



BAB II

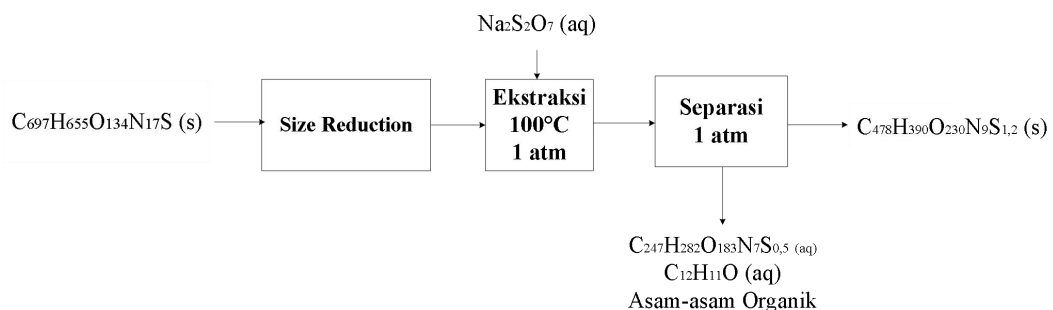
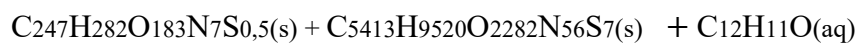
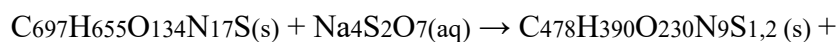
URAIAN DAN SELEKSI PROSES

II.1 Macam-macam Proses

Secara umum, asam humat dapat diproduksi dari batu bara kualitas rendah dengan jenis *lignite* yang mengandung senyawa humus, adapun metode proses produksi asam humat yang dapat digunakan antara lain sebagai berikut :

1. Ekstraksi batu bara lignite dengan Natrium Pirosulfat

Proses ekstraksi basa *pyrosulfat* untuk mengisolasi *humic substances* pertama kali ditemukan pada tahun 1938 oleh E.L. Hirst. Bahan organik digiling halus. Ekstraksi dengan bahan larutan alkali/ natrium pirosulfat, natrium pirosulfat sendiri merupakan garam netral dari asam mineral. Saat ini, proses tersebut jarang dipakai karena larutannya hanya mampu mengekstrak sedikit senyawa humus dari bahan organik. Proses pemurnian diperlukan untuk mengurangi kandungan mineral/abu menambah kompleksitas dan biaya. Hasil yield asam humat yang diperoleh 14%. (US. Patent No. 2.155.765). Metode ini sederhana, murah, dan relatif stabil, cocok untuk isolasi fraksi humat dasar dari bahan organik yang tidak terlalu kompleks secara mineral. Namun, untuk bahan organik dengan kandungan logam / mineral, ekstraksi dengan basa *pyrosulfat* sering tidak efektif, dengan hasil yield asam humat yang diperoleh sangat sedikit. (Muzakky, 2003)



Gambar 5. Produksi Asam Humat dengan Proses Ekstraksi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$

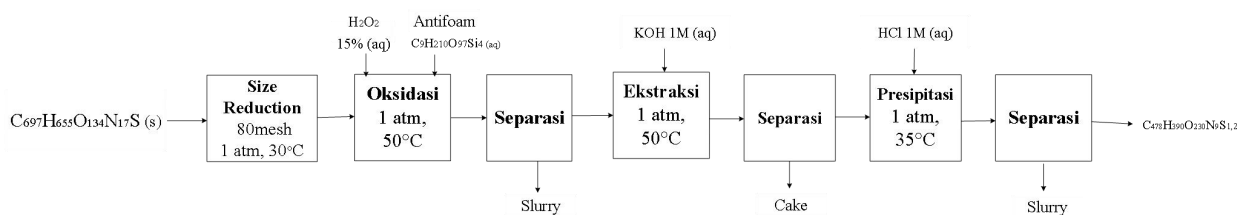


Prarancangan Pabrik

Pabrik Asam Humat dari Batu Bara *Lignite* dengan Proses LHAP (*Lignin Extraction/Humic Acid Precipitation*) Kapasitas 50.000 ton/tahun

