

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya pengguna kendaraan baik melalui darat, udara maupun laut menyebabkan penggunaan bahan bakar fosil dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Hal tersebut mengakibatkan cadangan minyak bumi yang dimiliki Indonesia akan menipis dan jika dibiarkan, maka diperkirakan Indonesia mengalami krisis minyak bumi dalam beberapa tahun ke depan. Selain itu, pemanfaatan bahan bakar fosil dapat menyebabkan pencemaran lingkungan berupa pelepasan karbon dioksida, nitrogen dan belerang yang mengarah ke pemanasan global dan efek rumah kaca (Wise, 2017). Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi fosil yang dapat diperbarui yaitu *biofuel*. *Biofuel* dapat mengurangi emisi gas rumah kaca di berbagai sektor ekonomi, termasuk salah satunya sektor penerbangan. Industri penerbangan sendiri menghasilkan 2,6% dari total emisi antropogenik (Staples, 2018). Jadi, bioavtur (*biofuel* penerbangan) diharapkan menjadi bahan bakar utama di pasar transportasi (Antonio, 2017).

Rahmes *et al.* (2009) menjelaskan bahwa avtur merupakan senyawa hidrokarbon dengan rentang rantai karbon $C_8 - C_{16}$. Senyawa hidrokarbon dalam avtur terdiri dari iso-, normal-, alkana, alkena, sikloalkana, olefin dan aromatik, selain itu terdapat sedikit *impurities* dan senyawa *additive* tertentu. Beberapa peneliti telah mengembangkan sintesis avtur dari bahan baku yang dapat diperbarui. Sabarman *et al.*, tahun 2019 melakukan sintesis senyawa avtur dari *palm fatty acid distillate* (PFAD) melalui proses *hydrotreating*, *hydrocracking*, dan *hydroisomerization* dengan katalis $NiMo/\gamma - Al_2O_3$ pada suhu $400^\circ C$, tekanan 40 bar, pemuatan katalis 3%, rasio pelarut 1:1 menghasilkan rantai karbon C_{15} . Zanata *et al.* (2019) melakukan sintesis avtur dengan rantai karbon $C_{10} - C_{15}$ dari *crude palm oil* (CPO) melalui reaksi *hydroprocessed esters and fatty acid* (HEFA) dengan katalis $Ni - Mo/SiO_2$ pada suhu $300^\circ C$ dan $400^\circ C$,

tekanan 20 – 50 bar menghasilkan rendemen sebesar 45,17%. Zhang *et al.* (2019) mengkonversi metil palmitat menggunakan katalis zeolit meso-Y yang dimodifikasi melalui desilikasi dengan NaOH dan kemudian dimuat nanopartikel Ni menghasilkan rantai karbon C₄ 25,2%. Dari beberapa sintesis yang dilakukan oleh peneliti diatas, metode yang digunakan untuk mengubah asam stearat menjadi senyawa hidrokarbon rantai pendek adalah reaksi perengkahan (*cracking*).

Reaksi *cracking* merupakan reaksi pemutusan ikatan senyawa hidrokarbon molekul besar pada suhu tinggi menjadi molekul-molekul yang lebih kecil. Reaksi *cracking* dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu *thermal cracking*, *hydrocracking* dan *catalytic cracking*. Perbedaan dari ketiga cara tersebut adalah sebagai berikut : *thermal cracking* dilakukan pada suhu ± 800 °C dan tekanan 700 kPa, *hydrocracking* dilakukan pada suhu dan tekanan tinggi disertai aliran gas H₂ dan *catalytic cracking* dilakukan pada suhu 450 – 500 °C disertai katalis (Cleveland dan Szostak, 2011). Dilihat dari perbedaan tersebut, proses *catalytic cracking* lebih tepat untuk dilakukan karena memerlukan energi yang lebih rendah dibandingkan proses *cracking* lainnya. Dalam *catalytic cracking* membutuhkan katalis untuk memecah asam lemak menjadi avtur. Abdulloh *et al.* (2017) menyintesis senyawa alkana dan alkena dengan rantai karbon C₁₀ – C₁₅ yang termasuk dalam rentang rantai karbon dari avtur dari asam palmitat menggunakan katalis $\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3/\text{zeolit Y}$ pada suhu 380 °C – 400 °C selama 3 jam menghasilkan 85,89% rantai karbon C₁₀ – C₁₅. Shahinuzzaman (2017) mensintesis avtur melalui reaksi *hydrocracking* dengan katalis zeolit nonsulfida menghasilkan C₇ – C₁₈. Dari beberapa sintesis yang dilakukan oleh peneliti diatas, dapat diketahui bahwa senyawa avtur dapat disintesis menggunakan katalis logam transisi yang didukung oleh material berpori, salah satunya adalah zeolit.

