

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Lignoselulosa**

Lignoselulosa adalah sumber bahan organik pada semua jenis tanaman yang dapat diperbaharui. Komponen utama penyusunnya terdiri dari lignin, selulosa dan hemiselulosa. Lignoselulosa merupakan serat kasar yang jika diuraikan dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik.

Salah satu komponen utama penyusun Lignoselulosa adalah lignin. Lignin merupakan suatu gabungan beberapa senyawa yang erat hubungannya satu sama lain, mengandung karbon, hidrogen, dan oksigen. Unsur nitrogen juga terdapat didalamnya dengan kadar satu sampai lima persen. Intinya mengandung satu unit aromatik dan berstruktur rantai yang mengandung unit dasar fenil propane, dengan gugus metoksi berkadar lima sampai 15 persen (Anggorodi, 1991).

Lignin sangat tahan terhadap degradasi kimia termasuk degradasi enzimatik. Komposisi dan struktur lignin tergantung pada genetik dan lebih banyak ditemukan pada lapisan tengah dan dinding utama. Kadar lignin bertambah dengan bertambahnya umur tanaman, akibatnya daya cerna semakin

rendah (Jouany, 1991). Beberapa penelitian mengenai degradasi lignin oleh mikroba telah dilakukan dan ternyata lignin dapat didegradasi oleh kapang dan *actinomycetes*.

Disamping memberikan bentuk yang kokoh terhadap tanaman, lignin juga membentuk ikatan yang kuat dengan polisakarida yang melindungi polisakarida dari degradasi mikroba dan membentuk struktur lignoselulosa. Lignin terutama terkonsentrasi pada lamela tengah dan lapisan dinding sel yang terbentuk selama proses lignifikasi jaringan tanaman (Chahal and Chahal, 1998; Steffen, 2003). Lignin tidak hanya mengeraskan mikrofibril selulosa, juga berikatan secara fisik dan kimia dengan hemiselulosa.

Lignin terbentuk melalui polimerasi tiga dimensi derivate (Gambar 1) dari sinamil alkohol terutama -kumaril, koniferil dan sinapil alkohol (Perez *et al*, 2002) dengan bobot molekul mencapai 11.000 (Gambar 2). Lignin yang melindungi selulosa bersifat tahan terhadap hidrolisis karena adanya ikatan arilalkil dan ikatan eter.

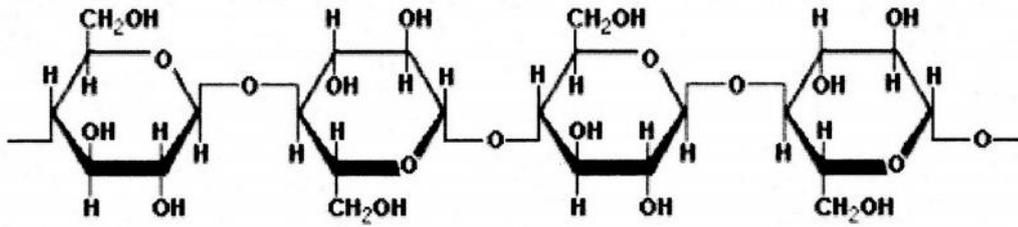


Lignin secara fisik membungkus mikrofibril dalam suatu matriks hidrofobik dan terikat secara kovalen dengan hemiselulosa. Hubungan antara lignin karbohidrat tersebut berperan dalam mencegah hidrolisis polimer selulosa (Chahal and Chahal, 1998).

Komponen utama penyusun lignoselulosa selain lignin adalah selulosa. Selulosa adalah sebagian besar dari biopolimer yang melimpah dan merupakan komponen struktural penyusun dinding sel tanaman tingkat tinggi dan rendah. Kandungan selulosa yang tinggi dapat ditemukan pada bagian tangkai dan batang serta bagian lain dari tanaman berkayu. Selulosa terdiri dari unit monomer D-glukosa.

