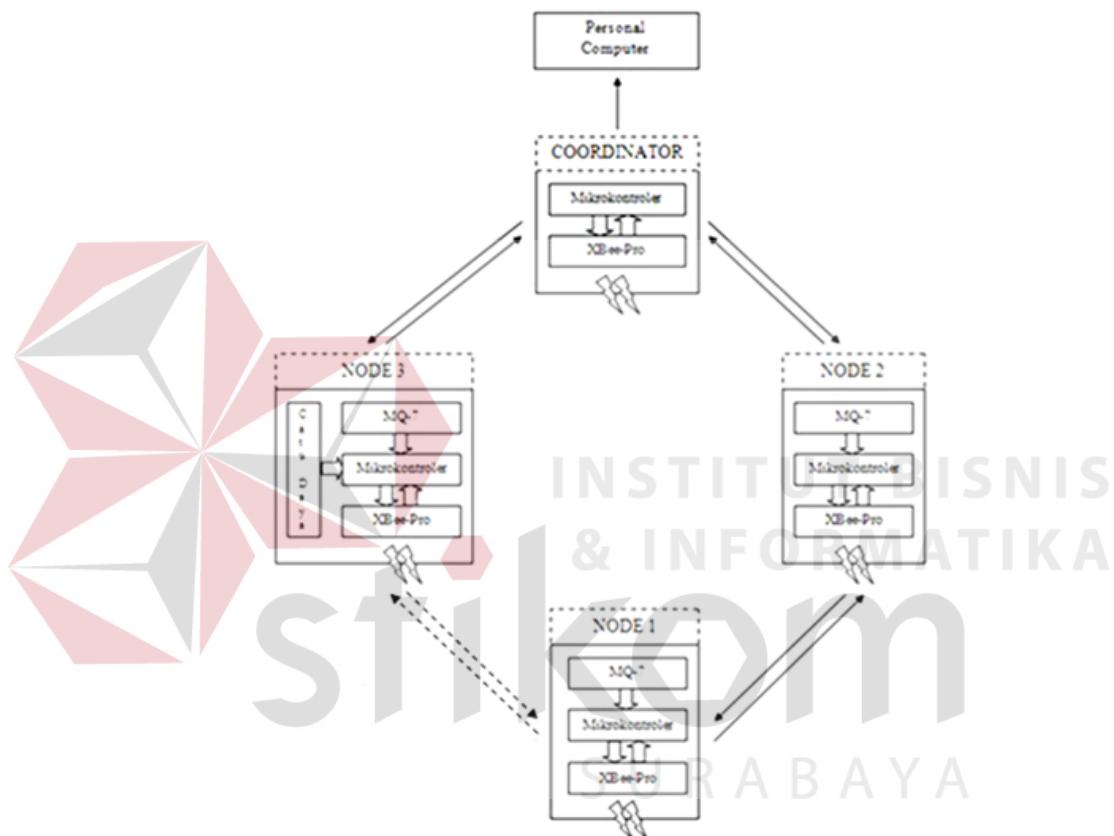


BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan merancang beberapa *node* yang akan dipasang seperti pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1. Pemasangan *Node*

Dari gambar 3.1 dapat dilihat bahwa penelitian ini menggunakan 4 buah *node* dan 1 *personal computer* yang berfungsi sebagai *monitoring* pencemaran udara. *Node coordinator* berfungsi untuk menerima data dari *node* 1, 2, dan 3 sedangkan *node* 1, 2 dan 3 berfungsi untuk mengirimkan nilai respon sensor kandungan karbon monoksida pada udara atau data pemantau catu daya. *Node coordinator* terdiri dari modul *wireless*, dan modul mikrokontroler, sedangkan 3 buah *node* lainnya terdiri dari modul *wireless*, modul mikrokontroler, dan modul

sensor gas karbon monoksida. Pada salah satu *node* penulis memberikan rangkaian pemantau catu daya yang berfungsi memberikan informasi pemakaian daya.

3.1. Alat dan Bahan Penelitian

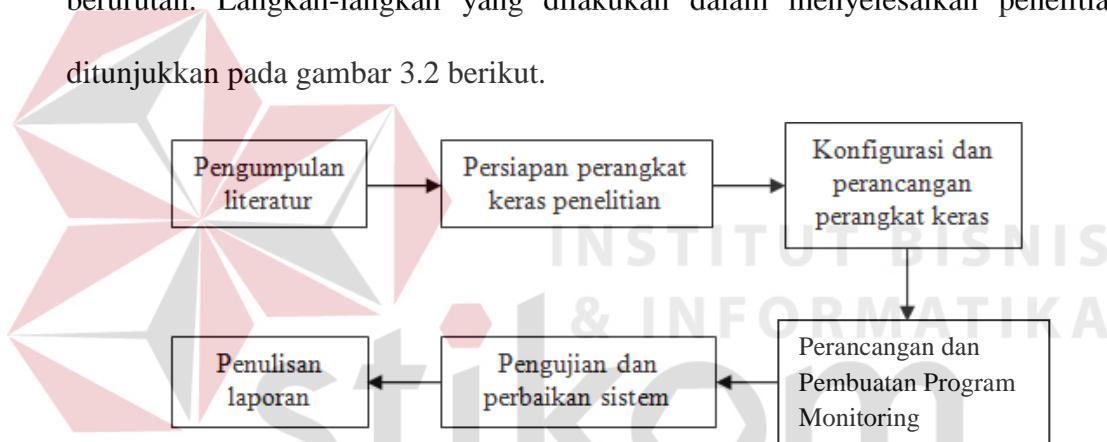
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. *Power supply* digunakan untuk memberi daya pada masing-masing rangkaian.
2. Gas karbon monoksida digunakan sebagai bahan penelitian yang akan dipantau oleh sensor.
3. *Variable Resistor (VR)* digunakan untuk menentukan *output* pada rangkaian pembagi tegangan yang digunakan pada rangkaian pemantau catu daya.
4. LED digunakan sebagai indikator rangkaian pemantau catu daya.
5. Konektor *blackhouse* digunakan untuk menghubungkan atau mengkonfigurasi pin I/O dari modul minimum sistem dengan rangkaian pemantau catu daya, modul sensor gas karbon monoksida atau modul *wireless Xbee-Pro*.
6. Multimeter digunakan untuk mengukur tegangan yang dihasilkan oleh masing-masing rangkaian.
7. Bagian elektronik pada setiap *node* terdapat modul-modul elektronika diantaranya modul sensor gas karbon monoksida, modul komunikasi *wireless 802.15.4 Xbee-Pro*, serta modul rangkaian pemantau catu daya yang terdapat pada *node 3*.

8. Peralatan pendukung yang diperlukan untuk merancang perangkat keras adalah tang potong, solder, timah, penyedot timah, dan beberapa mur-baut sesuai keperluan.
9. *Personal computer* digunakan untuk mendesain rangkaian pemantau catu daya.

