

MAJLIS SYARAHAN UMUM PROFESOR

PENGGKOMPUTERAN DINAMIK BENDALIR

**MEMACU REVOLUSI INDUSTRI KE-5 DAN
MATLAMAT PEMBANGUNAN LESTARI**

MAJLIS SYARAHAN UMUM PROFESOR

PENGGOMPUTERAN DINAMIK BENDALIR

**MEMACU REVOLUSI INDUSTRI KE-5 DAN
MATLAMAT PEMBANGUNAN LESTARI**

PROFESOR TS. DR. JOLIUS GIMBUN

Penerbit
Universiti Malaysia Pahang Al-Sultan Abdullah,
Kuantan
2025

Hak cipta adalah terpelihara
Setiap bahagian daripada terbitan ini tidak boleh
diterbitkan semula, disimpan untuk pengeluaran atau
dipindahkan kepada bentuk lain, sama ada dengan cara
elektronik, mekanikal, gambar, rakaman dan sebagainya
tanpa mendapat izin daripada Penerbit Universiti
Malaysia Pahang Al-Sultan Abdullah, Lebuhr Persiaran
Tun Khalil Yaakob, 26300 Kuantan,
Pahang Darul Makmur.



Data Pengkatalogan-dalam-Penerbitan
Perpustakaan Negara Malaysia
Rekod katalog untuk buku ini boleh didapati
dari Perpustakaan Negara Malaysia
ISBN 978-629-7641-54-6

Pengarah Penerbit : Mr. R
Ketua Editor : M. Azli
Editor : M. Azli
Pembaca Pruf : A. Humaira
Reka Letak & Reka Kulit: R. W. Chamie
Pentadbiran : Zue & N. A. Aryan
Jualan & Pemasaran : N. H.

Share | Like | Tag
Online Shop: <https://msha.ke/penerbitump>
Official Page (FB) : Penerbit UMPSA
Official IG : Penerbitumpsa

Diterbitkan Oleh
Penerbit
Universiti Malaysia Pahang Al-Sultan Abdullah,
Lebuhr Persiaran Tun Khalil Yaakob,
26300 Kuantan, Pahang Darul Makmur.
E-mel: penerbit@umpsa.edu.my

Urus Cetak
PNC Printing
No.2, Tingkat Bawah, Taman Damai Indah,
Peramu, 26600, Pekan, Pahang Darul Makmur.
Tel: 09-425 2010

KANDUNGAN

Kandungan	v
Senarai Jadual	vii
Senarai Rajah	ix
Prakata	xi
Penghargaan	xiii
Bab Satu	Pengkomputeran Dinamik Bendalir (CFD) Memacu Pembangunan Lestari
	1
	Pendahuluan
	1
	Langkah utama dalam simulasi CFD
	3
	Penggunaan CFD
	5
Bab Dua	Peranan CFD dalam Revolusi Perindustrian Keempat (IR 4.0)
	9
	Pengenalan revolusi industri
	9
	Peranan CFD dalam IR 4.0
	11
Bab Tiga	CFD Memacu Revolusi Industri Kelima (IR 5.0)
	23
Bab Empat	CFD Memacu Matlamat Pembangunan Lestari
	31
	SDG 3: Kesihatan yang baik dan kesejahteraan
	32
	SDG 6: Air bersih dan sanitasi
	33
	SDG 7: Tenaga berpatutan dan bersih
	33
	SDG 9: Industri, inovasi dan prasarana
	36
	SDG 11: Bandar dan masyarakat lestari
	37
	SDG 12: Penggunaan dan pengeluaran bertanggungjawab
	38
	SDG 13: Tindakan memerangi perubahan iklim
	41

Penutup	43
Rujukan	45
Biodata Penulis	51

SENARAI JADUAL

Jadual 3.1	Kombinasi CFD dan AI mempercepat penyelesaian masalah	28
-------------------	---	----