Gugus fungsional dari rantai selulosa adalah gugus hidroksil. Gugus OH ini dapat berinteraksi satu sama lain dengan gugus O, N dan S membentuk ikatan hidrogen. Gugus OH selulosa menyebabkan permukaan selulosa menjadi hidrofilik. Struktur rantai selulosa distabilkan oleh ikatan hidrogen yang kuat di sepanjang rantai. Pada proses pemecahan secara biologi selulosa digunakan sebagai sumber energi dan karbon bagi sejumlah mikroorganisme

Berikut adalah Gambar skema selulosa



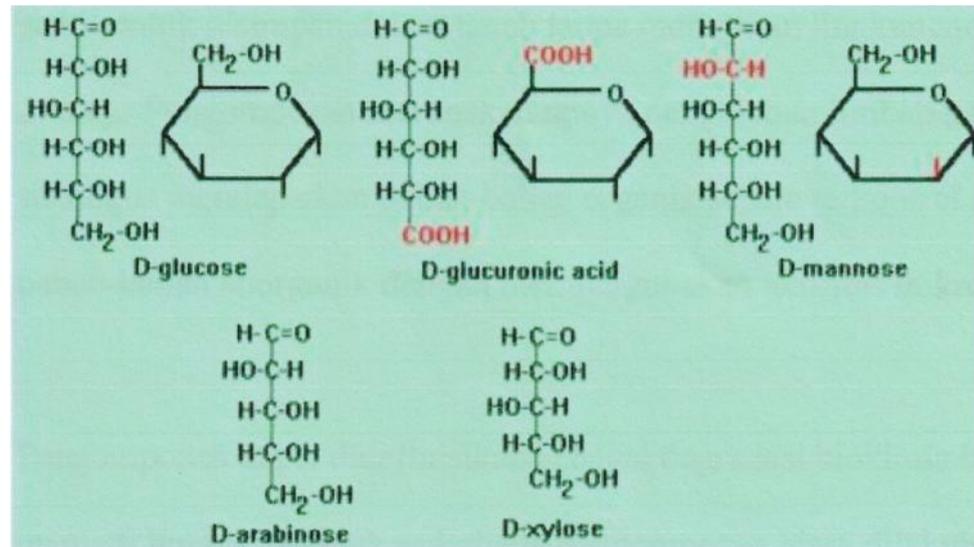
Gambar 3. Gambar skema selulosa

Kesempurnaan pemecahan selulosa pada saluran pencernaan lernak tergantung pada ketersediaan enzim pemecah selulosa yaitu selulase.

Saluran pencernaan manusia dan ternak non ruminansia tidak mempunyai enzim yang mampu memecah ikatan, -1,4 glukosida sehingga tidak dapat memanfaatkan selulosa. lemak ruminansia dengan bantuan enzim yang dihasilkan mikroba rumen dapat memanfaatkan selulosa sebagai sumber energi.

Selain lignin dan selulosa, komponen utama penyusun lignoselulosa adalah hemiselulosa yang umumnya dikelompokkan berdasarkan residu gula utama yang menyusun rangkanya, seperti xylan, mannan, galaktan, dengan xilan dan mannan adalah gugus utama dari hemiselulosa. Hemiselulosa lebih mudah larut dari pada selulosa dan dapat diisolasi dari kayu dengan ekstraksi.

Beberapa gula penyusun hemiselulosa dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Beberapa gula penyusun hemiselulosa

Struktur ikatan hemiselulosa dan lignin pada lignoselulosa terbentuk secara kovalen dan melapisi selulosa. Struktur ini harus dimodifikasi dengan menghilangkan lignin untuk menghasilkan hidrolisis selulosa dan hemiselulosa lebih efisien. Selain itu struktur kristalin selulosa yang tidak larut di dalam air juga merupakan hambatan dalam penghidrolisisan polimer ini. Oleh sebab itu perlakuan pendahuluan sangat diperlukan sebelum proses sakarifikasi bahan berlignoselulosa (Hamelinck *et al*, 2005)

## B. Proses Pembentukan Kompos

### B.1. Pengomposan

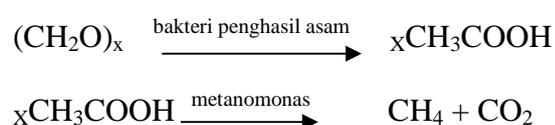
Pengomposan adalah proses dekomposisi biologi dan stabilisasi dari

bahan organik pada kondisi temperatur tertentu yang dihasilkan dari produksi panas biologi. Hasil akhir pengomposan merupakan bahan yang cukup stabil untuk disimpan dalam tanah tanpa merugikan lingkungan (Haug, 1980). Pengomposan merupakan upaya pengolahan limbah padat yang sekaligus mendapatkan bahan-bahan organik secara terkontrol menjadi bahan-bahan anorganik dengan mempergunakan aktifitas mikroorganisme.

