

Pra Desain Pabrik Surfaktan Sodium Lignosulfonat (SLS) dengan Bahan Baku Lignin

Irfan Dwi Haryana, Sihab Adha Muntaha, Susianto, dan Siti Nurkhamidah
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: susianto@chem-eng.its.ac.id

Abstrak—Pada tahun 2027, diharapkan akan beroperasi Pabrik Surfaktan Sodium Lignosulfonat berkapasitas 2500 ton/tahun di Kabupaten Kampar, Riau, dengan bahan baku Lignin. Lokasi ini dipilih berdasarkan pertimbangan *politics/legal, supporting infrastructure, economical, dan environmental*. Proses produksi dimulai dengan *pre-treatment*, di mana lignin diolah melalui evaporator dan tangki presipitasi untuk mendapatkan lignin pekat. Tahap selanjutnya adalah sulfonasi, di mana lignin bereaksi dengan larutan natrium bisulfit sebagai agen pensulfonasi dan NaOH sebagai katalis. Hasilnya adalah surfaktan sodium lignosulfonat (SLS) dengan konversi lignin sebesar 89.96% mol. Proses pemurnian dilakukan dengan metanol untuk menghilangkan sisa natrium bisulfit. Sodium lignosulfonat kemudian diolah melalui evaporator dan spray dryer untuk mengurangi kadar air sebelum disimpan di tangki penampungan. Pabrik ini bertujuan untuk menghasilkan surfaktan sodium lignosulfonat berkualitas tinggi untuk memenuhi permintaan pasar Asia Pasifik sebagai *water reducer* dalam pembuatan beton. Penggunaan *water reducer* diprediksi akan terus meningkat hingga tahun 2027, dan pabrik ini diharapkan dapat berperan penting dalam memenuhi kebutuhan tersebut.

Kata Kunci—Sulfonasi, Lignin, Sodium lignosulfonat.

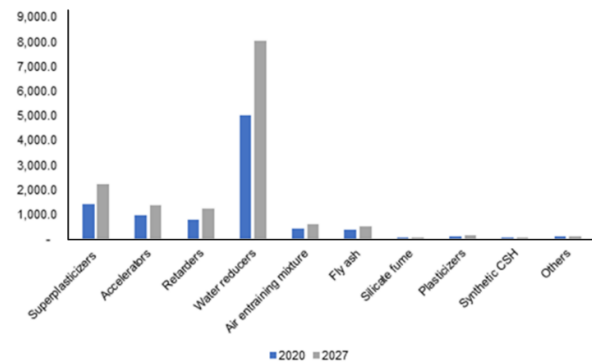
I. PENDAHULUAN

SURFAKTAN atau *surface active agent* merupakan senyawa organik yang memiliki sedikitnya satu gugus hidrofilik dan satu gugus hidrofobik didalam molekulnya. Berdasarkan gugus hidrofiliknya, surfaktan anionik dapat dibedakan menjadi lima kondensat *peptide*, yaitu tipe garam asam karboksilat, garam sulfat, garam sulfonate, ester fosfat dan garam asam lemak [1].

SLS termasuk jenis surfaktan anionik yang memiliki gugus hidrofilik berupa *anion sulfonate* (NaSO_3^-) pada kepalanya dan gugus hidrofobik pada bagian ekornya sehingga struktur ini meningkatkan sifat hidrofilitas SLS yang menyebabkan SLS lebih mudah larut dalam air.

SLS dikenal sebagai *plasticizer*, agen flokulasi dan dispersan. Sebagai surfaktan, SLS mampu menurunkan tegangan antarmuka dua fase liquid. SLS merupakan bahan tambahan kimia termasuk jenis *water reducing admixture* (WRA) yang memiliki kemampuan sebagai bahan pendispersi pada berbagai system *disperse* partikel. Dalam aplikasinya, padatan semen dan *gypsum* pada dasarnya merupakan bahan yang tidak larut dalam air, maka penambahan surfaktan SLS dengan sifatnya yang mudah larut dalam air memenuhi karakteristik sebagai bahan pendispersi pada pasta *gypsum* [2].

Surfaktan SLS memiliki peran sebagai *water reducer* dalam pembuatan beton, yang dapat mengurangi kebutuhan air 5 - 30%. Pada pasar wilayah Asia Pasifik untuk *admixture* beton, *water reducer* menyumbang bagian lebih dari 50% pasar *admixture* beton Asia Pasifik pada tahun 2020 dan



Gambar 1. Pasar Admixture Beton di Asia Pasifik.