2. LHAP (*Lignin Extraction/Humid Acid Precipitation*)

Metode LHAP (*Lignin Extraction/Humid Acid Precipitation*) pertama kali diperkenalkan oleh R.S. Montgomery pada tahun 1963. Metode proses ini merupakan perkembangan dari metode ekstraksi dengan natrium piro sulfat. Metode ini terdiri atas proses ekstraksi *lignite* dan presipitasi asam humat. Selain itu, sebelum dilakukan ekstraksi asam humat dari senyawa organik dilakukan oksidasi terlebih dahulu. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan pengotor yang terdapat dalam bahan organik tersebut dan meningkatkan yield dari asam humat yang diperoleh (Asif, 2022). Oksidator yang digunakan dalam proses ini adalah H_2O_2 . Pada konsentrasi 5% H_2O_2 menghasilkan konversi *crude Humic Acids* sebesar 63,57%; sedangkan pada konsentrasi 15% menghasilkan sebesar 86,33%. *Moisture content* dan *ash content* yang dihasilkan pada proses ini berturut-turut adalah <19% dan <1%. Basa yang dipakai untuk mengekstraksi asam humat dari bahan organik adalah KOH. Konsentrasi KOH yang digunakan sebesar 1M. Basa alkali ini mampu melarutkan asam humat maupun asam fulvat, sehingga dapat terambil dari batubara. Untuk memisahkan keduanya, digunakan larutan asam kuat seperti HCl dengan konsentrasi sebesar 1M. Asam fulvat akan tetap berada dalam fase larutan asam, sedangkan asam humat akan mengendap. (U.S. Bureau Mines no. 8234; CN.Patent.No.101423536A). Selain itu unsur K pada penggunaan KOH dapat bertindak sebagai unsur hara yang dibutuhkan oleh tanah.



Gambar 6. Produksi Asam Humat dengan Proses LHAP

II.2 Pemilihan Proses

Berdasarkan proses yang dilakukan terhadap proses produksi asam humat, dapat dibuat perbandingan sebagai berikut :



Prarancangan Pabrik

Pabrik Asam Humat dari Batu Bara *Lignite* dengan Proses LHAP (*Lignin Extraction/Humic Acid Precipitation*) Kapasitas 50.000 ton/tahun

Tabel II. 1 Pemilihan Proses pada Proses Produksi Asam Humat

Parameter	Ekstraksi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$	LHAP (<i>Lignin Extraction/Humid Acid Precipitation</i>)
Bahan baku	Batubara lignite	Batubara lignite
Temperature dan kondisi operasi	Ekstraksi : 100°C	Oksidasi H_2O_2 : $25\text{--}60^\circ\text{C}$ Ekstraksi KOH : $25\text{--}80^\circ\text{C}$, 1 atm Presipitasi HCL : 35°C
Ketersediaan bahan baku	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ tersedia industri tapi tidak umum dalam tonase besar, biaya sedang–tinggi	H_2O_2 , KOH, HCl tersedia dengan jumlah besar di industri
Konsumsi energi	Pemanasan dapat digunakan untuk mempercepat ekstraksi dan pemisahan	Terdapat treatment oksidasi, ekstraksi dapat dilakukan tanpa temperature tinggi
Reaktor	CSTR	CSTR
Hasil	Yield 14% (Asam Humat) 86% (Asam organik terlarut)	86,33%
Waktu proses	2 s.d 5 jam	1 s.d. 3 jam
Keunggulan	Tahapan relatif sederhana	Energi rendah, reagen murah, ramah lingkungan
Produk	Padatan asam humat	Padatan asam humat hasil oksidasi (kaya akan gugus fungsi)

Berbasarkan perbandingan antara proses-proses yang telah dijelaskan, proses LHAP lebih dipilih. Alasan pemilihan proses tersebut adalah sebagai berikut :

1. Efisiensi energi proses

Oksidasi dengan H_2O_2 dapat berlangsung pada temperature rendah, yaitu hanya $25\text{--}60^\circ\text{C}$, sementara tahap ekstraksi basa berlangsung pada $25\text{--}80^\circ\text{C}$. Kisaran temperatur ini dapat dicapai dengan pemanasan konvensional tanpa peralatan khusus.

