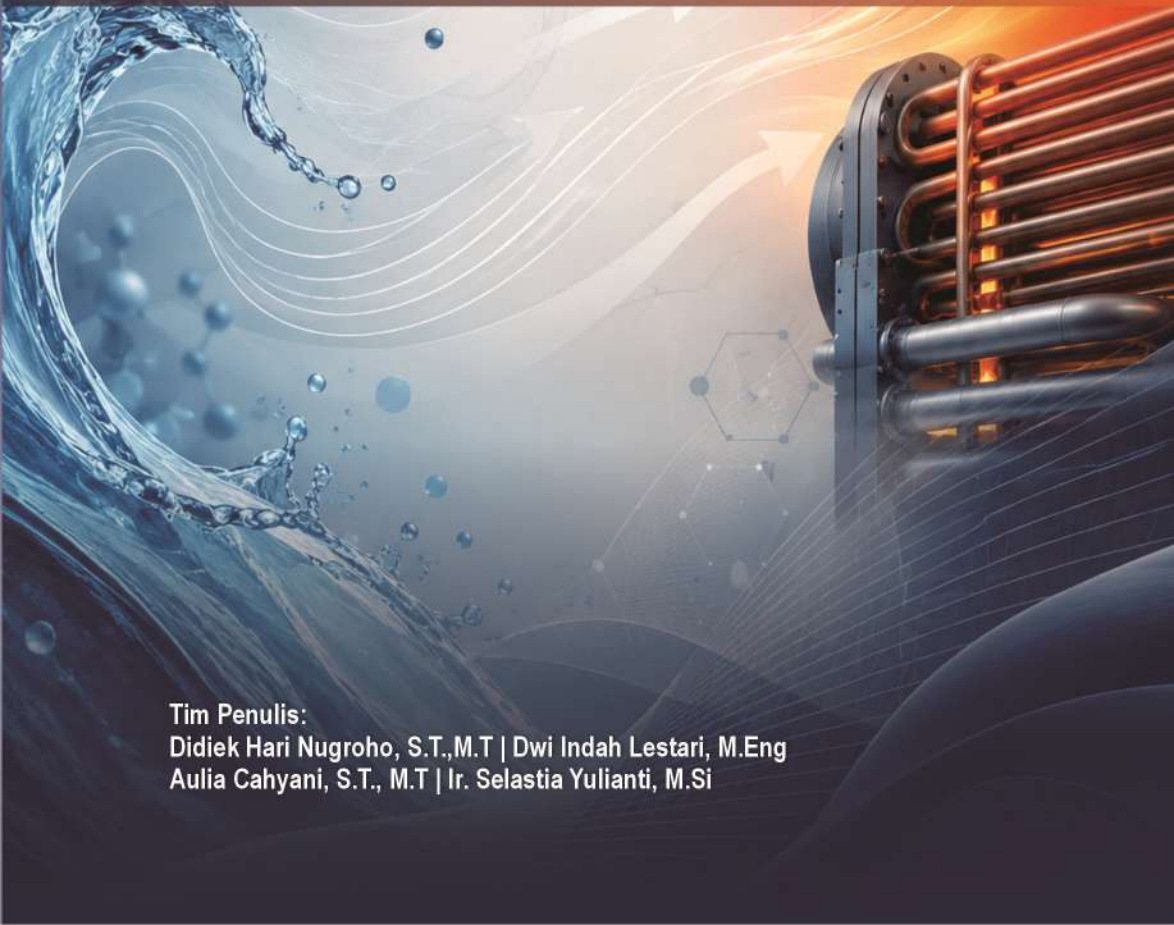
FENOMENA PERPINDAHAN

KONSEP DAN PERHITUNGAN PERPINDAHAN MASSA, PANAS, DAN MOMENTUM



Tim Penulis:
Didiek Hari Nugroho, S.T.,M.T | Dwi Indah Lestari, M.Eng
Aulia Cahyani, S.T., M.T | Ir. Selastia Yulianti, M.Si

