

BAB II STUDI KELAYAKAN AWAL

2.1 Seleksi Proses

Dalam pembuatan SLS dari tandan kosong kelapa sawit terdapat beberapa tahapan proses yaitu preparasi bahan baku dan delignifikasi, isolasi lignin, sulfonasi dan pengeringan. Seleksi proses dilakukan agar menghasilkan produk SLS yang diinginkan dan setiap prosesnya akan dijelaskan pada tahapan prosesnya.

2.1.1 Bahan Baku Pembuatan Surfaktan SLS

Berdasarkan data dari Dinas Perkebunan Kalimantan Timur tahun 2019 kelapa sawit merupakan salah satu komoditas besar di Kalimantan Timur dengan produksi pada tahun 2019 mencapai 18.343.852 ton/tahun. Dalam proses produksi minyak sawit, terdapat beberapa limbah biomassa sawit yang memiliki potensi untuk dioptimalkan pemanfaatannya dengan mengolah limbah tersebut menjadi produk kimia bernilai jual tinggi yaitu surfaktan SLS.

Tabel 2.1 Perbandingan bahan baku dari limbah biomassa Sawit

Jenis Limbah Kelapa Sawit	Cangkang Kelapa Sawit	Serabut Buah Kelapa Sawit	Tandan Kosong Kelapa Sawit
Kandungan lignin (%)	53,9 ^[1]	28,5 ^[2]	27,6 ^[3]
Ketersediaan Bahan Baku (% per ton pengolahan tandan buah segar kelapa sawit)	6,5 ^[4]	13 ^[4]	23 ^[4]
Harga Bahan Baku (Rp/ton)	Rp. 1.740.636,-	Rp. 2.901.060,-	Rp. 50.000,-

Sumber: ^[1]Okroigwe et al, 2014, ^[2]Wirman et al, 2016, ^[3]Sudiyani, 2010, ^[4]Susanto et al, 2017

Dengan pertimbangan tersebut, dipilih Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebagai bahan baku pada produksi surfaktan SLS berdasarkan kandungan lignin pada TKKS yang belum dioptimalkan pemanfaatannya, ketersediaan bahan baku yang cukup serta harga bahan baku yang lebih murah.

2.1.2 Proses Delignifikasi (Pulping)

Proses pulping merupakan proses pelarutan lignin (delignifikasi) sehingga lignin terpisah dari serat-serat selulosa. Delignifikasi adalah proses pemecahan struktur kimia lignin dan rendering yang larut dalam air, kecuali metode organosolv (Biermann 1996). Proses delignifikasi dapat dilakukan dengan mendegradasi lignin dari suatu material baik secara fisik, kimia dan biologi. Untuk menghasilkan

pemisahan lignin yang lebih sempurna, digunakan proses kimia dengan menambahkan bahan kimia ke dalam proses pulping. Berikut adalah masing-masing metode delignifikasi secara kimia :

2.1.2.1 Soda Pulping

Pada proses soda larutan yang digunakan sebagai pemasak adalah larutan soda api (NaOH). Pada Proses pemasakan, lignin akan terdegradasi dan kemudian larut dalam air. Larutnya lignin dalam air terjadi karena adanya transfer ion hidrogen dari gugus hidroksil pada lignin ke ion hidroksil yang terdapat pada soda. Metode ini juga tidak banyak menggunakan bahan kimia sehingga lebih ramah lingkungan (Ismiyati, 2009).

2.1.2.2 Kraft Pulping

Proses kraft pulping merupakan proses yang paling sering digunakan untuk mendapatkan lignin dari biomassa lignoselulosa. Pada proses ini, NaOH cair ikut dengan sulfida untuk memisahkan lignin dari selulosa dalam kondisi pH tinggi. Kemudian, lignin bersama hemiselulosa dikumpulkan dalam bentuk lindi hitam. Kandungan sulfur dan kaustik dapat didaur ulang sehingga dapat meningkatkan nilai ekonomi pada proses. Namun meskipun proses ini paling banyak digunakan, perlu dipertimbangkan kembali karena lignin yang diperoleh melalui proses kraft memiliki nilai kalor rendah dan dari aspek lingkungan proses ini mengeluarkan lebih banyak gas beracun (Ahmad, 2018)

2.1.2.3 Organosolv

Proses delignifikasi dengan metode organosolv sebagian besar merupakan prosedur eksperimental pembuatan pulp dengan menggunakan pelarut organik seperti metanol, ethanol, asam asetat, dan aseton. Proses ini juga memiliki keuntungan karena ramah lingkungan dan tidak ada emisi sulfur. Peralatan yang digunakan juga sederhana serta kemudahan dalam proses *recovery* (Biermann 1996). Kekurangan dari metode organosolv adalah hanya efektif pada produksi dalam skala kecil (Wutisatwongkul et al. 2016).