Pengomposan dapat didefinisikan sebagai degradasi biokimia bahan organik menjadi humus. Bentuk sederhana pengomposan biasa dilakukan secara anaerobik, namun sering menimbulkan gas seperti indol, skatol, dan merkaptan pada suhu rendah. Karena itulah muncul gagasan baru tentang pengomposan aerobik (Gaur, 1983).

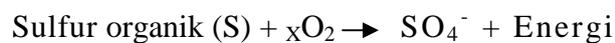
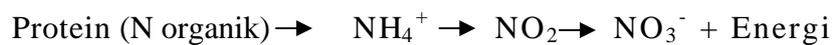
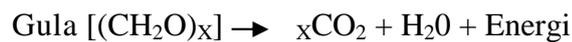
Pengomposan yang berlangsung secara anaerobik yaitu tanpa oksigen, pengomposan anaerobik timbul bau busuk, karena adanya  $H_2S$  dan sulfur organik. Energi yang dihasilkan pada pengomposan anaerobik adalah sebesar 26 kkal per mol glukosa (Haug, 1980).

Menurut Gaur (1983), pada pengomposan yang berlangsung secara anaerobik yaitu tanpa oksigen dan reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Sedangkan pada pengomposan aerobik, organisme hidup memanfaatkan oksigen untuk mendekomposisikan bahan organik dan mengasimilasi beberapa karbon, nitrogen, belerang, fosfor, dan unsur-unsur lainnya untuk fotosintesis plasma set. Hasil akhir pengomposan aerobik adalah karbon dioksida, air, unsur hara, humus, dan energi sebesar 484-674 kkal per mol glukosa.

Reaksi yang terjadi selama proses pengomposan aerobik adalah  
Sebagai berikut :



Keseluruhan reaksi :



Pengomposan aerobik merupakan pengomposan dengan bantuan oksigen bebas dan hasil akhir berupa  $\text{CO}_2$   $\text{H}_2\text{O}$ , panas, unsur hara dan sebagian humus (Gaur, 1983). Prinsip pengomposan adalah menurunkan nilai rasio C/N bahan organik menjadi sama dengan rasio C/N tanah. Nilai rasio CN tanah adalah 10-12 (Djuarnani, dkk, 2008). Laju dan efisiensi proses pengomposan merupakan fungsi dan jumlah dan aktivitas organisme yang terlibat dalam proses pengomposan

tersebut. Beberapa mikroba seperti *Trichoderma*, *Aspergillus* dan *Penicillium* mampu merombak selulosa menjadi bahan senyawa-senyawa monosakarida, alkohol, CO<sub>2</sub> dan asam-asam organik lainnya dengan menggunakan enzim selulase (Rao, 1994).

## **B.2. Kompos**

Kompos adalah campuran sisa-sisa sayuran dan bahan hewani yang telah mengalami pembusukan dan dapat digunakan sebagai pupuk organik. Kompos yang baik umumnya bernilai sama dengan pupuk pertanian, sejauh bahan organik dan nutrisi tanaman terpenuhi. Pupuk organik atau kompos adalah suatu produk yang terdiri dari sebagian sampah organik yang secara keseluruhan atau sebagian telah mengalami pemeraman pada suhu tinggi (Rinsema, 1983). Sedangkan menurut Dalzell *et al* (1987) kompos adalah hasil akhir proses dekomposisi bahan organik yang dilakukan sejumlah mikroorganisme dalam lingkungan yang lembap, hangat, dan memiliki aerasi.

Pupuk organik sangat penting karena dapat memperbaiki struktur tanah, menaikkan daya serap tanah terhadap air, menaikkan kondisi kehidupan dalam tanah, Serta mengandung zat makanan untuk kebutuhan tanaman. Menurut Chaniago (1987), penambahan bahan organik dalam tanah dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Sifat kimia tanah yang diperbaiki diantaranya adalah ketersediaan unsur hara

meningkat seperti N, P, K, dan S. Perbaikan kondisi tanah yang lebih penting adalah peningkatan kapasitas pertukaran ion dalam tanah. Standar Nasional Indonesia untuk kualitas dan kematangan kompos yang baik dapat dilihat pada Tabel 1 berdasarkan Standar Nasional Indonesia tentang baku mutu kompos no 19-7030 Tahun 2004.

