

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Biogas

Krisis energi yang terjadi menuntun manusia untuk lebih cerdas mencari alternatif sumber energi lain. Secara umum, sumber energi alternatif tersebut harus dapat memenuhi kebutuhan manusia dan memiliki harga terjangkau. Salah satu sumber energi murah yang dapat menjadi alternatif adalah biogas. Biogas merupakan teknologi pembentukan energi dengan memanfaatkan limbah, seperti limbah pertanian, limbah peternakan, dan limbah manusia (Wahyuni, 2011).

Sumber energi biogas memiliki keunggulan dibandingkan dengan sumber energi lainnya. Selain ramah lingkungan, biogas juga termasuk energi yang memiliki sifat *renewable*. Artinya, biogas dapat diperbaharui dan mudah untuk diperbanyak. Solusi yang tepat untuk menjadi alternatif bagi sumber energi lain yang memang tidak dapat diperbaharui. Biogas juga tidak memiliki risiko meledak sehingga tidak berbahaya untuk digunakan.

Biogas dapat menyalakan bunga api dengan energi 6.400-6.600 kcal/m³, sehingga dapat dijadikan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan terbarukan. Kandungan 1 m³ biogas setara dengan 0,62 kg minyak tanah, 0,46 liter elpiji, 0,52 liter minyak solar, 0,80 liter bensin, dan 3,50 kg kayu bakar (Wahyuni, 2011).

2.1.1. Proses Pembentukan Biogas

Prinsip dasar teknologi biogas adalah proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi tanpa oksigen (anaerob) untuk menghasilkan campuran dari beberapa gas, seperti metana dan karbon dioksida. Biogas dihasilkan dengan bantuan bakteri metanogen atau metanogenik. Bakteri ini secara alami terdapat dalam limbah yang mengandung bahan organik, seperti limbah ternak dan sampah organik. Proses tersebut dikenal dengan istilah *anaerobic digestion* atau pencernaan secara anaerob. Umumnya, biogas diproduksi menggunakan alat yang disebut reaktor biogas (*digester*) yang dirancang agar kedap udara (anaerobik), sehingga proses penguraian mikroorganisme dapat berjalan secara optimal (Wahyuni, 2011).

2.1.2. Parameter Proses Pembuatan Biogas

Biogas dihasilkan dengan bantuan bakteri yang menumbuhkan kondisi lingkungan tertentu agar dapat tumbuh dan berkembang biak. Kondisi lingkungan yang optimal dapat menunjang pertumbuhan bakteri, sehingga biogas yang dihasilkan pun dapat maksimal. Berikut faktor dalam (dari *digester*) dan faktor luar yang dapat mempengaruhi pembuatan biogas (Wahyuni, 2011).

1. Jenis bahan organik (substrat)

Jenis bahan organik yang digunakan dapat berpengaruh terhadap lama waktu fermentasi oleh bakteri. Pasalnya, masing-masing jenis bahan organik memiliki total padatan yang berbeda, sehingga proses pembusukan material padatan pun akan berbeda. Secara umum, urutan kandungan bahan organik berdasarkan lamanya waktu penguraian yaitu gula, protein, lemak, hemiselulosa, dan lignin. Bahan organik berupa limbah pertanian yang banyak

mengandung selulosa dan lignin biasanya lebih lama diuraikan dibandingkan dengan limbah kotoran ternak. Karena itu, bahan organik berupa kotoran ternak harus dicampur dengan rumput kering atau limbah pertanian agar proses fermentasi dapat berlangsung optimal.

2. Derajat kemasaman (pH)

Derajat kemasaman pada saat proses fermentasi akan mengalami penurunan menjadi 6 atau lebih rendah akibat terbentuknya asam organik. Padahal, kehidupan mikroorganisme selama proses fermentasi akan efektif dengan pH 6,5-7,5. Setelah dua sampai tiga minggu, pH akan naik kembali yang menandakan perkembangan bakteri metan. Penurunan pH yang ekstrem dapat dicegah dengan menambahkan larutan kapur, seperti $\text{Ca}(\text{OH})_2$ atau CaCO_3 . Laju pencernaan anaerobik akan menurun jika kondisi pH lebih rendah menyebabkan tidak seimbangnya populasi bakteri metagenik terhadap bakteri asam sehingga dapat menggagalkan proses pencernaan anaerobik.

3. Imbangan *Carbon/Nitrogen* (C/N)

Aktivitas mikroorganisme yang berperan selama proses fermentasi sangat bergantung pada imbangan C/N. Mikroorganisme perombak dapat beraktivitas secara optimum jika imbangan C/N sebesar 25-30. Imbangan C/N tinggi pada bahan organik akan menyebabkan produksi metan yang rendah. Pasalnya, bahan dengan imbangan C/N tinggi hanya mengandung nitrogen dengan kadar yang rendah. Padahal, nitrogen sangat dibutuhkan sebagai sumber energi untuk perkembangbiakan mikroorganisme pengurai. Karena itu, untuk meningkatkan kadar nitrogen, pada bahan harus ditambahkan bahan organik yang mengandung nitrogen yang tinggi seperti kotoran hewan ternak.

Sementara itu, jika imbangan C/N sangat rendah, nitrogen akan bebas dan berakumulasi dalam bentuk amoniak sehingga menyebabkan bau busuk yang berlebih. Karena itu, diperlukan tambahan bahan lain yang mengandung karbon atau serat tinggi, seperti rumput, jerami dan dedaunan.