Tabel 1.
Produsen Lignosulfonat di Dunia

| Produsen | Negara | Kapasitas, tons/tahun |
|----------------------|-----------|-----------------------|
| Borregaard LignoTech | Norwegia | 160,000 |
| LignoTech Sweden | Swedia | 60,000 |
| Borregaard Germany | Jerman | 50,000 |
| LignoTech Iberica | Spanyol | 30,000 |
| LignoTech Finland | Finlandia | 20,000 |
| LignoTech USA | USA | 60,000 |
| Georgia Pacific | USA | 200,000 |
| Westvaco | USA | 35,000 |
| Flambeau Paper | USA | 60,000 |
| Tembec | Kanada | 20,000 |
| Avebene | Perancis | 40,000 |
| Tolmezzo | Italia | 30,000 |
| Sanyo Kokusaka | Jepang | 50,000 |
| Lainnya | | 150,000 |
| Total | | 975,000 |

diharapkan memperoleh pendapatan 55% pada tahun 2027 karena meningkatnya penggunaannya di berbagai sektor aplikasi. Grafik pasar admixture dapat dilihat pada Gambar 1.

Produksi garam lignosulfonat diseluruh dunia diperkirakan 975.000 ton per tahun dan sekitar 50% digunakan sebagai bahan pendispersi [2]. Sementara Indonesia sampai saat ini masih seratus persen mengimpor garam lignosulfonat dari Finlandia dan negara-negara Skandinavia lainnya. Produsen lignosulfat di dunia tertera pada Tabel 1.

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan sodium lignosulfonat adalah lignin. Lignin berasal bisa diperoleh dari produk samping lignoselulosa dari pengolahan sabut kelapa. Kandungan utama dari lignoselulosa adalah selulosa, hemiselulosa. Karena produksi lignin di Indonesia yang masih sangat terbatas, maka bahan baku lignin berasal dari pabrik integrasi “Pabrik Fraksinasi Lignoselulosa Dari TKKS dengan Metode Steam Explosion”. Hasil pengolahan dari TKKS memiliki produk selulosa, hemiselulosa, lignin, dan Abu dari hasil-hasil ini produk yang diambil adalah lignin untuk diolah menjadi sebuah produk sodium lignosulfonat. Oleh karena itu, produksi lignin akan dapat membantu mengolah limbah dan menjadi bahan yang dibutuhkan pabrik

Tabel 3.

| Bahan Baku Hasil Pengolahan TKKS | |
|----------------------------------|------------------|
| Komponen | Fraksi Massa (%) |
| Lignin | 0,62 |
| H ₂ O | 82,68 |
| Etanol | 13,49 |
| NH ₄ OH | 3,20 |

Tabel 4.

| Ketersediaan Tenaga Kerja | |
|--------------------------------|-------------|
| Parameter | Keterangan |
| Jumlah Penduduk (jiwa) | 6.493.631 |
| Jumlah Penduduk Bekerja (jiwa) | 4.355.928 |
| Partisipasi Angkatan Kerja | 67,08% |
| Upah Minimum Provinsi | Rp2.888.563 |

Tabel 5.

| Ketersediaan Utilitas | | |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Utilitas | Parameter | Keterangan |
| Listrik | Ketersediaan listrik | PLTA Koto Panjang 3x38 MW |
| | Jarak dari lokasi pabrik | 73,7 km |
| Air | Ketersediaan air | Sungai Kampar |
| Bahan Bakar | Ketersediaan Bahan Bakar | Diakomodasi oleh PT. Pertamina |

Tabel 6.

| Iklim Kabupaten Kampar | | |
|------------------------|--|----------|
| Parameter | Keterangan | |
| Posisi | 01°00'40" lintang utara - 00°27'00" lintang selatan dan 100°28'30" – 101°14'30" bujur timur. | |
| | Rata-rata suhu | 27-33 OC |
| | Rata-rata curah hujan | 283 |
| Indeks rasio bencana | 155.20 | |

ini dengan spesifikasi seperti tertera pada Tabel 2.

Pemilihan proses bertujuan untuk menentukan proses yang akan dilaksanakan dalam pembangunan pabrik. Hal tersebut dapat dilihat dari bagian yang menguntungkan baik dari segi ekonomi maupun teknik. Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan metode yang digunakan dalam proses sulfonasi dalam pabrik surfaktan sodium lignosulfonat ini menggunakan bahan natrium bisulfid dikarenakan paling menguntungkan dibandingkan bahan lain.

