

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Uraian Proses

Hidrogen peroksida (H_2O_2) umumnya diproduksi menggunakan metode AAO (*Auto Oxidation*), yang memanfaatkan antrakuinon sebagai media reaksi berulang. Metode ini menjadi standar industri karena efisien dan menghasilkan H_2O_2 berkualitas tinggi. Berikut tahapan utama dalam proses pembuatannya :

II.1.1 Unit Hidrogenasi

Tahap hidrogenasi merupakan proses awal yang berperan mengubah senyawa dasar menjadi bentuk yang lebih reaktif sehingga dapat melanjutkan rangkaian pembentukan H_2O_2 . Pada tahap ini, *2-ethyl anthraquinone* (EAQ) yang terlarut dalam *working solution* direduksi oleh gas hidrogen (H_2) dengan bantuan katalis palladium (Pd) hingga terbentuk *2-ethyl anthrahydroquinone* (EAHQ). Reaksi ini dilakukan pada suhu sekitar 40–50 °C dan tekanan parsial hidrogen hingga 4 bar untuk menghasilkan kondisi yang stabil dan memungkinkan proses reduksi berlangsung secara optimal. Penggunaan katalis palladium memberikan keuntungan karena mampu mempercepat dan mengarahkan reaksi hidrogenasi secara selektif pada gugus karbonil EAQ tanpa memicu perubahan struktur lain yang tidak diinginkan. Melalui pengaturan kondisi operasi dan pemilihan katalis yang tepat, tahap hidrogenasi dapat menghasilkan EAHQ dengan efisiensi tinggi sehingga *working solution* tetap berkualitas dan siap digunakan dalam langkah proses selanjutnya.

II.1.2 Unit Oksidasi

Proses oksidasi merupakan tahap lanjutan setelah hidrogenasi dan berfungsi mengubah senyawa hasil reduksi menjadi H_2O_2 . Pada tahap ini, *2-ethyl anthrahydroquinone* (EAHQ) yang berasal dari proses hidrogenasi dialirkan menuju reaktor oksidasi dan

kemudian dioksidasi menggunakan oksigen dari udara, sehingga terbentuk H_2O_2 dan senyawa *2-ethyl anthraquinone* (EAQ) kembali. Reaksi oksidasi ini dilakukan tanpa katalis karena EAHQ secara alami mudah bereaksi dengan oksigen. Agar proses berjalan optimal, sistem oksidasi dioperasikan dengan kontak yang baik antara fase cair dan udara, sehingga oksigen dapat terlarut secara efektif ke dalam *working solution*. Tingkat kejenuhan oksigen dalam larutan sangat berpengaruh karena menentukan seberapa cepat EAHQ dapat dioksidasi menjadi EAQ. Selain itu, kondisi operasi seperti laju alir udara, efisiensi pencampuran, serta kestabilan *working solution* turut memengaruhi kelancaran pembentukan H_2O_2 . Melalui tahapan oksidasi ini, EAQ yang terbentuk kembali dapat digunakan lagi dalam siklus produksi, sementara H_2O_2 yang sudah terbentuk selanjutnya dipisahkan pada tahap ekstraksi (Jose, 2006).

II.1.3 Unit Ekstraksi dan Purifikasi

Setelah tahap oksidasi selesai, proses berlanjut ke tahap ekstraksi untuk memisahkan H_2O_2 dari fasa organik, yaitu campuran pelarut dan senyawa EAQ yang digunakan sebagai media reaksi. Pada *working solution* ini, H_2O_2 terbentuk tetapi masih bercampur dengan pelarut organik, sehingga perlu dipisahkan agar dapat diolah lebih lanjut. Ekstraksi dilakukan dengan air demineralisasi, sehingga H_2O_2 berpindah dari fasa organik ke fasa air melalui proses ekstraksi cair-cair. Metode ini memungkinkan H_2O_2 terlarut sepenuhnya dalam air sementara pelarut organik tetap berada pada fasa awalnya. Dalam beberapa desain proses, ekstraksi dapat digabungkan dengan oksidasi melalui konsep *reactive separation* untuk meningkatkan efisiensi. Setelah H_2O_2 berada dalam fasa air, larutan ini kemudian memasuki tahap purifikasi untuk menghilangkan sisa pengotor organik yang terbawa selama ekstraksi. Pemurnian dilakukan terutama dengan

distilasi untuk memisahkan residu pelarut dan meningkatkan kemurnian H_2O_2 hingga memenuhi standar industri. Tahap ini penting karena *working solution* umumnya meninggalkan jejak senyawa organik, sehingga pemurnian menjadi langkah kunci guna memperoleh hidrogen peroksida berkualitas tinggi.