FENOMENA PERPINDAHAN

KONSEP DAN PERHITUNGAN PERPINDAHAN MASSA, PANAS, DAN MOMENTUM

Tim Penulis:
Didiek Hari Nugroho, S.T.,M.T | Dwi Indah Lestari, M.Eng
Aulia Cahyani, S.T., M.T | Ir. Selastia Yulianti, M.Si

Penerbit Widina

FENOMENA PERPINDAHAN: KONSEP DAN PERHITUNGAN PERPINDAHAN MASSA, PANAS, DAN MOMENTUM

Tim Penulis:
Didiek Hari Nugroho, S.T.,M.T
Dwi Indah Lestari, M.Eng
Aulia Cahyani, S.T., M.T
Ir. Selastia Yulianti, M.Si

Desain Cover:
Andi Juliandi

Sumber Ilustrasi:
www.freepik.com

Tata Letak:
Handarini Rohana

Proofreader:
Aas Masruroh

ISBN:
978-634-317-107-2

Cetakan Pertama:
Juli, 2026

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang
by Penerbit Widina Media Utama

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT:
WIDINA MEDIA UTAMA
Komplek Puri Melia Asri Blok C3 No. 17 Desa Bojong Emas
Kec. Solokan Jeruk Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat

Anggota IKAPI No. 519/JBA/2025
Website: www.penerbitwidina.com
Instagram: @penerbitwidina
Telepon (022) 87355370

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;

Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;

Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan

penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).

Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Allah S.W.T. atas limpahan hidayahnya, Rahmat dan inayah-Nya sehingga buku yang berjudul “Fenomena Perpindahan (Konsep dan Perhitungan Perpindahan Massa, Panas, dan Momentum)” ini dapat disusun dan diterbitkan. Buku ini ditujukan untuk mahasiswa, akademisi, dan praktisi yang tertarik pada konsep dasar dan penerapan fenomena perpindahan dalam berbagai bidang, khususnya di bidang teknik kimia dan fisika.

Fenomena perpindahan adalah konsep penting yang mendasari banyak proses di alam dan industri. Secara umum, fenomena perpindahan mencakup tiga kategori utama, yaitu perpindahan panas, massa, dan momentum. Pemahaman yang mendalam mengenai proses-proses ini sangat diperlukan bagi siapa saja yang terlibat dalam perancangan, pengoperasian, dan pengoptimalan sistem industri yang kompleks, seperti reaktor kimia, sistem pendingin, proses pemurnian, dan banyak aplikasi teknik kimia lainnya. Di era modern, dengan tuntutan energi yang semakin meningkat dan kebutuhan aka teknologi yang ramah lingkungan, fenomena perpindahan memiliki peran penting dalam mendorong inovasi yang efisien dan berkelanjutan.

Buku ini disusun dengan tujuan memberikan penjelasan komprehensif mengenai dasar-dasar perpindahan, dari prinsip fisikanya hingga penerapannya dalam kehidupan sehari-hari dan industri. Setiap bab dirancang agar pembaca dapat memahami aspek-aspek teoritis dari fenomena perpindahan sekaligus memahami aplikasinya secara praktis.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung proses penyusunan buku ini, baik dari segi penelitian, pengajaran, maupun umpan balik yang konstruktif. Semoga buku ini dapat menjadi referensi yang bermanfaat dalam mempelajari dan memahami fenomena perpindahan serta menginspirasi inovasi dan penerapan yang lebih luas dalam berbagai disiplin ilmu,