Penentuan kapasitas adalah salah satu faktor yang amat penting bagi pabrik. Pabrik surfaktan SLS direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2027 dengan mengacu pada kebutuhan nasional terhadap sodium lignosulfonat. Perhitungan kapasitas pabrik Sodium lignosulfonat mempertimbangkan data impor, export, produksi, dan konsumsi. Diperoleh kapasitas produksi Sodium lignosulfonat pada pabrik ini sebesar 2.500 ton/tahun atau setara dengan 15% kebutuhan nasional karena mempertimbangkan ketersediaan bahan baku dengan basis produksi selama 330 hari kerja/tahun dan 24 jam sehari.

Penentuan lokasi pembangunan pabrik sangat penting untuk dipertimbangkan. Hal ini dikarenakan lokasi pembangunan pabrik dapat menentukan kemajuan dan keberlangsungan pabrik pada masa kini ataupun masa yang akan datang. Karena lokasi pabrik akan mempengaruhi perhitungan biaya transportasi dan akomodasi terutama untuk distribusi bahan baku ataupun distribusi hasil produksi dari pabrik sehingga akan mempengaruhi biaya produksi dan nilai jual produk yang dihasilkan. Lokasi pabrik juga nantinya

Tabel 2.

| Lokasi Pemasaran SLS | | |
|----------------------|---------------------------------|---------------|
| Industri | Nama Perusahaan | Lokasi Pabrik |
| Keramik | PT. Surya Toto Indonesia | Tangerang |
| | PT. Roman Ceramic International | Mojokerto |
| | PT. Arwana Citramulia Tbk | Tangerang |
| | PT. Doulton Indonesia | Tangerang |
| | PT. Luki Ceramic | Tangerang |
| Tekstil | PT. Sri Rejeki Isman Tbk | Solo |
| | PT. Indorama Synthetics Tbk | Purwakarta |
| | PT. Asia Pacific Fibers Tbk | Semarang |
| | PT. Pan Brothers Tbk | Boyolali |
| | PT. Semen Gresik Tbk | Tuban |
| Semen | PT. Holcim Indonesia Tbk | Cilacap |
| | PT. Semen Padang | Padang |
| | PT. Semen Baturaja | Lampung |
| | PT. Pertamina RU IV | Cilacap |
| | PT. Pertamina RU V | Balikpapan |
| Minyak | PT. Pertamina RU III | Palembang |
| | PT. Pertamina RU II | Riau |
| | PT. Pertamina RU VI | Balongan |
| | PT. Trans-Pacific Petrochemical | Tuban |
| | Indotama | |

Tabel 7.

| Data akomodasi penunjang kabupaten kampar | | |
|---|---------------------------------|---------------------------|
| Akomodasi | Parameter | Keterangan |
| Bandara | Fasilitas Bandara Internasional | Sultan Syarif Kasim |
| | Jalan | Jalan tol Sumatera – Jawa |
| Pelabuhan | Fasilitas Pelabuhan | Pelabuhan Pekanbaru |

akan mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan industri.

Dalam melakukan pemilihan lokasi pabrik, terdapat beberapa faktor utama yaitu *political/legal*, *economic*, *environmental*, dan *supporting infrastructure*. Faktor political diantaranya peraturan dan legalitas serta kondisi sosial dan masyarakat. Faktor *economic* diantaranya adalah ketersediaan tenaga kerja, ketersediaan utilitas pendukung, dan harga tanah dan gedung. Untuk faktor *environmental* diantaranya iklim dan kemungkinan perluasan dan ekspansi. Untuk faktor *supporting infrastructure* diantaranya ketersediaan bahan baku, lokasi pemasaran, dan fasilitas akomodasi pengangkutan/transportasi.

Berdasarkan pasal 14 UU Nomor 3 Tahun 2014 tentang perindustrian yang mengatur tentang wilayah pengembangan industri dilakukan melalui pengembangan Wilayah Pusat Pertumbuhan Industri serta sesuai Peraturan Pemerintah Nomor 14 Tahun 2015 tentang Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional Tahun 2015-2035 telah menetapkan tiga daerah Kabupaten/Kota di Provinsi Riau sebagai Wilayah Pusat Pertumbuhan Industri yakni Dumai, Siak, dan Bengkalis.

Ketenagakerjaan erat kaitannya dengan kepadudukan dalam suatu wilayah. Oleh karena itu, ketersediaan sumber daya menjadi hal yang penting yang perlu diperhatikan dalam membangun sebuah pabrik. Lokasi pabrik yang memiliki sumber tenaga kerja tentu akan lebih ideal untuk dipilih sesuai dengan Tabel 3.