2. Ketersediaan dan keamanan bahan baku



Prarancangan Pabrik

Pabrik Asam Humat dari Batu Bara *Lignite* dengan Proses LHAP (*Lignin Extraction/Humic Acid Precipitation*) Kapasitas 50.000 ton/tahun

Bahan yang digunakan memiliki ketersediaan global yang stabil serta harga relatif murah. Hal ini menjamin kontinuitas pasokan dan mengurangi risiko gangguan logistik operasi pabrik. Sebaliknya, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ bukan reagen yang umum digunakan dalam tonase besar, sehingga ketersediaannya terbatas - harganya lebih tinggi. Selain itu, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ bersifat sangat korosif yang membutuhkan penanganan khusus.

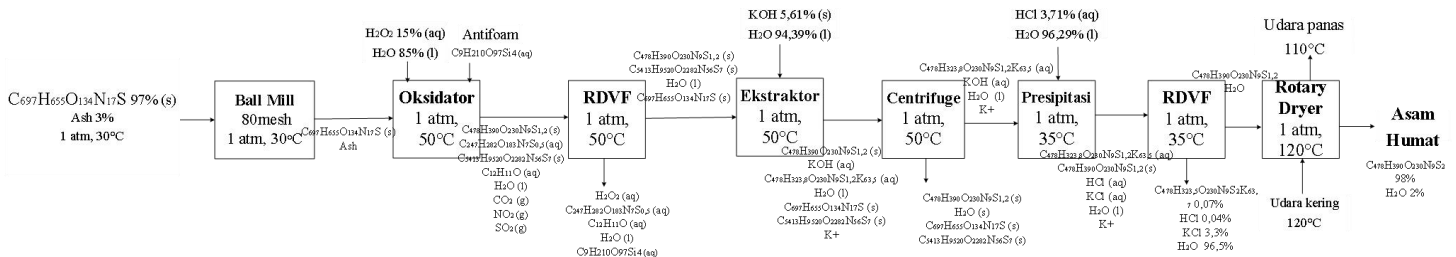
3. Yield atau konversi produk tinggi

H_2O_2 mampu memecah struktur lignite selektif hingga membuka fraksi humat tanpa merusaknya, sehingga memaksimalkan kelarutan humat dalam larutan basa. Sebaliknya, proses $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ memiliki yield yang sangat rendah, di bawah 14% akibat proses fusion yang justru dapat merusak struktur organik.

4. Skalabilitas dan kemudahan operasi industri

Proses ini sangat mudah diskalakan untuk kebutuhan industri. Unit operasi yang diperlukan hanya berupa reaktor pencampur, tangki berpengaduk, sistem pemanasan sederhana, serta peralatan filtrasi dan pengeringan yang sudah umum pada industri kimia. Hal ini memungkinkan proses dijalankan baik secara batch maupun *continuous* tanpa kesulitan teknis

II.3 Diagram Alir Uraian Proses



Gambar 7. Proses Produksi Asam Humat dengan Proses LHAP

Uraian proses dalam produksi asam humat dari batubara lignite dengan proses LHAP adalah sebagai berikut:

1) Pengecilan ukuran batubara

Batubara kualitas rendah (*lignite*) yang diperoleh dari pemasok memiliki ukuran partikel 76% diantaranya 2–50 mm, 22% berukuran <2 mm, dan 2% diantaranya >50mm dengan kadar air awal sebesar 20%. Batubara dialirkan menggunakan *belt conveyor* menuju *ball mill* untuk proses penghalusan hingga mencapai ukuran 80 mesh ($\pm 0,175$ mm). Tahapan ini bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan batubara, sehingga proses oksidasi dan ekstraksi asam humat dapat berlangsung lebih efektif dan efisien.

