

BAB 1

USULAN GAGASAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Banten adalah sebuah provinsi di Indonesia yang terletak di bagian barat pulau Jawa. Ibukotanya adalah Serang. Provinsi Banten memiliki peran strategis karena merupakan pintu gerbang menuju Pulau Jawa dari arah barat. Wilayah ini memiliki sejumlah jembatan penting yang menjadi bagian vital dari sistem transportasi di daerah tersebut.

Namun, seperti banyak wilayah lain di Indonesia, masalah infrastruktur menjadi salah satu tantangan yang dihadapi Banten. Salah satu isu yang mungkin dialami provinsi ini adalah kerusakan pada beberapa jembatan akibat usia yang tua, pembebanan yang melebihi kapasitas desain, dan kurangnya perawatan yang optimal. Faktor-faktor ini dapat menyebabkan penurunan keamanan dan mobilitas masyarakat. Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi masalah yang akan terjadi apabila kondisi jembatan tersebut tidak terpantau sehingga operator jembatan dapat melakukan tindakan sebelum roboh sehingga mengurangi biaya dalam pemeliharaan dan perbaikan jembatan.

Jembatan yang digunakan untuk melakukan pengujian adalah jembatan Cisauk Banten, yang berada di jalan raya Cisauk kecamatan Cisauk, Kabupaten Tangerang. Jembatan Cisauk merupakan salah satu program Tangerang untuk bebas macet, jembatan ini juga mendukung optimasi stasiun Kereta Rel Listrik (KRL) Cisauk dan kawasan *Transit Oriented Development* (TOD).

Structural Health Monitoring System (SHMS) pada jembatan merupakan sistem yang terpenting dalam mengidentifikasi umur struktur jembatan, pengaruh kondisi lingkungan, dan dampak kendaraan berat yang melintas di atas jembatan. SHMS menyediakan deteksi dini masalah jembatan sehingga akan memperpanjang umur struktur jembatan, meningkatkan keselamatan publik, dan mengurangi biaya pemeliharaan dan operasional. Dalam prakteknya, pemantauan kondisi kesehatan jembatan saat ini masih melakukan pengolahan data secara manual, Di sisi lain, pengumpulan data tidak dilakukan secara rutin. Oleh karena itu, menjadi tantangan untuk mengembangkan alat [1]. Contoh alat pemantauan kesehatan jembatan adalah *Wireless Sensor Node* (WSN), merupakan perangkat *embedded* kecil yang dipasang di jaringan skala besar yang memiliki kapabilitas penginderaan, komputasi, dan komunikasi[2].

1.2 Informasi Pendukung Masalah

Pada hasil riset sebelumnya, telah berhasil mensimulasikan *Structural Health Monitoring System*(SHMS) menggunakan respon dinamik yang telah mencakup identifikasi kondisi kerusakan terkini berdasarkan tanda-tanda vibrasi ketika dilalui oleh suatu beban kendaraan besar[3]. Nilai jembatan yang masih dapat melakukan layanan dalam menerima beban aman disebut *Load Rating* (Load Rating), Serta *Rating Factor* (RF) untuk kondisi kendaraan tertentu yaitu kendaraan yang melebihi batas tonase yang diperbolehkan. Penelitian sebelumnya juga melakukan eksperimen dalam hal mengukur respon dinamik jembatan yang dipengaruhi oleh beban kendaraan yang dilalui beserta lajunya menggunakan sensor untuk mendeteksinya[4]. Untuk kendaraan beserta lajunya menggunakan sensor *Weigh in Motion* (WIM), sedangkan vibrasi menggunakan *accelerometer*. Penelitian sebelumnya menggunakan *Sun Small Programmable Object Technology* (*SunSPOT*) sebagai alat untuk mendeteksi getaran, untuk mencari nilai *Load Rating* dan *Rating Factor*[5].

SunSPOT merupakan perangkat jaringan sensor nirkabel yang dikembangkan oleh *Sun Microsystem* pada tahun 2004[6]. *Sun Labs* memulai proyek SunSPOT untuk membangun perangkat keras sensor mereka sendiri dan untuk mengadaptasi Mesin Virtual Java yang kecil yang disebut *Project Squawk platform*. Pada pengerjaan awal penelitian ini, membuat alat menggunakan referensi dari SunSPOT karna sudah mendukung untuk membuat perangkat WSN yang mampu untuk mendeteksi *accelometer* dan *temperature*[7]. Hasil dari SunSPOT ini juga bisa dianalisis dengan menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT)[8]. FFT adalah Teknik yang digunakan untuk mengubah sinyal atau data domain waktu ke domain frekuensi, hasil dari FFT dapat membantu untuk pengolahan dan analisis data agar bisa mengetahui kondisi struktur kesehatan jembatan. Karena kendala perangkat dan program OS Squawk yang sudah *discontinue*, maka proses selanjutnya yaitu merancang PCB dengan menggunakan referensi dari STM32. *Board* STM32 yang digunakan adalah jenis STM32L476RG, untuk mendapatkan nilai *accelometer* akan menggunakan sensor dari STlink juga yaitu X-Nucleo-IKS01A3. Sensor ini telah *compatible* dengan tata letak dari Arduino R3 dan dilengkapi dengan fitur LSM6DSO *Accelometer* 3 axis, 3 axis *Gyroskop*, LISMDL 3 axis *Magnetometer*, LPS22HH *pressure*, STTS751 *Temperature*, dan HTS221 *Humidity* .

1.3 Analisis Umum

1.3.1 Aspek Ekonomi

Dalam dunia industri, segala bentuk kegiatan untuk melakukan produksi dimulai dari mengolah bahan baku menjadi produk jadi maka perlu adanya tingkat komponen dalam negeri. Hal ini tertuang dalam peraturan perundang-undangan nomor 3 Tahun 2014 tentang perindustrian[9]. Ada beberapa point aspek ekonomi pada alat:

1. Peningkatan produksi komponen lokal.
2. Meningkatkan kontribusi industri dalam negeri.
3. Pengurangan ketergantungan pada impor.
4. Dukungan terhadap industri lokal.
5. Pengembangan kapasitas teknologi dalam negeri.

