

DESULFURISASI BAHAN BAKAR SOLAR MENGGUNAKAN SERBUK BESI

Rama Mingada¹⁾, Zulfikar Syaiful²⁾, Hermawati³⁾
^{1,2,3}Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa
email:

ramamingada0304@gmail.com

rinadhim07@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi serbuk besi yang digunakan dalam menurunkan sulfur dan pengaruh suhu terhadap penurunan sulfur dalam solar. Percobaan penurunan sulfur dilakukan secara batch dengan suhu sekitar 30°C dan 50°C, dengan waktu kontak sekitar 30 menit dengan pengocokan dengan magnetic stirrer berkecepatan 250 RPM dan penambahan sejumlah konsentrasi serbuk besi ke dalam 100 ml solar. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hasil maksimal pada konsentrasi serbuk besi yaitu 2 gram dengan suhu 50°C dapat menurunkan kadar sulfur sebesar 13,71 %. Semakin banyak konsentrasi serbuk besi yang ditambahkan pada solar dan semakin tinggi suhu maka semakin besar pula penurunan kadar sulfur pada solar.

Kata Kunci: Bahan Bakar Solar, Sulfur, Serbuk Besi, Konsentrasi, Suhu

Abstract

This study aims to obtain the concentration of iron powder used in reducing sulfur reduction and the effect of temperature on sulfur reduction in diesel fuel. The sulfur reduction experiment was carried out in batches at temperatures of around 30°C and 50°C, with a contact time of around 30 minutes with shaking with a magnetic stirrer at a speed of 250 RPM and the addition of a certain concentration of iron powder into 100 ml of diesel fuel. The results of this study indicate that the maximum result at a concentration of iron powder of 2 grams with a temperature of 50°C can reduce sulfur levels by 13.71%. The more concentration of iron powder added to diesel fuel and the higher the temperature, the greater the reduction in sulfur levels in diesel fuel.

Keywords: Diesel Fuel, Sulfur, Iron Powder, Konsentrasi, Temperatur

1. PENDAHULUAN

Bahan bakar memiliki peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Bahan bakar minyak (BBM) merupakan kebutuhan pokok bagi masyarakat desa maupun perkotaan baik untuk keperluan rumah tangga maupun perusahaan, selain itu bahan bakar juga sangat penting bagi sektor industri maupun transportasi.

Saat ini penggunaan bahan bakar alternatif terutama pada mesin pembakaran dalam telah menjadi objek yang menarik untuk terus dikembangkan. Penggunaan bahan bakar alternatif tidak bisa lepas dari dua masalah global yaitu ketersediaan minyak mentah yang harus menurun dan masalah emisi gas buang yang semakin memprihatinkan. Minat masyarakat yang cukup tinggi terhadap bahan bakar solar ditunjukkan dengan terjadinya

kenaikan konsumsi bahan bakar solar (Saputro, W., dkk 2020).

Bahan bakar solar merupakan produk yang dihasilkan dari pengolahan minyak bumi. Kandungan sulfur dalam bahan bakar solar dapat memiliki dampak negatif pada emisi buang, dapat mencemari lingkungan, dapat menyebabkan bau pada produk yang diolah dan mengurangi nilai kalor yang dihasilkan. Kandungan sulfur juga dapat menyebabkan polusi udara dan hujan asam yang sangat merugikan bagi kehidupan manusia, hewan, dan tumbuhan (Hayyan dkk., 2015). Kandungan sulfur yang berlebih dapat memicu kerusakan pada mesin. Masalah yang timbul seperti munculnya kerak pada mesin dan sistem bahan bakar seperti injektor. Dampaknya yakni penurunan performa mesin sebagai akibat munculnya kerak pada mesin. Hal ini karena

kerak yang muncul di saluran bahan bakar dapat mengganggu suplai bahan bakar yang dialirkan ke dalam silinder. Problem bisa merembet pada turunnya tenaga mesin, pembakaran BBM tidak sempurna hingga kerusakan serius lain. Sulfur dapat memberikan pengaruh signifikan terhadap usia mesin dan keberadaan emisi artikulat.

Adapun contoh Solar yang memiliki kandungan sulfur minimal 2.500 part per million (ppm) dengan Cetana Number 48. Namun, pada 1 April 2022, Pertamina mulai menjual BBM jenis Solar 51 setara Euro 4 dengan kandungan sulfur maksimum 50 ppm, yang dianggap lebih ramah lingkungan dan dapat membuat mesin dan gas buang kendaraan diesel menjadi lebih bersih (Dzulfakar dkk., 2023). Pertamina Dex adalah bahan bakar diesel paling ramah lingkungan dengan kandungan sulfur maksimal 300 ppm. Dexlite adalah variasi dari Pertamina Dex yang memiliki kandungan sulfur lebih rendah, yaitu 1.200 ppm. Solar adalah bahan bakar diesel yang kualitasnya paling rendah dari Pertamina, di atasnya ada Dexlite dan Pertamina Dex.

Menurut keputusan menteri ESDM No. 34 2014 bahwa bahan bakar solar di Indonesia hingga saat ini masih banyak dipergunakan untuk keperluan usaha mikro, usaha perikanan, usaha pertanian, transportasi dan pelayanan umum. Hasil pembakaran bahan bakar solar yang dilepaskan ke udara yaitu berupa gas sulfur dioksida (SO_2) dan sulfur trioksida (SO_3) (Nurfauziah, 2017).

