BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Penelitian terkait yang menggunakan sistem *wireless sensor network* telah dilakukan oleh beberapa peniliti sebelumnya, beberapa penelitian tersebut antara lain, Firdaus dkk (2015) tentang *Monitoring Co Dan Deteksi Dini Kebocoran Gas Lpg Pada Perumahan Menggunakan Wireless Sensor Network*, penelitian ini bertujuan untuk mengurangi ancaman bahaya gas LPG dan pencemaran gas karbon monoksida (CO) pada lingkungan perumahan. sistem ini menggunakan sensor suhu LM35DZ, sensor kelembaban HSM 20-G, sensor gas CO menggunakan TGS 2600 dan sensor MQ-4 sebagai pendeteksi gas LPG. Secara umum sistem ini terdiri dari dua bagian utama yaitu *node* sensor dan server, bagian *node* sensor bertugas untuk membaca dan mengirimkan data, sedangkan bagian *server* bertugas untuk mengumpulkan, mengolah, menampilkan data dan menyampaikan informasi ke user melalui jaringan *mobile internet* menggunakan aplikasi G-Talk. Dari hasil penelitian ini sensor HSM 20-G Rata-rata *error* pembacaan 6.50 % pada *node* 1, 1.54 % pada *node* 2 dan 3,53 % pada *node* 3. Rata-rata *error* pembacaan sensor suhu LM35DZ sebesar 1.91 % pada *node* 1, 1.9 % pada *node* 2 dan 2.01 % pada *node* 3. Diperoleh *error* rata-rata dari semua sensor jika dibandingkan terhadap datasheet sebesar 4.414 %.

Bhattacharjee dkk (2012) juga telah melakukan penelitian yang berjudul *Wireless Sensor Network Based fire Detection, Alarming, Monitoring And Prevention System For Bord And Pillar Coalmine*. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi dini kebakaran dan menghasilkan alarm saat keadaan darurat dengan membuat model simulasi pemantauan api dan sistem alarm, pembuatan model simulasi sistem ditujukan untuk tambang batu bara. Dalam uji coba simulasi, penulis membuat beberapa *node* tidak aktif sehingga jalur pengiriman pesan berdasarkan jalur yang ditentukan dan juga menggunakan *node* tambahan, dan hasil dari percobaan bahwa skema pengiriman pesan tidak terlalu berpengaruh terhadap *delay*, dengan waktu tidak lebih dari 6 detik berdasarkan pola skema.

Rawajbeh & Haboush (2015) dalam penelitiannya *Advanced Object Monitoring Using Wireless Sensor Network* mengusulkan sebuah desain yang bertujuan untuk memonitor berbagai kondisi lingkungan yang dapat diaplikasikan di industri, kesehatan, dan rumah. Sistem ini bekerja dengan memanipulasi input sistem yang terukur oleh sensor suhu, sensor gaya dan sensor asap kemudian data diproses oleh mikrokontroler dan akan dikirim dan diterima antara mikrokontroler dengan perangkat pengguna, yang akan mengolah data,

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

melakukan *monitoring* dan sebagai pemberi peringatan jika perlu. Proses komunikasi, mengirim atau menerima dilakukan dengan teknologi *Wi-Fi* menggunakan *router* dan modul *Wi-Fi* dan PC (*Personal Computer*). Sistem ini telah diuji dan diukur menggunakan kondisi yang berbeda, kriteria utama pada uji coba sistem adalah konektivitas jaringan. Dari hasil uji coba kualitas data yang ditransmisikan berjalan lebih besar dari 95% disemua kondisi uji coba.

Ramirez dkk (2012) telah melakukan penelitian tentang *Wireless Sensor Network And Fusion Information Methods For Forest Fire Detection* yang menawarkan dan mengevaluasi dua algoritma pendeteksi kebakaran hutan. Algoritma yang diusulkan yaitu didasarkan pada teknik menggabungkan informasi dari sistem *wireless sensor network*. Algoritma pertama menggunakan metode *threshold* dan *node* dilengkapi dengan sensor suhu, sensor kelembaban dan sensor cahaya. Algoritma kedua menggunakan teori *Dempster-Shafer* dengan mengasumsikan bahwa *node* menggunakan sensor suhu dan kelembaban. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa kedua metode dapat mendeteksi kebakaran secara efisien. Namun pada saat sensor terkena sinar matahari langsung, sistem akan mengirimkan informasi yang salah.

Penelitian terkait lainnya Susana dkk (2015), telah melakukan penelitian tentang *Implementasi Wireless Sensor Network Prototype Sebagai Fire Detector Menggunakan Arduino Uno*, sistem *wireless sensor network* ini dibangun bertujuan untuk mendeteksi kebakaran berupa api dan asap, sistem ini menggunakan sensor api dan sensor asap, dan GSM *shield* yang dihubungkan ke mikrokontroler Arduino Uno. Uji coba dilakukan di ruangan *prototype* dengan memberi sumber cahaya dari lampu, api, dan cahaya matahari dan dengan jarak 8 sampai 30 cm. Hasil pendeteksian kemudian dikirimkan melalui SMS (*Short Message Service*) sebagai notifikasi kepada dua *user*, *user* 1 yaitu pemadam kebakaran dan *user* 2 tim investigasi kebakaran. *User* 1 menerima notifikasi berupa alarm kebakaran, *user* 2 menerima notifikasi berupa posisi awal terjadinya kebakaran. Dari hasil penelitian didapat keberhasilan penerimaan notifikasi di atas 80 persen dengan waktu kurang dari 10 detik. Namun sumber cahaya matahari menjadi masalah terbesar bagi sensor api, karena intensitas cahaya matahari sangat besar sehingga mempengaruhi sensor api dan memberikan asumsi bahwa sedang ada api yang terdeteksi.

