

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batubara

Batubara adalah batuan sedimen organik, yang dapat terbakar sehingga dapat digunakan sebagai sumber energi. Batubara terbentuk dari hasil pengawetan sisa - sisa tanaman purba dan menjadi padat setelah tertimbun oleh lapisan di atasnya. Batubara merupakan bahan galian strategis dan salah satu sumber energi yang mempunyai peran besar dalam pembangunan nasional.

Secara umum batubara dapat dikenal dari kenampakan sifat fisiknya yaitu berwarna coklat sampai hitam, berlapis, padat, mudah terbakar, kedap cahaya, non kristalin, berkilap kusam sampai cemerlang, bersifat getas, pecahan kasar sampai konkoidal. Unsur kimia utama pembentuk batubara adalah karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N) dan sulfur (S).

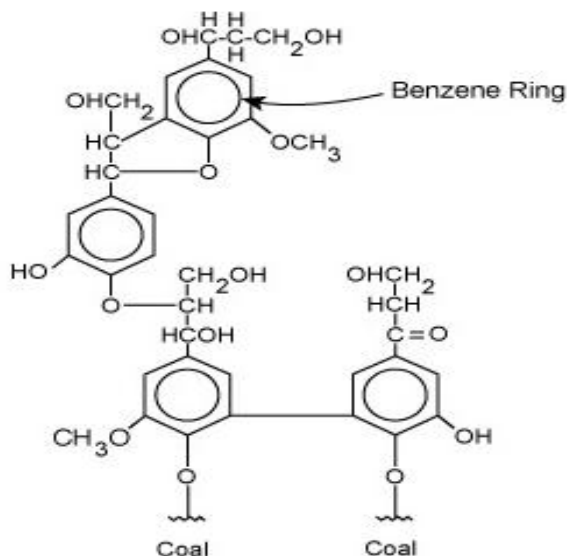


Gambar 2.1. Contoh batubara

Pada dasarnya terdapat dua jenis material yang membentuk batubara, yaitu:

- *Combustible Material*, yaitu bahan atau material yang dapat dibakar atau dioksidasi oleh oksigen. Material tersebut umumnya terdiri dari karbon padat (*Fixed Carbon*), senyawa hidrokarbon, total Sulfur, senyawa Hidrogen, dan beberapa senyawa lainnya dalam jumlah kecil.
- *Non Combustible Material*, yaitu bahan atau material yang tidak dapat dibakar/dioksidasi oleh oksigen. Material tersebut umumnya terdiri dari senyawa anorganik (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , Mn_3O_4 , CaO , MgO , Na_2O ,

K₂O dan senyawa logam lainnya dalam jumlah kecil yang akan membentuk abu dalam batubara. Kandungan *non combustible* material ini umumnya tidak diinginkan karena akan mengurangi nilai bakarnya.



Gambar 2.2 Rumus bangun batubara (USGS, 2012)

2.1.1 Karakteristik Batubara

Karakteristik batubara, dapat dinyatakan berdasarkan sifat fisika dan sifat kimia yang dimilikinya. Karakteristik batubara yang menunjukkan sifat fisiknya, antara lain diwakili oleh nilai kerapatan/densitas, kekerasan, ketergerusan (*grindability*), kalor jenis (*specific heat*), fluiditas, *caking property*, dan sebagainya. Di lain pihak, sifat kimia batubara ditunjukkan dengan hasil analisis proksimat, analisis ultimat, nilai kalori, komposisi abu, dan sebagainya. Pada analisis proksimat, biasanya dilakukan pengukuran untuk mendapatkan nilai-nilai:

1. Kandungan air (*moisture*) dalam batubara.
2. Zat terbang (*volatile matter*) yang dilepas dalam bentuk gas saat batubara mendapat perlakuan panas.
3. Kandungan karbon tetap (*fixed carbon*) dari suatu padatan dapat terbakar yang memiliki kandungan unsur utama berupa karbon (=batubara).
4. Abu (zat oksida mineral yang terkandung dalam batubara) yang tertinggal saat batubara dibakar.

Analisis Ultimat dilakukan untuk mengetahui komposisi unsur – unsur kimia yang menyusun batubara, yakni kadar karbon, hidrogen, sulfur, nitrogen,

dan oksigen. Pengujian terhadap sifat fisik batubara yang juga sering dilakukan, salah satunya adalah pengujian nilai kalor (*calorific value*). Dalam pengungkapan kualitas batubara, analisis atau pengujian terhadap kualitas batubara di dasarkan pada keadaan “*As Received* (ar), *Air Dried Base* (adb), *Dry Base* (db), *Dry Ash Free* (daf) atau *Dry Mineral Matter Free* (daaf)” (Ambyo, 1995).

Standar Nasional Indonesia menetapkan jenis batubara berdasarkan nilai kalorinya, yaitu :

- Batubara Kalori Rendah : < 5100 (gambut dan lignite)
- Batubara Kalori Sedang : 5100 - 6100 (batubara sub bituminous)
- Batubara Kalori Tinggi : 6100 - 7100 (batubara bituminus)
- Batubara Kalori Sangat Tinggi : > 7100 (batubara bituminus dan antrasit)

Secara umum batubara dapat dikategorikan berdasarkan nilai kalori, kandungan air, dan kandungan karbon seperti pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kategori Batubara dan Nilai Kalori (Considine, 1974)

	Kategori	H ₂ O (%)	C (%)	Kalori (kcal/kg)
1.	<i>Lignite</i>	43,4	37,8	4.113
2.	<i>Sub-bituminous</i>	23,4	42,4	5.403
3.	<i>Low Volatile Sub-bituminous</i>	11,6	47	7.159
4.	<i>Medium Volatile Sub-bituminous</i>	5	54,2	7.715
5.	<i>High Volatile Sub-bituminous</i>	3,2	64,6	8.427
6.	<i>Sub-anthracite</i>	6	83,8	8.271
7.	<i>Anthracite</i>	3,2	95,6	8.027

2.1.2 Materi pembentuk batubara

Hampir seluruh pembentuk batubara berasal dari tumbuhan. Jenis-jenis tumbuhan pembentuk batubara dan umurnya menurut Diessel (1981) adalah sebagai berikut:

1. **Alga**, dari Zaman Pre-kambrium hingga Ordovisium dan bersel tunggal. Sangat sedikit endapan batu bara dari periode ini.
2. **Silofita**, dari Zaman Silur hingga Devon Tengah, merupakan turunan dari alga. Sedikit endapan batu bara dari periode ini.
3. **Pteridofita**, umur Devon Atas hingga Karbon Atas. Materi utama pembentuk batu bara berumur Karbon di Eropa dan Amerika Utara. Tetumbuhan tanpa bunga dan biji, berkembang biak dengan spora dan tumbuh di iklim hangat.
4. **Gimnospermae**, kurun waktu mulai dari Zaman Permian hingga Kapur Tengah. Tumbuhan heteroseksual, biji terbungkus dalam buah, semisal pinus, mengandung kadar getah (resin) tinggi. Jenis Pteridospermae seperti gangamopteris dan glossopteris adalah penyusun utama batu bara Permian seperti di Australia, India dan Afrika.
5. **Angiospermae**, dari Zaman Kapur Atas hingga kini. Jenis tumbuhan modern, buah yang menutupi biji, jantan dan betina dalam satu bunga, kurang bergetah dibanding gimnospermae sehingga, secara umum, kurang dapat terawetkan.

2.1.3 Kelas dan jenis batubara

Berdasarkan tingkat proses pembentukannya yang dikontrol oleh tekanan, panas dan waktu, batubara umumnya dibagi dalam lima kelas: gambut, lignit, sub-bituminus, bituminus, dan antrasit.

1. **Gambut**, berpori dan memiliki kadar air di atas 75% serta nilai kalori yang paling rendah. Golongan ini sebenarnya belum termasuk jenis batubara, tapi merupakan bahan bakar. Hal ini disebabkan karena masih merupakan fase awal dari proses pembentukan batubara. Endapan ini masih memperlihatkan sifat awal dari bahan dasarnya (tumbuh-tumbuhan).



Gambar 2.3 Batubara Jenis Gambut

2. **Lignit** atau batubara coklat (*brown coal*) adalah batubara yang sangat lunak yang mengandung air 35-75% dari beratnya. Golongan ini sudah memperlihatkan proses selanjutnya berupa struktur kekar dan gejala pelapisan. Apabila dikeringkan, maka gas dan airnya akan keluar. Endapan ini bisa dimanfaatkan secara terbatas untuk kepentingan yang bersifat sederhana, karena panas yang dikeluarkan sangat rendah.



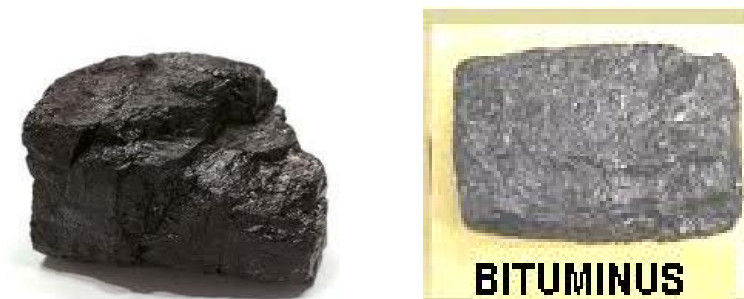
Gambar 2.4 Batubara Jenis Lignit

3. **Sub-bituminus** (Bitumen Menengah) mengandung sedikit karbon dan banyak air, dan oleh karenanya menjadi sumber panas yang kurang efisien dibandingkan dengan bituminous.