3.2. Jalan Penelitian

Penelitian ini dikerjakan dalam beberapa langkah sistematis yang saling berurutan. Langkah-langkah yang dilakukan dalam menyelesaikan penelitian ditunjukkan pada gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2. Blok Diagram Langkah-langkah Penelitian

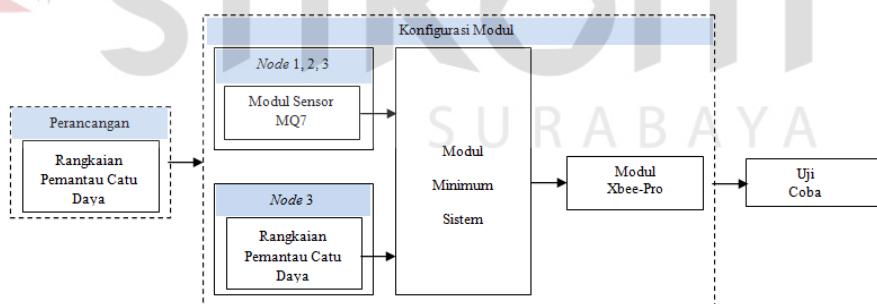
Penelitian dimulai dengan mengumpulkan literatur pendukung dalam merancang dan membuat perangkat keras atau perangkat lunak. Literatur diperoleh dari buku bahan-bahan kuliah dan referensi dari situs-situs internet. Langkah selanjutnya adalah mempersiapkan perangkat keras yang akan digunakan dalam penelitian. Tahap berikutnya adalah konfigurasi dan perancangan perangkat keras. Langkah berikutnya adalah merancang dan membuat program *monitoring*. Pengujian pada tiap modul elektronik dan pengujian sistem secara keseluruhan akan dilakukan hingga pada akhirnya penelitian diakhiri dengan pembuatan laporan.

3.2.1. Studi Literatur

Studi literatur dalam penelitian ini meliputi studi kepustakaan dan penelitian laboratorium. Dengan cara ini penulis berusaha untuk mendapatkan dan mengumpulkan data-data, informasi, konsep-konsep yang bersifat teoritis dari buku bahan-bahan kuliah dan referensi dari internet yang berkaitan dengan permasalahan. Antara lain *Wireless Sensor Network* (WSN), modul komunikasi wireless 802.15.4 Xbee-Pro, mikrokontroler AVR, sensor gas karbon monoksida (MQ-7), dan rangkaian pemantau catu daya. Teori dan informasi yang sudah diperoleh merupakan pendukung untuk melakukan langkah selanjutnya yang berhubungan dengan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak.

3.2.2. Perancangan Perangkat Keras

Langkah-langkah yang dilakukan dalam perancangan perangkat keras ditunjukkan pada gambar 3.3 berikut.

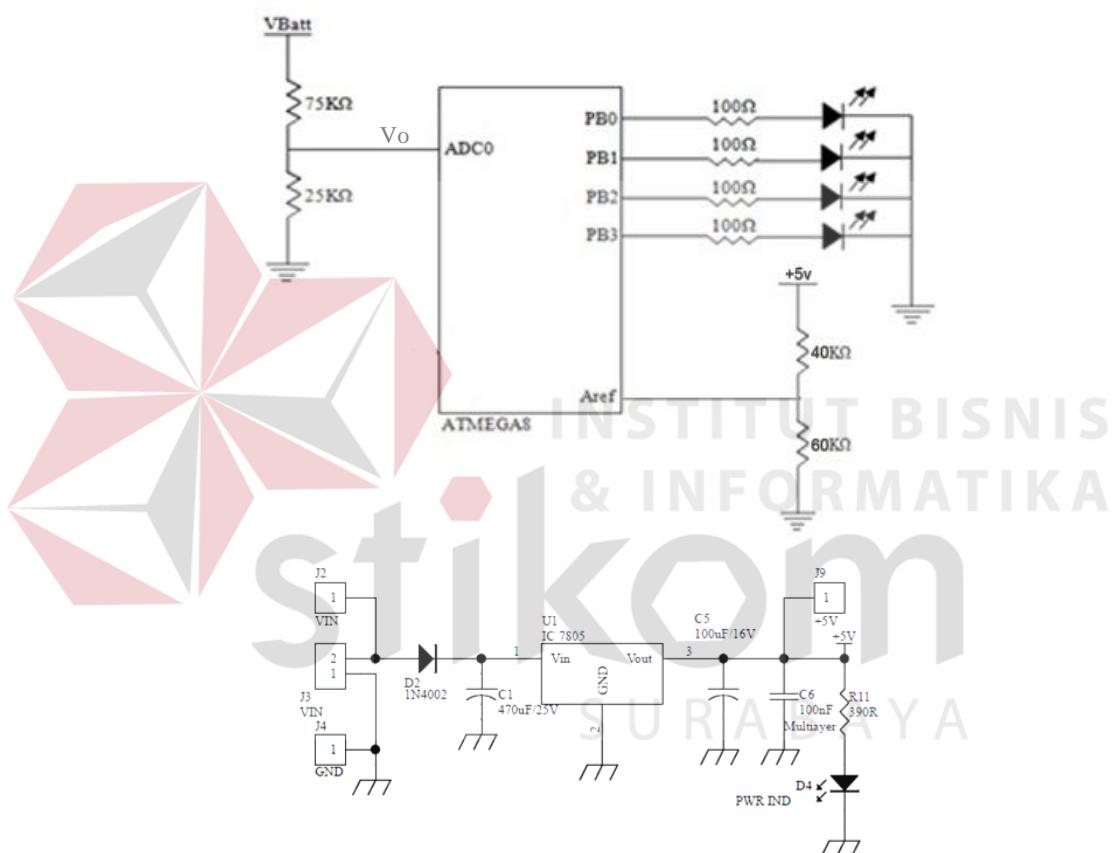


Gambar 3.3. Blok Diagram Langkah-langkah Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras dimulai dengan membuat rangkaian pemantau catu daya. Rangkaian pemantau catu daya dibuat berdasarkan teori yang diperoleh dari beberapa sumber seperti jurnal dan referensi dari internet. Langkah selanjutnya adalah konfigurasi modul yaitu menghubungkan beberapa modul dengan modul minimum sistem.

A. Rangkaian Pemantau Catu Daya

Rangkaian pemantau catu daya berfungsi untuk memberikan informasi penggunaan daya pada salah satu *node*. Informasi ini akan dikirim menuju *node coordinator* yang selanjutnya akan ditampilkan pada *personal computer*. Untuk membaca kondisi catu daya maka rangkaian dibuat seperti ditunjukkan pada gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4. Rangkaian Pemantau Catu Daya

Untuk mendapatkan hasil yang sesuai maka dibutuhkan rangkaian pembagi tegangan. Besar *output* yang dihasilkan oleh rangkaian pembagi tegangan dapat dihitung sesuai dengan rumus 2.1. Berikut adalah perhitungan *output* yang dihasilkan rangkaian pembagi tegangan jika baterai dalam kondisi penuh.

$$V_o = \frac{25K}{25k + 75k} \times 12V$$

$$V_o = 3V$$

Tegangan V_{batt} dapat berubah-ubah sesuai dengan tegangan baterai.

Tegangan baterai yang dipantau adalah lebih dari 10,9 volt dan kurang dari sama dengan 12 volt. Dalam kondisi lebih dari sama dengan 12 volt kondisi baterai dikatakan dalam keadaan penuh dan kondisi kosong apabila kurang dari 10,9 volt.

Dari gambar 3.4 tegangan V_o yang dihasilkan oleh rangkaian pembagi tegangan yang terhubung dengan tegangan baterai akan dibandingkan dengan tegangan 3 volt yang tersambung pada pin A_{ref} mikrokontroler. Tegangan 3 volt yang digunakan sebagai tegangan referensi dihasilkan dari rangkaian pembagi tegangan yang terhubung dengan pin *output* LM7805 yang menghasilkan tegangan +5 volt. Tabel 3.1 menunjukkan kondisi baterai mulai dari kondisi penuh sampai tidak dapat lagi menjalankan sistem.

