IMPLEMENTASI *LOW POWER MODE* PADA WIRELESS SENSOR NODE

SKRIPSI

KEMINATAN TEKNIK KOMPUTER

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:
Gatut Prasojo
NIM: 125150307111001

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

PENGESAHAN

IMPLEMENTASI *LOW POWER MODE* PADA WIRELESS SENSOR NODE

SKRIPSI

KEMINATAN TEKNIK KOMPUTER

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :
Gatut Prasojo
NIM: 125150307111001

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
15 Agustus 2016
Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Sabriansyah Rizqika Akbar, S.T, M.Eng.	Aswin Suharsono, S.T, M.T
NIP: 19820809 201212 1 004	NIK: 201102 840919 1 001

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Informatika

Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D
NIP: 19710518 200312 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 15 Agustus 2016

Gatut Prasojo

NIM: 125150307111001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir dengan baik. Penulisan tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapat gelar sarjana pada Program Studi Informatika Keminatan Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya Malang. Judul tugas akhir yang penulis ajukan adalah "Implementasi *Low Power Mode* Pada Wireless Sensor Node" ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan berhasil tanpa bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Bapak Sabriansyah Rizqika Akbar, S.T, M.Eng. dan bapak Aswin Suharsono, S.T, M.T selaku dosen pembimbing skripsi penulis yang dengan sabar membimbing dan mengarahkan penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D selaku ketua Program Studi Teknik Informatika.
3. Kedua Orang Tua dan seluruh keluarga besar atas segala nasehat, kasih sayangdan kesabaran dalam membesarkan dan mendidik penulis, serta yang senantiasa tiada henti-hentinya memberikan doa dan semangat demi terselesaikannya skripsi ini.
4. Seluruh civitas akademika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya yang telah banyak memberi bantuan dan dukungan selama penulis menempuh studi Informatika di Universitas Brawijaya dan selama penyelesaian skripsi ini.
5. Semua teman-teman Teknik Komputer angkatan 2012 segala bantuannya sehingga terselesaikannya skripsi ini dan bantuan selama menjadi mahasiswa.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, sehingga saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata penulis berharap skripsi ini dapat membawa manfaat bagi semua pihak yang menggunakannya.

Malang, 15 Agustus 2016

Gatut Prasojo

gatpras@gmail.com

repository.ub.ac.id

ABSTRAK

Pada Masa Kini teknologi *wireless* banyak digunakan dikarenakan kemampuannya dalam mendistribuskan dan penyebaran data secara nirkabel. Teknologi wireless ini ini biasanya diterapkan untuk memonitor lingkungan dengan pada jangka yang panjang serta memiliki kapasitas energi yang terbatas. Konsumsi energi pada teknologi *wireless* menjadi hal penting yang harus diperhatikan karena kelangkaan energi akan cepat terjadi bila tidak ada tindakan penghematan energi. Untuk itu pada penelitian ini akan membuat sebuah teknologi *wireless sensor node* yang dapat bekerja dengan arus yang lebih rendah, sehingga penggunaan energi lebih hemat dan mengurangi pergantian baterai secara berkala.

Pembuatan *wireless sensor node* yang hemat energi ini menggunakan arsitektur standar pada sebuah *wireless sensor node* yaitu menggunakan Arduino Pro Mini sebagai prosesor untuk akuisisi data sensor, pengiriman data serta mengatur konsumsi energi pada *wireless sensor node*. Untuk modul transmit data menggunakan nRF24L01 karena membutuhkan konsumsi energi yang rendah untuk transmit data. Pada penelitian ini hemat energi dilakukan dengan merubah state prosesor Arduino pada *Low Power Mode* dengan library khusus pada Arduino sehingga penggunaan arus pada *wireless sensor node* akan lebih rendah, dengan arus yang rendah penggunaan energi akan semakin rendah. Hasil pada pengujian penelitian ini menunjukkan bahwa dalam pengunaan arus pada saat pembacaan sensor dapat berkurang sebesar 14,5 mA, pada saat pengiriman data dapat berkurang sebesar 11,2 mA dan pada saat idle dapat berkurang sebesar 14,3 mA.

Kata kunci: *Wireless sensor node, power management, low power*.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

ABSTRACT

Present on wireless technology widely used because of its ability to redistribute and dissemination of data wirelessly. This wireless technology is usually applied to monitor the environment in the long term and has limited energy capacity. The energy consumption of wireless technologies become important things that must be considered because of the scarcity of energy will rapidly occur if there are no energy saving measures. Therefore in this study will create a technology of wireless sensor nodes that can work with lower current, so the use of more energy-efficient and reduce the periodic battery replacement.

Manufacturer of wireless sensor nodes is energy efficient using a standard architecture in a wireless sensor node that is using an Arduino Pro Mini as a processor for sensor data acquisition, data transmission as well as regulates the energy consumption of wireless sensor nodes. For module transmits data using nRF24L01 because it requires low energy consumption to transmit data. In this study done by changing the energy saving state Arduino processor in Low Power Mode with a special library on Arduino so that the current use of the wireless sensor node will be lower, with a low current energy use would be lower. The results of the testing of this study indicate that the use of the current at the time of sensor readings can be reduced by 14,5 mA, during data transmission can be reduced by 11.2 mA and at idle can be reduced by 14,3 mA.

Keyword: *Wireless sensor node, power management, low power*.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR ISI

PENGESAHAN ii
PERNYATAAN ORISINALITAS iii
KATA PENGANTAR iv
ABSTRAK v
ABSTRACT vi
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR x
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar belakang 1
1.2 Rumusan masalah 1
1.3 Tujuan 2
1.4 Manfaat 2
1.5 Batasan masalah 2
1.6 Sistematika pembahasan 2
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN 4
2.1 Tinjauan Pustaka 4
2.2 Dasar Teori 5
2.2.1 Struktur *Wireless Sensor Node* 5
2.2.2 Mikrokontroler 5
2.2.3 Komunikasi Gelombang Radio 6
2.2.4 Sensor Suhu 7
2.2.5 *Voltage* Regulator 7
2.2.6 Library Jeelib 8
2.2.7 Library Mirf 9
2.2.8 Serial Peripheral Interface (SPI) 9
BAB 3 METODOLOGI 11
3.1 Alur Metode Penelitian 11
3.2 Studi Literatur 11
3.3 Analisa Kebutuhan 12

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

3.4 Perancangan Sistem 12
3.5 Implementasi Sistem 13
3.6 Pengujian dan Analisis 14
BAB 4 REKAYASA KEBUTUHAN 15
4.1 Deskripsi Umum 15
4.1.1 Perspektif Sistem 15
4.1.2 Tujuan 15
4.1.3 Ruang Lingkup 15
4.1.4 Batasan Sistem 15
4.1.5 Asumsi dan Ketergantungan 15
BAB 5 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI 19
5.1 Perancangan Sistem 19
5.1.1 Perancangan Perangkat Keras 19
5.1.2 Perancangan Perangkat Lunak 23
5.2 Implementasi Sistem 26
5.2.1 Implementasi Perangkat Keras 26
5.2.2 Implementasi Perangkat Lunak 28
BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS 33
6.2 Pengujian *Transmitter* tanpa *Low Power Mode* 33
6.2.1 Penggunaan Arus pada Pembacaan Sensor 33
6.2.2 Penggunaan Arus pada Pengiriman data 34
6.2.3 Penggunaan Arus pada saat *Idle* 35
6.3 Pengujian *Transmitter* dengan *Low Power Mode* 36
6.3.1 Penggunaan Arus pada Pembacaan Sensor 36
6.3.2 Penggunaan Arus pada Pengiriman data 37
6.3.3 Penggunaan Arus pada saat *Idle* 38
6.4 Hasil dan Analisis 38
BAB 7 PENUTUP 40
7.1 Kesimpulan 40
7.1 Saran 40
DAFTAR PUSTAKA 41
LAMPIRAN 42

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Class pada Jeelib 8
Tabel 2.2 Pengaturan Default Pada Library Mirf 9
Tabel 5.1 Keterangan pin sensor 20
Tabel 5.2 Keterangan Pin Mikrokontoler dan nRF24L01 21
Tabel 5.3 Keterangan pin pada *Receiver* 23
Tabel 5.4 Spesifikasi Sensor Suhu LM35 26
Tabel 5.5 Spesifikasi Arduino Pro Mini 26
Tabel 5.6 Spesifikasi Modul *Wireless* nRF24L01 27
Tabel 5.7 Spesifikasi Voltage Regulator LM1117T 27
Tabel 6.1 Tabel Hasil Pengujian 38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Sistem Penghematan Energi 4
Gambar 2.2 Struktur standar wileress sensor node 5
Gambar 2.3 Arduino Pro Mini 6
Gambar 2.4 nRF24L01 6
Gambar 2.5 Sensor Suhu LM35 7
Gambar 2.6 IC Regulator LM1117T 8
Gambar 2.7 Pengiriman data pada SPI 10
Gambar 3.1 Alur Metode Penelitian 11
Gambar 3.2 Desain Sistem 13
Gambar 4.1 Kebutuhan Perangkat Keras 16
Gambar 4.2 Kebutuhan Perangkat Lunak 17
Gambar 5.1 Rangkaian Sensor dengan Mikrokontroler 20
Gambar 5.2 Rangkaian Mikrokontroler dengan nRF24L01 21
Gambar 5.3 Rangkaian pada *Transmitter* 22
Gambar 5.4 Rangkaian pada *Receiver* 22
Gambar 5.5 Diagram Alir Program pada *Transmitter* 24
Gambar 5.6 Diagram Alir Program pada *Receiver* 25
Gambar 5.7 Implementasi Perangkat Keras pada *Transmitter* 27
Gambar 5.8 Implementasi Perangkat Keras pada *Receiver* 28
Gambar 5.9 Library pada Perangkat Transmitter 29
Gambar 5.10 Konfigurasi Perangkat Lunak pada *Transmitter* 29
Gambar 5.11 Fungsi pada *Transmitter* 30
Gambar 5.12 Program Utama pada *Transmitter* 30
Gambar 5.13 Library pada Perangkat *Receiver* 31
Gambar 5.14 Konfigurasi Perangkat Lunak pada *Receiver* 31
Gambar 5.15 Program Utama pada *Receiver* 32
Gambar 6.1 Rangkaian untuk Mengukur Arus 34
Gambar 6.2 Pengujian Pembacaan Sensor tanpa *Low Power Mode* 34
Gambar 6.3 Pengujian Pengiriman Data Tanpa *Low Power Mode* 35
Gambar 6.4 Pengujian pada saat *Idle* tanpa *Low Power Mode* 36

Gambar 6.5 Pengujian Pembacaan Sensor dengan *Low Power Mode* 37
Gambar 6.6 Pengujian Pengiriman Data dengan *Low Power Mode* 37
Gambar 6.7 Pengujian pada saat *Idle* dengan *Low Power Mode* 38

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Teknologi Wireless Sensor Network (WSN) dalam beberapa tahun ini menjadi sangat popular. Hal ini dikarenakan kemampuan dalam mendistribusikan dan kemudahan dalam penyebaran berdasarkan paradigma komunikasi nirkabel. Wireless Sensor Network (WSN) merupakan teknologi pemantauan yang terdiri atas node sensor yang tersebar dan dikoordinasikan menggunakan sebuah sistem jaringan nirkabel. Setiap node memiliki kemampuan untuk pengolahan data (microcontroller, CPU atau chip DSP), memiliki memori (program, data, memori flash), RF transceiver, sistem catu energi (baterai atau sel surya), dan melibatkan satu atau lebih sensor serta aktuator. Pada sistem WSN memiliki tingkat efesiensi lebih tinggi dibandingkan dengan sistem jaringan berbasis kabel dari segi biaya, fleksibilitas dan reliabilitas serta diprediksi akan menggantikan teknologi hybrid (berbasis kabel dan nirkabel) dalam beberapa tahun mendatang.

Teknologi WSN dapat diterapkan di berbagai bidang yang memerlukan pemantauan data secara teratur. Sebagai contoh adalah pemantauan suhu dan kelembaban, karena pemantauan data secara teratur tersebut maka konsumsi energi pada WSN akan semakin besar sehingga baterai akan cepat habis, oleh karena itu penggantian baterai harus dilakukan sedangkan pada peletakan node WSN biasnya tersebar banyak pada lingkungan dan sulit dijangkau oleh manusia sehingga penggantian baterai akan menghabiskan waktu dan biaya. Oleh sebab itu teknik penghematan energi pada WSN harus diterapkan baik dalam desain hardware maupun software. Ada beberapa studi yang meneliti bebagai teknik penghematan energi tetapi mereka semua memfokuskan penelitian secara satu teknik saja seperti menjadwalkan waktu kirim data atau routing untuk mengirim data sedangkan pada penelitian ini adalah mengubah state pada prosesor sehingga konsumsi arus lebih rendah.

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut maka permasalahan yang ada adalah bagaimana cara membuat wireless sensor node yang hemat energi sehingga penggunaan energi dapat diekstensi dan mengefisiensi waktu dan biaya. Pada sistem ini wireless sensor node akan menggunakan arus lebih rendah dengan mengubah state prosesor mikrokontroler Arduino pada *Low Power Mode* secara software dengan library khusus yang ada pada Arduino.

1.2 Rumusan masalah

1. Bagaimana cara mengurangi penggunaan arus pada *wireless sensor node*?
2. Bagaimana melakukan perubahan state pada prosesor Arduino menjadi *Low Power Mode* sehingga dapat mengurangi penggunaan arus pada *wireless sensor node*?

1.3 Tujuan

Tujuan utama dari penelitian ini adalah agar mampu mengimplementasikan sebuah sistem *wireless sensor node* yang dapat mengkonsumsi arus yang lebih rendah sehingga *wireless sensor node* mengkonsumsi energi yang lebih rendah.

1.4 Manfaat

Memberikan gambaran implementasi sistem *wireless sensor node* dengan konsumsi energi yang lebih rendah sehingga dapat digabungkan atau dikembangkan untuk penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan masalah

Agar pembahasan dalam penelitian ini dapat dilakukan sesuai dengan yang diharapkan, maka perlu diterapkan batasan-batasan permasalahan yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

1. Komunikasi *wireless* menggunakan nRF24L01.
2. Mikrokontroler yang dimanfaatkan adalah Arduino Pro Mini 5V 16GHz.
3. Sensor yang Digunakan adalah LM35.
4. Pengujian dilakukan dengan Multimeter.
5. Pengujian dilakukan hanya pada node *Transmitter*.
6. Sumber daya yang digunakan adalah baterai 9V.
7. Pembahasan terfokus pengurangan penggunaan arus pada node *Transmitter*.

1.6 Sistematika pembahasan

Uraian singkat mengenai struktur penulisan pada masing-masing bab adalah sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika pembahasan dari "Implementasi *Low Power Mode* Pada Wireless Sensor Node"

BAB II Landasan Kepustakaan

Pada bab ini akan menjelaskan tentang landasan teori yang terkait dengan penelitian. Pada bab ini juga dijelaskan tentang penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan.

BAB III Metode Penelitian

Membahas tentang langkah kerja yang dilakukan dalam penulisan diantaranya studi literatur, analisis kebutuhan sistem, desain sistem, dan impementasi *Low Power Mode* pada *wireless sensor node*.

BAB IV Rekayasa Kebutuhan

Bab ini menjelaskan secara rinci yang terkait meliputi deskripsi umum dari sistem, rekayasa kebutuhan antarmuka sistem, kebutuhan perangkat keras dan lunak, kebutuhan fungsional, kebutuhan komunikasi, kebutuhan performansi, dan batasan desain sistem.

BAB V Perancangan dan Implementasi

Bab ini menjelaskan perancangan sistem penelitian serta implementasi sistem penelitian berupa implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta batasan implementasi.

BAB VI Pengujian dan Analisa

Bab ini membahas beberapa langkah kerja dalam melaksanakan pengujian.

