

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Particulate Matter* (PM)

Particulate Matter (PM) atau materi/bahan partikulat, biasa disebut juga debu, merupakan padatan atau liquid berupa asap, debu, atau uap yang akan menetap di atmosfer dalam waktu yang lama. Materi partikulat yang terhisap jika dalam ukuran besar akan menetap di pernapasan atas dalam waktu lama dan jika dalam ukuran kecil (*inhalable*) akan masuk ke dalam paru-paru dan merusak pernapasan. Partikulat dalam ukuran kecil yaitu ukuran dibawah 10 μm . Partikulat-10 (PM-10) merupakan penyebab utama kematian yang disebabkan jantung dan paru-paru (Haryanto, 2010).

PM-10 diketahui dapat meningkatkan angka kematian yang disebabkan oleh penyakit pernafasan, pada konsentrasi 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dapat menurunkan fungsi paru-paru pada anak-anak, sementara pada konsentrasi 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dapat memperparah kondisi penderita bronkhitis. Toksisitas dari partikel *inhalable* tergantung dari komposisinya (Mukono, 2009).

PM-10 adalah salah satu penyebab infeksi saluran pernafasan bagian atas dan bawah seperti batuk, bronkhitis dan asma terutama pada anak-anak yang pengaruhnya diwakilkan dalam jumlah hari sakit (*restricted activity days* (RAD)). Kelompok umur yang memiliki resiko jatuh sakit yang tinggi karena pencemaran PM-10 adalah anak-anak. PM-10 menjadi variabel penjelas bagi kemungkinan jatuh sakit pada anak-anak juga jumlah hari sakit pada anak. Hal ini menunjukkan bahwa anak-anak adalah kelompok yang paling rentan terkena dampak pencemaran PM-10 pada khususnya dan pencemaran udara pada umumnya (Amalia, 2010). Sumber utama partikulat adalah pembakaran batu bara, proses industri (industri logam, industri kimia, industri semen, pabrik kertas dan lain-lain), kebakaran hutan dan pembakaran

sampah pertanian (Faisal, 2009). Beberapa partikulat dapat melayang di udara dalam berbagai bentuk. Komponen dan senyawa penyusun ditunjukkan pada Tabel 1 (Gemilang, 2011).

Tabel 1. Komponen dan Senyawa Penyusun *Particulate*

No	Komponen	Senyawa
1	Karbon	
2	Besi	Fe ₂ O ₃ , Fe ₃ O ₄
3	Magnesium	MgO
4	Kalsium	CaO
5	Aluminium	Al ₂ O ₃
6	Sulfur	SO ₂
7	Titanium	TiO ₂
8	Karbonat	CO ₃ ⁻
9	Silikon	SiO ₂
10	Fosfor	P ₂ O ₅
11	Kalium	K ₂ O
12	Natrium	Na ₂ O

Berdasarkan peraturan pemerintah No.41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara dapat diketahui bahwa baku mutu udara ambient nasional untuk PM-10 dengan waktu pengukuran 24 jam menghasilkan PM-10 sebanyak 150 µg/m³ dan untuk jenis gas lainnya dapat dilihat pada lampiran.

Emisi CO merupakan emisi utama pada kendaraan bermotor diikuti oleh emisi NO_x dan HC. Sedangkan emisi SO₂ dan partikel (PM - *Particulate Matter*) meskipun relatif kecil jumlahnya bila dibandingkan dengan emisi lainnya, namun dampak terhadap kesehatan

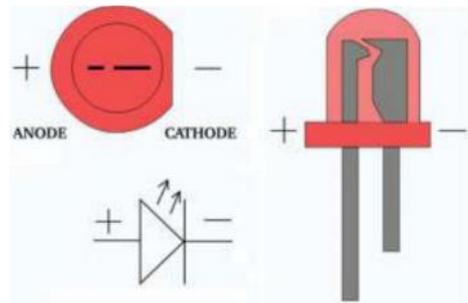
manusia cukup besar. Sehingga emisi SO_2 dan PM perlu juga mendapat perhatian dalam rangka mengurangi emisi sektor transportasi (Wirawan, 2008).