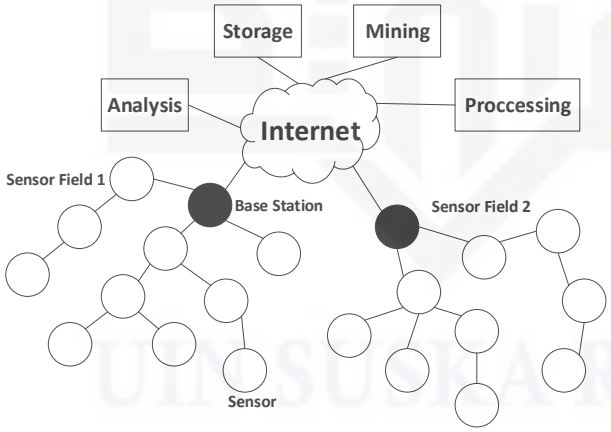
Berdasarkan penelitian terkait di atas tentang sistem pendeteksi kebakaran yang menggunakan *wireless sensor network*, penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya masih sebatas simulasi dan tidak membahas tindakan sistem dalam memberikan peringatan dan lokasi kebakaran. Oleh karena itu peneliti tertarik untuk mengembangkan

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta milik UIN Suska Riau
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

penelitian tentang sistem peringatan dini kebakaran hutan menggunakan *wireless sensor network* berbasis arduino. Sistem pengiriman data yang digunakan berkaitan dengan penelitian kolaborasi dari UIN Suska Riau dengan Universitas Haute Alsace France yang telah dilakukan oleh nazir dkk (2016), tentang *Development of an Early Warning System for Forest Fires in Riau Province: Social and Technological Approaches*, karena dalam penelitian yang telah dilakukan tersebut khususnya dalam aspek teknologi baru dilakukan sebatas simulasi. Diharapkan akan tercipta sistem pendeteksi dini kebakaran yang mampu memberikan peringatan dini kebakaran secara cepat dan tepat dalam memberikan informasi lokasi kebakaran hutan.

2.2. *Wireless Sensor Network* (WSN)

Wireless Sensor Network adalah sebuah infrastruktur yang terdiri dari beberapa bagian utama seperti, penginderaan atau pengukuran, komputasi, dan elemen komunikasi yang dapat dikendalikan dan diamati, sehingga dapat diambil keputusan lebih lanjut oleh pengguna terhadap kejadian dan fenomena tertentu (Sohraby dkk, 2007). Kemajuan *wireless sensor network* terlihat dari banyaknya berbagai penggunaan, sebagian dikembangkan menjadi lebih *futuristis* sehingga lebih praktis untuk digunakan. Adapun penggunaan WSN dalam berbagai keperluan antara lain seperti pemantauan lingkungan, pemantauan saluran pipa (air, minyak, gas), penelitian pertanian, pemantauan gunung berapi aktif, transportasi, pemantauan aktifitas manusia, dan tambang bawah tanah (Dargi & Poellabauer, 2010).



Gambar 2. 1. Arsitektur *wireless sensor network*

(Sumber: Dargie & Poellabauer 2010)

2.2.1. *Routing* pada Jaringan *Ad Hoc*

Proses komunikasi untuk mengirimkan pesan data pengukuran dari *node* dijalankan menggunakan mekanisme yang disebut protokol *routing*. Protokol *routing* merupakan tahapan untuk memproses dan memindahkan data antar perangkat di dalam jaringan, tahapan ini menentukan jalur mana yang digunakan untuk mentransmisikan data. Jaringan *ad hoc*

Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

juga menggunakan protokol *routing* khusus untuk membangun dan memelihara proses komunikasi. Protokol *routing* pada jaringan *ad hoc* menggunakan algoritma untuk memilih jalur *transfer* data atau jalur komunikasi yang optimal antar *node*. Pada waktu yang bersamaan bertanggung jawab untuk memelihara dan memperbaiki jalur komunikasi jika dibutuhkan (Dargie & Poellabauer, 2010).

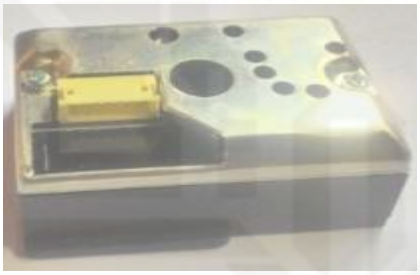
2.3. Sensor GP2Y1010AU0F

Sensor GP2Y1010AU0F adalah sensor debu dengan penginderaan sistem optik yang berbasis *infrared emitting diode* (IRED) dan *phototransistor* yang secara diagonal dirancang untuk mendeteksi partikel di udara yang sangat kecil, berdasarkan cahaya yang dipantulkan partikel di udara (Sharp, 2006).

Tabel 2. 1 *Absolute maximum ratings* sensor GP2Y1010AU0F

Parameter	**Simbol**	**Nilai**	**Satuan**
Supply voltage	V_{cc}	-0.3 - +7	V
Input terminal voltage	V_{LED}	-0.3 - V_{cc}	V
Operating temperature	T_{opr}	-10 - +65	ºC
Soldering temperature	T_{sol}	-20 - +80	ºC

Sumber: Sharp Corporation (2006)



Gambar 2. 2. Sensor GP2Y1010AU0F

Tabel 2. 2 *Electro-optical* karakter*istics* sensor GP2Y1010AU0F

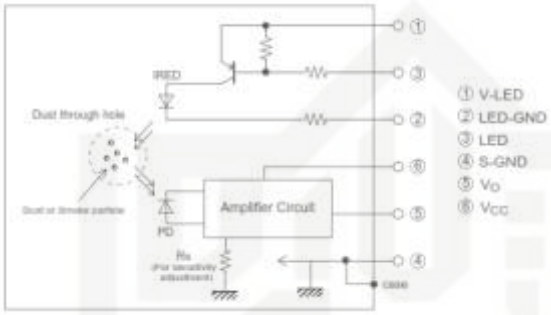
Parameter	*Symbol*	Kondisi	*MIN.*	*TYP.*	*MAX.*	Satuan
Sensitivitas	K		0.35	0.5	0.65	V/(0.1mg/m^3
V_{out} ketika tidak ada partikel	V_{OC}		0	0.9	1.5	V
Batas V_{out}	V_{OH}	R_L=4.7KΩ	3.4	-	-	V
Arus terminal LED	I_{LED}	V = 0	-	10	20	mA
Penggunaan arus	I_{CC}	$R_L = \infty$	-	11	20	mA