BAB VII Penutup

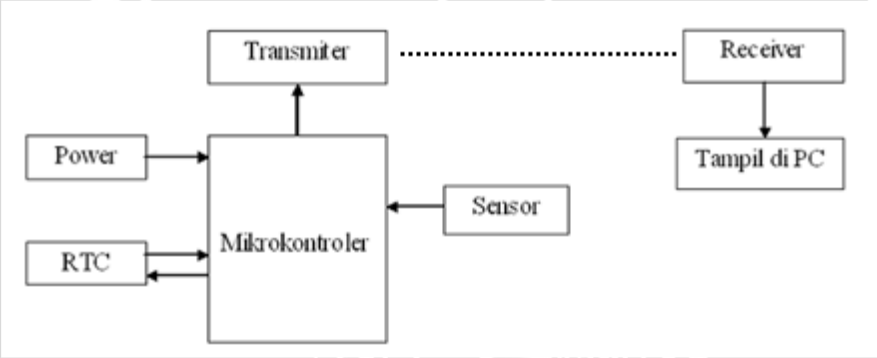
Bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran yang diperoleh dari rumusan masalah penelitian dengan melakukan analisis dan pengujian.

BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang *power management* pada *wireless sensor node* telah banyak dilakukan salah satunya adalah penelitian Vana Jelicic (Vana Jelicic, 2011) yaitu menyajikan tentang power management dengan *duty-cycling* dan *receiver* wake-up secara terpisah sebagai pendekatan utama serta menggunakan teknik hirarki, adaptif dan basis model akuisisi dan pemrosesan data. Yaitu untuk mengurangi konsumsi energi pada wireless sensor node peneliti mengurangi waktu *duty-cyle*, yaitu mengurangi waktu aktif sensor sebanyak mungkin dengan sleep-wakeup-sample-compute-communicate sebagai *duty cycle*, waktu yang dihabiskan paling banyak adalah pada state *low power sleep*.

Selain itu sebuah penelitian yang dilakukan oleh Deny Syafril (Deny Syafril, 2013) yaitu penghematan energi pada *wireless sensor node* menggunakan metode pengaturan waktu kirim data.



Gambar 2.1 Diagram Sistem Penghematan Energi

Sumber:(Deny Syafril, 2013)

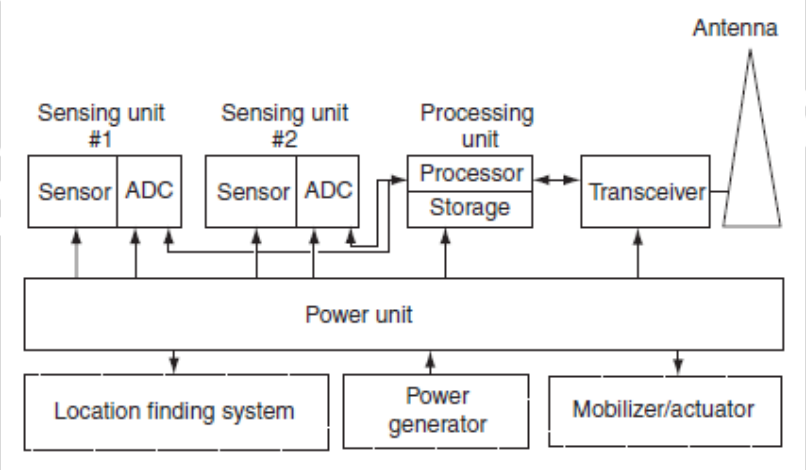
Pada Gambar 2.1 dijelaskan power atau catu energi berfungsi sebagai penyedia energi pada perangkat node. RTC berfungsi sebagai pengatur waktu, tujuannya adalah agar node sensor tidak selalu aktif melakukan pengiriman data. RTC mengirim data waktu kepada mikrokontroler yang berarti sinyal aktif transceiver atau bukan. Mikrokontroler berfungsi untuk mengolah data lalu mengirim data ke pemantau atau PC. Data sensor berupa sinyal analog selanjutnya dikonversi memanfaatkan *Analog-to-Digital Converter* (ADC), kemudian dikirim secara nirkabel dengan bantuan modul KYL1020U. Saat waktu dalam keadaan aktif maka sensor mengambil data suhu lalu data sensor diolah oleh mikrokontroler dan dikirim menggunakan bantuan modul KYL1020U. Sebaliknya pada saat waktu pada RTC menunjukkan tidak aktif maka tidak terjadi proses pengiriman data.

Berdasarkan penelitian-penelitian diatas dapat diketahui bahwa pengembangan penghematan pada *wireless sensor node* telah banyak dilakukan sedangkan dalam penelitian yang dilakukan dalam laporan ini lebih fokus pada pengaturan dan perubahan state prosesor untuk menghemat dan mengurangi penggunaan arus pada *wireless sensor node*.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Struktur *Wireless Sensor Node*

Pada sebuah node WSN umumnya terdiri dari beberapa unit yaitu *sensing unit*, *processing unit*, *transceiver* dan *power unit*. Unit tersebut merupakan bagian inti dari sebuah node WSN dan dapat ditambahkan unit-unit lain seperti Location finding system atau sebuah aktuator yang dapat diilustrasikan seperti pada gambar 2.1. Bagian utama dari *wireless sensor node* terdiri dari sebuah *sensing unit, processing unit, transceiver* dan *power unit*. Bagaimana menggabungkan masing-masing unit tersebut adalah hal yang harus diperhatikan ketika kita melakukan perancangan sebuah *wireless sensor node*. Pada *processing unit* merupakan bagian sistem yang penting pada *wireless sensor node* karena dapat mempengaruhi performa ataupun konsumsi energi.



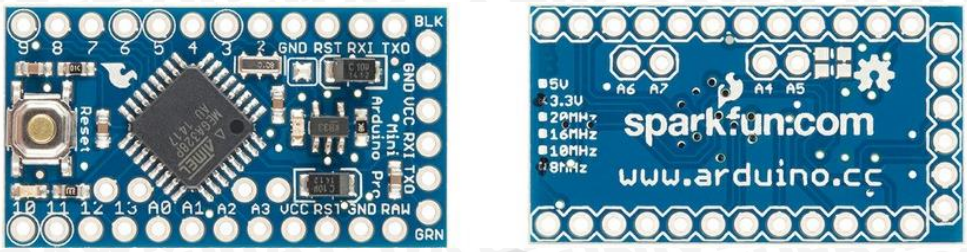
Gambar 2.2 Struktur standar wileress sensor node

Sumber:(Waltenegus Dargie dan Christian Poellabauer,2011)

2.2.2 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah komputer mikro yang kompleks dan dirancang untuk mengatur operasi atau menjadi kontrol pada sistem *embedded* pada motor, robot, peralatan medis, dan lain-lain (Techtarget, 2012). Dari banyak mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini adalah mikrokontroler Arduino. Arduino memiliki keunggulan yakni bersifat open source dan penggunaanya ditujukan untuk komponen dalam sistem embedded.

Arduino Pro Mini adalah salah satu mikrokontroler yang popular saat ini dengan ukuran dimensi yang kecil membuat mikrokontroler ini terlihat sangat praktis. Board ini memiliki tegangan 5V dan menjalankan *bootloader* dengan frekunsi kristal 16MHz. Mikrokotroler ini terdapat pin digital dan juga analog serta dilengkapi dengan ADC (*Analog Digital Converter*). Pemrograman arduino pro mini dapat menggunakan kabel serial FTDI yang dihubungkan pada usb komputer dan software Arduino IDE. Berikut gambar 2.2 menunjukkan bentuk fisik Arduino Pro mini.



Gambar 2.3 Arduino Pro Mini

Sumber: (www.arduino.cc, 2015)

2.2.3 Komunikasi Gelombang Radio

Pengiriman data secara *wireless* dapat dilakukan dengan memanfaatkan gelombang radio sebagai komunikasi. Pilihan sistem nirkabel adalah dengan pertimbangan agar lebih efisien dan efektif dalam pengiriman data digital. Salah satu contoh modul pengiriman data melalui gelombang radio adalah nRF24L01. nRF24L01 adalah modul komunikasi serial nirkabel menggunakan chip orisinil produksi Nordic Semiconductor dari Norwegia yang bekerja pada pita frekuensi ISM 2,4 GHz yang bebas lisensi dengan kecepatan data hingga 2 MBps (Semiconductor n.d.). Modul ini juga terdapat tipe dengan PA (Power Amplifier) dan LNA (Low Noise Amplifier) sehingga jarak transfer data dapat semakin jauh dan lebih stabil. Area yang dapat dijangkau oleh modul ini mencapai radius 1000m pada lapangan terbuka. Pada gambar 2.3 ditunjukkan bentuk fisik nRF24L01.

Gambar 2.4 nRF24L01

Sumber: (www.sigalabs.com, 2015)

Modul ini memiliki 125 pilihan channel yang memenuhi kebutuhan komunikasi komunikasi *multipoint* dan frekuensi *hopping* yang dapat diatur oleh software. Modul ini mengkombinasikan prinsip operasi TDMA - CMDA – FDMA. Modul ini bekerja pada tegangan kerja dari 3,0-3,6 V , energi emisi 20 DBM (VCC = 3,3 V). Modul ini juga Memiliki fungsi konfirmasi CRC (Cyclic Redundant Checksum) 8/16-bit yang terintegrasi di tingkat *hardware* (Sparkfun, 2015).

Untuk dapat menggunakan modul wireless nRF24L01 ini diperlukan adanya kontroler sistem seperti mikrokontroler Arduino. Pada saat melakukan pemrograman *mikrokontroler* Arduino diperlukan library khusus untuk menangani modul wireless nRF24L01. Ada beberapa library yang dapat digunakan salah

satunya adalah Mirf library. Dengan adanya library tersebut maka mikrokontroler dapat mengontrol modul *wireless* nRF24L01 sebagai media pengiriman dan penerimaan data.

2.2.4 Sensor Suhu

LM35 merupakan sensor suhu yang akurat dimana tegangan keluarannya berbanding lurus dengan suhu dalam derajat celcius sebesar 10mV/ºC. Sensor ini tidak memerlukan kalibrasi eksternal untuk menghasilkan ketelitian 0.25ºC pada suhu kamar. Sedangkan kemampuan sensor ini untuk mengukur suhu terletak pada kisaran -55º–150ºC dengan tegangan output antara -1 Vdc s/d + 6 Vdc. Gambar 2.4 menujukkan bentuk fisik dari sensor suhu LM35.

Gambar 2.5 Sensor Suhu LM35

Sumber: (www.ti.com, 2015)

LM35 mempunyai output impedansi yang rendah sehingga akan mempermudah dalam pembacaan dan kontrol. Konsumsi energi yang diperlukan IC ini sangat rendah 60 uA, sehingga tidak menimbulkan panas yang relatif besar atau kurang dari 0,1ºC. Sensor ini menggunakan catu energi 4 – 30 V (Texas Instrument, 2015).

2.2.5 *Voltage* Regulator

Voltage Regulator atau pengatur tegangan adalah salah satu rangkaian yang sering dipakai dalam peralatan elektronika. fungsi *voltage* regulator adalah untuk mempertahankan atau memastikan tegangan pada level tertentu secara otomatis. artinya, tegangan output (keluaran) dc pada *voltage* regulator tidak dipengaruhi oleh perubahan tegangan input (masukan), beban pada output dan juga suhu. tegangan stabil yang bebas dari segala gangguan seperti noise ataupun fluktuasi (naik turun) sangat dibutuhkan untuk mengoperasikan peralatan elektronika terutama pada peralatan elektronika yang sifatnya digital seperti mikrokontroler ataupun mikroprosesor. Terdapat berbagai jenis voltage regulator atau pengatur tegangan, salah satunya adalah voltage regulator dengan menggunakan ic voltage regulator (Dickson Kho, 2015). Salah satu tipe voltage regulator yang digunakan

pada penelitian ini adalah tipe LM117T yaitu IC (*Integrated Circuit*) regulator yang mengatur tegangan output stabil pada tegangan 3,3 Volt DC. Pada LM1117T dilengkapi dengan pembatas arus (*current limiter*) dan juga pembatas suhu (*thermal shutdown*) serta sebuah kapasitor minimal 10uF dibutuhkan pada output sehingga menampah respon transient dan stabilitas (Texas instrument, 2016). Gambar 2.4 menujukkan bentuk fisik dari voltage regulator LM1117T.

Gambar 2.6 IC Regulator LM1117T

Sumber:(www.futurlec.com,2016)

2.2.6 Library Jeelib

JeeLib adalah kumpulan header, class, dan sketch yang untuk digunakan dengan Arduino IDE. Telah dikembangkan selama selama bertahun-tahun untuk menyederhanakan bereksperimen dan mengeksplorasi JeeNode dan produk lainnya dari JeeLabs. Library ini menawarkan *low power utility* yang mana mengubah state prosesor ATmega. Berikut beberapa class yang ada pada Jeelib ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Class pada Jeelib

Sumber: (www.jeelabs.org, 2016)

Class	Fungsi
Port	*wrappers around pinMode(), digitalRead(), digitalWrite(), etc*
PortI2C	*a way to connect to I2C devices on any JeeNode Port*
DeviceI2C	*need one of these for each I2C device on the bus*
MilliTimer	*a convenient way to track a number of periodic activities*
Sleepy	*code to put an ATmega or ATtiny into code to put an ATmega or ATtiny into very low-power mode*

Untuk merubah state Atmega menjadi *Low Power Mode* dapat menggunakan fungsi *loseSomeTime()* pada class *Sleepy*, yaitu menempatkan ATmega pada mode *low-power* yang artinya ATmega akan menggunakan arus serendah mungkin untuk bekerja selain itu juga dapat berfungsi untuk mengatur *delay* yaitu mengganti fungsi *delay()* pada sketch Arduino dengan fungsi *loseSomeTime()*. Fungsi *loseSomeTime ()* hanya dapat bekerja dengan nilai argumen hingga 60.000 (60

detik). Jika membutuhkan delay yang lebih panjang dapat membuat loop. Sebelum menggunakan fungsi ini harus dilakukan inisialisasi library *#include <JeeLib.h>* dan *setup ISR(WDT_vect) { Sleepy::watchdogEvent(); }* untuk menghindari *error compilation*. Jeelabs telah melakukan percobaan pada LED yang dapat mengurangi penggunaan arus pada LED sebanyak 10mA lebih rendah dengan menggunakan ATmega 16Mhz (Jeelabs, 2016).

2.2.7 Library Mirf

Mirf adalah library yang digunakan untuk memudahkan penggunaan pada modul radio nRF24L01 dengan mikrokontroler Arduino dan dapat diunduh melalui situs resmi Arduino. Library ini dapat digunakan melalui *software* Arduino IDE dan berfungsi untuk menyederhanakan pemrograman untuk mengontrol modul radio nRF24L01 dengan fungsi yang sudah disediakan oleh library seperti pengaturan koneksi *hardware* dengan Arduino dan konfigurasi *software* untuk mengirim dan menerima data. Koneksi hardware pada library melibatkan *Serial Peripheral Interface* (SPI) untuk dapat mengontrol modul radio nRF24L01+. Pengaturan koneksi *hardware* nRF24L01 dengan Arduino pada library ini sudah diatur secara default dengan pin CE dan CSN *configurable* yang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Pengaturan Default Pada Library Mirf

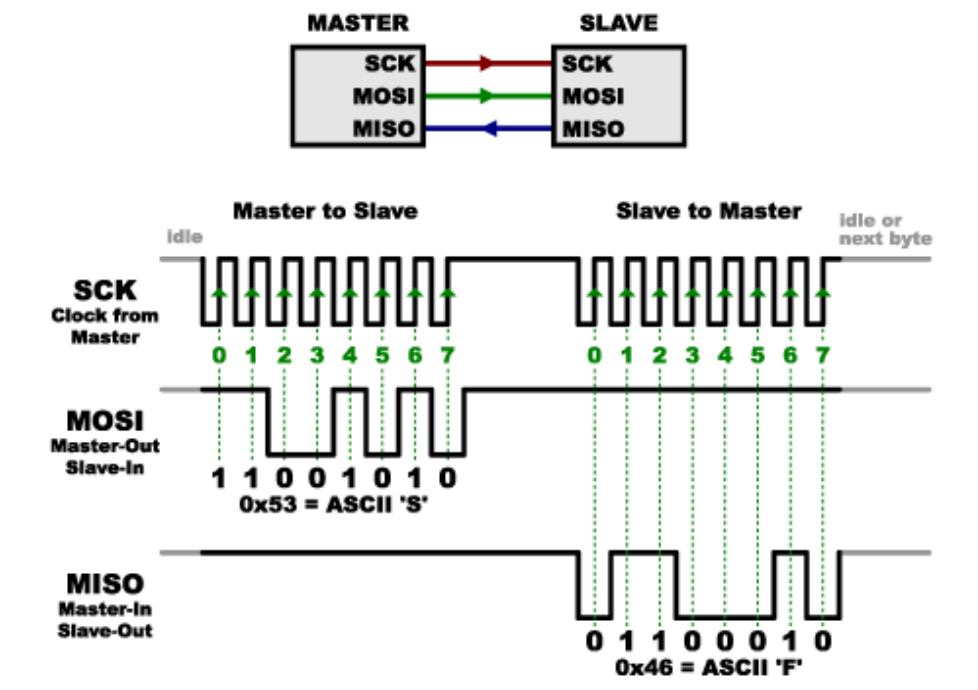
nRF24L01+	Arduino
MISO	12
MOSI	11
SCK	13
CE	8 *(configurable)*
CSN	7 *(configurable)*

2.2.8 Serial Peripheral Interface (SPI)

Serial Peripheral Interface (SPI) adalah *interface bus* yang biasa digunakan untuk mengirim data antara mikrokontroler dan peripheral kecil *seperti shift register*, sensor, dan SD Cards. Menggunakan *clock* dan *data lines* yang terpisah dan dapat memilih *lines* untuk memilih *device* yang ingin dikomunikasikan. Di SPI, hanya satu sisi yang menghasilkan sinyal *clock* biasanya disebut CLK atau SCK untuk Serial Clock. Sisi yang menghasilkan *clock* disebut *master*, dan sisi lain disebut *slave*. Selalu ada satu master pada mikrokontroler akan tetapi bisa ada beberapa slave. SPI merupakan *full duplex* karena memiliki *lines* yang berbeda untuk mengirim dan menerima data dengan demikian dalam situasi tertentu dapat mengirim dan menerima data pada saat yang sama.

