

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pupuk

Pupuk adalah suatu bahan yang digunakan untuk mengubah sifat fisik, kimia atau biologi tanah sehingga menjadi lebih baik bagi pertumbuhan tanaman. Dalam pengertian yang khusus, pupuk adalah suatu bahan yang mengandung satu atau lebih hara tanaman.

Pupuk menurut Mulyani (1999) adalah bahan yang diberikan kedalam tanah baik yang organik maupun anorganik dengan maksud mengganti kehilangan unsur hara dari dalam tanah yang bertujuan untuk meningkatkan produksi tanaman dalam keadaan lingkungan yang baik. Pemupukan telah dikenal oleh masyarakat sejak akhir abad ke 19, hasil demi hasil dari tiap percobaan telah dikemukakan sehingga kini terdapat pengetahuan bahwa tanaman itu sangat membutuhkan bahan makanan (unsur hara).

Berdasarkan bentuk fisiknya, pupuk dibedakan menjadi pupuk padat dan pupuk cair. Pupuk padat diperdagangkan dalam bentuk onggokan, remahan, butiran, atau kristal. Pupuk cair diperdagangkan dalam bentuk konsentrat atau cairan. Pupuk padatan biasanya diaplikasikan ke tanah/media tanam, sementara pupuk cair diberikan secara disemprot ke tubuh tanaman.

Berdasarkan proses terjadinya, pupuk dapat diklasifikasikan menjadi dua golongan, yaitu:

1. Pupuk alam (organik)

Pupuk organik atau pupuk alam merupakan hasil-hasil akhir dari perubahan atau penguraian bagian-bagian tanaman dan binatang, misalnya pupuk kandang, pupuk hijau, kompos, bungkil, guani, tepung tulang dan sebagainya.

Dalam Permentan No.2 tahun 2006, pupuk organik didefinisikan sebagai pupuk yang sebagian atau seluruhnya berasal dari tanaman dan atau hewan yang telah melalui proses rekayasa, dapat berbentuk padat atau

cair yang digunakan mensuplai bahan organik untuk memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah.

Pupuk organik mempunyai beragam jenis dan varian. Jenis-jenis pupuk organik dibedakan dari bahan baku, metode pembuatan dan wujudnya. Dari sisi bahan baku ada yang terbuat dari kotoran hewan, hijauan atau campuran keduanya. Dari metode pembuatan ada banyak ragam seperti kompos aerob, bokashi, dan lain sebagainya. Sedangkan dari sisi wujud ada yang berwujud serbuk, cair maupun granul atau tablet.

2. Pupuk buatan (anorganik)

Pupuk buatan merupakan pupuk yang dibuat dari pabrik. Bahannya berasal dari bahan anorganik dan dibentuk dengan proses kimia. Salah satu jenis pupuk ini adalah pupuk ZK atau yang disebut pupuk kalium sulfat.

Beberapa sifat kimia pupuk anorganik yaitu :

a) Kadar unsur hara

Nilai pupuk ditentukan oleh banyaknya unsur hara yang terkandung didalamnya, makin tinggi kadar unsur haranya berarti pupuk semakin baik.

Hasil penelitian para ahli telah menunjukkan bahwa tanaman itu terdiri dari air ($\pm 90\%$) dan bahan kering atau *dry matter* ($\pm 10\%$). Bahan kering terdiri dari bahan-bahan organik dan an-organik. Menurut analisis kimia ternyata pula bahwa bahan organik terdiri dari Karbon (C) sekitar 47%, Hidrogen (H) sekitar 7%, Oksigen (O) sekitar 44%, Nitrogen (N) sekitar 0,2% - 2% (Mulyani, 1999). Sedangkan bahan an-organik adalah merupakan bagian-bagian mineral atau abu.

Berdasarkan analisa, ternyata tanaman itu terdiri dari sekitar 50 elemen atau unsur. Sedangkan yang dibutuhkan oleh tanaman selama masa pertumbuhan dan perkembangannya ada 16 unsur yang merupakan unsur hara esensial yang dapat dibagi menjadi unsur hara makro dan mikro. Unsur hara makro relatif banyak diperlukan oleh tanaman, sedangkan unsur hara mikro juga sama pentingnya dengan unsur hara makro hanya dalam hal ini kebutuhan tanaman terhadap zat-zat ini hanya sedikit.

Unsur-unsur hara makro dan mikro yang sangat diperlukan bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman akan diambil oleh tanaman dalam bentuk anion dan kation seperti yang dikemukakan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Pengambilan Unsur Hara Esensial dalam Bentuk Anion dan Kation.

Unsur Hara Esensial	Penyerapan Oleh Tanaman Dalam Bentuk	
	Anion	Kation
1. Unsur Hara Makro		
N	NO_3^-	NH_4^+
P	H_2PO_4^- , HPO_4^-	
K		K^{2+}
Ca		Ca^{2+}
Mg		Mg^{2+}
S	SO_4^-	
2. Unsur Hara Mikro		
Fe		Fe^{3+}
Mn		Mn^{2+}
Bo	Bo_3^{3-}	
Mo	Mo_4^{2-}	
Co		Co^{2+}
Zn		Zn^{2+}
Cl	Cl^-	
Co		Co^{2+}

Sumber : Mulyani, 1999

b) Higroskopisitas

Higroskopisitas adalah tingkat kemudahan pupuk menyerap air dari udara. Pupuk yang memiliki higroskopisitas kurang baik akan mudah menjadi basah dan mencair bila terkena udara langsung. Bila udara kering pupuk akan menjadi bongkahan keras.

c) Kelarutan

Semakin tinggi kelarutan suatu pupuk maka semakin mudah pula pupuk diserap oleh tanaman. Pupuk N dan K umumnya mudah sekali diserap oleh tanaman.

d) Keasaman

Pupuk buatan ada yang bersifat atau bereaksi asam dan ada juga yang bersifat netral dan alkalis. Pupuk yang bersifat asam dapat menurunkan pH tanah menjadi lebih asam dan dapat menyebabkan tanah menjadi cepat mengeras. Pada tanah asam, sebaiknya menggunakan pupuk yang kadar keasamannya rendah seperti Pupuk ZK

e) Kecepatan bekerja pupuk

Kecepatan bekerja suatu pupuk adalah kecepatan pupuk dalam memberikan reaksi setelah diaplikasikan.