SENARAI RAJAH

Rajah 1.1	Langkah utama dalam simulasi CFD	4
Rajah 1.2	Penggunaan CFD menurut Gupta	5
Rajah 2.1	Peringkat revolusi industri	9
Rajah 2.2	Teras utama IR 4.0	12
Rajah 2.3	Peranan CFD dalam IR 4.0	13
Rajah 2.4	Kembar digital untuk operasi reaktor nuklear	14
Rajah 2.5	Kesan reka bentuk siklon kepada kecekapan pemisahan zarah	15
Rajah 2.6	Penggunaan AI-CFD untuk menambah baik reka bentuk penukar haba	16
Rajah 2.7	Simulasi CFD menunjukkan kadar kehausan pada dinding siklon	17
Rajah 2.8	Simulasi CFD terhadap aliran bendalir dalam bangsal pengering getah	18
Rajah 2.9	Simulasi CFD untuk meningkatkan kecekapan kebuk pembakaran separa dengan pemasangan penebat haba	19
Rajah 2.10	Ilustrasi penggunaan IoT data masa nyata dan CFD dalam simulasi penyebaran gas klorin	20
Rajah 2.11	Analisis CFD untuk reka bentuk muncung bahan api baharu bagi kebuk pembakaran separa	21
Rajah 3.1	Revolusi Industri Kelima (IR 5.0)	23
Rajah 3.2	Peranan CFD dalam IR 5.0	24
Rajah 3.3	Ramalan CFD membantu memperbaiki kualiti udara dalam bangunan	25
Rajah 3.4	Simulasi CFD untuk turbin hidroelektrik	26
Rajah 3.5	Perbandingan reka bentuk tradisional dan reka bentuk berpandukan simulasi	27
Rajah 3.6	Simulasi CFD untuk paru-paru oleh CBBL	29

Rajah 4.1	17 SDG mengikut Pertubuhan Bangsa-bangsa Bersatu	31
Rajah 4.2	Simulasi CFD untuk aliran darah dalam otak bagi pesakit kepala berair	32
Rajah 4.3	Simulasi CFD bagi tangki pengudaraan dalam loji rawatan kumbahan	34
Rajah 4.4	Simulasi CFD bagi kebuk pembakaran biojisim	35
Rajah 4.5	Simulasi CFD untuk aerodinamik bagi pesawat AG-Nel 25	36
Rajah 4.6	Simulasi CFD bagi kesan penggunaan peredam bunyi kepada bangunan	37
Rajah 4.7	Simulasi CFD bagi aerodinamik kenderaan	39
Rajah 4.8	Simulasi CFD bagi reaktor penghasilan metanol	40

PRAKATA

Buku ini ditulis dengan matlamat untuk memberi kefahaman tentang cara teknologi pengkomputeran dinamik bendalir atau *computational fluid dynamics* (CFD) memainkan peranan penting dalam revolusi industri ke-5 (IR 5.0) dan menyumbang secara signifikan kepada pencapaian Matlamat Pembangunan Lestari. Era IR 5.0 menandakan integrasi antara teknologi canggih seperti kecerdasan buatan (AI), data raya, dan robotik dengan aspek kemanusiaan yang memberi penekanan kepada kesejahteraan manusia serta alam sekitar.

Di tengah-tengah transformasi ini, CFD muncul sebagai salah satu teknologi yang memberikan impak besar dalam memacu inovasi dan keberkesanan dalam pelbagai sektor industri, khususnya yang berkaitan dengan tenaga, air dan infrastruktur yang lestari.

Dalam buku ini, pembaca akan didedahkan kepada pelbagai aplikasi CFD yang dapat membantu mencapai matlamat global seperti kelestarian sumber air bersih, pembangunan tenaga bersih, pengurangan pelepasan karbon, serta peningkatan infrastruktur yang lebih cekap dan lestari. Setiap bab akan meneroka cara simulasi CFD dapat mengoptimumkan proses industri, mengurangkan kesan negatif terhadap alam sekitar dan seterusnya menyokong pertumbuhan ekonomi yang lestari.

Diharapkan buku ini akan menjadi sumber rujukan yang berguna kepada para penyelidik, pelajar, jurutera dan semua pihak yang terlibat dalam bidang kejuruteraan dan teknologi lestari, yang ingin memahami peranan CFD dalam menyokong revolusi industri dan matlamat pembangunan lestari.

Semoga pembaca mendapat manfaat dan inspirasi daripada buku ini untuk terus memperkasa inovasi dalam mencapai pembangunan lestari yang seimbang dan terangkum.