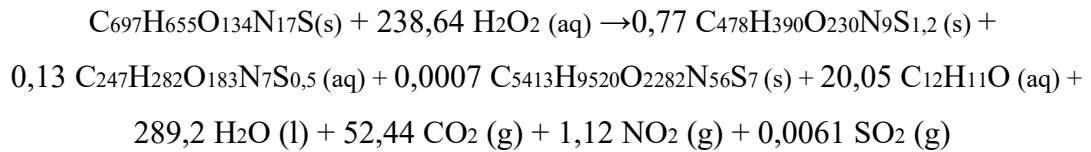
2) Oksidasi batubara oleh H_2O_2 15%

Larutan H_2O_2 berkonsentrasi 50% terlebih dahulu diencerkan menggunakan air proses hingga diperoleh larutan H_2O_2 15% di dalam tangki pengenceran. Selanjutnya, larutan H_2O_2 15% tersebut dipanaskan dengan *heater* sampai mencapai suhu operasi reaktor oksidasi, yaitu 50°C. Proses oksidasi batubara dilakukan menggunakan larutan H_2O_2 15% pada suhu 50 °C dan tekanan 1 atm. Kondisi operasi ini dipilih karena relatif ekonomis sekaligus mampu memberikan perolehan batubara teroksidasi tertinggi. Yield asam humat yang diperoleh yakni 86,33%. Tahap oksidasi berlangsung di dalam *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR). Reaksi oksidasi yang terjadi dapat dituliskan sebagai berikut: (Reaksi semu/pseudo reaction)



Prarancangan Pabrik

Pabrik Asam Humat dari Batu Bara *Lignite* dengan Proses LHAP (*Lignin Extraction/Humic Acid Precipitation*) Kapasitas 50.000 ton/tahun



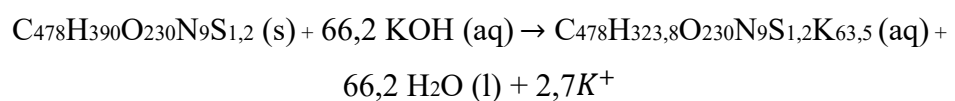
(Sumber : Dhingra, 2021 dan CN. Patent. No.101423536A)

3) Pemisahan campuran hasil oksidasi

Hasil proses oksidasi membentuk campuran tiga fase, yaitu fase cair yang terdiri atas sisa H_2O_2 , senyawa terlarut dalam air, dan air; fase padat berupa batubara teroksidasi (Asam humat, asam fulvat, humin); serta fase gas yang merupakan gas buang hasil reaksi oksidasi seperti SO_2 , CO_2 , dan NO_2 . Fase gas tersebut langsung dialirkan keluar dari reaktor yang nantinya akan di wet scrubber untuk mengurangi kadar konsentrasi pada udara. Selanjutnya, campuran fase padat dan cair dipisahkan dengan menggunakan *rotary drum vacuum filter*. Fase cair (filtrat) dialirkan menuju penampungan unit pengolahan, sedangkan padatan berupa *cake* batubara teroksidasi diteruskan ke tahap ekstraksi berikutnya.

4) Ekstraksi asam humat oleh KOH 1M

Proses ekstraksi dilakukan di dalam *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) pada suhu operasi 50°C dan tekanan 1 atm dengan kondisi pH basa 10. KOH yang digunakan berupa KOH padat, yang terlebih dahulu dilarutkan menggunakan air proses hingga membentuk larutan KOH 1M di dalam tangki pengenceran, kemudian dipanaskan dengan *heater* sampai mencapai suhu 50°C . Asam humat bersifat mudah larut dalam suasana basa, sehingga penambahan larutan KOH menyebabkan asam humat yang terkandung di dalam batubara teroksidasi larut ke dalam fase cair. Hasilnya akan menghasilkan unsur kalium (K) yang bermanfaat bagi kesuburan tanah. Reaksi kimia yang berlangsung dapat dituliskan sebagai berikut:



(Sumber : CN.Patent.No.101423536A)



Prarancangan Pabrik

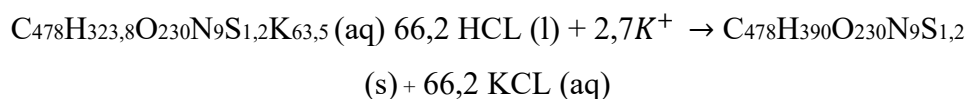
Pabrik Asam Humat dari Batu Bara *Lignite* dengan Proses LHAP (*Lignin Extraction/Humic Acid Precipitation*) Kapasitas 50.000 ton/tahun

5) Pemisahan campuran hasil ekstraksi

Produk dari proses ekstraksi merupakan campuran fase padat (batubara residu yang mengandung humin) dan cair (larutan kalium humat). Kemudian, campuran padat-cair ini dipisahkan dengan alat *centrifuge*. Proses pemisahan dilakukan dengan suhu keluaran sebesar 50°C. Filtrat yang mengandung larutan kalium humat diteruskan ke proses presipitasi pada unit selanjutnya, sedangkan cake batubara residu diteruskan ke unit utilitas.

6) Presipitasi asam humat oleh HCl 1M

Pada tahap presipitasi, asam humat dipisahkan dari larutan kalium humat dengan memanfaatkan perbedaan sifat kelarutannya. Asam humat bersifat tidak larut dalam suasana asam, sehingga penambahan larutan HCl menyebabkan asam humat mengendap. Sebelum digunakan, HCl dengan konsentrasi 32% terlebih dahulu diencerkan hingga mencapai konsentrasi 1M di dalam tangki pengenceran. Larutan HCl hasil pengenceran kemudian didinginkan menggunakan cooler untuk menyesuaikan dengan suhu operasi reaktor. Proses presipitasi dilakukan di dalam *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) pada kondisi operasi suhu 35 °C dan tekanan 1 atm. Pemilihan HCl didasarkan pada sifatnya sebagai asam kuat, sehingga jumlah asam yang dibutuhkan relatif lebih sedikit dibandingkan penggunaan asam lemah untuk menghasilkan jumlah endapan asam humat yang sama. Selain itu, HCl tidak memiliki sifat oksidator, sehingga penggunaannya dinilai lebih aman dibandingkan asam sulfat maupun asam nitrat. Reaksi yang berlangsung pada proses ini adalah:



(Sumber : CN.Patent.No.101423536A)

7) Pemisahan campuran hasil presipitasi

Produk yang dihasilkan dari tahap presipitasi berupa campuran antara fase padat, yaitu asam humat, dan fase cair berupa larutan *brine* KCl. Campuran padat cair tersebut selanjutnya dipisahkan menggunakan *rotary*



Prarancangan Pabrik

Pabrik Asam Humat dari Batu Bara *Lignite* dengan Proses LHAP (*Lignin Extraction/Humic Acid Precipitation*) Kapasitas 50.000 ton/tahun

drum vacuum filter. Proses pemisahan berlangsung pada kondisi vakum dengan temperatur keluaran sebesar 35 °C. Filtrat hasil pemisahan dialirkan menuju unit pengolahan limbah, sedangkan padatan (cake) yang mengandung asam humat diarahkan ke unit pengeringan untuk tahap proses selanjutnya.

8) Pengeringan asam humat

Asam humat yang dihasilkan dari *rotary drum vacuum filter* masih berada dalam bentuk padatan dengan kandungan air yang relatif tinggi, sehingga diperlukan tahap pengeringan menggunakan aliran udara kering di dalam *rotary dryer*. Proses pengeringan dilakukan pada kondisi operasi suhu 120 °C dan tekanan 1 atm. Produk asam humat kering yang keluar dari *rotary dryer* selanjutnya diperkecil dan diseragamkan ukurannya menggunakan *ball mill*, sebelum akhirnya disimpan di dalam unit penyimpanan dan dilakukannya packingin.