



PAPER – OPEN ACCESS

Pra-Rancangan Pabrik Isopropil Miristat Berbasis Kombinasi Teknologi Distilasi Reaktif dan Ekstraktif dengan Kapasitas 14.000 Ton per Tahun

Author : Maya Sarah, dkk.
DOI : 10.32734/ee.v5i2.1571
Electronic ISSN : 2654-704X
Print ISSN : 2654-7031

Volume 5 Issue 2 – 2022 TALENTA Conference Series: Energy & Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).
Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Pra-Rancangan Pabrik Isopropil Miristat Berbasis Kombinasi Teknologi Distilasi Reaktif dan Ekstraktif dengan Kapasitas 14.000 Ton per Tahun

^aMaya Sarah, ^bMillen Halim dan ^cMay Sarah Tampubolon*

^{abc}Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia
 Jl. Dr. T. Mansur No. 9, Padang Bulan, Medan, Sumatera Utara, Indonesia

maysarahtampubolon@students.usu.ac.id

Abstrak

Berdasarkan data RIPIN 2015-2035, industri hulu agro yang akan dikembangkan antara lain adalah industri oleokimia yang difokuskan sebagai target pembangunan di Indonesia hingga tahun 2035 adalah Isopropil Miristat (IPM). Dalam perkembangannya, industri isopropil miristat masih tergolong minim terutama di Indonesia. Isopropil miristat (IPM) adalah salah satu ester sederhana yang penggunaannya paling dikenal dalam penggunaannya di produk perawatan pribadi. Dalam proses pembuatannya yang telah dimodifikasi proses menggunakan *Heat Exchanger Network Design* (HEND), isopropil miristat melibatkan katalis asam yang mempercepat reaksi esterifikasi antara isopropil alkohol dan asam miristat. Proses produksi diawali dengan tahap persiapan bahan baku, teknologi esterifikasi, *recovery* alkohol, netralisasi dan filtrasi, purifikasi dari distilasi dan tahap terakhir adalah penyimpanan dalam *storage*.

Kata Kunci: isopropil miristat; esterifikasi; isopropil alkohol; asam miristat; *heat exchanger network design*

Abstrak

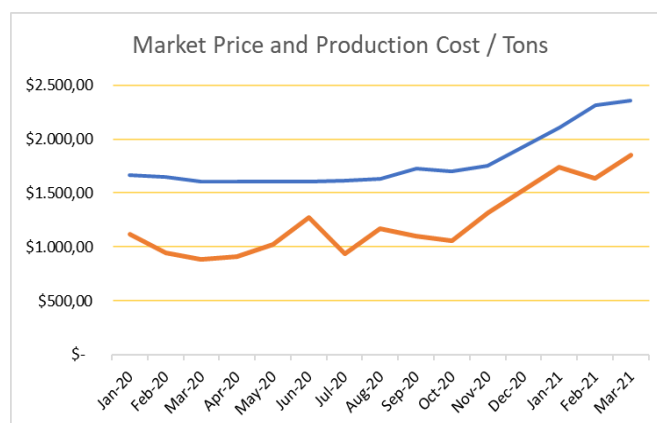
Based on RIPIN 2015-2035 data, the upstream agro industry to be developed includes the oleochemical industry which is the target of development in Indonesia until 2035 is Isopropyl Myristate (IPM). In its development, the myristate industry is still relatively minimal, especially in Indonesia. Isopropyl myristate (IPM) is one of the esters whose use is most easily recognized in the use of personal care products. In the manufacturing process that has been processed using *Heat Exchanger Network Design* (HEND), isopropyl myristate involves a catalyst that accelerates the esterification reaction between isopropyl alcohol and myristic acid. The production process begins with the preparation of raw materials, esterification technology, alcohol recovery, neutralization and filtration, purification from distillation and the last stage is storage in storage.