Palembang, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **iv**
DAFTAR ISI ..... **v**
DAFTAR GAMBAR ..... **vii**
DAFTAR TABEL ..... **viii**
BAB 1 PENDAHULUAN **1**
A. Latar Belakang 1
B. Tujuan dan Ruang Lingkup 3
C. Keterkaitan Fenomena Panas, Massa, dan Momentum 4
D. Struktur Buku 5
BAB 2 DASAR-DASAR FENOMENA PERPINDAHAN **7**
A. Konsep Umum Fenomena Perpindahan 7
B. Dasar-Dasar Perpindahan Panas 8
C. Dasar-Dasar Perpindahan Massa 9
D. Dasar-Dasar Perpindahan Momentum 11
E. Kesetaraan Matematis Tiga Fenomena 13
F. Prinsip Konservasi Umum 13
G. Penutup 14
BAB 3 PERPINDAHAN PANAS **17**
A. Pengantar Perpindahan Panas 17
B. Konduksi Panas (Heat Conduction) 18
C. Konveksi Panas (Heat Convection) 21
D. Radiasi Panas (Thermal Radiation) 23
E. Perpindahan Panas Gabungan (Combined Heat Transfer) 24
F. Bilangan Tak Berdimensi Pada Perpindahan Panas 25
G. Contoh Aplikasi Perpindahan Panas di Industri 26
H. Contoh Kasus dan Penyelesaian Kalkulatifnya 26
I. Penutup 28
BAB 4 PERPINDAHAN MASSA **31**
A. Pengantar Perpindahan Massa 31
B. Mekanisme Dasar Perpindahan Massa 32
C. Difusi Gas dan Cair 33
D. Difusi Melalui Membran 34
E. Perpindahan Massa Antarfase (Interphase Mass Transfer) 35
F. Bilangan Tak Berdimensi Dalam Perpindahan Massa 36
G. Pembuktian Bilangan Tak-Berdimensi Reynolds (RE) 37
H. Aplikasi Perpindahan Massa Di Industri 38

I. Penutup 38
BAB 5 PERPINDAHAN MOMENTUM 43
A. Pengantar Perpindahan Momentum 43
B. Hukum Gerak Newton Tentang Viskositas 43
C. Persamaan Momentum Diferensial (Navier-Stokes) 48
D. Viskositas dan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi 49
E. Rezim Aliran dan Bilangan Tak Berdimensi 50
F. Aliran Laminar dan Turbulen 51
G. Persamaan Momentum Pada Sistem Fluida Nyata 52
H. Analogi Perpindahan Momentum, Panas, dan Massa 54
I. Aplikasi Perpindahan Momentum di Industri 55
J. Deformasi Elemen Fluida dan Laju Regangan Geser 57
K. Contoh Kasus dan Penyelesaian Kalkulatifnya 58
L. Penutup 59
BAB 6 APLIKASI FENOMENA PERPINDAHAN DALAM INDUSTRI 61
A. Pendahuluan 61
B. Aplikasi Dalam Industri Energi 62
C. Aplikasi Dalam Industri Kimia 64
D. Aplikasi Dalam Industri Pangan 66
E. Keterpaduan Fenomena Panas-Massa-Momentum 68
F. Peran Fenomena Perpindahan Dalam Efisiensi Energi Industri 68
G. Penutup 69
DAFTAR PUSTAKA 71
KUNCI JAWABAN 75
PROFIL PENULIS 81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Rangkaian Sistem CCS 2
Gambar 2. Aplikasi Kombinasi Fenomena
Perpindahan pada Menara Distilasi 61
Gambar 3. Skema Proses Metanasi CO_2 di Reaktor Batch Katalitik 64
Gambar 4. Keterlibatan Fenomena Perpindahan
dalam Proses Aerasi Limbah Industri 66

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Parameter Utama pada Fenomena Perpindahan 5
Tabel 2. Konsep Utama pada Fenomena Perpindahan 13
Tabel 3. Daftar Implementasi Bilangan tak
Berdimensi pada Fenomena Perindahan..... 25
Tabel 4. Bilangan tak Berdimensi pada Perpindahan Massa..... 36
Tabel 5. Korelasi Aplikasi Fenomena Perpindahan di Industri 68

BAB 1

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Fenomena perpindahan merupakan salah satu bidang kajian fundamental dalam ilmu teknik yang berperan besar dalam analisis, perancangan, serta pengoperasian berbagai sistem industri. Secara umum, fenomena perpindahan mencakup tiga mekanisme utama, yaitu perpindahan panas (*heat transfer*), perpindahan massa (*mass transfer*), dan perpindahan momentum (*momentum transfer*). Ketiga mekanisme tersebut saling berhubungan dan terjadi secara simultan dalam banyak proses di alam maupun dalam sistem rekayasa teknik (Bird, Stewart, & Lightfoot, 2015).