Tabel 3.1. Kondisi Baterai Saat Penuh Sampai Tidak Dapat Menjalankan Sistem

V Batt (Volt)	Waktu (Menit)	LM7805 Regulator 12v-5v (Volt)	Referensi Tegangan (A_{ref})
14.05	0	6.97	3.04
14.02	5	6.97	3.04
13.97	10	6.97	3.04
13.93	15	6.97	3.04
13.87	20	6.97	3.04
13.83	25	6.97	3.04
13.77	30	6.97	3.04
13.58	35	6.97	3.04
13.41	40	6.97	3.04
13.28	45	6.97	3.04
12.73	50	6.97	3.04
12.28	55	6.97	3.04
11.98	60	6.97	3.04
11.87	62	6.95	3.03
11.58	65	6.93	3.01
11.28	67	6.90	2.99

V Batt (Volt)	Waktu (Menit)	LM7805 Regulator 12v-5v (Volt)	Referensi Tegangan (A _{ref})
10.73	70	6.88	2.96
10.53	71	6.82	2.91
10.44	72	6.74	2.84
10.35	73	6.59	2.72
10.21	74	6.48	2.64
9.94	75	6.32	2.56
9.79	76	6.14	2.49
9.58	77	5.95	2.43

Keterangan :

 : Dalam keadaan penuh (Tegangan baterai dalam kondisi penuh lebih dari sama dengan 12 volt)

 : Dalam keadaan normal (Tegangan baterai dalam nilai *range* yang ditentukan lebih dari 10,9 volt dan kurang dari sama dengan 12 volt)

 : Dalam keadaan waspada/kosong (Tegangan baterai dalam kondisi waspada atau kosong kurang dari 10,9 volt)

 : Dalam keadaan kosong (kondisi baterai sudah tidak dapat digunakan untuk menjalankan sistem)

ADC yang digunakan dalam penelitian ini adalah ADC (8bit). Tegangan V_o juga digunakan untuk menentukan nilai ADC pada mikrokontroler sesuai dengan rumus 2.2. Berikut adalah perhitungan nilai ADC yang dihasilkan jika V_o dalam keadaan maksimal.

$$ADC = \frac{3V}{3V} \times 256$$

$$ADC = 256$$

Nilai inilah yang digunakan oleh mikrokontroler untuk membaca kondisi catu daya pada salah satu *node*. Selain itu kondisi pamakaian catu daya juga dapat

dipantau melalui 4 (empat) buah LED sebagai indikator. Masing-masing LED menandakan kondisi catu daya yang seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.2 berikut.

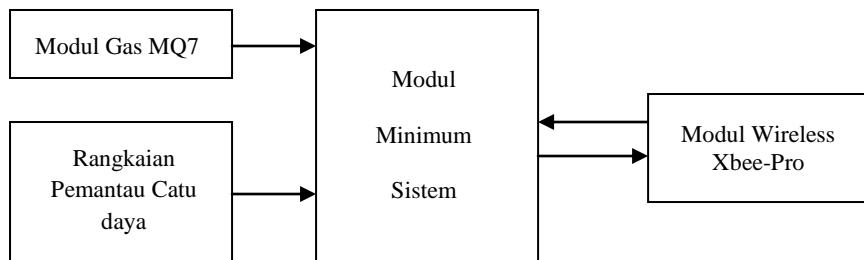
Tabel 3.2. Indikator Kondisi Catu Daya

Vbatt	ADC	Indikator LED
$V_{batt} \geq 12$	$ADC \geq 254$	LED1 LED2 LED3 LED4
$11,4 < V_{batt} \leq 11,9$	$243 < ADC \leq 253$	LED2 LED3 LED4
$10,9 < V_{batt} \leq 11,4$	$233 < ADC \leq 243$	LED3 LED4
$V_{batt} \leq 10,9$	$ADC \leq 233$	LED4

B. Konfigurasi Modul WSN Tiap Node

Konfigurasi modul adalah menghubungkan beberapa modul antara lain, rangkaian pemantau catu daya, modul sensor gas MQ7 dan modul *wireless* Xbee-Pro dengan modul minimum sistem. Modul minimum sistem sendiri dibuat untuk mendukung kerja dari *microchip* ATmega dimana *microchip* tidak bisa berdiri sendiri melainkan harus ada rangkaian dan komponen pendukung seperti halnya rangkaian catu daya, kristal dan lain sebagainya yang biasanya disebut minimum sistem.

Microchip berfungsi sebagai otak dalam mengolah semua instruksi baik *input* maupun *output* seperti halnya memproses data *input* dari *sensor* atau catu daya yang kemudian menghasilkan *output* dan mengirimkan data serial ke XBee – Pro Tx atau memproses data yang diterima dari XBee-Pro Rx seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.5.



Gambar 3.5. Blok Diagram Konfigurasi Modul

Pada Tugas Akhir ini penulis membagi rangkaian minimum sistem menjadi 4 (empat) bagian yang terdapat pada masing-masing *node*. Pada *node 1* menggunakan minimum sistem ATmega 8535, *node 2* dan *node 3* menggunakan minimum sistem ATmega 8, sedangkan pada *node coordinator* menggunakan minimum sistem ATmega 128.

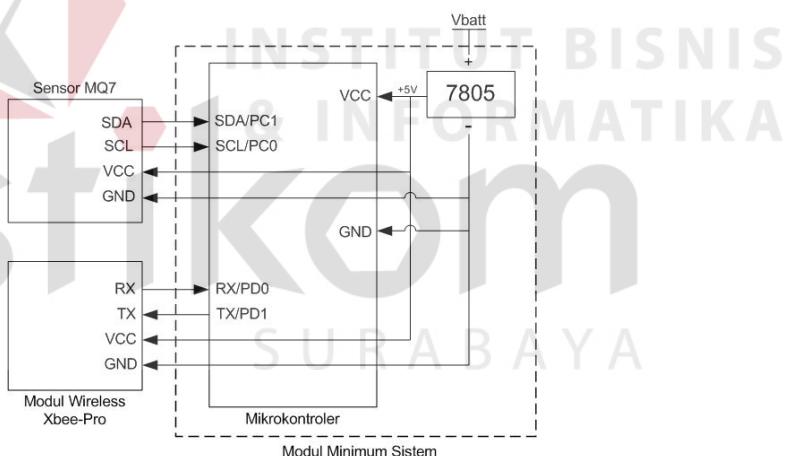
B.1. Minimum Sistem *Node 1*

Pada *node 1* menggunakan minimum sistem ATmega 8535 yang terdiri dari *microchip* ATmega 8535, rangkaian *oscillator*, rangkaian *reset*, rangkaian konektor untuk *downloader* program, dan beberapa pin I/O lainnya. *Microchip* ATmega8535 sendiri mempunyai 40 pin I/O yang beberapa pin I/O memiliki fungsi sebagai komunikasi I2C dan ADC, serta memiliki kemampuan untuk melakukan komunikasi data serial. Berikut tabel daftar pin I/O minimum sistem yang digunakan dalam *node 1*.

Tabel 3.3. Pin I/O Minimum Sistem *node 1*

Pin I/O	Fungsi
Vcc	Power 5v
Gnd	Ground
PD0/Rx	Sebagai pin Tx Xbee-Pro
PD1/Tx	Sebagai pin Rx Xbee-Pro
PC0	Sebagai jalur SCL (<i>clock</i>) dari sensor MQ-7
PC1	Sebagai jalur SDA (data) dari sensor MQ-7
Reset	Mereset program
PB (bit 0, 1, 2)	Sebagai Pin RS, RD, EN (LCD)
PB (bit 4, 5, 6, 7)	Sebagai Pin D4, D5, D6, D7 (LCD)

Dari tabel 3.3 sensor MQ7 terhubung dengan mikrokontroler dengan menggunakan *Inter Integrated Circuit* (I2C) pada *port C0* dan *port C1*, sedangkan Xbee-Pro terhubung dengan UART-TTL pada *port D0* dan *port D1*. Berikut gambar diagram skematik minimum sistem *node 1*.