4. Suhu

Aktivitas bakteri penghasil biogas juga sangat dipengaruhi oleh suhu di dalam *digester*. Perubahan suhu yang mendadak dalam *digester* biogas dapat mengakibatkan penurunan produksi biogas secara cepat. Suhu ideal untuk produksi biogas adalah 32°C sampai 37° Celsius. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan *digester* rentan mengalami kerusakan, sedangkan yang terlalu rendah akan menghambat proses fermentasi.

5. Zat toksik

Zat toksik atau zat racun yang terkandung dalam bahan organik atau alat produksi biogas dapat menjadi penghambat pertumbuhan mikroorganisme sehingga menurunkan produksi biogas. Zat toksik tersebut diantaranya adalah ion mineral dan logam berat, seperti tembaga, detergen, pestisida, kaporit, dan antibiotik yang bersifat racun. Ion mineral dibutuhkan untuk merangsang pertumbuhan mikroorganisme dalam *digester*. Namun, jika terlalu banyak dapat menjadi racun bagi mikroorganisme tersebut. Oleh karena itu, air yang menjadi campuran haruslah air yang tidak mengandung zat toksik seperti air sawah yang tercampur pestisida, campuran air sabun, dan sumber air yang tercemar oleh bahan kimia lainnya.

6. Pengadukan

Pengadukan bertujuan untuk menghomogenkan bahan baku pembuatan biogas. Biasanya, pengadukan dilakukan sebelum dimasukkan di dalam digester dan setelah di dalam digester. Selain untuk mencampur bahan, pengadukan juga berfungsi untuk mencegah terjadinya pengendapan di dasar digester yang menghambat pembentukan biogas. Biasanya, pengendapan terjadi jika bahan yang digunakan berasal dari kotoran kering. Setelah ditambahkan air sampai kekentalan yang diinginkan, pengadukan mutlak diperlukan agar kotoran tidak mengendap.

7. Starter

Untuk mempercepat proses penguraian, dapat ditambahkan starter berupa bakteri mikroorganisme perombak. Starter yang digunakan dapat berupa starter alami, semi buatan dan buatan. Starter alami yang berasal dari alam yang dapat berupa lumpur aktif organik atau cairan isi rumen. Starter semi buatan didapat dari instalasi pembentuk biogas yang masih dalam keadaan aktif. Sementara itu, starter buatan berupa bakteri metan yang sengaja dibiakkan di laboratorium dan telah banyak dijual di pasaran.

2.2. Mikrokontroler AVR ATmega8535

Secara historis, mikrokontroler seri AVR pertama kali diperkenalkan ke pasaran sekitar tahun 1997 oleh perusahaan Atmel. Mikrokontroler AVR diklaim memiliki arsitektur dan set instruksi yang benar-benar baru dan berbeda. AVR merupakan mikrokontroler dengan arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) dengan lebar bus data 8 bit. Frekuensi kerja mikrokontroler AVR ini pada dasarnya sama dengan frekuensi osilator sehingga hal tersebut menyebabkan

kecepatan kerja AVR untuk frekuensi osilator yang sama akan dua belas kali lebih cepat dibandingkan dengan mikrokontroler seri AT89S51/52 (Susilo, 2010).

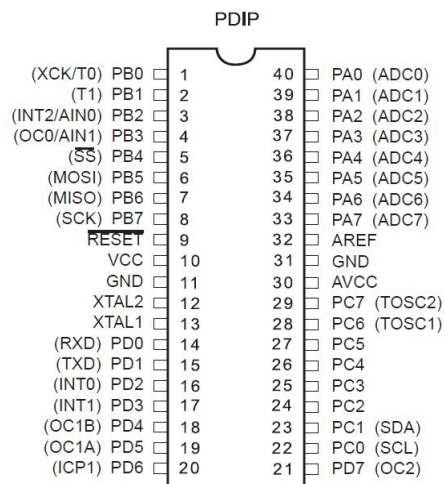
2.2.1. Fasilitas ATmega8535

Berikut ini merupakan beberapa fasilitas yang ada pada ATmega8535 :

1. Performa tinggi dengan konsumsi daya rendah.
2. Mikrokontroler dengan arsitektur *RISC* 8 bit.
3. *EEPROM* (*Electrically Erasable Programming Read Only Memory*) sebesar 512 *bytes* dengan ketahanan *read-write* sebanyak 100000 ribu kali.
4. Memori internal SRAM sebesar 512 *byte* .
5. Penguncian kode program untuk keamanan perangkat lunak agar tidak dapat dibaca.
6. Memiliki 2 buah *timer/counter* 8 bit sebanyak 2 buah dan 1 *timer/counter* 16 bit dengan opsi *Pulse Width Modulator* sebanyak 4 kanal.
7. Memiliki 8 kanal *Analog to Digital Converter* 10 bit.
8. Mempunyai 32 pin masukan dan keluran terprogram.
9. Antar muka komunikasi serial *USART*.
10. Kecepatan untuk ATmega8535L mencapai 8 MHz dan untuk ATmega8535 mencapai 16 MHz.