1.3.2 Aspek Manufakturabilitas (*Manufacturability*)

Alat yang dibuat adalah alat yang manufakturabilitasnya tinggi dan sangat dibutuhkan oleh PUPR agar bisa mengetahui kondisi struktur kesehatan jembatan. Melalui TKDN maka dalam memproduksi dapat dilakukan di dalam negeri yang kemudian akan menyediakan keahlian tenaga kerja. Komponen yang *discontinue* juga dapat menyerap tenaga kerja dalam negeri.

1.3.3 Aspek Keberlanjutan (*Sustainability*)

Dengan adanya produksi dalam negeri, maka alat yang dibuat masih dapat dikembangkan serta dapat di gunakan dalam kegiatan aspek lainnya misal dalam infrastruktur train rail.

1.3.4 Aspek Penggunaan (*Usability*)

Melalui aspek ini, mitra Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) Banten akan menggunakan perangkat untuk memantau dan monitoring kondisi struktur kesehatan jembatan secara otomatis tanpa menggunakan cara manual yang perlu ke jembatan langsung dan membutuhkan sumber daya manusia yang banyak dalam monitoring kesehatan jembatan.

1.4 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

Berdasarkan masalah, latar belakang, dan analisis yang telah dipaparkan, maka kebutuhan yang harus dipenuhi dari solusi yang akan diajukan adalah:

- Dibutuhkan *Board* STM32 jenis STM32L476RG untuk referensi pengembangan *software*.
- Dibutuhkan design skematik *board* STM32L476RG untuk referensi skematik.
- Alat sensor mampu mendeteksi getaran jembatan.
- Alat dapat melakukan prediksi SHMS melalui getaran amplitudo.

- Dibutuhkan jembatan agat alat bisa digunakan.
- Alat yang dirancang dapat digunakan oleh mitra PUPR Banten.

1.5 Solusi Sistem yang Diusulkan

Solusi yang ditawarkan adalah rancangan PCB yang referensinya berasal dari *board* STM32. Rancangan ini, yang memiliki persentase paling besar. Juga referensi yang berasal dari STM32 memiliki kelebihan *open-source*, dari design skematik, komponen, dan program untuk *deploy* pada mikroprosesor.

1.5.1 Karakteristik Produk Referensi SunSPOT

1. Fitur Utama

Board SunSPOT memiliki sensor getaran yang dapat bekerja pada kondisi tertentu. Dengan adanya sensor getaran maka dapat menganalisis berdasarkan getaran yang dihasilkan pada kondisi sekitar. Objek yang dideteksi adalah jembatan, apabila kendaraan besar melintas jembatan maka akan terjadi getaran pada struktur jembatan. Hasil dari getaran tersebut akan dianalisis, kemudian dikirim kepada penyedia atau pengelola jembatan .

2. Fitur Dasar

Pada *Board SunSPOT* ini terdapat 2 buah PCB yaitu *Main Board & Sensor Board*. *Board Main Board* berfungsi sebagai prosesor utama untuk menjalankan RTOS. Selain itu, board ini juga memiliki spesifikasi memori, *power management circuit*, *802.15.4 radio transceiver* dan *antenna, battery connector & daughterboard connector*. *Board Sensor Board* memiliki Atmega88 processor sebagai *mikrokontroller, flash memory*, sensor cahaya, *temperature sensor, sensor accelerometer*, dan *two switches*.

3. Fitur Tambahan

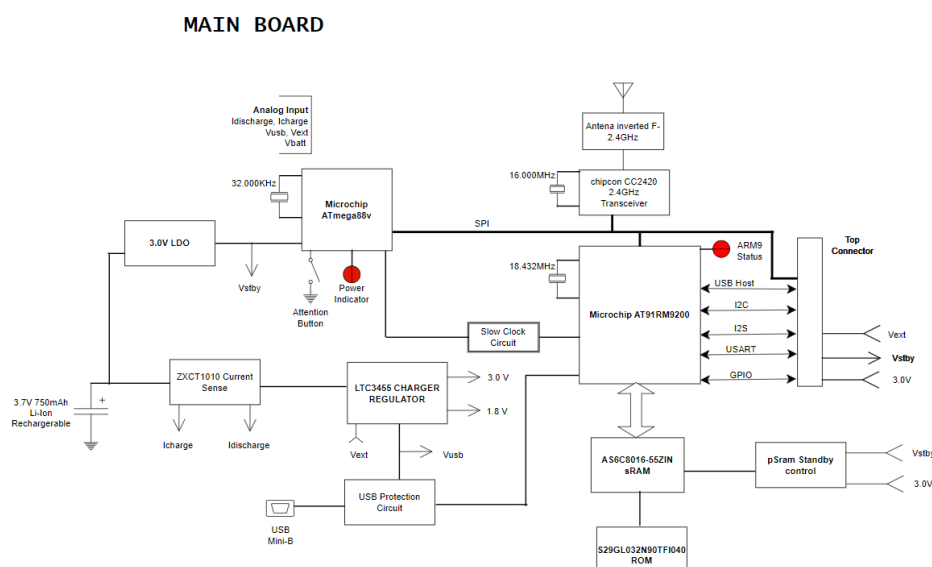
Pada *board sensor board* memiliki 8 buah tri-color LEDs atau biasa disebut RGB. RGB ini akan deprogram oleh *programmer* untuk kondisi-kondisi tertentu. RGB ini berfungsi sebagai pelacakan *error* jika terdapat masalah pada SunSPOT.

4. Sifat solusi yang diharapkan:

Main Board yang dibuat diharapkan mempunyai tingkat keakuratan yang maksimal atau dapat dengan mudah menganalisis data yang diperoleh. Dengan aturan TKDN oleh pemerintah, maka dapat menekan biaya yang dikeluarkan & dapat menciptakan lapangan pekerja baru. Selain itu, tidak membutuhkan perawatan khusus pada *board* yang dibuat.