Sumber: Sharp Corporation (2006)

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

2.3.1. Prinsip Kerja Sensor GP2Y1010AU0F

Sensor bekerja mendeteksi cahaya yang dipantulkan oleh detektor, saat ada pertikel terdeteksi hal itu sebanding dengan jumlah cahaya yang terdeteksi keluar dari detektor yang menghasilkan sinyal analog berupa tegangan (*Pulse output*), kemudian tegangan tersebut diperkuat oleh *amplifier* untuk dapat dibaca perubahan tegangan yang terjadi oleh rangkaian detektor. *Output* dari sensor adalah tegangan analog yang nilainya sebanding dengan kepadatan partikel yang terukur, dengan sensitivitas 0.5V/0.1 mg/m3 (Sharp, 2006).



Gambar 2. 3. *Internal schematic* sensor GP2Y1010AU0F

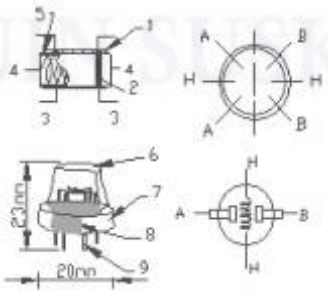
(Sumber: Sharp 2006)

2.4. Sensor MQ7

Sensor MQ7 merupakan sensor gas yang digunakan untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO), fitur dari sensor gas MQ7 ini mempunyai sensitivitas yang tinggi terhadap karbon monoksida (CO), stabil, dan usia pakai yang lama (Hanwei, n.d)

Gambar 2. 4. Sensor MQ7

2.4.1. Struktur dan konfigurasi sensor MQ7



Gambar 2. 5. Struktur dan konfigurasi sensor gas MQ7

(Sumber: Hanwei Corporation n.d)

Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Struktur dan konfigurasi sensor gas MQ7 dapat dilihat pada gambar 2.3 bahan pembuatan sensor terdiri dari mikro AL_2O_3 sebagai tabung keramik, seng (SnO_2) sebagai lapisan sensor, *electrode* dan *heater* dilapisi bahan plastik dan pelindung terbuat dari bahan *stainless steel* yang berbentuk jaring dibagian atas sensor untuk menghindari terjadinya korosi dibagian dalam sensor. *Heater* digunakan untuk membantu sensitifitas kinerja sensor ketika diperlukan (Hanwei Corporation, n.d).

Tabel 2.3 Keterangan struktur dan Konfigurasi sensor gas MQ7

No.	***Part***	***Materials***
1	*Gas sensing layer*	SnO_2
2	*Electrode*	Au
3	*Electrode line*	Pt
4	*Heater coil*	Ni-Cralloy
5	*Tubular ceramic*	Al_2O_3
6	*Anti-explosion network*	*Stainless steel gauze (SUS316 100-mesh)*
7	*Clamp ring*	*Copper plating* Ni
8	*Resin base*	*Bakelite*
9	*Tube pin*	*Copper plating* Ni

Sumber: Hanwei Corporation (n.d)

2.4.2. Pengaturan Sensitivitas Sensor MQ7

Nilai tahanan pada sensor MQ7 berbeda untuk berbagai jenis konsentrasi gas, sehingga penyesuaian sensitivitas sensor sangat diperlukan. Hanwei corporation (n.d) menyebutkan dalam *datasheet* sensor MQ7 disarankan mengkalibrasi sensor untuk nilai CO 200 ppm dari udara dengan menggunakan resistansi beban dari 5KΩ sampai 47 KΩ.

Hanwei Corporation (n.d) juga menyebutkan dalam *datasheet* sensor MQ7, pada saat melakukan kalibrasi, ada beberapa proses penyesuaian untuk mendapatkan sensitivitas yang baik pada sensor antara lain:

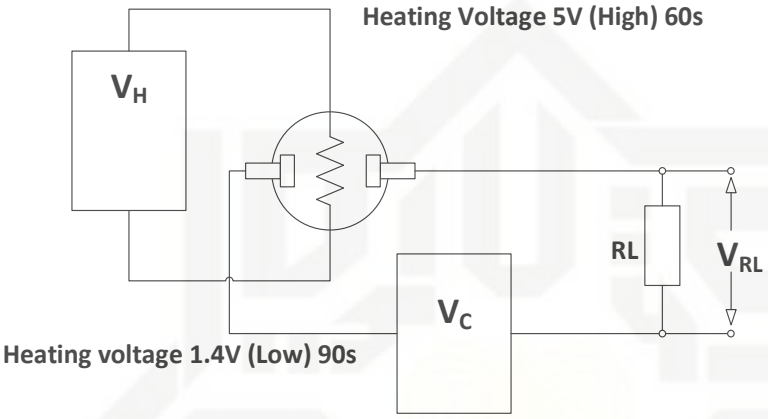
a. Menghubungkan sensor ke rangkaian aplikasi.
b. Menghidupkan daya, menjaga pemanasan melalui listrik selama 48 jam.
c. Sesuaikan RL resistansi beban sampai mendapatkan nilai sinyal yang menanggapi konsentrasi tertentu dari karbon monoksida pada titik akhir 90 detik.

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

d. Menyesuaikan resistansi beban RL lain sampai mendapatkan nilai sinyal yang menanggapi konsentrasi CO pada titik akhir 60 detik

2.4.3. Cara Kerja Sensor Gas MQ7

Hambatan muka Rs sensor diperoleh melalui sinyal yang dipengaruhi oleh tegangan *output* yang terkena beban R_L yang terhubung secara seri. Ketika sensor mendeteksi adanya gas CO, pengukuran sinyal output pada sensor akan diperoleh setelah *heater* bekerja dalam beberapa saat (2,5 menit dari tegangan tinggi ke tegangan rendah).