2.2 Pupuk Cair Kalium Sulfat

Pupuk terdiri dari berbagai macam bentuk, baik padat ataupun cair. Kandungan yang terdapat dalam pupuk pun berbeda-beda sesuai jenis tanaman yang akan dikembangkan. Salah satu jenis pupuk tersebut adalah pupuk Kalium Sulfat. Pupuk ini lebih dikenal dengan nama ZK. Kalium sulfat (K_2SO_4) (juga dikenal sebagai garam abu sulfur) merupakan garam yang terdiri dari kristal putih yang dapat larut dalam air dan tidak mudah terbakar. Kadar K_2O -nya sekitar 48-52%. Bentuknya berupa tepung putih yang larut didalam air, dengan sifatnya yang agak mengasamkan tanah. Pupuk ini dapat digunakan sebagai pupuk dasar sesudah tanam.

Potassium Sulphate (ZK) atau biasa disebut *Sulphate of Potash* (SOP) telah dikenal sejak abad ke-14 yang merupakan garam berwarna putih dan memiliki sifat tidak mudah terbakar serta larut didalam air. ZK digunakan sebagai sumber senyawa kalium dan sulfur pada tanaman perkebunan seperti rami, kapas dan tembakau. Di Indonesia pupuk ini tidak disubsidi sehingga harganya relatif tinggi di pasaran (Zikridkk., 2012).

Kebutuhan pupuk kalium sulfat di Indonesia cukup besar. Sehingga terdapat data produksi dan kebutuhan pupuk kalium sulfat di Indonesia untuk tahun 2005 – 2010 seperti yang dikemukakan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Ekspor, Impor, Produksi dan Kebutuhan Pupuk Kalium Sulfat di Indonesia dalam Ton/Tahun.

Tahun	Ekspor	Impor	Produksi	Kebutuhan
2005	700.181	2056683,793	7.868.490	2.063.483,612
2006	93.793	2474250,762	808.783	2.483.558,969
2007	74.749	2928005,952	8.348.505	2.935.117,203
2008	269.585	4550593,192	8.598.845	4.558.458,607
2009	538.368	1972942,748	10.508.272	1.983.617,380
2010	946.902	4196620,752	10.309.198	14.504.871,850

Sumber : BPS 6103014

Pupuk kalium sangat baik bagi pertanaman, seperti umbi-umbian, tanaman pohon buah-buahan seperti jeruk, apel, nanas, kubis dan kentang juga sangat membutuhkan pupuk kalium. Kekurangan pupuk kalium gejalanya sangat bervariasi, tergantung jenis tanaman. Pada permulaannya daun tampak agak mengkerut dan kadang mengkilap, selanjutnya dari ujung dan tepi daun tampak menguning, warna seperti ini tampak pula diantara tulang-tulang daun, pada akhirnya daun tampak bercak-bercak kotor, berwarna coklat dan sering pula bagian yang berbecak ini jatuh hingga daun tampak bergerigi dan kemudian mati.

Gejala yang tampak pada batang yaitu batangnya lemah dan pendek sehingga tanaman tampak kerdil sedangkan gejala yang tampak pada buah, misalnya buah kelapa dan jeruk banyak berjatuhan sebelum masak. Bagi tanaman berumbi yang kekurangan kalium, hasil umbinya sangat kurang dan kadar hidratnya rendah. Peranan pupuk kalium sulfat yang spesifik bagi pertumbuhan tanaman dan metabolismenya adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan resistensi tanaman terhadap penyakit
2. Mempercepat pertumbuhan jaringan meristematik
3. Pembentukan asam amino dan pertumbuhan tunas
4. Membantu pembentukan bintil akar

Pupuk cair hanyalah larutan yang mengandung satu atau lebih unsur hara yang larut dalam air. Bahan yang sama dengan yang digunakan dalam pembuatan

pupuk cair telah ditambahkan ke dalam tanah selama bertahun-tahun dengan melarutkannya dalam air irigasi. Standar mutu kandungan pupuk cair kalium sulfat dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Standar Kandungan Pupuk Cair Kalium Sulfat Bahan Baku dari Alam

Parameter	Satuan	Persyaratan
Kalium (K ₂ O)	%	Min 2
Sulfat (SO ₄)	%	Min 1,7
Asam Bebas	%	Maks 2,5
Ph	%	4-8

Sumber : SNI 02-2809-2005

Keuntungan menggunakan pupuk cair diatas tanah yaitu diantaranya :

1. Penghematan tenaga dalam penanganan dimana dapat digunakan pompa dan pipa sebagai sarana distribusi.
2. Kemudahan untuk menyemprot daun.
3. Kemudahan untuk ditambah pestisida.

Kelemahan menggunakan pupuk cair diatas tanah diantaranya :

1. Fiksasi fosfor yang meningkat, terutama dalam penggunaan campuran dari pada penggunaan terpisah.
2. Korosi wadah dan metal.
3. Perlunya alat khusus untuk penyimpanan dan penggunaan.

2.3 Kalium

Elemen ini (kalium) dapat dikatakan bukan elemen yang langsung pembentuk bahan organik. Kalium adalah unsur hara ke tiga setelah nitrogen dan fosfor yang diserap tanaman dalam bentuk ion K⁺ (terutama pada tanaman muda). Kalium banyak terdapat pada sel-sel muda atau bagian tanaman yang banyak mengandung protein, inti-inti sel tidak mengandung kalium. Ion kalium mempunyai fungsi fisiologis yang khusus pada asimilasi zat arang, yang berarti

apabila tanaman sama sekali tidak diberi kalium, maka asimilasi akan terhenti.