Jolius Gimbun

Fakulti Teknologi Kejuruteraan Kimia & Proses
Universiti Malaysia Pahang Al-Sultan Abdullah

PENGHARGAAN

Saya merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada individu, jabatan dan institusi berikut yang telah menyokong dan membolehkan penyelidikan saya berkembang maju dalam bidang pengkomputeran dinamik bendalir:

- i. Prof. Dr. Luqman Chuah Abdullah, UPM
- ii. Prof. Dr. Christopher (Chris) David Rielly, Loughborough
- iii. Prof. Dr. Jacobus Johannes (Jos) Derksen, Alberta
- iv. Prof. Dr. Zoltan (Zoly) Kalman Nagy, Purdue
- v. Prof. Dr. Daniele L. Marchisio, Torino
- vi. Mr. Tan Yee Wan
- vii. Prof. Dato' Ts. Ir. Dr. Badhrulhisham Abdul Aziz
- viii. Dr. Chinnaaswamy Anandharamakrishnan, NIIST India
- ix. Fluid Centre (dahulunya CARIFF), UMPSA
- x. Fakulti Teknologi Kejuruteraan Kimia & Proses, UMPSA
- xi. Pelajar-pelajar PhD dan MSc yang telah menjalankan penyelidikan CFD dengan saya.

Saya juga merakamkan jutaan terima kasih kepada jabatan UMPSA berikut yang telah membantu saya untuk menyediakan bahan dan menguruskan majlis syarahan profesor ini.

- i. Jabatan Hal Ehwal Akademik dan Antarabangsa (JHEAA),
- ii. Pentadbiran FTKKP, terutama Yang Mulia Raja Allen Jordan Izzuddin Shah Raja Baharudin, dan
- iii. Penerbit UMPSA yang membantu saya dalam melancarkan proses penerbitan penulisan ini.

Pembiayaan geran penyelidikan dan biasiswa oleh jabatan dan institusi berikut amat dihargai:

- i. Jabatan Penyelidikan dan Inovasi, UMPSA
- ii. Jabatan Perkhidmatan Awam
- iii. Kementerian Pendidikan Tinggi Malaysia

BAB SATU

PENGKOMPUTERAN DINAMIK BENDALIR (CFD) MEMACU PEMBANGUNAN LESTARI

PENDAHULUAN

Cecair, seperti udara dan air, mengelilingi kita dan memainkan peranan penting dalam kehidupan harian kita. Daripada udara yang kita hirup hingga air yang kita minum, kelakuan cecair mempunyai kesan mendalam terhadap dunia di sekeliling kita (Chatterjee, 2019). Pengkomputeran dinamik bendalir atau *computational fluid dynamics* (CFD) ialah satu kaedah yang membolehkan kita mengkaji, mensimulasikan dan meramalkan corak aliran cecair dalam pelbagai aplikasi. Dengan peningkatan keupayaan komputer dan algoritma berangka, CFD telah menjadi alat yang penting dalam bidang kejuruteraan, meteorologi dan juga perubatan. Buku ini mengupas kepentingan CFD dalam memacu revolusi industri IR 5.0 dan matlamat pembangunan lestari (SDG).

Bendalir ialah suatu bahan yang boleh mengalir dan mudah berubah bentuk apabila dikenakan daya luaran. Bendalir boleh dikategorikan kepada dua jenis utama: cecair dan gas. Kedua-dua cecair dan gas terdiri daripada zarah-zarah (molekul, atom atau ion) yang sentiasa bergerak. Walau bagaimanapun, sifat interaksi dan cara mereka bertindak balas terhadap daya luaran adalah berbeza, yang memberikan ciri-ciri unik kepada bendalir.

Dinamik bendalir ialah cabang fizik yang mengkaji cecair serta pergerakannya. Tingkah laku bendalir boleh menjadi sangat kompleks, dengan banyak faktor seperti tekanan, suhu dan kelikatan mempengaruhi pergerakannya. Untuk memahami kerumitan ini, saintis dan jurutera menggunakan persamaan

matematik yang dikenali sebagai persamaan *Navier-Stokes* untuk menerangkan aliran bendalir (Galdi, 2012). Namun begitu, penyelesaian persamaan ini secara analitik selalunya mustahil disebabkan oleh kerumitan yang wujud serta pelbagai pemboleh ubah yang terlibat. Di sinilah CFD memainkan peranannya dengan menggunakan pendekatan berangka yang melibatkan penyelesaian persamaan *Navier-Stokes* menggunakan komputer dan algoritma matematik (Gupta et al., 2020). Dengan mewakili domain bendalir kepada sejumlah sel atau elemen terhingga, CFD membolehkan simulasi aliran bendalir yang kompleks dapat diselesaikan.