Gambar 3.6. Diagram Skematik Minimum Sistem *Node 1*

Minimum sistem pada *node 1* berfungsi untuk memproses data yang telah diterima oleh XBee-Pro Rx serta memproses *input* data dari sensor gas karbon monoksida. Selanjutnya minimum sistem akan mengirimkan data ke XBee-Pro Tx agar diteruskan menuju XBee-Pro Rx yang terpasang pada *node 2*. Apabila *node 2* terdeteksi dalam keadaan mati, maka minimum sistem akan mengirimkan data menuju XBee-Pro Rx yang terpasang pada *node 3*.

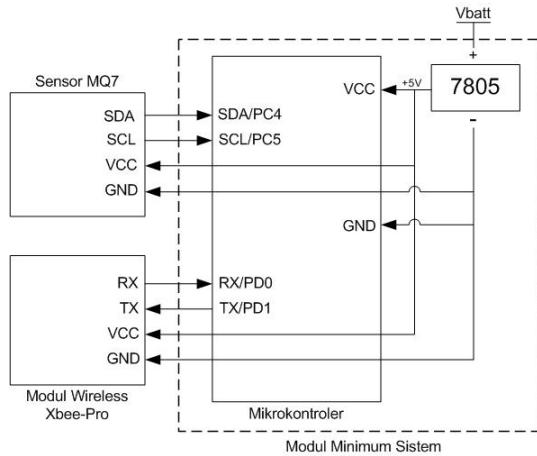
B.2. Minimum Sistem Node 2

Pada *node 2* menggunakan minimum sistem ATmega8 yang terdiri dari *microchip* ATmega8, rangkaian *oscillator*, rangkaian reset, rangkaian konektor untuk *downloader* program, dan beberapa pin I/O lainnya. *Microchip* ATmega8 sendiri mempunyai 28 pin I/O yang beberapa pin I/O memiliki fungsi sebagai komunikasi I2C dan ADC, serta memiliki kemampuan untuk melakukan komunikasi data serial. Pada minimum sistem ATmega8 *port C* mempunyai 2 fungsi yaitu sebagai komunikasi I2C dan juga komunikasi ADC. Jika *port C* dibuka sebagai pin komunikasi ADC maka *port C* tidak bisa digunakan sebagai pin komunikasi I2C atau sebagai pin I/O lainnya. Pada minimum sistem *node 2* ini *port C* digunakan sebagai pin I/O untuk komunikasi I2C. Tabel 3.4 merupakan daftar pin I/O minimum sistem yang digunakan dalam *node 2*.

Tabel 3.4. Pin I/O Minimum Sistem *node 2*

Pin I/O	Fungsi
Vcc	Power 5v
Gnd	Ground
PD0/Rx	Sebagai pin Tx Xbee-Pro
PD1/Tx	Sebagai pin Rx Xbee-Pro
PC5	Sebagai jalur SCL (<i>clock</i>) dari sensor MQ-7
PC4	Sebagai jalur SDA (data) dari sensor MQ-7
Reset	Mereset program
PD (bit 5, 6, 7)	Sebagai Pin RS, RD, EN (LCD)
PC (bit 3, 2, 1, 0)	Sebagai Pin D4, D5, D6, D7 (LCD)

Dari tabel 3.4 sensor MQ7 terhubung dengan mikrokontroler menggunakan *Inter Integrated Circuit* (I2C) pada *port C4* dan *port C5*, sedangkan Xbee-Pro terhubung dengan UART-TTL pada *port D0* dan *port D1*. Berikut gambar diagram skematik minimum sistem *node 2*.



Gambar 3.7. Diagram Skematik Minimum Sistem Node 2

Minimum sistem pada *node 2* berfungsi untuk memproses data sensor yang telah diterima oleh XBee-Pro Rx yang berasal dari *node 1*, serta memproses *input* data dari sensor gas karbon monoksida (MQ7) yang terhubung dengan *port* I2C pada mikrokontroler. Selanjutnya minimum sistem *node 2* akan mengirimkan data sensor *node 1* dan *node 2* ke XBee-Pro Tx agar diteruskan menuju XBee-Pro Rx yang terpasang pada *node coordinator*.

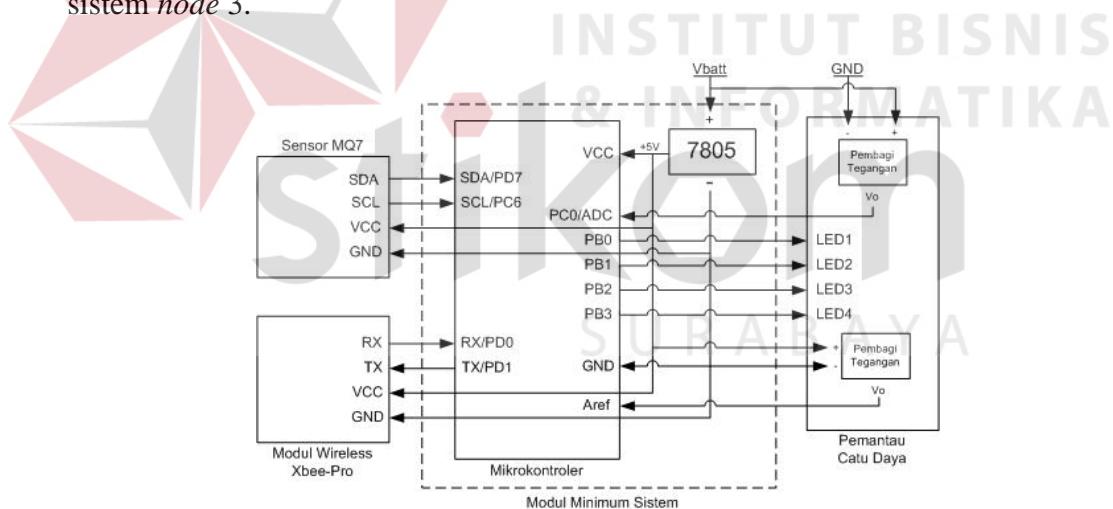
B.3. Minimum Sistem Node 3

Pada *node 3* menggunakan minimum sistem ATmega8 yang terdiri dari *microchip* ATmega8, rangkaian *oscillator*, rangkaian *reset*, rangkaian konektor untuk *downloader* program, dan beberapa pin I/O lainnya. *Microchip* ATmega8 sendiri mempunyai 28 pin I/O yang beberapa pin I/O memiliki fungsi sebagai komunikasi I2C dan ADC, serta memiliki kemampuan untuk melakukan komunikasi data serial. Pada minimum sistem *node 3* *port C* digunakan sebagai pin I/O untuk komunikasi ADC, sehingga untuk komunikasi I2C menggunakan *port D*. Tabel 3.5 merupakan daftar pin I/O minimum sistem yang digunakan dalam *node 3*.