Senyawa SO_x yang dihasilkan dari hasil pembakaran yang tidak sempurna adalah salah satu faktor utama penyebab polusi udara dan hasil penyebab utama hujan asam. Bahan bakar yang berasal dari bahan bakar solar mengandung berbagai macam senyawa heterosiklik, yang terdapat dalam bentuk dibenzotiofena dan benzotiofena (Pratama, I. G. K. P., dkk 2017).

Standar SNI untuk kandungan sulfur dalam bahan bakar solar di Indonesia diatur dalam SNI 06-4131-1996. Standar ini menetapkan bahwa bahan bakar dengan campuran komponen sulfur maksimum 15 ppm memenuhi persyaratan mutu. Kandungan sulfur yang rendah merupakan salah satu indikator kualitas yang baik dalam bahan bakar solar. Oleh karena itu, standar SNI ini bertujuan untuk memastikan bahwa bahan bakar solar memenuhi persyaratan mutu yang ditetapkan, termasuk dalam hal kandungan sulfur, untuk

mendukung kinerja sistem dan meminimalkan dampak lingkungan. Beberapa karakteristik lain yang diatur dalam standar ini meliputi indeks setana, nilai kalor, viskositas, dan titik nyala (Ardianti, D. A. dkk., 2019).

Konsentrasi sulfur dalam bahan bakar transportasi seperti solar menurut peraturan lingkungan harus lebih rendah dari 10 ppm. Pengurangan seyawa sulfur dalam bahan bakar solar dapat dilakukan dengan 3 metode yaitu: kimia, fisika dan biologi. Dan ada beberapa pendekatan seperti desulfurisasi adsorptif, desulfurisasi ekstraksi, biodesulfurisasi (BDS), hidrodesulfurisasi (HDS), desulfurisasi oksidatif (ODS) dan desulfurisasi presipitatif untuk mengurangi kandungan sulfur dalam bahan bakar.

Metode yang digunakan untuk desulfurisasi, hidrodesulfurisasi (HDS) efisien dalam penghilangan senyawa sulfur refraktori aromatik seperti turunan tiofena. H_2S yang dihasilkan dalam beberapa reaksi senyawa tiofena merupakan inhibitor utama untuk HDS. Selain itu, metode ini memerlukan suhu, tekanan, dan dosis katalis yang tinggi sebelum mencapai tujuan yang tidak diinginkan yang tidak ekonomis. Proses adsorpsi telah menjadi pendekatan yang menjanjikan dalam desulfurisasi ultra dalam, karena metode ini mudah tersedia, ramah lingkungan, ekonomis, dan mampu menurunkan kandungan sulfur <1 ppm. (Mansur Anbiya, 2017).

Untuk mengurangi sulfur, beberapa penelitian telah menggunakan zeolit dapat mengurangi komponen sulfur yang ada di dalam air sabun limbah dan penyerapan optimal terjadi pada penambahan 40 gr zeolit dengan waktu pengadukan selama 210 menit (Andrik Rosela, et al., 2021). Dan hasil penelitian (Anda Lusia, 2007) pemakaian zeolit pada percobaan pengurangan sulfur dalam solar yang ditambahkan sebanyak 1 gram menunjukkan sulfur menurun dari 7,17% menjadi 1,48%. Pada penelitian sebelumnya juga telah dilakukan oleh (A. Sry Iryani, et al., 2016) dengan penggunaan serbuk besi, dapat menunjukkan bahwa penambahan serbuk besi memiliki efek signifikan dalam mengurangi kadar sulfur dalam batu bara yang awalnya 3,28% menjadi 2,42%.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Bakar Solar

Bahan bakar solar berasal dari minyak yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi

mentah. Salah satu karakteristik bahan bakar solar adalah tidak berwarna atau berwarna kuning coklat, berbau, dan tidak mudah menguap pada suhu normal. Saat berada di dekat api, bahan bakar mulai terbakar pada suhu 40 °C hingga 100 °C, dan titik nyala atau flash point adalah temperatur di mana bahan bakar menyala sendirian tanpa bantuan dari luar. Solar biasanya digunakan sebagai bahan bakar untuk mesin diesel dengan putaran tinggi (hingga 1000 rpm), tetapi juga dapat digunakan untuk pembakaran langsung.

Alpha methyl naphthalene (C₁₆H₇CH₃) dan polyolifin (C₁₆H₃₂) adalah komponen utama bahan bakar solar; keduanya adalah unsur yang mudah dan sulit berdetonasi. Salah satu karakteristik yang ideal untuk bahan bakar solar adalah viskositas sempurna. Ini berarti persentase air, abu, sulfur, dan sisa-sisa karbon harus rendah dan tidak terlalu rendah. Bahan bakar solar, yang merupakan bahan bakar minyak, memiliki angka cetana 48. Angka cetana yang lebih tinggi menunjukkan seberapa mudah bahan bakar solar dibakar (Nurfauziah, 2017).