2.2.2. Susunan Pin

Susunan pin ATmega8535 kemasan PDIP 40 pin dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pin ATMEGA8535 (Andrianto, 2008)

Dari Gambar 2.1 dapat dijelaskan fungsi dari masing-masing pin Atmega8535 sebagai berikut :

1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai masukan catu daya.
2. GND merupakan pin *ground*.
3. Port A (PA.0 .. PA.7) merupakan pin *input/output* dua arah serta merupakan pin untuk masukan *ADC*.
4. Port B (PB.0 .. PB.7) merupakan pin *input/output* dua arah dan pin fungsi khusus, seperti dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Fungsi khusus Port B (Andrianto, 2008)

Pin	Fungsi Khusus
PB7	SCK (<i>SPI Bus Serial Clock</i>)
PB6	MISO (<i>SPI Bus Master In Slave Out</i>)
PB5	MOSI (<i>SPI Bus Master Out Slave In</i>)
PB4	SS (<i>SPI Slave Select Input</i>)
PB3	AIN1 (<i>Analog Comparator Negative Input</i>) OC0 (<i>Timer/Counter0 Output Compare Match Output</i>)
PB2	AIN0 (<i>Analog Comparator Positive Input</i>) OC0 (<i>Timer/Counter0 Output Compare Match Output</i>)
PB1	T1 (<i>Timer/Counter1 External Counter Input</i>)
PB0	T0 (<i>Timer/Counter0 External Counter Input</i>) XCK (<i>USART External Clock Input/Output</i>)

5. Port C (PC.0 .. PC.7) merupakan pin *input/output* dua arah dan pin fungsi khusus, seperti dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Fungsi khusus Port C (Andrianto, 2008)

Pin	Fungsi Khusus
PC7	TOSC2 (<i>Timer Oscillator Pin 2</i>)
PC6	TOSC1 (<i>Timer Oscillator Pin 1</i>)
PC5	
PC4	
PC3	
PC2	
PC1	SDA (<i>Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line</i>)
PC0	SCL (<i>Two-wire Serial Bus Clock Line</i>)

6. Port D (PD.0 .. PD.7) merupakan pin *input/output* dua arah dan pin fungsi khusus, seperti dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Fungsi khusus Port D (Andrianto, 2008)

Pin	Fungsi Khusus
PD7	OC2 (<i>Timer/Counter2 Output Compare Match Output</i>)
PD6	ICP (<i>Timer/Counter1 Input Capture Pin</i>)
PD5	OC1A (<i>Timer/Counter0 Output Compare A Match Output</i>)
PD4	OC1B (<i>Timer/Counter1 Output Compare B Match Output</i>)
PD3	INT1 (<i>External Interrupt 1 Input</i>)
PD2	INT0 (<i>External Interrupt 0 Input</i>)
PD1	TXD (<i>USART Output Pin</i>)
PD0	RXD (<i>USART Input Pin</i>)

7. RESET merupakan pin yang digunakan untuk melakukan fungsi *reset* pada mikrokontroler.
8. XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan *clock* eksternal.
9. AVCC merupakan pin masukan untuk tegangan ADC.
10. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.

2.3. Analog to Digital Converter

Mikrokontroler Atmega8535 memiliki ADC 10 bit dengan metode penafsiran berulang-ulang (*successive approximation*). Nilai minimum adalah *ground*. Sedangkan nilai maksimumnya adalah tegangan pada pin AREF dikurangi 1 *LSB*.

Jalur ADC dikoneksikan ke 8 kanal multipleks analog dengan 8 buah tegangan masukan *single-ended* yang dibangun dari pin-pin pada *Port A*. Tegangan masukan *single-ended* adalah tegangan yang mempunyai referensi titik 0 volt atau *ground*.

ADC memiliki rangkaian cuplik dan genggam (*sample and hold*) yang memastikan bahwa tegangan masukan ke ADC ditahan pada level yang konstan selama konversi. Fungsi ADC mempunyai pin tegangan catu yang terpisah, yaitu AVCC. Pin AVCC harus tidak boleh berbeda kurang atau lebih dari 0.3 volt dari VCC. Berikut ini merupakan *register* yang digunakan untuk setting ADC :

2.3.1. ADC Control and Status Register A (ADCSRA)

Bit-bit konfigurasi dari *register* ADCSRA dapat ditunjukkan seperti pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Konfigurasi *Register* ADCSRA (Andrianto, 2008)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

Keterangan :

1. ADEN : 1 = ADC *enable*, 0 = ADC *disable*
2. ADSC : 1 = mulai konversi, 0 = konversi belum terjadi

Keterangan :

1. REFS0,1 : Pemilihan tegangan referensi ADC
 - 00 : Vref = AREF
 - 01 : Vref = AVCC dengan kapasitor eksternal pada AREF.
 - 10 : Vref = *reserved*.
 - 11 : Vref = internal 2.56 volt dengan eksternal kapasitor pada AREF.

2. ADLAR : untuk *setting* format data hasil konversi ADC, *default* = 0.
 - ADLAR = 0, hasil konversi bit ke-0 hingga bit ke-7 berada pada *register* ADCL dan bit ke-8 hingga ke-9 berada pada *register* ADCH. ADLAR = 1, hasil konversi bit ke-0 hingga bit ke-1 berada pada *register* ADCL dan bit ke-2 hingga ke-9 berada pada *register* ADCH.

3. MUX[2..0] : pemilihan channel ADC yang digunakan, 0 = *channel 1*, 1 = *channel 2*, dan seterusnya.

2.3.3. Special function I/O Register (SFIO)

SFIO merupakan *register* 8 bit pengatur sumber pemicu konversi ADC.