Kisah CFD bermula pada pertengahan abad ke-20 apabila gabungan dinamik bendalir, matematik dan teknologi pengkomputeran memulakan revolusi dalam kajian aliran bendalir (Ansys, 2024). Pada tahun 1940-an dan 1950-an, perintis seperti John von Neumann dan R. Courant mula meneroka potensi penggunaan komputer untuk menyelesaikan masalah dinamik bendalir yang kompleks (Westbrook et al., 2005). Usaha awal ini memberi tumpuan memudahkan persamaan aliran bendalir dan pembangunan kaedah berangka untuk menanganinya, yang menjadi asas kepada CFD yang ada sekarang. Tahun 1960-an menyaksikan kemunculan Kaedah Perbezaan Terhingga (*finite differential method*, FDM) dan Kaedah Isipadu Terhingga (*finite volume method*, FVM), iaitu dua teknik yang sangat berpotensi untuk menyelesaikan persamaan aliran bendalir (SimFlow, 2024).

Kaedah-kaedah ini mengubah persamaan berterusan menjadi bentuk yang lebih mudah seterusnya membolehkan komputer menyelesaikannya dengan lebih cekap. Pada masa yang sama, Harlow dan Welch memperkenalkan kaedah *Marker-and-Cell* (MAC), satu teknik yang inovatif untuk menjejak aliran permukaan cecair seperti aliran ombak (Harlow et al., 1965). CFD mula berkembang pesat sejajar dengan peningkatan keupayaan komputer pada tahun 1970-an dan 1980-an. Pembangunan Kaedah Elemen Terhingga (*finite element method*, FEM) dan penambahbaikan dalam model pergolakan serta dengan adanya komputer yang lebih pantas, membolehkan simulasi aliran bendalir yang lebih tepat dan terperinci. CFD mula mendapat

perhatian dalam pelbagai industri, dari aeroangkasa dan automotif hingga kajian alam sekitar dan meteorologi. Pada tahun 1990-an dan 2000-an, perisian CFD komersial seperti FLUENT, CFX, Star-CD, PHOENICS dan FEMLAB mula muncul, menjadikan teknologi ini lebih mudah diakses oleh pengguna akademik mahupun industri. Model fizik dalam perisian komersial ini juga boleh ditambah sendiri oleh pengguna menggunakan bahasa pengaturcaraan seperti Fortran, C dan C++.

LANGKAH UTAMA DALAM SIMULASI CFD

Analisis CFD memerlukan lima langkah utama seperti dalam Rajah 1.1. Langkah pertama; melukis gambar digital sama ada dalam bentuk dua atau tiga dimensi bagi sistem atau objek fizikal yang dianalisis. Lukisan geometri ini mesti tepat seperti mana alat geometri atau sistem sebenar.