Dalam hal ini dapat pula ditegaskan bahwa kalium berperan membantu :

1. Pembentukan protein dan karbohidrat;
2. Mengeraskan jerami dan bagian kayu dari tanaman;
3. Meningkatkan resistensi tanaman terhadap penyakit;
4. Meningkatkan kualitas biji/ buah.
5. Mengaktifkan berbagai enzim.
6. Mempercepat pertumbuhan jaringan meristematik
7. Mengatur pergerakan stomata dan hal-hal yang berhubungan dengan air.

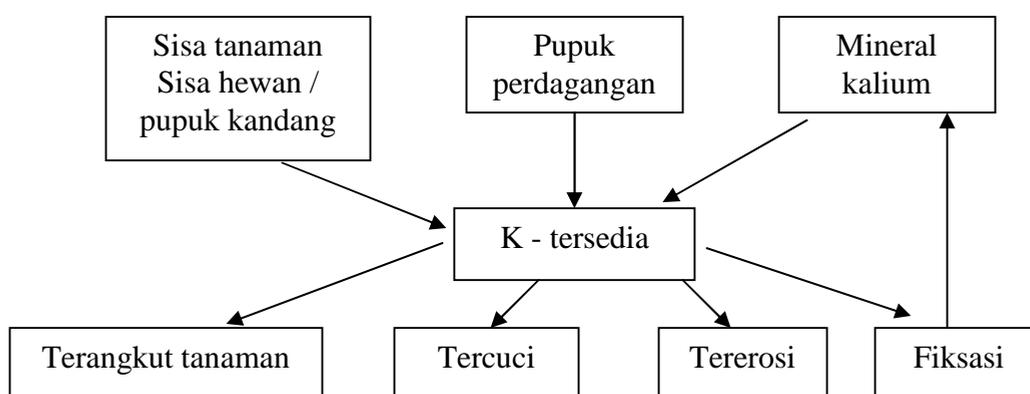
Sumber-sumber kalium berasal dari:

1. Beberapa jenis mineral.
2. Sisa-sisa tanaman dan jasad renik.
3. Air irigasi serta larutan dalam tanah.
4. Abu tanaman dan pupuk buatan.

Penggunaan pupuk kalium (K) di Indonesia kurang mendapat perhatian bila dibandingkan dengan penggunaan pupuk nitrogen (N) dan fosfor (P) padahal unsur N, P, dan K merupakan unsur-unsur hara primer yang penting bagi tanaman. Umumnya kadar kalium total tanah cukup tinggi, dan diperkirakan mencapai 2,6% dari total berat tanah, tetapi yang tersedia cukup rendah. Pada keadaan tertentu, misalnya pertanian intensif atau pada tanah muda yang banyak mengandung mineral kalium dengan curah hujan tinggi kalium yang tidak dapat dipertukarkan dapat juga diserap tanaman (Mulyani, 1999).

Penggunaan pupuk N dan P, turut memperbesar serapan kalium dari tanah. Kalium (K) sesungguhnya sangat diperlukan pada tanah kering karena pada tanah kering kenyataannya Kalium lebih banyak yang hilang atau tersangkut oleh tanah melalui pencucian air hujan ataupun erosi. Oleh karena itu jika kalium dalam tanah dan yang berasal dari air irigasi tidak mencukupi untuk keperluan pertumbuhan tanaman, maka tanaman akan menderita, sehingga penambahan kalium ke dalam tanah harus menjadi bahan pertimbangan.

Neraca kalium diartikan sebagai suatu keseimbangan antara kalium yang bertambah dan yang hilang dari dalam tanah. Kalium yang tersedia di alam berasal dari sisa-sisa tanaman dan hewan ditambah mineral kalium serta pupuk yang digunakan oleh para petani. Sedangkan kalium yang diambil dari alam contohnya diserap oleh tanaman, ikut tercuci atau terbawa erosi dan terfiksasi kembali menjadi mineral kalium. Secara diagram hal ini dapat terlihat pada Gambar 1 berikut.



(Sumber: Mulyani, 1999.)

Gambar 1. Diagram Pertambahan dan Kehilangan Kalium dari Tanah.

2.4 Sulfat

Unsur belerang diserap oleh tanaman hampir seluruhnya sebagai ion SO_4^{2-} hanya sejumlah kecil gas SO_2 yang diserap langsung oleh daun dari atmosfer. Belerang (S) yang larut dalam air akan segera diserap akar tanaman, karena zat ini sangat diperlukan tanaman (terutama tanaman-tanaman muda) pada pertumbuhan pemula dan perkembangannya. Tanaman yang kekurangan belerang akan tumbuh kerdil, khlorosis, batang kurus dan mudah rapuh. Gejalanya dimulai pada daun-daun muda dan bagian-bagian yang baru terbentuk (Mulyani, 1999).

Peranan belerang yang spesifik bagi pertumbuhan tanaman dan metabolismenya adalah sebagai berikut :

1. Penyusun vitamin-vitamin tertentu, koenzim A, dan *glutathione*.
2. Meningkatkan kadar minyak pada tanaman.
3. Memfiksasi N dan sebagai bagian enzim nitrogenase.

Ada tiga sumber alami pokok unsur hara belerang tanah yang menyediakan belerang bagi tanaman. Ketiga sumber tersebut adalah :

1. Mineral tanah

Sumber belerang tanah yang berupa mineral tanah berasal dari batuan beku. Jika batuan ini mengalami pelapukan, maka mineral terhancurkan dan sulfat-sulfat dibebaskan. Sulfat-sulfat ini kemudian mengalami pengendapan sebagai garam-garam larut, diserap oleh organisme hidup dan direduksi oleh organisme-organisme lain menjadi sulfida-sulfida atau elemen belerang.

2. Gas-gas belerang di atmosfer

Sumber lain belerang tanah adalah atmosfer. Daerah sekitar kegiatan industri yang menggunakan bahan bakar mengandung belerang, seperti batubara, atau yang menghasilkan bahan mengandung belerang, gas-gas sulfur dioksida (SO_2) akan terlepas ke udara.