Keywords: isopropyl myristate; esterification; isopropyl alcohol; myristic acid; *heat exchanger network design*

1. Pendahuluan

Kulit kering menjadi permasalahan yang sering terjadi bagi setiap orang. Kondisi tersebut disebabkan karena kurangnya air pada lapisan stratum korneum [8]. Seiring perkembangan teknologi, berbagai senyawa kimia yang dapat mengatasi masalah kulit terus dikembangkan. Fatty Acid Ester merupakan salah satu senyawa yang aplikasinya sangat luas di industri kosmetik maupun di industri non kosmetik [10]

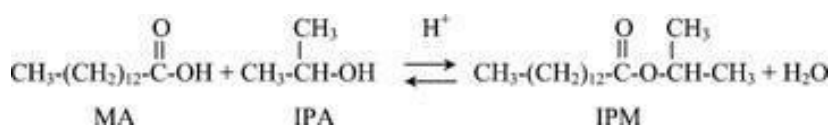
Isopropil Miristat (IPM) adalah ester sederhana yang paling dikenal dan digunakan pada produk perawatan pribadi. IPM diproduksi melalui reaksi esterifikasi antara isopropil alkohol dan asam miristat yang tercapai dengan adanya katalis asam [9]. Kemampuan distribusi dan absorpsi yang bagus menjadikan IPM banyak digunakan sebagai pengganti lemak alami, bath oil, krim, sun oil, dan pelumas pada lotion [11].



Gambar. 1 Grafik Pasar Isopropil Miristat Global (USD)

Analisis biaya keseluruhan yang dihasilkan dari tahun 2020 hingga 2021, menunjukkan produksi Isopropil Miristat akan tetap layak untuk produksi jangka panjang. Pasar global isopropil miristat bernilai US\$ 1 juta pada tahun 2020 dan diproyeksikan akan tumbuh pada tingkat CAGR antara tahun 2021 dan 2027, pada akhirnya mencapai US\$ 202 juta. Secara konvensional, katalis yang digunakan dalam reaksi esterifikasi antara isopropil alkohol dan asam miristat adalah p-toluene sulphonic acid (p-TSA) dan asam sulfat [12].

Isopropil Miristat memiliki sifat fisis seperti pada Tabel 2.1. IPM terbentuk melalui reaksi esterifikasi antara isopropil alkohol dengan asam miristat. Secara umum, reaksi esterifikasi antara alkohol dan asam miristat berlangsung secara reversibel dalam kondisi katalis asam [11]. Reaksi esterifikasi isopropil alkohol dan asam miristat dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Reaksi esterifikasi pembentukan Isopropil Miristat

Tabel 1. Sifat fisis isopropil alkohol [2]

Parameter	Isopropil Miristat
Wujud	Cair
Warna	Kuning Muda
Bau	Tidak Berbau
Titik Didih	913 °C pada 20 mmHg
Massa Molekul Relatif	270,45 g/mol
Kelarutan dalam Air	Tidak Larut

Reaksi esterifikasi isopropil alkohol dan asam miristat sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut:

1.1. Konsentrasi Katalis

Konsentrasi katalis berperan penting dalam reaksi esterifikasi. Reaksi esterifikasi berlangsung sangat lambat tanpa adanya katalis [5]. [3] melakukan studi kinetika pada esterifikasi asam propionat dan isobutil alkohol. Hasil menunjukkan bahwa meningkatkan konsentrasi katalis mampu mempercepat laju reaksi. Hasil yang sama juga diperoleh dari Mba, 2019 dalam esterifikasi asam mallat dengan metanol.

1.2. Kadar Air Reaktan dan Sistem

Kadar air dalam reaktan memberikan pengaruh pada laju reaksi dimana kadar air mampu mengurangi aktivitas katalis. Meskipun dalam kondisi pekat, air dapat terbentuk melalui reaksi esterifikasi sehingga terdapat beberapa cara dalam menghilangkan air dalam sistem seperti evaporasi vakum, penambahan resin penukar ion, pervaporasi, penggunaan molekular sieves, dan distilasi azeotrop [7].