Tabel 1. Standar Kualitas Kompos

No	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum.
1	Kadar Air	%	0°C	
2	Temperatur			Suhu air tanah
3	Wama			Kehitaman
4	pH		6,80	7,49
	<b>Unsur Makro</b>			
5	Nitrogen	%	0,40	
6	Karbon	%	9,80	32
7	Phosfor	%	0,10	
8	Kalium	%	0,20	
9	C/N Rasio		10	20
	<b>Unsur Mikro</b>			
10	Ca	%		25,50
11	Mg	%		0,60
12	Fe	%		2,00
13	Mn	%		0,10

Sumber : SNI tahun 2004

### C. Faktor Pengendali Laju Pengomposan

Proses pengomposan pada dasarnya merupakan proses biologi, sehingga faktor pengontrol lajunya juga merupakan faktor yang mempengaruhi

aktifitas biologi, yaitu faktor lingkungan. Faktor lingkungan yang paling utama dalam pengomposan yaitu kadar air, suhu, pH, konsentrasi nutrien, dan oksigen (Wilson,1977). Sedangkan menurut Gaur (1983), faktor-faktor yang paling menonjol dalam pengomposan adalah nisbah karbon dan nitrogen bahan baku, potongan bahan campuran atau perbandingan bahan, kelembaban, aerasi, suhu, reaksi keterlibatan mikroorganisme, penggunaan inokulum, penambahan kalsium, penambahan fosfat, dan perusakan oleh organisms patogenik.

#### 1. Nisbah C/N

Aktifitas mikroorganisme dipertinggi dengan adanya nutrien yang cocok. Bahan yang paling penting dalam penyediaan nutrisi adalah karbon (C) sebagai sumber energi dan nitrogen (N) sebagai zat pembentuk protoplasma. Energi dibutuhkan dalam jumlah yang lebih banyak dari pada zat pembentuk protoplasma. Pengubahan sisa bahan organik menjadi pupuk organik sebagian besar merupakan proses biologi, sehingga nisbah C/N sisa tanaman akan mempengaruhi pengomposan karena N dan C merupakan sumber makanan dan energi bagi pertumbuhan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik yang ada. Nisbah C/N yang optimum untuk pengomposan berkisar antara 25 sampai 40. Sedangkan menurut Judoamidjojo dkk (1989) perbandingan C dan N yang efektif yaitu 25-35. Nisbah C/N berbagai bahan baku kompos dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nisbah CN berbagai bahan baku kompos

Jenis Bahan	Nisbah CN
Kotoran sapi	18
Kotoran ayam	15
Limbah sayuran	11-12
Jerami	30-80
Sampan segar	25
Lumpur tinja	6-10
Pohon kentang	27
Gulma hijau	13

Sumber : Haug (1980)

Bahan kompos yang mengandung nisbah C/N yang terlalu besar akan memerlukan waktu pengomposan yang lebih lama dan kompos yang dihasilkan bermutu rendah. Pada bahan kompos yang mengandung nisbah C/N yang kecil akan banyak amonia yang dibebaskan oleh bakteri.

## 2. Suhu

Suhu optimum proses pengomposan adalah berkisar antara 35°C sampai 85°C, karena pada suhu tersebut semua organisme akan aktif. Akan tetapi setiap kelompok mikroorganisme mempunyai suhu optimum yang berbeda untuk aktifitasnya, sehingga suhu optimum

dapat merupakan integrasi suhu optimum dari berbagai jenis mikroorganisme. Pada awal pengomposan suhu akan berkisar antara 50°C – 60°C, kandungan CO<sub>2</sub> sangat rendah (lebih kecil dari 5 %) dan kandungan CO<sub>2</sub> yang tinggi (lebih besar dari 20 %). Menurut Gray dan Biddlestone (1974), suhu pengomposan dapat dibagi dalam empat taraf, yaitu mesofilik, termofilik, pendinginan, dan pematangan. Pada pengomposan secara aerob akan terjadi kenaikan temperatur yang cepat selama 3-5 hari pertama sampai 55°C-65°C(Gaur,1983).

### 3. Keasaman (pH)

Salah satu faktor penting untuk memulai proses pengomposan adalah nilai pH. Kapang dapat hidup pada selang pH yang cukup lebar, akan tetapi bakteri akan baik pertumbuhannya pada pH 6,0-7,5, sedangkan fungi dapat hidup dengan baik pada selang pH 5,5-8,0 (Alexander,1987).

