BAB II DASAR TEORI

Bagian ini akan menjelaskan mengenai dasar teori yang mendukung sistem kendali konsentrasi asap rokok dalam *smoking room*. Bagian- bagian ini meliputi: asap rokok, gas CO, *korona*, sensor asap rokok, sensor CO, Mikrokontroler ATMega 8535, driver motor L298, motor DC, LCD dan SSR.

2.1 Asap Rokok

Asap rokok mengandung ribuan bahan kimia beracun dan bahan-bahan yang dapat menimbulkan kanker (*karsinogen*). Bahan berbahaya dan racun dalam rokok tidak hanya mengakibatkan gangguan kesehatan pada orang yang merokok (perokok aktif), namun juga pada orang-orang disekitarnya yang tidak merokok (perokok pasif). Perokok pasif mempunyai resiko lebih tinggi untuk menderita kanker paru-paru dan penyakit jantung. Sedangkan pada janin, bayi dan anak-anak, mempunyai resiko lebih besar untuk menderita *bronchitis*, berat badan rendah, infeksi rongga telinga dan asma (Tjandra, 1992: 4).

Ada dua macam asap rokok yang mengganggu kesehatan, yaitu asap utama (*main stream*) dan asap sampingan (*side stream*). Asap utama (*main stream*) adalah asap yang dihisap oleh perokok. Asap sampingan (*side stream*) adalah asap yang merupakan pembakaran dari ujung rokok yang kemudian menyebar ke udara. Asap sampingan memiliki konsentrasi yang lebih tinggi, karena tidak melalui proses penyaringan yang cukup, dengan demikian pengisap asap sampingan memiliki resiko yang lebih tinggi untuk menderita gangguan kesehatan akibat rokok (Basha, Adnil, 2004:12).

Untuk menganalisis kandungan kimia asap dilakukan dengan smoking *machine*, yang dilengkapi *filter Cambridge* untuk menangkap kondensat asap. Massa asap dibagi menjadi dua sebagai berikut:

a. Asap yang tertangkap *filter cambridge* pada saat rokok diisap *smoking machine* sebagai kondensat asap. Kandungan kimia tar terdiri atas bermacam-macam senyawa. Hasil analisis kandungan kimia kondensat asap utama (*main stream*) tercantum pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kandungan zat-zat asap utama (main stream)

Senyawa	Jumlah Kandungan /batang rokok (1 batang = 1- 1,2 g)	Senyawa	Jumlah Kandungan /batang rokok (1 batang = 1- 1,2 g)
Nitrogen	120-280 mg(56-64%)	Methyl-formate	20-30 mg
Oksigen	50-70 mg (11-14%)	Asam volatil lain	5-10 mg
Karbon dioksida	45-65 mg (9-13%)	Formaldehida	20-100 mg
Karbon monoksida	14-23 mg (2-5%)	Asetaldehida	100- 400 mg
Air	7-12 mg (1,5-2,5%)	Acrolein	60-140 mg
Argon	5 mg (1%)	Aldehida volatil lain	80-140 mg
Hidrogen	350-500 mg	Aseton	100-650 mg
Amonia	10-130 mg	Keton volatil lain	50-100 mg
Nitrogen oksida Nox	100-480 mg	ethanol	30-40 mg
Hidrogen sianida	200-380 mg	Alkohol volatil lain	10-30 mg
Hidrogen sulfida Metana	20-90 mg 1,0-2,0 mg	Acetonitrile Volatile Nitriles lain	100-150 mg 50-80 mg
Volatile alkene	0,4-0,5 mg	Furan	20-40 mg
Volatile alkenes lain	1,0-1,6 mg	Volatile Furanes lain	45-125 mg
Isoprene	0,2-0,4 mg	Pyridine	20-200 mg
Butadiena	25-40 mg	Picolines	15-80 mg
Asetilena	20-35 mg	3-Vinylpyridine	7-30 mg
Benzena	6-70 mg	Volatile Pyridines lain	20-60 mg
Toluena	5-90 mg	Pyrrole	0,1-10 mg
Syrene	10 mg	Pyrrolidine	10-18 mg
Hidrokarbon aromatik lain	15-35 mg	N-Methyl pyrrolidine	2,0-3,0 mg
Asam format	200-600 mg	Volatile Pyrazines	3,0-8,0 mg
Asam asetat	300-1 700 mg	Metil amina	4-10 mg
Asam propionat	100-300 mg	Amines aliphatic lain	3-10 mg

Sumber: Tirtosastro, S. dan A.S. Murdiyati: Kandungan kimia tembakau dan rokok

b. Asap sampingan (*side stream*) memiliki konsentrasi yang lebih tinggi, karena tidak melalui proses penyaringan yang cukup, dengan demikian pengisap asap sampingan memiliki resiko yang lebih tinggi untuk menderita gangguan kesehatan. Hasil analisis kandungan zat-zat dalam asap sampingan (*side stream*) tercantum pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kandungan zat-zat dalam asap sampingan (*side stream*)