Gambar 2.5 Batubara Jenis Sub-bituminous

4. **Bituminus** mengandung 68 - 86% unsur karbon (C) dan berkadar air 8-10% dari beratnya. Kelas batu bara yang paling banyak ditambang di Indonesia, tersebar di pulau sumatera, kalimantan dan sulawesi. Golongan ini dicirikan dengan sifat-sifat yang padat, hitam, rapuh (*brittle*) dengan membentuk bongkah-bongkah prismatic. Berlapis dan tidak mengeluarkan gas dan air bila dikeringkan. Endapan ini dapat digunakan antara lain untuk kepentingan transportasi dan industri.



Gambar 2.6 Batubara Jenis Bituminous

5. **Antrasit** adalah kelas batubara tertinggi, dengan warna hitam berkilauan (*luster*) metalik, mengandung antara 86% - 98% unsur karbon (C) dengan kadar air kurang dari 8%. Golongan ini berwarna hitam, keras, kilap tinggi, dan pecahannya memperlihatkan pecahan *chocoidal*. Pada proses pembakaran memperlihatkan warna biru dengan derajat pemanasan yang tinggi. Digunakan untuk berbagai macam industri besar yang memerlukan temperatur tinggi.



Gambar 2.7 Batubara Jenis Antrasit

2.1.4 Pembentukan batubara

Bentuk awal dari hasil penimbunan dan pemadatan adalah berupa gambut yang telah mengalami tekanan dan pemanasan akan berturut – turut berubah menjadi lignit, sub – bituminus, bituminus atau antrasit tergantung dari besarnya tekanan dan pemanasan yang dialaminya.

Proses perubahan sisa-sisa tanaman menjadi gambut hingga batubara disebut dengan istilah pematubaraan (*coalification*). Secara ringkas ada 2 tahap proses yang terjadi, yakni:

1. **Tahap Diagenetik atau Biokimia**, dimulai pada saat material tanaman terdeposisi hingga lignit terbentuk. Agen utama yang berperan dalam proses perubahan ini adalah kadar air, tingkat oksidasi dan gangguan biologis yang dapat menyebabkan proses pembusukan (dekomposisi) dan kompaksi material organik serta membentuk gambut.
2. **Tahap Malihan atau Geokimia**, meliputi proses perubahan dari lignit menjadi bituminus dan akhirnya antrasit.

Proses pembentukan batubara diawali oleh adanya pertumbuhan tanaman pembentuk batubara di lingkungan rawa-rawa. Tumbuhan tersebut kemudian mati dan terbenam di rawa. Tumbuhan baru hidup dan mati. Pada akhirnya sisa-sisa tumbuhan yang mati membentuk suatu lapisan, yang kemudian menghilang di bawah permukaan air. Dan terawetkan melalui proses biokimia. Ketebalan lapisan tumbuhan tersebut tergantung dari lamanya tumbuhan hidup. Lapisan tumbuhan yang telah mati dapat ditemukan dalam ketebalan yang bervariasi mulai dari beberapa meter hingga lebih dari 60 meter.

Jika diakibatkan oleh adanya penurunan muka tanah (*subsidence*) yang disebabkan oleh proses tektonik, hutan berakhir dibawah muka air, kehidupan tumbuhan pun berakhir. Selanjutnya material klastik yang dibawa oleh sungai diendapkan diatas sisa-sisa tumbuhan yang telah mati tersebut. Material klastik tersebut dapat berupa lapisan batu pasir, batu lempung atau batu lanau yang kemudian menjadi tebal jika pengendapan terjadi dalam kurun waktu yang lama. Lapisan-lapisan tersebut dikenal sebagai lapisan pembawa batubara yang

ketebalannya bisa mencapai ratusan meter. Jika penurunan tanah (*subsidence*) berkurang atau adanya proses pengangkatan tanah, daratan dapat muncul kembali diatas muka air sehingga tumbuhan dapat hidup kembali. Daurpun berulang kembali. Dengan cara seperti ini akan terbentuk beberapa lapisan sisa-sisa tanaman dengan kehadiran batupasir, batulanau atau batulempung berselingan mengendap diatasnya.

Dalam proses biokimia, adanya aktifitas bakteri mengubah bahan sisa-sisa tumbuhan menjadi gambut (*peat*). Gambut yang telah terbentuk lambat laun tertimbun oleh endapan-endapan lainnya seperti batu lempung, batu lanau dan batu pasir. Dengan perjalanan waktu yang mungkin berpuluh juta tahun, gambut ini akan mengalami perubahan sifat fisik dan kimia akibat pengaruh tekanan (P) dan temperatur (T), sehingga berubah menjadi batubara. Proses perubahan dari gambut menjadi batubara dikenal dengan nama proses pembatubaraan (*coalification*). Sebagai gambaran untuk batubara dengan tebal +2 m, dibutuhkan lapisan sisa-sisa tumbuhan dengan ketebalan + 60 m. Pada tahap ini proses pembentukan batubara lebih didominasi oleh proses fisika dan geokimia. Pada proses pembatubaraan, gambut berubah menjadi batubara lignit, batubara bituminous sampai batubara antrasit.

2.2 Ekstraksi

Ekstraksi adalah pengambilan zat-zat aktif dari bagian suatu bahan. Adapun tujuan dari ekstraksi yaitu untuk menarik komponen kimia yang terdapat dalam simplisia. Secara umum, terdapat empat situasi dalam menentukan tujuan ekstraksi. Bahan ekstraksi yang telah tercampur dengan pelarut yang telah menembus kapiler-kapiler dalam suatu bahan padat dan melarutkan ekstrak larutan dengan konsentrasi lebih tinggi di bagian dalam bahan ekstraksi dan terjadi difusi yang memacu keseimbangan konsentrasi larutan dengan larutan di luar bahan (Sudjadi, 1988). Ekstraksi dengan pelarut dapat dilakukan dengan cara dingin dan cara panas. Jenis-jenis ekstraksi tersebut sebagai berikut:

1. Ekstraksi secara dingin

a. Maserasi

Merupakan cara penyarian sederhana yang dilakukan dengan cara merendam serbuk sampel dalam cairan penyari selama beberapa hari pada temperatur kamar dan terlindung dari cahaya. Metode maserasi digunakan untuk menyari sampel yang mengandung komponen kimia yang mudah larut dalam cairan penyari, tidak mengandung benzoin, tiraks dan lilin (Sudjadi, 1988). Keuntungan dari metode ini adalah peralatannya sederhana. Sedang kerugiannya antara lain waktu yang diperlukan untuk mengekstraksi sampel cukup lama, cairan penyari yang digunakan lebih banyak, tidak dapat digunakan untuk bahan-bahan yang mempunyai tekstur keras seperti benzoin, tiraks dan lilin. Metode maserasi dapat dilakukan dengan modifikasi sebagai berikut :

- a. Modifikasi maserasi melingkar
- b. Modifikasi maserasi digesti
- c. Modifikasi Maserasi Melingkar Bertingkat
- d. Modifikasi remaserasi
- e. Modifikasi dengan mesin pengaduk (Sudjadi, 1988).

b. Soxhletasi

Soxhletasi merupakan penyarian sample secara berkesinambungan, cairan penyari dipanaskan sehingga menguap, uap cairan penyari terkondensasi menjadi molekul-molekul air oleh pendingin balik dan turun menyari simplisia dalam klongsong dan selanjutnya masuk kembali ke dalam labu alas bulat setelah melewati pipa sifon (Sudjadi, 1988). Keuntungan metode ini adalah :

1. Dapat digunakan untuk sampel dengan tekstur yang lunak dan tidak tahan terhadap pemanasan secara langsung.
2. Digunakan pelarut yang lebih sedikit
3. Pemanasannya dapat diatur (Sudjadi, 1988).

Metode ini terbatas pada ekstraksi dengan pelarut murni atau campuran azeotropik dan tidak dapat digunakan untuk ekstraksi dengan campuran pelarut, misalnya heksan : diklormetan = 1 : 1, atau pelarut yang diasamkan atau

dibasakan, karena uapnya akan mempunyai komposisi yang berbeda dalam pelarut cair di dalam wadah (Sudjadi, 1988).

c. Perkolasi

Adalah cara penyarian dengan mengalirkan penyari melalui serbuk sampel yang telah dibasahi. Keuntungan metode ini adalah tidak memerlukan langkah tambahan yaitu sampel padat (marc) telah terpisah dari ekstrak. Kerugiannya adalah kontak antara sampel padat tidak merata atau terbatas dibandingkan dengan metode refluks, dan pelarut menjadi dingin selama proses perkolasi sehingga tidak melarutkan komponen secara efisien (Sutriani, L. 2008).

2. Ekstraksi secara panas

a. Metode refluks

Keuntungan dari metode ini adalah digunakan untuk mengekstraksi sampel-sampel yang mempunyai tekstur kasar dan tahan pemanasan langsung. Kerugiannya adalah membutuhkan volume total pelarut yang besar dan sejumlah manipulasi dari operator (Sutriani, L. 2008).

b. Metode destilasi uap

Destilasi uap adalah metode yang populer untuk ekstraksi minyak-minyak menguap (esensial) dari sampel tanaman. Metode destilasi uap air diperuntukkan untuk menyari simplisia yang mengandung minyak menguap atau mengandung komponen kimia yang mempunyai titik didih tinggi pada tekanan udara normal (Sutriani, L. 2008).