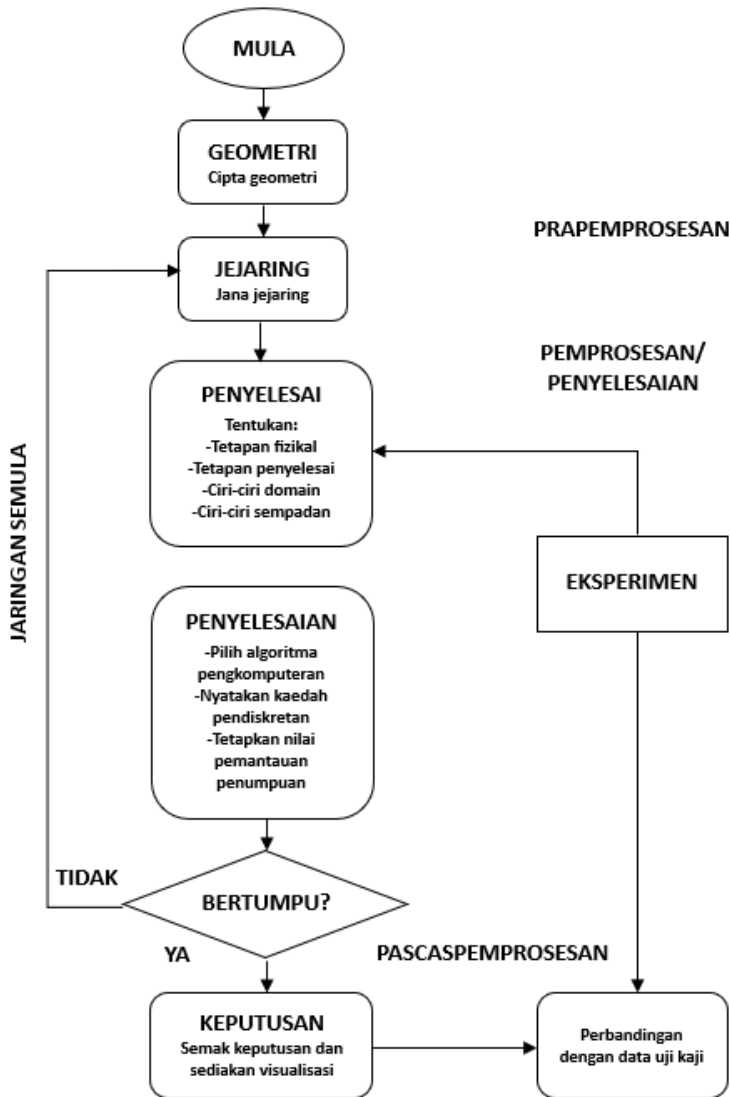
Geometri kemudian dibahagikan kepada jejaring, yang terdiri daripada sel atau elemen kecil. Resolusi sirat menentukan ketepatan simulasi, dengan jejaring yang lebih halus memberikan hasil yang lebih tepat tetapi memerlukan kuasa komputer yang lebih tinggi.

Keadaan sempadan menetapkan tingkah laku bendalir pada sempadan domain, contohnya pada saluran kemasukan bagi tangki pengaduk (Gimbun et al., 2012). Ini melibatkan penentuan halaju aliran, tekanan, suhu atau pemboleh ubah lain tertentu.

Menggunakan algoritma berangka, komputer menyelesaikan persamaan *Navier-Stokes* untuk setiap sel atau elemen dalam jejaring. Proses iteratif ini berterusan sehingga penyelesaian yang bertumpu diperoleh.

Selepas memperoleh penyelesaian, keputusan dipamerkan secara visual dan dianalisis untuk memahami tingkah laku aliran bendalir. Ini boleh melibatkan penjanaan plot kontur, aliran garis atau medan vektor untuk memahami dinamik bendalir dalam sistem atau alat tersebut dengan lebih baik. Perbandingan dengan

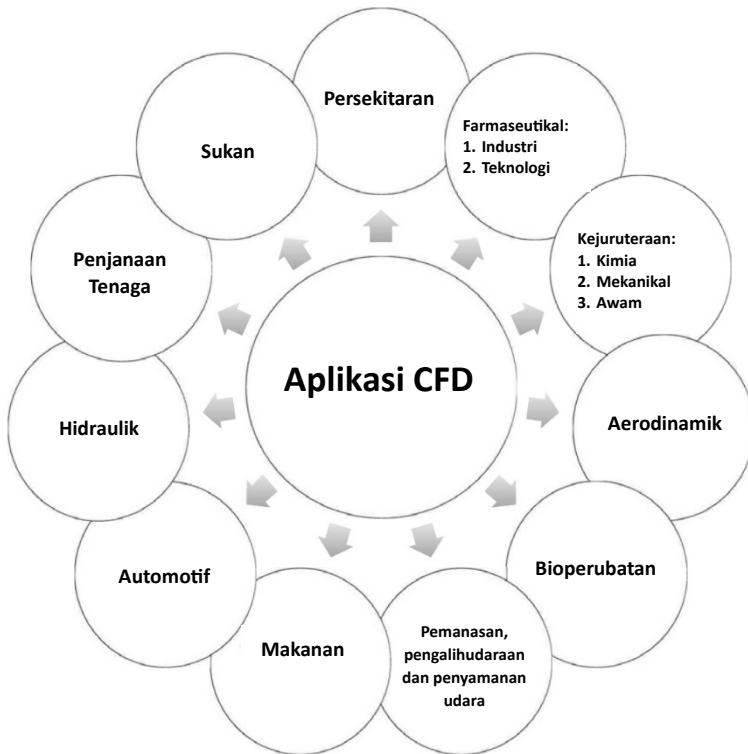
pemerhatian eksperimen juga boleh dilakukan untuk memastikan ketepatan simulasi.



