

BAB I

PEMBAHASAN UMUM

1.1 Pendahuluan

Industri petrokimia memegang peran penting dalam pengembangan ekonomi global, dengan berbagai produk kimia yang digunakan dalam berbagai sektor, mulai dari bahan bakar hingga bahan plastik. Salah satu komponen penting yang digunakan dalam industri kimia adalah senyawa aromatik, seperti bifenil dan turunannya, yang banyak digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan produk kimia, plastik, serta pelarut. Di Indonesia, produk-produk seperti dimetil bifenil (DMB) masih bergantung pada impor, meskipun kebutuhan akan produk ini semakin meningkat.

Dimetil bifenil, senyawa yang dihasilkan dari proses alkilasi bifenil, memiliki potensi besar dalam industri petrokimia, khususnya sebagai bahan baku untuk produk seperti plastik dan pelarut organik. Oleh karena itu, pembangunan pabrik untuk memproduksi DMB secara domestik menjadi sangat penting untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor, serta untuk mendukung pertumbuhan ekonomi melalui penciptaan lapangan kerja dan peningkatan nilai tambah produk.

Proses produksi DMB dapat dilakukan dengan beberapa pendekatan, salah satunya adalah dengan menggunakan reaksi hidroalkilasi toluene dengan hidrogen untuk menghasilkan dimetilbifenil. Proses hidroalkilasi ini melibatkan reaksi antara toluene dan hidrogen dengan bantuan katalis untuk membentuk produk yang lebih kompleks, yaitu dimetilbifenil. Setelah itu, produk dimetilbifenil akan melalui tahap dehidrogenasi untuk menghasilkan dimetilbifenil yang lebih murni.

Salah satu inovasi yang penting dalam proses ini adalah penggunaan teknologi yang lebih efisien, seperti katalis berbasis logam transisi yang dapat mempercepat reaksi tanpa menghasilkan produk sampingan yang merugikan. Penerapan teknologi ramah lingkungan dalam proses ini juga menjadi aspek yang sangat diperhatikan, mengingat pentingnya meminimalkan dampak lingkungan dari proses produksi industri kimia.

Menurut penelitian oleh Krigbaum and Krause (1978), bifenil dan turunannya, termasuk dimetilbifenil, memiliki sifat fisikokimia yang memungkinkan untuk diproses lebih lanjut menjadi produk bernilai tinggi, namun memerlukan pengendalian yang tepat dalam proses sintesis untuk menghindari pembentukan polimer atau produk sampingan yang tidak diinginkan. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Liaw et al, (1999) menunjukkan bahwa perubahan struktur molekul pada bahan baku seperti toluene dapat meningkatkan sifat solubility dan reaktivitas, yang sangat bermanfaat dalam proses hidroalkilasi dan dehidrogenasi.

Sementara itu, dalam proses dehidrogenasi, penelitian oleh Shindo *et al*, (2005) juga telah membuktikan keberhasilan konversi senyawa aromatik melalui reaksi dengan mikroba, yang menghasilkan diol dan produk lainnya dengan peningkatan aktivitas antioksidan yang signifikan. Penerapan pendekatan bioteknologi dalam proses ini memberikan peluang untuk mengurangi konsumsi energi dan mengoptimalkan konversi bahan baku menjadi produk yang diinginkan.

Dengan potensi pasar yang besar dan kebutuhan yang terus meningkat, pembangunan pabrik DMB di Indonesia akan menjadi langkah strategis untuk

memanfaatkan sumber daya alam secara optimal, mengurangi ketergantungan pada impor, dan meningkatkan kemandirian industri kimia nasional.

1.2 Sejarah dan Perkembangan

Dimetil Bifenil (DMB) merupakan senyawa aromatik yang memiliki berbagai aplikasi penting dalam industri kimia, farmasi, dan petrokimia. DMB pertama kali disintesis pada awal abad ke-20, dan sejak itu telah mengalami perkembangan signifikan dalam hal metode sintesis, aplikasi industri, dan efisiensi produksi. Salah satu metode utama untuk menghasilkan DMB adalah melalui proses hidroalkilasi, di mana toluene dihidrogenasi dengan bantuan katalis untuk menghasilkan dimetilbifenil.

Proses pertama kali ditemukan oleh para ilmuwan yang tertarik pada modifikasi molekul aromatik untuk menciptakan senyawa dengan sifat kimia yang lebih stabil dan lebih bermanfaat dalam berbagai aplikasi industri. Pada tahun 1950-an, penemuan katalis berbasis logam transisi, seperti nikel dan tembaga, memungkinkan reaksi hidroalkilasi menjadi lebih efisien, dengan hasil yang lebih baik dan lebih sedikit produk sampingan yang tidak diinginkan (Shindo *et al*, 2005).