3. Metode Ekstraksi Lainnya

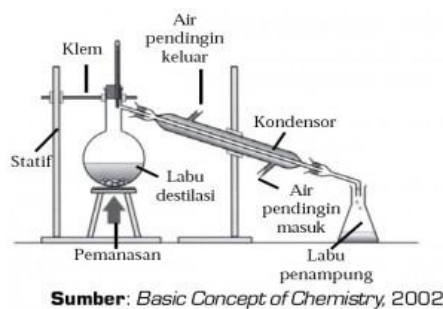
a. Digesti

Digesti adalah maserasi kinetik (maserasi dengan pengadukan kontinyu dan konstan) yang dilakukan pada suhu temperatur yang lebih tinggi, umumnya 40-50° Celcius.

b. Infus dan Dekok

Infus adalah ekstraksi dengan merebus sample (khususnya simplisia) menggunakan air yang mendidih pada suhu 96-98 C, dalam waktu tertentu sekitar 15-20 menit, sedangkan dekok adalah proses infus yang terjadi selama skitar 30 menit lebih, untuk dekok sekarang sudah sangat jarang digunakan.

c. Destilasi Uap



Gambar 2.8 Destilasi Uap

Destilasi uap adalah ekstraksi dengan cara mengalirkan uap air pada simplisia (umumnya cara ini dilakukan pada kandungan kimia simplisia yang mudah menguap seperti minyak atsiri), sehingga uap air menarik kandungan zat didalam simplisia, yang kemudian terkondensasi bersama-sama menghasilkan ekstrak cair (campuran).

Metode destilasi uap air diperuntukkan untuk menyari simplisia yang mengandung minyak menguap atau mengandung komponen kimia yang mempunyai titik didih tinggi pada tekanan udara normal (Sutriani, L . 2008).

Pelarut yang baik untuk ekstraksi adalah pelarut yang mempunyai daya melarutkan yang tinggi terhadap zat yang diekstraksi. Daya melarutkan yang tinggi ini berhubungan dengan kepolaran pelarut dan kepolaran senyawa yang diekstraksi. Terdapat kecenderungan kuat bagi senyawa polar larut dalam pelarut polar dan sebaliknya (Sutriani, L . 2008).

d. Ekstraksi ultrasonik

Ekstraksi dengan bantuan getaran ultrasonik (>20.000 Hz) memberikan efek meningkatkan permeabilitas dinding sel, sehingga banyak zat yang bisa ditarik oleh pelarut.

Pemilihan pelarut pada umumnya dipengaruhi oleh:

1. Selektivitas, pelarut hanya boleh melarutkan ekstrak yang diinginkan.
2. Kelarutan, pelarut sedapat mungkin memiliki kemampuan melarutkan ekstrak yang besar.
3. Kemampuan tidak saling bercampur, pada ekstraksi cair, pelarut tidak boleh larut dalam bahan ekstraksi.

4. Kerapatan, sedapat mungkin terdapat perbedaan kerapatan yang besar antara pelarut dengan bahan ekstraksi.
5. Reaktivitas, pelarut tidak boleh menyebabkan perubahan secara kimia pada komponen bahan ekstraksi.
6. Titik didih, titik didih kedua bahan tidak boleh terlalu dekat karena ekstrak dan pelarut dipisahkan dengan cara penguapan, distilasi dan rektifikasi.
7. Kriteria lain, sedapat mungkin murah, tersedia dalam jumlah besar, tidak beracun, tidak mudah terbakar, tidak eksplosif bila bercampur udara, tidak korosif, buaka emulsifier, viskositas rendah dan stabil secara kimia dan fisik (Sutriani,L . 2008).

Berikut merupakan faktor-faktor penting yang mempengaruhi proses ekstraksi:

1. Ukuran partikel

Ukuran partikel mempengaruhi laju ekstraksi dalam beberapa hal. Semakin kecil ukurannya, semakin besar luas permukaan antara padat dan cair; sehingga laju perpindahannya menjadi semakin besar. Dengan kata lain, jarak untuk berdifusi yang dialami oleh zat terlarut dalam padatan adalah kecil.

2. Zat pelarut

Larutan yang akan dipakai sebagai zat pelarut seharusnya merupakan pelarut pilihan yang terbaik dan viskositasnya harus cukup rendah agar dapat bersikulasi dengan mudah. Biasanya, zat pelarut murni akan dipakai pada awalnya, tetapi setelah proses ekstraksi berakhir, konsentrasi zat terlarut akan naik dan laju ekstraksinya turun, pertama karena gradien konsentrasi akan berkurang dan kedua zat terlarutnya menjadi lebih kental.

3. Temperatur

Dalam banyak hal, kelarutan zat terlarut (pada partikel yang diekstraksi) di dalam pelarut akan naik bersamaan dengan kenaikan temperatur untuk memberikan laju ekstraksi yang lebih tinggi.

4. Pengadukan fluida

Pengadukan pada zat pelarut adalah penting karena akan menaikkan proses difusi, sehingga menaikkan perpindahan material dari permukaan partikel ke zat pelarut.

2.3 Kelarutan

Banyaknya zat terlarut maksimal yang dapat larut dalam jumlah tertentu pelarut pada temperatur konstan disebut kelarutan. Kelarutan suatu zat tergantung pada suhu, volume pelarut, dan ukuran zat terlarut. Suatu larutan dengan jumlah maksimum zat terlarut pada temperatur tertentu disebut larutan jenuh. Sebelum mencapai titik jenuh, disebut larutan tidak jenuh. Sedangkan suatu keadaan dengan zat terlarut lebih banyak dari pada pelarut, disebut larutan lewat jenuh (Azizah dan Sukarmin, 2004).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kelarutan antara lain :

1. Pengaruh jenis zat pada kelarutan

Zat-zat dengan struktur kimia yang mirip umumnya dapat saling bercampur dengan baik, sedangkan zat-zat yang struktur kimianya berbeda umumnya kurang dapat saling bercampur (*like dissolves like*). Senyawa yang bersifat polar akan mudah larut dalam pelarut polar, sedangkan senyawa nonpolar akan mudah larut dalam pelarut nonpolar. Contohnya alkohol dan air bercampur sempurna (*completely miscible*), air dan eter bercampur sebagian (*partially miscible*), sedangkan minyak dan air tidak bercampur (*completely immiscible*).

2. Pengaruh temperatur pada kelarutan

Kelarutan gas umumnya berkurang pada temperatur yang lebih tinggi. Misalnya jika air dipanaskan, maka timbul gelembung-gelembung gas yang keluar dari dalam air, sehingga gas yang terlarut dalam air tersebut menjadi berkurang. Kebanyakan zat padat kelarutannya lebih besar pada temperatur yang lebih tinggi. Ada beberapa zat padat yang kelarutannya berkurang pada temperatur yang lebih tinggi, misalnya natrium sulfat dan serium sulfat. Pada larutan jenuh terdapat kesetimbangan antara proses pelarutan dan proses pengkristalan kembali. Jika salah satu proses bersifat endoterm, maka proses sebaliknya bersifat eksoterm. Jika temperatur dinaikkan, maka sesuai dengan azas *Le Chatelier* (*Henri Louis Le Chatelier: 1850-1936*) kesetimbangan itu bergeser ke arah proses endoterm. Jadi jika proses pelarutan bersifat endoterm, maka kelarutannya bertambah pada temperatur yang lebih tinggi. Sebaliknya jika proses pelarutan bersifat eksoterm, maka kelarutannya berkurang pada suhu yang lebih tinggi.

3. Pengaruh tekanan pada kelarutan

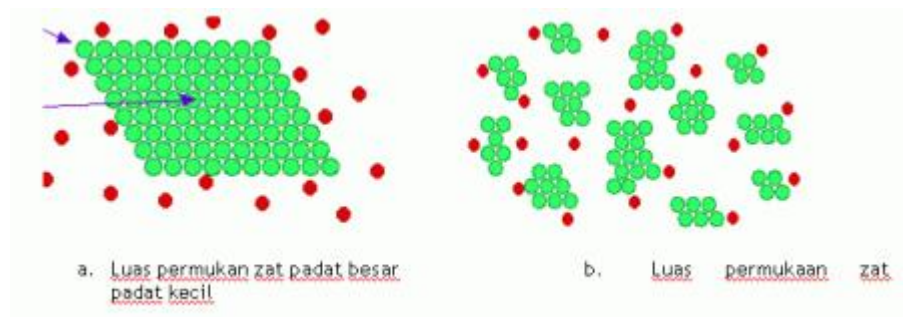
Perubahan tekanan pengaruhnya kecil terhadap kelarutan zat cair atau padat. Perubahan tekanan sebesar 500 atm hanya merubah kelarutan NaCl sekitar 2,3 % dan NH_4Cl sekitar 5,1 %. Kelarutan gas sebanding dengan tekanan *partial* gas itu. Menurut hukum *Henry* (*William Henry: 1774-1836*) massa gas yang melarut dalam sejumlah tertentu cairan (pelarutnya) berbanding lurus dengan tekanan yang dilakukan oleh gas itu (tekanan *partial*), yang berada dalam kesetimbangan dengan larutan itu. Contohnya kelarutan oksigen dalam air bertambah menjadi 5 kali jika tekanan *partial*-nya dinaikkan 5 kali. Hukum ini tidak berlaku untuk gas yang bereaksi dengan pelarut, misalnya HCl atau NH_3 dalam air (Romdhoni, 2009).

4. Pengaruh pengadukan pada kelarutan

Pengadukan juga menentukan kelarutan zat terlarut. Semakin banyak jumlah pengadukan, maka zat terlarut umumnya menjadi lebih mudah larut.