Ketika data dikirim dari *master* ke *slave*, itu dikirim pada *data line* yang disebut MOSI yaitu "*Master Out / Slave In*". Jika *slave* harus mengirim respon kembali ke *master*, master akan terus menghasilkan *prearranged number* dari siklus *clock*,

dan slave akan menempatkan data ke *data line* yang ketiga yang disebut MISO yaitu "*Master In / Slave Out*". Untuk lebih jelas bisa dilihat pada Gambar 2.7.



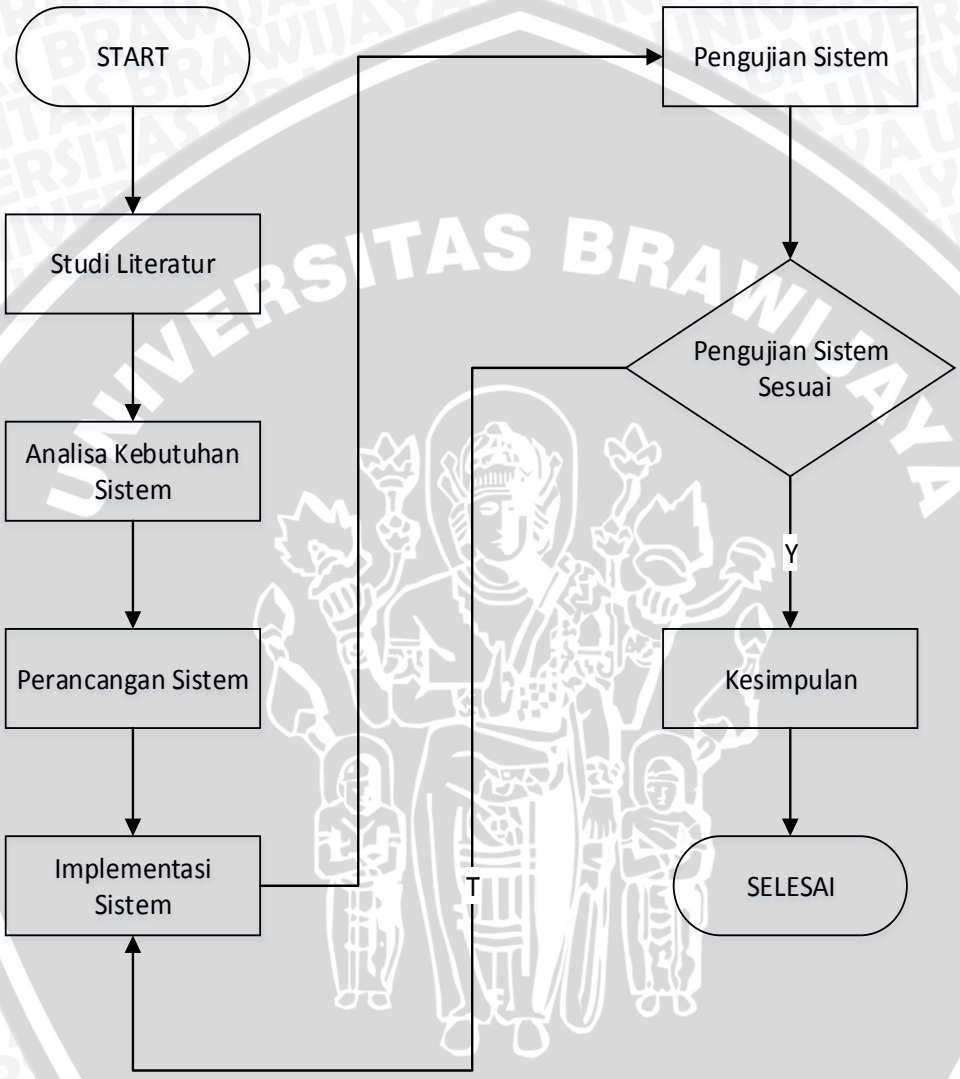
Gambar 2.7 Pengiriman data pada SPI

Sumber : (learn.sparkfun.com, 2016)

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Alur Metode Penelitian

Alur metode penelitian yang dilakukan secara umum dapat dilihat dari diagram alir pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Alur Metode Penelitian

3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan pemahaman terhadap tinjauan pustaka dan dasar teori yang terkait dengan :

1. *Wireless Sensor Node*
   Studi literatur mengenai *wireless sensor node* ini dilakukan dengan mencari beberapa jurnal atau buku yang terkait dengan teori dan implementasi sistem secara umum. Pada tahap ini dipelajari bagaimana suatu *wireless sensor node* bekerja dan komponen standar penyusun suatu *wireless sensor node*.

2. Mekanisme library Jeelib sebagai *Low Power Mode* pada mikrokontroler
   Studi literatur pada bagian ini dilakukan kajian pada library Arduino yaitu jeelib yang menjelaskan mekanisme library Jeelib yang merupakan cara untuk mengurangi penggunaan arus pada *wireless sensor node*. Pada tahap ini dipelajari bagaimana cara kerja sistem *Low Power Mode* secara umum.

3. *Mikrokontroler* Arduino Pro Mini
   Spesifikasi dan referensi dari mikrontroler Arduino Pro MIni dibutuhkan sebagai bahan implementasi *Low Power Mode* pada *wireless sensor node*.

4. Modul Wireless nRF24L01
   Spesifikasi dan referensi penggunaan dari modul wireless nRF24L01 dibutuhkan sebagai bahan implementasi *Low Power Mode* pada *wireless sensor node*.

5. Sensor Suhu LM35
   Spesifikasi dan referensi dari sensor suhu LM35 dibutuhkan sebagai bahan implementasi *Low Power Mode* pada *wireless sensor node*.

6. IC (Integrated Circuit) Regulator LM1117T
   Spesifikasi dan referensi dari IC (Integrated Circuit) Regulator LM1117T dibutuhkan sebagai bahan implementasi *Low Power Mode* pada *wireless sensor node*.

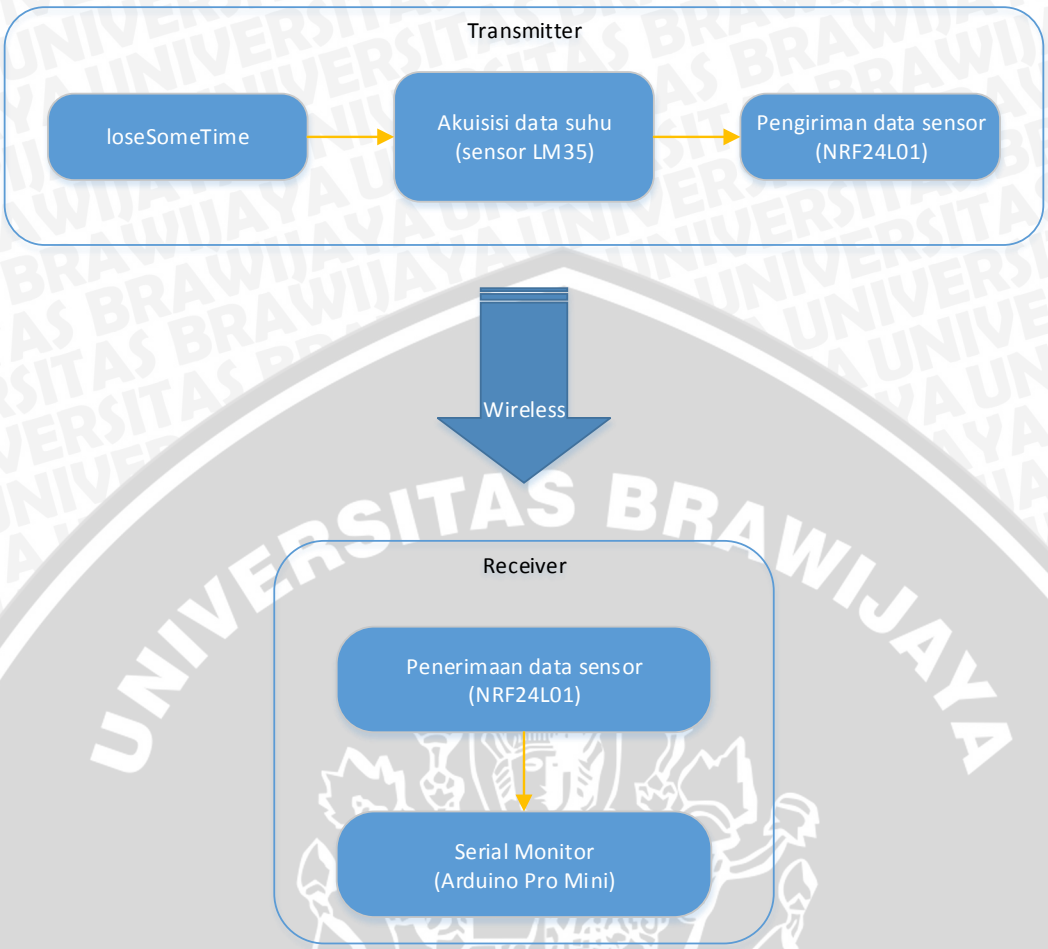
3.3 Analisa Kebutuhan

Analisa kebutuhan sistem diperlukan untuk mengetahui apa saja yang dibutuhkan oleh sistem yang mana dapat dikatakan bekerja sesuai dengan tujuan penelitian. Kebutuhan dari sistem pada penelitian ini antara lain :

1. Node *Transmitter* dapat mengakuisisi data sensor berupa data suhu.
2. Node *Transmitter* dapat melakukan pengiriman data menggunakan modul komunikasi radio nRF24L01.
3. Node *Transmitter* dapat mengkonsumsi arus lebih rendah.
4. Node *Receiver* node dapat menerima pengiriman data dari node *Trasnmitter*.

3.4 Perancangan Sistem

Tahap perancangan dalam sistem ini bertujuan agar perancangan sistem penelitian yang dilakukan menjadi terstruktur. Perancangan sistem pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Desain Sistem

Berdasarkan Gambar 3.2 perancangan sistem penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Pada proses *Transmitter* terdapat loseSomeTime. Fungsi *loseSomeTime* pada *Transmitter* berfungsi untuk menempatkan mode mikrokontroler Arduino Pro Mini berada pada mode *low power* sehingga dapat menggunakan energi serendah mungkin untuk bekerja.
2. Sensor LM35 pada *Transmitter* berfungsi untuk mengetahui suhu di udara.
3. Modul nRF24L01 berfungsi untuk mengirimkan dan menerima data secara nirkabel.
4. Pada proses *Transmitter* pertama akan melakukan fungsi *loseSomeTime* untuk mengubah state prosesor Arduino Pro Mini menjadi *Low Power Mode* setelah itu mengakuisisi data suhu kemudian akan dikirimkan melalui modul wireless.
5. Pada *Receiver* akan menerima data dari *Transmitter* kemudian data akan diproses oleh mikrokontroler dan kemudian data akan ditampilkan di serial monitor.

3.5 Implementasi Sistem

Tahap implementasi yaitu diawali dengan membuat desain perangkat keras *wireless sensor node Transmitter*. Setelah itu membuat desain perangkat keras

pada node *Receiver* untuk menerima data dari *Transmitter*. Selanjutnya membuat desain program untuk mendeteksi suhu dan mengirim data sensor serta pengurangan penggunaan arus dengan *Low Power Mode* dan kemudian dilakukan penggabungan antara sisi perangkat lunak dan perangkat keras.

3.6 Pengujian dan Analisis

Pengujian dari penelitian ini yaitu pengujian penggunaan arus pada node *Transmitter* saat sistem sedang berjalan. Dan kemudian membandingkan penggunaan arus antara node *Transmitter* tanpa *Low Power Mode* dengan node *Transmitter* dengan *Low Power Mode* yang masing-masing dilakukan dengan mengukur penggunaan arus dengan multimeter pada saat pembacaan data sensor, mengirim data dan pada saat idle. Berikut skenario pengujian yang dilakukan :

1. Mengupload program pada *Transmitter* tanpa *Low Power Mode* kemudian dilakukan pengukuran penggunaan arus pada saat membaca data sensor, pengiriman data dan pada saat idle dengan multimeter.
2. Mengupload program pada *Transmitter* dengan *Low Power Mode* kemudian dilakukan pengukuran penggunaan arus pada saat membaca data sensor, pengiriman data dan pada saat idle dengan multimeter.
3. Mencatat hasil penggunaan arus saat membaca data sensor, pengiriman data dan pada saat idle dan membandingakan arus yang digunakan.

BAB 4 REKAYASA KEBUTUHAN

4.1 Deskripsi Umum

Dalam bab ini menjelaskan tentang persyaratan minimal yang harus dipenuhi untuk melakukan perancangan hingga implementasi. Dengan harapan perancangan dan implementasi bisa berjalan dengan baik.

4.1.1 Perspektif Sistem

Sistem ini dikatakan dapat bekerja sesuai tujuan apabila *Transmitter* dapat menggunakan arus lebih rendah saat membaca data sensor, mengirim data dan pada saat idle.

4.1.2 Tujuan

Tujuan dari bab ini adalah menjelaskan sistem penelitian secara rinci dan detail mulai dari komponen yang dibutuhkan sistem, serta bagaiamana sistem akan bekerja dan beroperasi. Sehingga didapatkan dokumentasi yang jelas mengenai alur pembuatan sistem dan tujuan dari sistem. Dokumentasi ini ditujukan kepada para pengembang sistem selanjutnya dan diusulkan sebagai persetujuan laporan skripsi.

4.1.3 Ruang Lingkup

Wireless sensor node merupakan bagian dari *embedded* sistem dimana sistem bekerja dalam kondisi *low bandwith* dan dengan *resource* yang minim. Pada sistem ini *wireless sensor node* dirancang untuk bisa bekerja dengan arus yang lebih rendah. Pembuatan sistem ini ditujukan kepada penguji, developer dan user sehingga kedepannya sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut dan juga dapat digunakan guna keperluan industri atau penelitian untuk diterapkan dalam sistem yang lebih komplek.

4.1.4 Batasan Sistem

Beberapa batasan yang ada pada sistem ini antara lain :

1. Perangkat keras yang digunakan berdasarkan standar astitektur *wireless sensor node*.
2. Pengurangan penggunaan arus hanya dilakukan pada node *Transmitter*.