2.1.2.4 Sulfit

Proses delignifikasi dengan metode sulfit menggunakan campuran asam sulfat dan garam alkali (Na^+ , NH_3^+ , Mg^{2+} , K^+ atau Ca^{2+}) untuk melarutkan lignin dan pemecahan ikatan lignin. Namun, metode sulfit saat ini hanya digunakan kurang dari 10% dari industri pulp karena pertimbangan lingkungan. Penggunaan metode sulfit cocok untuk memproduksi pulp dari kayu daun lebar dengan rendemen tinggi. Kekurangan dari metode ini adalah proses pemasakan yang lama dan *recovery* yang susah (Biermann, 1996).

Tabel 2.2 Perbandingan metode pulping

Parameter	Soda Pulping	Kraft	Organosolv	Sulfit
<i>Yield</i>	50 – 70%	45 – 55%	56 – 67%	50 - 65%
Kemurnian	90 %	>95%	>90%	55 – 90%
Waktu Pemasakan	1 – 5 jam	1 jam	1 jam	3 – 7 jam
Jenis Lignin yang dihasilkan	Lignin tidak mengandung sulfur	Lignin mengandung sulfur	Lignin tidak mengandung sulfur	Lignin mengandung sulfur
Pemasak yang digunakan	NaOH	Na ₂ S, NaOH	Methanol, Air, NaOH	Ca(HSO ₃) ₂ dan Mg(HSO ₃) ₂
Cocok digunakan untuk jenis kayu	Limbah Pertanian	<i>Softwoods, Hardwoods</i>	<i>Softwoods, Hardwoods, Limbah Pertanian</i>	Kayu daun lebar dan <i>softwoods</i>

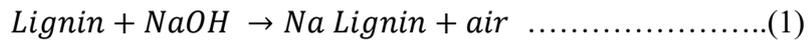
Sumber: Young et al, 2003 dan Glasser, 2001

Dari perbandingan metode pulping, metode yang digunakan adalah metode soda pulping untuk memperoleh lignin dari TKKS karena metode tersebut cocok dengan bahan baku yang digunakan, proses yang sederhana, kemurnian dan yield yang dihasilkan cukup tinggi dan menghasilkan jenis lignin yang tidak mengandung sulfur.

2.2 Deskripsi Proses

2.2.1 Preparasi bahan baku dan Delignifikasi (Pulping)

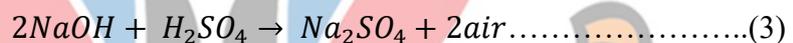
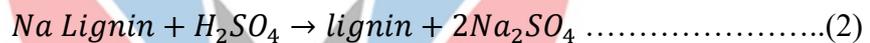
Pada tahap persiapan bahan baku, TKKS dari tempat penyimpanan TKKS diangkut menggunakan *belt conveyor* menuju *rotary knife cutter* untuk dihancurkan dengan mereduksi ukurannya hingga menjadi serbuk dengan ukuran kurang dari 5 mm dengan efisiensi dari pemotongan sebesar 80% (Walas, 1998). TKKS yang telah dihancurkan tersebut menuju *vibrating screen* untuk menyeragamkan ukuran dan sisa TKKS yang tidak sesuai spesifikasi dihancurkan kembali pada *rotary knife cutter*. Kemudian, TKKS diangkut dengan *bucket elevator* menuju reaktor delignifikasi dimana proses soda pulping berlangsung. Di dalam reaktor delignifikasi, TKKS bereaksi dimasak dengan larutan NaOH yang dialirkan dari tangki penampungan larutan NaOH melalui pompa sentrifugal dengan temperatur reaksi 140°C dan tekanan 1 atm selama 13 menit (Muryanto, 2016), dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



Hasil reaksi tersebut berupa larutan lindi hitam dengan serat TKKS yang kemudian dialirkan dengan pompa menuju pendingin untuk menurunkan temperatur keluaran reaktor 140°C menjadi 60°C. Kemudian dipisahkan dengan menggunakan *filter press* untuk mendapatkan larutan lindi hitam. Sisa dari hasil delignifikasi tersebut berupa *unbleached soda pulp* yang akan dibawa menggunakan screw conveyor ke tangki penyimpanan untuk kemudian dapat dijual untuk kebutuhan industri pulp.