Susunan bit ini dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 *Register* SFIO (Andrianto, 2008)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	ADTS2	ADTS1	ADTS0	ADHSM	ACME	PUD	PSR2	PSR10
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

Keterangan :

1. ADTS2[0..2] : pemilihan *trigger* untuk konversi ADC, bit-bit ini akan berfungsi jika bit ADATE pada *register* ADCSRA

bernilai 1. Konfigurasi bit-bit ADTS dapat dilihat pada

Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Pemilihan *trigger* ADC (Andrianto, 2008)

ADTS[2..0]	Trigger Source
000	<i>Mode Free Running</i>
001	<i>Analog Comparator</i>
010	<i>Interupsi Eksternal</i>
011	<i>Timer/Counter 0 Compare Match</i>
100	<i>Timer/Counter 0 Overflow</i>
101	<i>Timer/Counter 1 Compare Match</i>
110	<i>Timer/Counter 1 Overflow</i>
111	<i>Timer/Counter 1 Capture Event</i>

2. ADHSM : 1 = ADC *high speed mode enable*.

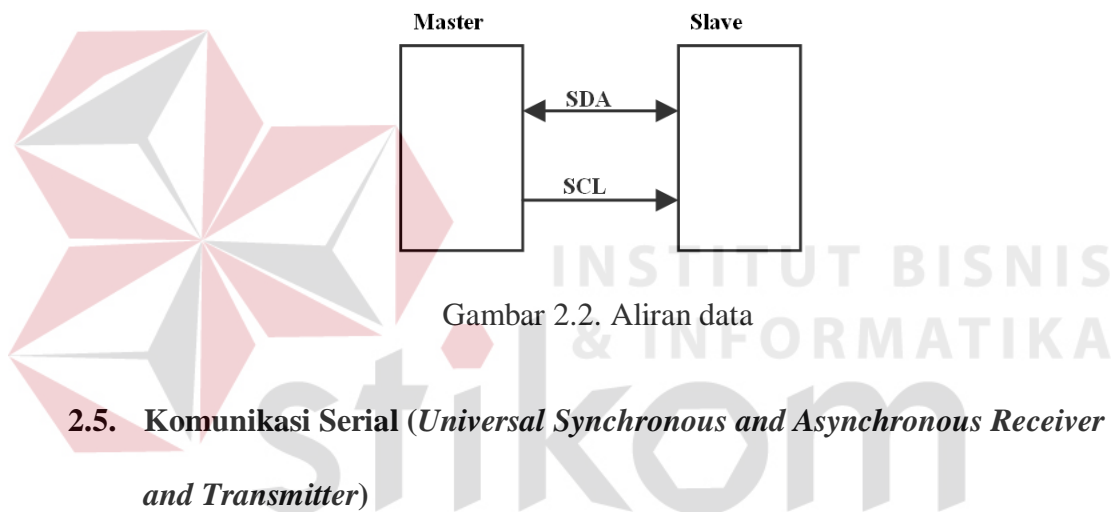
Untuk operasi ADC, bit ACME, PUD, PSR2, PSR10 tidak diaktifkan.

2.4. *Inter Integrated Circuit* (I2C)

Sistem *inter integrated circuit* adalah jenis komunikasi yang dikembangkan oleh Philips Semiconductor. Protokol komunikasi ini semula dikembangkan untuk menyediakan komunikasi antara *integrated circuit* dengan perangkat-perangkat tambahan lain. Namun, sekarang ini I2C telah menjadi metode komunikasi standar yang banyak digunakan.

Komunikasi I2C berbeda dengan komunikasi SPI. Dua hal yang menjadi pembeda yang paling utama adalah karena I2C mempunyai protokol tertentu yang harus diikuti dan I2C hanya membutuhkan dua jalur untuk berkomunikasi yaitu *synchronous clock* (SCL) dan *synchronous data* (SDA). Dengan adanya dua jalur data tersebut menyebabkan perpindahan data tidak bisa terjadi secara bersamaan dari *master* menuju *slave* dan sebaliknya seperti komunikasi SPI.

Komunikasi I2C adalah komunikasi data yang terprotokol. Artinya, ada protokol tertentu yang digunakan dalam pertukaran data. Aliran data bermula dari *master* menuju ke *slave*. Kemudian sesudah komunikasi *master-slave* selesai maka *slave* akan mengirim data ke *master*. Akan tetapi, data hanya dikirim kembali menuju *master* hanya jika *slave* bisa memenuhi permintaan data dari *master*. Aliran *clock* terjadi satu arah, yaitu dari *master* ke *slave* sedangkan data dikirim dua arah melalui satu jalur baik dari *master* ke *slave* dan sebaliknya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Aliran data

2.5. Komunikasi Serial (*Universal Synchronous and Asynchronous Receiver and Transmitter*)

Menurut Mazidi (2000) transmisi data secara serial adalah transmisi data dimana data tersebut akan dikirimkan sebanyak satu bit dalam satu satuan waktu. Transmisi data seri dibedakan menjadi dua macam, yaitu komunikasi data seri sinkron dan komunikasi asinkron. Perbedaan ini tergantung pada *clock* pendorong data.

Dalam komunikasi data seri sinkron, *clock* untuk *shift register* ikut dikirimkan bersama data seri. Sebaliknya, dalam komunikasi data seri asinkron, *clock* pendorong *shift register* tidak ikut dikirim, rangkaian penerima data harus dilengkapi dengan rangkaian yang mampu membangkitkan *clock* yang

diperlukan. Bagian yang terpenting dari komunikasi seri asinkron adalah upaya agar penerima data bisa membangkitkan *clock* yang bisa dipakai untuk mendorong *shift register* penerima. (Andrianto, 2008). Berikut ini merupakan inisialisasi USART dengan *register* yang digunakan.

1. USART Baud Rate Register (UBRR)

UBRR merupakan *register* 16 bit yang berfungsi untuk menentukan kecepatan transmisi data yang digunakan. UBRR dibagi dua yaitu UBRRH dan UBRRL. UBRR[11..0] merupakan bit penyimpan konstanta kecepatan komunikasi serial. UBRRH menyimpan 4 bit tertinggi dan UBRRL menyimpan 8 bit sisanya. Data yang dimasukkan ke dalam UBRRH dan UBRRL dihitung menggunakan rumus pada Tabel 2.9. Pada rumus terdapat U2X yang merupakan bit pada register UCSRA, yang berfungsi untuk menggandakan *transfer rate* menjadi dua kalinya. Hanya berlaku untuk mode asinkron, untuk mode sinkron bit ini diset menjadi 0.