1. Spesifikasi Mutu Bahan Bakar Sola

Spesifikasi bahan bakar solar terdiri dari cetana (CN), Cetn Index (CI), distilasi, berat jenis, viskositas, titik nyala, titik tuang, kandungan air, residu karbon, kandungan sulfur, kandungan abu, kandungan sedimen, bilangan asam kuat, bilangan asam total, partikulat dan warna. Spesifikasi bahan bakar solar dapat di lihat pada Tabel 2.1:

Tabel 2.1 Standar dan Mutu Bahan Bakar solar

Karakteristik	Satuan	Batasan	
		Min	Mak
Bilangan setana			
Angka Setana, atau		48	-
Indeks Setana		45	-
Berat Jenis pada 15 °C	Kg/m ³	815	870
Viskositas pada 40 °C	Mm/s	2,0	4,5
Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,25 0,05 ¹ 0,005 ²
Destilasi: 90% vl. Penguapan	°C	-	370
Titik Nyala	°C	52	-
Titik Tuang	°C	-	18
Residu Karbon	% m/m	-	0,1

Kandungan Air	Mg/m	-	400
Korosi Bilah Tembaga		-	Kelas 1
Kandungan Abu	% m/m	-	0,01
Kandungan Sedimen	% m/m	-	0,01
Bilangan Asam Kuat	M KOH/g	0	
Bilangan Asam Total	Mg KOH/g	-	0,6
Penampilan Visual	-	Jernih dan terang	
Warna	No. ASTM	-	3
Lubrisitas (HFRR Wear Scandia. @60°C	Micron	-	460

(Sumber : SK Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi 2020)

CATATAN :

1. Batasan 0,05% m/m setara dengan 500 ppm, berlaku mulai 1 Januari 2024.
2. Batasan 0,005% m/m setara dengan 50 ppm, berlaku 1 Januari 2026.
3. Parameter kualitas ini berlaku jika kadar belerang < 500 ppm.

Bahan bakar bermotor yang dalam hal ini bahan bakar solar untuk kendaraan bermesin penyalaan kompresi (Compression Ignition Engine) yang terdapat di pasaran di Indonesia diatur dan dibatasi dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh pemerintah (Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi) (A. Harjono., 2017).

Bahan bakar solar untuk bermotor yang beredar dipasaran baik di Indonesia dan beberapa negara lain, sebagai berikut:

1. Solar 48
Bahan bakar solar 48 adalah bahan bakar yang mempunyai angka setana CN (Cetane Number) minimal 48. Mutu solar 48 ini dipasarkan di Indonesia dibatasi dengan spesifikasi bahan bakar solar 48 sesuai dengan surat keputusan Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi Nomor 3675K/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006.
2. Solar 51
Bahan bakar solar 51 adalah bahan bakar minyak solar yang mempunyai angka setana minimal 51 dengan kadar sulfur lebih sedikit dibanding solar 48. Kandungan sulfur solar 51 ini minimal 0,05% m/m atau 500 ppm sedang solar 48 maksimal 0,35% m/m atau 3500 pm. Mutu

minyak solar 51 di pasaran di Indonesia dibatasi dengan spesifikasi bahan bakar solar jenis 51 sesuai dengan surat keputusan direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi No.3675K/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006.

Komposisi bahan bakar solar terdiri dari senyawa hidrokarbon dan nonhidrokarbon. Bahan bakar solar tersusun atas ratusan rantai hidrokarbon yang berbeda, yaitu pada rentang C12 sampai C18. Senyawa hidrokarbon yang ditemukan dalam bahan bakar solar seperti parafinik, naftenik, olepin dan aromatik. Sedangkan untuk senyawa non-hidrokarbon terdiri dari senyawa yang mengandung unsur-unsur non-logam, yaitu sulfur, nitrogen, dan oksigen serta unsur logam seperti vanadium, nikel dan besi. Bahan bakar solar ini biasa disebut juga gas oil, automotive diesel oil, dan high speek diesel (Verdy Angriawan, 2011; Pratama et al., 2016).

2. Jenis Jenis Solar

1) Solar

Bahan bakar diesel yang disubsidi pemerintah yang diperoleh dari pengolahan minyak bumi. Minyak mentah dipisahkan pada proses destilasi dan menghasilkan fraksi solar dengan titik didih antara 250°C sampai dengan 300°C. Bilangan cetana 43, kandungan sulfur antara 3000 sampai dengan 3500 ppm. Sebagai bahan bakar, solar memiliki karakteristik tertentu, yaitu:

- a. Tidak berwarna/terkadang berwarna kuning dan berbau.
- b. Tidak akan menguap pada temperatur normal.
- c. Memiliki kandungan sulfur lebih tinggi jika dibandingkan dexlite dan pertamina dex.
- d. Memiliki flash point antara 40°C sampai dengan 100°C
- e. Menimbulkan panas yang tinggi kurang lebih 10.500 kkal/kg.

Untuk menghasilkan pembakaran yang baik, solar memiliki syarat-syarat berikut:

- a. Mudah terbakar
- b. Tidak mudah mengalami pembekuan pada suhu yang rendah.
- c. Memiliki sifat anti knocking dan membuat mesin bekerja dengan lembut.
- d. Memiliki kekentalan yang memadai untuk disemprotkan kedalam mesin injector.
- e. Memiliki kandungan sulfur lebih kecil lagi, agar tidak berdampak buruk bagi mesin dan mengurangi polusi.