4.1.5 Asumsi dan Ketergantungan

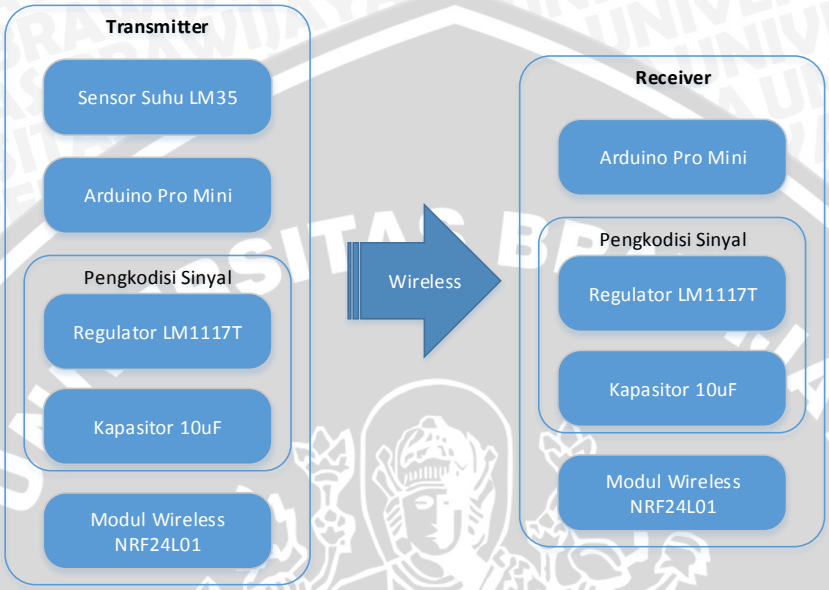
Beberapa asusmi dan ketergantungan pada sistem ini antara lain :

1. Besar konsumsi arus tergantung dari rangakaian dan arsitektur perangkat keras yang digunakan untuk membangun sebuah *wireless sensor node*.
2. Besar konsumsi arus tergantung pada program sistem *wireless sensor node* yang di desain.

4.2 Rekayasa Kebutuhan

Pada bab ini menyajikan seluruh kebutuhan yang diperlukan oleh sistem sehingga sistem dapat bekerja sesuai tujuan mulai dari kebutuhan fungsional sistem, kebutuhan eksternal sistem, dan kebutuhan lainnya.

4.2.1 Kebutuhan Perangkat Keras

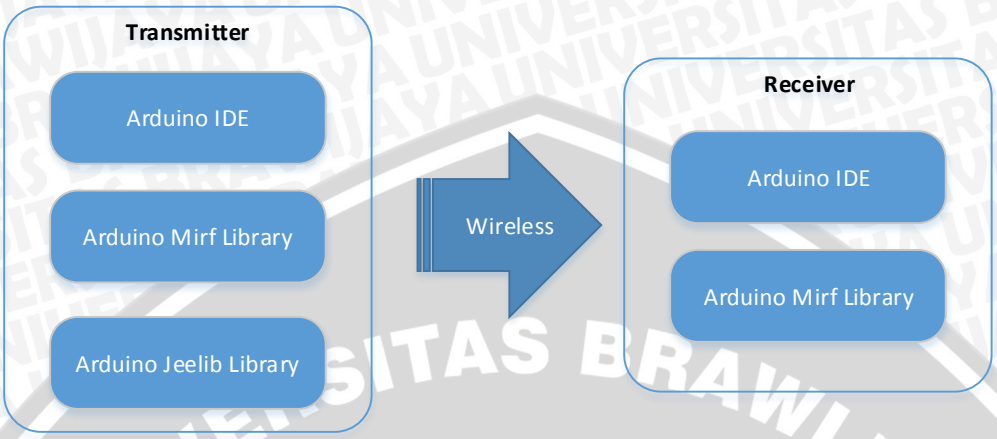


Gambar 4.1 Kebutuhan Perangkat Keras

1. Pada *Transmitter*:
   a. Mikrokontroler pada alat ukur ini berfungsi sebagai kontroler proses dan mengatur input dan output dari rangkaian sensor serta megatur state pada *Transmitter*. Input dari sensor berupa data suhu yang kemudian data tersebut diolah oleh mikrokontroler untuk dikirim menuju *Receiver* melalui komunikasi *wireless*.
   b. Sensor LM35 berfungsi untuk mendapatkan data suhu.
   c. Pada pengkodisi sinyal terdapat IC regulator LM1117 yang berfungsi sebagai penurun tegangan dan kapsitor sehingga modul *wireless* nRF24L01 dapat bekerja dan berkomunikasi dengan mikrokontroler Arduino Pro Mini.
   d. Modul *wireless* nRF24L01 berfungsi sebagai media komunikasi secara nirkabel.
2. Pada *Receiver*:
   a. Mikrokontroler pada *Receiver* berfungsi sebagai kontroler komunikasi *wireless* dan memproses data sensor.
   b. Pada pengkodisi sinyal terdapat IC regulator LM1117 dan kapsitor yang berfungsi sebagai penurun tegangan sehingga modul *wireless* nRF24L01 dapat bekerja dan berkomunikasi dengan mikrokontroler Arduino Pro Mini.
   c. Modul Wireless nRF24L01 berfungsi sebagai media komunikasi secara nirkabel.

4.2.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

Kebutuhan perangkat lunak pada sistem ini dijelaskan dalam diagram pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

1. Pada *Transmitter* :
   a. Arduino IDE pada *Transmitter* berfungsi untuk menulis program dan mengupload ke Mikrokontroler Arduino Pro Mini sehingga dapat difungsikan sebagai kontroler atau prosesor.
   b. Arduino Mirf Library pada *Transmitter* adalah library khusus yang terdapat pada Arduino IDE untuk menjalankan fungsi pengiriman data secara *wireless* melalui gelombang radio.
   c. Pada *Transmitter* terdapat Arduino Jeelib library yang berfungsi untuk mengubah state proses *Transmitter* pada mode *Low Power Mode*.
2. Pada *Receiver* :
   a. Arduino IDE pada *Transmitter* berfungsi untuk menulis program dan mengupload ke mikrokontroler Arduino Pro Mini sehingga dapat difungsikan sebagai kontroler atau prosesor.
   b. Arduino Mirf Library pada *Transmitter* adalah library khusus yang terdapat pada Arduino IDE untuk menjalankan fungsi penerimaan data secara *wireless* melalui gelombang radio.

4.2.3 Kebutuhan Komunikasi *Wireless*

Komunikasi yang terjadi pada sistem ini yaitu secara *wireless* antara *Transmitter* dan *Receiver*. Komunikasi ini dilakukan secara *wireless* melalui modul komunikasi gelombang radio 2,4 GHz yang ada pada kedua perangkat keras *Transmitter* dan *Receiver*. Komunikasi yang terjadi antara *Transmitter* dan *Receiver* dilakukan pada alamat dan channel yang sudah ditentukan serta ditangani oleh library khusus yang mendukung penggunaan perangkat keras modul *wireless* tersebut.

4.2.4 Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional adalah kebutuhan yang harus terpenuhi sehingga sistem dapat dikatakan bekerja sesuai tujuan. Beberapa kebutuhan fungsional pada sistem ini dijelaskan sebagai berikut.

1. Fungsi pembacaan data sensor LM35
   Fungsi ini mengharuskan sistem dapat membaca data sensor berupa suhu di udara yang menjadi data input pada *mikrokontroler*.
2. Fungsi pengiriman data dari *Transmitter* menuju *Receiver*
   Fungsi ini mengharuskan sistem dapat mengirim data sensor suhu melalui komunikasi *wireless.*
3. Fungsi penerimaan data dari *Transmitter* ke *Receiver*
   Fungsi ini mengharuskan sistem *Receiver* mampu menerima data sensor suhu melalui komunikasi *wireless* dengan benar.
4. Fungsi *Low Power Mode* pada *Transmitter*
   Fungsi ini mengharuskan sistem pada *Transmitter* dapat bekerja dengan energi yang lebih rendah. Fungsi ini adalah prioritas utama karena tujuan penelitian ini pada pengurangan penggunaan arus.

4.2.5 Kebutuhan Performansi Sistem

Sistem ini dapat bekerja dengan baik apabila beberapa faktor pendukung terpenuhi. Seperti faktor pendukung sistem yang diterapkan pada lingkungan bebas dari interferensi gelombang radio, terutama dari gelombang yang menggunakan frekuensi yang sama dengan yang digunakan sistem. Sistem juga harus diterapkan pada lingkungan yang kering dan tidak basah agar lingkungan tidak merusak sistem. Sistem juga membutuhkan tegangan sebesar 5v pada *Receiver* dan baterai 9v pada *Transmitter*.

4.2.6 Batasan Desain Sistem

Pada proses bekerjanya sistem terdapat batasan yang menjadi standar dari penggunaan sistem agar sistem ini dapat bekerja dengan baik. Standar yang ditetapkan ini berdasarkan dari standar arsitektur *hardware* yang digunakan pada sistem *wireless sensor node*. Seperti *sensing unit* yang digunakan adalah sensor LM35 yang dapat membaca suhu. *Processing unit* yang digunakan adalah Arduino Pro Mini digunakan untuk mengontrol *sensing unit*, *transceiver* dan mengontrol penggunaan arus. Sedangkan pada modul *trasnceiver* yaitu nRF24L01, memiliki keterbatasan jarak transmisi yang terbatas dan juga membutuhkan lingkungan yang tidak terkena dampak interferensi gelombang. Pengkondisi sinyal antara mikrokontroler Arduino Pro Mini dan nRF24L01 dibutuhkan yang mana voltage regulator LM1117T dan sebuah kapasitor 10uF difungsikan untuk menurunkan tegangan dari Arduino Pro mini ke nRF24L01 sehingga modul wireless dapat bekerja. Selain itu sumber energi yang digunakan untuk *Transmitter* adalah baterai 9v dan tegangan 5v untuk *Receiver*.

BAB 5 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Pada bab ini menjelaskan perancangan dan implementasi sistem penelitian yang ada pada perangkat keras dan perangkat lunak yang ada pada Transmitter dan Receiver.

5.1 Perancangan Sistem

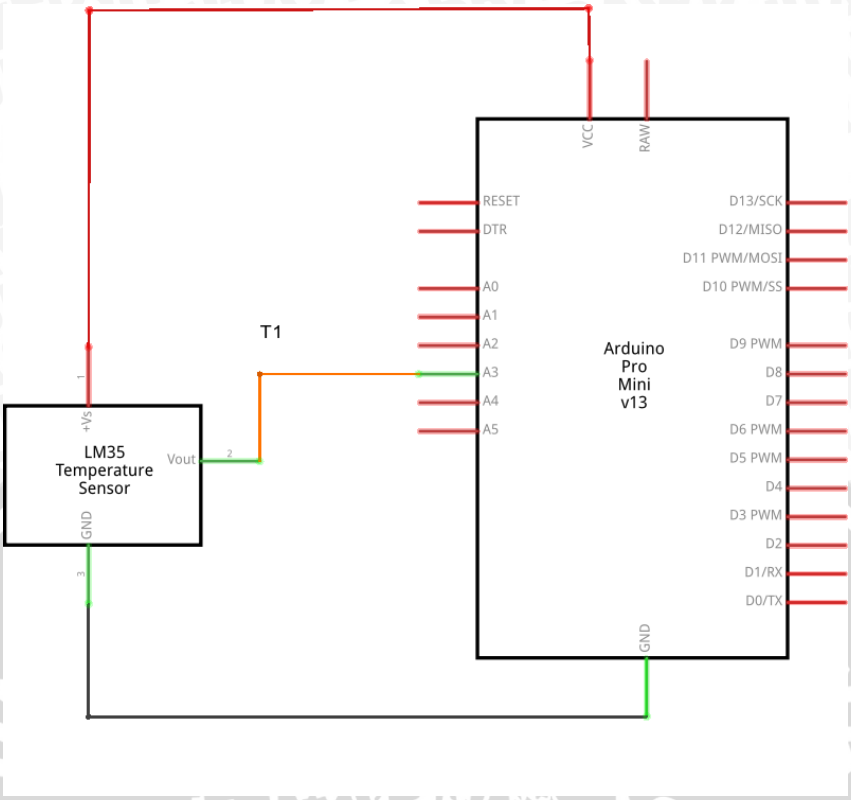
Pada tahap perancangan sistem menjelaskan tentang tahapan perancangan yang ada pada *Transmitter* dan *Receiver* mulai dari perancangan perangkat keras hingga perancangan perangkat lunak.

5.1.1 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras pada sistem ini dimulai dari perancangan pada *Transmitter* dimana terdiri dari rangkaian sensor dan rangkaian modul *wireless* yang berfungsi sebagai media pengiriman data melalui gelombang radio. Pada Transmitter menggunakan *mikrokontroler* arduino yang bertindak sebagai kontroler. Kontroler ini berfungsi untuk membaca data sensor dan mengirimkan menuju server melalui pengiriman *wireless* dengan menggunakan modul nRF24L01 serta untuk *Low Power Mode* pada *Transmitter*. Untuk rangkaian sensor pada alat ini menggunakan sensor LM35 untuk mendapatkan hasil data. Sedangkan perancangan perangkat keras pada *Receiver* terdiri dari kontroler dan modul *wireless*. Pada sisi *Receiver* menggunakan mikrokontroler arduino yang berfungsi sebagai kontroler. Untuk modul *wireless* pada *Receiver* ini menggunakan modul nRF24L01.

5.1.1.1 Perancangan Perangkat Keras Transmitter

Perancangan perangkat keras pada *Transmitter* ini terdiri dari rangkaian sensor dengan mikrokontroler dan rangkaian mikrokontroler dengan modul *wireless*. Pada rangkaian sensor dengan mikrokontroler befungsi agar sistem dapat membaca data sensor dan kemudian diolah pada mikrokontroler agar data siap dikirim melalui modul *wireless*. Adapun gambar skematik dari rangkaian ini ditunjukkan pada Gambar 5.1 berikut.



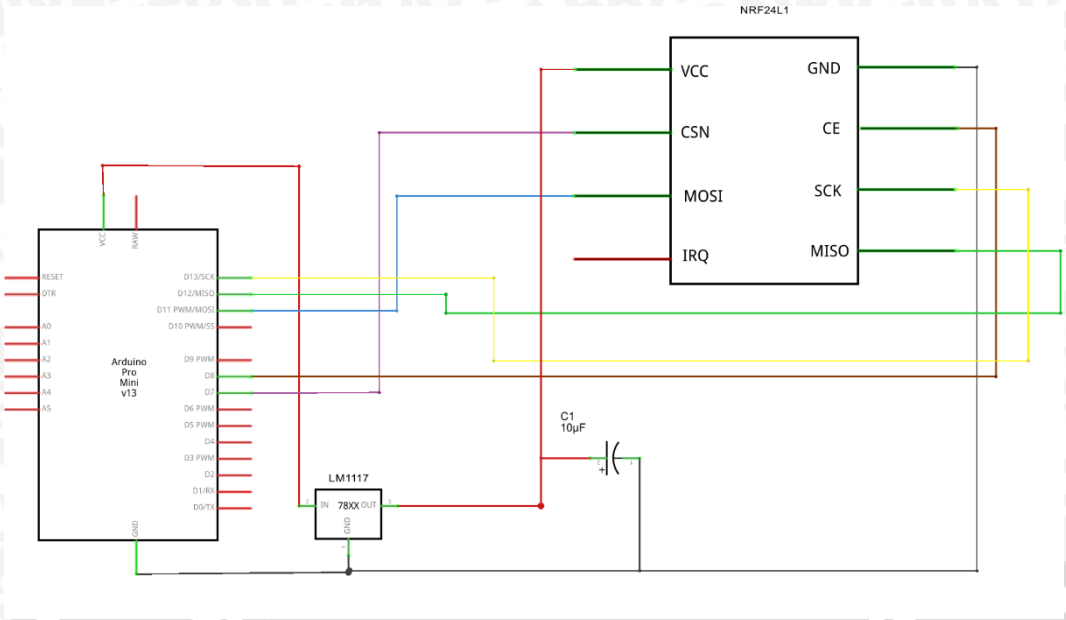
Gambar 5.1 Rangkaian Sensor dengan Mikrokontroler

Tabel 5.1 Keterangan pin sensor

Pin Sensor LM35	Pin Arduino Pro Mini
VCC	VCC
GND	GND
Vout	A3

Pada Gambar 5.1 diatas, sistem menggunakan Arduino Pro Mini sebagai kontroler dan modul sensor LM35 sebagai sensor yang ada pada *Transmitter*. Pada rangkaian tersebut modul sensor LM35 memiliki 3 pin yang terdiri dari pin VCC, Vout, dan GND. Pin VCC pada modul sensor terhubung melalui kabel jumper menuju pin VCC 5V pada Arduino Pro Mini. Sedangkan pin Vout pada sensor LM35 terhubung melalui kabel jumper menuju pin digital input pada Arduino Pro Mini yaitu pin A3.

Sedangkan untuk rancangan rangkaian *mikrokontroler* dengan modul *wireless* pada node ini berfungsi untuk mengirim data hasil akuisisi sensor melalui modul wireless nRF24L01. Gambar rangkaian ini ditunjukkan pada Gambar 5.2 berikut.