5. Pengaruh luas permukaan sentuh zat pada kelarutan

Kecepatan kelarutan dapat dipengaruhi juga oleh luas permukaan (besar kecilnya partikel zat terlarut). Luas permukaan sentuhan zat terlarut dapat diperbesar melalui proses pengadukan atau penggerusan secara mekanis. Gula halus lebih mudah larut dari pada gula pasir. Hal ini karena luas bidang sentuh gula halus lebih luas dari gula pasir, sehingga gula halus lebih mudah berinteraksi dengan air (Azizah dan Sukarmin, 2004).





Gambar 2.9 Pengaruh Luas Permukaan suatu Zat

2.4 Pengayakan (*Screening*)

Pengayakan atau penyaringan adalah proses pemisahan secara mekanik berdasarkan perbedaan ukuran partikel. Pengayakan (*screening*) dipakai dalam skala industri, sedangkan penyaringan (*sieving*) dipakai untuk skala laboratorium. Produk dari proses pengayakan/penyaringan ada 2 (dua), yaitu :

1. Ukuran lebih besar daripada ukuran lubang-lubang ayakan (*oversize*),
2. Ukuran yang lebih kecil daripada ukuran lubang-lubang ayakan (*undersize*)

Dalam proses industri, biasanya digunakan material yang berukuran tertentu dan seragam. Untuk memperoleh ukuran yang seragam, maka perlu dilakukan pengayakan. Pada proses pengayakan zat padat itu dijatuhkan atau dilemparkan ke permukaan pengayak. Partikel yang di bawah ukuran atau yang kecil (*undersize*), atau halus (*fines*), lulus melewati bukaan ayak, sedang yang di atas ukuran atau yang besar (*oversize*), atau buntut (*tails*) tidak lulus. Pengayakan lebih lazim dalam keadaan kering (McCabe, 1999, halaman 386).

Tujuan dari proses pengayakan ini adalah: [Taggart, 1927]

1. Mempersiapkan produk umpan (*feed*) yang ukurannya sesuai untuk beberapa proses berikutnya.
2. Mencegah masuknya mineral yang tidak sempurna dalam peremukan (*Primary crushing*) atau *oversize* ke dalam proses pengolahan berikutnya, sehingga dapat dilakukan kembali proses peremukan tahap berikutnya (*secondary crushing*).
3. Untuk meningkatkan spesifikasi suatu material sebagai produk akhir.
4. Mencegah masuknya *undersize* ke permukaan.

Pengayakan biasanya dilakukan dalam keadaan kering untuk material

kasar, dapat optimal sampai dengan ukuran 10 in (10 mesh). Sedangkan pengayakan dalam keadaan basah biasanya untuk material yang halus mulai dari ukuran 20 in sampai dengan ukuran 35 in.

Permukaan ayakan yang digunakan pada screen bervariasi, yaitu: [Brown,1950]

1. Plat yang berlubang (*punched plate*), bahan dapat berupa baja ataupun karet keras.
2. Anyaman kawat (*woven wire*), bahan dapat berupa baja, nikel, perunggu, tembaga, atau logam lainnya.
3. Susunan batangan logam, biasanya digunakan batang baja (*parallel rods*). Sistem bukaan dari permukaan ayakan juga bervariasi, seperti bentuk lingkaran, persegi ataupun persegi panjang. Penggunaan bentuk bukaan ini tergantung dari ukuran, karakteristik material, dan kecepatan gerakan *screen*.

2.4.1 Standar ukuran ayakan (*screen*)

Metode yang paling mudah digunakan dalam pembagian ukuran partikel adalah metoda ayakan. Ayakan yang digunakan adalah ayakan Tyler dan diadopsikan oleh U.S.Bureau of Standards. Ukuran ayakan dikenal dengan istilah mesh yaitu jumlah lubang ayakan dalam satu inchi persegi. Karakteristik dari ayakan Tyler yang ada di Laboratorium Energi Politeknik Negeri Sriwijaya dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Standar Ayakan Tyler di Laboratorium Teknik Energi POLSRI

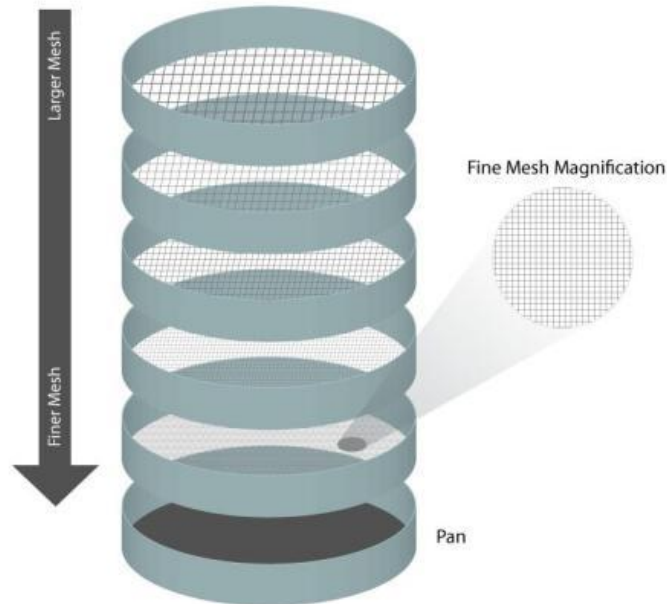
Mesh, No. Saringan Inchi	Diameter Kawat (Inchi)	Diameter Kawat (mm)
20	0,148	0.850
60	0,070	0,250
170	0,032	0,090
200	0,035	0,075

Teknik pengayakan telah distandarkan. Metode dan waktu pengayakan perlu diperhatikan. Mesin pengayak yang digunakan bernama *Ro-Tap*, mesin ini

merupakan mesin penggetar yang memiliki gerakan stabil dan waktu pengayakan dapat diatur. Standar prosedurnya adalah menggunakan sampel sebanyak 250 g yang telah dikeringkan dan diayak dengan *Ro-Tap* selama 5 menit. Pengayak terbuat dari kawat dengan ukuran lubang tertentu dapat dilihat pada gambar 2.9



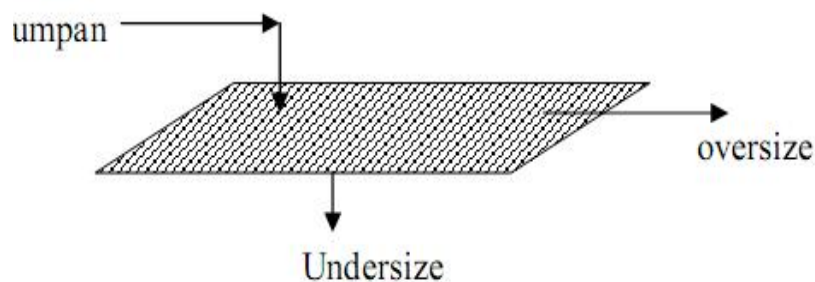
Gambar 2.10. Ayakan(*sieve shaker*) jenis *vibrating screen*



Gambar 2.11 Susunan ayakan untuk memisahkan partikel sesuai dengan ukuran partikel masing-masing

Ukuran yang digunakan bisa dinyatakan dengan mesh maupun mm (metrik). Yang dimaksud mesh adalah jumlah lubang yang terdapat dalam satu inchi persegi (*square inch*), sementara jika dinyatakan dalam mm maka angka yang ditunjukkan merupakan besar material yang diayak.

Perbandingan antara luas lubang bukaan dengan luas permukaan screen disebut prosentase opening. Pelolosan material dalam ayakan dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu :



- Ukuran material yang sesuai dengan lubang ayakan
- Ukuran rata-rata material yang menembus lubang ayakan
- Sudut yang dibentuk oleh gaya pukulan partikel
- Komposisi air dalam material yang akan diayak
- Letak perlapisan material pada permukaan sebelum diayak

Dalam pengayakan melewati bahan melalui ayakan seri (*sieve shaker*) yang mempunyai ukuran lubang ayakan semakin kecil. Setiap pemisahan padatan berdasarkan ukuran diperlukan pengayakan. Operasi screening dilakukan dengan jalan melewati material pada suatu permukaan yang banyak lubang atau openings dengan ukuran yang sesuai.

Ditinjau sebuah ayakan :

Fraksi oversize = fraksi padatan yang tertahan ayakan.

Fraksi undersize = fraksi padatan yang lolos atau melewati celah ayakan.

Tabel 2.3 menggambarkan nomor standar ayakan dan masing-masing lubang ayakan dinyatakan dalam milimeter dan mikrometer.

Tabel 2.3. Lubang dari Ayakan Standar (sumber: USP XXI-NF XVI)

Nomor Ayakan	Lubang Ayakan
2	9,5 mm
3,5	5,6 mm
4	4,75 mm
8	2,36 mm
10	2,00 mm
20	850 μ m
30	600 μ m
40	425 μ m
50	300 μ m
60	250 μ m
70	212 μ m
80	180 μ m
100	150 μ m
120	125 μ m
200	75 μ m
230	63 μ m
270	53 μ m
325	45 μ m
400	38 μ m

2.5 Bahan Humat (Humus)

Bahan organik tanah dibagi menjadi dua kelompok, yakni bahan yang terhumifikasi (humat) dan bahan yang tidak terhumifikasi (non humat). Humat sering dikenal sebagai humus, yang merupakan hasil akhir proses dekomposisi bahan organik, bersifat stabil dan tahan terhadap biodegradasi. Humus terdiri dari 2 senyawa utama yaitu substansi non humus (misal: lipid, asam amonia, karbohidrat) dan substansi humus (merupakan senyawa amorf dengan berat molekul tinggi, warna coklat sampai hitam).