2) Dexlite

Dexlite merupakan bahan bakar terbaru dari Pertamina untuk kendaraan bermesin diesel di Indonesia. Dexlite diluncurkan sebagai varian baru bagi konsumen yang menginginkan BBM dengan kualitas di atas Solar biasa (bersubsidi) dengan Cetana Number minimal 48, tetapi dengan harga yang lebih murah dari pada Pertamina Dex dengan Cetana Number 53. Dexlite memiliki Cetana Number sebesar 51, sementara itu solar memiliki kandungan Cetana Number sebesar 48 dan untuk Pertamina Dex memiliki Cetana Number sebesar 53. Kemudian, kandungan sulfur pada Dexlite juga berada diantara Bahan Bakar Minyak (BBM) jenis solar/biosolar dan Pertamina Dex. Jika di solar/biosolar kandungan sulfurnya berada di 2.500 ppm, sementara Pertamina Dex berada di 300 ppm, dan Dexlite 1.200 ppm. Dexlite memiliki zat additive yang berfungsi untuk menjaga performa mesin agar tetap optimal dan membersihkan mesin sehingga tidak terjadi penumpukan kotoran, yang dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan kinerja mesin (Eddy Rusmanto 2022).

3) Pertamina Dex

Pertamina dex merupakan bahan bakar diesel berkualitas tinggi dengan kadar sulfur yang rendah (dibawah 300 ppm), yang berfungsi untuk menghindari penyumbatan injektor, kandungan partikular (PM) sangat sedikit dan bersih dan menghasilkan emisi gas buang yang lebih ramah lingkungan, menghasilkan tenaga yang besar dan irit bahan bakar, suara mesin halus. Bilangan cetana 53, dan telah memenuhi standar Euro 4.

Angka cetana merupakan indikator kualitas suatu bahan bakar bila ditinjau dari kecepatan terbakarnya bahan bakar motor diesel. Semakin tinggi angka cetana bahan bakar, maka akan mengurangi waktu tunda pembakaran, sehingga bahan bakar dapat terbakar dengan cepat. Perbedaan angka cetana pada timing injeksi yang sama, maka pembakaran yang dihasilkan akan berbeda, sebab periode pembakaran terjadi berbeda. Dengan demikian efisiensi bahan bakar untuk solar, dexlite dan pertamina dex akan berbeda pada kondisi timing injeksi yang sama (Cappenberg, A. D. 2017).

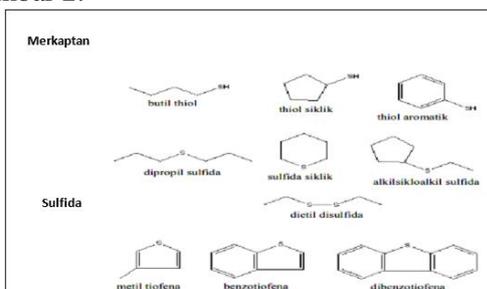
2.2 Senyawa Sulfur dalam Bahan Bakar Solar

Sulfur merupakan senyawa yang sangat alami terkandung dalam minyak bumi, namun

keberadaannya tidak diinginkan karena dapat menyebabkan berbagai masalah, termasuk diantaranya korosi, bau yang kurang sedap dan produk samping berupa gas buang yang beracun seperti sulfur dioksida (SO_2) dapat menimbulkan polusi udara serta hujan asam. Pada umumnya bahan bakar solar mengandung sulfur dalam kadar tertentu sesuai dengan bahan bakar solar tersebut berasal (Hidayat et al., 2012).

Sulfur merupakan unsur ketiga yang paling melimpah dalam minyak bumi setelah karbon dan hidrogen. Minyak bumi dengan densitas yang tinggi mengandung lebih banyak senyawa sulfur. Fraksi penyulingan minyak bumi yang memiliki titik didih yang tinggi juga mengandung senyawa sulfur dengan konsentrasi yang tinggi (Soleimani et al., 2007).

Senyawa sulfur organik dalam bahan bakar solar terdapat dalam bentuk merkaptan/tiol, sulfida, disulfida, disulfida, tiofena (Shennan et al., 1996). Senyawa-senyawa ini banyak terdapat dalam rantai hidrokarbon panjang atau pada produk distilat pertengahan (middle distillate). Struktur kimia dari senyawa sulfur organik dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2.1 Struktur kimia senyawa sulfur organik bahan bakar solar (Shennan, 1996)

Thiol atau merkaptan adalah senyawa organosulfur yang mengandung kelompok sulfhidril (SH) terdiri dari atom sulfur dan atom hidrogen yang terikat pada atom karbon. Merkaptan dibatasi karena sifat korosinya terhadap tembaga dan kadmium serta bau yang tidak sedap. Kandungan merkaptan di minyak sangat rendah. Namun, keberadaannya biasa berasal dari senyawa organosulfur lain selama proses penyulingan. Kandungan merkaptan bervariasi yaitu sekitar 0,115% dari total kandungan senyawa sulfur (Speight, 2007).

Sulfida merupakan senyawa organosulfur yang memiliki struktur cincin. Titik didih sulfida lebih tinggi dari merkaptan untuk molekul jumlah karbon yang sama. Senyawa

sulfida terdapat sebagian besar sulfur yang mengandung hidrokarbon pada distilat pertengahan (minyak tanah dan minyak gas), di mana kandungan sulfida adalah 50-80% dari total senyawa sulfur (Speight, 2007).