1.5.2 Pembuatan *Board* Menggunakan Referensi dari SunSPOT

1. Pembuatan *Main Board* Sistem Pendeteksi Getaran Jembatan.



Gambar 1. 1 Gambaran Umum MainBoard SunSPOT

Pada alat terdapat 2 *board* yang saling terhubung dengan *connector* yaitu *Main Board* dan *Sensor Board*. *Main Board* berfungsi sebagai *master board* yang memiliki tugas untuk menyimpan data, menampung data, dan menjalankan program. Dalam *MainBoard* memiliki komponen inti diantaranya adalah *Micro_Memory*, *Micro Power*, *Power Supply*, *Atmega88v-10AU*, *Radio_chip*, *I/O connector* dan *USB device*[5]. Pada *main board* ini prosesor utamanya adalah *Atmega88v-10AU* yang terintegrasi dengan *system on a chip (SOC)*[10], yang digabungkan *Micro_memory* dengan komponen *S29GL032N90TFI040*[11] sehingga menjadi satu. *Main Board* juga ditenagai dengan kombinasi dari baterai yang dapat di isi ulang oleh solar panel komponen yang digunakan adalah *LTC3455EUF#PBF*[12]. *USB device* pada *Main Board* menggunakan komponen *micro_usb*, berfungsi sebagai komunikasi antara sumber tegangan listrik dengan *Main Board*. Pada *Main Board* juga terdapat *Input/Output* yang

dapat di program. Selanjutnya adalah penjelasan kriteria dari Pembuatan *Main Board* sistem pendeteksi getaran jembatan.

- Kriteria Teknis :

1. Kriteria Estimasi Waktu Pembuatan *Main Board*

Pada proses pembuatan *Main Board*, butuh waktu yang sekitar dua bulan, mulai dari pekerjaan skematik desain komponen membutuhkan waktu pekerjaan 1 – 2 minggu. Lanjut pada proses pencetakan *Main Board* mengambil waktu sekitar dua minggu, dan terakhir pekerjaan *soldering* komponen dan pengujian alat di dua minggu terakhir.

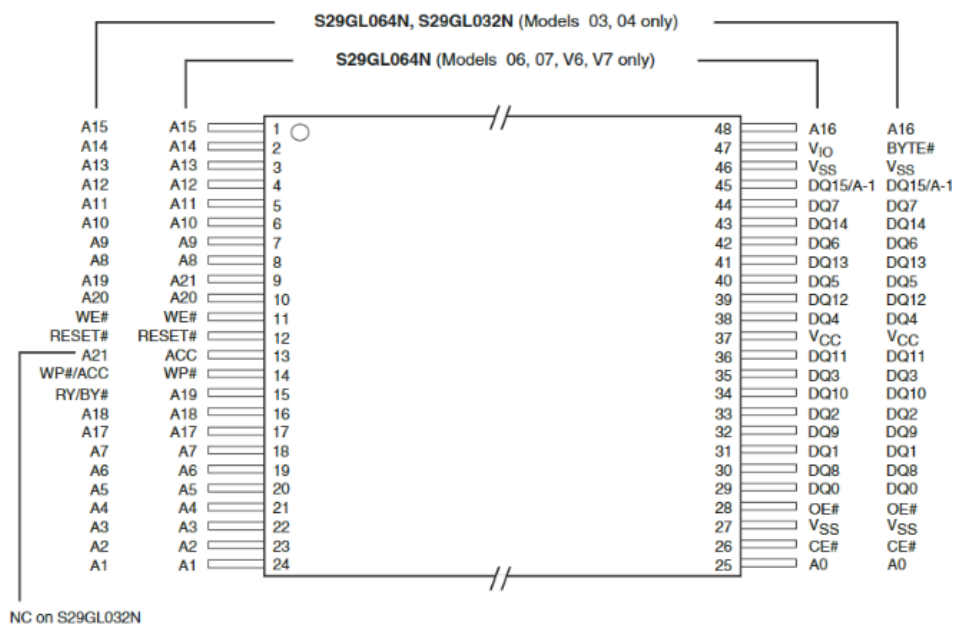
2. Kriteria Ketersediaan Komponen pada *Main Board*

Komponen alat banyak yang telah *discontiniue*. Sehingga perlu mengganti komponen yang baru dan ada dipasaran dan apabila tidak ada dalam negeri Indonesia maka perlu melakukan membeli komponen dari luar negeri. Berikut adalah komponen yang diperbaharui:

- Memori S71PL032J40 diubah menjadi S29GL032N90TFI040
- Processor Utama AT91RM200 diubah menjadi ATMEGA88V-10AU
- USB *device* DF 17-30-R menjadi STF202-22T1G[13]

3. Kriteria Kapasitas Penyimpanan *Memory Mainboard*

Alat didorong untuk dapat mengtransmisikan data dalam jumlah yang besar dari *Sensor Board* ke *Main Board* , Oleh sebab itu diperlukannya kapasitas penyimpanan yang besar sehingga sistem dapat mengolah data dengan baik. Maka komponen yang paling cocok digunakan adalah S29GL032N90TFI040.



Gambar 1. 2 pin Standard TSOP S29GL032N90TFI040

Tabel 1. 1 Tabel pin deskripsi

Pin	Description
A21-A0	22 Address inputs (S29GLO64N)
A20-A0	21 Address inputs (S29GL032N)
DQ7- DQ0	8 Data inputs/outputs
DQ14- DQ0	15 Data inputs/outputs
DQ15/A-1	DQ15 (Data input/output, word mode), A-1 (LSB Address input, byte mode)
CE#	Chip Enable input
OE#	Chip Enable input
WE#	Write Enable input
WP#/ACC	Hardware Write Protect input/Programming Acceleration input
ACC	Acceleration input
WP#	Acceleration input
RESET#	Hardware Reset Pin input
RY/BY#	Ready/Busy output
BYTE#	Ready/Busy output
VCC	3.0 volt-only single power supply (see Product Selector Guide for speed options and voltage supply tolerances)
Vio	Output Buffer Power
Vss	Device Ground
NC	Pin Not Connected Internally