Tabel 2. Koefisien Emisi Kendaraan Bermotor Yang Dianalisis

Jenis kendaraan	Jenis bahan bakar	Kefisien Emisi (g/km)				
		CO	NOx	HC	SO2	PM
Mobil penumpang	Gasoline	4,373	3,939	0,448	0,060	0,000
	ADO	0,876	1,167	0,121	0,860	0,176
	B10	0,831	1,107	0,106	0,774	0,108
	B20	0,790	1,140	0,060	0,688	0,095
	B30	0,710	1,080	0,050	0,602	0,090
Truk besar	B50	0,660	1,030	0,040	0,430	0,070
	ADO	0,427	6,236	0,290	1,280	0,264
	B10	0,405	5,916	0,255	1,152	0,162
	B20	0,385	6,092	0,144	1,024	0,143
	B30	0,810	5,771	0,120	0,896	0,135
Bus besar	B50	0,322	5,504	0,096	0,640	0,105
	ADO	0,437	9,632	0,290	1,290	0,274
	B10	0,415	9,137	0,255	1,161	0,168
	B20	0,394	9,410	0,144	1,032	0,148
	B30	0,810	8,914	0,120	0,903	0,140
Bus dan Truk kecil	B50	0,329	8,502	0,096	0,645	0,109
	Gasoline	6,601	4,927	0,786	0,090	0,000
	ADO	0,905	1,371	0,465	1,020	0,235
	B10	0,858	1,300	0,409	0,918	0,144
	B20	0,816	1,339	0,230	0,816	0,127
Motor	B30	0,733	1,269	0,192	0,714	0,120
	B50	0,682	1,210	0,154	0,510	0,093
	Gasoline	3,267	0,123	0,733	0,030	0,059

B. Light Emitting Diode (LED)

LED adalah singkatan dari *Light Emitting Diode*, merupakan komponen yang dapat mengeluarkan emisi cahaya. LED merupakan produk temuan lain setelah dioda. Strukturnya juga sama dengan dioda, tetapi belakangan ditemukan bahwa elektron yang menerjang sambungan P-N juga melepaskan energi berupa energi panas dan energi cahaya. LED dibuat agar lebih efisien jika mengeluarkan cahaya. Untuk mendapatkan emisi cahaya pada semikonduktor, doping yang dipakai adalah galium, arsenic dan fosforus. Jenis doping yang berbeda menghasilkan warna cahaya yang berbeda pula (Melati, 2011).



Gambar 1. LED

Ketentuan ukuran arus dan tegangan di tinjau dari segi karakteristik led itu sendiri dari pabrik produksinya. Led kecil yang umum di jual di pasaran voltase yang dipakai biasanya kisaran 3 volt dengan arus orde mili Ampere dan ada juga lebih tinggi dari itu. *Common anoda* merupakan pin yang terhubung dengan semua kaki anoda. Kaki anoda dihubungkan dengan tegangan Vcc. Common anoda biasanya sering disebut dengan istilah *aktif low*. *Common katoda* merupakan pin yang terhubung dengan semua kaki katoda. Kaki katoda dihubungkan dengan *ground*. Common katoda biasanya sering disebut dengan istilah *aktif high* (Indra, 2010).

Sumber optik yang umum digunakan pada sistem komunikasi serat optik adalah *Light Emitting Diode* (LED) dan *Laser Diode* (LD). Keduanya merupakan susunan semi-konduktor sambungan P-N yang apabila diberi bias maju akan memancarkan energi optik dalam bentuk foton. Intensitas cahaya yang dihasilkan LED lebih rendah dibandingkan dengan LD, sehingga LED umumnya hanya digunakan untuk sistem serat optik jarak pendek seperti pada gedung-gedung dan pesawat terbang. Sedangkan LD dengan intensitas yang tinggi dan koheren sangat sesuai digunakan pada sistem komunikasi jarak jauh (Hanafiah, 2006).

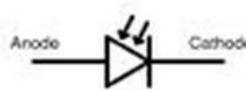
C. Fotodioda

Fotodioda adalah semikonduktor sensor cahaya yang menghasilkan arus atau tegangan ketika sambungan semikonduktor *p-n* dikenai cahaya. Piranti fotokonduktivitas dibuat dengan

tujuan menghasilkan perubahan resistansi atau tegangan ketika disinari cahaya. Dengan demikian *devices* banyak digunakan sebagai *ON-OFF devices*, *measuring devices*, atau *limited power sources* (Irzaman, 2007).



Gambar 2. Fotodioda



Gambar 3. Simbol Fotodioda

Fotodioda dapat digunakan pada *zero bias* dan bias *reverse*. Pada *zero bias*, cahaya yang mengenai dioda menyebabkan timbulnya tegangan dan mengakibatkan arus mengalir pada bias *forward*. Hal ini disebut dengan efek *photovoltaic*. Resistansi fotodioda sangat besar ketika berada pada bias *reverse*. Resistansi ini akan berkurang ketika sebuah cahaya dengan frekuensi yang sesuai jatuh mengenai *junction* sehingga dioda akan berfungsi seperti saklar tertutup dan arus dapat mengalir. Oleh karena itu dioda dengan bias *reverse* dapat digunakan untuk mendeteksi cahaya dengan cara mengamati ada tidaknya arus yang mengalir pada dioda tersebut (Singgih, 2006).