Disulfida, yang memiliki rumus umum $\text{R}'\text{-S-S-R}'$, hanya ditemukan dalam jumlah kecil dalam fraksi minyak dengan titik didih 300°C . Kandungan disulfida pada minyak sekitar 7-15 persen dari total sulfur (Moustafa & Andersson, 2011). Tiofena dan disulfida adalah bentuk umum senyawa sulfur yang lebih kompleks dan sulit untuk dipisahkan. Banyak tiofena dan disulfida ini ditemukan dalam rantai hidrokarbon panjang atau pada produk distilat pertengahan, juga dikenal sebagai middle distillate. Tiofena adalah senyawa aromatis yang sering ditemukan, mirip dengan benzena yang memiliki empat atom C dan satu atom S. Tiofen adalah cairan tidak berwarna, tidak larut dalam air, larut dalam alkohol dan eter, berbau, tajam, dan sangat mudah terbakar (Wang et al., 2009).

2.3 Teknik Desulfurisasi Bahan Bakar Solar

1. Hidrodesulfurisasi

Ada berbagai teknologi yang dapat menyelesaikan masalah pemisahan sulfur. Memisahkan sulfur dari minyak sebelum dibakar adalah pilihan terbaik. Teknologi hidrodesulfurisasi (HDS), yang memungkinkan pemisahan sulfur melalui ikatan organik sampai kadar tertentu, telah diterima secara luas di industri. Dalam kilang minyak, hidrodesulfurisasi digunakan untuk menghilangkan sulfur. Proses ini menggunakan gas hidrogen, tekanan tinggi (10-17 atm), dan suhu tinggi ($200\text{--}425^\circ\text{C}$). Senyawa sulfur bereaksi dengan gas hidrogen, yang kemudian mengubah sulfur menjadi hidrogen sulfida, yang dapat dipisahkan dari minyak (Guerinik dan Mutawah, 2018).

Hidrodesulfurisasi (HDS) efisien dalam penghilangan senyawa sulfur refraktori aromatik seperti turunan tiofena. H_2S yang dihasilkan dalam beberapa reaksi senyawa tiofena merupakan inhibitor utama untuk HDS. Selain itu, metode ini memerlukan suhu, tekanan, dan dosis katalis yang tinggi sebelum mencapai tujuan yang tidak diinginkan yang tidak ekonomis. Proses adsorpsi telah menjadi pendekatan yang menjanjikan dalam desulfurisasi ultra dalam, karena metode ini mudah tersedia, ramah lingkungan, ekonomis, dan mampu menurunkan kandungan sulfur <1 ppm (Mansur Anbiya, 2017).

2. Biodesulfurisasi

Biodesulfurisasi adalah teknik untuk menghilangkan kandungan sulfur melalui penggunaan mikroorganisme sebagai agen biologis untuk mempercepat reaksi oksidasi sulfur (Prayuenyong, 2002). Dalam beberapa hal, proses biodesulfurisasi berbeda dari proses HDS konvensional. Ini berbeda karena menggunakan udara sebagai pengganti hidrogen yang digunakan pada HDS, berjalan pada temperatur dan tekanan lingkungan, dan sebagian besar pekerjaan telah menunjukkan hasil desulfurisasi yang baik (Ohshiro & Yoshikazu, 1999).

Dengan mengikuti jalur 4S, proses biodesulfurisasi pada sebagian besar strain dilaporkan dapat menghilangkan sulfur dari DBT dan derivatnya tanpa mempengaruhi rangkaian karbon (Li et al., 2008; Mohebbali et al., 2007). Dalam proses biodesulfurisasi berbagai jenis bakteri, termasuk *Rhodococcus*, *Arthobacter*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas*, *Corynebacterium*, dan *Mycobacterium*, mendegradasi DBT dengan mengikuti jalur 4S (Calzada et al., 2009).

2.4 Serbuk Besi

Besi adalah unsur kimia dengan simbol Fe, besi memiliki sifat yang istimewa, yaitu kuat dan besi juga mudah dibentuk. Meski besi itu kuat, besi juga mempunyai kelemahan yaitu mudah mengalami korosi (berkarat) (Simatupang, T. 2023). Bubuk besi adalah partikel halus yang terbuat dari logam besi, umumnya dengan ukuran partikel antara beberapa mikrometer hingga beberapa milimeter.

Serbuk besi dapat dilarutkan dalam asam sulfat membentuk besi (II) berupa senyawa ferro sulfat (FeSO_4). Oksidasi besi (II) menjadi besi (III) dalam bentuk feri sulfat ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) dapat dilakukan dengan bantuan katalis asam fosfat atau katalis karbon aktif (Syarif. T., dkk 2010). Serbuk besi yang didapatkan dari alam umumnya merupakan senyawa besi dengan oksigen seperti hematite (Fe_2O_3), magnetite (Fe_3O_4), limonite (Fe_2O_3) atau siderite (Fe_2CO). Pembentukan senyawa besi oksida tersebut sebagai proses alam yang terjadi selama beribu-ribu tahun. Kandungan senyawa besi di bumi ini mencapai 5% dari seluruh kerak bumi ini.