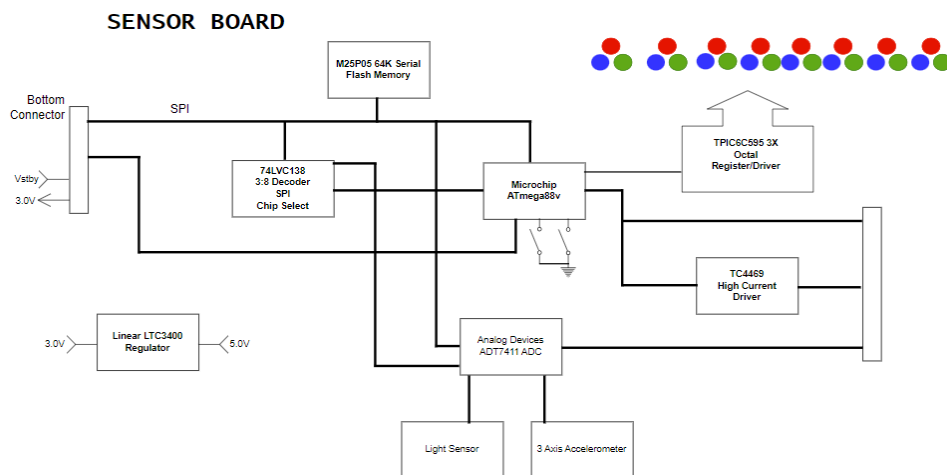
4. Kriteria Sistem Operasi *Main Board*

Alat menggunakan *virtual machine squawk*, yang dirancang untuk perangkat kecil seperti yang digunakan yaitu AT91RM9200-QU-002[14]. VM ini memungkinkan untuk menjalankan pemrograman *Java* pada perangkat dengan sumber daya yang sangat terbatas, seperti *smart card*, sensor nirkabel, dan perangkat tertanam kecil lainnya.

5. Kriteria Jangkauan Antena Menangkap Signal dari *Main Board*

Alat menggunakan antenna *type-F* dengan 2,4 Ghz[15]. Pada prototipe ini telah dilakukan uji coba pada alat. Pada pengukuran pertama pengujian jarak dan tinggi *Base Station* ke alat. Alat mampu menangkap signal dengan jarak 4,41 meter.

2. Pembuatan *Sensor Board* untuk Mendeteksi Getaran Jembatan



Gambar 1. 3 Gambaran Umum Sensor Board referensi SunSPOT

Alat yang buat dan teliti ini juga ada *sensorboard*, berfungsi sebagai mendeteksi getaran. Pada *board* sensor ini ada beberapa komponen inti yaitu *AVR_SerialFlash*, *Accelerometer*, *LEDs_I/O*, *Power Supply*. [4] *AVR_SerialFlash* adalah *memory flash* yang di program secara *in system programming* (ISP) berfungsi untuk menyimpan program mikrokontroler, Komponen yang digunakan adalah ATMEGA88V-10AU sebagai komunikasi *mikrokontroler* di *board* ARM 9 melalui saluran SPI sebagai perangkat input. *Board* sensor terdapat *accelometer* yang memiliki fungsi utama yaitu deteksi getaran, menggunakan komponen MMA7455LT, komponen ini telah digital sehingga cocok dipakai untuk komunikasi serial pada *Main Board*. Pada *Sensor Board* masing-masing dari delapan LED tiga warna dapat dimodulasi lebar pulsa menggunakan mekanisme PWM, warna lampu RGB (*Red, Green, Blue*) yang bisa

dikontrol secara terpisah. Fungsi dari LED ini adalah untuk membantu memberi informasi apakah board berjalan atau tidak *programmer* atau pengguna yang menggunakan alat ini kemudian nanti.

- Kriteria Teknis

1. Kriteria Estimasi Waktu Pembuatan *Sensor Board*

Pada proses pembuatan *Main Board*, butuh waktu yang sekitar dua bulan, mulai dari pekerjaan desain skematik komponen membutuhkan waktu pekerjaan 1 – 2 minggu. Lanjut pada proses pencetakan *Main Board* mengambil waktu sekitar dua minggu, dan terakhir pekerjaan *soldering* komponen dan pengujian alat di dua minggu terakhir.

2. Kriteria Ketersediaan Komponen Pada *Sensor Board*

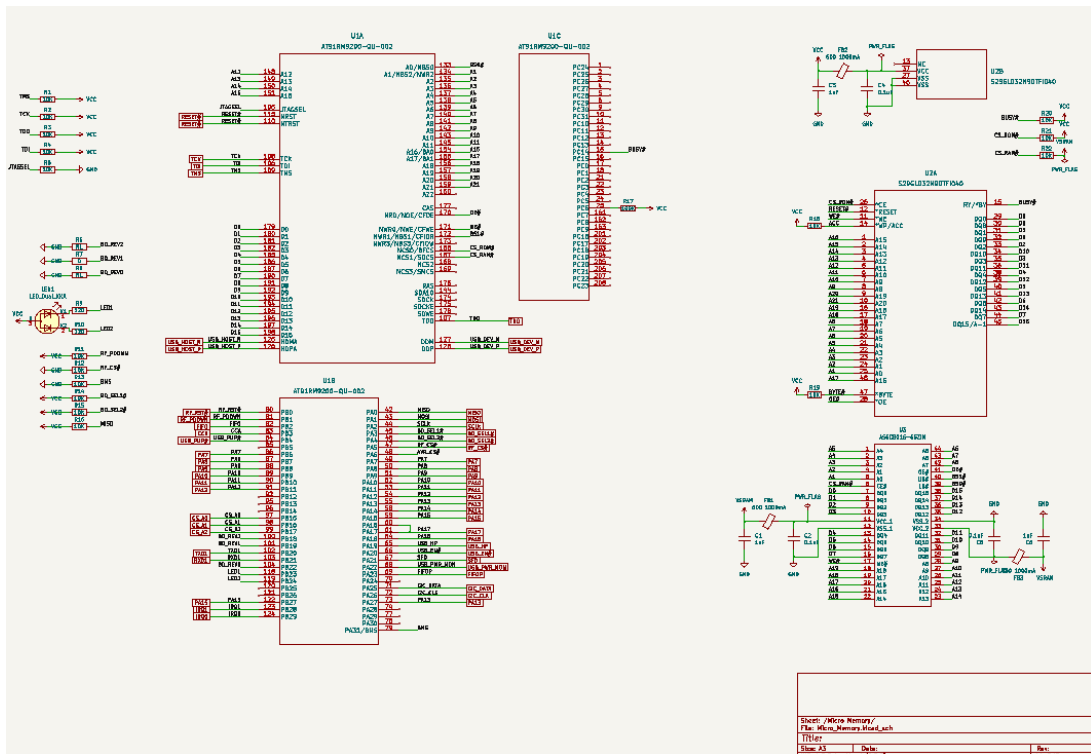
Ketersediaan komponen inti pada *Sensor Board*, telah *discontiniue* maka dari itu perlu dilakukan pembaharuan pada komponen. Komponen yang diperbaharui pada *Sensor Board* antara lain:

- Atmega88v menjadi Atmega88v-10Au
- [LIS3L02AQ](#) to analog ADT7411 menjadi MMA7455LT
- STPI6C595T menjadi STPIC6C59TTR

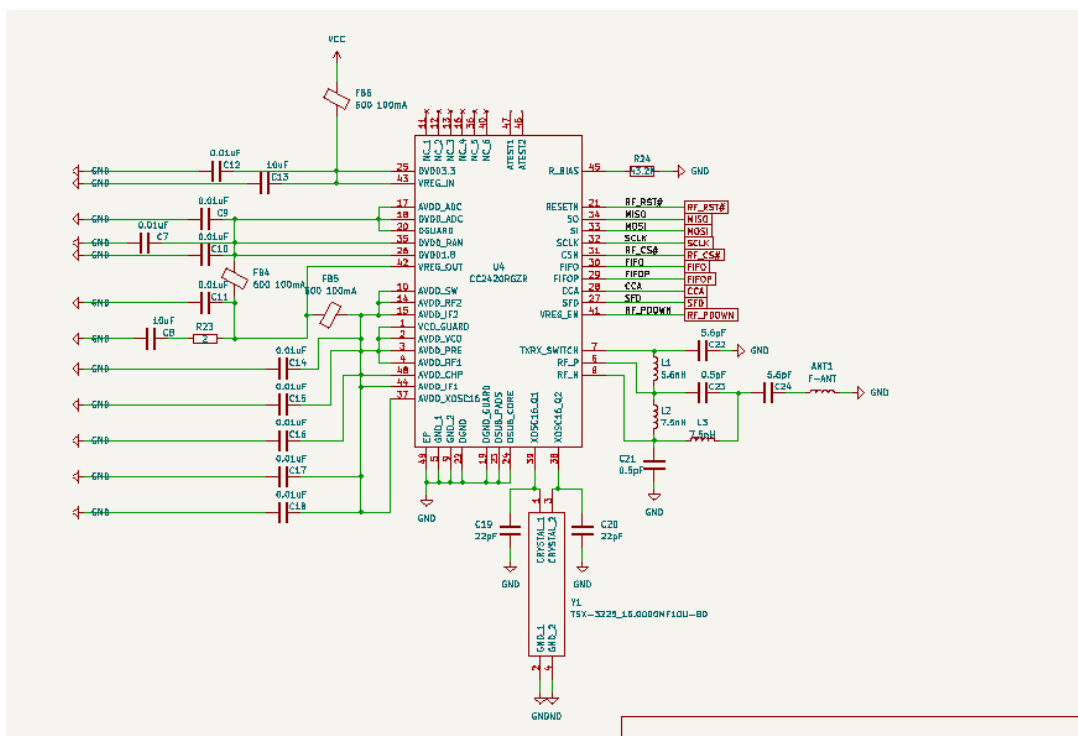
3. Kriteria Sistem Mendeteksi Getaran

Pada sistem mendeteksi getaran, komponen yang digunakan adalah *Accelometer* MMA7455LT[16]. komponen ini menggunakan rentang daya 2.5-5.5v, hasil keluaran dari komponen menghasilkan nilai digital. Di komponen menawarkan beberapa fitur terintegrasi yang nyaman termasuk konverter *analog* ke *digital* (ADC), *filter low-pass digital*, dan sensitivitas yang dapat dipilih kisaran $\pm 2g$, $\pm 4g$, atau $\pm 8g$.

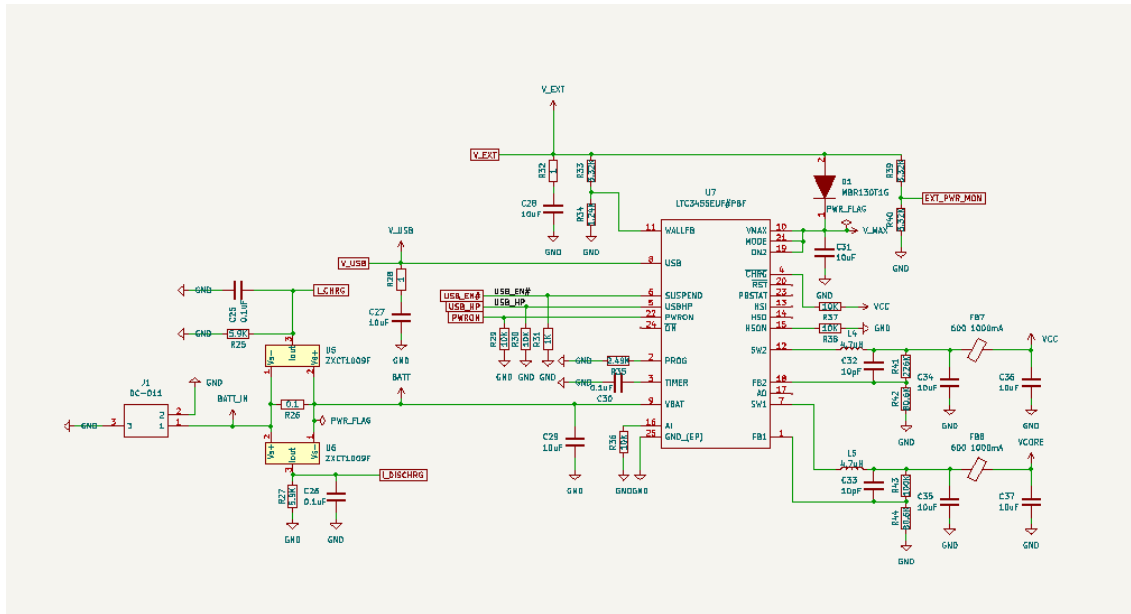
3. Skematik Board Referensi Menggunakan SunSPOT