3. Belerang terikat secara organik.

Belerang yang berasal dari sisa-sisa tanaman atau organisme lain sebagian besar berupa protein, biasanya mudah sekali didekomposisi oleh mikroorganisme. Dekomposisi bahan organik yang mengandung belerang kemudian melepaskan sulfat ke dalam tanah (Mulyani, 1999).

2.5 Asam Bebas Sebagai H_2SO_4

Pupuk mengandung kandungan sulfur dalam bentuk SO_4 atau dalam bentuk-bentuk lain yang akan mengakibatkan keasaman kecuali jika bahan kapur cukup terdapat didalam pupuk untuk menetralkan asam yang dibentuk. (Henry, 1988).

Kalau reaksi tanah asam maka tersedianya unsur hara atau zat tanah yang sangat dibutuhkan tanaman sangat kecil. Diantara zat yang sulit tersedia seperti kalsium, magnesium, fosfor dan molibden. Kalau zat-zat ini tidak ada dalam tanah maka tanaman akan tidak subur. Zat-zat yang dihasilkan oleh mineral itu ikut tercuci habis oleh air. Kalau hanya kekurangan zat akibat tercuci, tidak menjadi soal penting, karena bisa disuplai lagi lewat pemupukan. Tetapi yang menjadi masalah tidak semua zat tadi tergusur habis, hanya zat-zat yang bersifat basa. Jadi

yang tinggal pada tanah itu adalah zat-zat yang bersifat asam seperti aluminium, besi dan magnesium (Pinus Lingga, 1986).

Kebanyakan pupuk lengkap cenderung mengembangkan sisa asam dalam tanah. Ini terutama disebabkan oleh pengaruh kandungan nitrogen dan ammonia. Ion NH_4 berefek besar kalau mengalami nitrifikasi. Kalau dioksidasikan senyawa amonium cenderung meningkatkan keasaman. Disamping senyawa amonium bahan urea dan beberapa senyawa organik jika mengalami hidrolisa menghasilkan ion amonium yang merupakan sumber potensial keasaman (Harry, 1982).

Pengaruh pemupukan terhadap derajat keasaman tanah dapat diakibatkan dari pemupukan tanah dengan pupuk yang sifatnya asam, jadi harus dapat menghindari pemakaian pupuk yang bersifat asam pada tanah-tanah yang bereaksi asam. Tanah senantiasa tidak menampilkan gejala asam dan apabila tanah menunjukkan gejala-gejala asam maka derajat keasaman tidak sama. Jadi tanah dapat bereaksi netral, asam dan basa (Mul Mulyani Sutejo, 1987).

Keasaman tanah memegang peranan penting pada ketersediaan fosfor pada tanah atau terbatas pada reaksi-reaksi dalam sistem tanah, pupuk dan tanaman. Keasaman tanah mempengaruhi kelarutan spesies ion dominan dapat bereaksi fosfor akan hilang sehingga tidak tersedia bagi tanaman. Pada tanah masam dengan $\text{pH} < 5,5$ dominan oleh kation Fe^{3+} dan Al^{3+} yang menyerap P-larutan dan pada $\text{pH} > 6,0$ sistem tanah dominan kation Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang juga mampu menyerap fosfor (Poerwowidodo, 1992).

Ion-ion dalam larutan tanah dikendalikan oleh pH tanah, serapan fosfat terbesar terjadi pada kisaran pH 4,0-8,0. Pada kisaran pH mengandung ion-ion fosfat, jika pH melebihi 5,0 ion hidroksil mampu bersaing dalam penyerapan ion. Penggunaan pupuk N-amonium menyebabkan tanah menjadi masam. Penggunaan amonium sulfat dengan takaran setara N-amonium memberikan pengaruh keasaman lebih besar dibandingkan pengaruh N-amonium. Pengaruh penurunan pH akibat pemakaian amonium nitrat berpengaruh positif terhadap peningkatan kelarutan P dari batuan fosfat. Pemakaian N-amonium bersama-sama P-pupuk mampu meningkatkan kelarutan fosfat sehingga lebih banyak dapat diserap

tanaman. Penempatan pupuk N dengan pupuk P pada tanah-tanah asam cenderung mengurangi persentase P-pupuk yang diserap tanaman namun laju pupuk N yang diberikan sangat tinggi sehingga pH menurun tajam maka akan banyak pupuk P-larut dan menjadikan peningkatan persentase P yang diserap tanaman. Penggunaan pupuk N basa bersama dengan pupuk P dapat meningkatkan persentase P-Pupuk yang diserap tanaman. Perubahan besar pH tanah akibat penambahan pupuk N-asam atau N-basa dapat terjadi pada tanah-tanah bertekstur kasar yang mempunyai kapasitas pertukaran basa rendah. Tanah yang banyak mengandung kalsium karbonat bebas hanya mengalami perubahan kecil dikarenakan adanya pengaruh sanggahan yang tinggi, kelarutan P akan menurun karena meningkatnya kalsium yang larut akibat penambahan pupuk N-asam (Novizan, 2002).

2.6 KelapaSawit

Kelapasawit (*ElaeisguinensisJack*) merupakan tumbuhan tropis yang diperkirakan berasal dari Nigeria (AfrikaBarat) karena pertama kali ditemukan di hutan belantara negara tersebut. Kelapa sawit pertama masuk ke Indonesia pada tahun 1848, dibawa dari Mauritius dan Amsterdam oleh seorang warga Belanda. Bibit kelapa sawit yang berasal dari kedua tempat tersebut masing-masing berjumlah dua batang dan pada tahun itu juga ditanam di Kebun Raya Bogor. Hingga saat ini dua dari empat pohon tersebut masih hidup dan diyakini sebagai nenek moyang kelapa sawit yang ada di Asia Tenggara (Hadi, Mustafa, 2004).