Zat aktif dalam humus yang berperan terhadap kesuburan tanah adalah senyawa Asam Humat (*Humic Acid*) dan Asam Fulvat (*Fulvic Acid*). Senyawa-senyawa tersebut adalah zat organik yang stabil dan merupakan hasil akhir dari proses dekomposisi bahan organik. Asam Humat dan Asam Fulvat berbeda dengan zat organik yang terkandung dalam bahan organik lain seperti kompos dan pupuk kandang yang umumnya berupa zat organik yang mudah terurai oleh

mikroba tanah dan akhirnya akan habis. Subtansi humus mempunyai kontribusi dalam pertukaran anion dan kation, kompleks atau khelat beberapa ion logam, berperan sebagai pH buffer. Berdasarkan kelarutannya dalam alkali dan asam, humus dibagi dalam tiga fraksi utama yaitu (Kusnaedi, 2010):

2.5.1. Humic Acid (asam humat)

Asam Humat adalah zat organik yang memiliki struktur molekul kompleks dengan berat molekul tinggi (makromolekul atau polimer organik) yang mengandung gugus aktif. Di alam, asam humat terbentuk melalui proses fisika, kimia, dan biologi dari bahan-bahan yang berasal dari tumbuhan maupun hewan melalui proses humifikasi. Oleh karena strukturnya terdiri dari campuran senyawa organik alifatik dan aromatik (diantaranya ditunjukkan dengan adanya gugus aktif asam karboksilat dan quinoid), maka Asam Humat memiliki kemampuan untuk menstimulasi dan mengaktifkan proses biologi dan fisiologi pada organisme hidup didalam tanah warna gelap, amorf, dapat diekstaksi (larut) dengan basa kuat, garam netral, tidak larut dalam asam; mengandung gugus fungsional asam seperti fenoliuk dan karboksilik.

Kandungan asam humat tanah yaitu C, H, N, O, S dan P serta unsur lain seperti Na, K, Mg, Mn, Fe dan Al. Asam humat mengandung 0,6 – 1,1 % S; 0,2 - 3,7 % P; 5,6 % Al dan Fe oksida; 0,05 - 0,15 % Na; 0,6 % kalium sulfat, magnesium dan sebagian kecil mangan.

Ciri-ciri dari asam humus ini antara lain:

1. Asam ini mempunyai berat molekul 10.000 hingga 100.000 g/mol
2. Merupakan makromolekul aromatik komplek dengan asam amino, gula amino, peptide, serta komponen alifatik yang posisinya berada antara kelompok aromatik.
3. Merupakan bagian dari humus yang bersifat tidak larut dalam air pada kondisi $\text{pH} < 2$ tetapi larut pada pH yang lebih tinggi.
4. Bisa diekstraksi dari tanah dengan bermacam reagen dan tidak larut dalam larutan asam.

5. Asam humat adalah bagian yang paling mudah diekstrak di antara komponen humus lainnya.
6. Mempunyai warna yang bervariasi mulai dari coklat pekat sampai abu-abu pekat.
7. Asam humus merupakan senyawa organik yang sangat kompleks, yang secara umum memiliki ikatan aromatic yang panjang dan *nonbiodegradable* yang merupakan hasil oksidasi dari senyawa ligni (gugus fenolik).

Asam humat mempunyai peranan yang penting dalam menyokong kehidupan mikroorganisme didalam tanah. Asam organik ini dapat meningkatkan permeabilitas membran dan membantu memperlancar nutrisi untuk menembus dinding sel, meningkatkan produksi klorofil dan fotosintesis, menstimulasi hormon dan meningkatkan aktivitas enzim (Bio Flora International Inc 1997).

Kemampuan asam humat dalam meningkatkan serapan hara juga ditunjukkan dalam penelitian Cooper (1998) menunjukkan adanya peningkatan penyerapan P pada tanaman *Agrostis stolonifera* L. Sementara Olk dan Cassman (1995) menunjukkan bahwa pemberian asam humat dapat menurunkan fiksasi kalium di tanah vermikulit, sehingga meningkatkan ketersediaannya di dalam tanah.

Hasil penelitian Ayuso (1996) membuktikan bahwa penambahan asam humat meningkatkan kemampuan penyerapan unsur hara makro (N, P, K) tetapi banyaknya hara yang terserap berbeda untuk setiap unsurnya.

Salah satu faktor yang mempengaruhi kelarutan asam humat adalah pH, yang lebih lanjut akan mempengaruhi disosiasi gugus yang bersifat asam pada asam humat. Sehingga pada proses penyerapan logam berat ini dipengaruhi oleh pH larutan yang merupakan salah satu faktor fisika kimia lingkungan .

Bersama dengan liat tanah, asam humat bertanggung jawab atas sejumlah aktivitas kimia dalam tanah. Asam humat dan liat terlibat dalam reaksi kompleks

dan dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara langsung maupun tidak langsung. Secara tidak langsung, asam humat memperbaiki kesuburan tanah dengan mengubah kondisi fisik, kimia, dan biologi dalam tanah. Secara langsung asam humat merangsang pertumbuhan tanaman melalui pengaruhnya terhadap metabolisme dan terhadap sejumlah proses fisiologi lainnya.

2.5.2 *Fulvic Acid* (Asam Fulvat)

Asam Fulvat memiliki rantai polimer lebih pendek, mengandung unsur oksigen lebih banyak, dan dapat larut dalam semua rentang pH sehingga bersifat lebih reaktif. Asam fulvat dapat diekstraksi dengan basa kuat, gugus fungsional asam, larut juga dalam asam, mengandung gugus fungsional basa; aktif dalam reaksi kimia; BM 275-2110.

Asam fulvat berasal dari kata *fulvus* yang berarti kuning, warna dari asam fulvat adalah kuning terang hingga mendekati cokelat. Asam fulvat merupakan senyawa asam organik alami yang berasal dari humus, larut dalam air, sering ditemukan dalam air permukaan dengan berat molekular yang rendah yaitu antara rentang 1000 hingga 10.000.

Asam ini larut dalam air pada berbagai kondisi pH dan sangat rentan terhadap serangan mikroba. Asam-asam fulvat mengandung atom oksigen dua kali lebih banyak dari pada asam humat, karena banyaknya gugus karboksil (-COOH) dan hidroksil (COH) sehingga secara kimia asam fulvat lebih reaktif dibandingkan senyawa-senyawa humus lainnya.

Asam fulvat mengandung struktur aromatik dan alifatik dan sebagian besar telah disubstitusi oleh oksigen yang mengandung gugus fungsional. asam fulvat memiliki 1000-5000 g/mol, berwarna terang, larut dalam seluruh daerah pH, dan sangat rentan terhadap serangan mikroba. Asam fulvat mengandung 45% C;5,4%H;2,1%N;1,9%S;44,8%O.

Asam fulvat merupakan salah satu hasil ekstraksi dari humus yang sangat potensial dikembangkan sebagai pupuk suplemen untuk memacu pertumbuhan tanaman. Asam fulvat dari bahan organik yang ditambahkan pada tanah mampu

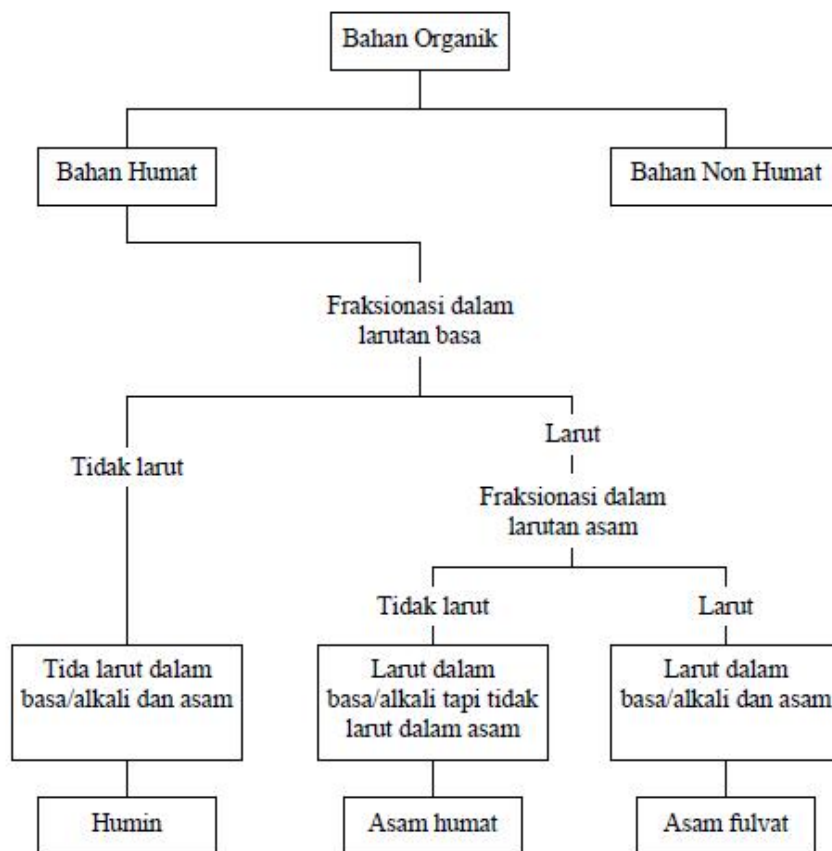
memperbaiki ketersediaan fosfat dengan menurunkan jerapan fosfat. Asam fulvat ternyata berperan sangat nyata baik pada pelepasan P-terjerap maupun ketersediaan P yang lebih besar dibanding asam humat.