1.3. Temperatur Reaksi

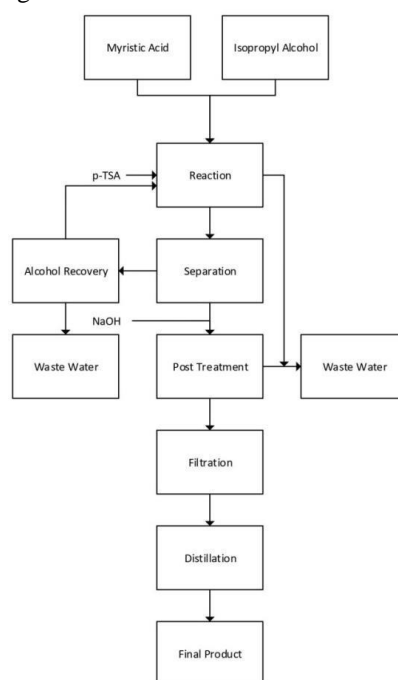
Reaksi esterifikasi dapat terjadi secara endotermik maupun eksotermik bergantung pada struktur alkohol dan asam karboksilat yang bereaksi. Peningkatan suhu reaksi yang bersifat endotermik atau perubahan entalpinya positif akan meningkatkan laju reaksinya [4]. Reaksi esterifikasi antara isopropil alkohol dan asam miristat merupakan reaksi yang bersifat endotermik dengan perubahan entalpi positif [1]. Dengan demikian, kenaikan temperatur reaksi esterifikasi isopropil alkohol dan asam miristat akan meningkatkan laju reaksi.

1.4. Perbandingan Rasio Molar Reaktan

Secara stoikiometri, perbandingan alkohol dengan asam karboksilat untuk reaksi esterifikasi adalah 1:1. Namun, karena reaksi bersifat kesetimbangan, dibutuhkan untuk meningkatkan konsentrasi salah satu reaktan yang bertujuan mendorong reaksi dengan mengganggu kesetimbangan. Penggunaan alkohol berlebih mampu membantu mengurangi viskositas medium yang mempunyai perbedaan densitas yang besar antar reaktan. Namun, penambahan alkohol berlebih mempunyai batas dimana konversi akan turun atau tidak terjadi peningkatan konversi [4].

1.5. Deskripsi Proses

Bahan baku yang digunakan untuk membuat isopropil miristat yaitu isopropil alkohol dan asam miristat. Pembuatan asetanilida menggunakan modifikasi teknologi kombinasi distilasi reaktif dan ekstraktif dan *pinch technology* yang fungsinya untuk menghemat energi.



Gambar 3. Flowchart Diagram Proses Pembuatan Isopropil Miristat

2. Metode Penelitian

Adapun tahapan proses dalam pembuatan isopropil miristat adalah sebagai berikut:

- Kondisi Proses dalam Distilasi Reaktif

Bahan Baku Isopropil Alkohol dari TK-05 diumpungkan ke dalam reaktor melalui bagian bawah baki reaksi di kolom distilasi reaktif. Asam miristat (TK-04) dan campuran katalis-aditif (asam p-Toluenasulfonat dalam TK-03 dan Asam Hipofosfor dalam TK-02) diumpungkan melalui bagian atas baki reaksi dalam kolom distilasi reaktif. Reaksi esterifikasi akan terjadi pada reaksi seksi kolom distilasi reaktif pada suhu 150 Celcius dan 1 atmosfer. Dalam proses reaksi, esterifikasi menghasilkan air yang tidak diinginkan sebagai produk samping yang harus dihilangkan sebanyak mungkin untuk menghasilkan konversi yang lebih tinggi. Pada kondisi reaksi saat ini, alkohol dan air akan berubah menjadi uap dan mencapai bagian distilasi di kolom. Tercatat bahwa isopropil alkohol dan air menciptakan kondisi azeotropik, oleh karena itu, sikloheksana diumpungkan ke bagian distilasi untuk menciptakan kondisi ekstraktif.