Serbuk besi ini memiliki berbagai aplikasi di berbagai industri karena sifat-sifat uniknya. Penggunaan bubuk besi dalam desulfurisasi memiliki berbagai keuntungan, termasuk aktivitas dan biaya yang rendah. Namun, juga

ada kerugian yang perlu diperhatikan, seperti resiko kebakaran dan keterbatasan kapasitas (Luo, S., et al 2022). Dengan penggunaan serbuk besi, dapat menunjukkan bahwa penambahan serbuk besi memiliki efek signifikan dalam mengurangi kadar sulfur dalam batu bara yang awalnya 3,28% menjadi 2,42% (A. Sry Iryani, et al., 2016).

3. METODE PENELITIAN

a. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan kurang lebih 2 bulan di Laboratorium Teknik Kimia Universitas Bosowa dan di Laboratorium Balai Besar Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Hasil Perkebunan, Mineral Logam, dan Maritim (BBIHPMM), Makassar.

b. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini: beaker glass ukuran, 250 mL dan 1000 mL, botol sampel, botol aquades, kertas saring, pengadukan magnetic, alat timbang elektronik, tissue, sendok, aluminium foil, hot late, dan alat Spektropotometer UV-Vis.

Bahan serbuk besi, Sampel solar yang didapat dari Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) Abd.dg.Sirua, Makassar, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, KNO_3 , CH_3COOH 99% , Aquades, BaCl_2 .

c. Persiapan Bahan

1. Analisa kandungan sulfur solar yang akan digunakan
2. Siapkan 100 ml solar kedalam gelas beker dibuat dalam 6 sampel
3. Siapkan serbuk besi.

d. Prosedur Kerja

- 1) Pengaruh Konsentrasi Serbuk Besi dan Suhu
 - a) Solar dalam gelas beker dicampurkan dengan bubuk besi sebanyak 1 gram.
 - b) Campuran kemudian diaduk merata menggunakan alat pengaduk magnetik selama 30 menit, kecepatan 250 rpm dengan suhu 30oC dan 50oC.
 - c) Campuran solar dan serbuk besi didiamkan sampai mengendap
 - d) Endapan kemudian disaring menggunakan kertas saring.
 - e) Melakukan perlakuan yang sama untuk sampel solar dengan variasi serbuk besi 1 gram, 1,5 gram dan 2 gram.

f) Analisa kadar sulfur filtranya.
2) Analisa Sulfur Terlarut Dalam Solar
Analisa sulfur terlarut menggunakan solar dengan metode kekeruhan dari barium sulfat. Sebelumnya dibuat terlebih dahulu larutan buffer dengan cara menimbang sebanyak 30 g $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, 5 g $CH_3COONa \cdot 3H_2O$, 1 g KNO_3 , dan 20 ml CH_3COOH 99% yang dilarutkan dalam 500 ml akuades. Setelah itu, larutan ditambahkan akuades hingga volume 1000 ml. Penentuan kadar kekeruhan barium sulfat diuji dengan mengambil sampel sebanyak 50 ml kemudian ditambahkan 20 ml larutan buffer. Setelah semua larutan tercampur dilakukan penambahan $BaCl_2$ sebanyak 0,15 g kemudian dikocok hingga homogen dan diukur kekeruhannya dengan spektrofotometer UV-Vis dengan Panjang gelombang 420 nm. Nilai absorbansi yang diperoleh kemudian dikonversi ke konsentrasi sulfur berdasarkan kurva standar.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa kadar sulfur solar menggunakan alat Spektropotometer UV-Vis dengan variasi konsentrasi serbuk besi sebanyak 1 gram, 1,5 gram dan 2 gram dengan variasi suhu 30°C dan 50°C sehingga didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.1 Kadar Sulfur Dalam Solar Setelah Kontiminasi Dengan Serbuk Besi

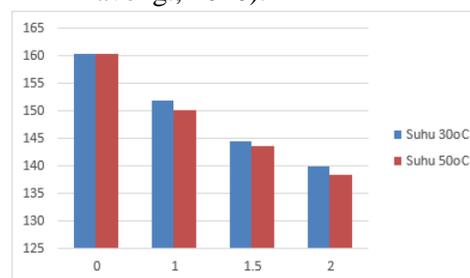
No.	Kadar sulfur sebelum perlakuan	Konsentrasi serbuk besi	Suhu	Kadar sulfur	Persentase penurunan (%)
1.	160,3432 ppm	1 gram	30° C	151,9022 ppm	5,27
			50° C	150,1247 ppm	6,37
2.	160,3432 ppm	1,5 gram	30° C	144,4657 ppm	9,90
			50° C	143,4465 ppm	10,53
3.	160,3432 ppm	2 gram	30° C	139,7554 ppm	12,84
			50° C	138,3546 ppm	13,71

1) Pengaruh Konsentrasi Serbuk Besi Terhadap Penurunan Sulfur Dalam Solar

Penggunaan serbuk besi untuk menurunkan kadar sulfur yang dicampurkan dengan solar, memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap penurunan kadar sulfur. Serbuk besi adalah bagian dari hasil sisa potongan atau sisa pembubutan besi tuang yang merupakan hasil dipemakaian industri (Bahri, 2017).