Senyawa	µg/batang rokok	Senyawa	µg/batang rokok
Nikotin	100 – 3000	Scopoletin	15-30
Nornikotin	5-150	Polifenol lain	-
Anatabin	5-15	Cyclotenes	40-70
Alkaloid tembakau yang lain	-	Quiñónez	0,5
Bipyridils	10-30	Solanesol	600-1 000
n-Hentriacontane	100	Neophytadienes	200-350
Total nonvolatil HC	300-400	Limonene	30-60
Naftalena	2-4	Terpenes lain	-
Naftalena lain	3-6	Asam asetat	100-150
Penanthrene	0,2-0,4	Asam stearat	50-75
Anthracenes	0,05-0,10	Asam oleat	40-110
Fluorenes	0,6-1,0	Asam linoleat	150-250
Pyrenes	0,3-0,5	Asam linolenat	150-250
Fluoranthenes	0,3-0,45	Asam laktat	60-80
Karsinogen PAH	0,1-0,25	Indol	10-15
Fenol	80-160	Skatole	12-16
Fenol lain	60-180	Indol lain	-
Catechol	200-400	Quinolines	2-4
Catechols lain	100-200	Aza-arenes lain	-
Dihydroxybenzenes lain	200-400	Benzofuranes	200-300
Anabasin	5-12		

Sumber: Tirtosastro, S. dan A.S. Murdiyati: Kandungan kimia tembakau dan rokok

2.2 Gas CO Dalam Asap Rokok

Salah satu racun utama dalam asap rokok yaitu gas CO (karbon monoksida). Gas CO ini tidak berwarna dan tidak berbau sehingga keberadaannya tidak bisa segera diketahui. Gas CO yang dihasilkan dari asap rokok di udara kira-kira 4%.

2.2.1 Pengaruh CO Terhadap Manusia

Seperti diketahui kontak antara manusia dengan CO pada konsentrasi yang berlebihan dapat menganggu kesehatan bahkan menyebabkan kematian. Ketika CO masuk ke dalam aliran darah, dengan cepat CO bersaing dengan oksigen untuk mengikat hemoglobin sehingga akan terbentuk COHb (karboksihemoglobin). Kekuatan ikatan CO 200 - 300 kali lebih kuat dari oksigen, akibatnya oksigen terdesak dan lepas

dari hemoglobin sehingga pasokan oksigen oleh darah ke jaringan tubuh berkurang. Efek gas CO bagi manusia di tunjukan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Efek Gas CO Bagi Manusia

Konsentrasi CO di udara (ppm)	Konsentrasi COHb dalam darah (%)	Gangguan pada tubuh
25- 50	2,5-5	Tidak ada gejala
50-100	5-10	Aliran darah meningkat, sakit kepala ringan
100-250	10-20	Tegang daerah dahi, sakit kepala, penglihatan agak terganggu
250-450	20-30	Sakit kepala sedang, berdenyut- denyut, wajah merah dan mual
450-650	30-40	Sakit kepala berat, mual, muntah, lemas
650-1000	40-50	Sakit kepala berat, mual, muntah, lemas, mudah pingsan
1000-1500	50-60	Koma, kadang disertai dengan kejang
1500-2500	60-70	Koma dengan kejang, bisa menyebabkan kematian

Sumber: Asmino dan R. Soedoko. 1987

Gejala toksisitas atau keracunan ringan meliputi sakit kepala dan mual-mual pada konsentrasi kurang dari 100 ppm. Konsentrasi sebesar 667 ppm dapat menyebabkan 50% hemoglobin tubuh berubah menjadi *karboksihemoglobin* (HbCO). *Karboksihemoglobin* tidaklah efektif dalam menghantarkan oksigen di dalam sistem sirkulasi atau transportasi darah. Karena itu beberapa bagian tubuh tidak mendapatkan oksigen yang cukup. Sebagai akibatnya, paparan pada tingkat ini dapat membahayakan jiwa.

Meskipun nilai ambang batas CO adalah 100 ppm namun penting untuk diketahui bahwa kontak dengan CO pada konsentrasi yang cukup rendah juga dapat menganggu kesehatan. Misalnya pada konsentarsi CO 30 ppm dapat menimbulkan efek tekanan fisiologis terhadap penderita jantung (Moestikahadi, 2001 : 149).