Tabel 2.9 Rumus perhitungan UBRR (Andrianto, 2008)

Mode Operasi	Rumus nilai UBRR
Asinkron mode kecepatan normal (U2X=0)	$UBRR = \frac{f_{osc}}{16 \times Baud\ Rate} - 1$
Asinkron mode kecepatan ganda (U2X=1)	$UBRR = \frac{f_{osc}}{8 \times Baud\ Rate} - 1$
Sinkron	$UBRR = \frac{f_{osc}}{2 \times Baud\ Rate} - 1$

2. USART Control and Status Register A (UCSRA)

Susunan register pada bit-bit pada *register* UCSRA ditunjukkan pada Tabel

2.10.

Tabel 2.10 Register UCSRA (Ardianto 2008)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	RXC	TXC	UDRE	FE	DOR	PE	U2X	MPCM
Read/Write	R	R/W	R	R	R	R	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

3. USART Control and Status Register B (UCSRB)

UCSRB merupakan register 8 bit pengatur aktivasi penerima dan pengirim USART seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Register UCSR B (Andrianto, 2008)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	UCSZ2	RXB8	TXB6
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

Keterangan:

- a. RXCIE : bit pengatur aktivasi interupsi penerimaan data serial.
- b. TXCIE : bit pengatur aktivasi interupsi pengiriman data serial.
- c. UDRIE : bit pengatur aktivasi interupsi yang berhubungan dengan kondisi bit UDRE pada UCSRA.
- d. RXEN : bit pengatur aktivasi penerima data serial ATmega8535.
- e. TXEN : bit pengatur aktivasi pengirim data serial ATmega8535.
- f. UCSZ2 : bersama-sama dengan bit UCSZ1 dan UCSZ0 di register UCSZ0 menentukan ukuran karakter serial yang dikirimkan. Rumus perhitungan bit-bit UCSZ2 dapat dilihat pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Rumus perhitungan UCSZ[2..0] (Andrianto, 2008)

UCSZ[2..0]	Ukuran Karakter dalam bit
000	5
001	6
010	7
011	8
100 – 110	Tidak dipergunakan
111	9

4. USART *Control and Status Register C* (UCSRC)

UCSRC merupakan *register* 8 bit yang digunakan untuk mengatur mode dan kecepatan komunikasi serial yang dilakukan, komposisinya ditunjukkan pada

Tabel 2.13.

Tabel 2.13 *Register* UCSRC (Andrianto, 2008)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	URSEL	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	UCSZ1	UCSZ0	UCPOL
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

Keterangan:

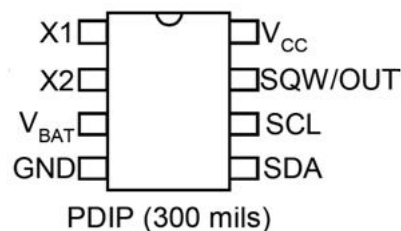
- a. URSEL : merupakan bit pemilih akses antara UCSRC dan UBRR
- b. UMSEL : merupakan bit pemilih mode komunikasi serial sinkron dan asinkron.
- c. UPM[1..0] : merupakan bit pengatur paritas.
- d. USBS : merupakan bit pemilih ukuran bit *stop*.
- e. UCSZ1 dan UCSZ0 : merupakan bit pengatur jumlah karakter serial.
- f. UCPOL : merupakan bit pengatur hubungan antara perubahan data keluaran dan data masukan serial dengan *clock* sinkronisasi. Hanya berlaku untuk mode sinkron, untuk mode asinkron bit ini di-*set* 0.

4. Jangkauan suhu antara -55°C sampai 150°C .
5. Bekerja pada tegangan 4 volt hingga 30 volt.
6. Arus kerja kurang dari $60\mu\text{A}$.
7. Impedansi keluaran rendah 0,1 beban 1 mA.

2.7. Real Time Clock

Istilah *real time clock* merupakan sebuah istilah untuk jam elektronik dalam bentuk sebuah cip (*integrated circuit*) yang memiliki fungsi sebagai penyimpan data waktu dan tanggal. Data waktu dan tanggal tersebut akan disertakan dengan data sensor suhu dan gas guna menambah validitas proses pengambilan data. Jadi, akan diketahui detik, menit, jam, hari, bulan, dan tahun saat sensor suhu dan gas melakukan proses pengambilan data.

Salah satu jenis *real time clock* adalah DS1307 yang dapat menyimpan data-data berupa detik, menit, jam, tanggal, bulan, hari dalam seminggu, dan tahun yang valid hingga tahun 2100. Cip DS1307 ini mempunyai *NV SRAM* sebesar 56-byte, *General-Purpose RAM* tanpa *unlimited writes*, antarmuka *I2C*, dan *battery-backed* sebagai sumber daya cadangan. Susunan pin DS1307 dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Pin *real time clock* DS1307

Keterangan:

1. X1 : merupakan pin yang digunakan untuk dihubungkan

dengan kristal sebagai pembangkit clock. Nilai standar kristal yang dipakai adalah 32.768kHz.

