

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi yang terus meningkat seiring dengan perkembangan ekonomi dan pertumbuhan jumlah penduduk menjadi tantangan utama dalam upaya menjaga ketahanan energi global. Di Indonesia, minyak bumi menjadi pilar utama sektor energi dengan penggunaan mencapai 1,9 juta barel per hari pada tahun 2022 (Direktorat Jenderal Migas, 2021). Namun produksi minyak bumi di Indonesia sejak tahun 2016 mengalami penurunan akibat tambang yang sudah tua, minimnya eksplorasi sumber minyak bumi baru, dan kurangnya penerapan teknologi tahap lanjut untuk pemulihan tambang minyak bumi yang terperangkap dalam bebatuan reservoir pada tambang.

Salah satu solusi untuk mengatasi masalah penurunan produksi minyak bumi adalah mengembangkan teknologi *Enhanced Oil Recovery* (EOR). EOR merupakan teknologi untuk meningkatkan produksi minyak bumi dari *reservoir* dengan proses injeksi surfaktan (*surfactant flooding*) untuk meningkatkan produksi minyak bumi dari minyak sisa yang tertinggal di reservoir (Putra & Kiono, 2021). Penerapan EOR di Indonesia sudah berhasil menekan penurunan produksi minyak bumi dari 5% - 7% pertahun menjadi 1,2% pada tahun 2023 (Purwanto, 2024). Namun, surfaktan pada EOR menggunakan surfaktan sintetik dari *petroleum* seperti *petroleum sulfonate* yang mengandung *petrochemical* sehingga tidak ramah bagi lingkungan (Jihan et al., 2020). Oleh karena itu, peneliti mengembangkan metode yang lebih ramah lingkungan yakni *microbial enhanced*

oil recovery (MEOR) yang menggunakan surfaktan yang disintesis atau diproduksi oleh mikroorganisme sehingga bersifat ramah lingkungan dengan tetap memiliki kemampuan untuk meningkatkan efisiensi pemulihan minyak bumi dalam pori-pori batuan reservoir (De Almeida et al., 2016; Putra & Kiono, 2021). Terdapat 2 jenis metode penggunaan MEOR dalam pemulihan minyak bumi yakni secara *in-situ* dan *ex-situ*. MEOR dengan mekanisme secara *in-situ* mikroba dan nutrisi diinjeksi ke dalam reservoir, sedangkan pada *ex-situ* biosurfaktan terlebih dahulu diproduksi oleh mikroba kemudian diinjeksi ke dalam reservoir (Putra & Kiono, 2021).

Biosurfaktan merupakan biomolekul kompleks ekstraseluler suatu mikroorganisme seperti bakteri, aktinomisetes, dan jamur (Zia & Linda, 2023). Biosurfaktan memiliki gugus hidrofobik (non-polar) dan hidrofilik (polar) yang dapat digunakan untuk menurunkan tegangan permukaan dan membuat hidrokarbon dapat larut dengan stabil dalam air. Menurut Takahashi et al. (2011) pada biosurfaktan terdapat biomolekul kompleks yakni asam lemak (jenuh, tak jenuh, linier, atau rantai panjang bercabang), peptida siklik, alkohol, asam karboksilat, asam amino, dan fosfat. Hal tersebut membuat biosurfaktan diklasifikasikan menjadi lipopeptida, lipopolisakarida, glikolipid, fosfolipid, biosurfaktan polimer, dan biosurfaktan partikulat berdasarkan asal mikroba dan komposisi struktur kimianya (Santos et al., 2016). Salah satu mikroorganisme halofilik yang berpotensi menghasilkan biosurfaktan adalah *Bacillus clausii* J1G-0%B yang mampu bertahan hidup dalam kondisi lingkungan dengan salinitas tinggi. Mikroorganisme genus *Bacillus* diketahui termasuk mikroba yang baik

dalam memproduksi biosurfaktan karena menghasilkan berbagai jenis lipopeptida seperti *lichenysins*, *bacillomycin*, *fengycins*, dan *surfactins* yang stabil pada lingkungan ekstrim seperti salinitas dan pH tinggi (Ali et al., 2022).