Perpindahan panas berkaitan dengan transfer energi akibat perbedaan temperatur antara dua titik dalam ruang. Proses ini dapat berlangsung melalui tiga mekanisme utama yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi (Incropera et al., 2017). Sementara itu, perpindahan massa terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi suatu komponen dalam campuran, sehingga partikel atau molekul akan bergerak dari daerah dengan konsentrasi tinggi ke daerah dengan konsentrasi rendah (Cussler, 2009). Adapun perpindahan momentum berhubungan dengan gaya geser dan viskositas fluida, yang menjelaskan bagaimana momentum ditransfer antar lapisan fluida yang bergerak dengan kecepatan berbeda (White, 2011).

Ketiga fenomena ini merupakan pondasi dari berbagai proses teknik, seperti pada desain reaktor kimia, penukar panas (*heat exchanger*), menara distilasi, menara absorpsi, pengeringan (drying), dan sistem pendinginan. Pemahaman yang baik terhadap prinsip-prinsip dasar fenomena

BAB 2

DASAR-DASAR FENOMENA PERPINDAHAN

A. KONSEP UMUM FENOMENA PERPINDAHAN

Fenomena perpindahan (*transport phenomena*) merupakan disiplin ilmu yang mempelajari mekanisme perpindahan massa, energi, dan momentum di dalam sistem fisik. Ketiga fenomena ini berperan sebagai dasar bagi berbagai proses industri yang melibatkan perpindahan zat dan energi, baik dalam fluida maupun padatan (Bird, Stewart, & Lightfoot, 2015).

Setiap fenomena perpindahan muncul karena adanya gradien suatu sifat fisik — temperatur, konsentrasi, atau kecepatan — yang menyebabkan terjadinya pergerakan molekul atau energi untuk mencapai kesetimbangan. Dengan demikian, prinsip dasar fenomena perpindahan mengikuti kecenderungan alamiah sistem menuju kondisi equilibrium termodinamika.

Fenomena perpindahan dapat dikategorikan menjadi tiga kelompok utama:

1. Perpindahan Panas (*Heat Transfer*) – perpindahan energi akibat perbedaan temperatur.
2. Perpindahan Massa (*Mass Transfer*) – perpindahan zat akibat perbedaan konsentrasi.
3. Perpindahan Momentum (*Momentum Transfer*) – perpindahan momentum akibat perbedaan kecepatan antar lapisan fluida.

Ketiganya dapat dianalisis dengan kerangka matematis serupa, yang umumnya dinyatakan dalam bentuk hukum diferensial pertama (*first law gradient relation*):

BAB 3

PERPINDAHAN PANAS

A. PENGANTAR PERPINDAHAN PANAS

Perpindahan panas (*heat transfer*) merupakan proses aliran energi termal dari suatu sistem ke sistem lain akibat perbedaan temperatur. Fenomena ini tidak dapat dihindari dalam hampir seluruh sistem rekayasa, baik di bidang energi, kimia, pangan, maupun lingkungan. Pemahaman terhadap mekanisme perpindahan panas sangat penting untuk merancang peralatan seperti penukar panas (*heat exchanger*), boiler, kondensor, evaporator, dan sistem pendingin industri (Incropera et al., 2017).

Secara umum, perpindahan panas terjadi dalam tiga mekanisme utama:

1. Konduksi (*Conduction*) – melalui interaksi molekuler tanpa pergerakan massa.
2. Konveksi (*Convection*) – melalui pergerakan fluida yang membawa energi panas.
3. Radiasi (*Radiation*) – melalui pancaran gelombang elektromagnetik tanpa medium perantara.

Ketiga mekanisme ini dapat terjadi secara tunggal atau bersamaan. Misalnya, pada sistem pendingin logam panas dalam udara, panas berpindah secara konduksi dalam logam, konveksi ke udara, dan sebagian hilang melalui radiasi (Bejan, 2013).

