa.

Gambar 11 (a) Jembatan Layang Urip Sumoharjo, (b) jembatan UMI, (c) jembatan S.Tello, (d) jembatan penghubung Departemen Teknik Elektro Unhas



Gambar 12 Luaran Penelitian dan Milestone

2.15 Jenis Penelitian

Penelitian ini pengembangan sistem accelerometer untuk itu dengan data *research literature* (buku pustaka) , serta pengumpulan data lapangan (*field research*), untuk jenis penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang aplikatif. Adapun metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *waterfall*, model ini berkembang secara sistematis dari satu tahap ke tahap selanjutnya. Metode *waterfall* adalah sebuah pendekatan kepada pengembangan *software* yang sistematis dan sekuensial yang dimulai dari tingkat kemajuan sistem pada seluruh analisis, desain, kode program, pengujian dan pemeliharaan. Membuat sistem monitoring kemiringan dan vibrasi jembatan berbasis LoRa dan IoT. Pengujian sistem berfungsi dengan baik dan validasi akan dikerjakan. Untuk mengetahui pergerakan kemiringan jembatan maka dibuat penelitian ini yang merupakan pengembangan sistem sebelumnya.

2.16 Sumber Data

Data secara langsung diperoleh pengujian di Laboratorium Mikroprosesor, Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, Laboratorium Teknologi Perangkat Lunak Teknik Elektro Universitas Hasanuddin, pada jembatan penghubung Departemen Elektro Universitas Hasanuddin dan data hasil pengukuran pada Jembatan layang Urip Sumoharjo, Jembatan UMI, Jembatan S. Tallo Makassar.

2.17 Instrumen Penelitian

Penelitian ini menggunakan instrumen perangkat keras dan perangkat lunak, untuk tercapainya realisasi sistem yang baik. Perangkat keras (*Hardware*): laptops/handphone, sensor accelerometer, mikrokontroller ESP32, power supply. Perangkat lunak: windows 10 64-bit *operating system*, Arduino IDE, MQTT/Jaringan Internet. Penelitian ini dimulai dengan melakukan identifikasi kebutuhan yang mencakup informasi tentang perangkat lunak, perangkat keras, sistem operasi dan aplikasi pendukung, akan digunakan di penelitian ini. Adapun spesifikasi kebutuhan sebagai berikut: pada tabel 4 ditunjukkan perangkat keras dan spesifikasi yang digunakan. Perangkat lunak pada tabel 5 ditunjukkan perangkat lunak dan spesifikasi.

Tabel 4 Perangkat Keras

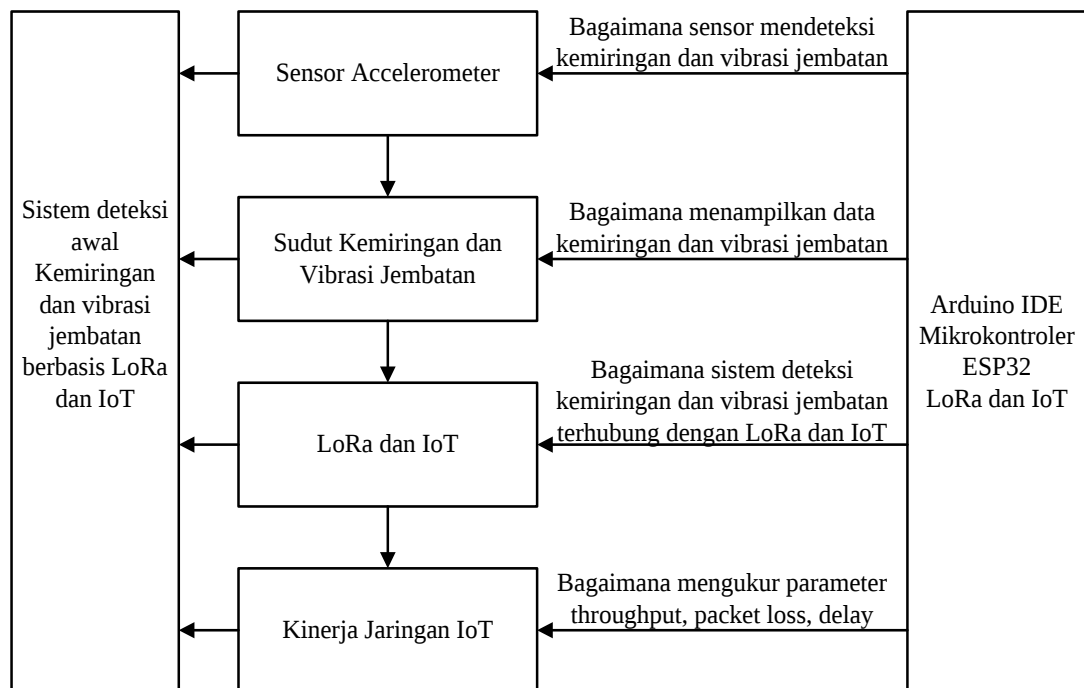
No	Perangkat Keras	Deskripsi
1	Laptop	Processor : Intel® Core™ i7-7700HQ, CPU @2.80GHz (8 CPUs). Memory : 8192 MB RAM. HDD : 1 TB.
2	Sensor Accelerometer	Antarmuka digital (1 pin I/O dengan level TTL)
3	Mikrokontroler ESP32	CPU: @ 80 MHz (default) or 160 MHz Memori: 32 KB instruction, 80 KB user data Wi-Fi : 80.11 b/g/n standard
4	Power Supply/Catupaya	5V, 1000mA
5	LoRa	Transceiver LoRa