Dalam menjalankan sebuah pabrik, dibutuhkan beberapa utilitas pendukung diantaranya adalah air, listrik, dan bahan bakar. Untuk data mengenai utilitas yang mungkin digunakan pada Tabel 4. Kondisi iklim dan geografi pada wilayah pendirian pabrik cukup berpengaruh pada pemilihan

Tabel 8. Seleksi Proses

| Dasar seleksi | Sulfonasi dengan natrium bisulfit | Sulfonasi dengan sulfur trioksida | Sulfonasi dengan oleum |
|------------------------|---|---|---|
| Tekanan | 1 atm | 20 atm | 1 atm |
| Suhu | 80oC | 430oC | 60oC |
| Kebutuhan Bahan | NaHSO ₃ , NaOH dan H ₂ SO ₄ | SO ₃ dan V ₂ O ₅ | H ₂ SO ₄ , gas SO ₃ dan oleum asam |
| Tambahan Hasil samping | air (H ₂ O) | sulfon | disulfonik |
| Kekurangan | produk samping berupa air yang dapat mengeser kesetimbangan kearah kiri | menghasilkan panas yang tinggi serta sifat SO ₂ yang beracun | sangat eksotermis |

Tabel 9. Spesifikasi Sodium Lignosulfonat

| No | Parameter | Persyaratan |
|----|------------------------------------|-------------|
| 1 | Kadar air, % | maks. 5 |
| 2 | Kalsium (Ca), % | maks. 0.4 |
| 3 | Klorida (Cl), % | maks. 0.1 |
| 4 | Sulfat (dihitung sebagai S), % | maks. 0.3 |
| 5 | Natrium (Na), % | min. 5 |
| 6 | Kadar ash, % | maks. 26 |
| 7 | Bagian yang tak larut dalam air, % | maks. 0.2 |
| 8 | pH | 6-7 |
| 9 | Kerapatan curah, g/ml | 1,5 |
| 10 | Titik Leleh, oC | min. 200 |

lokasi pabrik, berikut ini ditampilkan kondisi geografi kabupaten Kampar pada Tabel 5.

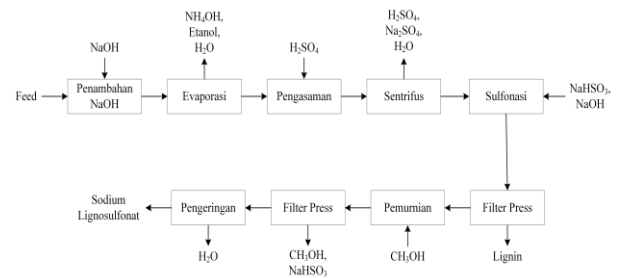
Lokasi pemasaran adalah salah satu faktor penting dan mempengaruhi biaya transportasi dari produk yang dihasilkan. Dalam aplikasinya pada berbagai industri, SLS digunakan sebagai bahan perekat dalam industri keramik, sebagai pelarut warna dalam industri tekstil, serta sebagai bahan pendispersi pada berbagai sistem dispersi partikel (pasta gipsum dan pasta semen). Serta mengurangi viskositas lumpur mineral dalam pengeboran minyak. Beberapa perusahaan dan industri besar yang membutuhkan SLS di Indonesia tertera pada Tabel 6.

Akomodasi dan transportasi memiliki pengaruh dalam distribusi bahan baku ataupun produk yang dihasilkan oleh pabrik. Dengan akses dan akomodasi yang baik untuk keluar dan masuk wilayah pabrik dapat menunjang proses distribusi bahan baku maupun produk. Data akomodasi penunjang untuk Kabupaten Kampar pada Tabel 7.

Pada pemilihan lokasi pabrik ini, perusahaan akan berfokus dengan *resources-oriented* yang mementingkan kedekatan dengan bahan baku dibanding kedekatan pabrik dengan pelanggan (*market oriented*). Hal ini dilakukan untuk menjaga kualitas bahan baku yang digunakan agar tidak terkontaminasi. Berdasarkan pertimbangan tersebut, Pabrik Surfaktan SLS dengan Bahan Baku Lignin direncanakan akan dibangun di Kabupaten Kampar, Riau.

II. DATA DASAR PERANCANGAN

Surfaktan merupakan molekul aktif yang bekerja menurunkan tegangan permukaan cairan, molekul ini memiliki gugus polar yang bersifat hidrofilik (suka air) dan gugus non-polar bersifat lipofilik (suka minyak) sehingga dengan sifat ini surfaktan dapat menyatukan campuran yang terdiri dari minyak dan air. Surfaktan pada umumnya disintesis dari turunan minyak bumi namun limbahnya dapat



Gambar 8. Diagram Balok.