Tabel 3.5. Pin I/O Minimum Sistem *node 3*

Pin I/O	Fungsi
Vcc	Power 5v
Gnd	Ground
PD0/Rx	Sebagai pin Tx Xbee-Pro
PD1/Tx	Sebagai pin Rx Xbee-Pro
PD6	Sebagai jalur SCL (<i>clock</i>) dari sensor MQ-7
PD7	Sebagai jalur SDA (data) dari sensor MQ-7
Reset	Mereset program
PC (0)	Sebagai jalur ADC rangkaian pemantau catu daya

Dari tabel 3.5 sensor MQ7 terhubung dengan mikrokontroler dengan menggunakan komunikasi *Inter Integrated Circuit* (I2C) pada *port* D6 dan *port* D7, sedangkan rangkaian pemantau catu daya terhubung dengan *Analog to Digital Converter* (ADC) pada *port* C0 serta Xbee-Pro terhubung dengan UART-TTL pada *port* D0 dan *port* D1. Gambar 3.8 menunjukkan diagram skematik minimum sistem *node 3*.

Gambar 3.8. Diagram Skematik Minimum Sistem *Node 3*

Minimum sistem pada *node 3* berfungsi untuk memproses data sensor yang telah diterima oleh XBee-Pro Rx yang berasal dari *node 1* apabila *node 2* terdeteksi dalam keadaan mati serta memproses inputan data dari gas karbon monoksida (MQ7) melalui *port* I2C dan inputan data dari rangkaian catu daya melalui *port* ADC pada mikrokontroler. Selanjutnya minimum sistem *node 3* akan

mengirimkan data sensor yang diterima dari XBee-Pro Rx serta gas karbon monoksida (MQ7) dan rangkaian catu daya ke XBee-Pro Tx agar diteruskan menuju XBee-Pro Rx yang terpasang pada *node coordinator*. Apabila *node 2* dalam keadaan hidup maka minimum sistem *node 3* hanya akan mengirimkan data sensor *node 3* dan data rangkaian pemantau catu daya menuju *node coordinator*.

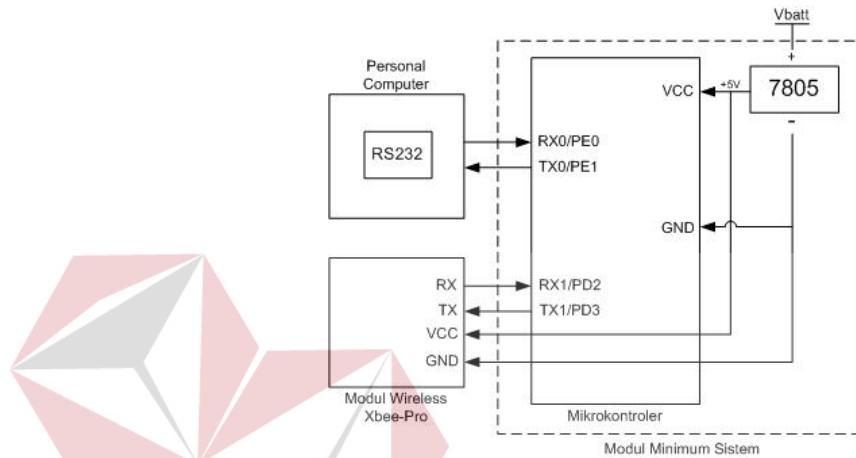
B.4. Minimum Sistem *Node Coordinator*

Pada *node coordinator* menggunakan minimum sistem Atmega128 yang terdiri dari *microchip* Atmega128, rangkaian *oscillator*, rangkaian *reset*, rangkaian konektor untuk *downloader* program, dan beberapa pin I/O lainnya. *Microchip* ATmega128 sendiri mempunyai 64 pin I/O yang beberapa pin I/O memiliki fungsi sebagai komunikasi I2C dan ADC, serta memiliki kemampuan untuk melakukan komunikasi data serial. Minimum sistem ATmega128 memiliki 2 (dua) komunikasi UART. Pada Tugas akhir ini UART0 digunakan sebagai komunikasi serial RS-232, sedangkan UART1 digunakan sebagai komunikasi UART-TTL. Tabel 3.6 merupakan daftar pin I/O minimum sistem yang digunakan dalam *node coordinator*.

Tabel 3.6. Pin I/O Minimum Sistem *Node Coordinator*

Pin I/O	Fungsi
Vcc	Power 5v
Gnd	Ground
PD2/Rx	Sebagai pin Rx Xbee-Pro
PD3/Tx	Sebagai pin Tx Xbee-Pro
Reset	Mereset program
PE0/RX	Sebagai pin Rx RS232
PE1/TX	Sebagai pin Tx RS232
PA (bit 0, 1, 2)	Sebagai Pin RS, RD, EN (LCD)
PA (bit 4, 5, 6, 7)	Sebagai Pin D4, D5, D6, D7 (LCD)

Dari tabel 3.6 *personal computer* terhubung dengan mikrokontroler menggunakan komunikasi serial pada *port* E0 dan *port* E1, sedangkan Xbee-Pro terhubung dengan komunikasi serial UART-TTL pada *port* D2 dan *port* D3. Diagram skematik minimum sistem *node coordinator* dapat ditunjukkan pada gambar 3.9 berikut.



Gambar 3.9. Diagram Skematik Minimum Sistem *Node Coordinator*

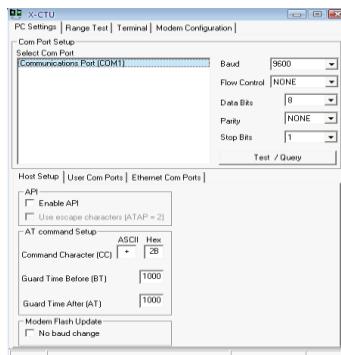
Minimum sistem pada *node coordinator* berfungsi untuk memproses data yang telah diterima oleh XBee-Pro Rx yang berasal dari *node 1*, *node 2* dan *node 3*. Selanjutnya minimum sistem akan mengirimkan data tersebut ke *personal computer*.

3.2.3. Perancangan Perangkat Lunak

A. Konfigurasi Parameter Modul XBee-Pro

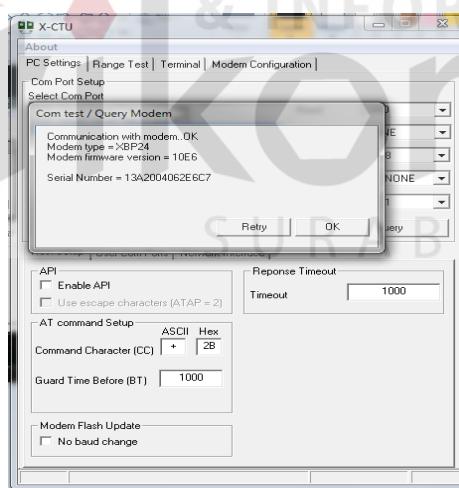
Untuk melakukan konfigurasi parameter modul XBee-Pro dapat melalui sebuah *software* bawaan XBee-Pro yaitu X-CTU. Konfigurasi ini berfungsi agar modul XBee-Pro dapat saling berkomunikasi. Untuk melakukan konfigurasi pada X-CTU, modul XBee-Pro harus dihubungkan terlebih dahulu dengan komputer melalui serial *port* dengan kabel USB. Setelah terhubung komputer akan

mendeteksi melalui *communication port*, selanjutnya menjalankan *software X-CTU* dengan mengatur *baudrate* dan *communication port* yang telah terdeteksi oleh komputer kemudian klik *test/query*. Konfigurasi awal modul XBee-Pro dapat dilihat pada gambar 3.10 berikut.