Tanaman kelapa sawit adalah jenis tanaman palma yang berasal dari benua Afrika dan cocok ditanam di daerah tropis, seperti halnya dinegara kita. Pertama kali masuk ke Indonesia pada tahun 1848, ditanam di kebun raya bogor. Perkembangan tanaman kelapa sawit telah dikembangkan di beberapa daerah di Indonesia dan menjadi tanaman unggulan perkebunan. Hal ini dikarenakan kelapa sawit merupakan tanaman perkebunan dengan nilai ekonomis yang cukup tinggi dan merupakan salah satu tanaman penghasil minyak nabati yang memiliki banyak kegunaan. Saat ini Indonesia merupakan negara nomor satu penghasil CPO (Crude Palm Oil) terbesar di dunia. Kelapa sawit dapat tumbuh

dengan baik pada daerah iklim tropis dengan curah hujan 2000 mm/tahun dengan suhu sekitar 22-32°C. Tanaman kelapa sawit sudah mulai menghasilkan pada umur 24-30 bulan. Buah yang pertama yang keluar masih dinyatakan sebagai buah pasir. Artinya, belum dapat diolah oleh pabrik kelapa sawit (PKS) karena kandungan minyaknya masih cukup rendah (Fauzi dkk., 2002).

Tanaman kelapa sawit mulai diusahakan dan dibudidayakan secara komersial pada tahun 1911. Perintis usaha perkebunan kelapa sawit di Indonesia adalah Adrien Hallet, seorang Belgia yang telah belajar banyak tentang kelapa sawit di Afrika. Budidaya yang dilakukannya diikuti oleh K.Schadt yang menandai lahirnya perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Sejak saat itu perkebunan kelapa sawit di Indonesia mulai berkembang.

2.6.1 CangkangKelapaSawit

Cangkang sawit adalah bagian berkayu yang ada didalam buah sawit. Bahan ini berwarna coklat tua sampai kehitaman dengan tekstur yang cukup keras dan berfungsi sebagai pelindung daging buah biji sawit (endosperm). Cangkang kelapa sawit sebagai salah satu limbah padat pengolahan minyak CPO dan PKO, dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi. Dengan kandungan karbon terikat sebesar 20,5%, cangkang kelapa sawit mampu dijadikan sebagai sumber energi alternative (Husain dkk., 2002).

Sampai saat ini, limbah kelapa sawit belum dimanfaatkan secara optimal. Tondok (1999) menyatakan bahwa banyak minyak sawit dan inti sawit yang telah dimanfaatkan sebagai bahan baku pada berbagai industri hilir, sedangkan beberapa produk sampingan yang belum diteliti pemanfaatannya meliputi tandan kosong yang kemungkinan bisa dimanfaatkan untuk industri kertas dan pupuk; limbah cair dan pelepah kelapa sawit dimanfaatkan untuk hijauan ternak. Kebanyakan limbah padat seperti tandan kosong, pulp, serat dan cangkang hanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar di pabrik (Saono dan Sastrapradja, 1983).

Pemanfaatan cangkang kelapa sawit sangat berpotensi mengingat kandungan yang dimiliki cangkang sawit seperti halnya kayu diketahui

mengandung komponen-komponen seperti abu, selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Komposisi kandungan cangkang sawit

Komposisi	Jumlah
Abu	18,1 %
Selulosa	26,27 %
Hemiselulosa	12,61 %
Lignin	42,96 %

Sumber : Widiarsi (2008)

Prinsip pemisahan biji dari cangkangnya adalah karena adanya perbedaan berat jenis antara inti dan cangkang. Caranya adalah dengan mengapungkan biji-biji yang telah dipecahkan dalam larutan lempung yang mempunyai berat jenis 1,16. Dalam keadaan ini inti kelapa sawit akan mengapung dalam larutan dan cangkang akan mengendap didasar. Inti dan cangkang diambil secara terpisah kemudian dicuci sampai bersih. Alat yang digunakan untuk memisahkan inti dari cangkangnya disebut *hydrocyclone separator*. Inti buah dimasukkan ke silo dan dikeringkan pada suhu 80°C. Selama pengeringan harus selalu dibolak-balik agar keringnya merata.

2.6.2 Abu Cangkang Kelapa Sawit

Dalam pemrosesan buah kelapa sawit menjadi ekstrak minyak sawit, menghasilkan limbah padat yang sangat banyak dalam bentuk serat, cangkang dan tandan buah kosong, dimana untuk setiap 100 ton tandan buah segar yang diproses, akan didapat lebih kurang 20 ton cangkang, 7 ton serat dan 25 ton tandan kosong.

Untuk membantu pembuangan limbah dan pemulihan energi, cangkang dan serat ini digunakan lagi sebagai bahan bakar untuk menghasilkan uap pada penggilingan minyak sawit. Setelah pembakaran dalam ketel uap, akan dihasilkan 5% abu (*oil palm ashes*) dengan ukuran butiran yang halus. Abu hasil pembakaran ini biasanya dibuang dekat pabrik sebagai limbah padat dan tidak dimanfaatkan.

Hasil uji komposisi unsur kimia dari abu cangkang kelapa sawit yang telah dilakukan pada limbah padat Pabrik Kelapa Sawit berupa abu dari cangkang dan sabut mengandung banyak silika. Data penelitian yang menyajikan komposisi abu sawit yang berasal dari pembakaran serat dan cangkang kelapa sawit (Graille dkk, 1985) dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Unsur Kimia Abu Cangkang Kelapa Sawit

Senyawa kimia	Persentase (%)	
	Cangkang	Serat
Kalium (k)	7,5	9,2
Natrium (Mg)	1,1	0,5
Kalsium (Ca)	1,5	4,9
Magnesium (Mg)	2,8	2,3
Klor (Cl)	1,3	2,5
Karbonat (CaO3)	1,9	2,6
Nitrogen (N)	0,05	0,04
Posfat (P)	0,9	1,4
Silika (SiO2)	61	59,1