2.2.2 Isolasi Lignin

Proses isolasi lignin yaitu dengan presipitasi asam menggunakan asam sulfat untuk mengendapkan lignin dalam larutan lindi hitam. Lindi hitam yang dihasilkan dari proses delignifikasi dialirkan menuju mixing tank melalui pompa dan ditambahkan asam sulfat encer H₂SO₄ 72% untuk mengendapkan lignin (Matsushita & Yasuda 2005), Berikut adalah reaksi yang terjadi pada Tangki Pengasaman H₂SO₄:



Kemudian keluaran dari tangki pengasaman dialirkan dengan pompa menuju *decanter* untuk memisahkan *light stream* dan *heavy stream* yang telah ditentukan berdasarkan densitas campuran dan kelarutannya terhadap air.

2.2.3 Sulfonasi

Proses sulfonasi bertujuan untuk mengubah lignin menjadi surfaktan sodium lignosulfonate (SLS) dengan mereaksikan lignin dengan agen penyulfonasi (NaHSO₃) dengan katalis NaOH. Isolat lignin dialirkan melalui pompa menuju reaktor sulfonasi dan ditambahkan dengan natrium bisulfit (NaHSO₃) yang diangkut dari silo dengan *screw conveyor* dengan katalis NaOH yang dialirkan dari tangki pelarutan NaOH. Reaksi berlangsung pada temperatur reaksi 90°C dengan tekanan 1 atm dengan waktu 1 jam (Ismiyati, 2009), dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



2.2.4 Pengeringan

Hasil sulfonasi kemudian dialirkan dengan pompa menuju *decanter* untuk memisahkan *light stream* dan *heavy stream* yang telah ditentukan berdasarkan densitas campuran dan kelarutannya terhadap air. Kemudian Larutan SLS dialirkan dengan pompa menuju *spray dryer* untuk dikeringkan dengan bantuan udara pemanas (125°C) dengan efisiensi 99% dan sisanya dialirkan ke cyclone separator dengan efisiensi 98% (Perry,1999). Kemudian keluaran bubuk SLS dari spray dryer dan cyclone keluar dan diangkut menuju silo dengan *screw conveyor*.

2.3 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

Adapun spesifikasi bahan baku utama, bahan pendukung dan produk yang dihasilkan adalah sebagai berikut

2.3.1 Spesifikasi Bahan Baku Utama

Untuk memproduksi SLS, bahan baku yang digunakan adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Rata-rata produksi TKKS adalah 23% dari pengolahan 1 ton Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit. Pada Tabel 2.3 berikut merupakan spesifikasi yang dimiliki oleh TKKS

Tabel 2. 3 Tabel Spesifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

No.	Spesifikasi	Nilai
1	Bentuk	Padatan
2.	Ukuran	5 mm (setelah dihancurkan)
3.	Densitas	0,98 g/cm ³
4.	Moisture	9,41 %
5.	Selulosa	41,3 %
6.	Hemiselulosa	25,3 %
7.	Lignin	27,6 %
8.	Distributor Bahan Baku	PT. Dharma Satya Nusantara
9.	Harga	Rp. 50.000/ton

(Sudiyani, 2010)

2.3.2 Spesifikasi Bahan Pendukung

Adapun bahan pendukung pada proses produksi SLS ini adalah Natrium Hidroksida (NaOH) yang digunakan sebagai pemasak pada proses delignifikasi dan katalis pada proses sulfonasi, Asam Sulfat (H₂SO₄) untuk presipitasi asam pada isolasi lignin dan Natrium Bisulfit (NaHSO₃) sebagai agen penyulfonasi untuk proses sulfonasi.

1. Natrium Hidroksida (NaOH)

NaOH merupakan senyawa anorganik dengan rumus kimia NaOH yang berbentuk padatan berwarna putih. NaOH banyak digunakan dalam aplikasi kimia, industri dan manufaktur. NaOH merupakan bahan yang sangat korosif yang dapat menyebabkan iritasi. Pada Tabel 2.4 berikut merupakan spesifikasi NaOH

Tabel 2.4 Tabel Spesifikasi Natrium Hidroksida (NaOH)

No.	Spesifikasi	Nilai
1	Rumus Molekul	NaOH
2.	Fase	Padatan (kristal)
3.	Warna	Putih
4.	Berat Molekul	40 kg/kmol

No.	Spesifikasi	Nilai
6.	Densitas	2.130 kg/m ³
7.	Kemurnian	98 % wt
8.	Kelarutan dalam air	Larut
9.	Distributor Bahan Baku	PT. Asahimas Chemical
10.	Harga	Rp2.143.967/ton