Beberapa sifat penting lain dari Asam Humat dan Asam Fulvat yang berhubungan dengan perannya dalam memperbaiki kondisi tanah dan pertumbuhan tanaman adalah Kapasitas Tukar Kation (Cation Exchange Capacity) yang tinggi, memiliki kemampuan mengikat air (Water Holding Capacity) yang besar, memiliki sifat adsorpsi, sebagai zat pengompleks (Chelating/Complexing Agent), dan kemampuan untuk mengikat (fiksasi) polutan dalam tanah.

2.5.3 Humin

Humin tidak terlarut dalam asam dan basa; BM terbesar; tidak aktif; warna paling gelap. Kompleks humin dianggap sebagai molekul paling besar dari senyawa humus karena rentang berat molekulnya mencapai 100.000 hingga 10.000.000, sedangkan sifat kimia dan fisika humin belum banyak diketahui (Fitria, 2008). Karakteristik humin adalah berwarna coklat gelap, tidak larut dalam asam dan basa, dan sangat resisten akan serangan mikroba, tidak dapat diekstrak oleh asam maupun basa.

Perbedaan antara asam humat, asam fulvat dan humin bisa dijelaskan melalui variasi berat molekul, keberadaan grup fungsional seperti karboksil dan fenolik dengan tingkat polimerisasi. Bahan organik tanah dan tanaman berada dalam bentuk koloid. Berdasarkan kemudahan berikatan dengan air, maka bahan organik dapat dibedakan atas hidrofobik (tidak suka air) dan hidrofilik (suka air). Koloid hidrofobik dapat diflokulasi, sedangkan koloid hidrofilik biasanya tidak. Koloid tanaman kebanyakan bersifat hidrofilik sehingga sulit untuk dikoagulasi secara konvensional (Fitria, 2008).



Gambar 2.12. Fraksionasi Bahan Organik

2.6 Struktur Senyawa Humat

Model struktur senyawa humat seperti monomer asam humat telah diusulkan dengan pendekatan integrasi berbagai macam metode analisis. Model senyawa humat sangat penting mengingat sebagian besar bahan organik tanah (70-80%) merupakan senyawa humat dan semua aspek kimia (kapasitas adsorpsi besar, pengompleks logam yang sangat baik, medium bagi mikrobial, dapat menyediakan nutrisi) dapat dijelaskan berdasarkan struktur asam humat sebagai senyawa humat yang utama di lingkungan (Ghosh dan Schnitzer, 1980).

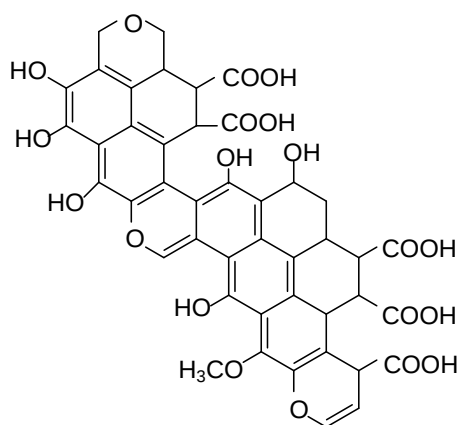
Para ahli berpendapat bahwa warna, reaktivitas, dan sifat fisika-kimia senyawa humat ditentukan oleh strukturnya. Senyawa humat yang paling menarik perhatian peneliti adalah asam humat dan asam fulvat, karena senyawa tersebut

terlibat aktif pada pengikatan ion-ion dan molekul organik (Finniburg dkk., 1996, Jones dan Bryan, 1998, dalam Avena dan Koopal, 1999).

Meskipun struktur yang tepat belum dapat ditentukan, namun struktur senyawa humat telah diusulkan dengan mendasarkan pada model atau struktur rata-rata senyawa humat yang telah ada, sehingga dapat digunakan untuk studi lebih lanjut. Model struktur senyawa humat yang diusulkan mengacu pada hasil penelitian mengenai komposisi unsur-unsur penyusun, gugus-gugus fungsional, produk degradasi, data spektroskopi, dan sifat fisika-kimia senyawa humat.

Sejumlah struktur senyawa humat yang masih merupakan struktur hipotetik telah diajukan oleh beberapa peneliti, seperti Fuch, Dragunov, Flaig dan Stevenson (Stevenson, 1994).

Fuch, seorang ilmuwan Jerman, telah mengusulkan struktur asam humat yang ditunjukkan pada Gambar 2.13. Struktur tersebut merupakan hasil deduksi berbagai penelitian tentang struktur asam humat yang dihasilkan dari batubara, yang terdiri atas sistem cincin aromatik yang mengandung gugus -COOH dan OH (Stevenson, 1994).

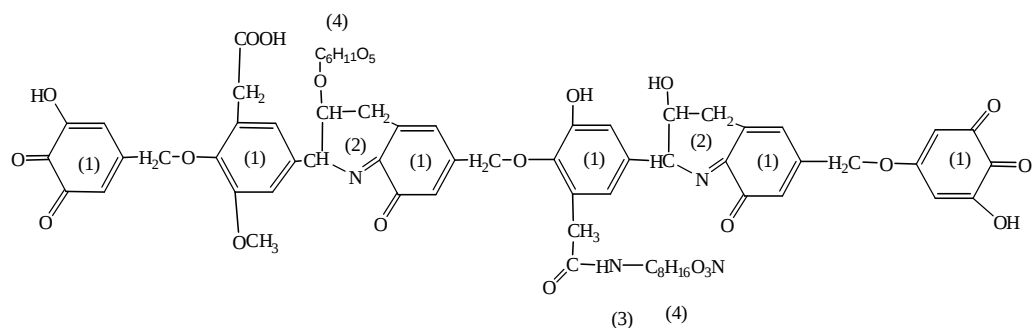


Gambar 2.13 Struktur hipotetik asam humat menurut Fuch (Stevenson, 1994)

Berdasarkan gugus fungsional reaktif hasil degradasi asam humat, maka struktur inti asam humat terdiri atas cincin aromatik, di-, atau trihidroksifenol yang dijembatani oleh -O- , $\text{-(CH}_2\text{)-}$, -NH- dan :N- . Selain itu, gugus-gugus fungsional utama yang terdapat pada asam humat adalah gugus -COOH , -OH dan

kuinon. Pada keadaan alami, molekul-molekul tersebut mengandung residu protein dan karbohidrat yang sebagian besar dihubungkan oleh ikatan kovalen pada struktur inti.

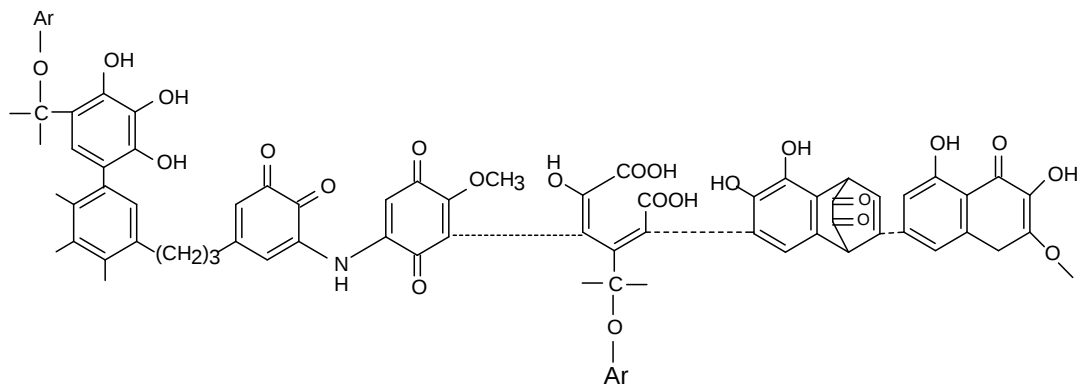
Struktur pertama yang menggunakan konsep tersebut dikemukakan oleh Dragunov (Konokova, 1966 dalam Stevenson, 1994) seperti terlihat pada Gambar 2.14. Pada struktur ini dapat dilihat cincin aromatis di- dan trihidroksilbenzena (1), nitrogen dalam bentuk siklis (2), nitrogen dalam rantai periperal (3) dan residu karbohidrat (4).



Gambar 2.14 Struktur hipotetik asam humat menurut Dragunov memperlihatkan :

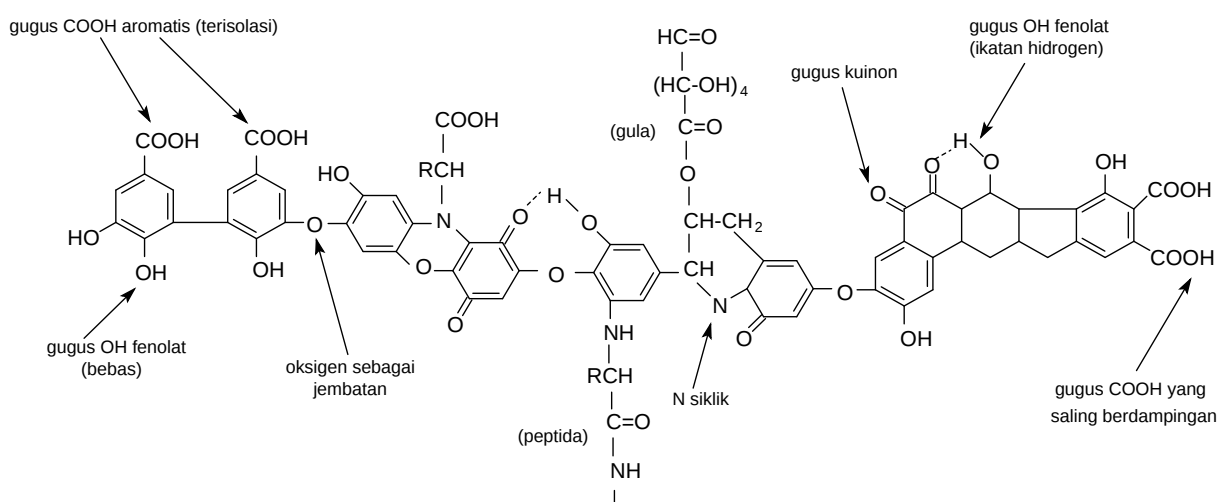
- 1) cincin aromatik, 2) nitrogen dalam bentuk siklis, 3) nitrogen dalam rantai periperal dan 4) residu karbohidrat.