Seiring dengan berkembangnya teknologi katalis, proses dehidrogenasi dimetilbifenil juga terus disempurnakan. Pada tahun 1970-an, penelitian oleh Krigbaum and Krause (1978) menyarankan penggunaan teknik pemisahan fase untuk meningkatkan hasil dan mengurangi pembentukan polimer tidak diinginkan pada saat sintesis dimetilbifenil. Metode ini memungkinkan peningkatan hasil dan pengurangan biaya produksi, serta memberikan hasil yang lebih murni, yang sangat penting dalam aplikasi industri yang memerlukan tingkat kemurnian tinggi.

Pada dekade 1990-an, perkembangan pesat dalam teknologi bioteknologi membuka jalan bagi penggunaan mikroba dalam konversi senyawa aromatik seperti toluene menjadi produk yang lebih kompleks. Penelitian yang dilakukan oleh Shindo *et al*, (2005) menunjukkan bagaimana penggunaan mikroba yang mengekspresikan enzim dioxygenase dapat menghasilkan produk seperti diol dan senyawa lainnya dengan peningkatan aktivitas antioksidan. Hal ini membawa dimensi baru dalam proses produksi, dengan mengurangi konsumsi energi dan mengoptimalkan konversi bahan baku, serta mengurangi dampak lingkungan dari proses industri.

Sementara itu, pada tahun 2000-an, semakin banyak perusahaan dan institusi penelitian yang fokus pada pengembangan teknologi yang lebih ramah lingkungan dalam produksi DMB, dengan tujuan untuk mengurangi emisi karbon dan limbah kimia yang dihasilkan selama proses produksi. Penekanan pada efisiensi energi dan penerapan teknologi hijau menjadi salah satu prioritas utama dalam pengembangan pabrik-pabrik kimia modern (Liaw *et al*, 1999).

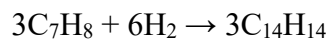
Seiring dengan meningkatnya permintaan untuk produk petrokimia yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan, pabrik-pabrik yang memproduksi DMB mulai mengadopsi pendekatan yang lebih efisien dalam hal penggunaan sumber daya dan pengelolaan limbah. Penggunaan katalis berbasis logam transisi yang lebih efisien dan proses dehidrogenasi yang lebih ramah lingkungan menjadi kunci dalam memenuhi permintaan pasar sambil tetap menjaga keberlanjutan lingkungan.

1.3 Macam-Macam Proses Pembuatan

Berikut adalah beberapa contoh proses yang digunakan dalam pembuatan Dimetil Bifenil:

1.3.1 Proses Hidroalkilasi Toluene

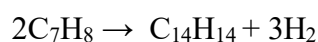
Hidroalkilasi toluene adalah salah satu metode utama untuk menghasilkan Dimetil Bifenil. Proses ini melibatkan reaksi antara toluene (C_7H_8) dan hidrogen (H_2) dengan bantuan katalis logam transisi, seperti nikel atau tembaga, untuk menghasilkan dimetilbifenil ($C_{14}H_{14}$). Reaksi ini dapat dilakukan pada suhu dan tekanan tinggi, di mana atom hidrogen pada cincin benzena pada toluene digantikan oleh gugus metil (CH_3).



Dalam proses ini, setiap molekul toluene bereaksi dengan hidrogen untuk membentuk dimetilbifenil. Proses ini dapat dikontrol agar menghasilkan produk dengan kemurnian yang tinggi. Salah satu keuntungan utama dari proses ini adalah efisiensi dalam penggunaan bahan baku dan katalis, serta pengendalian yang lebih baik terhadap produk sampingan (Shindo *et al.*, 2005).

1.3.2 Proses Dehidrogenasi

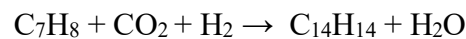
Setelah proses hidroalkilasi, produk yang dihasilkan berupa senyawa seperti metilbifenil. Untuk meningkatkan kemurnian dan menghasilkan dimetilbifenil ($C_{14}H_{14}$) yang lebih murni, dilakukan proses dehidrogenasi. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan atom hidrogen dari senyawa tersebut, menghasilkan dimetilbifenil sebagai produk akhir.



Dehidrogenasi ini dilakukan pada suhu 300°C hingga 400°C dengan menggunakan katalis berbasis logam transisi. Proses ini sangat penting untuk meningkatkan kualitas produk dan mengurangi pembentukan produk sampingan yang tidak diinginkan. Keunggulan utama dari proses ini adalah selektivitas yang tinggi dalam menghasilkan produk utama DMB (Liaw et al, 1999)

1.3.3 Proses Hidrokarbonasi

Proses hidrokarbonasi, atau karbonilasi, adalah proses yang melibatkan reaksi antara hidrogen dan karbon dioksida (CO₂) dengan senyawa aromatik seperti toluene. Proses ini menghasilkan produk seperti dimetilbifenil (C₁₄H₁₄) melalui reaksi yang dikatalisis oleh logam transisi.