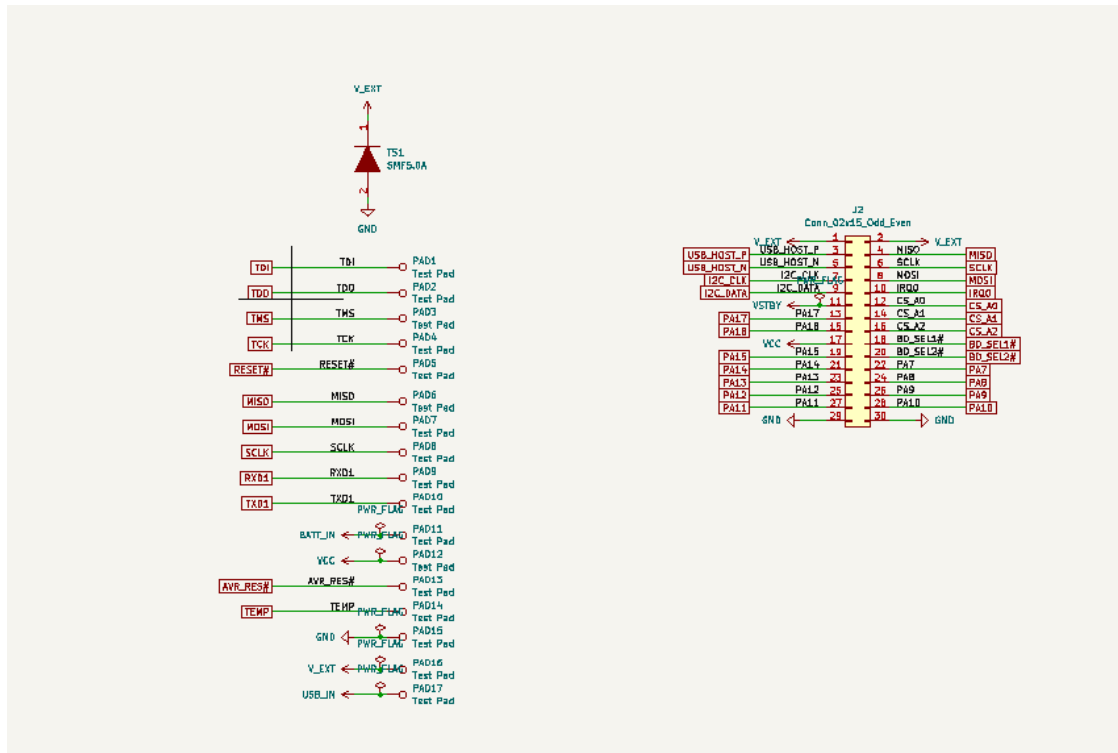
Gambar 1.4. Gambar Micro/Memory ATmega



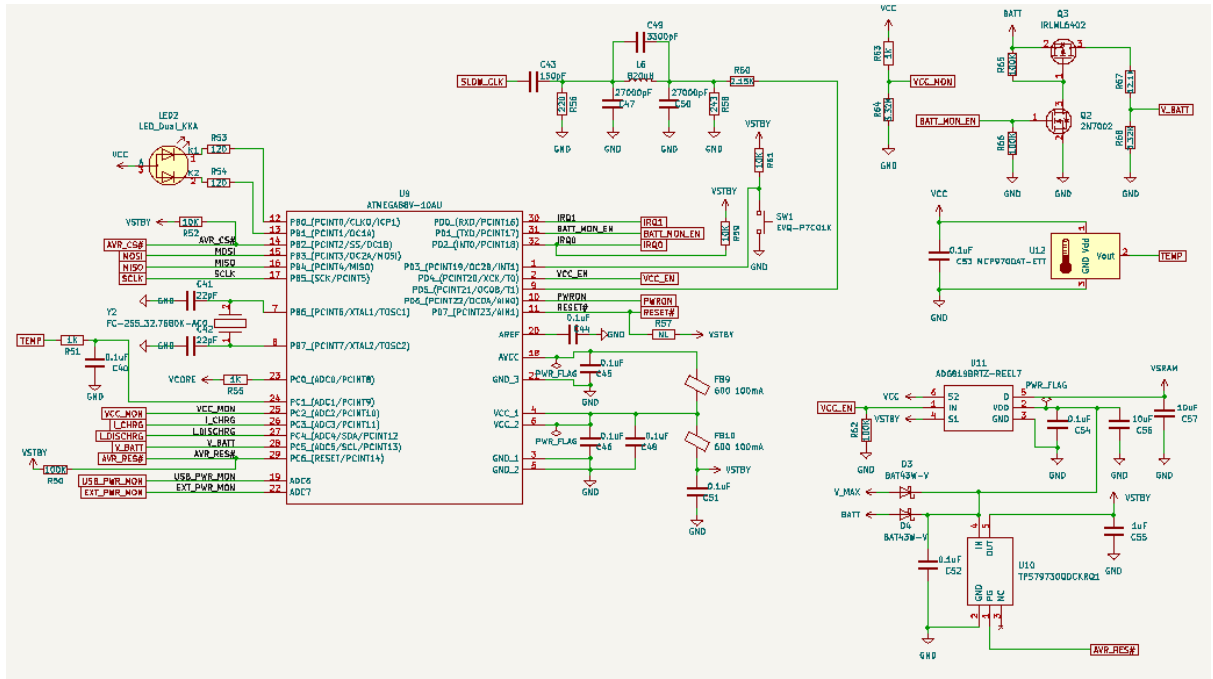
Gambar 1.5 Skematik RadioChip



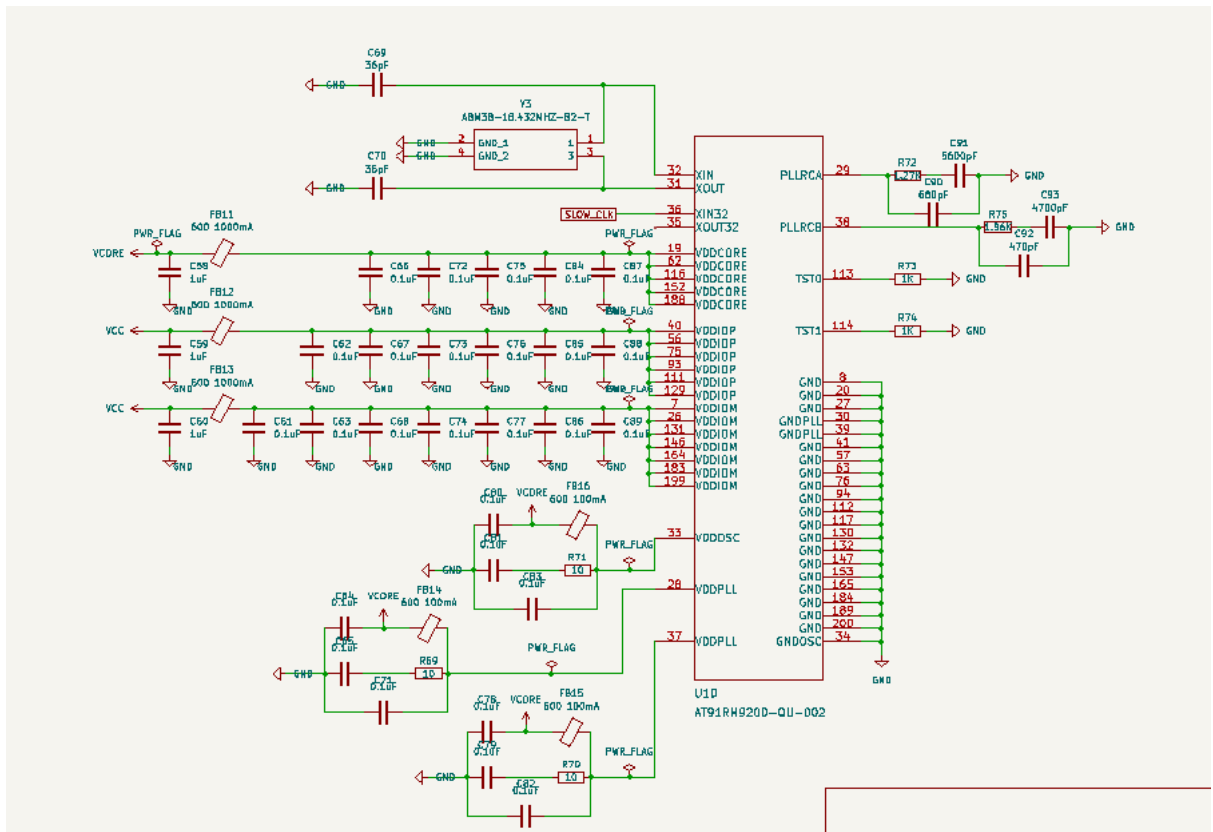
Gambar 1. 6 Skematik PowerManagement



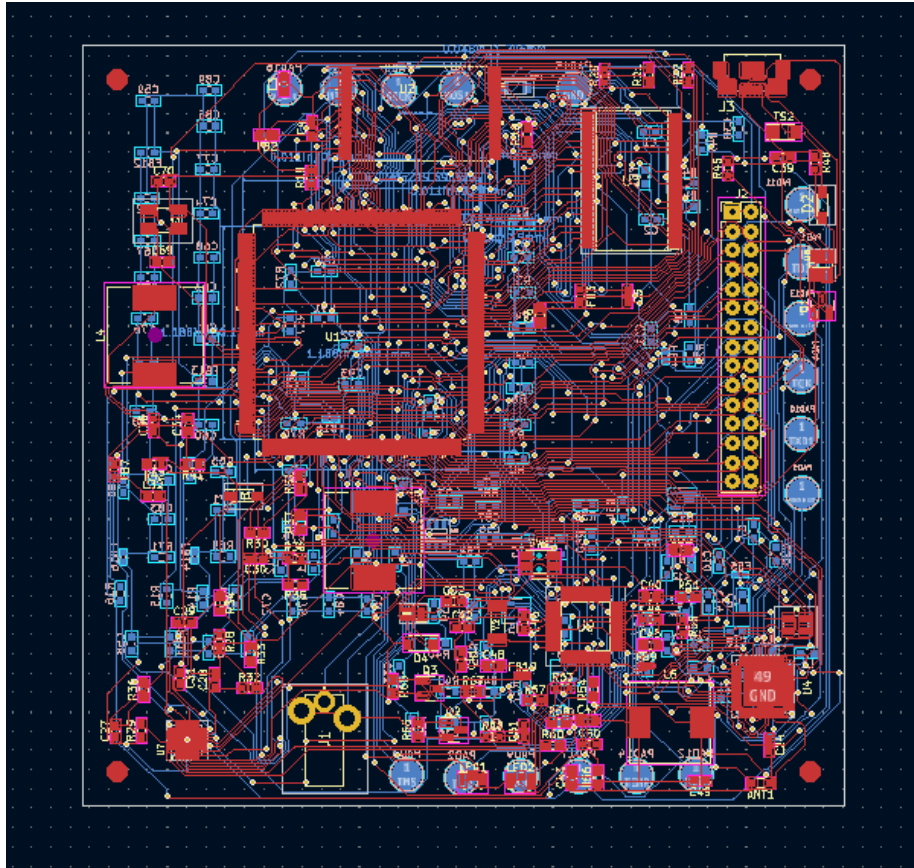
Gambar 1. 7 Skematik I/O Connector



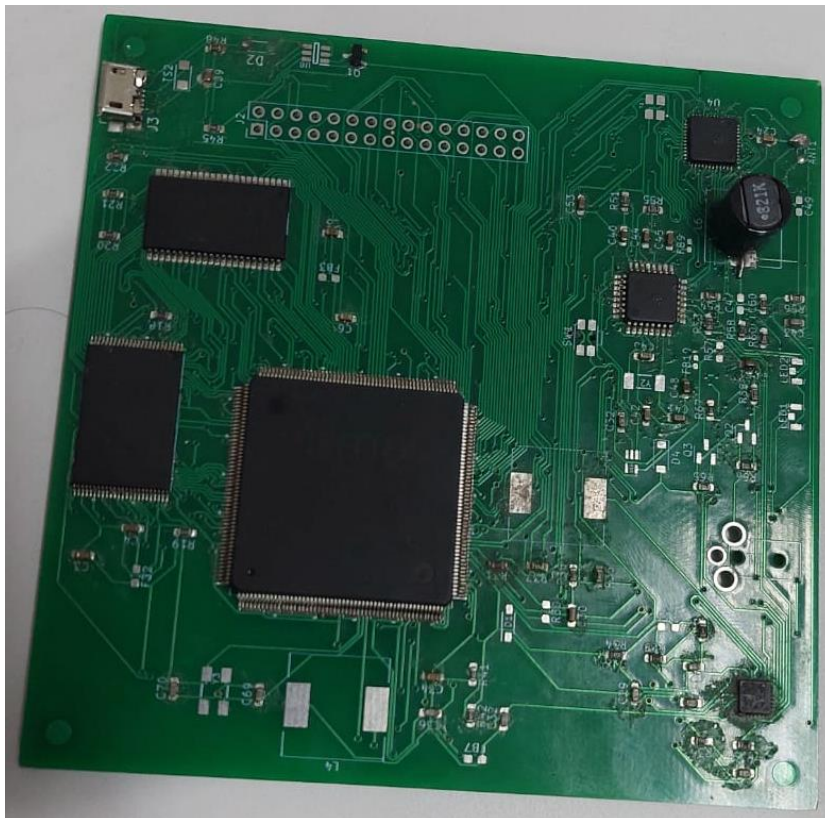
Gambar 1. 8 Skematik ATmega



Gambar 1. 9 USB Connector



Gambar 1. 10 PCB Route



Gambar 1. 11 Printed PCB Referensi SunSPOT

4. Kendala merancang *board* menggunakan referensi SunSPOT

- Banyak komponen yang telah *Discontinue*.
- *OS Squawk* yang telah usang.
- Minim referensi.
- *Board SunSPOT* sudah tidak diproduksi telah tutup sejak tahun 2014.

Dari kendala di atas selanjutnya merancang *board* PCB dengan menggunakan referensi dari STM32.

1.5.3 Karakteristik Produk Referensi STM32

1. Fitur Utama

Pada perancangan *board* dengan referensi STM32 terdapat sensor, yaitu sensor X-Nucleo-BNRG2A1 yang memiliki fungsi untuk konektivitas *Bluetooth* rendah energi[17]. Sensor X-Nucleo-IKS1A3 yang memiliki fungsi untuk mendeteksi *accelometer* LSM6DS0 (+2/ +4/ +8/ +16 g), mendeteksi *magnetometer* LISMDL: MEMS 3D (+50 gauss), LPS22HH: MEMS mendeteksi *pressure*, 260-1260 hPa *Absolute digital Output Barometer*, HTS221: mendeteksi *humidity* dan *temperature*, STTS751: Sensor *temperature* mampu mendeteksi mulai dari $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$, memiliki pustaka *Firmware*.

2. Fitur Dasar