Struktur lain dikemukakan oleh Flaig, dimana asam humat mengandung gugus $-OH$ fenolat dalam jumlah cukup melimpah, tetapi gugus karboksilatnya relatif sedikit (Stevenson, 1994), ditunjukkan pada Gambar 2.15.



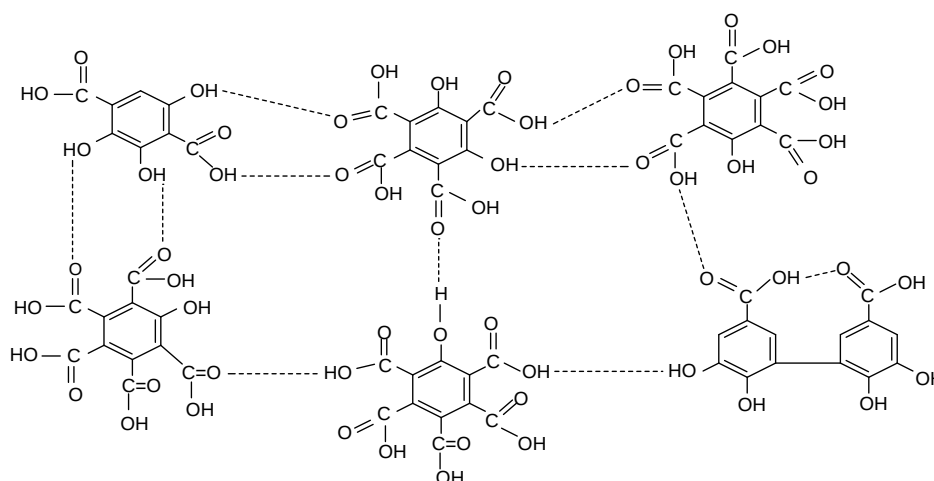
Gambar 2.15 Struktur hipotetik asam humat menurut Flaig (Stevenson, 1994)

Struktur asam humat yang saat ini dianggap memenuhi konsep-konsep yang telah ada dikemukakan oleh Stevenson (1994). Pada struktur hipotetik ini, asam humat mengandung gugus $-OH$ fenolat, $-COOH$ yang terikat pada cincin aromatik dan kuinon yang dijembatani oleh nitrogen dan oksigen (Gambar 2.16).



Gambar 2.16 Struktur hipotetik asam humat menurut Stevenson

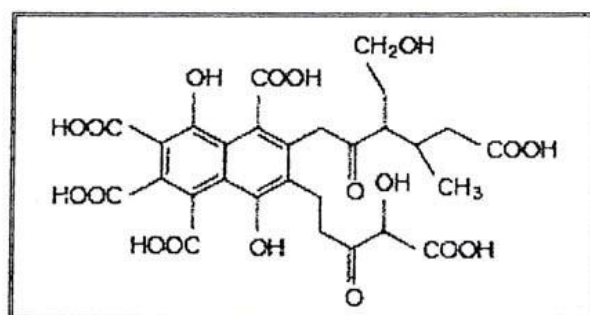
Struktur hipotetik asam fulvat telah diusulkan oleh Schnitzer dan Khan (1972) dalam Stevenson (1994) seperti terlihat pada Gambar 2.17. Asam fulvat terdiri atas asam-asam fenolat dan benzenekarboksilat yang saling berikatan satu dengan yang lain melalui ikatan hidrogen membentuk struktur polimer yang stabil.



Gambar 2.17 Struktur asam fulvat menurut Schnitzer (Stevenson, 1994)

Secara umum asam fulvat memiliki berat molekul lebih kecil dibandingkan asam humat, sedangkan asam humat yang berasal dari tanah memiliki berat molekul lebih besar dibandingkan asam humat yang berasal dari perairan (Gaffney dkk., 1996).

Asam fulvat sangat berperan dalam tanah dan perairan, karena senyawa-senyawa organik yang memiliki berat molekul rendah seperti pestisida dan bahan-bahan anorganik seperti ion logam dapat diikat oleh asam fulvat (Stevenson, 1994).



Gambar 2.18 Model struktur asam fulvat berdasarkan Buffle et al. (1977).

2.7 Pengaruh Asam Humat pada Sifat Tanah dan Tanaman

2.7.1. Manfaat Asam Humat bagi Tanah

Asam humat yang terkandung dalam humat bermanfaat untuk meningkatkan kesuburan tanah. Peranan asam humat bagi tanah adalah kaitannya dengan perubahan sifat-sifat tanah, yaitu sifat fisika, kimia dan biologi tanah.

1. Pengaruh Asam Humat pada Sifat Fisika Tanah

- a. Asam humat mempunyai kemampuan arbsorsi air sekitar 80-90%. Sehingga pergerakan air secara vertikal (infiltrasi) semakin meningkat dibanding secara horisontal, berguna untuk mengurangi resiko erosi pada tanah. Selain itu juga meningkatkan kemampuan tanah menahan air.

- b. Asam humat berperan sebagai granulator atau memperbaiki struktur tanah. Terjadi karena tanah mudah sekali membentuk kompleks dengan asam humat, terjadi karena meningkatnya populasi mikroorganisme tanah, diantaranya adalah jamur, cendawan dan bakteri. Karena humic acid digunakan sebagai penyusun tubuh dan sumber energinya. Cendawan tersebut mampu menyatukan butir tanah menjadi agregat. Sedangkan bakteri berfungsi sebagai semen yang menyatukan agregat, sementara jamur dapat meningkatkan fisik dari butir-butir prima. Hasilnya adalah tanah yang lebih gembur berstruktur remah dan relatif lebih ringan.
- c. Meningkatkan aerasi tanah akibat dari bertambahnya pori tanah (porositas) akibat pembentukan agregat,. Udara yang terkandung dalam pori tanah tersebut umumnya didominasi oleh gas-gas O₂, N₂, dan CO₂. Hal ini penting bagi pernapasan (respirasi) mikro-organisme tanah dan akar tanaman.
- d. Menggelapkan warna tanah menjadi semakin coklat kehitaman, sehingga meningkatkan penyerapan radiasi sinar matahari yang akan meningkatkan suhu tanah menjadi lebih hangat.

2. Pengaruh Asam Humat pada Sifat Kimia Tanah

- a. Meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK). Peningkatan tersebut menambah kemampuan tanah untuk menahan unsur-unsur hara atau nutrisi. Asam humat membentuk kompleks dengan unsur mikro sehingga melindungi unsur tersebut dari pencucian oleh air hujan. Unsur N,P, dan K diikat dalam bentuk organik atau dalam tubuh mikroorganisme sehingga dapat dipertahankan dan sewaktu-waktu dapat diserap oleh tanaman. Sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk kimia.
- b. Asam humat mampu mengikat logam berat (membentuk senyawa khelate) kemudian mengendapkannya sehingga mengurangi keracunan tanah.
- c. Meningkatkan pH tanah asam akibat penggunaan pupuk kimia yang terus menerus. Terutama tanah yang banyak mengandung alumunium. Karena

asam humat mengikat Al sebagai senyawa kompleks yang sulit larut dalam air (*insoluble*) sehingga tidak dapat terhidrolisis

- d. Ikatan kompleks yang terjadi antara asam humat dengan Fe dan Al merupakanantisipasi terhadap ikatan yang terjadi antara unsur P (phosphorus) dengan Al dan Fe, sehingga unsur P dapat terserap secara maksimal oleh tanaman.

3. Pengaruh Asam Humat pada Sifat Biologi Tanah

- a. Akibat pengaruh humic acid terhadap sifat fisika dan kimia tanah, sehingga menciptakan situasi tanah yang kondusif untuk menstimulasi perkembangan mikroorganisme tanah yang berfungsi dalam proses dekomposisi yang menghasilkan humus (*humification*).
- b. Aktifitas mikroorganisme di atas tanah akan menghasilkan hormon-hormon pertumbuhan seperti **auxin, sitokinin, dan giberilin**

Auxin, berfungsi :

1. Merangsang proses perkecambahan biji ;
2. Memacu proses terbentuknya akar dan pertumbuhannya ;
3. Merangsang pucuk tanaman dan akar yang tak mau berkembang menjadi mampu berkembang kembali.

Sitokinin, berfungsi :

1. Memacu pembelahan dan pembesaran sel sehingga mampu memacu pertumbuhan ;
2. Merangsang pembentukan tunas-tunas baru ;
3. Mencegah kerusakan pada hasil panen, sehingga lebih awet.