BAB 4

PERPINDAHAN MASSA

A. PENGANTAR PERPINDAHAN MASSA

Perpindahan massa (*mass transfer*) adalah fenomena transportasi zat dari satu lokasi ke lokasi lain sebagai akibat adanya perbedaan konsentrasi, tekanan parsial, atau potensial kimia di dalam suatu sistem. Fenomena ini memegang peranan penting dalam berbagai proses industri, terutama pada operasi pemisahan seperti distilasi, absorpsi, ekstraksi, pengeringan, dan adsorpsi (Geankoplis, 2018).

Secara umum, perpindahan massa dapat berlangsung dalam tiga bentuk utama:

1. Difusi molekuler (*molecular diffusion*) – akibat gerakan acak molekul pada skala mikroskopis.
2. Difusi konvektif (*convective diffusion*) – akibat pergerakan makroskopik fluida yang membawa zat terlarut.
3. Perpindahan massa pada antarmuka (*interphase Mass Transfer*) – terjadi antara dua fase berbeda (gas-cair, cair-cair, atau gas-padat).

Fenomena ini sangat erat kaitannya dengan perpindahan panas dan momentum, karena dalam sistem nyata ketiganya sering berlangsung secara simultan. Misalnya pada proses absorpsi gas CO_2 dalam larutan alkali, perpindahan massa CO_2 ke dalam cairan bergantung pada difusi, aliran fluida, dan juga panas reaksi (Cussler, 2009).

BAB 5

PERPINDAHAN MOMENTUM

A. PENGANTAR PERPINDAHAN MOMENTUM

Perpindahan momentum merupakan salah satu fenomena dasar dalam ilmu transport yang berhubungan dengan gaya dan gerak fluida. Dalam konteks teknik, fenomena ini menjadi dasar untuk memahami mekanika fluida, aliran dalam pipa, operasi pompa dan kompresor, serta rancangan peralatan perpindahan panas dan massa (White, 2011).

Fenomena perpindahan momentum terjadi ketika lapisan fluida yang bergerak dengan kecepatan berbeda saling berinteraksi dan menghasilkan gaya geser (*shear stress*). Gaya geser ini mentransfer momentum antar lapisan sehingga menghasilkan profil kecepatan tertentu.Secara matematis, fenomena ini diatur oleh Hukum Newton tentang Viskositas dan secara umum oleh Persamaan Navier–Stokes (Bird, Stewart, & Lightfoot, 2015).

Sebagaimana halnya perpindahan panas dan massa, perpindahan momentum juga dapat dijelaskan dalam bentuk analog transport phenomena, karena kesamaan bentuk persamaan diferensialnya (Incropera et al., 2017).

B. HUKUM GERAK NEWTON TENTANG VISKOSITAS

1. Pengertian

Fluida yang mengikuti hubungan linear antara tegangan geser dan gradien kecepatan disebut fluida Newtonian.Hubungan ini dijelaskan oleh Hukum Newton tentang Viskositas:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy}$$

BAB 6

APLIKASI FENOMENA PERPINDAHAN DALAM INDUSTRI

A. PENDAHULUAN

Fenomena perpindahan panas, massa, dan momentum merupakan landasan utama dalam operasi dan perancangan sistem industri. Dalam praktiknya, ketiga fenomena ini tidak pernah terjadi secara terpisah, tetapi selalu berlangsung secara simultan dan saling memengaruhi satu sama lain.



Sumber: https://id.hdhce.com/industrial-distillation-columns-or-towers
Gambar 2. Aplikasi Kombinasi Fenomena Perpindahan pada Menara Distilasi

Sebagai contoh, pada menara distilasi, uap bergerak ke atas (perpindahan momentum), sementara panas berpindah dari kondensor ke reboiler (perpindahan panas), dan komponen volatil berdifusi antar fase gas-cair (perpindahan massa). Fenomena serupa juga terjadi pada reaktor kimia, penukar panas, kolom absorpsi, serta proses pengeringan bahan pangan (Geankoplis, 2018; Bird, Stewart, & Lightfoot, 2015).

DAFTAR PUSTAKA

Bejan, A. (2013). *Convection Heat Transfer* (4th ed.). Wiley.

Bird, R. B., Stewart, W. E., & Lightfoot, E. N. (2015). *Transport Phenomena* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Çengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2020). *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications* (4th ed.). McGraw-Hill Education.

Çengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2020). *Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications* (6th ed.). McGraw-Hill Education.

Crank, J. (1975). *The Mathematics of Diffusion* (2nd ed.). Oxford University Press.

Cussler, E. L. (2009). *Diffusion: Mass Transfer in Fluid Systems* (3rd ed.). Cambridge University Press.

Fellows, P. J. (2009). *Food Processing Technology: Principles and Practice* (3rd ed.). Woodhead Publishing.

Fox, R. W., Pritchard, P. J., & McDonald, A. T. (2015). *Introduction to Fluid Mechanics* (9th ed.). Wiley.

Fuller, E. N., Schettler, P. D., & Giddings, J. C. (1966). A New Method for Prediction of Binary Gas-Phase Diffusion Coefficients. *Industrial & Engineering Chemistry*, 58(5), 19–27.

Geankoplis, C. J. (2018). *Transport Processes and Separation Process Principles* (5th ed.). Prentice Hall.

Heldman, D. R., & Hartel, R. W. (2019). *Principles of Food Processing* (4th ed.). Springer.

Holman, J. P. (2010). *Heat Transfer* (10th ed.). McGraw-Hill Education.

Incropera, F. P., DeWitt, D. P., Bergman, T. L., & Lavine, A. S. (2017). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer* (8th ed.). Wiley.

Krishna, R., & Wesselingh, J. A. (2015). *Mass Transfer Theory and Applications*. Elsevier.

Kreith, F., & Manglik, R. M. (2013). *Principles of Heat Transfer* (7th ed.). Cengage Learning.

Metcalf & Eddy. (2014). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* (5th ed.). McGraw-Hill Education.

Mulder, M. (2012). *Basic Principles of Membrane Technology* (2nd ed.). Springer.

Muntaha, A. S., Nugroho, D. H., & Junaidi, R. (2025). Optimization of CO_2 methanation using Ni/Al2O3 catalyst and NaOH absorbent in a catalytic batch reactor. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 248-355.

Nugroho, D. H. (2024). Teknologi Pengolahan Limbah cair Amonia Industri. In Nurhayati, T. E. Rahayu, D. H. Nugroho, & D. E. Rahmanto, *Teknologi Pengelolaan Limbah* (pp. 39-58). Padang: HEI Publishing Indonesia.

Nugroho, D. H. (2025). Teknologi Pengolahan Air Limbah Dengan Kolom Gelembung Pancaran. In F. A. Soelistianto, M. A. Arifin, D. H. Nugroho, L. Marlina, Y. Baali, Rusman, . . . M. L. Habi, *Teknologi Lingkungan* (pp. 31-44). Kab. Agam: Tri Edukasi Ilmiah.

Nugroho, Didiek Hari. (2025). Fluida Dinamik: Studi Hidrodinamika pada Reaktor Gelembung Pancaran. In F. D. Ika Maulita, N. A. Silviyanti, A. S. Sirajuddin, Widyantoro, Harmailis, & D. H. Nugroho, *Mekanika Fluida* (pp. 89-99). Kota Padang: HEI Publishing.

Nugroho, Didiek Hari. (2025). Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri. In Nurhayati, T. E. Rahayu, D. H. Nugroho, & D. E. Rahmanto, *Teknologi Pengelolaan Lingkungan* (pp. 39-58). Kota Padang: HEI Publishing.

Özisik, M. N. (1993). *Heat Conduction* (2nd ed.). Wiley.

Patil, R. K., Patel, M., & Jadhav, D. (2022). Recent Advances in Multiphase Transport Phenomena for Energy and Environmental Systems. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 183, 122013.

Pope, S. B. (2000). *Turbulent Flows*. Cambridge University Press.

Pratama, Y., Junaidi, R., & Nugroho, D. H. (2025). The Effect of Ni/Al2O3 catalyst mass variation and operation time on the CO2 methanation process. *Konversi*, 45-48Ruthven, D. M. (1984). *Principles of Adsorption and Adsorption Processes*. Wiley.