Apabila bagian positif fotodioda dihubungkan dengan kutub positif dari sebuah baterai, sedangkan kutub negatif fotodioda dihubungkan dengan bagian negatif baterai, maka terjadi hubungan yang dinamakan "*forward bias*". Dalam keadaan *forward bias*, di dalam rangkaian itu timbul arus listrik yang disebabkan oleh kedua macam pembawa muatan. Jadi arus listrik yang mengalir di dalam Sambungan p-n disebabkan oleh gerakan hole dan gerakan elektron.

Arus listrik itu mengalir searah dengan gerakan hole, tapi berlawanan arah dengan gerakan elektron.

Apabila bagian positif fotodiode dihubungkan dengan kutub negatif baterai dan bagian negatif fotodiode dihubungkan dengan kutub positif baterai, maka sekarang terbentuk hubungan yang dinamakan "*reverse bias*". Dengan keadaan seperti ini, maka hole (pembawa muatan positif) dapat tersambung langsung ke kutub positif, sedangkan elektron juga langsung ke kutub positif. Jadi, jelas di dalam Sambungan p-n tidak ada gerakan pembawa muatan mayoritas baik hole maupun elektron. Sedangkan pembawa muatan minoritas (elektron) di dalam bagian P bergerak berusaha mencapai kutub positif baterai (Warsito, 2007).

Sebuah sensor fotodiode yang berfungsi sebagai penerima cahaya inframerah 56kHz yang umumnya digunakan pada sistem *remote control* inframerah. Pada Sensor ini terdapat sebuah fotodiode yang dilengkapi dengan penguat, pembatas, *band pass filter* (BPF), demodulator dan komparator (Haryadi, 2007).

D. Operational Amplifier (Op-Amp)

Penguat adalah suatu rangkaian yang menerima sebuah isyarat di masukkan dan mengeluarkan isyarat tak berubah yang lebih besar di keluarannya. Sedangkan nama penguat operasional diberikan kepada penguat gain, yang dirancang untuk melaksanakan tugas-tugas matematis seperti penjumlahan, pengurangan perkalian dan pembagian. Beberapa penggunaan op amp pada masa kini adalah di bidang-bidang pengendalian proses, komunikasi, komputer, sumber daya dan isyarat, sistem peragaan, dan sistem pengukuran atau sistem pengujian (Kristyawati dan siswono, 2010).

Non inverting Amplifier, seperti namanya, merupakan rangkaian penguat tegangan yang tidak membalik *fase* output terhadap input. Besar penguatan yang dihasilkan oleh rangkaian *non inverting amplifier* mengikuti persamaan 1 dibawah ini :

$$V_o = \left[\frac{R_f}{R_1} + 1 \right] \cdot V_i$$

Inverting amplifier merupakan rangkaian penguat tegangan yang membalik *fase* output terhadap input. Besar penguatan yang dihasilkan oleh rangkaian *inverting amplifier* mengikuti persamaan 2 dibawah ini (Kurniawan dan rizal, 2009):

$$V_o = \left[- \frac{R_2}{R_1} \right] \cdot V_i$$

E. Kertas Saring GF

Kertas saring GF merupakan kertas saring filter *microfiber*. Terdapat 5 jenis kertas GF, yaitu GF/A, GF/B, GF/C, GF/D, dan GF/F. Kertas GF biasa disebut kertas Whatman. Kertas GF berguna untuk memfilter partikulat tersuspensi dalam zat cair atau zat padat, suspensi padatan yang terdapat di alam atau di industri, dan memantau polusi udara (Tarigan, 2003).

GF/A (1.6 mm) yaitu Filter yang didapat dari Filter Whatman. Tersedia dalam corong filter 70 mm dengan kapasitas 250 mL, terbentuk integral polipropil, filter ikatan panas. Selain itu, terdapat pula filter 47 mm dengan kapasitas 250 mL. Filter 47 mm dapat dengan mudah dibersihkan untuk analisis atau penelitian lebih lanjut. Kertas saring Whatman GF/A dapat digunakan untuk analisa kadar klorofil, karbohidrat total, protein total, dan lemak total. GF/A memiliki tingkat efisiensi filter yang tinggi. GF/A sesuai untuk menangkap padatan dalam air dan menyaring partikulat dalam air, alga, serta struktur bakteri, juga secara umum digunakan untuk memantau polusi udara (Whatman, 2007).

Sistem pengambilan debu/partikulat untuk pemantauan kualitas udara emisi, diperlukan sistem filtrasi oleh kertas saring penangkap debu emisi. Untuk penggunaan kertas saring, terlebih dahulu kertas saring dipanaskan pada suhu 105°C selama 2 jam, agar kertas saring yang digunakan tidak mengandung padatan yang dapat mempengaruhi hasil timbangan , setelah itu dapat dimasukkan ke dalam wadah yang telah vacuum (Ardeniswan, 2010).