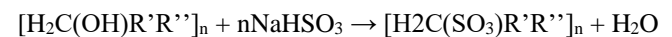
mencemari lingkungan karena sifatnya yang sulit terdegradasi.

Ditinjau dari komposisi kimia yang dimiliki, surfaktan lignoselulosa memiliki kandungan polimer utama yang terdiri dari lignin, hemiselulosa, dan selulosa yang saling berikatan [3]. Makromolekul lignin terbentuk dari tiga macam monomer yakni: p-kumaril alkohol (gugus p-hidroksifenil), koniferil alkohol (gugus guaiasil), sinapsil alkohol (gugus siringil) [4].

Modifikasi lignin dilakukan dengan tujuan mengubah karakteristik yang dikehendaki, melalui beberapa proses tergantung dari fungsi yang akan dicapai dalam pengaplikasinya. Pembuatan sodium lignosulfonat dari lignin dilakukan dengan proses sulfonasi. Lignosulfonat juga dapat dimodifikasi melalui perubahan gugus hidroksil (-OH) yang ada dalam lignin dengan garamnya seperti kalsium, natrium, ammonium maupun seng membentuk garam lignosulfonat. Garam lignosulfonat tersebut termasuk produk garam lignosulfonat komersial yakni ammonium lignosulfonat; kalsium lignosulfonat; sodium lignosulfonat dan seng lignosulfonat. Produk tersebut dijual dalam bentuk bubuk maupun cair.

A. Sulfonasi dengan Natrium Bisulfit

Sulfonasi dengan natrium bisulfit (NaHSO₃) dilakukan pada suhu 80°C pada tekanan 1 atm. Dalam proses sulfonasi ini, digunakan katalis NaOH untuk mempercepat proses reaksi. Nantinya setelah direaksikan dengan NaHSO₃, reaktan akan direaksikan kembali dengan NaOH 20%. Kekurangan dari proses sulfonasi dengan natrium bisulfit (NaHSO₃) yakni memiliki produk samping berupa air. Nantinya keberadaan air ini akan membuat reaksi bergeser ke kiri dan kecepatan reaksinya akan menjadi lebih lambat.

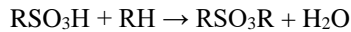


B. Sulfonasi dengan Sulfur Trioksida

Pembuatan surfaktan dengan gas SO₃ terdiri dari proses pengeringan udara, tujuan dari proses ini adalah menghilangkan kandungan air yang terdapat di udara. Hal ini dikarenakan apabila kandungan air di udara memiliki jumlah yang cukup tinggi maka dapat memicu terbentuknya oleum yang terjadi dari reaksi antara H₂O dan SO₃, hal ini akan menyebabkan kualitas surfaktan menurun. Lalu proses berikutnya adalah produksi gas SO₂ dan konversi gas SO₂ menjadi gas SO₃. Untuk menghasilkan gas SO₃, udara kering direaksikan dengan sulfur dalam bentuk cair dan konversi gas SO₂ menjadi gas SO₃ menggunakan katalis V₂O₅. Nantinya reaksi ini akan berlangsung pada suhu 430°C. Kemudian dilanjutkan dengan proses sulfonasi serta terakhir dilakukan proses netralisasi.



Proses sulfonasi dengan sulfur trioksida (SO_3) menghasilkan panas yang tinggi yang umumnya dikarenakan reaksi sulfonasi eksotermis, hal ini menyebabkan mudahnya terjadi reaksi samping yakni terjadi sulfon dan jika SO_3 berlebih maka akan terjadi polisulfonat. Selain itu, penggunaan SO_2 juga cukup berbahaya dikarenakan sifatnya yang beracun. Untuk reaksi dengan SO_3 cair maka kondisi tekanan dalam reaktor harus besar. Reaksi ini terjadi pada suhu 100°C serta berpotensi terjadi reaksi samping.



C. Sulfonasi dengan Oleum

Oleum adalah asam sulfat yang mengandung SO_3 yang berlebih (antara 20 - 30%). Sulfonasi oleum menggunakan dengan oleum 20% yang terjadi di reaktor alir tangki berpengaduk dengan suhu $48 - 60^\circ\text{C}$ pada tekanan 1 atm. Oleum yang digunakan merupakan oleum 20% dikarenakan tidak menghasilkan air, pengadukannya mudah dibandingkan jika menggunakan SO_3 cair, dan konversi pada proses ini 99%. Kekurangan dari penggunaan oleum adalah masalah korosi akibat penggunaan asam sulfat (H_2SO_4) dan juga panas reaksi yang eksotermis dan dapat merusak bahan baku.