Gambar 3.10. Konfigurasi Awal Modul Xbee-Pro

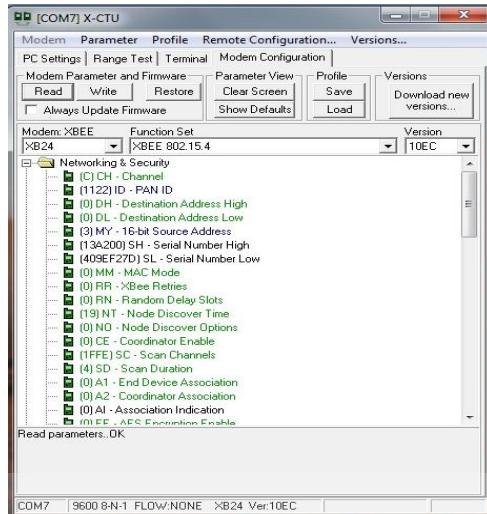
Jika Xbee-Pro berhasil terhubung dengan *software X-CTU*, maka akan keluar jendela baru yang menunjukkan keterangan *type*, *firmware* & *serial number* Xbee-Pro seperti ditunjukkan pada gambar 3.11 berikut.



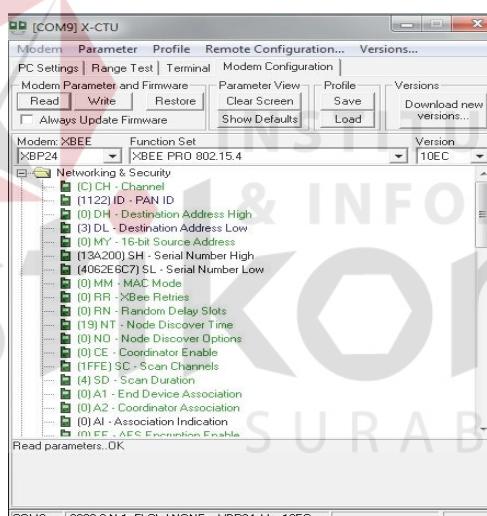
Gambar 3.11. Xbee-Pro Setelah Berhasil Terhubung Dengan XCTU

Setelah Xbee-Pro terhubung dengan *software X-CTU*, langkah selanjutnya melakukan konfigurasi parameter Xbee-Pro di terminal X-CTU agar Xbee-Pro dapat saling berkomunikasi dengan baik. Pada penelitian ini menggunakan 2 (dua) konfigurasi Xbee-Pro agar Xbee-pro dapat saling berkomunikasi sesuai

dengan *rule* yang di inginkan. Gambar 3.12 dan gambar 3.13 menunjukkan konfigurasi parameter Xbee-Pro.



Gambar 3.12. Konfigurasi Parameter Xbee-Pro Pada *Node 2* dan *Node 3*



Gambar 3.13. Konfigurasi Parameter Xbee-Pro
Pada *Node 1* dan *Node Coordinator*

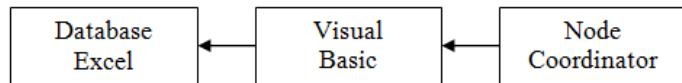
Gambar 3.12 merupakan konfigurasi parameter untuk *node 2* dan *node 3*. Sedangkan gambar 3.13 merupakan konfigurasi parameter untuk *node 1* dan *node coordinator*. Langkah pertama untuk mengkonfigurasi pada menu *modem configuration* adalah membaca versi serta parameter Xbee-Pro dengan klik tombol *read*. Setelah versi dan parameter Xbee-Pro terbaca, langkah selanjutnya adalah

mengubah parameter agar XBee-Pro dapat berkomunikasi sesuai dengan aturan yang diinginkan. Parameter yang perlu diubah antara lain :

- 1) ID (*Networking {Addressing}*) Merupakan perintah pengalamatan PAN (*Personal Area Network*) dimana nilainya harus sama untuk satu jaringan. Pada penelitian ini nilai PAN ID dirubah menjadi 3 untuk semua *node*,
- 2) DL (*Destination Address Low*) merupakan perintah untuk mengatur alamat yang akan dituju oleh Xbee-Pro. Pada *node 2* dan *node 3* nilai DL diubah menjadi 0 sedangkan untuk *node 1* dan *node coordinator* nilai DL diubah menjadi 3. Hal ini dilakukan agar komunikasi berjalan sesuai dengan topologi,
- 3) MY (*Source Address*) merupakan perintah untuk mengatur alamat dari Xbee-Pro (alamat diri sendiri), nilai dari “DL” dan “MY” tidak boleh sama. Pada *node 2* dan *node 3* nilai MY diubah menjadi 3 sedangkan pada *node 1* dan *node coordinator* nilai MY diubah menjadi 0,
- 4) CH (*Chanel*) merupakan perintah *set/read* dari Xbee-Pro dimana nilai awalnya adalah C dan nilainya harus sama. Pada penelitian ini *Chanel* yang digunakan adalah *chanel* awal yaitu C untuk semua *node*,
- 5) BD (*Baud Rate*) merupakan kecepatan pengiriman data serial dimana nilai awalnya adalah 9600. Pada penelitian ini *boudrate* yang digunakan adalah *boudrate* awal yaitu 9600 untuk semua *node*.

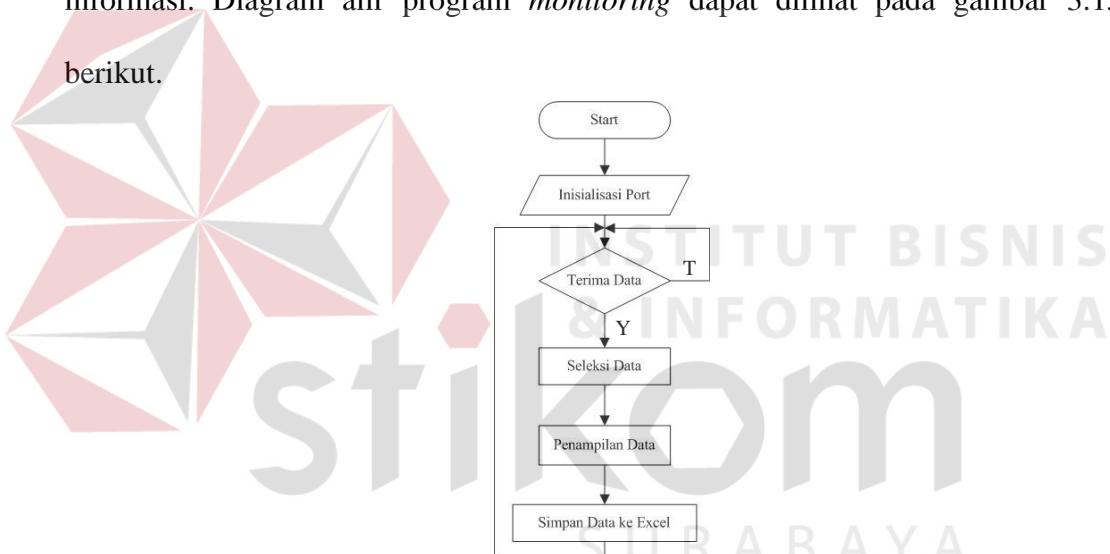
B. Perancangan Program *Monitoring*

Program *monitoring* dirancang untuk menampilkan dan menyimpan data berupa informasi pencemaran udara serta penggunaan catu daya. Blok diagram program *monitoring* dapat dilihat pada gambar 3.14 berikut.