Sumber: Graille dkk., 1985 dalam Utama dan Sentosa, 2005

2.7 Gypsum

Sumber sulfat berasal dari Gypsum. Gypsum mempunyai rumus molekul $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ merupakan suatu mineral yang disebut juga kalsium sulfat dehidrat. Gypsum berasal dari bahasa Yunani yaitu *Gepsos* yang berbentuk kristal. Adapun gipsium yang digunakan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Serbuk gipsium

Senyawa gipsum yang didapat dari alam maupun yang diperoleh secara sintetis memiliki sifat-sifat fisikamaupun sifat-sifat kimia, seperti terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Sifat Fisika Dari Gipsum

Sifat	Nilai
Bentuk	Berwana putih atau bening
Spesifik gravity	2.32
Titik lebur ($^{\circ}\text{C}$)	128
Titik didih ($^{\circ}\text{C}$)	163

Sumber : Vogel, 1985

Sifat kimia dari gipsum adalah (Vogel, 1985):

1. Larut dalam asam sulfat pekat panas.
2. Kelarutannya bertambah dengan penambahan HCl dan HNO_3 .
3. Hasil kali kelarutan (ksp) : $2,3 \times 10^{-4}$.
4. Jika dipanaskan pada suhu 900°C sampai dengan 1200°C akan terurai menjadi kalsium oksida, sulfat dan air.

Mengenai komposisi gipsum dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Komposisi Gipsum

Kandungan Gipsum	%
CaO	21,26
SO_3	36,56
H_2O	3,77
Zat-zat lain	38,41

Sumber : Vogel, 1985

2.8 Abu

Abu adalah zat-zat anorganik sisa hasil pembakaran suatu bahan organik yang tidak dapat terbakar lagi. Kandungan abu dan komposisinya tergantung pada macam bahan kandungan dan cara pengabuannya sendiri. Jenis-jenis abu antara lain sebagai berikut:

1. Abu (analisis kimia), campuran yang tersisa setelah sampel percobaan dibakar

2. Abu ringan dan abu padat sisa pembakaran batu bara atau insinerasi.
3. Abu vulkanik, yaitu material yang dikeluarkan oleh gunung berapi.
4. Abu kayu, hasil dari pembakaran kayu.
5. Abu gosok, limbah pembakaran atau abu dari tumbuhan.

Dalam analisis kimia, pengabuan adalah proses mineralisasi untuk zat prekonsentrasi demi kepentingan analisis kimia. Abu adalah nama yang diberikan pada semua residu non-cair yang tersisa setelah sampel dibakar, dan sebagian besar terdiri dari oksida logam.

Abu adalah salah satu komponen dalam analisis proksima dari material biologis, yaitu bagian yang menjadi penjumlah utama dalam persentase hasil analisis. Misalnya, abu dalam madu adalah sebesar 0,17%. Dalam hal ini, abu yang dihasilkan termasuk semua mineral yang terkandung dalam madu.

Kadar abu ada hubungannya dengan mineral suatu bahan. Mineral yang terdapat dalam suatu bahan dapat merupakan dua macam garam yaitu garam organik dan garam anorganik. Garam yang termasuk dalam garam organik, misalnya garam-garam asam mollar, oksalat, asetat dan pektat. Sedangkan garam anorganik antara lain dalam bentuk garam fosfat, karbonat, klorida, sulfat dan nitrat.

Pengabuan kering dapat dilakukan untuk menganalisis kandungan Ca, P, dan Fe, akan tetapi kehilangan K dapat terjadi apabila suhu yang digunakan terlalu tinggi. Sehingga untuk menganalisis K harus dihindari pemanasan suhu lebih tinggi dari 480⁰C. Suhu 450⁰C tidak dapat digunakan jika akan menganalisis kandungan seng. Penggunaan suhu yang terlalu tinggi juga akan menyebabkan beberapa mineral menjadi tidak larut (Winarno, 2004).

Selain kedua garam tersebut, kadang-kadang mineral berbentuk sebagai senyawaan kompleks yang bersifat organik. Apabila akan ditentukan jumlah mineralnya dalam bentuk aslinya adalah sangat sulit. Oleh karena biasanya dilakukan dengan menentukan sisa pembakaran garam mineral tersebut yang dikenal dengan pengabuan. Komponen mineral dalam suatu bahan sangat bervariasi baik macam dan jumlahnya. Sebagai gambaran dikemukakan beberapa contoh yang dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Macam-Macam Mineral dan Sumbernya

Komponen Mineral	Sumber Mineral
Ca (kalsium)	- Susu dan hasil olahannya, sereal, kacang-kacangan, ikan, telur, dan buah-buahan
Fosfor (P)	- Susu dan olahannya, daging. Ikan, daging unggas, telur, dan kacang-kacangan
Besi (Fe)	- Tepung gandum, daging, unggas, ikan dan <i>seafood</i> , dan telur
Sodium (Na)	- Garam yang banyak digunakan sebagai bumbu dan <i>salted food</i>
Potasium (K)	- Susu dan hasil olahannya, buah-buahan, sereal dan ikan, unggas, telur dan sayur-sayuran
Magnesium (Mg)	- Kacang-kacangan, sereal, sayur-sayuran, buah-buahan dan daging
Belerang (S)	- Susu, daging, kacang-kacangan, dan telur
Kobalt (Co)	- Sayur-sayuran dan buah-buahan
Zink (Zn)	- Bahan makanan hasil laut

(Sumber: Sudarmadji, 2003)

Temperatur dari pengabuan harus diperhatikan dengan sungguh-sungguh karena banyak elemen abu yang menguap pada suhu yang tinggi misalnya unsur K, Na, S, Ca, P. Selain itu suhu pengabuan juga menyebabkan dekomposisi senyawa tertentu misalnya K_2CO_3 , $CaCO_3$, $MgCO_3$. K_2CO_3 terdekomposisi pada suhu $700^\circ C$, $CaCO_3$ terdekomposisi pada $600-650^\circ C$, sedangkan $MgCO_3$ terdekomposisi pada suhu $300-400^\circ C$. Tetapi bila ketiga garam tersebut berada bersama-sama akan membentuk senyawa karbonat kompleks yang lebih stabil.