Proses ini menawarkan keuntungan lingkungan karena menggunakan CO₂ sebagai bahan baku yang dapat diperoleh dari limbah industri atau sebagai produk sampingan dari pembakaran bahan bakar fosil. Namun, proses ini lebih kompleks dibandingkan dengan proses hidroalkilasi karena memerlukan pemisahan CO₂ dan kontrol yang lebih ketat terhadap suhu dan tekanan dalam reaktor (Taylor and Smith, 1940)

1.3.4 Proses Polimerisasi

Polimerisasi adalah proses yang dapat digunakan untuk menghasilkan dimetilbifenil (C₁₄H₁₄) sebagai hasil dari reaksi polimerisasi monomer yang mengandung unit dimetilbifenil. Meskipun ini bukan proses utama dalam produksi DMB, polimerisasi dapat menghasilkan senyawa dengan struktur yang lebih kompleks dan fungsionalitas yang lebih tinggi.

Proses ini melibatkan kondensasi unit dimetilbifenil untuk membentuk polimer berbasis DMB. Walaupun tidak digunakan secara luas untuk produksi DMB, proses ini dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan produk dengan aplikasi tertentu yang memerlukan bahan yang lebih kompleks (Krigbaum and Krause, 1978).

1.3.5 Proses Bioteknologi

Pada abad ke-21, teknologi bioteknologi mulai diterapkan dalam produksi DMB. Proses ini melibatkan penggunaan mikroba atau enzim yang dapat mengkatalisasi reaksi hidroalkilasi atau dehidrogenasi secara alami. Penelitian menunjukkan bahwa mikroba yang mengandung enzim dioxygenase dapat digunakan untuk mengubah toluene menjadi dimetilbifenil.

Keunggulan dari proses ini adalah pengurangan konsumsi energi dan bahan kimia berbahaya, serta penerapan jalur yang lebih ramah lingkungan. Meskipun tantangan utama dari proses ini adalah optimasi mikroba dan bioreaktor, teknologi ini memberikan jalur alternatif yang menarik untuk produksi dimetilbifenil yang lebih berkelanjutan (Shindo *et al.*, 2005).

1.4 Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku, Produk dan Limbah

Dalam proses pembuatan Dimetil Bifenil (DMB) dengan bahan baku toluene, xilene, dan hidrogen, berikut ini adalah sifat fisika dan kimia dari bahan baku, produk utama, dan produk samping yang dihasilkan.

1.4.1 Bahan Baku

1.4.1.1 Toluene

Rumus Molekul : C_7H_8

Berat Molekul : 92,14 g/mol

Wujud	: Liquid	
Warna	: Tidak berwarna	
Titik Didih (1 atm)	: 110,6 °C	
Titik Leleh (1 atm)	: -95 °C	
Densitas (1 atm)	: 0,866 g/cm ³	(Perry, 2008)

1.4.1.2. Xilene

Rumus Molekul	: C ₈ H ₁₀	
Berat Molekul	: 106,16 g/mol	
Wujud	: Liquid	
Warna	: Tidak berwarna	
Titik Didih (1 atm)	: 138 °C	
Titik Leleh (1 atm)	: -47 °C	
Densitas (1 atm)	: 0,87 g/cm ³	(Perry, 2008)

1.4.1.3. Hidrogen

Rumus Molekul	: H ₂	
Berat Molekul	: 2,016 g/mol	
Wujud	: Gas	
Warna	: Tidak berwarna	
Titik Didih (1 atm)	: -252,87 °C	
Titik Leleh (1 atm)	: -47 °C	
Densitas (1 atm)	: 0,0898 g/cm ³	(Perry, 2008)

1.4.2 Produk Utama

1.4.2.1 Dimetil Bifenil

Rumus Molekul	: C ₁₄ H ₁₄
---------------	-----------------------------------

Berat Molekul	: 182,27 gram/mol.	
Wujud	: Liquid	
Warna	: Tidak berwarna	
Titik Didih (1 atm)	: 259 °C	
Titik Leleh (1 atm)	: 70 °C	
Densitas (1 atm) 2008)	: 1,03 gram/cm ³	(Perry,

1.4.3 Produk Samping

1.4.3.1 Methylcyclohexane

Rumus Molekul	: C ₇ H ₁₄	
Berat Molekul	: 98,16 g/mol	
Wujud	: Gas	
Warna	: Tidak Berwarna	
Titik didih (1 atm)	: 101 °C	
Titik Leleh (1 atm)	: -137 °C	
Densitas (1 atm)	: 0,779 gram/ cm ³	(Perry, 2008)