Pemberian kotoran hewan, urea, ataupun pupuk nitrogen biasanya akan menurunkan pH, tetapi selama proses pengomposan juga terjadi perubahan pH. Pengomposan pada kondisi aerob biasanya memberikan suasana basa, sedangkan pada kondisi anaerob biasanya memberikan suasana asam. Supaya proses penguraian bahan-bahan kompos dapat berlangsung dengan cepat maka pH dalam campuran kompos tidak boleh terlalu rendah, oleh karena

itu perlu dibubuhi kapur atau abu dapur (Hadiwiyoto,1987). Menurut Chaniago (1987) selama proses pengomposan terjadi kenaikan pH dan penurunan nilai nisbah C/N. Pada proses pengomposan aerobik akan terbentuk asam butirat, asam asetat, dan asam propionat. Asam-asam ini pada akhirnya akan berubah menjadi amonia, sehingga akhirnya pH akan naik dan berada pada kondisi basa. Tingkatan pH paling rendah yaitu 5,0-6,0 dan pH paling tinggi 8,5-9,5.

#### 4. Mikroorganisme

Populasi mikroorganisme selama berlangsungnya proses dekomposisi aerobik terjadi fluktuasi. Bakteri dan cendawan mesofilik yang memproduksi asam muncul pada tahap awal pengomposan, kemudian pada tahap selanjutnya digantikan oleh bakteri *Actinomycetes* dan cendawan termofilik (Gaur,1983).

Menurut Gaur (1983), bakteri termofilik yang tumbuh dalam waktu terbatas untuk mengkonsumsi karbohidrat dan protein, sehingga bahan-bahan kompos dapat terdegradasi dengan cepat. *Actinomycetes* penting dalam dekomposisi karena kemampuannya mendelignifikasi lignoselulosa yang terdapat dalam jerami padi. Penambahan inokulum dapat memberikan hasil yang lebih baik pada pengomposan dari limbah tanaman. Limbah tanaman yang umum digunakan adalah limbah tanaman jerami padi yang mengandung mikroorganisme *actinomycetes*.

Kandungan mikroorganisme pada bahan pendukung dalam biokomposting juga mempengaruhi kualitas kompos. Dalam kotoran ayam yang biasanya digunakan sebagai bahan pendukung terkandung mikroorganisme bacillus, dan streptococcus sp serta mikroorganisme tanah yang juga dihasilkan dari penggunaan ekstrak tanah.

#### 5. Komposisi Bahan

Untuk mendapatkan rasio C/N sebesar 30, dilakukan dengan cara mencampurkan beberapa jenis bahan. Caranya dengan membuat perbandingan yang sangat bervariasi, misalnya 1 bagian bahan yang mempunyai kandungan unsur karbon yang tinggi dengan 2 bagian bahan yang mengandung karbon yang rendah (Yuwono, 2006). Pengomposan dari beberapa macam bahan akan lebih baik dan lebih cepat. Pengomposan bahan organik dari tanaman akan lebih cepat bila ditambah dengan kotoran hewan. Ada juga yang menambah bahan makanan dan zat pertumbuhan yang dibutuhkan mikroorganisme sehingga selain dari bahan organik, mikroorganisme juga mendapatkan bahan tersebut dari luar (Indiriani, 2007).

#### 6. Kelembaban dan Aerasi

Semua organisme memerlukan air untuk hidup. Pada kadar air di bawah 30% berdasarkan pada berat segar bahan, reaksi biokimia

dalam tumpukan bahan kompos sangat lambat. Pada kadar air yang terlalu tinggi ruang antar partikel bahan menjadi terpenyusut oleh air dan mencegah pergerakan udara dalam tumpukan bahan. Laju dekomposisi bahan organik bergantung pada kelembaban dan aerasi yang mendukung aktivitas mikroorganisme. Kelembaban bahan kompos dapat berkisar antara 40%-100%, tetapi kelembaban yang optimum untuk pengomposan aerobik berkisar antara 50 - 60% (Sangatana and Sangatanan, 1987; Mitchel, 1992).

Kisaran kelembaban kompos yang baik harus dipertahankan karena jika tumpukan terlalu lembab, proses pengomposan menjadi lebih lambat. Kelebihan kandungan air akan menutupi rongga udara dalam tumpukan bahan kompos sehingga kadar oksigen yang ada berkurang. Namun, jika tumpukan terlalu kering, proses pengomposan akan terganggu karena mikroorganisme perombak sangat membutuhkan air. Udara mutlak diperlukan oleh mikroba aerobik. Pada pengomposan aerobik dikondisikan agar setiap bagian kompos mendapatkan suplai udara yang cukup. Aerasi yang tidak seimbang akan menyebabkan timbunan berada dalam keadaan anaerob dan akan menyebabkan bau busuk dari gas yang banyak mengandung belerang (Djuarnani dkk.,2008).