Semakin banyak konsentrasi serbuk besi yang ditambahkan pada solar dapat lebih banyak menurunkan sulfur pada solar yaitu pada konsentrasi serbuk besi sebanyak 2 gram dapat menurunkan kadar sulfur dari 160,3432 ppm Menjadi

138,3546 ppm. Dibandingkan dengan kadar sulfur pada konsentrasi 1 gram didapatkan kadar sulfur 150,1247 ppm. Semakin besar konsentrasi reaktan, maka semakin besar kemungkinan terjadinya tumbukan efektif. Sehingga laju reaksi akan semakin cepat (Somvang Phimmavong., 2020).



Gambar 4.1 Grafik Konsentrasi Serbuk Besi

Penurunan kadar sulfur dalam solar dapat disebabkan karena adanya reaksi antara besi (Fe) dalam belerang (S) sehingga menghasilkan senyawa besi (II) Sulfida (FeS), yang ditandai dengan perubahan serbuk besi yang awalnya berbentuk partikel-partikel besi kecil berwarna abu-abu menjadi lembek berwarna hitam. Sehingga teradsorpsi pada reaksi pencampuran serbuk besi dengan solar, yang mengakibatkan terjadinya proses pengumpulan substansi dalam larutan sehingga terjadi penyerapan yang membuat kadar sulfur menyerap kedalam gumpalan besi. Dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Gumpalan Serbuk Besi Setelah Bereaksi dengan Sulfur

Pada gambar diatas menunjukkan serbuk besi terjadi penggumpalan dengan tekstur yang lembek. Sulfur dalam bahan bakar dapat menyebabkan korosi pada komponen logam dalam sistem bahan bakar, termasuk tangki. Ketika bahan bakar yang mengandung sulfur terbakar, akan menghasilkan gas berbahaya seperti sulfur dioksida (SO_2), yang dapat bereaksi dengan kelembapan dan oksigen untuk membentuk asam sulfat. Asam ini dapat mengikis material tangki, terutama jika tangki dari logam yang rentan terhadap korosi (Ponidi & Ibnu Salam., 2019).

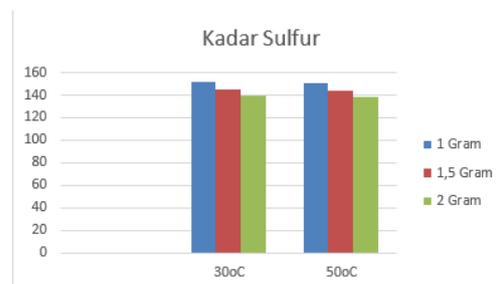
2) Pengaruh Suhu Terhadap Penurunan Sulfur Dalam Solar

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh suhu terhadap penurunan kadar sulfur pada solar dapat dilihat pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa kadar sulfur dalam solar menurun seiring dengan peningkatan suhu. Ketika ada suhu dinaikkan penurunan lebih besar yang dimana disebabkan dengan pemanasan, maka aktivitas dari ion-ion besi itu lebih besar sehingga lebih mudah bereaksi dengan sulfur. Menurut penelitian Haryanto et al., (2020) semakin tinggi suhu menyebabkan gerakan molekul-molekul senyawa semakin cepat, dan energi kinetik molekul reaktan semakin besar sehingga tumbukan antara molekul juga meningkat (Haryanto, et al., 2020).

Penelitian menunjukkan bahwa suhu yang lebih tinggi umumnya meningkatkan laju reaksi desulfurisasi. Secara teoritis desulfurisasi dalam proses hidrodessulfurisasi (HDS), peningkatan suhu dapat meningkatkan konversi senyawa sulfur menjadi H₂S yang dapat dihilangkan. Suhu optimal untuk reaksi ini sering berkisar antara 200 – 400 oC, dimana laju reaksi menunjukkan peningkatan signifikan (Guerinik & Mutawah, 2018).

Uji suhu ini dilakukan secara batch dengan suhu sekitar 30oC dan suhu 50oC dengan waktu kontak sekitar 30 menit dengan pengocokan dengan magnetik stirrer kecepatan 250 rpm. Suhu pada saat pencampuran serbuk besi pada solar sangat berpengaruh dimana semakin tinggi suhu maka lebih cepat mengurangi kadar sulfur dalam solar. Pada suhu 300 C didapatkan nilai kandungan sulfur pada konsentrasi 1 gram yaitu sebanyak 151.9022 ppm dan pada konsentrasi 1,5 gram yaitu sebanyak 144.4657 ppm serta pada konsentrasi 2 gram yaitu sebanyak 139.7554 ppm.