Gambar 2. 6. Rangkaian standar sensor MQ7

(Sumber: Hanwei corporation n.d)

2.4.4. Spesifikasi Sensor MQ7

Tabel 2.4 Kondisi standar sensor MQ7 bekerja

Symbol	***Parameter***	***Technical condition***	***Remark***
Vc	*Circuit voltage*	5V ± 0.1	AC or DC
V_H (H)	*Heating voltage (high)*	5V ± 0.1	AC or DC
V_H (L)	*Heating voltage (low)*	1.4V ± 0.1	AC or DC
R_L	*Load resistance*	*Can adjust*	
R_H	*Heating resistance*	33Ω ± 5%	*Room temperature*
T_H (H)	*Heating time (high)*	60 ± 1 detik	
T_H (L)	*Heating time (low)*	90 ± 1 detik	
PH	*Heating consumption*	*About 350mW*	

Sumber: Hanwei Corporation (n.d)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

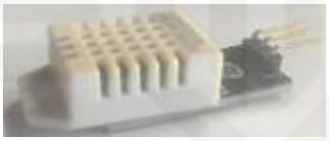
Tabel 2.5 Karakteristik sensitivitas sensor MQ7

Symbol	***Parameters***	***Technical parameters***	***Remark***
Rs	*Surface resistence of sensitivity body*	2 – 20 kΩ	
a (300/100ppm)	*Concentration slope rate*	*Less than* 0.5%	
Standard working condition	*Temperature* -20°C ± 2°C *relative humidity* 65% ± 5% R_L:10 KΩ ± 5%		
Preheat time	*No less than* 48 *hours*	*Detecting range:* 20ppm – 2000ppm *carbon monoxide*	

Sumber: Hanwei Corporation (n.d)

2.5. Sensor DHT22

Sensor DHT22 juga dikenal sebagai AM2302 adalah sensor pengukur suhu dan kelembaban dengan sinyal *output* dari DHT22 adalah sinyal digital yang sudah terkalibrasi dan bisa dipastikan sensor lebih handal dan setabil karena program kalibrasi sensor disimpan dalam jenis program dalam memori OTP (*One Time Programable*), pada saat sensor mendeteksi maka akan membaca nilai koefisien yang sudah tersimpan di dalam memori (Liu, n.d)



Gambar 2.7. *Sensor* DHT22

2.5.1. Spesifikasi Sensor DHT22

Berdasarkan *datasheet* sensor DHT22, *input* tegangan listrik yang digunakan adalah 3.3 – 6 V DC, pada saat daya telah dihubungkan ke sensor, tidak boleh mengirim instruksi apapun untuk sensor sebelum status sensor stabil. Sensor DHT22 dapat mengirim sinyal hasil pengukuran kepada MCU (*Micro Control Unit*) dalam waktu 5ms. Ketika MCU mengirim sinyal pertama, DHT22 akan merubah mode konsumsi daya *low* menjadi mode *runing*, dan pada saat MCU selesai mengirim sinyal, DHT22 akan mengirim sinyal respon data 40-bit dengan asumsi sebagai nilai suhu dan kelembaban relatif kepada MCU (Liu, n.d).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Tabel 2.6 Spesifikasi sensor DHT22

Model	DHT22
Power supply	*3.3-6V DC*
Output signal	*digital signal via single-bus*
Sensing element	*Polymer capacitor*
Operating range	*humidity 0-100% RH ± 1% RH temperature -40 – 80 °C*
Accuracy	*humidity ±2%RH (Max ±5%RH); temperature ±0.5 °Celsius*
Resolution or sensitivity	*Humidity ±0.1%RH; temperature 0.1Celsius*
Repeatability	*humidity ±1%RH; temperature ±0.2 °Celsius*
Humidity hysteresis	*±0.3%RH*
Long-term Stability	*±0.5%RH/year*
Sensing period	*Average: 2s*
Interchangeability	*fully interchangeable*
Dimensions size	*Small size 14*18*5.5mm; big size 22*28*5mm*

Sumber: Liu (n.d)

Tabel 2.7 Karakteristik kelistrikan sensor DHT22

Item	***Condition***	***Min.***	***Typical***	***Max***	***Unit***
Power Supply	*DC*	*3.3*	*5*	*6*	*V*
Current supply	*Measuring*	*1*		*1.5*	*mA*
	Standby	*40*	*Null*	*50*	*uA*
Collecting period	*Second*		*2*		*second*

Sumber: Liu (n.d)

2.6. Arduino Mega 2560 R3

Arduino Mega 2560 merupakan mikrokontroler berbasis ATMega2560. Modul ini memiliki 54 digital *input/output* dimana 15 pin dapat digunakan sebagai PWM *output*, 16 pin sebagai *analog input*, 4 untuk UART, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *power jack*, ICSP *Header*, dan tombol *reset*. Arduino Mega 2560 merupakan mikrokontroler *board* yang kompatibel dengan beberapa *shield* seperti Arduino data *logger shield*. Untuk menjalankan Arduino Mega dapat menghubungkannya langsung ke komputer dengan menggunakan kabel *serial* USB atau sumber daya melalui adaptor dengan tegangan *output* 12 volt (https://www.arduino.cc, 2016)

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Gambar 2. 8. Bentuk fisik Arduino Mega 2560

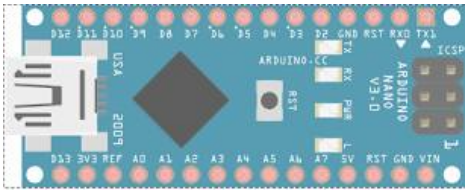
Tabel 2. 8 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Mikrokontroll	ATMega 2560
Tegangan Kerja	5 Volt
Tegangan *input* (*recommended*)	7-12 Volt
Tegangan *input* (*limit*)	6-20Volt
PIN digital I/O	54 (memiliki 15 PWM *Output*)
PIN *input* analog	16
Arus DC (*Direct Curent*) per I/O pin	20 mA (miliAmpere)
Arus DC(*Direct Curent*) pin 3.3 volt	50 mA (miliAmpere)
Flash Memory	256 KB, 8 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock speed	16 MHZ
Led_Builtin	13
Length	101.52 mm
Width	53.3 mm
Weight	37 g

Sumber: https://www.arduino.cc (2016)

2.7. Arduino Nano

Arduino Nano merupakan mikrokontroller berbasis Atmega328P, prinsip kerja Arduino Nano hampir sama dengan Arduino Duemilanove, tetapi dengan desain yang berbeda. Sumber catu daya tidak bisa menggunakan DC *power jack*, dan hanya bisa menggunakan kabel USB mini seri B standar.