Tabe-Mohammadi, A. (1999). Gas Separation Using Polymeric Membranes. *Polymer Reviews*, 39(2), 85–98.

Versteeg, H. K., & Malalasekera, W. (2007). *An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method* (2nd ed.). Pearson Education.

Welty, J. R., Wicks, C. E., Rorrer, G. L., & Wilson, R. E. (2020). *Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer* (6th ed.). Wiley.

White, F. M. (2011). *Fluid Mechanics* (7th ed.). McGraw-Hill Education.

PROFIL PENULIS



Didiek Hari Nugroho, S.T.,M.T

Penulis Lahir di Maumere, 30 Oktober 1980, adalah alumni Sarjana (S1) Teknik Kimia Universitas Indonesia dan Magister (S2) Teknik Kimia Universitas Syiah Kuala. Selain itu juga merupakan alumni pada Program Training *Developing A Curriculum* (DACUM) *Theory* dan *Facilitator* di Training Institute for Technical Instruction (TITI) Nepal, Program *Curriculum* Design and Instructional Materials Development di National Institute of Technical Teachers Training And Research (NITTTR), India; Program *Drilling, Production and Liquidified Natural Gas Applied Competencies* di Southern Alberta Institute of Technology (SAIT), Canada; Program IVLP di Wright State University, U.S.A; dan Program *Wastewater Treatment* di Environment Protection Training and Research Institute (EPTRI), India. Penulis pernah menjabat sebagai Wakil Direktur Bidang Akademik dan Kemahasiswaan (2012-2014), dan Wakil Direktur Bidang Kerjasama (2015-2017). Sekarang, penulis aktif mengajar di Program Studi D-IV Teknlogi Kimia Industri Politeknik Negeri Sriwijaya. Selain itu juga penulis aktif menulis buku, dan meneliti di bidang teknologi proses kimia dan pengolahan limbah industri. Beberapa penelitian dibiayai oleh DRPM Kemdikbudristek dan *outcomes* penelitiannya diterbitkan di beberapa junal ilmiah nasional maupun internasional, *book chapter*, dan HKI/paten. Penulis sering juga di undang baik sebagai pembicara maupun konsultan pengembangan kurikulum berbasis industri pada institusi nasional maupun internasional yang merupakan bentuk dari pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: dh.nugroho@polsri.ac.id.



Dwi Indah Lestari, M.Eng

Penulis lahir di Kota Palembang, Provinsi Sumatera Selatan. Penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi DIV Teknologi Kimia Industri Politeknik Negeri Sriwijaya. Penulis menyelesaikan Pendidikan DIV pada Jurusan Teknik Kimia di Politeknik Negeri Sriwijaya dan studi S2 pada Jurusan Teknik Kimia di Universitas Gadjah Mada. Penulis memiliki latar

belakang riset di bidang lingkungan. Ketertarikan penulis tercermin melalui sejumlah publikasi ilmiah mengenai adsorpsi dan proses *hydrothermal carbonization*.
Penulis telah mengikuti sertifikasi Pembinaan Calon Ahli K3 Umum oleh Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia (KEMENAKER RI). Penulis juga aktif dalam menerbitkan publikasi ilmiah dibidang Teknik dan menulis buku sains serta modul Teknik Kimia. Penulis dapat dihubungi melalui email: dwiindahlest@polsri.ac.id.



Aulia Cahyani, S.T., M.T
Penulis Lahir di Tangerang, 17 Juni 1997, adalah lulusan Magister Teknik Kimia dari Universitas Diponegoro, Semarang, yang menyelesaikan studinya dengan raihan predikat cum laude. Memiliki latar belakang akademik dan riset yang kuat, penulis telah berpengalaman dalam berbagai proyek laboratorium, penelitian pada fokus ilmu material berkelanjutan, serta analisis proses industri melalui program magang. Ketertarikan penulis pada pengembangan material ramah lingkungan tercermin melalui sejumlah publikasi ilmiah pada jurnal internasional bereputasi mengenai produksi *green-silica* dan teknologi *pra-treatment* berbasis asam organik.