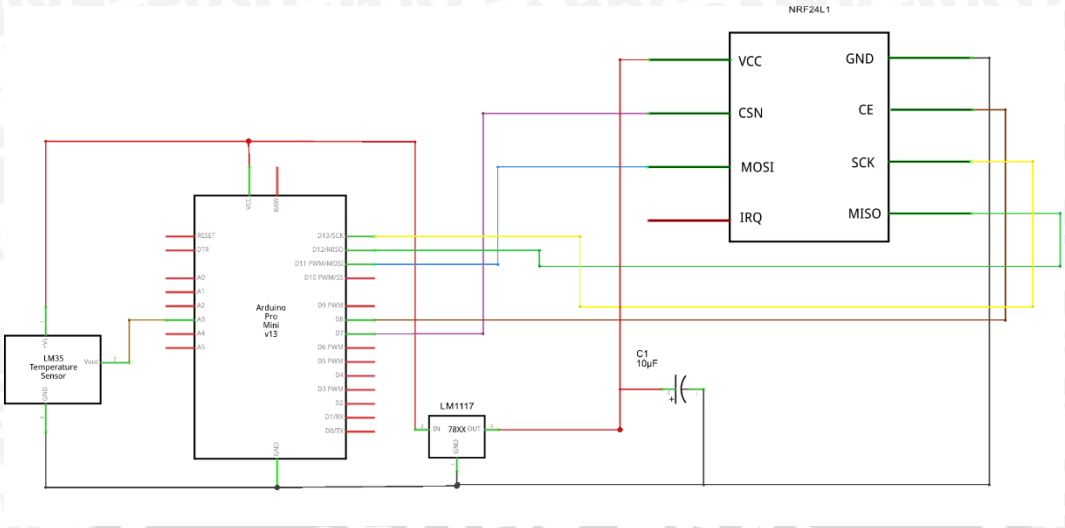
Gambar 5.2 Rangkaian Mikrokontroler dengan nRF24L01

Tabel 5.2 Keterangan Pin Mikrokontoler dan nRF24L01

Pin Modul NRF24L01	Pin Regulator LM117	Pin Kapasitor 10uF	Pin Arduino Pro Mini
CSN	-	-	7
CE	-	-	8
SCK	-	-	13
MISO	-	-	12
MOSI	-	-	11
VCC	-	-	5V
GND	GND	GND	GND
-	Vin	-	VCC
VCC	Vout	VCC	-

Pada Gambar 5.2 diatas, sistem menggunakan Arduino Pro Mini sebagai kontroler dan modul *wireless* nRF24L01 sebagai modul komunikasi *wireless*. Pada rangkaian tersebut modul wireless nRF24L01 memiliki 8 pin yang terdiri dari pin VCC, GND, MISO, MOSI, CE, CSN, IRQ, dan SCK. Pin VCC pada nRF24L01 terhubung pada pin Vout 3.3V dan VCC pada Kapasitor 10uF karena modul nRF24L01 bekerja pada tegangan 3.3V sehingga diperlukan rangkaian pengkondisi yaitu LM1117T dan kapasitor 10uF. Pada dan pin GND terhubung pada pin GND LM1117T, kapasitor 10uF dan arduino. Pin MOSI pada modul terhubung pada pin 11, pin MISO terhubung pada pin 12, pin SCK terhubung pada pin 13, pin CSN terhubung pada pin 7 dan pin CE terhubung pada pin 8 pada Arduino Pro Mini.

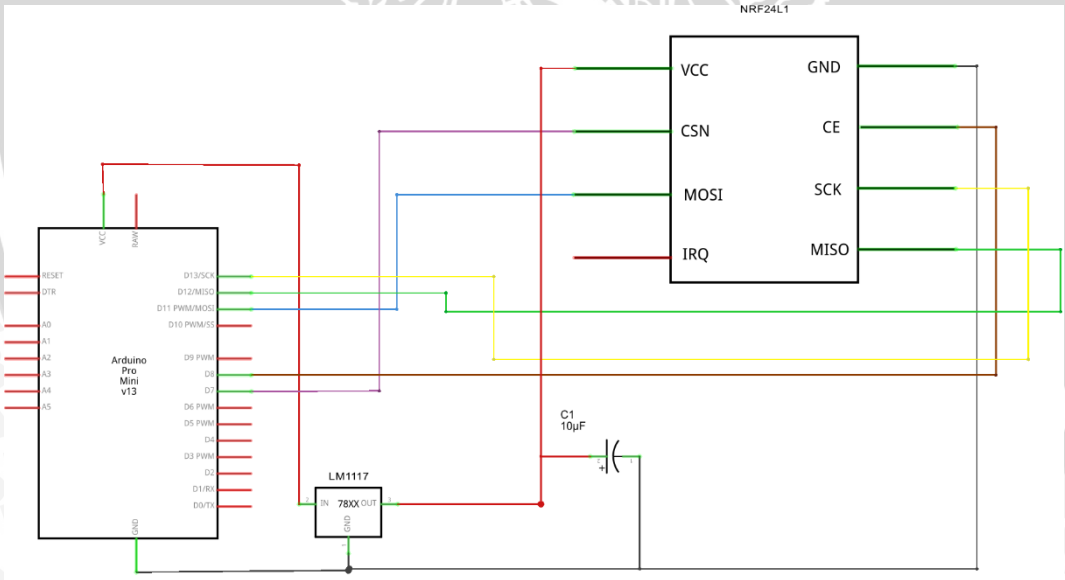
Untuk rancangan keseluruhan pada *Transmitter* terdiri dari rancangan antara modul sensor LM35, modul wireless nRF24L01, dan *mikrokontroler* Arduino Pro Mini. Rancangan pada *Transmitter* ditunjukkan pada Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Rangkaian pada *Transmitter*

5.1.1.2 Perancangan Perangkat Keras Receiver

Perancangan perangkat keras dari *Receiver* ini terdiri dari rangkaian *mikrokontroler* dengan modul wireless. *Mikrokontroler* yang digunakan adalah Arduino Pro Mini dan modul *wireless* yang digunakan adalah modul nRF24L01. Rangkaian tersebut ditunjukkan pada Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5.4 Rangkaian pada *Receiver*

Tabel 5.3 Keterangan pin pada *Receiver*

Pin Modul NRF24L01	Pin Regulator LM117	Pin Kapasitor 10uF	Pin Arduino Pro Mini
CSN	-	-	7
CE	-	-	8
SCK	-	-	13
MISO	-	-	12
MOSI	-	-	11
VCC	-	-	5V
GND	GND	GND	GND
-	Vin	-	VCC
VCC	Vout	VCC	-

Pada Gambar 5.2 diatas, sistem menggunakan Arduino Pro Mini sebagai kontroler dan modul *wireless* nRF24L01 sebagai modul komunikasi *wireless*. Pada rangkaian tersebut modul *wireless* nRF24L01 memiliki 8 pin yang terdiri dari pin VCC, GND, MISO, MOSI, CE, CSN, IRQ, dan SCK. Pin VCC pada nRF24L01 terhubung pada pin Vout 3.3V dan VCC pada Kapasitor 10uF karena modul nRF24L01 bekerja pada tegangan 3.3V sehingga diperlukan rangkaian pengkondisi yaitu LM1117T dan kapasitor 10uF. Pada dan pin GND terhubung pada pin GND LM1117T, kapasitor 10uF dan arduino. Pin MOSI pada modul terhubung pada pin 11, pin MISO terhubung pada pin 12, pin SCK terhubung pada pin 13, pin CSN terhubung pada pin 7 dan pin CE terhubung pada pin 8 pada Arduino Pro Mini.

5.1.2 Perancangan Perangkat Lunak

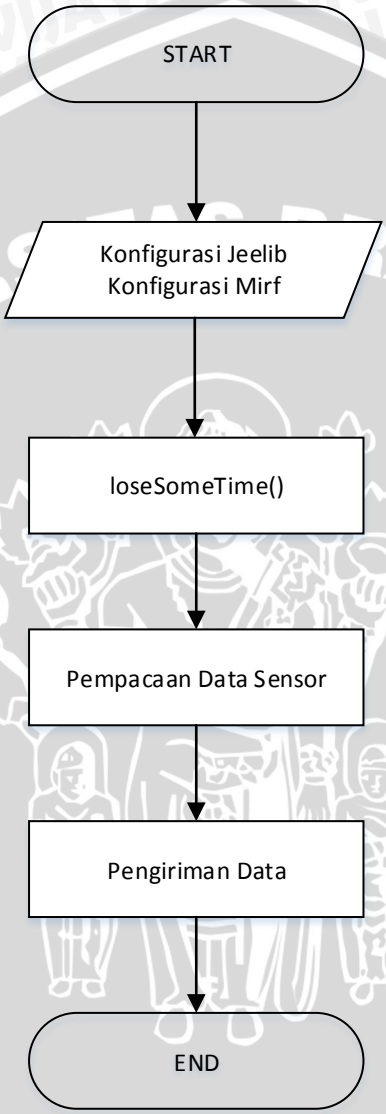
Perancangan perangkat lunak pada sistem dilakukan pada kedua bagian sistem yaitu pada *Transmitter* dan *Receiver* agar keduanya dapat mengirim dan menerima data.

Pada *Transmitter* perancangan perangkat lunak diperlukan untuk melakukan pengkondisian sistem, dimana sistem dapat membaca data sensor dan megirimkan data melalui perangkat pengiriman *wireless* serta mengatur konsumsi arus pada *Transmitter*. Dalam hal ini diperlukan pemrograman sistem menggunakan bahasa C/C++ pada Arduino IDE agar mikrokontroler Arduino dapat bertindak sebagai kontroler sistem.

Pada *Receiver* perancangan perangkat lunak diperlukan agar sistem dapat menerima data dari *Transmitter* menggunakan metode *wireless* pada sistem. Untuk itu diperlukan pemrograman sistem menggunakan bahasa C/C++ pada Arduino IDE agar mikrokontroler dapat berfungsi sebagai kontroler penerimaan data pada sistem.

5.1.2.1 Perancangan Perangkat Lunak *Transmitter*

Perancangan perangkat lunak pada *Transmitter* dengan sensor suhu yaitu pemrograman bahasa C/C++ pada mikrokontroler menggunakan Arduino IDE. Perancangan perangkat lunak *Transmitter* ini terdiri dari membaca data sensor dan mengirimkan data sensor serta bekerja pada *Low Power Mode*. Perancangan perangkat lunak pada *Transmitter* dapat dijelaskan pada gambar 5.5 berikut.

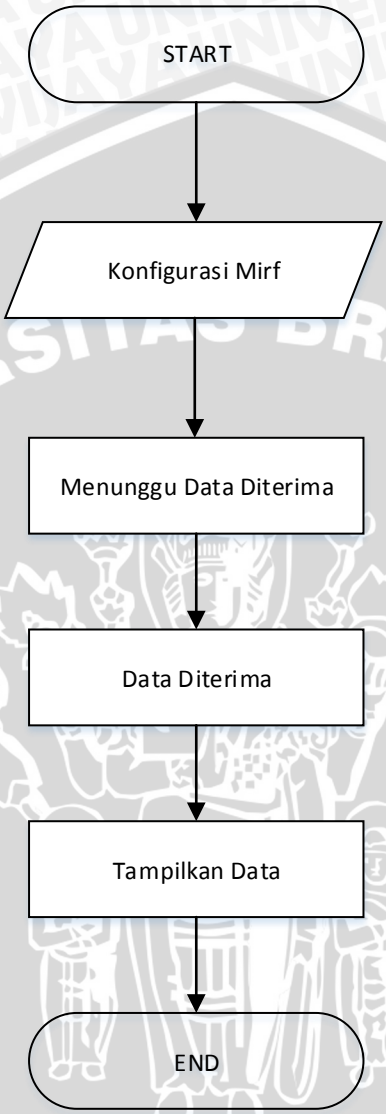


Gambar 5.5 Diagram Alir Program pada *Transmitter*

Pada Gambar 5.5 diatas ditunjukkan alur kerja rancangan prangkat lunak dari *Transmitter* dimana dimulai dari konfigurasi jeelib yaitu berfungsi sebagai *Low Power Mode* kemudian dialanjutkan dengan konfigurasi Mirf bertujuan agar *Transmitter* dapat berkomunikasi dengan *Receiver*. Setelah konfigurasi dilakukan proses loseSomeTime() yang bertujuan untuk merubah state prosesor pada *Low Power Mode* yang artinya menempatkan prosesor Arduino untuk menggunakan arus serendah mungkin untuk bekerja. Kemudian dilakukan pembacaan data sensor berupa data sensor suhu dan pengiriman data dilakukan menuju *Receiver*.

5.1.2.2 Perancangan Perangkat Lunak *Receiver*

Pada perancangan perangkat lunak pada *Receiver* yaitu pemrograman bahasa C/C++ pada *mikrokontroler* menggunakan Arduino IDE. Penjelasan algoritma pada *Receiver* sesuai dengan diagram alir pada gambar 5.6.



Gambar 5.6 Diagram Alir Program pada *Receiver*

Pada Gambar 5.6 diatas ditunjukkan alur kerja rancangan perangkat lunak dari *Receiver* dimana dimulai dari inisialisasi alamat node dan channel pada bertujuan agar *Receiver* dapat berkomunikasi dengan *Transmitter*. Setelah proses inisialisasi *Receiver* akan menunggu data diterima setelah data diterima maka data akan ditampilkan ke serial monitor.

5.2 Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan setelah seluruh dari perancangan sistem telah dipenuhi. Dalam pembahasan implementasi untuk sistem implementasi *Low Power Mode* pada *wireless sensor node* antara lain menjelaskan tentang spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan untuk membuat *Transmitter* dan *Receiver* pada *wireless sensor node*.

5.2.1 Implementasi Perangkat Keras

Pada tahap implementasi perangkat keras ini disesuaikan dengan perancangan yang telah dilakukan sebelumnya. Berdasarkan perancangan sistem dibagi menjadi 2 bagian yaitu perangkat keras *Trasnsmitter* dan perangkat keras *Receiver*. Berikut beberapa spesifikasi perangkat keras yang digunakan.

1. Sensor Suhu LM35

Sensor Suhu LM35 digunakan sebagai input mengukur suhu di udara. Berikut spesifikasi dari sensor suhu LM35 yang ditunjukkan dalam tabel 5.4.

Tabel 5.4 Spesifikasi Sensor Suhu LM35

Sensor Suhu LM35	
Range Suhu	*−55°C to 150°C*
Voltage Operation	*4V to 30 V*

2. Mikrokontroler Arduino Pro Mini

Mikrokontroler berfungsi untuk mengolah data dari sensor dan mengirimkan data sensor suhu serta memanajemen state pada *Transmitter*. Berikut spesifikasi mikrokontroler Arduino Pro Mini pada tabel 5.5.

Tabel 5.5 Spesifikasi Arduino Pro Mini

Arduino Pro Mini	
Microcontroller	*ATmega328*
Operating Voltage	*5V*
Input Voltage	*5 - 12 V*
Digital I/O Pins	*14 (of which 6 provide PWM output)*
Analog Input Pins	*6*
DC Current per I/O Pin	*40mA*
Flash Memory	*32 kB (of which 0.5 kB used by bootloader)*
SRAM	*2KB*
EEPROM	*1KB*
Clock Speed	*16 MHz*

3. Modul *Wireless* nRF24L01

Modul *wireless* nRF24L01 ini dapat digunakan sebagai *Receiver* dan *Transmitter* atau biasa disebut *Tranciever*. Berikut spesifikasi dari modul *wireless* nRF24L01 pada tabel 5.6.