- Recovery Alkohol

Uap yang keluar dari bagian atas kolom distilasi reaktif dikondensasikan menjadi cairan. Kemudian dikontakkan dengan larutan brine dengan mencampurkan M-03 untuk melakukan proses salting out. Pada proses salting out, air dipisahkan oleh kelarutan ion garam. Campuran kemudian dituang dalam DC-01 untuk memisahkan campuran air garam dan alkohol. Air garam kemudian dipekatkan kembali oleh evaporator EV-01 dan larutan air garam pekat didaur ulang kembali ke M-03.

- Netralisasi (Penetralan)

Produk dari Kolom R-01 terus terakumulasi di tangki akumulasi TK-06 sebelum memasuki proses netralisasi batch. Netralisasi dilakukan dalam tangki berpengaduk 90 Celcius (R-02). p-TSA sebagai katalis dan HPA sebagai aditif dinetralkan menggunakan larutan kaustik dari M-04. Suhu dipertahankan 90 celsius dengan cara bersirkulasi melalui heat exchanger selama 1 jam.

- Filtrasi (Penyaringan)

Campuran yang dinetralkan kemudian didinginkan dengan sistem pendingin di dalam reaktor. Kelebihan asam miristat akan mengkristal pada suhu di bawah 40 Celcius, namun garam akan mempertahankan bentuknya dalam cairan sebagai larutan. *Solidified Fatty Acid* disaring menggunakan filter press F-01 dan dicuci menggunakan air proses. Padatan bekas dikeringkan melalui siklon CY-01. Isopropil miristat mentah dipisahkan dari kelebihan air menggunakan decanter DC-02 dan diakumulasikan dalam bejana penimbunan VE-03 sebelum memasuki proses kontinu.

- *Refinery* dengan Short Distillation dan Penyimpanan Produk

Crude Isopropyl miristat dari VE-02 dipanaskan hingga 110 Celcius dan masuk ke bejana degasser VE- 04 yang mengeluarkan volatil dan uap air. Produk bawah terus dipanaskan hingga 160 Celcius. Produk yang memasuki *short path evaporator*, sisa garam terkonsentrasi pada side stream yang bersuhu 200

- Celcius

Isopropil miristat yang berkontak dengan dinding kolom akan diuapkan dan dikondensasikan oleh kondensor di tengah evaporator. Uap air akan mempertahankan fasenya dan ditarik keluar oleh steam ejector. Produk IPM didinginkan dan disimpan ke penyimpanan. Konsentrat sebagai residu dikumpulkan dan disimpan ke penyimpanan residu.