Giberilin, berfungsi :

1. Meningkatkan pembungaan dan pembuahan ;
2. Meningkatkan prosentase jadinya bunga dan buah;

3. Mengurangi kerontokan bunga dan buah ;
4. Mendorong partenokarpi atau pembuahan tanpa proses penyerbukan.

2.7.2. Manfaat Asam Humat bagi Tanaman

Humat bermanfaat untuk merangsang pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Terdapat dua proses penting yaitu:

1. Peningkatan energi sel tanaman dan sebagai hasilnya adalah intensifikasi proses pertukaran ion. Sehingga mempercepat pertumbuhan sistem akar dan membuat akar lebih panjang.
2. Peningkatan penetrasibilitas (kemampuan penyerapan) membran sel tanaman. Memudahkan nutrisi untuk terserap ke dalam sel serta mempercepat proses pernapasan (respirasi) tanaman.

Pembentukan sistem akar yang kuat dan panjang memberikan efek yang baik tanaman. Daya serap dan jelajah akar semakin maksimal untuk mencari unsur hara dan nutrisi dalam tanah. Kemampuan sel tanaman dalam menyerap nutrisi semakin baik, sebagai akibat dari kapasitas tukar kation (KTK) asam humat sangat tinggi (perlu diketahui bahwa penyerapan nutrisi oleh tanaman melalui mekanisme pertukaran ion).

Dengan keunggulan sifat-sifat yang dimiliki tersebut, Asam Humat dapat dipergunakan untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman pada sektor pertanian, perkebunan, dan kehutanan; untuk meningkatkan kesuburan tanah dan memperbaiki sifat fisika-kimia pada lahan kritis; dan dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik sehingga dapat mengurangi dampak terhadap lingkungan dan menguntungkan secara ekonomi.

1. Meningkatkan penyerapan nutrisi
2. Membantu dalam mengemburkan tanah
3. Memperbaiki struktur, pembentukan, respirasi dan pengembangan akar
4. Meningkatkan aktivitas mikroba
5. Meningkatkan perkecambahan biji

6. Meningkatkan hasil
7. Mengurangi endapan / residu pupuk
8. penunjang tanaman sehat
9. Meningkatkan pengikatan air
10. Meningkatkan aktivitas antioksidan
11. Merangsang enzim tanaman
12. Mencegah penyakit dan stres panas
13. Meningkatkan kesuburan tanah
14. Merangsang pertumbuhan tanaman oleh peningkatan produksi biomassa
15. Meningkatkan hasil dan meningkatkan kualitas tanaman
16. Merangsang enzim tanaman
17. Meningkatkan struktur tanah dan kapasitas memegang air
18. Meningkatkan dan merangsang mikroorganisme yang menguntungkan
19. Meningkatkan Kapasitas Tukar Kation (KTK)
20. Meningkatkan efektivitas pupuk dan mengurangi zat gizi terutama pencucian nitrat
21. Bertindak sebagai khelat alami untuk mikro dalam tanah alkali dan meningkatkan ketersediaan untuk tanaman
22. Mempromosikan perkembangan akar
23. Meningkatkan permeabilitas membran sel di akar dan meningkatkan serapan hara
24. Mengurangi stres dengan kekeringan dan stres dengan penerapan perawatan tanaman
25. Meningkatkan perkecambahan benih dan meningkatkan
26. pengembangan radikula
27. Mengurangi residu herbisida dan zat beracun dalam tanah
28. Penundaan dekomposisi agen ultraviolet stabil

2.8 Penggunaan Asam Humat pada Pupuk Urea

Penggunaan asam humat pada pupuk urea dengan cara melapiskan urea dengan asam humat bukan saja meningkatkan produktivitas tanaman, tetapi dapat mengirit penggunaan urea. Efektivitas penggunaan pupuk anorganik, dari segi ilmiah ternyata sangat rendah. Misalnya urea (N) hanya 30-60%, P 25-40%, dan K 40-60%, tergantung jenis tanahnya. Tanah yang berpasir lebih banyak kehilangan pupuk ketimbang tanah bermineral. Rendahnya efektivitas ini karena kandungan organik tanah yang kecil. Hal ini sebagian lantaran pemberian pupuk anorganik yang terus-menerus tanpa penambahan bahan-bahan organik pada tanah.

Pupuk urea berkadar nitrogen (N) tinggi. Unsur N termasuk unsur hara yang sangat diperlukan tanaman. Pupuk urea berbentuk butir-butir kristal berwarna putih dan bersifat mudah larut dalam air. Kandungan N pada pupuk urea sekitar 46%. Jadi, setiap 100 kg pupuk urea mengandung 46 kg N. Selain gampang menguap, pupuk urea ini sangat mengisap air (higroskopis) sehingga sebaiknya disimpan di tempat kering dan tertutup. Karena sifatnya seperti itu, urea mudah tersedia tetapi juga mudah menguap. Lebih 30% urea yang diaplikasikan pada tanah hilang melalui (1) pelindihan atau pencucian, (2) penguapan, dan (3) nitrifikasi.

Asam humat mempunyai daya pelapisan dan anti penggumpalan. Kelarutannya yang baik dan dapat larut di dalam basa membuatnya mampu meresap ke segala jenis tanah. Dengan sifat pelepasan tersebut, asam humat melingkupi seluruh tanah dan menempel kuat sehingga pupuk anorganik yang ditabur di atas permukaan tanah dan yang terbawa air lalu masuk ke tanah akan disimpan oleh KTK (Kapasitas Tukar Kation) humat. Lantaran KTK nya tinggi, asam humat akan mengikat unsur hara. Selanjutnya, unsur hara ini dilepas kembali oleh KTK humat secara bertahap sesuai kebutuhan tanaman (*slow release*).

Coating urea menggunakan asam humat mencegah pupuk kontak langsung dengan udara sehingga pupuk tetap kering. Terhadap tanaman, asam humat akan melapisi tanah di sekitar akar tanaman. Pupuk yang terikat asam humat selalu berada di sekitar perakaran dan pupuk akan dilepas bertahap sesuai kebutuhan tanaman. Berdasarkan penelitian, pelapisan ini menghemat pupuk 20-25% dan meningkatkan produktivitas padi 20-30%.

Pencampuran asam humat dengan pupuk urea tidak menyebabkan pupuk urea menggumpal, tapi tetap renyah sehingga mudah ditaburkan. Dengan demikian, pupuk urea dapat disimpan dalam waktu lama. Selain itu, tanah yang diaplikasikan urea berlapis asam humat akan menjadi lebih subur karena penambahan bahan organik yang terdapat pada asam humat.

Asam humat ber pH tinggi sehingga dapat memperbaiki keasaman tanah. Umumnya lahan di Indonesia memiliki pH rendah (4,2 – 5), padahal pupuk bekerja efektif pada pH 5,5 – 6,5. Dengan melapisi pupuk urea dengan asam humat, bukan saja dapat meningkatkan kadar pH tanah, tetapi juga meningkatkan efektivitas pemupukan urea.

Teknologi pelapisan urea dengan asam humat dapat meningkatkan efektivitas penggunaan pupuk urea. Perpaduan kimia anorganik (urea) dan organik (asam humat) pada formula (pelapisan) urea dapat mengefisienkan dan mengefektifkan penggunaan pupuk urea di lapangan. Jadi, pelapisan urea dengan menggunakan asam humat ini bisa menekan biaya produksi. Secara lingkungan, hal tersebut juga mengurangi dampak residu kelebihan nitrogen melalui mekanisme pelepasan urea bertahap (*slow release*).

Penerapan teknologi pelapisan urea dengan asam humat ini bisa menekan biaya subsidi pupuk urea. Namun ini tidak berarti kita harus mengurangi subsidi pupuk, tetapi dapat juga diartikan semakin luas lahan padi sawah yang memperoleh jatah pupuk bersubsidi. Produktivitas terdongkrak, produksi nasional pun meningkat.

2.9 Analisa Gravimetri

Gravimetri merupakan salah satu metode analisis kuantitatif suatu zat atau komponen yang telah diketahui dengan cara mengukur berat komponen dalam keadaan murni setelah melalui proses pemisahan. Analisis gravimetri adalah proses isolasi dan pengukuran berat suatu unsur atau senyawa tertentu. Bagian terbesar dari penentuan secara analisis gravimetri meliputi transformasi unsur atau radikal kesenyawaan murni stabil yang dapat segera diubah menjadi bentuk yang dapat ditimbang dengan teliti. Metode gravimetri memakan waktu yang cukup lama, adanya pengotor pada konstituen dapat diuji dan bila perlu faktor-faktor koreksi dapat digunakan (Khopkar, 1990).

Analisis gravimetri merupakan salah satu bagian dari kimia analitik. Langkah pengukuran pada cara gravimetri adalah pengukuran berat, analit secara fisik dipisahkan dari semua komponen lainnya maupun dari solvent nya. Pengendapan merupakan teknik yang secara luas digunakan untuk memisahkan analit dari gangguan (Underwood, 1981).

Metode gravimetri adalah suatu metode analisis secara kuantitatif yang berdasarkan pada prinsip penimbangan. Analisis gravimetri digunakan pada beberapa bidang diantaranya untuk mengetahui suatu spesies senyawa dan kandungan-kandungan unsure tertentu atau molekul dari suatu senyawa murni yang diketahui berdasarkan pada perubahan berat. Metode gravimetri merupakan metode absolut (primer) yang digunakan untuk mengetahui kadar suatu zat berdasarkan persenyawaan murni yang hilang dan terbentuk.