Pemilihan proses bertujuan untuk menentukan proses yang akan dilaksanakan dalam pembangunan pabrik. Hal tersebut dapat dilihat dari bagian yang menguntungkan baik dari segi ekonomi maupun teknik. Proses pembuatan sodium lignosulfonat terdiri dari dua tahap, yaitu tahap sulfonasi dan tahap netralisasi. Parameter-parameter yang digunakan diantaranya sebagai berikut:

1) Tekanan

Proses sulfonasi yang dijadikan opsi memilih kondisi operasi tekanan yang berbeda-beda. Pada proses sulfonasi dengan natrium bisulfit (NaHSO_3) dilakukan pada tekanan sebesar 1 atm. Sementara pada proses sulfonasi dengan menggunakan Sulfur Trioksida (SO_3 Cair) dibutuhkan tekanan yang besar dalam reaktor, berkisar 20 atm. Berikutnya adalah sulfonasi dengan oleum 20% yang membutuhkan tekanan 1 atm. Tekanan ini nantinya akan berpengaruh pada spesifikasi alat yang digunakan seperti pompa ataupun kompresor.

2) Suhu

Kondisi yang dijadikan acuan berikutnya adalah suhu. Suhu disini nantinya akan berpengaruh terhadap penggunaan *heater* ataupun *cooler* pada rangkaian alat. Dengan menggunakan natrium bisulfit (NaHSO_3), proses sulfonasi terjadi pada suhu 80°C . Kemudian pada proses sulfonasi dengan bantuan Sulfur Trioksida (SO_3 Cair), proses terjadi pada suhu 430°C . Sementara pada proses dengan menggunakan oleum 20% dibutuhkan suhu 60°C untuk beroperasi tetapi pada sulfonasi dengan oleum 20% proses yang terjadi sangat eksotermis.

3) Kebutuhan bahan

Dengan proses sulfonasi menggunakan natrium bisulfit (NaHSO_3) dibutuhkan bahan tambahan selain natrium bisulfit (NaHSO_3) berupa NaOH dan H_2SO_4 . Guna NaOH adalah sebagai katalis dalam reaksi, sementara guna H_2SO_4 adalah untuk menstabilkan pH reaksi. Lalu untuk proses sulfonasi

dengan sulfur trioksida (SO_3 Cair) dibutuhkan V_2O_5 sebagai katalis dan proses pengeringan udara untuk memproduksi SO_2 . Sementara pada reaksi sulfonasi dengan oleum 20% digunakan H_2SO_4 , gas SO_3 beserta oleum.

4) Hasil samping

Dalam beberapa proses reaksi, akan dihasilkan produk samping akibat dari reaksi yang berjalan tidak sempurna. Pada sulfonasi menggunakan natrium bisulfit (NaHSO_3) diperoleh produk samping berupa air (H_2O). Sementara untuk reaksi sulfonasi dengan sulfur trioksida (SO_3 Cair) diperoleh produk samping berupa sulfon dan jika SO_3 berlebih maka akan terjadi polisulfonat. Sementara dengan bantuan oleum 20%, sulfonasi mempunyai produk samping berupa asam disulfonik. Proses dipilih berdasarkan perbandingan dari beberapa aspek, yaitu aspek proses, ekonomi, kondisi operasi, dan lingkungan. Seleksi proses tertera pada Tabel 8.

Berdasarkan hasil komparasi dan penilaian masing-masing proses, didapatkan bahwa proses yang digunakan pada pabrik surfaktan SLS ini adalah sulfonasi dengan natrium bisulfit. Pemilihan proses sulfonasi dengan natrium bisulfit ini berdasarkan pada keunggulan dari suhu yang digunakan relatif rendah dibandingkan dengan sulfonasi sulfur trioksida. Selain itu, proses sulfonasi dengan natrium bisulfit menghasilkan hasil samping berupa air yang mudah untuk diolah kembali jika dibandingkan dengan sulfonasi sulfur trioksida dan oleum.

Dari hasil analisa proses yang dilakukan, adapun spesifikasi dari bahan baku yang digunakan serta produk yang dihasilkan meliputi lignin, natrium bisulfit, natrium hidroksida, asam sulfat, dan sodium lignosulfonat.