Tabel 5 Perangkat Lunak

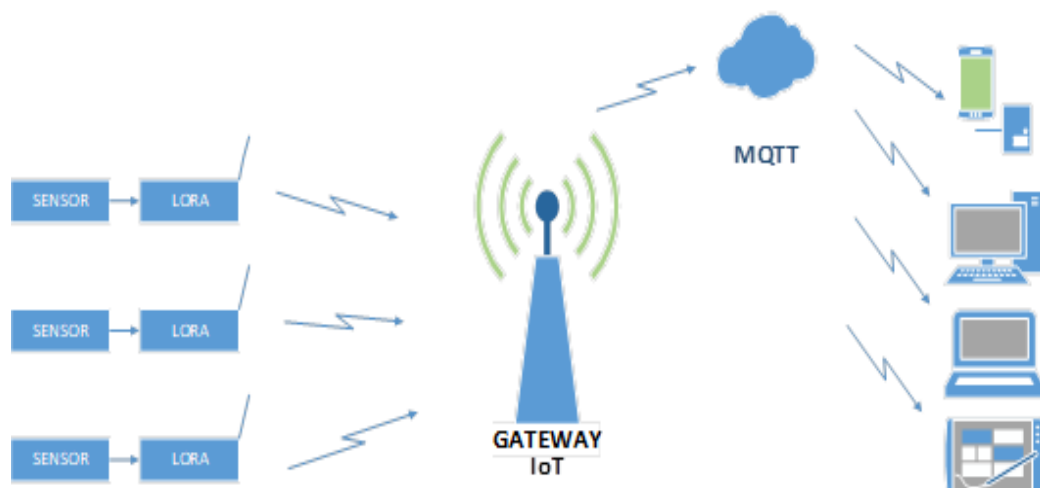
No	Perangkat Lunak
1	<i>Sistem operasi Windows 10 64 bit</i>
2	<i>Arduino IDE</i>
3	<i>MQTT Lens dan Acces Internet</i>

2.18 Hipotesis Penelitian

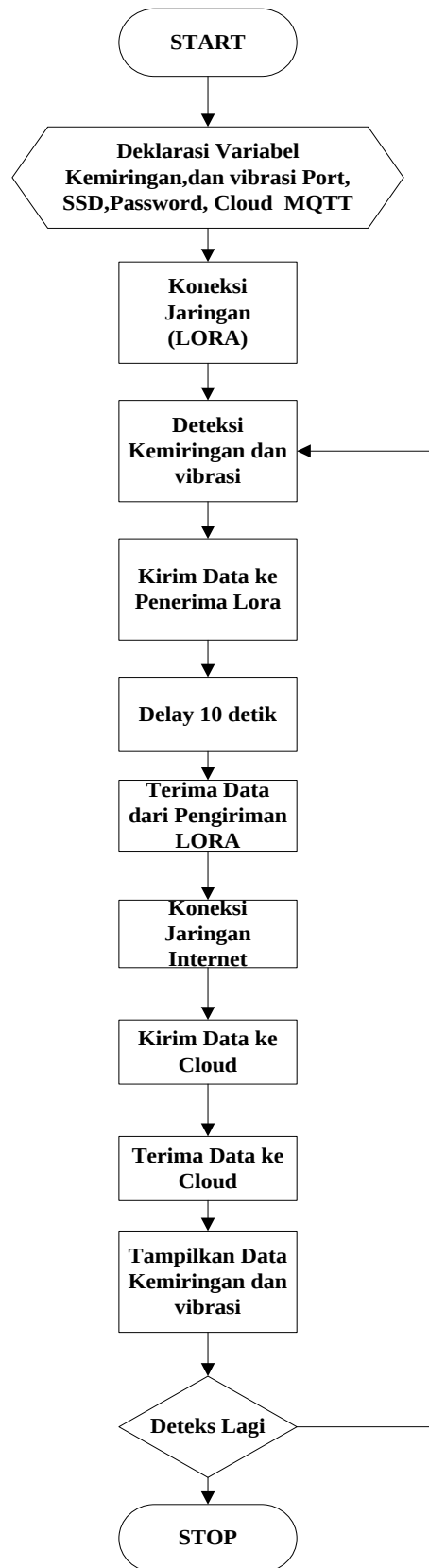
Dari kajian dan untuk pengembangan sistem, maka dirancang bagaimana cara menghubungkan sistem sensor accelerometer dengan sistem *LoRa* dan *Internet of Things*, dengan menggunakan mikrokontroler ESP32, menggunakan *software Arduino IDE* sehingga sistem akan berfungsi dengan baik. Membuat bagaimana sehingga desain *software arduino IDE* berfungsi baik menjalankan proses deteksi kemiringan dan vibrasi jembatan, serta mentransmisikan data deteksi sensor accelerometer. Sensor accelerometer mendeteksi perubahan atau kemiringan dan vibrasi yang terjadi pada jembatan, transmisi data akan mengirim melalui *long range* dan *internet of things* ke handphone. Bagaimana untuk mengetahui kinerja jaringan internet yang digunakan, untuk itu akan dilakukan pengukuran parameter *throughput*, *packet loss*, *delay*.



Gambar 13 Hipotesis Penelitian



Gambar 14 Arsitektur sistem deteksi dini kemiringan dan vibrasi jembatan berbasis *Lora* dan *IoT*



Gambar 15 *Flowchart* sistem deteksi dini kemiringan dan vibrasi jembatan berbasis *Lora* dan *IoT*