2.3 Kriteria Udara Bersih

Udara yang bersih bisa dikatakan sebagai udara yang bebas dari polusi dalam bentuk padat, cair, atau gas, seperti debu dan karbon. Kebutuhan akan udara yang

bersih adalah sesuatu yang penting dalam kehidupan. Dengan udara yang bersih akan terasa lebih segar sehingga berfikir juga mampu lebih nyaman. Udara merupakan unsur vital bagi kehidupan, karena setiap organisme bernapas memerlukan udara. Udara yang kotor karena debu atau pun asap sisa pembakaran menyebabkan kadar oksigen berkurang. Keadaan ini sangat membahayakan bagi kelangsungan hidup setiap organisme. Giddings (1973) mengemukakan bahwa atmosfir pada keadaan bersih dan kering akan didominasi oleh 4 gas penyusun atmosfir, yaitu N2= 78.09%, 20.95%, Ar= 0. 93 dan CO₂= 0.032% sedangkan gas-gas lainnya sangat kecil konsentrasinya. Komposisi udara bersih ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Komposisi udara bersih

Senyawa	Konsentrasi (ppm)
Nitrogen (N2)	780.900
Oksigen (O ₂)	209.500
Argon (Ar)	9.300
Karbondioksida (CO ₂)	320
Neon (Ne)	18
Helium (He)	5.2
Metana (CH4)	1.5
Kripton (Kr)	0.5
H2	0.2
H2O	0.1
CO	0.8
Xe	0.08
03	0.2
NH3	-0.006
NO2	0.001
NO	0.0006
SO2	0.0002
H2S	0.0002

Sumber: Giddings. 1973

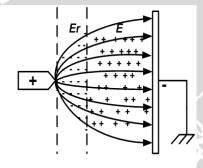
2.4 Korona

2.4.1 Pengertian Korona

Korona merupakan proses dimana arus mungkin diteruskan, muncul dari sebuah elektrode berpotensial tinggi di dalam sebuah fluida yang netral. Biasanya udara yaitu dengan mengionisasi fluida hingga menciptakan plasma disekitar elektrode. Ion-ion yang dihasilkan akhirnya akan melampaui muatan listrik menuju area-area berpotensi rendah terdekat atau bergabung kembali untuk membentuk molekul-molekul gas netral.

Saat gradien potensialnya fluida cukup besar pada sebuah titik, maka fluida itu akan mengalami ionisasi dan menjadi bersifat konduktif. Udara di dekat elektrode bisa terionisasi (sebagian bersifat *konduktif*). Saat udara di dekat titik menjadi bersifat *konduktif*, korona memiliki efek meningkatkan ukuran *konduktor*. Di luar wilayah *ionisasi* dan *konduktivitas* ini, partikel-partikel bermuatan perlahan-lahan mencapai benda yang muatannya berlawanan dan dinetralkan.

Setiap sistem isolasi atau elektroda dimana korona dapat terjadi merupakan sumber korona. Wilayah dimana korona terjadi disebut lokasi korona (*corona sites*) ditunjukkan Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Lokasi terjadinya korona

Keterangan Gambar 2.1 sebagai berikut:

- 1. Permukaan runcing *konduktor* yang bersentuhan dengan gas yang dapat bersikulasi dengan bebas.
- 2. Daerah tertentu pada permukaan material isolasi yang bersentuhan dengan gas yang memiliki resistivitas permukaan yang lebih rendah dibandingkan wilayah yang mengelilinginya sehingga muatan-muatan bebas dapat terbentuk pada daerah itu hingga tegangan diantara daerah itu dan daerah lainnya cukup tinggi untuk menyebabkan terjadinya korona di udara yang mengelilinginya.
- 3. Sela diantara permukaan bidang *konduktor* dan material pengisolasi yang berisi gas dimana medan listrik timbul dengan kekuatan yang cukup untuk memulai tembus listrik gas bukan material isolasi padat yang memisahkan elektroda sistem.
- 4. Rongga atau celah berisi gas yang dikelilingi sebagian atau seluruhnya oleh permukaan *konduktor* dan material pengisolasi padat atau cair.

5. Rongga berisi gas yang dikelilingi seluruhnya oleh material pengisolasi padat ataupun cair, biasanya disebut kekosongan (void) terlepas dari kenyataan bahwa mereka terisi dengan gas dengan kerapatan yang dapat sangat bervariasi tergantung tekanan dan temperatur gas.

2.4.2 Pengertian Ionisasi

Ionisasi adalah proses mengubah sebuah atom atau molekul menjadi ion dengan menambahkan atau mengurangi partikel bermuatan seperti elektron atau ion. Dalam hal ionisasi gas, sepasang ion diciptakan yang terdiri dari elektron bebas dan ion positif. Ionisasi dapat terjadi pada salah satu dari dua cara yaitu : pertama, ketika elektron diperoleh atau hilang oleh partikel, kedua, ketika salah satu atom atau molekul menggabungkan dengan atom atau molekul yang sudah memiliki muatan. Partikel bermuatan sendiri disebut ion. Ion yang bermuatan positif disebut kation, dan ion yang bermuatan negatif disebut anion. Selain itu, ion terdiri dari satu atom disebut ion monoatomik, dan ion terdiri dari atom beberapa disebut ion poliatomik.