Rajah 1.1: Langkah utama dalam simulasi CFD
(Wojtasik-Malinowska et al., 2022)

PENGUNAAN CFD

CFD digunakan secara meluas dalam pelbagai bidang sains dan kejuruteraan. CFD membolehkan pengkajian tingkah laku bendalir dalam sistem atau keadaan yang rumit dan sukar direalisasikan melalui eksperimen. Menurut Gupta et al. (2020), CFD digunakan secara meluas dalam pelbagai bidang termasuk industri automotif, industri penerbangan dan aeroangkasa, industri minyak dan gas, bidang kejuruteraan bangunan, industri kesihatan, industri maritim, tenaga boleh baharu dan industri elektronik (Rajah 1.2).



Rajah 1.2: Penggunaan CFD menurut Gupta et al. (2020)

CFD digunakan dalam industri automotif untuk mereka bentuk aerodinamik kenderaan. CFD digunakan untuk mengoptimumkan reka bentuk luaran kereta supaya rintangan udara (*drag*) berkurangan, meningkatkan kecekapan bahan api dan mengurangkan kebisingan (Al-Saadi et al., 2022). Selain reka bentuk aerodinamik, CFD juga membantu dalam mereka bentuk sistem penyejukan enjin dengan menganalisis aliran udara dan cecair penyejuk di sekitar enjin untuk mengelakkan pemanasan berlebihan.

Industri penerbangan dan aeroangkasa juga banyak menggunakan CFD dalam reka bentuk sayap dan fuselaj. Dalam reka bentuk pesawat, CFD membantu memaksimumkan daya angkat dan mengurangkan rintangan udara dengan menguji pelbagai reka bentuk sayap dan fuselaj (Bravo-Mosquera et al., 2018). CFD juga digunakan untuk membuat analisis enjin jet. Simulasi aliran udara di dalam enjin jet dijalankan untuk memastikan kecekapan pembakaran serta mengurangkan pelepasan gas.

Industri minyak dan gas menggunakan CFD untuk mengkaji aliran gas dan minyak dalam paip bagi mengoptimumkan kelajuan, tekanan dan mencegah kebocoran. Selain itu, CFD juga digunakan untuk mensimulasikan proses pembakaran dalam relau bertujuan meningkatkan kecekapan pengeluaran tenaga dan mengawal pelepasan gas pencemaran (Yang et al., 2023). Dalam proses pengeluaran melibatkan proses pelbagai fasa cecair, pepejal dan gas (Gimbun, 2009), CFD digunakan untuk mensimulasikan pemisahan cecair dan gas untuk meningkatkan lagi kecekapan alat pengasing (Gimbun, 2008; Gimbun 2004).

Bidang seni bina dan kejuruteraan bangunan menggunakan CFD untuk memastikan aliran udara yang cekap dalam bangunan melalui reka bentuk sistem pemanasan, pengalihudaraan, dan penyamanan udara (*heating, ventilation and air conditioning*, HVAC) yang penting untuk keselesaan dan kecekapan tenaga. CFD juga memainkan peranan penting untuk menganalisis beban angin pada struktur bangunan tinggi (Thordal et al., 2020). Hasil simulasi CFD tentang kesan pergolakan angin dan tekanan yang

bertindak ke atas bangunan amat penting untuk dijadikan salah satu daripada asas reka bentuk bangunan tinggi.