Katalis zeolit sangat baik dan cocok digunakan dalam proses *cracking* karena bersifat stabil pada suhu tinggi, memiliki pori berukuran meso dan memiliki situs asam yang tinggi. Menurut Abdulloh *et al.* (2016), industri dan peneliti lebih memilih mengembangkan katalis heterogen termasuk zeolit karena

tidak dibutuhkan proses netralisasi katalis dan lebih ekonomis. Katalis memiliki parameter agar dapat menghasilkan performa yang baik yaitu yang pertama kristalinitas. Kristalinitas dari zeolit alam sendiri kurang baik karena banyak mengandung pengotor namun setelah dilakukan modifikasi (pertukaran ion) dapat meningkatkan kristalinitas katalis sehingga dapat mempengaruhi aktivitas katalitik (Lestari, 2010). Parameter kedua yaitu situs asam, situs asam pada katalis sangat menentukan produk yang dihasilkan. Struktur zeolit dibuat menjadi mesopori yaitu memiliki ukuran pori yang besar sehingga menyebabkan katalis memiliki luas permukaan yang besar. Struktur mesopori membuat molekul mudah berdifusi masuk atau keluar dari struktur zeolit, sehingga mengarahkan efisiensi katalitik menjadi lebih tinggi (Sang *et al.*, 2019). Han *et al.* (2011) menyintesis HZSM-5 mesopori dengan menggunakan gel kering dan menerapkannya pada *cracking* katalitik 1,3,5-triisopropilbenzena. Diketahui HZSM-5 mesopori memiliki aktivitas katalitik yang tinggi dan ketahanan yang baik terhadap deposisi karbon dibandingkan dengan zeolit HZSM-5. Katalis dengan memiliki ukuran pori dan luas permukaan yang besar dapat mudah disisipkan logam sehingga dapat mengoptimalkan produk. Pada reaksi *cracking* dengan katalis dilakukan pada suhu tinggi sehingga katalis yang dibutuhkan memiliki stabilitas pada suhu tinggi yang baik. Katalis dapat dimodifikasi dengan ditambahkan logam yang memiliki aktivitas katalik yang baik, sehingga katalis zeolit dapat berperan sebagai katalis maupun bahan pendukung katalis logam (*metal supporting catalyst*) (Abdulloh *et al.*, 2017).

Nurfauzjiah *et al.* (2019) melakukan preparasi Cu^{2+} -mordenit dengan metode *cation exchanged* dan digunakan untuk reaksi *cracking* asam palmitat menghasilkan *biogasoline* 72,08%. Mahdy *et al.* (2019) mengkonversi asam palmitat menggunakan katalis mordenit yang dimodifikasi melalui *cation exchanged* dengan logam Fe, menghasilkan *biogasoline* rantai karbon C_{12} 3,35%. Aalstary *et al.* (2020) telah mensintesis avtur 49,77% melalui reaksi *cracking* asam stearat dengan katalis mordenit yang telah dimodifikasi dengan logam Cr menjadi Cr/mordenit. Fadilla *et al.* (2020) mengembangkan Cu pada katalis

mordenit untuk sintesis avtur dan diperoleh 42,72% senyawa avtur. Dari beberapa sintesis yang dilakukan oleh peneliti diatas, dapat diketahui bahwa senyawa avtur disintesis menggunakan katalis yang telah dimodifikasi atau diimbangkan dengan logam transisi Fe (besi), Cu (tembaga), Cr (kromium). Logam transisi dengan ukuran jari-jari kecil dan muatan besar memiliki daya polarisasi kation atau densitas muatan yang besar (z/r) (Nuryono, 2018). Logam mempolarisasi molekul air yang berada disekeliling logam sehingga menghasilkan ion H^+ dan menjadikan larutan bersifat asam dengan meningkatkan situs asam Bronsted. Asam Bronsted dapat diubah menjadi asam Lewis dengan pemanasan hingga lebih dari $500^{\circ}C$ dengan melepaskan molekul air sehingga dapat meningkatkan aktivitas katalitik (Bariyah, 2014). Umumnya unsur logam transisi memiliki elektron valensi pada subkulit 3d yang belum terisi penuh. Orbital kosong memberikan pengaruh yaitu kemampuan menerima pasangan elektron bebas dari unsur lain sehingga dapat meningkatkan situs asam Lewis dalam mordenit. Pemoifikasian logam sebagai pendukung katalis mordenit dilakukan melalui metode impregnasi dan pengurangan ukuran.