Ionisasi sering terjadi karena jumlah elektron partikel yang dimiliki. Partikel dengan berpasangan elektron lebih stabil dibandingkan dengan elektron tidak berpasangan, atom dengan kulit elektron diisi juga lebih stabil dibandingkan dengan kulit elektron yang hanya diisi sebagian. Ketika partikel bertabrakan dan berinteraksi, maka elektron dari satu atom akan ditarik ke yang lain dalam rangka untuk memberikan jumlah elektron atau untuk mengisi salah satu dari kulit elektronnya. Ada jenis khusus dari ikatan berdasarkan ion. Ikatan ini dikenal sebagai ikatan ionik, disebabkan oleh daya tarik *elektrostatik* antara ion positif dan negatif. Ikatan seperti ini biasanya terjadi ketika dua atom ada di dalam kontak dan sebuah elektron dari kulit valensi satu melompat ke kulit valensi lain. Lompatan elektron menciptakan dua ion, yang satu bermuatan positif dan yang satunya bermuatan negatif. Ion-ion tertarik satu sama lain, dan ikatan ion dapat terjadi. Ketika CO2 masuk, ozon akan bereaksi dengan CO2 dan mengikat molekul oksigen yang membentuk senyawa baru, yakni ozon dan oksigen.

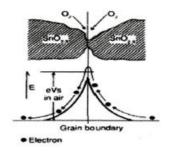
Konsep redoks berdasarkan pengikatan dan pelepasan oksigen Pada mulanya konsep reaksi oksidasi reduksi ditinjau dari dan penggabungan dan pelepasan oksigen.

$$C(s) + e^+ + O_2(g) + O_3(g) \rightarrow O_2(g) + O_3(g)$$

2.5 Sensor

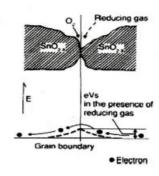
2.5.1 Sensor MQ2

Sensor ini memiliki sebuah elemen tipis yang berfungsi sebagai penghasil variasi tegangan bila elemen tersebut dikenai oleh asap. Lapisan elemen ini terbentuk pada permukaan luar kristal. Tegangan permukaan yang terbentuk akan menghambat laju aliran electron seperti tampak pada ilustrasi Gambar 2.2.



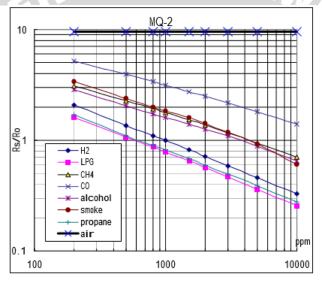
Gambar 2.2 Ilustrasi penyerapan O2 oleh sensor gas

Di dalam sensor, arus elektrik mengalir melewati daerah sambungan (*grain boundary*) dari kristal SnO2. Pada daerah sambungan, penyerapan oksigen mencegah muatan untuk bergerak bebas. Apabila terdeteksi asap rokok maka akan mengakibatkan perubahan pada tegangan (tegangan *output* pada sensor akan semakin naik), sehingga konsentrasi gas akan menurun dan proses *deoksidasi* akan terjadi, rapat permukaan dari muatan negative oksigen akan berkurang, dan mengakibatkan menurunnya ketinggian penghalang dari daerah sambungan. Dengan menurunnya penghalang maka resistansi sensor akan juga ikut menurun seperti tampak pada ilustrasi Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Ilustrasi ketika terdeteksi adanya gas

Pada dasarnya prinsip kerja dari sensor tersebut adalah mendeteksi keberadaan gas-gas yang dianggap mewakili asap rokok, yaitu gas Hydrogen, methane Jika sensor tersebut mendeteksi keberadaan gas-gas tersebut di udara dengan tingkat konsentrasi tertentu, maka sensor akan menganggap terdapat asap rokok di udara. Ketika sensor mendeteksi keberadaan gas- gas tersebut maka resistansi elektrik sensor akan turun yang menyebakan tegangan yang dihasilkan oleh output sensor akan semakin besar. Dengan memanfaatkan prinsip kerja dari sensor MQ2, kandungan gas-gas tersebut dapat di ukur. Gambar 2.4 grafik tingkat sensitifitas sensor MQ2 terhadap gas hydrogen dan methane.



Gambar 2.4 Grafik tingkat sensitifitas sensor MQ2 (Sumber: Datasheet MQ2)

Pengukuran kadar ppm asap rokok diperoleh dari perbandingan antara resistansi sensor pada saat terdapat gas (Rs) dengan resistansi sensor pada udara bersih atau tidak mengandung asap rokok (Ro). Untuk mencari nilai Rs digunakan rumus sebaga berikut:

$$R_S = \frac{V_{CC} - V_{out}}{V_{out}} \times V_{CC} \tag{2.1}$$

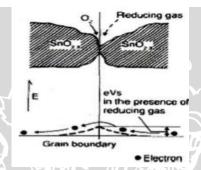
2.5.2 Sensor MQ7

Sensor MQ7 digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas CO (karbon monoksida) yang merupakan hasil pembakaran rokok. Sensor ini terdiri dari keramik 3

BRAWIJAYA

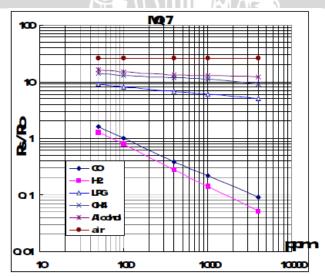
20Al , lapisan tipis SnO2 , elektroda serta *heater* yang digabungkan dalam suatu lapisan kerak yang terbuat dari *plastic* dan *stainless*.