Gambar 3.14. Blok Diagram Program *Monitoring*

Dari gambar 3.14 dapat dilihat bahwa *input* program *monitoring* berasal dari *node coordinator*. Data yang dikirim berupa nilai dari sensor gas karbon monoksida (MQ-7) yang dihasilkan oleh *node 1*, *node 2*, dan *node 3* serta nilai penggunaan catu daya dari *node 3*. Data yang berasal dari *node coordinator* dikirim melalui UART RS-232 yang terhubung dengan *personal computer*. Selanjutnya data akan ditampilkan dan disimpan kedalam *database excel* sebagai informasi. Diagram alir program *monitoring* dapat dilihat pada gambar 3.15 berikut.



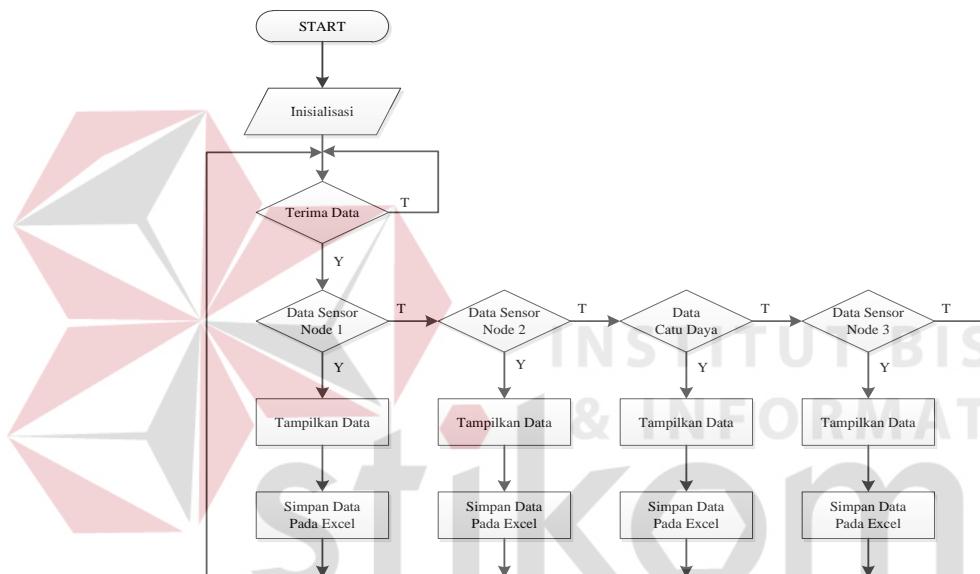
Gambar 3.15. Diagram Alir Program *Monitoring*

Pada saat program pertama kali dijalankan yang dilakukan adalah inisialisasi *communication port* serta membuat *folder* untuk menyimpan *file* sebagai *database*. Berikut adalah potongan program inisialisasi *communication port* serta membuat *folder database*.

```

Private Sub Command1_Click()
On Error Resume Next
If Dir$("d:\Data Sensor\") = "" Then
  Mkdir "d:\Data Sensor\
End If
MSComm1.PortOpen = True
Command1.Enabled = False
End Sub
  
```

Langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi *input* data sensor gas karbon monoksida sesuai dengan *header* yang telah diatur pada program mikrokontroler masing-masing *node*. Pemberian *header* berfungsi untuk memisahkan data yang berasal dari *node 1*, *node 2*, dan *node*. Data sensor dan penggunaan catu daya yang telah diterima selanjutnya akan ditampilkan pada *list* dan digambarkan dengan grafik yang berfungsi sebagai informasi pencemaran udara seperti yang ditunjukkan gambar 3.16 berikut.



Gambar 3.16. Diagram Alir Proses Penerimaan Data

Setelah data diseleksi dan ditampilkan, data hasil pencemaran udara yang dihasilkan oleh sensor gas karbon monoksida (MQ-7) serta nilai penggunaan catu daya akan disimpan kedalam *database excel* yang ditempatkan pada direktori yang telah dibuat sebelumnya. Berikut adalah program *input* data kedalam *database excel*.

```

FileName = "D:\Data Sensor\Data Sensor" + ".xls"
freefl = FreeFile
Open FileName For Append As #freefl
Print #freefl, Text1.Text + vbTab + Text4.Text + vbTab +
Text2.Text + vbTab + Text5.Text + vbTab + Text3.Text + vbTab +
Text6.Text + vbTab + Text7.Text
Close #freefl
  
```

3.3. Langkah Pengujian

Pengujian kinerja sistem dalam penelitian ini terdiri dari 3 (tiga) bagian antara lain :

- 1) pengujian modul pendukung, dimulai dengan melakukan pengujian pada minimum sistem, rangkaian pemantau catu daya, modul *wireless* Xbee-Pro dan sensor gas karbon monoksida MQ-7,
- 2) pengujian program *monitoring* pada *personal computer*, merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui apakah data dapat diterima dengan baik.
- 3) pengujian sistem secara keseluruhan, merupakan pengujian transmisi data melalui beberapa *node* yang selanjutnya akan ditampilkan dan disimpan pada *personal computer*.

3.3.1. Pengujian Modul Pendukung

A. Modul Minimum Sistem

Langkah Pengujian minimum sistem bertujuan untuk mengetahui apakah minimum sistem dapat melakukan proses *signature* dan *download* program ke *microcontroller* dengan baik. Langkah pengujian minimum sistem dapat ditunjukkan pada tabel 3.7.

Tabel 3.7. Langkah Pengujian Modul Minimum Sistem

Tujuan	Alat dan Bahan	Input	Output yang diharapkan	Indikator keberhasilan
Untuk mengetahui apakah minimum sistem dapat melakukan proses <i>signature</i> dan <i>download</i> program ke mikrokontroler	Komputer, <i>software</i> CV AVR, sumber tegangan, kabel USB to mikro USB dan <i>downloader</i> .	Program melalui <i>software</i> CV AVR	Minimum sistem dapat melakukan <i>download</i> program ke mikrokontroler	CV AVR dapat membaca jenis mikrokontroler pada menu <i>chip signature</i>

Selain untuk melakukan *download* program pengujian ini juga bertujuan untuk memastikan bahwa rangkaian minimum sistem dapat berinteraksi dengan rangkaian pemantau catu daya, modul sensor gas karbon monoksida MQ-7 dan modul *wireless* Xbee-Pro.

B. Rangkaian Pemantau Catu Daya

Langkah Pengujian rangkaian pemantau catu daya bertujuan untuk mengetahui kondisi catu daya pada salah satu *node*. Langkah pengujian dimulai dengan memberikan *input* pada rangkaian pembagi tegangan berupa tegangan yang berasal dari *power supply*. *Output* yang dihasilkan oleh rangkaian ini dapat disesuaikan menggunakan *variabel resistor* (VR) sehingga menghasilkan tegangan seperti yang diinginkan. Tabel 3.8 menunjukkan langkah pengujian rangkaian pemantau catu daya.

Tabel 3.8. Langkah Pengujian Rangkaian Pemantau Catu Daya

Tujuan	Alat dan Bahan	Input	Output yang diharapkan	Indikator keberhasilan
Untuk mengetahui kondisi catu daya pada <i>node 3</i>	Sumber tegangan, multimeter	Tegangan dari Baterai (V_{batt})	Nilai yang dihasilkan oleh rangkaian pembagi tegangan sesuai dengan tabel 3.1	Nilai ADC sesuai dengan <i>range</i> pada tabel 3.2

Output tegangan yang dihasilkan rangkaian pembagi tegangan akan dibandingkan dengan tegangan 3 volt yang tersambung pada pin A_{ref} mikrokontroler. Nilai ini yang akan digunakan sebagai acuan untuk memantau tegangan dan dikirimkan ke *personal computer*.