Lignin tersusun atas karbon, hydrogen, dan oksigen. Rumus kimia lignin yaitu $(\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_3)_n$. Lignin memiliki nilai densitas sebesar 1350 kg/m^3 . Lignin memiliki titik leleh 170°C . Lignin memiliki kadar moisture $0,005\%$. Lignin merupakan suatu polimer yang kompleks yang memiliki berat molekul yang tinggi. Lignin berfungsi untuk memberikan ketegaran pada sel atau rangka dari selulosa pada tanaman. Lignin merupakan polimer heterogen utama ketiga dalam residu lignoselulosa, adalah molekul yang sangat kompleks yang dibangun dari alkohol aromatik, termasuk unit koniferil alkohol, sinapil dan p-kumaril yang terhubung dalam struktur tiga dimensi. Sifat fisik dari natrium bisulfit yaitu:

1. Berat molekul : $120,06 \text{ g/mol}$
2. Densitas : $2,742 \text{ g/cm}^3$
3. Titik didih : 315°C
4. Titik lebur : 150°C

NaOH (Natrium Hidroksida) biasa dikenal sebagai soda kaustik, soda api, atau sodium hidroksida merupakan jenis basa logam kaustik yang digunakan dalam industri, biasanya digunakan sebagai basa dalam proses industri bubur kayu dan kertas, tekstil, sabun, dsb. Natrium Hidroksida terbentuk dari oksida basa natrium oksida dilarutkan dalam air. Memiliki sifat fisik sebagai berikut:

1. Berat molekul : 40 g/mol
2. Densitas : $2,13 \text{ g/cm}^3$
3. Titik didih : 1338°C
4. Titik lebur : 318°C

Asam sulfat, H_2SO_4 , merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat. Zat ini larut dalam cairan pada semua perbandingan. Asam sulfat mempunyai banyak kegunaan dan

merupakan salah satu produk utama industri kimia. Kegunaan utamanya termasuk pemrosesan bijih mineral, sintesis kimia, pemrosesan cairan limbah dan pengilangan minyak. Pada proses disini asam sulfat digunakan untuk melarutkan dan mengkondensasi larutan lignin untuk memperoleh lignin dengan kemurnian yang tinggi. Memiliki sifat fisik dan kimia sebagai berikut:

1. Bau : Asam
2. Keadaan fisik : Liquid
3. Warna : Tidak berwarna
4. Berat Molekul : 98,08 kg/kmol
5. Densitas : 1,83 g/cm³
6. Titik Didih : 270°C
7. Titik Beku : -35°C

Selanjutnya sifat fisik dan dari metanol yaitu memiliki berat molekul 32,04 g/mol, densitas 0,79 g/cm³, Titik didih 64,7°C, Titik lebur -97,6°C.

Penampilan adalah bubuk coklat kuning yang larut dalam air. Terutama digunakan sebagai zat pereduksi air dalam campuran beton, pengikat keramik, pengikat untuk kokas atau bubuk logam industri, zat pendispersi untuk pewarna, juga dapat digunakan sebagai aditif pakan. Spesifikasi sodium lignosulfonat tertera pada Tabel 9 dan memiliki sifat fisik sebagai berikut:

1. Berat molekul : 534,51 g/mol
2. Densitas : 0.5 g/cm³
3. Titik didih : 1704°C
4. Titik lebur : 993°C

III. URAIAN PROSES TERPILIH

A. Pre-Treatment

Tahap *pre-treatment* ini merupakan tahapan paling awal dalam pembuatan surfaktan sodium lignosulfonat dari lignin. Pada tahap *pre-treatment*, pertama-tama feed dipindahkan dari tangki penampungan (F-110) dengan pompa (L-111) untuk dimasukkan ke dalam evaporator (V-110)

Selanjutnya *output* dari evaporator (V-110) dipindahkan dengan pompa (L-112) menuju tangki presipitasi (R-111) untuk melarutkan H₂SO₄ Untuk mengendapkan lignin pada pH sama dengan 2. Kemudian dipompakan (L-113) ke sentrifus (H-110). Pada proses ini diharapkan lignin isolat dapat terpisahkan dari impuritis sehingga mendapatkan padatan. Setelah mendapatkan lignin pekat, langkah selanjutnya adalah memasukkan lignin ke dalam reaktor sulfonasi (R-310) dengan menggunakan screw conveyor (J-110) dan bucket elevator (J-111). Diagram balok proses tertera pada Gambar 2.