2. X2 : berfungsi sebagai keluaran dari kristal yang digunakan. Terhubung juga dengan X1.
3. VBAT : merupakan *backup supply* sumber daya untuk RTC dalam menjalankan fungsi waktu dan tanggal. Besarnya adalah 3V dengan menggunakan baterai jenis *lithium cell* atau sumber daya lainnya. Jika pin ini tidak di gunakan maka harus dihubungkan dengan *ground*.
4. GND : berfungsi sebagai *ground*.
5. SDA : berfungsi sebagai masukan / keluaran untuk antarmuka I2C. Pin ini bersifat *open drain*, oleh sebab itu membutuhkan eksternal *pull up resistor*.
6. SCL : merupakan *serial clock input* yang digunakan sebagai masukan *clock* untuk antarmuka I2C dan melakukan sinkronisasi perpindahan data. Pin ini juga bersifat *open drain*, oleh sebab itu membutuhkan eksternal *pull up resistor*.
7. SWQ/OU : merupakan pin keluaran *square wave/output driver*. Jika diaktifkan, maka bit SQWE akan diubah menjadi 1. Keluaran dari pin ini adalah gelombang kotak dengan frekuensi antara 1 Hz, 4kHz, 8kHz, dan 32kHz. Sifat dari pin ini sama dengan sifat pin SDA dan SCL sehingga membutuhkan eksternal *pull up resistor*.

8. VCC : merupakan sumber tegangan utama. Jika sumber tegangan terhubung dengan baik, maka pengaksesan data dan pembacaan data dapat dilakukan dengan baik.

Untuk dapat melakukan akses DS1307 maka digunakan komunikasi I2C. Di mana diperlukan dua jalur untuk keperluan transfer data. Pin SDA dan SCL pada DS1307 dihubungkan dengan pin SDA dan SCL pada mikrokontroler dengan diberikan *pull up resistor*. *Pull up resistor* terdiri dari resistor sebesar 10k yang diberikan sumber tegangan sebesar 5V.

2.8. *Openlog Open Source Datalogger*

Openlog open source datalogger merupakan modul penyimpanan *datalogger* berbasis *SD/MMC*. Telah dilengkapi dengan soket *SD/MMC* jenis FAT16 dan FAT32 dan mampu menyimpan data sampai dengan 16 *Giga Bytes*. Modul ini berbasis mikrokontroler ATmega328. Proses penyimpanan data cukup mudah, hanya dengan mengirimkan perintah melalui antarmuka UART, maka sudah dapat melakukan *create file*, *append file*, *write file*, *read file*, *create dir*, dll. Data yang dikirim mikrokontroler secara serial akan dituliskan ke dalam file dengan format *.TXT*. File *.TXT* tersebut dapat dibuka dan dibaca melalui program *NOTEPAD*. Bentuk fisik *Openlog open source datalogger* dapat dilihat pada Gambar 2.5 (Darmawan, 2013).



Gambar 2.5 *Openlog data logger*

Adapun spesifikasi atau fitur dari *OpenLog Open Source Datalogger* adalah sebagai berikut:

1. Catu daya : 3.3VDC - 12VDC.
2. Berbasis mikrokontroler ATmega328.
3. Antarmuka UART.
4. ATmega328 dapat diprogram ulang dengan menggunakan Arduino IDE.
5. Media penyimpanan berupa *microSD* (up to 16GByte).
6. Bersifat *open source*.
7. Dua *LED* mengindikasikan menulis statusnya.
8. Dapat melakukan edit *Fileconfig.txt* dari komputer untuk mengubah *baudrate* dan pengaturan sistem lainnya.

2.9. Sensor Gas Metana MQ-4

MQ-4 adalah sensor gas yang mempunyai tingkat sensitivitas yang tinggi pada *combustible gas* (gas yang mudah terbakar) khususnya metana, juga gas lain yaitu propana dan butana. Sensor ini mempunyai material berupa SnO_2 yang peka pada perubahan *combustible gas*. Material ini mempunyai konduktivitas rendah ketika berada di udara terbuka yang tidak mengandung *combustible gas* serta mempunyai konduktivitas yang lebih tinggi ketika mendeteksi perubahan

konsentrasi *combustible gas*. Konsentrasi kandungan gas yang dapat dijangkau sensor adalah 300-10000 ppm (Hwsensor *datasheet*, 2013).

Komponen utama pembentuk sensor ini adalah material *Tin Dioxide* (SnO_2), *micro Al_2O_3 ceramic tube*, *measuring electrode*, dan pemanas sensor (*heater*). Semua komponen tersebut dikemas menjadi satu dalam sebuah *crust* yang dibuat dari plastik dan *stainless steel net* (Hwsensor *datasheet*, 2013). Sensor gas MQ-4 dan susunan masing-masing kakinya dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Sensor Gas MQ-4 (Hwsensor *datasheet*, 2013)

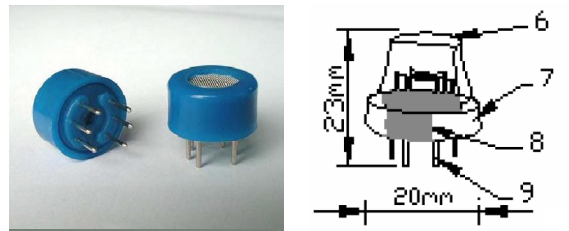
2.10. Sensor Gas Karbon Dioksida MG-811

MG811 merupakan sensor gas karbon dioksida (CO_2) keluaran Hanwei Electronics. Sensor ini mudah digunakan dan memiliki sensitifitas dan selektifitas yang baik untuk mendeteksi kandungan karbon dioksida. Kadar karbon dioksida yang dapat dideteksi oleh sensor ini adalah mulai dari 350-10000 ppm.

Selain itu, sensor ini memiliki *dependency* yang rendah terhadap pengaruh suhu dan kelembapan. Oleh karena itu sensor ini cocok diaplikasikan untuk pemantauan kualitas udara, proses kontrol fermentasi, dan pendeteksian konsentrasi CO_2 (Hwsensor *datasheet*, 2013).