Arus elektrik mengalir melewati daerah sambungan dari kristal SnO2. Pada daerah *grain boundary*, penyerapan oksigen mencegah muatan untuk bergerak bebas. Apabila terdeteksi gas CO maka tegangan *output* pada sensor akan naik, sehingga konsentrasi gas akan menurun dan terjadi proses *deoksidasi*. Akibatnya permukaan dari muatan negatif oksigen akan berkurang, ketinggian permukaan sambungan penghalang pun akan ikut terjadi. Hal ini mengakibatkan penurunan resistansi sensor yang juga memiliki sebuah *heater*, yang berfungsi sebagai pembersih dari kontaminasi udara di dalam ruangan sensor seperti tampak pada ilustrasi Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Prinsip Lapisan 2SnO

Karakteristik *output* sensor bila mendeteksi keberadaan CO, *output* tegangan semakin besar sesuai dengan besarnya kadar ppm dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Grafik tingkat sensitifitas sensor MQ7 (**Sumber:** Datasheet MQ 7)

Pengukuran gas CO diperoleh dari perbandingan antara resistansi sensor pada saat terdapat gas (Rs) dengan resistansi sensor pada udara bersih atau tidak mengandung asap rokok (Ro). Untuk mencari nilai Rs digunakan rumus sebagai berikut:

$$R_S = \frac{V_{CC} - V_{out}}{V_{out}} \times R_L \tag{2.2}$$

Sistem ini menggunakan nilai R_L sebesar 10 KΩ. Dari persamaan di atas, semakin banyak asap maka resistansi semakin menurun dan nilai Vout semakin membesar. Vcc digunakan tegangan DC sebesar 5 Volt. Berikut adalah Gambar 2.7 rangkaian sensor.



Gambar 2.7 Rangkaian dan fisik sensor MQ7

2.6 Mikrokontroler ATMega 8535

Mikrokontroler adalah pusat kerja dari suatu sistem elektronika seperti halnya mikroprosesor sebagai otak komputer. Adapun nilai plus bagi mikrokontroler ini adalah terdapatnya memori dan port input/output dalam suatu kemasan IC. Kemampuannya yang programmable, fitur yang lengkap seperti ADC internal, EEPROM internal, port I/O, komunikasi serial.

Mikrokontroler AVR memiliki arsitektur RISC 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16 bit dan sebagian besar instruksi dalam 1 (satu) siklus clock, berbeda dengan instruksi MCS51 yang membutuhkan 12 siklus clock. Hal ini terjadi karena kedua jenis mikrokontroler tersebut memiliki arsitektur yang berbeda. AVR berteknologi RISC (Reduced Instruction Set Computing), sedangkan seri MCS51 berteknologi CISC (Complex Instruction Set Computing). Secara umum, AVR dapat

dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu keluarga ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATMega, dan AT86RFxx.

Pada dasarnya, yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, mereka bisa dikatakan sama. Piranti dapat diprogram secara in-system programming (ISP) dan dapat diprogram berulang-ulang selama 10.000 kali baca/tulis didalam sistem.

2.6.1 Arsitektur ATMega 8535

ATMega 8535 memilii bagian struktur bagian sebagai berikut :

- Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D.
- 2. ADC 10 bit sebanyak 8 saluran
- 3. Tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan perbandingan.
- 4. CPU yang terdiri atas 32 buah register.
- 5. Watchdog Timer dengan osilator internal.
- 6. SRAM sebesar 512 byte.
- 7. Memori Flash sebesar 8 kb dengan kemampuan Read While Write.
- 8. Unit interupsi internal dan eksternal.
- 9. Port antarmuka SPI
- EEPROM sebesar 512 byte yang dapat diprogram saat operasi. 10.
- Antarmuka komparator analog. 11.
- Port USART untuk komunikasi serial

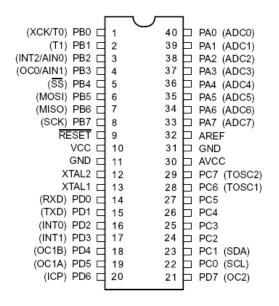
2.6.2 Konfigurasi Pin ATMega 8535

Secara fungsional konfgurasi ATMega 8535 sebagai berikut :

- 1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya.
- 2. GND merupakan pin Ground.
- 3. Port A (PA0...PA7) merupakan pin I/O dua arah dan pin masukan catu ADC.
- Port B (PB0...PB7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu *Timer/Counter*, Komparator analog, dan SPI.
- Port C (PC0...PC7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu 5. TWI, Komparator analog, dan Timer Oscillator.