(National Academy of Sciences, 1984)

2. Asam Sulfat (H₂SO₄)

Asam sulfat merupakan asam mineral kuat dengan rumus kimia H₂SO₄. H₂SO₄ banyak digunakan dalam aplikasi kimia, industri dan manufaktur. H₂SO₄ merupakan bahan kimia berbentuk cairan yang bersifat korosid, tidak berwarna, tidak berbau dan sangat reaktif. Pada Tabel 2.5 berikut merupakan spesifikasi H₂SO₄

Tabel 2.5 Tabel Spesifikasi Asam Sulfat (H₂SO₄)

No.	Spesifikasi	Nilai
1	Rumus Molekul	H ₂ SO ₄
2.	Fase	Cairan
3.	Warna	Tidak Berwarna
4.	Berat Molekul	98,08 kg/kmol
6.	Densitas	1.840 kg/m ³
7.	Kemurnian	98 % wt
8.	Kelarutan dalam air	Larut
9.	Distributor Bahan Baku	PT. Indonesian Acids Industry
10.	Harga	Rp2.143.967/ton

(Perry dan Green, 2008)

3. Natrium Bisulfit (NaHSO₃)

Natrium bisulfit merupakan campuran garam dengan rumus kimia NaHSO₃ yang larut dalam air dan menghasilkan larutan yang terdiri dari ion natrium dan bisulfit. Natrium bisulfit berbentuk padatan putih dengan bau sulfur. Pada Tabel 2.6 berikut merupakan spesifikasi NaHSO₃

Tabel 2.6 Spesifikasi Natrium Bisulfit (NaHSO₃)

No.	Spesifikasi	Nilai
1	Rumus Molekul	NaHSO ₃
2.	Fase	Padatan (kristal)
3.	Warna	Putih
4.	Berat Molekul	104 kg/kmol
6.	Densitas	1,48 kg/m ³
7.	Kemurnian	99 % wt
8.	Kelarutan dalam air	Larut

No.	Spesifikasi	Nilai
9.	Distributor Bahan Baku	PT. Nusa Indah Mega
10.	Harga	Rp868.800/ton

(National Academy of Sciences, 1984)

2.3.3 Spesifikasi Produk

Adapun produk utama yang dihasilkan yaitu Sodium Lignosulfonate (SLS) dan *Unbleached Soda Pulp*. Berikut adalah spesifikasi dari produk yang dihasilkan

1. Sodium Lignosulfonate (SLS)

Sodium lignosulfonate (SLS) merupakan surfaktan anionik berbasis lignin yang memiliki rumus kimia $C_{20}H_{24}Na_2O_{10}S_2$ dan memiliki gugus hidrofilik berupa anion sulfonate ($NaSO_3^-$) pada kepalanya serta gugus hidrofobik pada bagian ekornya. SLS dalam aplikasinya digunakan sebagai bahan pendispersi partikel pada pasta gypsum dan semen, bahan perekat pada industri keramik dan bahan pengemulsi pada industri cat. SLS dihasilkan dari proses sulfonasi pada reaktor sulfonasi. Pada tabel 2.7 berikut merupakan spesifikasi SLS

Tabel 2.7 Tabel Spesifikasi Sodium Lignosulfonate

No.	Spesifikasi	Nilai
1	Rumus Molekul	$C_{20}H_{24}Na_2O_{10}S_2$
2.	Fase	Padatan (<i>Powder</i>)
3.	Warna	Kuning – Coklat
4.	Berat Molekul	534 kg/kmol
6.	Densitas	368,42 kg/m ³
7.	Kemurnian	89 %
8.	Kelarutan dalam air	Larut
9.	Harga Jual	Rp19.200.000/ton

(Wesco Technology, 1995)

2. *Unbleached Soda Pulp*

Unbleached Soda Pulp merupakan produk samping dari proses delignifikasi. Produk ini memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi karena dapat diolah lebih lanjut pada industri pulp. Pada tabel 2.8 berikut merupakan spesifikasi *Unbleached Soda Pulp*

Tabel 2.8 Tabel Spesifikasi Unbleached Soda Pulp

No.	Spesifikasi	Nilai
1.	Fase	Padatan (Serat)
2.	Warna	Coklat
3.	Densitas	800 kg/m ³
4.	Kemurnian	70 %

No.	Spesifikasi	Nilai
5.	Kappa Number	15,4
6.	Harga Jual	Rp1.500.000/ton

(Sano, 1999)



www.itk.ac.id