Dalam perangkat STM32 memiliki fitur dasar, yaitu pada sensor X-Nucleo-IKS1A3 memiliki Pustaka *firmware* pengembangan kompherensif gratis dan semua sensor kompatibel dengan *firmware* STM32Cube, Dilengkapi dengan konektor Arduino UNO R3, Sesuai dengan RoHS, Sesuai dengan WEEE[18].

3. Fitur Tambahan

Pada rancangan PCB dari referensi STM32 ini masih belum ada *casing*, sehingga penelitian ini perlu menambahkan *casing* yang kuat agar Ketika diinjak mobil *casing* tidak rusak. Selanjutnya fitur tambahan lainnya dengan mengintegrasikan dari rancangan PCB ke ThingSpeak untuk mengirim data dan dianalisis melalui matlab menggunakan metode FFT.

4. Sifat Solusi yang Diharapkan

Rancangan *Board* yang dibuat diharapkan mempunyai tingkat keakuratan yang maksimal atau dapat dengan mudah menganalisis data yang diperoleh. Dengan aturan TKDN oleh pemerintah, maka dapat menekan biaya yang dikeluarkan & dapat

menciptakan lapangan pekerja baru. Selain itu, tidak membutuhkan perawatan khusus pada *board* yang dibuat.

1.6 Solusi Yang Dipilih

Berdasarkan solusi sistem yang diusulkan, penelitian ini mempertimbangkan saran dan masukan dari penelitian sebelumnya, maka diputuskan untuk mengambil solusi yang kedua yaitu produk yang menggunakan referensi dari STM32[19].

Tabel 1. 2 Tabel solusi

Alternatif Solusi	Konstrain/ Aspek 1	Konstrain/ Aspek 2	Konstrain/ Aspek 3	Konstrain/ Aspek 3
Solusi 2	Harga <i>Board</i> dari tiap STM32 yang sangat mahal, sehingga perancangan alat dengan harga produksi lebih murah	<i>Board</i> STM32 tidak memiliki TKDN dalam negeri, sehingga berupaya membuat alat yang bisa diproduksi dan bisa menciptakan lapangan kerja yang baru	Rancangan dibuat dan akan digunakan oleh mitra PUPR banten	Rancangan PCB yang dibuat adalah rancangan yang referensinya dari STM32