- Port D (PD0...PD7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, 6. yaitu komparator analog, Interupsi eksternal, dan komunikasi serial.
- RESET merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroller. 7.
- 8. XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan clock eksternal.
- 9. AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC.
- 10. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.

Konfigurasi pin-pin mikrokontroler ATMega 8535 ditunjukan seperti Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Konfigurasi pin-pin ATMega 8535 (Sumber: Datasheet Mikrokontroler ATMega 8535)

2.7 Kontroler

Sistem pengendalian dirancang untuk melakukan dan menyelesaikan tugas tertentu. Syarat utama sistem pengendalian adalah harus stabil. Di samping kestabilan mutlak, maka sistem harus memiliki kestabilan secara relatif, yakni tolak ukur kualitas kestabilan sistem dengan menganalisis sampai sejauh mana batas-batas kestabilan sistem tersebut jika dikenai gangguan (Ogata K.,1997). Selain itu analisis juga dilakukan untuk mengetahui bagaimana kecepatan sistem dalam merespons input, dan bagaimana peredaman terhadap adanya lonjakan (over shoot).

Suatu sistem dikatakan stabil jika diberi gangguan maka sistem tersebut akan kembali ke keadaan steady state di mana output berada dalam keadaan tetap seperti tidak ada gangguan. Sistem dikatakan tidak stabil jika outputnya berosilasi terus

menerus ketika dikenai suatu gangguan. Karena suatu sistem pengendalian biasanya melibatkan penyimpanan energi maka output sistem ketika diberi suatu input, tidak dapat mengikuti *input* secara serentak, tapi menunjukkan respons transien berupa suatu osilasi teredam sebelum mencapai steady state. Dalam sistem pengendalian terdapat 2 macam loop:

1. Pengendalian dengan loop terbuka

Sistem kontrol loop terbuka adalah sistem kontrol yang keluarannya tidak berpengaruh pada aksi pengontrolan. Jadi pada sistem kontrol loop terbuka, keluaran tidak diukur atau diumpan balikan untuk dibandingkan dengan masukan.

Pengendalian dengan loop tertutup

Sistem kontrol *loop* tertutup adalah sistem kontrol yang keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengontrolan. Disebut juga sistem kontrol yang menggunakan umpan balik untuk memperkecil kesalahan sistem.

2.7.1 **Kontroler Proporsional**

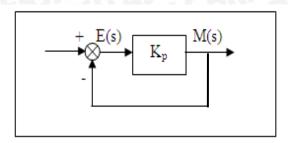
Untuk kontroler dengan aksi kontrol proporsional, hubungan antara keluaran kontroler m(t) dan sinyal kesalahan penggerak e(t) adalah:

$$m(t) = K_p e(t) \tag{2.3}$$

atau, dalam besaran transformasi Laplace,

$$\frac{M(s)}{E(s)} = Kp \tag{2.4}$$

Di mana K_p adalah kepekaan proporsional atau penguatan. Apapun wujud mekanisme yang sebenarnya dan apapun bentuk daya penggeraknya, kontroler proporsional pada dasarnya merupakan penguat dengan penguatan yang dapat diatur (Ogata K., 1997). Diagram blok kontroler proporsional ditunjukkan dalam Gambar 2.9.



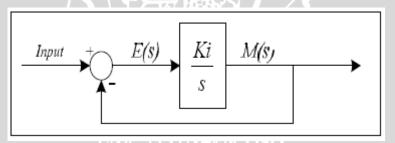
Gambar 2.9 Diagram Blok Kontroler Proposional Sumber: Ogata K., 1997

2.7.2 **Kontroler Integral**

Pada kontroler dengan aksi integral, harga keluaran kontroler m(t) diubah dengan laju yang sebanding dengan sinyal kesalahan penggerak e(t). Jadi,

$$\frac{dm(t)}{dt} = Kie(t) \tag{2.5}$$

Jika harga e(t) diduakalikan, maka harga m(t) berubah dengan laju perubahan menjadi dua kali semula. Jika kesalahan penggerak nol, maka harga m(t) tetap stasioner. Aksi kontrol integral seringkali disebut kontrol reset (Ogata K.,1997). Gambar 2.10 menunjukkan diagram blok kontroler integral.