3. Hasil

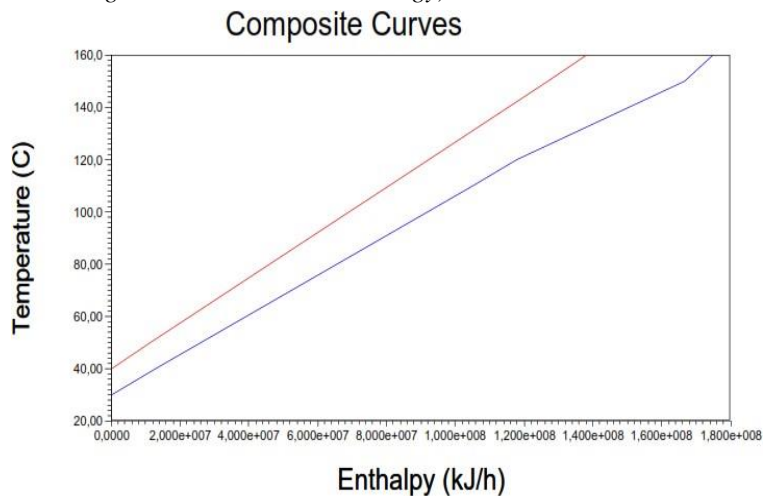
3.1. Produk yang Dihasilkan

Produk utama yang akan didapatkan dari proses ini adalah isopropil miristat dan produk samping berupa air yang diproduksi dari bahan baku berupa isopropil alkohol dan asam miristat. Hasil perhitungan neraca massa pada proses isopropil miristat dari isopropil alkohol dan asam miristat dengan kapasitas produksi 14.000ton/tahun dilakukan dengan basis perhitungan 1 jam operasi, satuan berat kg (kilogram), dan waktu operasi 330 hari/tahun. Perhitungan neraca panas dilakukan dengan basis perhitungan 1 jam operasi, satuan kJ/jam, dan temperatur basis 25°C (298 K). Kapasitas produksi per jam yaitu 1767,6767 kg/jam yang didapat dari perhitungan berikut:

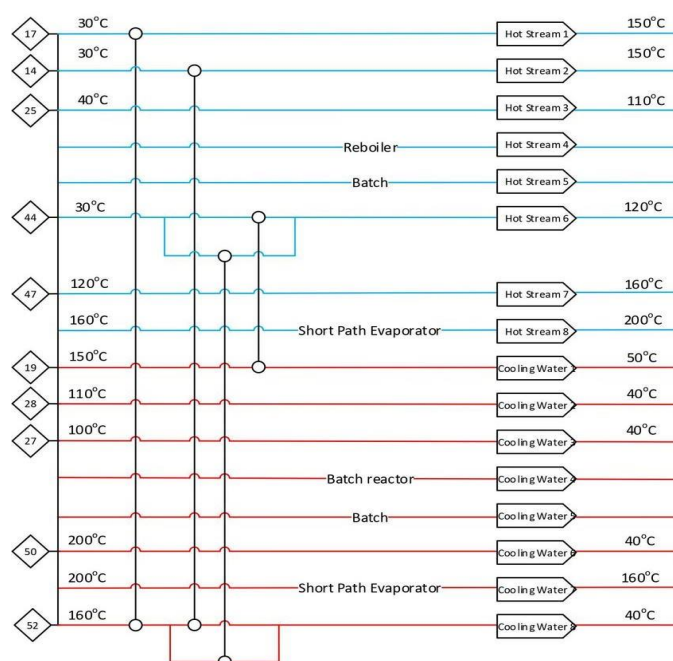
$$Kapasitas\ Produksi = \frac{14.000\ ton}{1\ tahun} \times \frac{1000\ kg}{1\ ton} \times \frac{1\ tahun}{330\ hari} \times \frac{1\ hari}{24\ jam} = 1767,6767\ kg/jam$$

Sintesis isopropil miristat dari isopropil alkohol dan asam miristat ini merupakan modifikasi pada proses pembuatan dengan menggunakan integrasi energi dan distilasi reaktif dan ekstraktif yang merupakan salah satu cara penghematan energi.

3.2. Integrasi Energi (Heat Exchanger Network Pinch Technology)



Gambar 4. Representasi dari keseluruhan aliran proses *hot (hot composite curve)* atau *cold (cold composite curve)*



Gambar 5. Heat Exchanger Network Design (HEND) dan Pinch Technology

Letak *hot pinch* dan *cold pinch* pada *Heat Exchanger Network Design* (HEND) berada di jalur 17,14,25,44 dan 47 pada hot stream 1 sampai 8 sedangkan di jalur 19,28,27,50 dan 52 pada *cooling waterstream*.