Gambar 2.9. Arduino Nano

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Tabel 2.9. Spesifikasi Arduino Nano

Microcontroller	ATmega328P
Architecture	AVR
Operating Voltage	5 V
Flash Memory	32 KB dan 2 KB digunakan untuk *bootloader*
SRAM	2 KB
Clock Speed	16 MHz
Analog I/O Pins	8
EEPROM	1 KB
DC Current per I/O Pins	40 mA (I/O Pins)
Input Voltage	7-12 V
Digital I/O Pins	22
PWM Output	6
Power Consumption	19 mA
PCB Size	18 x 45 mm
Weight	7 g
Product Code	A000005

2.8. Arduino Data *Logger Shield*

Gambar 2.10. Arduino data *logger shield*

Arduino data *logger sheild* merupakan perangkat tambahan untuk Arduino yang berfungsi sebagai I/O perangkat penyimpanan berupa *Memory Card*. Selain dilengkapi dengan memori, Arduino *data logger shield* juga dilengkapi dengan RTC (*Real Time Clock*), dimana RTC berfungsi sebagai modul waktu yang memiliki format tahun, bulan, tanggal, jam, menit, detik (Earl, 2016).

2.9. *Real Time Clock* (RTC) DS1302

RTC pada dasarnya seperti jam di komputer yang bekerja dengan menggunakan energi dari baterai bahkan ketika tidak ada energi listrik atau komputer sedang kondisi *off* waktu di RTC akan tetap berjalan. Kebanyakan mikrokontroler, termasuk arduino memiliki pencatat waktu *built-in* yang disebut *milis( )* dan ada juga *timer* yang terpasang pada *chip* yang dapat membaca waktu yang lebih lama seperti menit atau hari. Namun permasalahan sebenarnya adalah pencatat waktu yang ada pada arduino, *milis( )* hanya mencatat waktu sejak arduino terakhir kali dinyalakan, sehingga ketika dinyalakan kembali, *timer* milidetik diatur kembali ke 0. Arduino tidak mengetahui waktu saat itu, yang tercatat hanyalah

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

milidetik sejak terakhir kali dinyalakan. RTC DS1302 mampu mencatat waktu detik, menit, jam, tanggal, bulan, hari, dan tahun, dengan batas waktu penggunaan hingga tahun 2100.

Gambar 2.11. RTC DS1302

2.10. Modul Radio SI4432

SI4432 *transceiver* modul merupakan sistem RF *transceiver* yang didesain secara lengkap dengan menggunakan chip tunggal ISM (yang dapat bekerja secara optimal dalam pengaplikasiannya. SI4432 dapat diaplikasikan dalam dunia industri, kesehatan dan juga kehidupan sehari-hari seperti, remot kontrol, keamanan rumah, *home automation*, *industrial control*, *health monitors*, pengukuran jarak jauh. SI4432 *transceiver* termasuk jenis radio canggih yang memiliki frekuensi kontinyu dengan nilai frekuensi 240-930MHz dan daya output dapat disesuaikan hingga 20dBm, (Silicon Laboratories, 2009).

Gambar 2.12. Modul radio SI4332

2.10.1. Spesifikasi Modul Radio SI4332

Spesifikasi modul radio SI4332 dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Spesifikasi modul radio SI4332

Frequency Range	240 – 930 MHz
Sensitivity	–118 dBm
Maksimum daya *output* konfigurasi	+20 dBm
	+11 - +20 dBm
Sumber arus yang digunakan rendah	18.5 mA *receive*
	27 mA @ +11 dBm transmit
Kecepatan data	0.123 - 256 kbps
Listrik yang digunakan	1.8 - 3.6 V
Batas suhu	–40 - 85 °C

Sumber: *Silicon Laboratories* (2009)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Sultan Syarif Kasim Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

2.11. *Liquid Crystal Display* (LCD) Nokia 5110

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan layar dasar grafis yang dapat digunakan untuk berbagai aplikasi khususnya untuk menampilkan karakter huruf, angka, ataupun simbol, pada awalnya modul LCD Nokia 5110 yang didesain untuk penggunaan pada layar ponsel dengan *display monokrom* 84 x 48 *pixel*. Tegangan kerja modul ini adalah 3.3V DC, antar muka LCD dengan mikrokontroler melalui antarmuka *serial bus*, PCD8544 merupakan sebuah LCD *controller* atau *driver* dengan menggunakan *low power* yang didesain untuk mengendalikan LCD grafis dengan 48 baris dan 84 kolom (Philips semiconductors, 1999).

Gambar 2. 13. Bentuk fisik LCD Nokia 5110

Tabel 2.11 Spesifikasi LCD Nokia 5110

Tampilan LCD	48 baris x 84 kolom
Kecepatan maksimum antar muka *serial bus*	4.0 Mbits/s
LED	*Back-Light*
Tegangan listrik yang digunakan	2.7 – 3.3 Volt
Batas suhu	-25˚C to +70˚C
Support Signal	CMOS *Input*

Sumber: Philips Semiconductors (1999)

2.12. *Solar* Panel (*Photovoltaic Cell*)

Matahari memberikan energi kepada kita dalam dua bentuk utama, panas dan cahaya, dari dua bentuk utama energi matahari tersebut dapat dimanfaatkan menjadi sistem tenaga surya, energi panas dapat dijadikan sebagai sistem pemanas dan energi cahaya dapat dijadikan energi listrik dengan menggunakan *photovoltaic cell* (Tan & Seng, n.d).