B. Sulfonasi

Pada tahap sulfonasi, lignin isolat dimasukkan ke dalam reaktor sulfonator (R-310) dengan menggunakan *screw conveyor* (J-112) dan bucket elevator (J-113). Tujuan dimasukkannya lignin isolat ke dalam reaktor sulfonator (R-310) adalah agar lignin isolat yang telah diisolasi dapat direaksikan dengan menggunakan natrium bisulfit (NaHSO₃) selaku agen pensulfonasi. Agen pensulfonasi larutan NaHSO₃ yang digunakan memiliki perbandingan massa 4.58 terhadap lignin dengan konversi lignin menjadi surfaktan Sodium lignosulfonat (SLS) sebesar 89.96% mol. Selain menggunakan NaHSO₃, pada reaktor sulfonator digunakan pula NaOH sebagai katalis dan pengatur keasaman hingga

mencapai pH 8.32 [5].

Setelah diproses di dalam reaktor sulfonator (R-310) selanjutnya diangkut menuju filter press (H-310) dengan menggunakan Pompa (L-312). Pada filter press (H-310) terjadi pemisahan larutan Sodium lignosulfonat (SLS) hasil sulfonasi dengan sisa lignin yang tidak bereaksi. Kemudian, Sodium lignosulfonat (SLS) dipindahkan dengan Pompa (L-313) menuju tangki metanasi (R-311).

C. Purification

Sodium lignosulfonat (SLS) selanjutnya dipindahkan dengan Pompa (L-313) menuju cooler (E-310) dan tangki metanasi (R-311). Tujuannya adalah untuk memurnikan Sodium lignosulfonat (SLS) dari sisa natrium bisulfit (NaHSO₃) dengan menambahkan metanol. Alasan penambahan metanol karena metanol digunakan untuk mengikat sisa natrium bisulfit (NaHSO₃). Selanjutnya dengan menggunakan Pompa (L-314) output dari tangki metanasi (R-311) dimasukkan ke sentrifus (H-311). Tujuannya adalah untuk memisahkan endapan natrium bisulfit (NaHSO₃) dari larutan Sodium lignosulfonat (SLS).

Berikutnya Sodium lignosulfonat (SLS) dimasukkan ke dalam evaporator (V-310) dengan menggunakan Pompa (L-315) untuk mengurangi kadar air pada SLS. Selanjutnya menggunakan pompa (L-316) dialirkan menuju spray dryer (B-310) untuk mengurangi kadar air dalam SLS. Selanjutnya untuk penyesuaian ukuran dimasukkan ke ball mill (C-310) dan screener (H-313). Kemudian Sodium lignosulfonat (SLS) murni dimasukkan ke tangki penampungan (F-313).

IV. MATERIAL BALANCE

Berdasarkan hasil perhitungan *material balance*, pra desain pabrik surfaktan SLS dengan bahan baku lignin akan beroperasi dengan kapasitas SLS sebesar 2.500 ton/tahun dengan basis operasi 37.334,52 kg/jam (waktu operasi 330 hari kerja/tahun dan waktu kerja pabrik 24 jam/hari) menghasilkan produk SLS dengan *moisture content* 1,74%.

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Pabrik Sodium Lignosulfonat beroperasi menggunakan proses sulfonasi dengan natrium bisulfit. Pemilihan proses ditentukan dengan mempertimbangkan beberapa parameter seperti kondisi operasi, efektifitas proses, aplikasi industri, bahan pendukung, dan lingkungan.

Ditinjau dari segi teknis, maka Pabrik Sodium Lignosulfonat dibuat dengan kapasitas operasi 37.334,52 kg/jam *feed* untuk menghasilkan produk sodium lignosulfonat sebesar 2.500 ton/tahun

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Suryani, D. Mangunwidjaya, and E. Hambali, "Production of sodium lignosulphonate from isolated lignin of empty fruit bunch : identification and performance test as a dispersant agent," *J. Teknol. Ind. Pertan.*, vol. 19, no. 1, 2009.
- [2] J. Bailey and D. Ollis, *Biochemical Engineering Fundamentals*. McGraw-Hill, 2018. ISBN: 0070032122.
- [3] J. Gargulak and S. Lebo, *Commercial Use of Lignin-Based Materials*. Washington: ACS Publications, 1999. ISBN: 9794203351.
- [4] B. Pramudono, H. A. Aji, S. a. Priyanto, E. Untoro, and P. Ratu, "Utilization of biomass waste of pulp and paper industry for production of sodium lignosulphonate (sls)," *Nat. Environ. Pollut. Technol.*, vol. 17, no. 4, pp. 1299--1303, 2018.

- [5] A. Rachmawati, "Sintesis dan Karakterisasi Surfaktan Nonionik Berbasis Asam Stearat Melalui Reaksi Propoksilasi," Departemen Kimia: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, 2019.