Tabel 5.6 Spesifikasi Modul *Wireless* nRF24L01

Modul Wireless nRF25L01	
Power Supply	*1.9 to 3.6V supply range*
MCU Interface	*SPI, up to 10Mbps*
Dynamic payload length	*1 to 32Bytes*

4. Voltage Regulator LM1117T

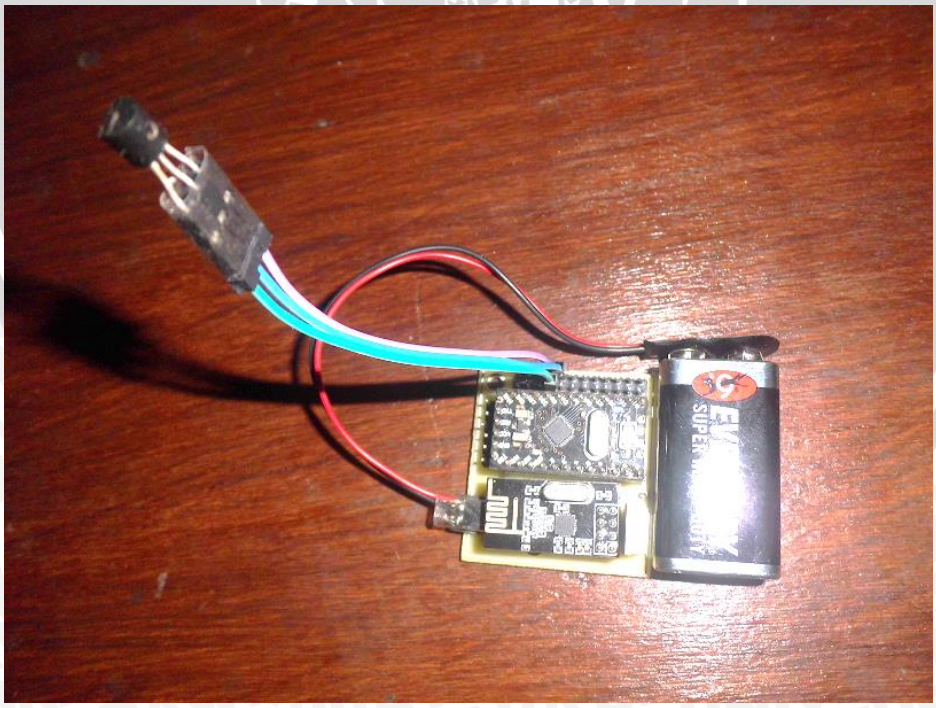
Voltage Regulator LM117T in berfungsi sebagai rangkaian pengkodisi dari mikrokontroller Arduino Pro Mini dengan modul *wireless* nRF24L01. Berikut spesifikasi dari Voltage Regulator LM1117T pada tabel 5.7.

Tabel 5.7 Spesifikasi Voltage Regulator LM1117T

Voltage Regulator LM1117T	
Maximum Input Voltage	*15V*
Output Voltage	*3.3V*
Maximum Operating Temperature	*125°C*

5.2.1.2 Implementasi Perangkat Keras *Transmitter*

Pada tahap implementasi perangkat keras pada *Transmitter* ini disesuaikan dengan perancangan yang telah dilakukan sebelumnya. Sesuai dari hasil perancangan pada *Transmitter* ini terdiri dari rangkaian sensor dengan mikrokontroler serta modul *wireless*. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Pro Mini dan sensor yang digunakan adalah LM35 serta modul *wireless* yang digunakan adalah nRF24L01.

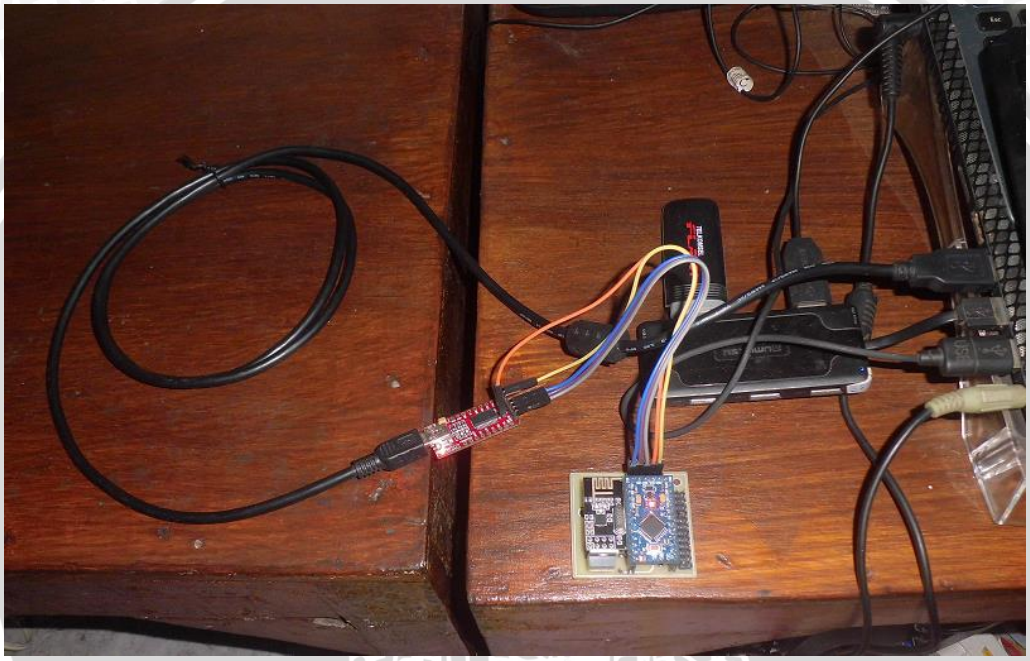


Gambar 5.7 Implementasi Perangkat Keras pada *Transmitter*

Pada Gambar 5.7 tersebut implementasi sistem disesuaikan dengan perancangan dimana sensor, mikrokontroler, dan modul *wireless* saling terhubung membentuk sistem pada *Transmitter*.

5.2.1.3 Implementasi Perangkat Keras *Receiver*

Pada tahap implementasi perangkat keras pada *Receiver* ini disesuaikan dengan perancangan yang telah dilakukan sebelumnya. Sesuai dari hasil perancangan pada *Receiver* ini terdiri mikrokontroler dengan modul *wireless* sebagai penerima data dari *Receiver*. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Pro Mini dan modul *wireless* yang digunakan adalah nRF24L01 serta modul FTDI sebagai komunikasi serial pada PC.



Gambar 5.8 Implementasi Perangkat Keras pada *Receiver*

Pada Gambar 5.8 tersebut implementasi sistem disesuaikan dengan perancangan dimana mikrokontroler, dan modul *wireless* saling terhubung membentuk sistem pada *Receiver*.

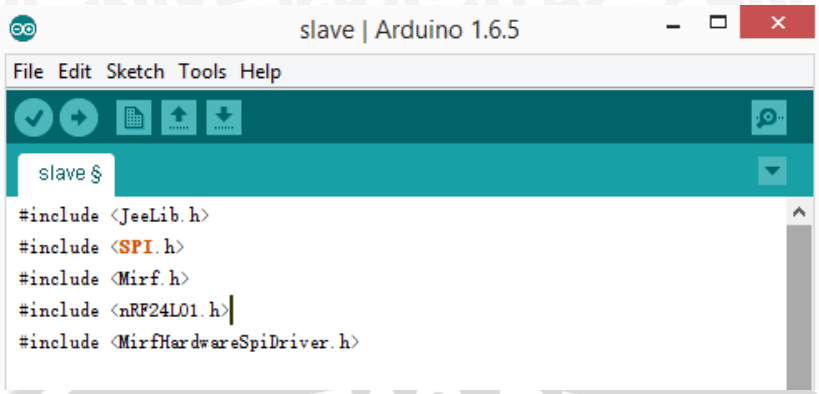
5.2.2 Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi perangkat lunak untuk sistem *Low Power Mode* pada *wireless sensor node* dapat dibagi menjadi dua yaitu implementasi perangkat lunak pada *Transmitter* dan perangkat lunak pada *Receiver*.

5.2.2.1 Implementasi Perangkat Lunak *Transmitter*

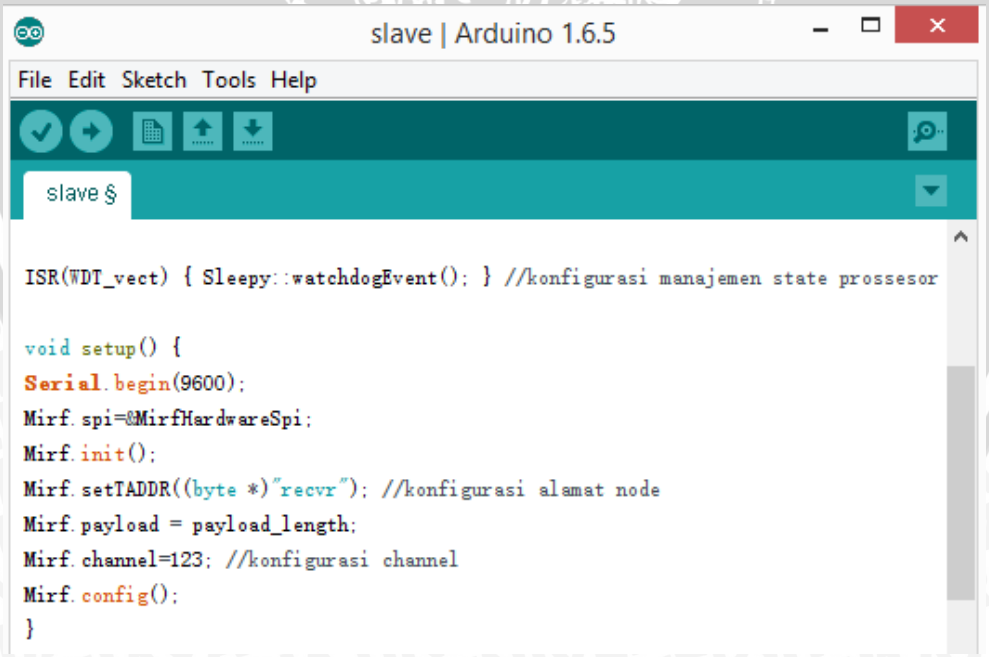
Pada implementasi perangkat lunak pada *Transmitter* melalui pemrograman pada Arduino IDE, dibutuhkan beberapa library agar modul *wireless* dan *Low Power Mode* dapat berfungsi. Untuk dapat menggunakan modul *wireless* nRF24L01 dibutuhkan library SPI.h, Mirf.h, MirfHardwareSpiDriver.h, dan nRF24L01.h serta library Jeelib.h sebagai *Low Power Mode* sehingga berkurangnya

penggunaan arus saat bekerja pada *Transmitter*. Penggunaan dari library tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 5.9 berikut.



Gambar 5.9 Library pada Perangkat Transmitter

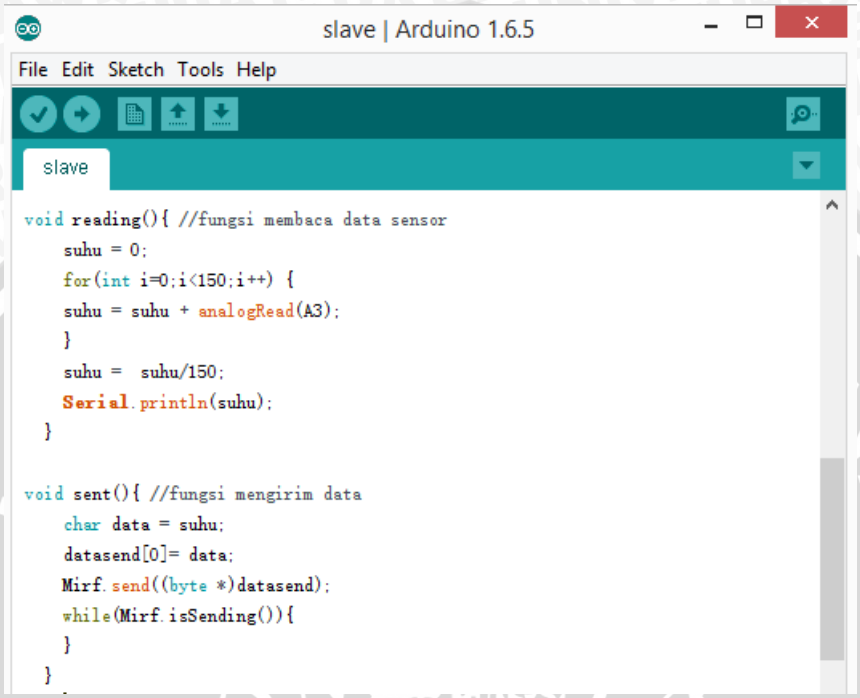
Untuk bisa berkomunikasi secara *wireless* diperlukan konfigurasi alamat node yaitu dengan Mirf.setTADDR((byte *)"recvr") yang berarti alamat tujuan mengirim data yaitu Receiver serta konfigurasi channel yang digunakan dengan yaitu Mirf.channel=123, channel yang digunakan antara *Transmitter* dan Receiver harus sama agar dapat berkomunikasi. Sedangkan konfigurasi untuk *Low Power Mode* menggunakan sintaks ISR(WDT_vect){Sleepy::watchdogEvent():} dengan konfigurasi ini *Transmitter* akan merubah state pada mikrokontroler untuk menggunakan energi serendah mungkin untuk bekerja. Konfigurasi dapat dilihat pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Konfigurasi Perangkat Lunak pada *Transmitter*

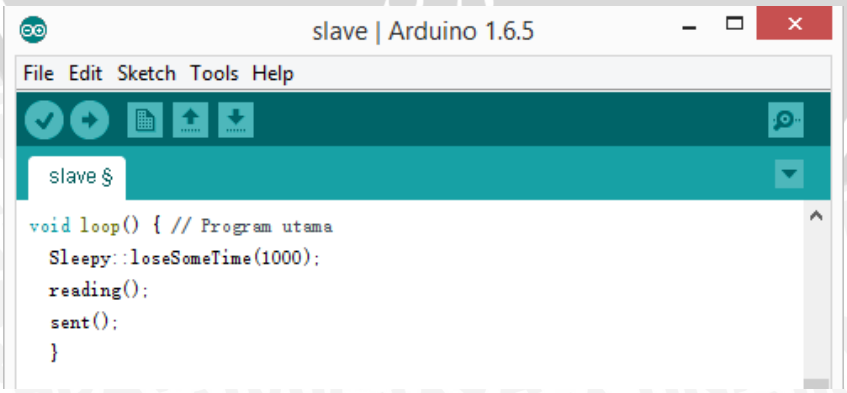
Kemudian untuk pembacaan sensor suhu LM35 dilakukan dalam fungsi void reading(). Diadalam fungsi ini mikrokontroller akan membaca nilai pin analog pada sensor suhu LM35 sebanyak 150 kali karena dibutuhkan untuk sampling data

sensor sehingga hasil output data lebih baik. Untuk pengiriman data sensor dilakukan pada fungsi void sent(), didalam fungsi ini variable suhu akan dirubah menjadi char data kemudian dimasukan dalam variable array datasend[0] selanjutnya data sensor tersebut akan dikirimkan dengan sintax Mirf.send((byte *)datasend). Untuk fungsi pembacaan data sensor dan fungsi pengiriman data dapat dilihat pada Gambar 5.11.