Keuntungan yang didapatkan setelah melakukan modifikasi adalah sebagai berikut (perhitungan dalamUSD):

Tabel 2. Hasil Perhitungan Keuntungan Cost Setelah Modifikasi Proses

Material	MT/year	Cost/MT	Total Cost
Reactant			
IPA	3135	\$ 1,000	\$ 3,134,609
MA	11845	\$ 2,663	\$ 31,538,365
Product			
IPM	14000	\$ 3,475	\$ 48,650,000
Benefit		\$ 13,977,026	
		\$ 1,164,752	

4. Kesimpulan

- Pembuatan isopropil miristat dari isopropil alkohol dan asam miristat dengan kapasitas 14.000 ton/tahun dilakukan modifikasi pada proses pembuatannya yaitu menggunakan teknologi distilasi reaktif, penggunaan pelarut dalam distilasi, menggunakan metode salting-out dan teknologi evaporator jalur pendek
- *Heat Exchanger Network Design* (HEND) dan *Pinch Technology* digunakan untuk merancang jaringan alat penukar panas dengan mengintegrasikan *hot stream* dengan *cold stream*. Dengan menggunakan *Heat Exchanger Network Design* (HEND) dan *Pinch Technology* dihasilkan penggunaan energi panas dan cost yang lebih hemat.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian paper ini, yaitu: Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Irvan, M.Si. selaku Dosen Pembimbing dalam MataKuliah Perancangan Proses. Ibu Ir. Maya Sarah, S.T., M.T., Ph.D., IPM selaku Dosen Pembimbing dalam MataKuliah Perancangan Proses dan Ketua Departemen Teknik Kimia, Fakultas

Teknik, Universitas Sumatera Utara. Ibu Nisaul Fadilah Dalimunthe, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing dalam Mata Kuliah Perancangan Proses.

Referensi

- [1] Aafaqi, R., Mohamed, A. R., & Bhatia, S. (2004) "Kinetics of esterification of palmitic acid with isopropanol using p-toluene sulfonic acid and zinc ethanoate supported over silica gel as catalysts." *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* **79**(10)
- [2] Aldrich, S. (2019) "Isopropyl Myristate Safety Data Sheet." *Journal of The Faculty of Engineering* **23**(3): 237–248.
- [3] Khan, Z., Javed, F., Shamair, Z., Hafeez, A., Fazal, T., Aslam, A., Zimmerman, W. B., & Rehman, F. (2021) "Current developments in esterification reaction: A review on process and parameters" *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* **103**(xxx): 80
- [4] Kong, P. S., Aroua, M. K., & Wan Daud, W. M. A. (2015) "Catalytic esterification of bioglycerol to value-added products." *Reviews in Chemical Engineering* **31**(5): 437–451.
- [5] Mba, C. (2019) "Kinetic study of the homogeneous acid-catalyzed esterification of malic acid with methanol to form dimethyl malate." *Doctoral dissertation*. 1–54.
- [6] Petersson, A. E. V., Gustafsson, L. M., Nordblad, M., Börjesson, P., Mattiasson, B., & Adlercreutz, P. (2005) "Wax esters produced by solvent-free energy-efficient enzymatic synthesis and their applicability as wood coatings." *Green Chemistry* **7**(12): 837–843.
- [7] Proksch, E., Berardesca, E., Misery, L., Engblom, J., & Bouwstra, J. (2020) "Dry skin management: practical approach in light of latest research on skin structure and function." *Journal of Dermatological Treatment* **31**(7): 716–722.
- [8] Schueller, R., & Romanowski, P. (1999) "Conditioning Agents for Hair and Skin." Marcel Dekker.
- [9] Vadgama, R. N., Odaneth, A. A., & Lali, A. M. (2015) "Green synthesis of isopropyl myristate in novel single phase medium Part I: Batch optimization studies." *Biotechnology Reports* **8**: 133–137
- [10] Yalçinyuva, T., Deligöz, H., Boz, I., & Gürkaynak, M. A. (2008) "Kinetics and Mechanism of Myristic Acid and Isopropyl Alcohol Esterification Reaction with Homogeneous and Heterogeneous Catalysts." *International Journal of Chemical Kinetics* **40**(3): 136–144.
- [11] Zhou, L., Niu, Y., Yang, J., Li, C., Guo, X., Li, L., & Qiu, T. (2016) "Reaction kinetics for synthesis of isopropyl myristate catalyzed by sulfated titania." *Korean Journal of Chemical Engineering* **33**(8): 2478–2485.