#### **D. Kandungan Unsur Hara Makro dan Mikro Kompos**

Unsur hara N, P dan K adalah unsur makro primer yang sangat dibutuhkan oleh tanaman begitu pula Ca, Fe Mg dan Zn yang merupakan unsur mikro bagi tanaman. Oleh karena itu baik unsur hara makro maupun unsur hara mikro harus tersedia pada media tanam dan juga pada kompos tanaman.

Fosfor berperan dalam pembentukan bunga, buah dan biji serta mempercepat kematangan buah. Hasil analisa menunjukkan bahwa semua kompos sudah memenuhi kualitas SNI, yaitu di atas 0,1%. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa nisbah jerami : kotoran ternak, jenis activator, dan interaksi dari keduanya sangat berpengaruh terhadap kandungan P total kompos (Simamora dan Salundik, 2006).

Hasil analisa menyatakan bahwa kandungan K seluruh kompos yang dibuat termasuk tinggi jika dibandingkan dengan SNI yaitu lebih tinggi dari 0,2%. Kandungan unsur K semakin tinggi dengan adanya pelapukan bahan organik yang digunakan (Soepardi, 1983).

## E. Instrumentasi Spektrofotometer Serapan Atom ( AAS )

Spektrofotometer Serapan atom memiliki komponen-komponen sebagai berikut (Slavin, 1987) :

### a. Sumber Sinar

Sumber radiasi Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) adalah *Hallow Cathode Lamp* (HCL). Setiap pengukuran dengan SSA harus menggunakan *Hallow Cathode Lamp* khusus misalnya untuk menentukan konsentrasi tembaga dari suatu cuplikan, maka digunakan *Hallow Cathode* khusus untuk tembaga. *Hallow Cathode* akan memancarkan energi radiasi yang sesuai dengan energi yang diperlukan untuk transisi elektron atom.

*Hallow Cathode Lamp* terdiri dari katoda cekung yang silindris yang terbuat dari unsur yang sama dengan yang akan dianalisis dan anoda yang terbuat dari tungsten. Dengan pemberian tegangan pada arus tertentu, logam mulai memijar dan atom-atom logam katodanya akan teruapkan dengan pemercikan. Atom akan tereksitasi kemudian mengemisikan radiasi pada panjang gelombang tertentu.

Sumber radiasi lain yang sering dipakai adalah "*Electrodless Dischcarge Lamp*" lampu ini mempunyai prinsip kerja hampir sama dengan *Hallow Cathode Lamp* (lampu katoda cekung), tetapi mempunyai *output* radiasi lebih tinggi dan biasanya digunakan untuk analisis unsur-unsur As dan Se, karena lampu HCL untuk unsur-unsur ini mempunyai signal yang lemah dan tidak stabil.

#### b. Sumber atomisasi

Sumber atomisasi dibagi menjadi dua yaitu sistem nyala dan sistem tanpa nyala. Kebanyakan instrumen sumber atomisasinya adalah nyala dan sampel diintroduksi dalam bentuk larutan. Sampel masuk ke nyala dalam bentuk aerosol. Aerosol biasa dihasilkan oleh nebulizer (pengabut) yang dihubungkan ke nyala oleh ruang penyemprot (*Chamber spray*). Jenis nyala yang digunakan secara luas untuk pengukuran analitik adalah udara-asetilen dan nitrous oksida-asetilen. Dengan kedua jenis nyala ini, kondisi analisis yang sesuai untuk kebanyakan analit dapat ditentukan dengan menggunakan metode emisi, absorpsi dan juga fluoresensi.

#### c. Monokromator

Monokromator merupakan alat yang berfungsi untuk memisahkan radiasi yang tidak diperlukan dari spektrum radiasi lain yang dihasilkan oleh *Hallow Cathode Lamp*.

#### d. Detektor

Detektor merupakan alat yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik, yang memberikan suatu isyarat listrik berhubungan dengan daya radiasi yang diserap oleh permukaan yang peka.

e. Sistem pengolah

Sistem pengolah berfungsi untuk mengolah kuat arus dari detektor menjadi besaran daya serap atom transmisi yang selanjutnya diubah menjadi data dalam sistem pembacaan.

f. Sistem pembacaan

Sistem pembacaan merupakan bagian yang menampilkan suatu angka atau gambar yang dapat dibaca oleh mata.