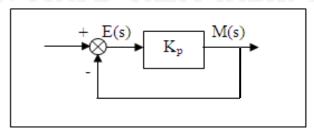
Gambar 2.10 Diagram Blok Kontroler Integral Sumber: Ogata K., 1997

2.7.3 **Kontroler Diferensial**

Kontroler ini digunakan untuk memperbaiki atau mempercepat respons transien sebuah sistem kontrol dengan cara memperbesar *phase lead* terhadap penguatan kontrol dan mengurangi phase lag penguatan tersebut (Ogata K.,1997). Kontroler diferensial tidak dapat mengeluarkan output bila tidak ada perubahan input, selain itu kontroler differensial tidak dapat digunakan untuk proses yang mengandung noise. Hubungan antara keluaran kontroler m(t) dan sinyal kesalahan penggerak e(t) adalah :

$$\frac{M(s)}{E(s)} = Kd.s \tag{2.6}$$

Gambar 2.11 menunjukkan diagram blok kontroler diferensial.



Gambar 2.11 Diagram Blok Kontroler Diferensial Sumber: Ogata K., 1997

2.7.4 **Kontroler Proporsional Integral Diferensial (PID)**

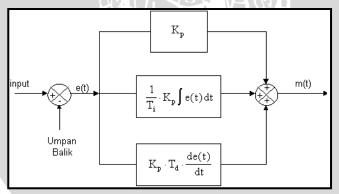
Gabungan aksi kontrol proporsional, integral, dan diferensial mempunyai keunggulan dapat saling menutupi kekurangan dan kelebihan dari masing-masing kontroler. Persamaan kontroler PID ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$m(t) = Kp \cdot e(t) + \frac{Kp}{Ti} \cdot e(t)dt + Kp \cdot Td \frac{de(t)}{dt}$$
 (2.7)

Dalam transformasi Laplace dinyatakan sebagai berikut :

$$\frac{M(s)}{E(s)} = Kp \left(1 + \frac{1}{Ti.s} + Td.s \right)$$
 (2.8)

Gambar 2.12 menunjukkan diagram blok kontroler PID



Gambar 2.12 Diagram Blok Kontroler PID Sumber: Ogata K., 1997

2.7.5 **Hand Tuning Kontroler PID**

Kontroler PID dapat di tuning dalam beberapa cara, antara lain Ziegler-Nichols tuning, loop tuning, metode analitis, optimisasi, pole placement, auto tuning, dan hand tuning (Smith, 1979; Astrom & Hagglund, 1995). Pada skripsi ini digunakan cara hand tuning untuk menentukan besar Kp, Ki, dan Kd. Hal ini dilakukan karena ada kendala untuk melakukan cara lain yang disebutkan di atas. Kendala tersebut adalah tidak dapat melihat respon motor secara langsung karena tidak digunakannya sensor untuk mengukur kecepatan motor saat system berjalan. Selain itu tidak adanya model matematis dari motor membuat cara analitis sulit untuk dilakukan.

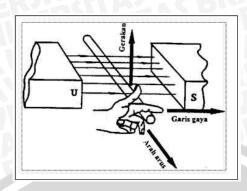
Menurut Smith (1997), untuk melakukan hand tuning prosedur yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Melepaskan kontroler integral dan deferensial dengan memberikan nilai Ki = 0dan Kd = 0.
- 2. Mengatur nilai Kp hingga didapatkan respons yang diinginkan, dengan mengabaikan offset.
- Dengan terus menaikkan nilai Kp, nilai dari Kd dinaikkan untuk mengurangi overshoot yang terjadi.
- 4. Naikkan nilai *Ki* untuk mengurangi *offset*.

Keuntungan dari hand tuning adalah prosedur di atas dapat dilakukan dengan segera, online dan dapat melihat dengan cepat respons sistem setelah melakukan perubahan nilai Kp, Ki, dan Kd. Kerugian dari cara ini adalah kesulitan untuk melihat apakah respons sistem dari kontroler merupakan nilai optimal atau tidak (Jantzen, 2001).

2.8 Motor DC

Motor DC atau Motor Arus Searah adalah mesin listrik yang mengubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanik. Terdapat dua prinsip dasar yang melatarbelakangi kerja motor DC. Yang pertama yaitu adanya aliran arus yang melewati sebuah konduktor atau penghantar. Dimana, akan timbul medan magnet mengelilingi penghantar tersebut. Arah garis gaya magnet (fluks magnet) ini sesuai kaidah tangan kiri yang ditunjukan Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Kaidah tangan kiri

Ibu jari menandakan arah arus elektron yang mengalir dan jari-jari menunjukan arah dari garis gaya magnet (fluks) yang mengelilingi penghantar. Kaidah tangan kiri yang kedua adalah gaya pada penghantar bergerak dalam medan magnet. Besarnya gaya yang didesakkan untuk menggerakkan berubah sebanding dengan kekuatan medan magnet, besarnya arus yang mengalir pada penghantar, dan panjang penghantar. gaya tersebut sering disebut gaya Lorentz. Sesuai dengan rumus:

$$F = B \times I \times \ell \text{ (Newton)}$$
 (2.9)

Dimana:

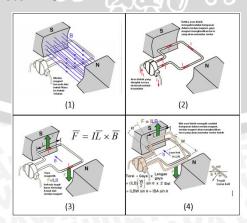
F = Gaya pada kumparan (Newton)