Gambar 5.11 Fungsi pada *Transmitter*

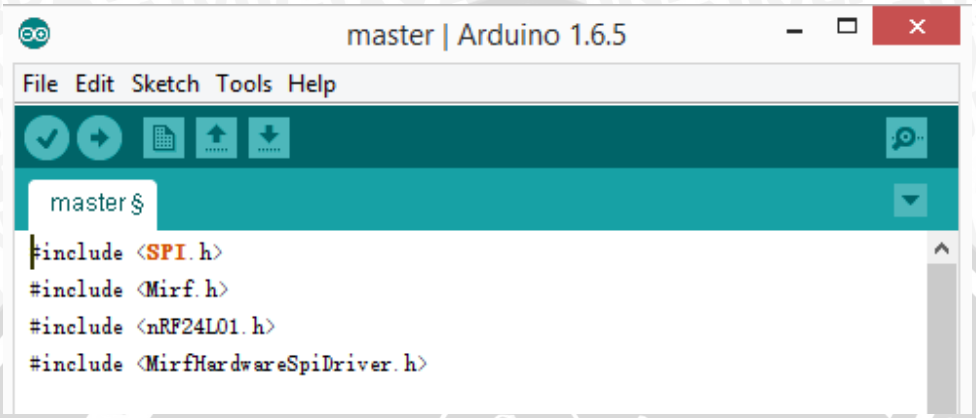
Kemudian program utama pada *Transmitter* digunakan untuk menjalankan fungsi tersebut untuk menempatkan state prosesor Arduino pada mode *Low Power Mode* menggunakan sintaks *Sleepy::loseSomeTime()* yaitu prosesor akan memanajemen state prosesor pada *Transmitter* untuk menggunakan arus serendah mungkin untuk bekerja. Kemudian fungsi pembacaan data sensor yaitu fungsi *reading()* dan mengirimkan data pada *Receiver* yaitu fungsi *sent().* Program utama pada *Transmitter* bisa dilihat pada Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Program Utama pada *Transmitter*

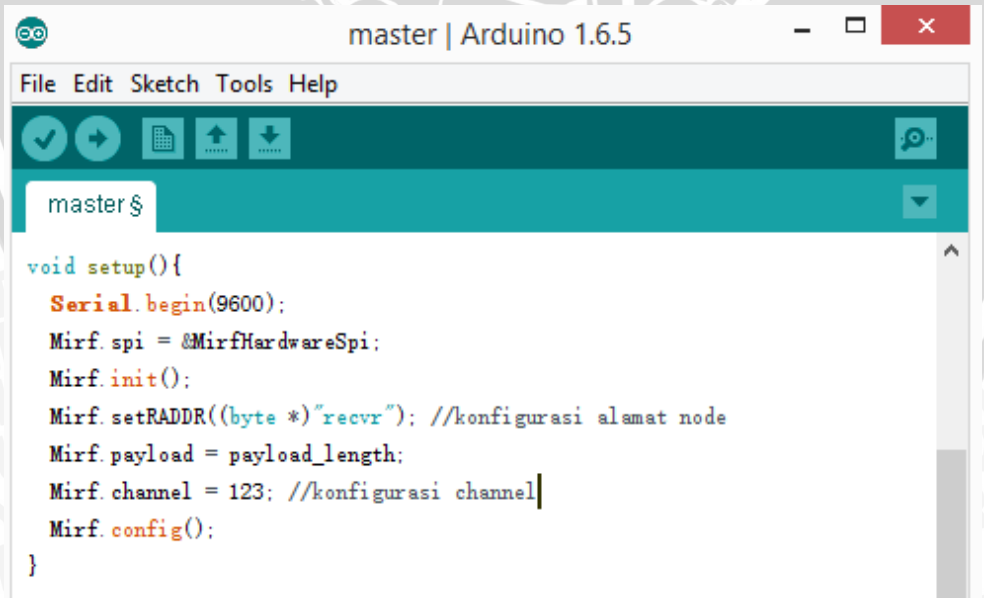
5.2.2.2 Implementasi Perangkat Lunak *Receiver*

Pada implementasi perangkat lunak pada *Receiver* melalui pemrograman pada Arduino IDE, dibutuhkan beberapa library agar modul *wireless* dapat berfungsi. Untuk dapat menggunakan modul *wireless* nRF24L01 dibutuhkan library SPI.h, Mirf.h, MirfHardwareSpiDriver.h, dan nRF24L01.h. Penggunaan dari library tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 5.13 berikut.



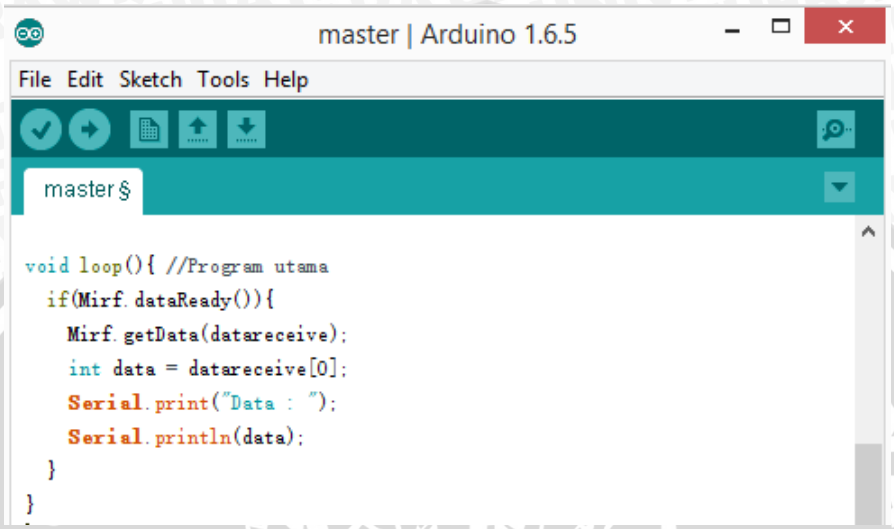
Gambar 5.13 Library pada Perangkat *Receiver*

Untuk bisa berkomunikasi secara *wireless* diperlukan konfigurasi alamat node yaitu dengan Mirf.setRADDR((byte *)"recvr") yang berarti alamat tujuan yang telah dikonfigurasi pada *Transmitter* serta konfigurasi channel yang digunakan dengan yaitu Mirf.channel=123, channel yang digunakan antara *Receiver* dan *Transmitter* harus sama agar dapat berkomunikasi. Konfigurasi dapat dilihat pada Gambar 5.14.



Gambar 5.14 Konfigurasi Perangkat Lunak pada *Receiver*

Kemudian program utama pada *Receiver* berfungsi untuk menerima data saat *Transmitter* mengirim data sensor program. Pertama program akan memeriksa apakah ada data yang dikirim yaitu if(Mirf.dataReady()), jika ada data yang dikirim maka akan langsung diterima dengan sintaks Mirf.getData(datareceive) kemudian data akan ditampilkan pada serial monitor Arduino IDE. Program utama pada *Receiver* bisa dilihat pada Gambar 5.15.



Gambar 5.15 Program Utama pada *Receiver*

BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini menjelaskan hasil dan analisa dari pengujian sistem yang telah diimplementasikan sesuai dengan perancangan dari sistem yang telah dibuat. Pengujian pada penelitian dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama adalah pengujian *Transmitter* tanpa *Low Power Mode* dan tahap kedua pengujian *Transmitter* dengan *Low Power Mode*. Kedua tahap tersebut diuji dengan penggunaan arus sebagai berikut:

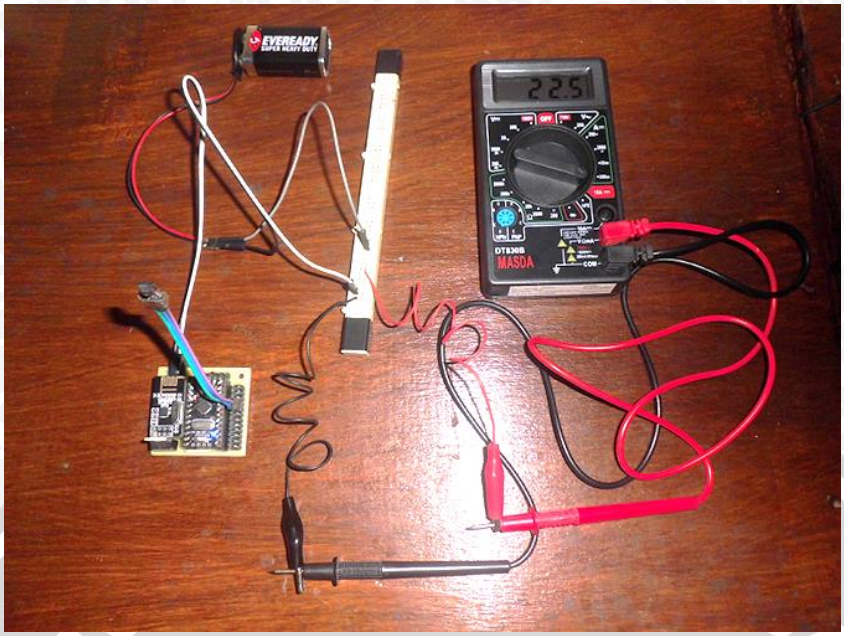
1. Pembacaan Sensor yaitu pengujian penggunaan arus node *Transmitter* pada saat membaca nilai *Analog Digital Converter* (ADC) sensor.
2. Pengiriman data yaitu pengujian penggunaan arus node *Transmitter* pada saat mengirim data.
3. *Idle* yaitu pengujian penggunaan arus node *Transmitter* pada saat tidak melakukan proses pembacaan sensor maupun pengiriman data.

6.2 Pengujian *Transmitter* tanpa *Low Power Mode*

Pada pengujian *Transmitter* tanpa *Low Power Mode* terdapat beberapa langkah pengujian yaitu:

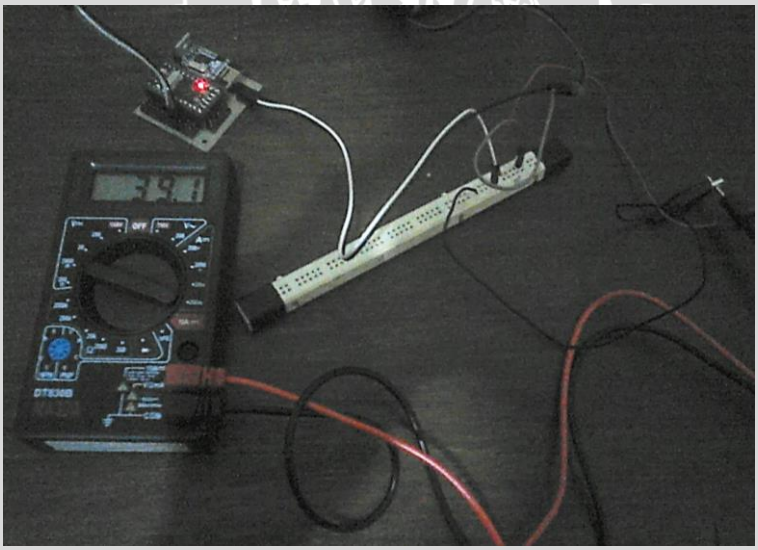
6.2.1 Penggunaan Arus pada Pembacaan Sensor

1. Mengubungkan perangkat keras *Transmitter* dengan kabel FTDI Serial ke laptop. Kemudian upload program untuk *Transmitter* tanpa *Low Power Mode* untuk fungsi pembacaan sensor.
2. Menguhubungkan perangkat keras *Transmitter* dengan baterai 9V dan multimeter untuk mengukur arus. Pertama putuskan jalur catu energi (power supply) yaitu baterai 9V yang terhubung ke *Transmitter*, kemudian hubungkan probe multimeter ke terminal Jalur yang kita putuskan tersebut. Probe merah ke output tegangan positif (+) dan probe hitam ke Input tegangan (+) *Transmitter*. Untuk lebih jelas, silakan lihat Gambar 6.1 berikut ini.



Gambar 6.1 Rangkaian untuk Mengukur Arus

3. Langkah berikutnya mencatat hasil dari angka arus yang ditampilkan oleh multimeter. Pengujian pembacaan sensor dapat dilihat pada Gambar 6.2.



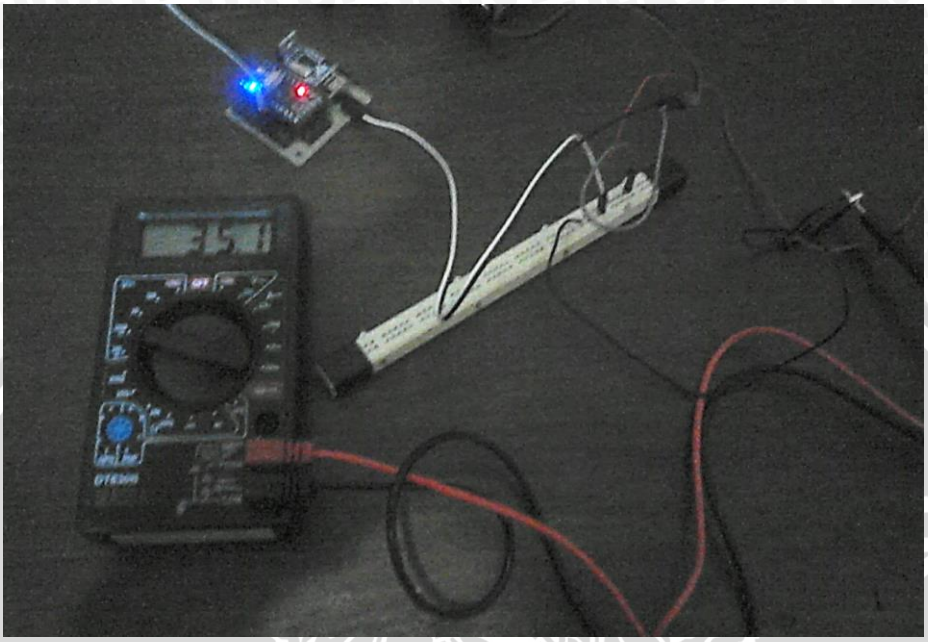
Gambar 6.2 Pengujian Pembacaan Sensor tanpa *Low Power Mode*

6.2.2 Penggunaan Arus pada Pengiriman data

1. Mengubungkan perangkat keras *Transmitter* dengan kabel FTDI Serial ke laptop. Kemudian upload program untuk *Transmitter* tanpa *Low Power Mode* untuk fungsi pengiriman data.
2. Menguhubungkan perangkat keras *Transmitter* dengan baterai 9V dan multimeter untuk mengukur arus. Pertama putuskan jalur catu energi (power supply) yaitu baterai 9V yang terhubung ke *Transmitter*, kemudian hubungkan probe multimeter ke terminal Jalur yang kita putuskan tersebut. Probe merah

ke output tegangan positif (+) dan probe hitam ke Input tegangan (+) *Transmitter*. Untuk lebih jelas, silakan lihat Gambar 6.1.

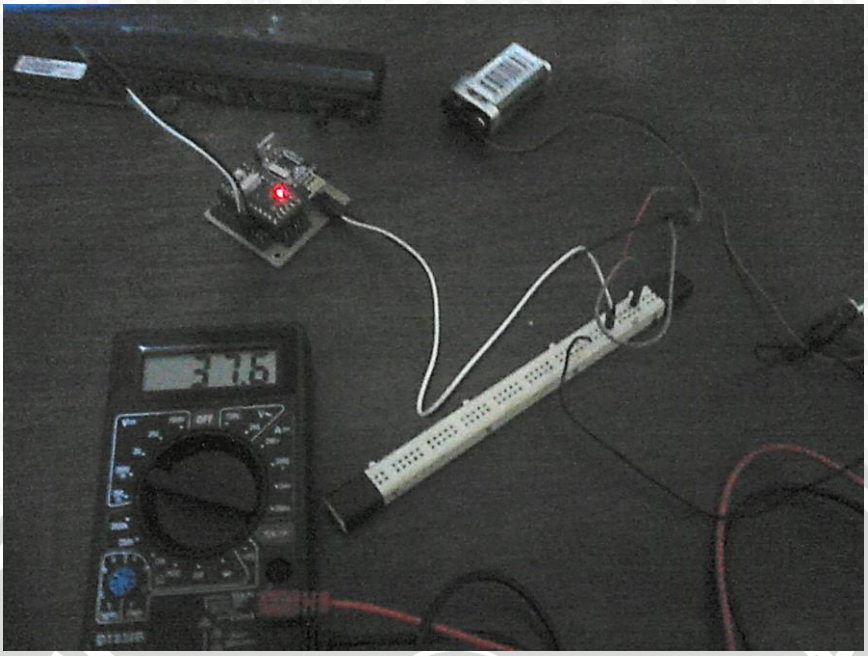
3. Langkah berikutnya mencatat hasil dari angka arus yang ditampilkan oleh multimeter. Pengujian pada pengiriman data dapat dilihat pada Gambar 6.3.



Gambar 6.3 Pengujian Pengiriman Data Tanpa *Low Power Mode*

6.2.3 Penggunaan Arus pada saat *Idle*

1. Mengubungkan perangkat keras *Transmitter* dengan kabel FTDI Serial ke laptop. Kemudian upload program untuk *Transmitter* tanpa *Low Power Mode* dengan program tanpa fungsi pembacaan sensor dan pengiriman data atau disebut *idle*.
2. Menguhubungkan perangkat keras *Transmitter* dengan baterai 9V dan multimeter untuk mengukur arus. Pertama putuskan jalur catu energi (power supply) yaitu baterai 9V yang terhubung ke *Transmitter*, kemudian hubungkan probe multimeter ke terminal Jalur yang kita putuskan tersebut. Probe merah ke output tegangan positif (+) dan probe hitam ke Input tegangan (+) Transmitter. Untuk lebih jelas, silakan lihat Gambar 6.1.
3. Langkah berikutnya mencatat hasil dari angka arus yang ditampilkan oleh multimeter. Pengujian pada saat Idle dapat dilihat pada Gambar 6.4.