Sensor MG811 terbentuk dalam *solid electrolyte layer* yang terdiri atas, *gold electrodes*, *platinum lead*, *heater*, *porcelain tube*, *100m double-layer stainless net*, *nickel* dan *copper plated ring*, *bakelite*, *nickel* dan *copper plated pin*

(Hwsensor *datasheet*, 2013). Sensor gas MG-811 dan susunan masing-masing kakinya dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Sensor MG-811 (Hwsensor *datasheet*, 2013)

Untuk dapat dioperasikan, sensor ini memiliki *heater* internal dan membutuhkan *heating voltage* tersendiri. Di mana untuk mengoperasikannya dibutuhkan rangkaian tambahan tersendiri. *Heater* internal ini dipergunakan untuk memanaskan permukaan sensor. Ketika suhu sensor sudah merata ke seluruh permukaan, maka pembacaan menjadi lebih stabil (Hwsensor *datasheet*, 2013).

2.11. DT Sense Gas Sensor

DT Sense gas sensor merupakan sebuah modul sensor cerdas yang mampu memonitor perubahan konsentrasi gas lpg, iso-butana, propana, karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), alkohol, atau kualitas udara (tergantung dari sensor yang digunakan). Modul ini kompatibel dengan sensor gas MQ-3 (alkohol), MQ-4 (metana), MQ-6 (LPG, iso butana, dan propana), MQ-7 (CO), MQ-135 (kualitas udara), dan MG-811 (CO₂). Selain itu, modul sensor cerdas ini dapat berfungsi sebagai kendali mandiri secara *ON/OFF* mengikuti *set point* konsentrasi gas yang kita tentukan. Modul sensor ini dilengkapi dengan antarmuka UART TTL dan *Inter Integrated Circuit*. (Manual rev1, 2013). Spesifikasi *DT Sense gas sensor* sebagai berikut :

1. Sumber catu daya menggunakan tegangan 5 Volt.

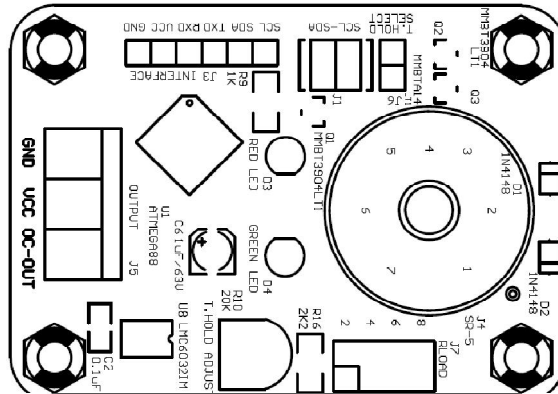
2. Kompatibel dengan sensor gas MQ-3, MQ-4, MQ-6, MQ-7, MQ-135, dan MG-811.
3. Menggunakan ADC dengan resolusi 10 bit.
4. Tersedia 1 jalur output kendali *ON/OFF*.
5. Pin Input atau output kompatibel dengan level tegangan TTL dan CMOS.
6. Dilengkapi dengan antarmuka UART TTL dan I2C.
7. Jika menggunakan I2C, *DT Sense gas sensor* dapat di-*cascade* hingga 8 modul.
8. Jika menggunakan protokol I2C, alamat *default* dari modul adalah 0xE0. Namun alamat ini dapat diganti melalui antarmuka UART. Modul *DT Senses Gas Sensor* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Modul *DT sense gas sensor*

2.11.1. Perangkat Keras *DT Sense Gas Sensor*

Tata letak modul *DT sense gas sensor* dapat dilihat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Tata letak komponen *DT sense gas sensor* (Manual rev1, 2013)

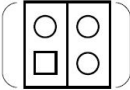
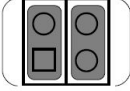
Modul *DT sense gas sensor* mempunyai beberapa konektor dan *jumper* yang dapat diatur sesuai kebutuhan pengguna. Berikut ini merupakan pengaturan konektor dan *jumper* yang dibutuhkan.

1. Konektor *interface* (J3) berfungsi sebagai konektor untuk catu daya modul, antarmuka UART TTL, dan antarmuka I2C. Tabel 2.14 di bawah ini menjelaskan konektor interface J3.

Tabel 2.14 Konektor interface J3 (Manual rev1, 2013).

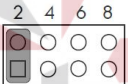
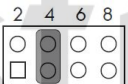
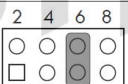
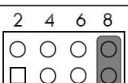
Pin	Nama	Fungsi
1	GND	Titik referensi ground untuk catu daya input
2	VCC	Terhubung ke catu daya (5 Volt)
3	RX TTL	Input serial level TTL ke modul DT-SENSE
4	TX TTL	Output serial level TTL dari modul DT-SENSE
5	SDA	I2C-bus data input / output
6	SCL	I2C-bus clock input

2. *Jumper* SCL SDA (J1) berfungsi untuk mengaktifkan resistor *pull-up* untuk pin SDA dan SCL pada antarmuka I2C. Apabila lebih dari satu modul dihubungkan pada I2C bus maka *jumper* J1 (SCL/SDA) maka hanya perlu memasang salah satu *jumper* dari dua modul. Bentuk pemngaturan modul dapat dilihat pada Gambar 2.10.

Jumper SCL SDA (J1)	Fungsi
	Pull-up tidak aktif (jumper terlepas)
	Pull-up aktif (jumper terpasang)

Gambar 2.10 Jumper J3 (Manual rev1, 2013)

3. Jumper RLOAD (J7) berfungsi untuk memilih resistor beban yang akan digunakan pada rangkaian pengkondisi sinyal modul DT-Sense. Hal ini harus diatur karena modul ini dapat digunakan untuk lebih dari 1 macam sensor dan karakteristik tiap sensor berbeda-beda. Pengaturan jumper RLOAD (J7) ditunjukkan seperti yang ada pada Gambar 2.11.