II.1.4 Unit Pemekatan

Setelah H_2O_2 dipisahkan dari pelarutnya melalui proses ekstraksi dan kemudian dimurnikan untuk menghilangkan sisa pengotor, larutan yang dihasilkan masih mengandung cukup banyak air sehingga perlu diproses lebih lanjut melalui tahap pemekatan. Pemekatan dilakukan menggunakan distilasi, yaitu proses pemanasan terkontrol yang bertujuan menghilangkan sebagian air dari larutan tanpa merusak H_2O_2 itu sendiri. Distilasi dipilih karena memungkinkan pemisahan air secara aman dan efisien, sehingga H_2O_2 dapat diperoleh dalam bentuk yang lebih pekat dan stabil. Tahap ini menjadi langkah akhir yang penting karena menentukan kualitas produk akhir, memastikan H_2O_2 yang dihasilkan memiliki kemurnian yang sesuai untuk penggunaan industri (Anjali, 2022).

II.1.5 Unit Pengemasan

Unit pengemasan merupakan tahap akhir dalam proses produksi hidrogen peroksida (H_2O_2) sebelum produk siap dipasarkan atau digunakan dalam berbagai aplikasi industri. Setelah melalui tahapan hidrogenasi, oksidasi, ekstraksi, dan pemurnian, H_2O_2 yang telah mencapai tingkat kemurnian yang diinginkan perlu dikemas dengan benar agar tetap stabil dan aman selama penyimpanan maupun transportasi. Pada tahap ini, H_2O_2 dikemas menggunakan wadah yang dirancang khusus untuk menahan sifat oksidator kuat, seperti jerigen HDPE, IBC tank, lorry tank, hingga iso tank untuk kebutuhan pengiriman dalam jumlah besar. Material HDPE dan wadah berbahan logam tahan

korosi dipilih karena tidak bereaksi dengan H_2O_2 dan bebas dari kontaminan logam yang dapat memicu dekomposisi. Sebelum proses pengisian, larutan H_2O_2 biasanya diberi tambahan zat penstabil dalam jumlah kecil, misalnya natrium stannat atau senyawa fosfat organik, untuk menjaga kestabilannya dari pengaruh panas, cahaya, atau kontaminasi selama penyimpanan. Pengisian dilakukan menggunakan sistem tertutup dan terkontrol untuk memastikan keamanan, terutama karena H_2O_2 berkonsentrasi tinggi dapat bersifat reaktif. Dengan prosedur pengemasan yang tepat, hidrogen peroksida dapat disimpan dan didistribusikan dengan aman hingga sampai ke pengguna akhir.

II.1.6 Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah memiliki peran penting dalam proses produksi hidrogen peroksida karena memastikan semua residu, terutama yang masih mengandung H_2O_2 , telah dinetralkan sebelum dibuang ke lingkungan. Limbah yang masih mengandung H_2O_2 tidak boleh dilepaskan secara langsung karena sifatnya sebagai oksidator kuat dapat membahayakan makhluk hidup dan ekosistem. Pengolahan limbah dilakukan dengan menurunkan kandungan H_2O_2 melalui proses dekomposisi atau netralisasi menggunakan bahan kimia tertentu, sehingga senyawa tersebut terurai menjadi air dan oksigen yang aman. Tahapan dimulai dari penampungan limbah dengan pH netral, kemudian pH dinaikkan menjadi basa kuat menggunakan NaOH untuk mempersiapkan proses koagulasi. Limbah yang sudah bersifat basa kemudian dialirkan ke reaktor dan ditambahkan FeSO_4 agar terbentuk mikrofluk yang membantu mengikat dan mengumpulkan partikel pencemar. Setelah itu pH diturunkan menjadi kondisi asam dengan H_2SO_4 untuk menciptakan suasana yang mendukung pemisahan kotoran dari air. Pada langkah berikutnya $\text{Ca}(\text{OH})_2$ digunakan untuk menaikkan kembali pH menuju kondisi netral sekaligus

memperkuat proses presipitasi. Tahap pengolahan diakhiri dengan penambahan flokulan anionik yang mempercepat penggumpalan partikel sehingga terbentuk dua lapisan pemisahan. Bagian bawah berupa lumpur padat dikumpulkan untuk diproses lebih lanjut, sedangkan bagian atas berupa air jernih dialirkan menuju sistem filtrasi sebelum masuk ke bak penampungan sebagai air bersih.