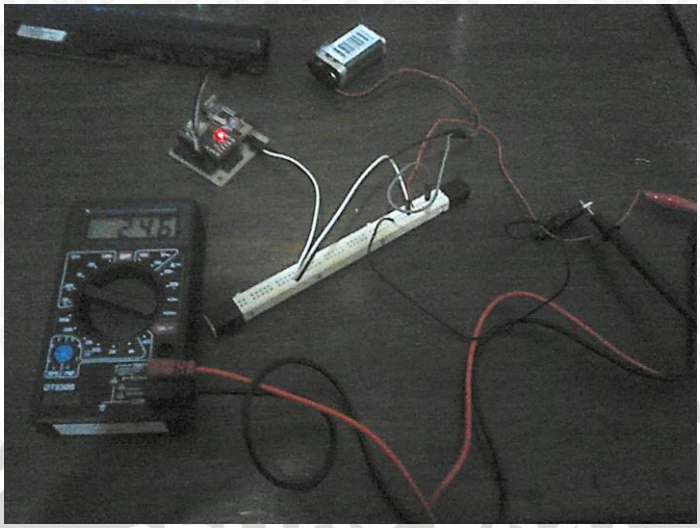
Gambar 6.4 Pengujian pada saat *Idle* tanpa *Low Power Mode*

6.3 Pengujian *Transmitter* dengan *Low Power Mode*

Pada pengujian Transmitter dengan *Low Power Mode* terdapat beberapa langkah pengujian yaitu:

6.3.1 Penggunaan Arus pada Pembacaan Sensor

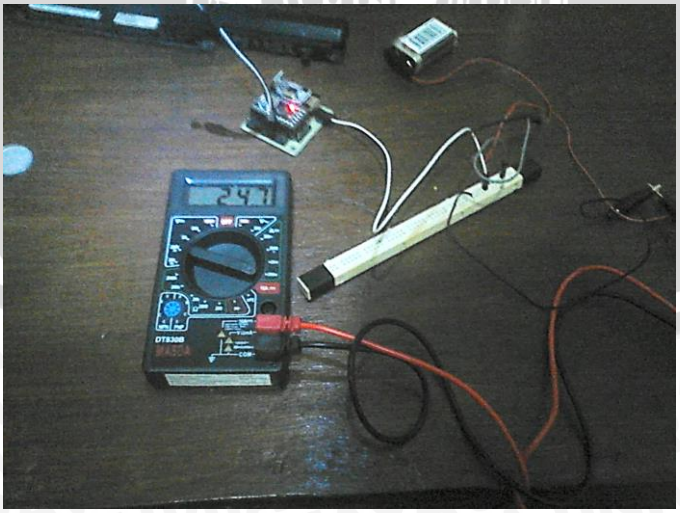
1. Mengubungkan perangkat keras *Transmitter* dengan kabel FTDI Serial ke laptop. Kemudian upload program untuk *Transmitter* dengan *Low Power Mode* untuk fungsi pembacaan sensor.
2. Menguhubungkan perangkat keras *Transmitter* dengan baterai 9V dan multimeter untuk mengukur arus. Pertama putuskan jalur catu energi (power supply) yaitu baterai 9V yang terhubung ke *Transmitter*, kemudian hubungkan probe multimeter ke terminal Jalur yang kita putuskan tersebut. Probe merah ke output tegangan positif (+) dan probe hitam ke Input tegangan (+) Transmitter. Untuk lebih jelas, silakan lihat Gambar 6.1.
3. Langkah berikutnya mencatat hasil dari angka arus yang ditampilkan oleh multimeter. Pengujian pembacaan sensor dengan *Low Power Mode* dapat dilihat pada Gambar 6.5.



Gambar 6.5 Pengujian Pembacaan Sensor dengan *Low Power Mode*

6.3.2 Penggunaan Arus pada Pengiriman data

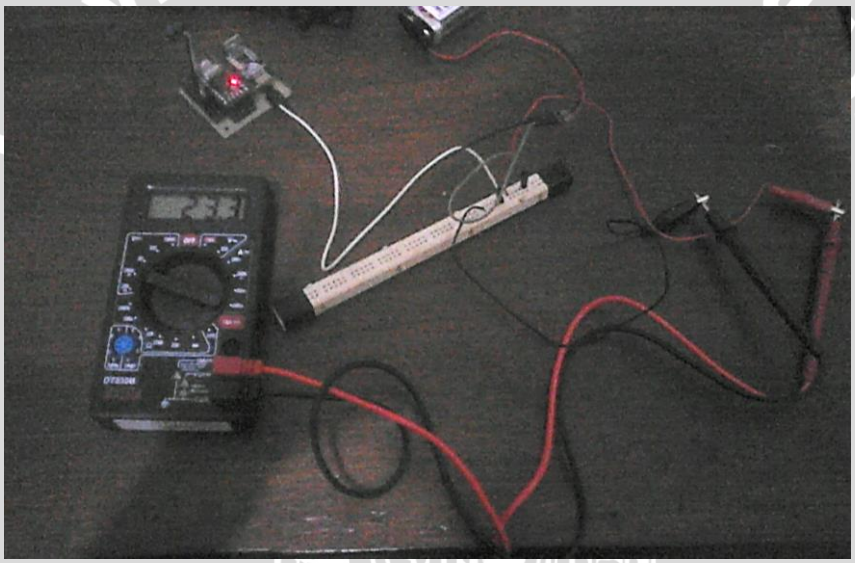
1. Mengubungkan perangkat keras *Transmitter* dengan kabel FTDI Serial ke laptop. Kemudian upload program untuk *Transmitter* dengan *Low Power Mode* untuk fungsi pengiriman data.
2. Menguhubungkan perangkat keras *Transmitter* dengan baterai 9V dan multimeter untuk mengukur arus. Pertama putuskan jalur catu energi (power supply) yaitu baterai 9V yang terhubung ke *Transmitter*, kemudian hubungkan probe multimeter ke terminal Jalur yang kita putuskan tersebut. Probe merah ke output tegangan positif (+) dan probe hitam ke Input tegangan (+) Transmitter. Untuk lebih jelas, silakan lihat Gambar 6.1.
3. Langkah berikutnya mencatat hasil dari angka arus yang ditampilkan oleh multimeter. Pengujian pada pengiriman data dengan *Low Power Mode* dapat dilihat pada Gambar 6.6.



Gambar 6.6 Pengujian Pengiriman Data dengan *Low Power Mode*

6.3.3 Penggunaan Arus pada saat *Idle*

1. Mengubungkan perangkat keras *Transmitter* dengan kabel FTDI Serial ke laptop. Kemudian upload program untuk *Transmitter* dengan *Low Power Mode* dengan program tanpa fungsi pembacaan sensor dan pengiriman data atau disebut *idle*.
2. Menguhubungkan perangkat keras *Transmitter* dengan baterai 9V dan multimeter untuk mengukur arus. Pertama putuskan jalur catu energi (power supply) yaitu baterai 9V yang terhubung ke *Transmitter*, kemudian hubungkan probe multimeter ke terminal Jalur yang kita putuskan tersebut. Probe merah ke output tegangan positif (+) dan probe hitam ke Input tegangan (+) Transmitter. Untuk lebih jelas, silakan lihat Gambar 6.1.
3. Langkah berikutnya mencatat hasil dari angka arus yang ditampilkan oleh multimeter. Pengujian pada saat Idle dengan *Low Power Mode* dapat dilihat pada Gambar 6.7.



Gambar 6.7 Pengujian pada saat *Idle* dengan *Low Power Mode*

6.4 Hasil dan Analisis

Pada pengujian penelitian telah didapatkan hasil konsumsi arus yang digunakan oleh *Transmitter* dengan *Low Power Mode* dan tanpa *Low Power Mode* yang dapat dilihat pada Tabel 6.1 di bawah ini.

Tabel 6.1 Tabel Hasil Pengujian

Pengujian	Tanpa *Low Power Mode* (mA)	Dengan *Low Power Mode* (mA)
Pembacaan sensor	39,1	24,6
Pengiriman data	35,9	24,7
Idle	37,6	23,3

Dari Tabel 6.1 tersebut dapat dilihat penggunaan arus antara wireless sessor node menggunakan *Low Power Mode* dan tanpa menggunakan *Low Power Mode*. Dalam pengunaan arus pada saat pembacaan sensor dapat berkurang sebesar 14,5 mA, pada saat pengiriman data dapat berkurang sebesar 11,2 mA dan pada saat idle dapat berkurang sebesar 14,3 mA. Dengan demikian penelitian ini telah berhasil mengurangi konsumsi arus yang digunakan oleh wireless sensor node *Transmitter*. Semakin sedikit konsumsi arus yang digunakan maka akan semakin sedikit energi yang diperlukan.

BAB 7 PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, hasil perancangan, implementasi dan pengujian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini telah dibuat *Low Power Mode* yang diaplikasikan pada studi kasus implementasi *wireless sensor node* sehingga dapat mengurangi penggunaan energi pada *wireless sensor node*.
2. Pada penelitian ini *Low Power Mode* bisa dilakukan secara *software* dengan pemrograman Arduino IDE dengan menggunakan library jeelib sehingga memungkinkan Arduino Pro Mini menggunakan arus serendah mungkin untuk bekerja.
3. Pada Pengujian penelitian ini dapat dilihat perbedaan penggunaan energi antara *Transmitter* tanpa *Low Power Mode* dan *Transmitter* dengan *Low Power Mode* dengan skenario yang sama yaitu saat pembacaan sensor, pengiriman data dan pada saat idle. Penggunaan energi yang lebih rendah pada *Transmitter* dengan *Low Power Mode* dibandingkan *Transmitter* tanpa *Low Power Mode* yaitu dalam pengunaan arus pada saat pembacaan sensor dapat berkurang sebesar 14,5 mA, pada saat pengiriman data dapat berkurang sebesar 11,2 mA dan pada saat idle dapat berkurang sebesar 14,3 mA. Dengan demikian penelitian ini mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian yaitu mengurangi penggunaan arus pada *wireless sensor node*. Semakin sedikit penggunaan arus yang digunakan maka akan semakin sedikit energi yang diperlukan.

7.1 Saran

Beberapa saran yang bisa dilakukan untuk mengembangkan sistem ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan penambahan perangkat keras dan kombinasi dengan sistem lainya dapat dilakukan sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan teknologi dan fitur pada bidang *wireless sensor network*.
2. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan bisa melakukan pengurangan penggunaan arus dan pengujian dengan metode lain untuk dapat dikembangkan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

Arduino, 2015. Arduino Pro Mini, [Online] Tersedia di : <http://arduino.cc/en /Main/ArduinoBoardProMini> [Diakses 23 April 2016].

Arduino, 2015. nRF24L01+, [Online] Tersedia di : <http://playground.arduino.cc /InterfacingWithHardware/Nrf24L01> [Diakses 24 Mei 2016].

ASA, Nordic Semiconductor *nRF24L01 Product Specification V2.0*, [Online] Tersedia di : <http://www.nordicsemi.com/eng/nordic/download_resource /8041/1/62435711> [diakses tanggal 28 April 2016].

Deny Syafril.2013. Penghematan Daya Pada Sensor Node Menggunakan Metode Pengaturan Waktu Kirim Data, [Online] Tersedia di : https://journal.pcr.ac.id/paper/PenghematanDayaPadaSensorNodeMenggunakanMetodePengaturanWaktuKirimData.pdf [Diakses 5 Mei 2016].

Jeelabs, 2015. *An easy interface to the port headers, the RF12 driver library, timers, low-power code, and more,* [Online] Tersedia di : <http://jeelabs.org/pub/docs /jeelib/> [Diakses 10 Mei 2016].

Sandra Sendra dkk.2011. Power saving and energy optimization techniques for Wireless Sensor Networks, [Online] Tersedia di : www.jocm.us/uploadfile /2013/0412/20130412025841137.pdf [Diakses 6 Mei 2016].

Sparkfun, 2016. Serial Peripheral Interface (SPI), [Online] Tersedia di : <https://learn.sparkfun.com/tutorials/serial-peripheral-interface-spi> [Diakses 30 Juni 2016].

Texas Instruments, 2015. LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors, [Online] Tersedia di : www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf [Diakses 10 Mei 2016].

Texas Instruments, 2016. LM1117 800-mA Low-Dropout Linear Regulator, [Online]. Tersedia di : www.ti.com/lit/ds/symlink/lm1117.pdf [Diakses 15 Mei 2016].

Vana Jelicic. 2011. Power Management in Wireless Sensor Networks With High-Consuming Sensors, [Online] Tersedia di : https://www.fer.unizg.hr/ _download/repository/VJelicic,KDI.pdf [Diakses 17 Mei 2016].

Waltenegus Dargie dan Christian Poellabauer.2011. Fundamentals Of Wireless Sensor Networks, hal.207-224.

LAMPIRAN

1. Hasil pengujian selama 120 detik tanpa low power mode dengan cycle pembacaan sensor, mengirim data, dan idle selama 59 detik.

Detik	mA	Detik	mA	Detik	mA	Detik	mA
1	38.2	31	38.2	61	38.2	91	38.2
2	38.2	32	38.2	62	38.2	92	38.2
3	38.2	33	38.2	63	38.2	93	38.2
4	38.2	34	38.2	64	38.2	94	38.2
5	38.2	35	38.2	65	38.2	95	38.2
6	38.2	36	38.2	66	38.2	96	38.2
7	38.2	37	38.2	67	38.2	97	38.2
8	38.2	38	38.2	68	38.2	98	38.2
9	38.2	39	38.2	69	38.2	99	38.2
10	38.2	40	38.2	70	38.2	100	38.2
11	38.2	41	38.2	71	38.2	101	38.2
12	38.2	42	38.2	72	38.2	102	38.2
13	38.2	43	38.2	73	38.2	103	38.2
14	38.2	44	38.2	74	38.2	104	38.2
15	38.2	45	38.2	75	38.2	105	38.2
16	38.2	46	38.2	76	38.2	106	38.2
17	38.2	47	38.2	77	38.2	107	38.2
18	38.2	48	38.2	78	38.2	108	38.2
19	38.2	49	38.2	79	38.2	109	38.2
20	38.2	50	38.2	80	38.2	110	38.2
21	38.2	51	38.2	81	38.2	111	38.2
22	38.2	52	38.2	82	38.2	112	38.2
23	38.2	53	38.2	83	38.2	113	38.2
24	38.2	54	38.2	84	38.2	114	38.2
25	38.2	55	38.2	85	38.2	115	38.2
26	38.2	56	38.2	86	38.2	116	38.2
27	38.2	57	38.2	87	38.2	117	38.2
28	38.2	58	38.2	88	38.2	118	38.2
29	38.2	59	38.2	89	38.2	119	38.2
30	38.2	60	38.2	90	38.2	120	38.2

2. Hasil pengujian selama 120 detik dengan low power mode dengan cycle pembacaan sensor, mengirim data, dan idle selama 59 detik.

Detik	mA	Detik	mA	Detik	mA	Detik	mA
1	24.4	31	24.4	61	24.4	91	24.4
2	24.4	32	24.4	62	24.4	92	24.4
3	24.4	33	24.4	63	24.4	93	24.4
4	24.4	34	24.4	64	24.4	94	24.4
5	24.4	35	24.4	65	24.4	95	24.4
6	24.4	36	24.4	66	24.4	96	24.4
7	24.4	37	24.4	67	24.4	97	24.4
8	24.4	38	24.4	68	24.4	98	24.4
9	24.4	39	24.4	69	24.4	99	24.4
10	24.4	40	24.4	70	24.4	100	24.4
11	24.4	41	24.4	71	24.4	101	24.4
12	24.4	42	24.4	72	24.4	102	24.4
13	24.4	43	24.4	73	24.4	103	24.4
14	24.4	44	24.4	74	24.4	104	24.4
15	24.4	45	24.4	75	24.4	105	24.4
16	24.4	46	24.4	76	24.4	106	24.4
17	24.4	47	24.4	77	24.4	107	24.4
18	24.4	48	24.4	78	24.4	108	24.4
19	24.4	49	24.4	79	24.4	109	24.4
20	24.4	50	24.4	80	24.4	110	24.4
21	24.4	51	24.4	81	24.4	111	24.4
22	24.4	52	24.4	82	24.4	112	24.4
23	24.4	53	24.4	83	24.4	113	24.4
24	24.4	54	24.4	84	24.4	114	24.4
25	24.4	55	24.4	85	24.4	115	24.4
26	24.4	56	24.4	86	24.4	116	24.4
27	24.4	57	24.4	87	24.4	117	24.4
28	24.4	58	24.4	88	24.4	118	24.4
29	24.4	59	24.4	89	24.4	119	24.4
30	24.4	60	25.9	90	24.4	120	25