Begitu pula dengan suhu 50°C didapatkan nilai kandungan sulfur pada konsentrasi 1 gram yaitu sebanyak 150.1247 ppm dan pada konsentrasi 1,5 gram yaitu sebanyak 143.4465 ppm serta pada konsentrasi 2 gram yaitu sebanyak 138.3546 ppm. Dimana dalam penambahan variasi suhu sangat berpengaruh dalam menurunkan kandungan sulfur pada bahan bakar solar dengan suhu 50oC dapat menurunkan kadar sulfur lebih tinggi dibandingkan dengan suhu ruang. Dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Variasi Konsentrasi Pada Suhu 30°C dan Suhu 50°C

Berdasarkan bahan bakar solar yang telah diuji pada ketiga perlakuan menunjukkan terjadinya penurunan kadar sulfur pada penggunaan variasi serbuk besi dan variasi suhu. Dimana dalam penambahan variasi konsentrasi bubuk besi dan variasi suhu dapat mempengaruhi penurunan kadar sulfur pada solar. Serbuk besi ini memiliki potensi dalam desulfurisasi senyawa sulfur dalam bahan bakar solar. Desulfurisasi tersebut di dalam prosesnya akan mengubah sulfur yang akan teroksidasi dan menghasilkan produk akhir berupa senyawa sulfat.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Semakin banyak konsentrasi serbuk besi yang ditambahkan pada solar dapat lebih banyak menurunkan sulfur pada solar yaitu konsentrasi serbuk besi sebanyak 2 gram dapat menurunkan kadar sulfur dari 160,3432 ppm menjadi 138,3546 ppm atau terjadi penurunan sebanyak 13,71%. Dibandingkan dengan kadar sulfur pada konsentrasi 1 gram didapatkan kadar sulfur 6,37 %.
- 2) Variasi suhu dapat mempengaruhi penurunan kadar sulfur, semakin tinggi suhu semakin tinggi pula penurunan kadar sulfur pada solar. Maka didapatkan pula hasil maksimal pada suhu yang paling tinggi yaitu dengan konsentrasi serbuk besi 2 gram dan suhu 50oC penurunan kadar sulfur sebesar 13,71%

6. DAFTAR PUSTAKA

Ardianti, D. A., Najib, A. A., Hakim, F. N., Setiorini, U., & Suryaningsi, S. (2019). Rancang bangun alat pengkonversi sampah plastik menggunakan metode pirolisis menjadi bahan bakar minyak dalam upaya

- penanganan masalah lingkungan. *JIIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)*, 3(2), 91-96.
- Cappenberg, A. D. (2017). Pengaruh penggunaan bahan bakar solar, biosolar dan pertamina dex terhadap prestasi motor diesel silinder tunggal. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, 70-74.
- Chavan, SV, Kini, HR, Kapoor, B., & Ghosal, R. (2014). Proses desulfurisasi minyak bumi. *Permohonan Paten AS No.14/006.803*.
- Denome, S. A., Olson, E. S., & Young, K. D. (1993). Identification and cloning of genes involved in specific desulfurization of dibenzothiophene by *Rhodococcus* sp. strain IGTS8. *Applied and environmental microbiology*, 59(9), 2837-2843.
- Dzulfakar, A. B. P. (2023). Biodesulfurisasi Produk Kilang PPSDM Migas Cepu Menggunakan Bakteri *Rhodococcus erythropolis*. *Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, 13(1), 26-33.
- ESDM, P. (2014). Peraturan menteri energi dan sumber daya mineral nomor 34 tahun 2014 tentang harga jual eceran dan konsumen pengguna jenis bahan bakar minyak tertentu.
- Guerinik, K., & Al-Mutawah, Q. (2018). Isolation and characterization of oildesulphurizing bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 19, 941-945.
- Hayaan, M., Ibrahim, M. H., Hashim, A., & Hayyan, A. (2015). The role liquids in desulfurization of fuels: A review. *Journal Renewable and Sustainable Energy*.
- Hidayat, S. (2012). Perancangan dan estimasi biaya sulfur recovery unit metode superclaus= Design and cost estimation sulfur recovery unit using superclaus method.
- Iryani, A. S., & Marzuki, I. (2016). Depiritisasi Batubara Menggunakan Oksidator Besi (III) Hasil Olahan Limbah Besi. *Journal Techno Entrepreneur Acta*, 1(2), 75-75.
- Monticello, D. J. (2000). Biodesulfurization and the upgrading of petroleum distillates. *Current opinion in biotechnology*, 11(6), 540-546.
- Nurfauziah. 2017. *Desulfurisasi Bahan Bakar Solar Oleh Bakteri Moraxella Osloensis*. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Ohshiro, T., & Izumi, Y. (1999). Microbial desulfurization of organic sulfur compounds in petroleum. *Journal Bioscience, Biotechnology, Biochemistry*, 63(1), 1-9. <https://doi.org/10.1271/bbb.63.1>
- Ponidi, P., & Salam, I. (2019). Fuel Analysis HSD Diesel and Bio Diesel Related Engine Performance Reach Staker Kalmar in PT. Meratusline. *REM (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, 4(1), 53-71.
- Pratama, I. G. K. P., Gunam, I. B. W., & Putra, G. G., (2017). Aktivitas Biodesulfurisasi Dibenzotiofena Dalam Model Minyak Tetradekana Pada Rasio Minyak Air dan Konsentrasi Resting Sel Isolat Bakteri SBJ8.
- Prayuenyong, P. (2002). Coal biodesulfurization processes. *Songklanakarin J Sci Technol*, 24(3), 493-507.
- Saputro, W., Sentanuhady, J., Majid, A. I., Prasadha, W., Gunawan, N. P., & Raditya, T. Y. (2020). Karakteristik unjuk kerja mesin diesel menggunakan bahan bakar B100 dan B20 dalam jangka panjang. *Journal of Mechanical Design and Testing*, 2(2), 125-136.