1.7 Kesimpulan

Banten adalah sebuah provinsi di Indonesia yang terletak di bagian barat Pulau Jawa. Ibu kotanya adalah Serang. Provinsi Banten memiliki peran strategis karena merupakan pintu gerbang menuju Pulau Jawa dari arah barat. Wilayah ini memiliki sejumlah jembatan penting yang menjadi bagian vital dari sistem transportasi di daerah tersebut. Jembatan yang digunakan untuk melakukan pengujian adalah jembatan Cisauk Banten, yang berada di jalan raya Cisauk kecamatan Cisauk, Kabupaten Tangerang. Jembatan Cisauk merupakan salah satu program Tangerang untuk bebas macet, jembatan ini juga mendukung optimasi stasiun KRL Cisauk dan kawasan *Transit Oriented Development* (TOD). *Structural Health Monitoring System* (SHMS) pada jembatan merupakan sistem yang terpenting dalam mengidentifikasi umur struktur jembatan, pengaruh kondisi lingkungan, dan dampak kendaraan berat yang melintas

di atas jembatan.[3] SHMS menyediakan deteksi dini masalah jembatan sehingga akan memperpanjang umur struktur jembatan, meningkatkan keselamatan publik, dan mengurangi biaya pemeliharaan dan operasional. Rancangan *board* mengambil solusi yang kedua, karena kendala pada rancangan menggunakan solusi pertama. Adapun kendala menggunakan solusi pertama yang menggunakan referensi dari *SunSPOT* :

1. Banyak komponen yang telah *Discontinue*.
2. *OS Squawk* yang telah usang.
3. Minim referensi.
4. *Board SunSPOT* sudah tidak diproduksi telah tutup sejak tahun 2014.