Solar panel terbuat dari bahan semikonduktor, dalam satu *solar* panel terdapat dua lapisan semikonduktor, yakni lapisan semikonduktor positif dan negatif. Saat *solar* panel bekerja, akan menangkap sinar matahari yang berupa energi *foton* matahari, saat energi *foton* yang diserap oleh lapisan negatif dari *solar* sel telah cukup, elektron akan dibebaskan dari lapisan negatif menuju ke lapisan positif sehingga timbul energi listrik (Tan & Seng, n.d)

Hak Cipta milik UIN Suska Riau
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Gambar 2.14. *Solar* panel tipe SP-20-P36

(Sumber: Tan & Seng n.d)

2.12.1. Spesifikasi *Solar* Panel Tipe SP-20-P36

a. Jenis panel : SP-20-P36
b. Nilai daya maksimal : 20W
c. Maksimum arus puncak : 1.15A
d. Tegangan maksimum : 17.4V
e. Maksimum *output* arus : 1.13A
f. *Open circuit voltage* : 22.4V
g. Ukuran : 490 x 350 x 25
h. Jumlah *cell* : 36

2.13. Baterai (*Accu*)

Baterai adalah alat untuk menyimpan energi listrik searah (DC), ada beberapa jenis baterai yaitu, jenis baterai konvensional atau biasa dikenal dengan aki basah, jenis baterai konvensional dapat diisi ulang cairan aki apabila telah habis, jenis baterai ini tidak cocok untuk digunakan sebagai penyimpan energi pada *solar cell*. Baterai *hybrid*, jenis baterai *hybrid* sama dengan baterai konvensional, hanya saja baterai *hybrid* sudah terisi air aki dari pabrikan dan sudah dilakukan pengecasan, sedangkan baterai konvensional masih kosong dari pabrikan dan harus dilakukan pengecasan terlebih dahulu sebelum digunakan. Selanjutnya baterai MF (*Maintenance Free)* atau biasa dikenal dengan aki kering, jenis baterai kering sangat cocok untuk digunakan sebagai penyimpan energi pada *solar cell*, karena jenis baterai MF adalah jenis baterai yang didesain dapat digunakan langsung tanpa harus mengisi air aki atau mengisi ulang dan mengecasnya.

Baterai tidak sepenuhnya bekerja secara efisien, beberapa energi hilang karena panas dari reaksi kimia, selama *charging* dan *discharging*. *Charging* adalah saat energi listrik diberikan kepada baterai, *discharging* adalah pada saat energi listrik diambil dari baterai. Satu *cycle* adalah *charging* dan *discharging*. Dalam sistem *solar cell*, satu hari disebut dengan satu *cycle* baterai, karena sepanjang hari baterai akan *charging*, dan malam digunakan (*discharging*).

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Gambar 2.15. Baterai kering (*Maintenance Free*)

2.14. *Solar Charge Controller*

Solar Charge Controller biasanya disebut sebagai *photovoltaic controller* dan sebagai pengisi daya baterai, *solar charge controller* digunakan hanya untuk sistem *photovoltaic* yang menggunakan baterai cadangan. Fungsi utama dari *charge controller* adalah untuk mencegah pengisian daya yang berlebihan pada baterai dan berfungsi sebagai regulator untuk *output* ke beban (Roos & Nelson, 2009).

Gambar 2.16. *Solar charge controller* SYK-SCPWM1024T

Tabel 2. 12 Spesifikasi *solar charger controller* SYK-SCPWM1024T

Voltage Input	**12 Volt**	**24 Volt**
Rated solar input	10 amper	10 amper
Rated load	10 amper	10 amper
25% current overload	1 menit	1 menit
Load disconnect	11.1 Volt	22.2 Volt
Load reconnect	12.6 Volt	25.20 Volt
Equalization voltage (10 minutes)	*14.6 volt*	*29.2 volt*
Boost voltage (10 minutes)	*14.4 volt*	*28.8 volt*
Float voltage	*13.6 volt*	*27.2 volt*
Temperature	*-35°C sampai 55°C*	

Sumber: *Instruction manual* (n.d)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

2.15. Arduino 1.6.9-windows IDE (*Integrate Develop Environment*)

Arduino 1.6.9-*windows* IDE (*Integrate Develop Environment*) merupakan software yang digunakan untuk membuat *sketch*. *Sketch* adalah sebutan program untuk Arduino berupa kumpulan program yang akan di*upload* pada *board* Arduino dan menjalankan perintah yang telah dibuat.

Gambar 2.17. Tampilan aplikasi Arduino *windows* IDE (*Integrate Develop Environment*)

2.15.1. Struktur Pemrograman Arduino

Bahasa pemrograman yang digunakan pada Arduino hampir sama dengan bahasa C namun lebih sederhana. Struktur dasar pemrograman Arduino terdiri dari dua bagian utama, *setup* dan *loop* seperti pada gambar 2.15.

```
void setup()
{
pinMode (PIN_12, OUTPUT);
}
```

→ Fungsi untuk memberikan tindakan inisialisasi

```
void loop()
{
 digitalWrite (PIN_12, HIGH);
 delay (1000); //tunda 1 detik

 digitalWrite (PIN_12, LOW);
 delay(1000);
}
```

→ Fungsi yang menangani perulangan selamanya

Gambar 2.18. Fungsi *setup* dan *loop*

(Sumber: Kadir 2015)

1. *Setup* ()

Fungsi *setup* () hanya dipanggil satu kali program ketika program pertama kali dijalankan. Fungsi *setup* () digunakan untuk mendefinisikan *mode pin* atau memulai komunikasi *serial*. Berikut adalah contoh dari *void setup* ():

Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```
Void setup()
 {
  pinMode(3,OUTPUT); //men-set pin 3 sebagai Output
  pinMode(6,INPUT); // men-set pin 6 sebagai Input
  Serial.begin (9600);
 }
```

Keterangan:

a. pinMode () = Berfungsi untuk mengatur fungsi sebuah pin sebagai *INPUT* atau *OUTPUT*.

b. Serial.begin (9600) = Berfungsi untuk mengaktifkan fitur UART dan menginisialisasinya.

2. *Loop* ( )

Setelah melakukan fungsi *setup* ( ) maka secara langsung melakukan fungsi *loop* ( ) secara berurutan dan melakukan instruksi-instruksi yang ada dalam fungsi *loop* (). Berikut adalah contoh *void loop* ():

```
Void loop()
  {
   If (digitalRead(6)=HIGH)// membaca input digital pin 6
{
 digitalWrite (3, HIGH); //nyalakan pin 3
 delay (1000);  // jarak tunda selama 1 detik
 digitalWrite(3, LOW); // matikan pin 3
   }
}
```

Keterangan:

a. digitalWrite() = Berfungsi untuk memberikan nilai ***LOW*** dan ***HIGH*** pada sebuah *pin* ***OUTPUT***.

b. Delay = Berfungsi untuk memberikan jeda dalam satuan milidetik.

c. digitalRead() = Berfungsi untuk membaca nilai digital ***LOW*** atau ***HIGH*** pada pin ***INPUT***.

2.14. *Microsoft visual C#*

Microsoft visual C# pertama kali diperkenalkan ke publik pada tahun 2001 dengan versi pertama C# 1.0, kemudian C# 2.0, C# 3.0, C# 4.0 dan C# 5.0. *Microsoft visual C#* merupakan bahasa pemrograman yang dirancang untuk membangun berbagai aplikasi yang beroperasi menggunakan *.NET Framework*, Bahasa pemrograman ini dibuat dengan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

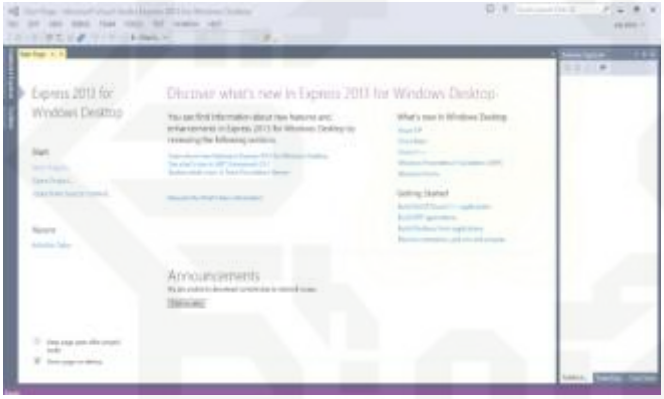
berbasis bahasa C++ dengan menambahkan fitur bahasa pemrograman lainnya seperti Java, Delphi, Visual Basic dengan beberapa penyederhanaan.

Gambar 2. 19. *Microsoft visual C#*

(Sumber: www.microsoft.com 2016)

2.15. *Microsoft Visual Studio*

Microsoft Visual Studio merupakan perangkat lunak IDE (*Integrated Development Environment)* dari *Microsoft* yang digunakan untuk membangun aplikasi antarmuka, aplikasi *web*. *Microsoft Visual Studio* mendukung pengembangan aplikasi berbasis *platform Microsoft Windows*, *windows phone*, *windows* CE, .NET *framework*, *compact framework*, dan *Microsoft Silverlight*, dengan bahasa pemrograman yang digunakan yaitu C#.



Gambar 2. 20. Tampilan IDE *Microsoft Visual Studio*

2.16. Variabel Indikator Kebakaran

2.16.1. Suhu

Suhu merupakan ukuran panas atau dinginnya suatu benda, dengan kata lain semakin tinggi suhu suatu benda maka semakin panas suhu benda tersebut dan semakin rendah suhu suatu benda maka semakin dingin suhu benda tersebut. Secara mikroskopis, suhu menunjukkan energi yang dimiliki oleh suatu benda. Setiap atom dalam suatu benda masing-masing bergerak, baik itu dalam bentuk perpindahan maupun gerakan ditempat berupa getaran. Semakin tingginya energi atom-atom penyusun benda, semakin tinggi pula suhu benda tersebut (Tipler, 1991).

2.16.2. Kelembaban

Udara terdiri dari beberapa kandungan gas, 78% nitrogen dan 21% oksigen ditambah sejumlah kecil gas-gas lain seperti argon, karbon dioksida, dan uap air. Kelembaban udara

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

menggambarkan tingkat ketersediaan uap air di udara, massa uap air persatuan *volume* dinamakan kelembaban mutlak. Perbandingan tekanan uap air yang tersedia terhadap tekanan uap air jenuh pada suhu yang sama dinamakan kelembaban relatif dan dinyatakan dalam persen (%) (Tipler, 2009).

2.16.3. Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida adalah gas yang tidak berwarna dan tidak berbau yang dihasilkan dari proses pembakaran yang tidak sempurna dari material yang berbahan dasar karbon seperti kayu, batu-bara, bahan bakar minyak dan bahan organik lainnya (Soekamto, n.d). Sumber utama polutan udara adalah proses pembakaran, yaitu reaksi antara oksigen dengan senyawa karbon, yang berlangsung dengan cepat, menghasilkan energi. Bila senyawa karbon terbakar secara sempurna akan dihasilkan karbon dioksida dan uap air, sedangkan bila pembakaran berlangsung tidak sempurna dengan kadar oksigen yang terbatas akan menghasilkan gas karbon monoksida (Prodjosantoso & tutik, 2011).

Pengaruh dari reduksi karbon monoksida dapat menyebabkan menurunnya kapasitas oksigen yang terikat oleh darah dan ikatan antara karbon monoksida dan *hemoglobin* membentuk *karboxi hemoglobin* menjadi meningkat. Mengakibatkan menurunnya fungsi sistem saraf sentral, perubahan-perubahan fungsi jantung dan paru-paru. Dengan gejala mengantuk, sesak nafas, dan akhirnya akan menyebabkan kematian (Achmad, 2004).

2.16.4. Particulet Matter (PM10)