B = Kuat medan magnet (Tesla)

I = Arus yang mengalir (Ampere)

 ℓ = Panjang kumparan (meter)

Prinsip Kerja Motor DC 2.8.1



Gambar 2.14 Prinsip Kerja Motor DC

Gambar 2.14 prinsip kerja motor DC arus mengalir melalui kumparan jangkar dari sumber tegangan dc, menyebabkan jangkar beraksi sebagai magnet. Gambar 2.13 menjelaskan prinsip kerja motor dc magnet :

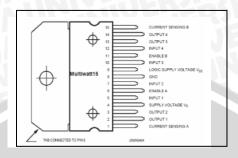
- 1. Pada posisi (1) arus *electron* mengalir dari kutub utara menuju ke kutub selatan. Akan timbul torsi yang menyebabkan jangkar berputar berlawanan arah jarum jam.
- 2. Ketika jangkar pada posisi (2) sikat terhubung dengan kedua segmen *komutator*. Aliran arus pada jangkar terputus sehingga tidak ada torsi yang dihasilkan . Tetapi, kelembaban menyebabkan jangkar tetap berputar melewati titik netral.
- 3. Pada posisi (3) letak sisi jangkar berkebalikan dari letak sisi 4 jangkar pada posisi 1. Segmen *komutator* membalik arah arus *elektron* yang mengalir pada kumparan jangkar. Oleh karena itu arah arus yang mengalir pada kumparan jangkar sama dengan posisi 1. Torsi akan timbul yang menyebabkan jangkar tetap berputar berlawanan arah jarum jam.
- 4. Pada posisi (4) jangkar berada pada titik netral. Karena adanya kelembaman pada poros jangkar, maka jangkar berputar terus-menerus.

2.9 Motor Driver L298

Pada dasarnya gerakan motor dikontrol oleh mikrokontroler ATMega 8535 namun karena arus yang keluar dari mikrokontoler tidak dapat menggerakan motor maka diperlukan rangkaian luar yang mampu men-*drive* motor. Oleh karena itu IC L298 digunakan sebagai rangkaian *driver* untuk menjalankan motor berdasarkan perintah dari mikrokontroler. IC L298 merupakan sebuah driver untuk motor de maupun motor *stepper* dengan konfigurasi seperti Gambar 2.10. Satu buah IC L298 bisa digunakan untuk mengontrol dua buah motor de. L298 mampu beroperasi pada tegangan 2,5V sampai 46V.

Besar arus *output* yang dihasilkan sampai 4A dan mempunyai proteksi terhadap temperatur yang berlebihan. Pin Enable A dan B untuk mengendalikan jalan atau kecepatan motor, pin *Input* 1 sampai 4 untuk mengendalikan arah putaran. Pin Enable diberi VCC 5V untuk kecepatan penuh. Di dalam chip L298 untuk mengendalikan arah putaran motor digunakan metode bridge-H dari kombinasi transistor, jadi dengan

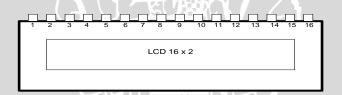
metode demikian arus yang mengalir ke motor polaritasnya dapat diatur dengan memberikan logika ke transistor. Pin-pin IC L298 bisa dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Pin IC L298

2.10 LCD (Liquid Crystal Display)

LCD adalah alat yang digunakan untuk menampilkan nilai hasil sensor, text atau menu pada aplikasi mikrokontroler. LCD yang digunakan adalah M1632 merupakan modul LCD tampilan 2x16 karakter (2 baris x 16 kolom) dengan konsumsi daya rendah, sekitar 5V DC. Modul tersebut dilengkapi dengan mikrokontroler yang didesain khusus untuk mengendalikan LCD, sehingga memudahkan melakukan koneksi dengan AVR. Gambar 2.16 merupakan bentuk fisik dari *Liquid Cristal Display* (LCD).



Gambar 2.16 Liquid Cristal Display

2.11 SSR (Solid State Relay)

SSR adalah sebuah saklar elektronik yang tidak memiliki bagian untuk bergerak. SSR ini dibangun dengan isolator sebuah MOC untuk memisahkan bagian input dan bagian saklar. Relay jenis ini lebih handal karena dapat bekerja dengan tegangan yang mengalami fluktuasi atau berubah-ubah. Bandingkan dengan relay konvensional, dimana tegangan koil tidak boleh melebihi atau kurang dari tegangan dikehendaki. Serta terhindarnya kontak relay dari keausan serta tidak menimbulkan suara dan bunga api.

Optocoupler yang digunakan pada rangkaian Alternistor ini menggunakan optocoupler yang sudah dilengkapi "zero crossing circuit" internal seperti MOC3042.

BRAWIJAYA

Untuk kontrol digital yang biasanya arus *output* i/o nya kecil, maka ditambahkan rangkaian *switching* transistor sehingga arusnya cukup untuk men-triger dioda *optocoupler*.