Mengingat adanya berbagai komponen abu yang mudah mengalami dekomposisi atau bahkan menguap pada suhu yang tinggi, maka suhu pengabuan untuk tiap-tiap bahan dapat berbeda-beda bergantung komponen yang ada dalam bahan tersebut. Sebagai gambaran dapat diberikan berbagai contoh suhu pengabuan untuk berbagai bahan sebagai berikut (Winarno, 2004) :

1. Buah-buahan dan hasil olahannya, daging dan hasil olahannya, gula dan hasil olahannya serta sayuran dapat diabuakan pada suhu 525°C.
2. Sereal dan hasil olahannya, susu dan hasil olahannya kecuali keju pengabuan pada suhu 550°C sudah cukup baik.
3. Ikan dan hasil olahannya serta bahan hasil laut, rempah-rempah, keju, anggur dapat menggunakan suhu pengabuan 500°C.
4. Biji-bijian, makanan ternak dapat diabuakan pada suhu 600°C. pengabuan diatas 600°C tidak dianjurkan karena menyebabkan hilangnya zat tertentu misalnya garam klorida ataupun oksida dari logam alkali.

Pengabuan dilakukan dengan *muffle* yang dapat diatur suhunya, tetapi bila tidak tersedia dapat menggunakan pemanas Bunsen. Bila menggunakan Bunsen sulit diketahui ataupun dikendalikan suhunya, untuk ini dapat digunakan pengamatan pengamatan secara visual yaitu kelihatan membara merah berarti suhu lebih kurang 550°C. Kadang kala pada proses pengabuan terlihat bahan hasil pengabuan berwarna putih abu-abu dengan bagian tengahnya terdapat noda hitam. Ini menunjukkan pengabuan belum sempurna maka perlu diabuakan lagi sampai noda hitam hilang dan diperoleh abu yang berwarna putih keabu-abuan. Lama pengabuan tiap bahan berbeda-beda dan berkisar antara 2-8 jam. Pengabuan dianggap selesai apabila diperoleh sisa pengabuan yang umumnya berwarna putih abu-abu, dengan selang waktu pengabuan 30 menit. Penimbangan terhadap bahan dilakukan dengan keadaan dingin, untuk itu maka krus yang berisi abu yang diambil dari dalam *muffle* harus lebih dahulu dimasukkan dalam oven bersuhu 105°C agar supaya suhunya turun, baru kemudian dimasukkan kedalam eksikator sampai dingin. Desikator yang digunakan harus dilengkapi dengan zat penyerap uap air misalnya *silica gel* atau kapur aktif atau kalsium klorida, dan sodium hidroksida (Winarno, 2004).

2.9 Reaktor Berpengaduk

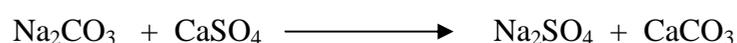
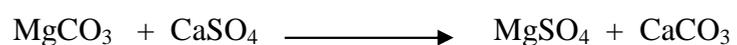
Reaktor berpengaduk yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis reaktor batch yang merupakan suatu bejana yang didalamnya dilakukan suatu reaksi tertentu dimana tidak ada aliran masuk dan tidak terdapat aliran keluar selama reaksi berlangsung. Reaktor ini disimulasikan menggunakan gelas kimia berisi pengaduk yang kecepatannya dibantu menggunakan *hot plate*. Pengaturan umpan masuk dilakukan hanya pada saat pertama kali dimulainya percobaan, dan hasil reaksi dikeluarkan setelah jangka waktu tertentu.

Pada penelitian yang dilakukan ini menggunakan gelas kimia sebagai reaktor dengan *stirrer* sebagai pengaduk. Operasi berjalan pada suhu ruang (30°C) dalam waktu 90 menit dan sebagai variabel penelitian yaitu rasio umpan dan kecepatan pengadukan. Reaksi abu cangkang sawit dengan gipsum yang terjadi dalam reaktor berpengaduk adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Reaktor Berpengaduk

Kandungan unsur-unsur lain dalam cangkang kelapa sawit yang dapat terikat oleh gipsum diantaranya :



2.10 Variabel-Variabel yang Berpengaruh

2.10.1 Pengadukan

Pengadukan merupakan gerakan yang terinduksi menurut cara tertentu pada suatu bahan di dalam reaktor. Gerakan tersebut mempunyai semacam pola sirkulasi. Pendispersian butiran padatan ke dalam cairan dengan cara pengadukan dapat meningkatkan luas kontak dan memperbesar tumbukan antar molekul dalam cairan dan mencegah pengendapan. Pencampuran merupakan peristiwa penyebaran bahan-bahan secara acak. Bahan yang satu menyebar ke dalam bahan yang lain dan sebaliknya. Bahan-bahan tersebut sebelumnya terpisah dalam dua fasa atau lebih (Levenspiel, 1972).

Kecepatan putaran dapat mempengaruhi proses pengadukan. Semakin besar putaran pengadukan, maka hasil pengadukan akan semakin homogen dan memiliki nilai bilangan Reynold (N_{re}) yang besar. Persamaan N_{re} adalah sebagai berikut:

$$Re = \frac{\rho D (ND)}{\mu} = \frac{\rho D^2 N}{\mu}$$

dimana:

Re : Bilangan Reynold

D : Diameter (m)

μ : Viskositas fluida (kg/m.s)

ρ : Densitas fluida (kg/m³)

N : kecepatan rotasi (rev/s)

Dalam sistem pengadukan terdapat 3 jenis bentuk aliran yaitu laminar, transisi dan turbulen. Bentuk aliran laminar terjadi pada bilangan Reynold hingga 10, sedangkan turbulen terjadi pada bilangan Reynold 10 hingga 10⁴ dan transisi berada diantara keduanya (Geankoplis, 1993).