Biosurfaktan lipopeptida yang dihasilkan oleh bakteri *Bacillus clausii* J1G-0%B melalui proses pertumbuhan sel pada media yang telah dikondisikan dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, seperti sumber nutrisi, salinitas, suhu, dan pH media produksi (Yuliana et al., 2019). Penelitian Kamila (2024), Putri (2024) dan Inugrah (2024) berhasil memproduksi biosurfaktan lipopeptida dari mikroorganisme halofilik *Bacillus clausii* J16-0%B menggunakan kombinasi minyak zaitun (sumber karbon), urea (sumber nitrogen), dan konsentrasi NaCl 5% pada media yang optimum untuk memproduksi biosurfaktan yang memiliki aktivitas yang baik dalam aplikasi *ex-situ* MEOR. Namun, terdapat faktor lingkungan lain seperti pH yang perlu diteliti lebih lanjut. Perubahan pH pada suatu media bakteri dapat mengubah ketersediaan nutrisi pada media sehingga mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme (Ali et al., 2022; Dhasayan et al., 2014; Marajan et al., 2018). Pada lingkungan reservoir minyak bumi memiliki pH yang ekstrim sekitar pH 5-9 akibat faktor geologis, kimiawi, serta aktivitas pencegahan korosi atau degradasi material pada alat-alat yang digunakan dalam proses pertambangan (Paryoto et al., 2021; Wu et al., 2022) sehingga diperlukan biosurfaktan yang bersifat aktif dan stabil pada lingkungan ekstrim seperti pada reservoir minyak bumi, yakni dengan pH dan salinitas ekstrim.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Barakat et al., (2017) terhadap *Bacillus amyloliquenciens* SH20 dan *Bacillus thuringiensis* SH24 dan Jha et al.,

(2016) terhadap *Bacillus subtilis* R1 melaporkan bahwa bakteri-bakteri tersebut mampu memproduksi biosurfaktan lipopeptida pada media dengan pH 7-8 dan NaCl 4-7% yang memiliki kemampuan emulsifikasi yang tinggi pada pH 8-12 dan memiliki aktivitas efisiensi pemulihan minyak sebesar 33%. Oleh karena itu, penelitian terkait pengaruh pH pada produksi dan karakterisasi biosurfaktan lipopeptida dari *Bacillus clausii* J16-0%B menjadi penting untuk dilakukan untuk memaksimalkan produksi dan peran biosurfaktan tersebut dalam meningkatkan efisiensi pemulihan minyak bumi melalui *ex-situ* MEOR pada lingkungan ekstrim.

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan variasi pH pada media produksi biosurfaktan dari *Bacillus clausii* J1G-0%B dengan penambahan HCl ataupun NaOH, penentuan waktu optimum produksi biosurfaktan dilakukan dengan pembuatan kurva pertumbuhan pada pH optimum, produksi dan pemurnian (ekstraksi) biosurfaktan, pengujian aktivitas biosurfaktan dilakukan dengan metode uji penyebaran minyak dan emulsifikasi (IE_{24}), karakterisasi struktur biosurfaktan hasil produksi melalui instrumentasi FT-IR dan spektrofotometri UV-Vis, serta pengujian aplikasi biosurfaktan pada *ex-situ* MEOR dengan menghitung presentase efisiensi pencucian minyak (*oil washing*).

I.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan uraian di atas, tujuan penelitian ini adalah:

1. Memperoleh pH optimal untuk media produksi biosurfaktan lipopeptida dari bakteri halofilik *Bacillus clausii* J1G-0%B.
2. Memperoleh data aktivitas optimal dari biosurfaktan lipopeptida *Bacillus clausii* J1G-0%B setelah dilakukan optimasi pH pada media produksi.

3. Menentukan karakterisasi biosurfaktan lipopeptida yang diproduksi oleh bakteri halofilik *Bacillus clausii* J1G-0%B.
4. Menentukan potensi biosurfaktan *Bacillus clausii* J1G-0%B dalam aplikasi *ex-situ* MEOR (*microbial enhance oil recovery*).