Partikulat adalah partikel polusi yang sangat kecil, terbentuk dari bahan padat atau cair yang berasal dari ratusan senyawa yang berbeda seperti debu, jelaga, abu, logam. Sumber pembentuk partikulat berasal dari aktifitas manusia seperti asap kendaraan, pembangkit listrik, dan berbagai proses industri. Pembentuk partikulat juga terjadi secara alami berasal dari gunung merapi, badai debu, dan kebakaran hutan yang akan membuat reaksi kompleks bahan kimia seperti sulfur dioksida dan nitrogen oksida yang terbentuk di atmosfer (*Air Quality Expert Group*, 2005).

PM10 merupakan partikel kasar yang memiliki ukuran diameter berkisar 10 mikron atau kurang, yang mampu melewati pertahanan alami tubuh dalam hidung dan tenggorokan dan memasuki paru-paru sehingga mampu menyebabkan serangan asma dan bronkitis akut dan juga dapat menyebabkan kematian (ndep.nv.gov 2017).

Anak-anak sangat rentan terhadap polusi dari materi partikulat karena beberapa alasan, sistem pernapasan mereka masih berkembang, dan mereka lebih cenderung aktif di luar ruangan. Orang dewasa yang lebih tua juga lebih mungkin akan terpengaruh oleh polusi partikel, karena mereka lebih mungkin memiliki penyakit jantung atau paru-paru kronis

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dibandingkan dengan orang yang lebih muda. Selain itu, orang yang memiliki penyakit jantung atau penyakit paru-paru, seperti gagal jantung kongestif, angina, penyakit paru *obstruktif* kronik, asma, mungkin akan lebih cepat mengalami efek dari partikulat dengan tingkat polusi lebih rendah dari pada orang yang sehat.

2.17. Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU)

Berdasarkan Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bapedal) Nomor KEP-107/KABAPEDAL/11/1997. ISPU ditetapkan berdasarkan 5 pencemar utama, yaitu karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO_2), nitrogen dioksida (NO_2), ozon permukaan (O_3), dan partikel debu (PM10).

Tabel 2. 13 Parameter ISPU dan periode waktu pengukuran

No.	Parameter	Waktu Pengukuran
1	Partikulat (PM10)	24 jam (Periode Pengukuran rata-rata)
2	Sulfur Dioksida	24 jam (Periode Pengukuran rata-rata)
3	Carbon Monoksida	8 jam (Periode Pengukuran rata-rata)
4	Ozon (O_3)	1 jam (Periode Pengukuran rata-rata)
5	Nitrogen Dioksida (NO_2)	1 jam (Periode Pengukuran rata-rata)

Sumber: Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (1997)

Tabel 2. 14 Angka dan kategori Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Indeks	Kategori
1 – 50	Baik
51 – 100	Sedang
101 – 199	Tidak sehat
200 – 299	Sangat tidak sehat
300 - lebih	Berbahaya

Sumber: Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (1997)

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 2. 15 Pengaruh ISPU untuk setiap parameter pencemar

Kategori	Rentang	Solfur Dioksida (SO_2)	Partikulat	Karbon Monoksida (CO)	Nitrogen (NO_2)
Baik	0 – 50	Luka pada beberapa spesies tumbuhan akibat kombinasi dengan 0_3 (selama 4 jam)	Tidak ada efek	Tidak ada efek	Sedikit berbau
Sedang	51 – 100	Luka pada beberapa spesies tumbuhan	Terjadi penurunan pada jarak pandang	Perubahan kimia darah tapi tidak terdeteksi	Berbau
Tidak sehat	101 – 199	Bau dan meningkatnya kerusakan pada tanaman	Jarak pandang menurun dan terjadi pengotoran debu dimana-mana	Peningkatan pada kardiovaskular pada perokok yang sakit jantung	Bau dan kehilangan warna. Peningkatan reaktivitas pembuluh tenggorokan pada penderita asma
Sangat tidak sehat	200 – 299	Meningkatnya sensitivitas pada pasien berpenyakit asma dan bronhitis	Meningkatnya sensitivitas pada pasien berpenyakit asma dan bronhitis	Meningkatnya kardiovaskular pada orang bukan perokok yang berpenyakit jantung dan akan terlihat beberapa kelemahan yang nyata	Meningkatnya sensitivitas pasien yang berpenyakit asma dan bronhitis
Berbahaya	300 - lebih	Tingkat berbahaya bagi semua populasi yang terpapar			

Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, pen
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa iz
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

Tabel 2.15. Pengaruh Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) untuk setiap parameter pencemar (lanjutan)

Kategori	Rentang	Nitrogen (NO_2)	Ozon (O_3)
Baik	0 – 50	Sedikit berbau	Luka pada beberapa spesies tumbuhan akibat kombinasi dengan SO_2 (selama 4 Jam)
Sedang	51 – 100	Berbau	Luka pada beberapa spesies tumbuhan
Tidak sehat	101 – 199	Bau dan kehilangan warna. Peningkatan reaktivitas pembuluh tenggorokan pada penderita asma	Penurunan kemampuan pada atlit yang sedang berlatih keras
Sangat tidak sehat	200 – 299	Meningkatnya sensitivitas pasien yang berpenyakit asma dan bronhitis	Olahraga ringan mengakibatkan pengaruh pernafasan pada pasien yang berpenyakit paru-paru kronis
Berbahaya	300 - lebih	Tingkat yang berbahaya bagi populasi yang terpapar	

Sumber: Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (1997)

Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University
Hak Cipta dilindungi undang-undang
Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, pen
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa iz