2.10.2 Waktu operasi

Waktu pencampuran merupakan faktor penentu bagi tercapainya konsentrasi pupuk yang baik. Pencampuran yang terbaik dapat mencampur dalam waktu yang ditentukan, menggunakan daya sekecil-kecilnya. Dalam banyak hal, diinginkan

waktu campur yang singkat namun banyak hal yang perlu dipertimbangkan seperti pengadukan, ukuran bahan, energi pencampuran.

Semakin lama waktu pencampuran, maka jumlah reaktan didalam reaktor akan semakin sedikit dikarenakan reaktan tersebut telah terkonversi menjadi produk. Oleh karena itu dapat dibuat persamaan sebagai berikut:

$$V = \frac{-[R]}{t} \quad V = \frac{[P]}{t}$$

dimana:

- t : Perubahan waktu
- V : Laju reaksi
- [R] : Berkurangnya konsentrasi reaktan
- [P] : Bertambahnya konsentrasi Produk

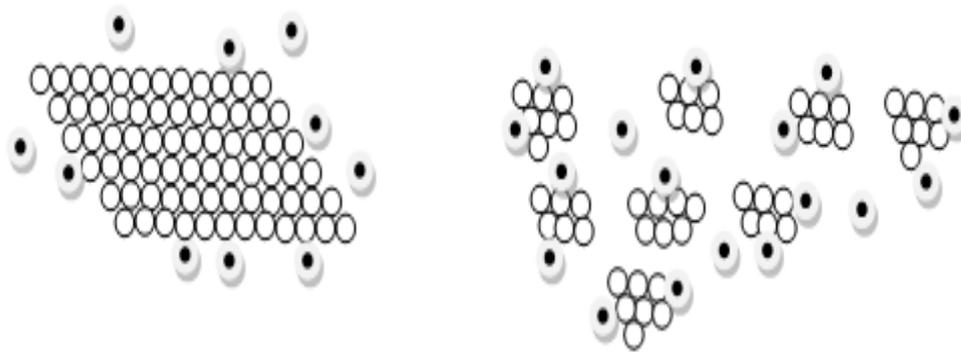
Untuk mencampurkan pereaksi dalam reaktor berpengaduk, dapat digunakan pencampuran yang ukurannya relatif kecil, walaupun alat tersebut memerlukan beberapa pencampuran agar bejana proses bekerja efektif pada setiap masalah pengadukan yang dihadapi, volume fluida yang disirkulasikan oleh pengaduk harus cukup besar agar dapat menyapu keseluruhan bejana dalam waktu yang singkat. Demikian pula kecepatan arus yang meninggalkan pengaduk harus cukup tinggi agar dapat mencapai semua sudut tangki (Levenspiel, 1972).

2.10.3 Ukuran partikel

Ukuran partikel yang kecil akan memperbesar permukaan kontak antara partikel dengan cairan. Pemilihan ukuran partikel sangat berpengaruh terhadap proses pencampuran, dimana ukuran partikel yang semakin kecil maka akan semakin cepat terbentuknya campuran yang homogen. Untuk menjaga agar zat padat itu selalu berada dalam suspensi di dalam tangki, biasanya diperlukan kecepatan fluida rata-rata yang besar (Levenspiel, 1972).

Luas permukaan sentuh memiliki peranan yang sangat penting, semakin besar luas permukaan maka akan menyebabkan laju reaksi semakin cepat. Begitu juga, apabila semakin kecil luas permukaan bidang sentuh, maka semakin kecil

tumbukan yang terjadi antar partikel, sehingga laju reaksi pun semakin kecil seperti yang terlihat pada Gambar 4.



(a)

(b)

Gambar 4. Pengaruh Luas Permukaan terhadap Laju Reaksi (a) Luas Permukaan benda dengan ukuran besar (b) Luas Permukaan benda dengan ukuran yang telah diperkecil

2.10.4 Temperatur operasi

Kelarutan suatu padatan yang akan dicampur dipengaruhi oleh temperatur. Semakin meningkatnya temperatur maka kelarutan suatu padatan semakin tinggi dan menambah kecepatan reaksi. Meningkatnya temperatur juga meningkatkan laju difusi yang akan menambah kecepatan reaksi (Levenspiel, 1972).

Suhu juga turut berperan dalam mempengaruhi laju reaksi. Apabila suhu pada suatu reaksi yang berlangsung dinaikkan, maka menyebabkan partikel semakin aktif bergerak, sehingga tumbukan yang terjadi semakin sering, menyebabkan laju reaksi semakin besar. Sebaliknya, apabila suhu diturunkan, maka partikel semakin tak aktif, sehingga laju reaksi semakin kecil.

Pada umumnya reaksi akan berlangsung lebih cepat bila suhu dinaikkan. Dengan menaikkan suhu maka energi kinetik molekul-molekul zat yang bereaksi akan bertambah sehingga akan lebih banyak molekul yang memiliki energi sama atau lebih besar dari E_a . Dengan demikian lebih banyak molekul yang dapat mencapai keadaan transisi atau dengan kata lain kecepatan reaksi menjadi lebih besar. Secara matematis hubungan antara nilai tetapan laju reaksi (k) terhadap suhu dinyatakan oleh formulasi Arrhenius (Castelan, 1982):

$$k = A \cdot e^{-E/RT}$$

dimana:

k : Tetapan laju reaksi

A : Tetapan Arrhenius yang harganya khas untuk setiap reaksi

E : Energi pengaktifan

R : Tetapan gas universal = 0.0821.atm/mol^oK = 8.314 joule/mol^oK

T : Suhu reaksi (^oK)

2.10.5 Rasio Umpan (Perbandingan Komposisi)

Dalam suatu reaksi kimia, bahwa perbandingan jumlah mol yang bereaksi sangat menentukan jumlah hasil reaksi. Perbandingan mol didalam suatu reaksi dapat dilihat dari koefisien kesetimbangan reaksi.