Jumper RLOAD (J7)	Nilai Resistor Beban dan Rekomendasi Sensor
	Nilai Resistor 2K2 Ohm Sensor MQ-4 dan MQ-135
	Nilai Resistor 3K3 Ohm Sensor MQ-3 dan MQ-7
	Nilai Resistor 5K1 Ohm Sensor MQ-6
	Nilai Resistor 100K Ohm Sensor MG-811

Gambar 2.11 Jumper J7 (Manual rev1, 2013)

4. Soket SR-5 (J4) berfungsi sebagai konektor untuk sensor gas yang digunakan. Pengaturan konektor SR-5 (J4) ditunjukkan pada Tabel 2.15

Tabel 2.15 Soket SR-5 J4 (Manual rev1, 2013)

Pin	Nama	Fungsi
1	A	Terhubung dengan tegangan catu daya 5 Volt
2	H	Terhubung dengan tegangan catu daya 5 Volt
3	A	Terhubung dengan tegangan catu daya 5 Volt
4	B	Terhubung dengan rangkaian pengkondisi sinyal
5	H	Terhubung dengan rangkaian pengendali heater
6	B	Terhubung dengan rangkaian pengkondisi sinyal



5. Konektor *output* (J5) berfungsi sebagai konektor untuk output *open collector*.

Pin konektor *output* (J5) dapat dilihat pada Tabel 2.16.

Tabel 2.16 Soket SR-5 J4 (Manual rev1, 2013).

Pin	Nama	Fungsi
1	GND	Terhubung dengan titik referensi catu daya
2	VCC	Terhubung dengan tegangan catu daya 5 Volt
3	OC-OUT	Pin output kendali ON/OFF bersifat Open Collector

6. *Jumper t.hold select* (J6) berfungsi untuk memilih sumber nilai batas yang digunakan (dari variabel resistor T.HOLD ADJUST atau dari EEPROM modul) untuk kendali ON/OFF. Pengaturan *jumper t.hold select* (J6) dapat dilihat pada Gambar 2.12.

Jumper T.HOLD SELECT (J6)	Sumber Nilai Batas
 (Jumper terpasang)	Nilai batas menggunakan variabel resistor (R10) pada modul DT-Sense
 (Jumper dilepas)	Nilai batas menggunakan nilai yang tersimpan pada EEPROM modul DT-Sense

Gambar 2.12 *Jumper t.hold select* J6 (Manual rev1, 2013)

2.11.2. LED indikator

Pada modul *DT sense gas sensor* terdapat 2 buah *led* indikator yaitu indikator merah dan *led* indikator hijau. Pada saat *power-up*, *led* merah akan berkedip sesuai dengan alamat I2C modul. Jika alamat I2C adalah 0xE0 maka *led* indikator akan berkedip 1 kali. Jika alamat I2C adalah 0xE2 maka *led* indikator akan berkedip 2 kali. Jika alamat I2C adalah 0xE4 maka *led* indikator akan berkedip 3 kali dan demikian seterusnya sampai alamat I2C 0xEE maka *led* indikator akan berkedip 8 kali.

Pada saat *power-up*, *led* hijau akan berkedip dengan cepat sampai kondisi pemanasan sensor dan hasil pembacaan sensor sudah stabil. Waktu yang diperlukan untuk mencapai kondisi stabil berbeda-beda untuk tiap sensor yang digunakan tergantung pada kecepatan respon sensor dan kondisi *heater* pada sensor. Jika kondisi stabil sudah tercapai, maka *led* hijau akan menyala tanpa berkedip. Pada kondisi operasi normal (setelah kondisi *power-up*), *led* merah akan menyala atau padam sesuai dengan hasil pembacaan sensor dan mode operasi yang dipilih. Sedangkan selama hasil pembacaan sensor stabil, *led* hijau akan tetap menyala dan hanya berkedip pelan (tiap 1 detik) jika ada perubahan konsentrasi gas.

2.11.3. Antarmuka I2C

Modul *DT sense gas sensor* memiliki antarmuka I2C. Pada antarmuka I2C ini, modul *DT sense gas sensor* bertindak sebagai *slave* dengan alamat sesuai dengan telah ditentukan sebelumnya. Alamat *default DT sense gas sensor* adalah 0xE0 dan dapat diganti menggunakan perintah yang dijelaskan pada bagian menggunakan jalur komunikasi UART. Antarmuka I2C pada modul *DT sense gas*

sensor mendukung *bit rate* sampai dengan maksimum 100 KHz. Semua perintah yang dikirim melalui antarmuka I2C diawali dengan *start condition* dan kemudian diikuti dengan pengiriman 1 *byte* alamat modul *DT sense gas sensor*. Setelah pengiriman alamat, selanjutnya *master* harus mengirim 1 *byte* data yang berisi <nomor perintah> dan (jika diperlukan) *n-byte* data parameter perintah. Selanjutnya, setelah seluruh parameter perintah telah dikirim, urutan perintah diakhiri dengan *stop condition*.

Sebuah data atau parameter yang memiliki *range* lebih besar dari 255 desimal (lebih besar dari 1 *byte*) dikirim secara dua tahap. Satu *byte* data MSB dikirim lebih dahulu kemudian diikuti dengan data LSB. Misalnya parameter <dataSensor> yang memiliki *range* 0 – 1023. Jika <dataSensor> bernilai 1000 maka *byte* MSB yang dikirim adalah 3 dan *byte* LSB yang dikirim adalah 232 ((3x256)+232=1000).