Impregnasi HZSM-5 menjadi Ni-HZSM-5/SBA menunjukkan struktur pori dan kinerja yang efisien yaitu mampu menghasilkan aromatik dan hidrokarbon siklik, yang merupakan komponen penting dari bahan bakar jet, dalam konversi sorbitol molekul besar menghasilkan hidrokarbon avtur 40% dengan aromatik dan hidrokarbon siklik 80% (Weng *et al.*, 2015). Zhao *et al.* (2017) melakukan impregnasi trimetil fosfat pada nano zeolit HZSM-5 mampu meningkatkan stabilitas hidrotermal sehingga terjadi peningkatan kinerja katalitik untuk *cracking* olefin menjadi *gasoline*. Liang *et al.* (2019) melaporkan bahwa impregnasi katalis CuCo dengan karbon nanotube (CNT) berhasil disintesis dan dapat mengkonversi asam stearat menjadi biodiesel dengan selektivitas 94,82%. Zhang *et al.*, (2009) menyintesis katalis HZSM-5 yang didoping Ni dibuat dengan metode impregnasi. Bubuk HZSM-5 yang diolah dengan menambahkan dan merendam dalam larutan nikel nitrat ($Ni(NO_3)_2$). Impregnasi dapat menurunkan BAS (*Brønsted acid sites*) dan meningkatkan LAS (*Lewis acid sites*) didalam

pori-pori zeolite (Li *et al.*, 2016). Hal ini mengakibatkan peningkatan selektivitas aromatik (Zambare *et al.*, 2019). Jadi katalis yang telah diubah menjadi nano dan diimbangkan dengan logam transisi diharapkan mampu melakukan *cracking* menjadi rantai hidrokarbon yang lebih pendek. Bahan yang digunakan dalam proses *cracking* merupakan asam lemak bebas (FFA).

Usaha mensintesis avtur dari bahan baku minyak nabati, hewani dan *Free Fatty Acid* (FFA) di Indonesia sangat mungkin untuk dikembangkan karena zeolit melimpah di Indonesia dan bahan baku untuk sintesis avtur mudah ditemukan di Indonesia. Salah satu bahan baku yang mudah ditemukan di Indonesia adalah asam stearat. Hampir semua minyak nabati mengandung asam stearat. Asam stearat dapat ditemukan dalam minyak sawit kasar (CPO) sebesar 5% (Sujadi *et al.*, 2016), 35% dalam coklat (Tuminah, 2010), 4,9% - 8,6% dalam minyak biji kapuk (Suleman, 2017) dan 12,66% dalam biji karet (Setyawardhani *et al.*, 2010). Pada sumber hewani, asam stearat dapat ditemukan lemak sapi sebanyak 20% - 25%, lemak babi sebanyak 12% - 16% (Srinivasan *et al.*, 2018) dan lemak ayam sebanyak 17,55% (Purandaradas *et al.*, 2018). Berdasarkan penjelasan diatas, pada penelitian ini akan dilakukan impregnasi mordenit alam menjadi katalis heterogen menggunakan 3 variasi logam untuk sintesis senyawa avtur melalui reaksi *cracking* dari asam stearat. Karakterisasi yang dilakukan untuk katalis yaitu dengan XRD, XRF, FTIR, SEM dan analisis keasaman. Sedangkan karakterisasi produk menggunakan GC-MS.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik katalis Fe-Cu-Cr/mordenit sebelum dan sesudah *grinding* yang diperoleh dari hasil sintesis?
2. Bagaimana kinerja Fe-Cu-Cr/mordenit sebelum dan sesudah *grinding* sebagai *cracking* asam stearat menjadi *bioavtur*?

3. Apa sajakah senyawa *bioavtur* yang dihasilkan dari reaksi *cracking* asam stearat dengan dengan katalis Fe-Cu-Cr/mordenit dan dengan katalis reduksi ukuran Fe-Cu-Cr/mordenit?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menentukan karakterisasi katalis Fe-Cu-Cr/mordenit sebelum dan sesudah *grinding* yang diperoleh dari hasil sintesis.
2. Menentukan kinerja Fe-Cu-Cr/mordenit sebelum dan sesudah *grinding* sebagai *cracking* asam stearat menjadi *bioavtur*.
3. Menentukan senyawa *bioavtur* yang dihasilkan dari reaksi *cracking* asam stearat dengan dengan katalis Fe-Cu-Cr/mordenit sebelum dan sesudah *grinding*.

1.4 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi tentang adanya energi alternatif yang dapat diperbarui berupa *bioavtur* dengan memanfaatkan bahan alam yang mudah didapat dan jumlahnya melimpah di Indonesia.