C. Modul Wireless Xbee-Pro

Langkah pengujian modul *wireless* Xbee-Pro bertujuan untuk mengetahui bahwa modul *wireless* Xbee-Pro telah bekerja dengan baik. Langkah pengujian ini membutuhkan beberapa alat dan bahan agar pengujian dapat berjalan dengan baik. Langkah pengujian dimulai dengan memberikan *input* berupa data karakter agar dikirimkan ke modul *wireless* Xbee-Pro lainnya, seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.9.

Tabel 3.9. Langkah Pengujian Modul Xbee-Pro

Tujuan	Alat dan Bahan	Input	Output yang diharapkan	Indikator keberhasilan
Untuk mengetahui konfigurasi parameter Xbee-Pro, apakah sudah berjalan sesuai dengan aturan yang telah dibuat	Komputer, <i>software</i> XCTU, kabel USB	Data Karakter	Xbee-Pro dapat saling berkomunikasi sesuai <i>rule</i> yang dibuat	Xbee-Pro dapat menerima data karakter yang dikirimkan

Pengujian ini dikatakan berhasil apabila modul *wireless* Xbee-Pro dapat mengirim dan menerima data sesuai dengan konfigurasi parameter yang telah dibuat.

D. Modul Sensor Gas MQ-7

Langkah pengujian modul sensor gas karbon monoksida MQ-7 dimulai dengan menghubungkan *output* sensor gas karbon monoksida MQ-7 dengan *port* I2C pada mikrokontroler. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah sensor dapat mendeteksi gas karbon monoksida dengan baik. langkah selanjutnya memberikan program pada mikrokontroler yang berisi perintah untuk membaca sensor serta

menampilkan data ke dalam LCD. Untuk mendapatkan nilai respon sensor terhadap kandungan gas karbon monoksida dilakukan pengujian dengan mendekatkan gas buang kendaraan bermotor. Langkah pertama melakukan pengujian tanpa adanya gas buang motor, langkah kedua melakukan pengujian menggunakan gas buang motor dengan menjauhkan sensor, langkah ketiga mendekatkan sensor dengan gas buang motor untuk mengetahui perbedaan nilai yang dihasilkan oleh sensor MQ7. Pengujian sensor gas karbon monoksida dapat ditunjukkan pada tabel 3.10.

Tabel 3.10. Langkah Pengujian Modul Sensor Gas MQ-7

Tujuan	Alat dan Bahan	Input	Output yang diharapkan	Indikator keberhasilan
Untuk mengetahui nilai respon sensor terhadap kandungan gas karbon monoksida	Sumber tegangan, minimum sistem, software AVR, komputer, LCD	Gas Karbon Monoksida	Sensor MQ-7 dapat menghasilkan nilai gas karbon monoksida	Adanya perubahan nilai yang dihasilkan sensor

Output yang dihasilkan oleh sensor gas MQ-7 akan ditampilkan dalam sebuah LCD, nilai inilah yang akan digunakan sebagai acuan untuk memantau gas karbon monoksida.

E. Pengiriman Data Modul Minimum Sistem Menggunakan Modul Wireless

Xbee-Pro

Langkah pengujian ini dilakukan setelah selesai melakukan pengujian modul minimum sistem dan modul wireless Xbee-Pro . Langkah pertama yang dilakukan adalah menghubungkan *port Rx* *minimum sistem* dengan *port Rx* *Tx* pada Xbee-Pro. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah modul wireless

Xbee-Pro telah dapat bekerja dengan modul minimum sistem. Langkah selanjutnya adalah memberikan cuplikan program pada mikrokontoler yang berisi data untuk dikirim secara serial melalui modul Xbee-Pro. Pengujian pengiriman data modul minimum sistem melalui modul *wireless xbee-pro* ditunjukkan pada tabel 3.11.

Tabel 3.11. Langkah Pengujian Modul Minimum Sistem

Tujuan	Alat dan Bahan	Input	Output yang diharapkan	Indikator keberhasilan
Untuk mengetahui modul <i>wireless Xbee-Pro</i> telah dapat bekerja dengan modul minimum sistem	Sumber tegangan, minimum sistem, Xbee-Pro, <i>software CV AVR</i> , kabel USB to mikro USB dan <i>downloader</i> .	Data <i>random</i> program pada mikrokontoler	Kesesuaian data yang dikirim dan diterima oleh PC, serta menampilkan data pada menu terminal <i>CV AVR</i> .	PC dapat menerima data yang dikirimkan oleh minimum sistem.

3.3.2. Pengujian Program Pada *Personal Computer*

Langkah pengujian program pada *personal computer* bertujuan untuk memastikan bahwa data yang dikirim oleh tiap *node* dapat ditampilkan dan disimpan kedalam *database excel*. Pengujian dimulai dengan menghubungkan *node coordinator* dengan *personal computer* menggunakan komunikasi serial RS-232. Setelah program dijalankan, data akan ditampilkan dan disimpan berdasarkan *header node* masing-masing. Langkah Pengujian program pada *personal computer* ditunjukkan pada tabel 3.12.

Tabel 3.12. Langkah Pengujian Program Pada *Personal Computer*

Tujuan	Alat dan Bahan	Input	Output yang diharapkan	Indikator keberhasilan
Untuk memastikan data yang dikirim oleh tiap <i>node</i> dapat ditampilkan dan disimpan kedalam <i>database excel</i>	Sumber tegangan, minimum sistem, PC, kabel serial, modul <i>wireless</i> Xbee-Pro, modul sensor MQ-7	Gas Karbon Monoksida	Data dapat ditampilkan dan disimpan kedalam <i>database excel</i>	<i>Personal computer</i> dapat menampilkan dan menyimpan data sesuai yang dikirim oleh tiap <i>node</i>

3.3.3. Pengujian Jarak Akses Xbee-Pro

Langkah pengujian jarak akses Xbee-Pro bertujuan untuk memastikan batas maksimal jarak yang dapat dijangkau keseluruhan *node*. Pada pengujian jarak akses Xbee-Pro menggunakan kondisi *line of sight* (LOS) atau tanpa halangan. Pengujian ini dimulai dengan menghubungkan modul-modul sesuai dengan konfigurasi modul pada masing-masing *node* serta baterai sebagai catu daya untuk sistem. Pada pengujian ini terdapat 2 (dua) pengujian, yang pertama pengujian jarak akses antar *node*, dan yang kedua pengujian jarak akses keseluruhan *node*. Pengujian jarak akses antar *node* bertujuan untuk memastikan batas maksimal jarak yang dapat dijangkau antar *node*. Harapannya pada pengujian jarak akses keseluruhan *node* dengan menggunakan topologi *tree*, untuk *node* yang jarak aksesnya lebih jauh masih bisa dijangkau. Langkah pengujian jarak akses Xbee-Pro ditunjukkan pada tabel 3.13.

Tabel 3.13. Langkah Pengujian Jarak Akses Xbee-Pro

Tujuan	Alat dan Bahan	Input	Output yang diharapkan	Indikator keberhasilan
Untuk memastikan batas maksimal jarak akses yang dapat dijangkau keseluruhan <i>node</i>	Sumber tegangan, modul minimum sistem, modul wireless Xbee-Pro, modul sensor MQ-7	Gas Karbon Monoksida	Dapat mengetahui jarak akses keseluruhan <i>node</i>	Pada batas maksimal jarak akses antar <i>node</i> masih dapat mengirimkan nilai respon sensor MQ7 terhadap kandungan gas karbon monoksida