Penulis memiliki pengalaman industri melalui program magang di PT. Indo Acidatama, Tbk., serta bekerja sebagai *Quality Control* di proyek perbaikan jalan pada kawasan industri minyak Pertamina Hulu Rokan. Pengalaman tersebut memperkuat keahlian di bidang analisis proses, perancangan campuran material kimia, serta pengujian laboratorium untuk stabilisasi tanah dan material konstruksi.

Penulis tersertifikasi sebagai Ahli K3 oleh Kementerian Ketenagakerjaan, menjunjung tinggi disiplin, keselamatan kerja, dan kepatuhan terhadap SOP dalam setiap kegiatan profesional maupun penelitian. Selain itu, penulis juga aktif menulis karya ilmiah dan menjadi pemakalah pada berbagai konferensi nasional dan internasional di bidang teknik kimia dan teknologi industri. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: auliacahyani@polsri.ac.id.



Ir. Selastia Yulianti, M.Si

Penulis Lahir di Palembang, 4 Juli 1961, dan menyelesaikan pendidikan sarjana di Teknik Kimia Universitas Sriwijaya, kemudian melanjutkan studi Magister Teknik Kimia di Institut Teknologi Bandung (ITB). Memiliki latar belakang akademik serta pengalaman panjang dalam bidang teknik kimia, penulis aktif melakukan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat sejak tahun 1990 hingga 2020, khususnya pada bidang ilmu teknik kimia.

Dalam karir akademiknya di Politeknik Negeri Sriwijaya, penulis mengampu berbagai mata kuliah inti yang berkaitan erat dengan praktik industri dan rekayasa proses, seperti satuan operasi, termodinamika, perpindahan masa difusional, perpindahan massa termal, teknologi minyak bumi, praktikum hidrokarbon, kewirausahaan, dan praktikum pilot plant. Pengajaran mata kuliah tersebut tidak hanya memperkuat kompetensi teknis mahasiswa, tetapi juga menumbuhkan pemahaman operasional kemampuan analitis yang relevan dengan kebutuhan industri.

Selama pengabdiannya, penulis juga telah memperoleh berbagai sertifikat profesional serta mengikuti program magang di Kilang Minyak Pertamina Balongan. Penulis juga aktif meningkatkan kompetensi melalui berbagai pelatihan, seperti manajemen laboratorium, proses pengajaran dan revisi kurikulum, penyusunan bahan ajar dan RPS, serta pelatihan pembuatan proposal penelitian dan penulisan artikel internasional. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: selastiayuliati@yahoo.com.

FENOMENA PERPINDAHAN

KONSEP DAN PERHITUNGAN PERPINDAHAN MASSA, PANAS, DAN MOMENTUM

Fenomena perpindahan adalah konsep penting yang mendasari banyak proses di alam dan industri. Secara umum, fenomena perpindahan mencakup tiga kategori utama, yaitu perpindahan panas, massa, dan momentum. Pemahaman yang mendalam mengenai proses-proses ini sangat diperlukan bagi siapa saja yang terlibat dalam perancangan, pengoperasian, dan pengoptimalan sistem industri yang kompleks, seperti reaktor kimia, sistem pendingin, proses pemurnian, dan banyak aplikasi teknik kimia lainnya.

Di era modern, dengan tuntutan energi yang semakin meningkat dan kebutuhan aka teknologi yang ramah lingkungan, fenomena perpindahan memiliki peran penting dalam mendorong inovasi yang efisien dan berkelanjutan.

Buku ini disusun dengan tujuan memberikan penjelasan komprehensif mengenai dasar-dasar perpindahan, dari prinsip fisikanya hingga penerapannya dalam kehidupan sehari-hari dan industri. Setiap bab dirancang agar pembaca dapat memahami aspek-aspek teoritis dari fenomena perpindahan sekaligus memahami aplikasinya secara praktis.

www.penerbitwidina.com
@penerbitwidina
penerbit widina
penerbitwidina@gmail.com
widina store
widina bookstore

Layanan Pembaca & Penerbitan Buku
0815-7000-699
SCANME

Teknik & Industri
ISBN 978-634-317-107-2
9 786343 171072