Industri kesihatan menggunakan CFD untuk mensimulasikan aliran darah dalam salur darah dan untuk mereka bentuk peralatan perubatan (Numata et al., 2016). CFD digunakan dalam simulasi aliran darah untuk memahami penyakit kardiovaskular dan mengembangkan reka bentuk peranti perubatan, seperti *stent*. CFD membantu dalam mereka bentuk alat perubatan seperti *inhaler* dan *nebulizer*, yang bergantung pada aliran udara atau cecair untuk menyampaikan ubat dengan berkesan.

Sumbangan CFD dalam bidang tenaga boleh baharu banyak berkisar tentang reka bentuk bilah turbin kincir angin dan hidro. CFD boleh menganalisis aliran angin untuk mengoptimumkan bentuk dan kedudukan bilah turbin bagi menghasilkan kuasa yang maksimum (Wu et al., 2007). CFD juga digunakan dalam simulasi reaktor biojisim untuk penghasilan biogas.

Dalam industri maritim, CFD membolehkan reka bentuk badan kapal yang lebih cekap dengan mengoptimumkan aliran air di sekitar kapal untuk mengurangkan rintangan dan meningkatkan kelajuan serta kestabilan. Selain itu, CFD membolehkan reka bentuk optimum bagi kipas kapal dibuat bertujuan menghasilkan daya tujahan maksimum, pada getaran dan rintangan yang rendah (Feng et al., 2020). Biasanya analisis sudut bilah kipas dan bentuk kipas akan dibuat menggunakan CFD untuk tujuan tersebut.

Secara amnya, penggunaan CFD sangat meluas dan menjadi alat penting dalam pelbagai industri, memberikan simulasi yang terperinci supaya keputusan reka bentuk dan pengoptimuman dapat dibuat dengan lebih tepat dan kos yang lebih rendah.

RUJUKAN

- Aghamolaei, R., Fallahpour, M., & Mirzaei, P. A. (2021). Tempo-spatial thermal comfort analysis of urban heat island with coupling of CFD and building energy simulation. *Energy and Buildings*, 251, 111317.
- Al-Saadi, A., Al-Farhany, K., Idan Al-Chlahawi, K.K. et al. Improvement of the aerodynamic behavior of a sport utility vehicle numerically by using some modifications and aerodynamic devices. *Sci Rep* 12, 20272 (2022).
- Ansys, (2024). What is Computational Fluid Dynamics (CFD)?, <https://www.ansys.com/simulation-topics/what-is-computational-fluid-dynamics>
- Back, Y., Kumar, P., Bach, P. M., Rauch, W., & Kleidorfer, M. (2023). Integrating CFD-GIS modelling to refine urban heat and thermal comfort assessment. *Science of the Total Environment*, 858, 159729.
- Bravo-Mosquera, P. D., Cerón-Muñoz, H. D., Díaz-Vázquez, G., & Catalano, F. M. (2018). Conceptual design and CFD analysis of a new prototype of agricultural aircraft. *Aerospace Science and Technology*, 80, 156-176.
- Cao, S. J. (2019). Challenges of using CFD simulation for the design and online control of ventilation systems. *Indoor and Built Environment*, 28(1), 3-6.
- Castorrini, A., Gentile, S., Gerald, E., & Bonfiglioli, A. (2023). Investigations on offshore wind turbine inflow modelling using numerical weather prediction coupled with local-scale computational fluid dynamics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 171, 113008.
- CBBL. 2024. Transient Airflow Patterns in an Elastic Lung Model. Retrieved October 1, 2024, <https://www.cbbl-okstate.com/single-post/2018/10/10/transient-airflow-patterns-in-an-elastic-lung-model>

- Chatterjee, R. (2019). Theoretical approach of fluid dynamics in significant area. *Research Review International Journal of Multidisciplinary*, 4 (1), 2632-2640.
- Feng, D., Yu, J., He, R., Zhang, Z., & Wang, X. (2020). Improved body force propulsion model for ship propeller simulation. *Applied Ocean Research*, 104, 102328.
- Force Technology. (2024). Design and validation of efficient food and pharma processing systems using CFD. Retrieved September 15, 2024, from <https://forcetechnology.com/en/services/simulations-and-cfd/processing-system-simulations>
- Galdi, G.P. (2012). Navier–Stokes Equations: A Mathematical Analysis. In: Meyers, R. (eds) *Mathematics of Complexity and Dynamical Systems*. Springer, New York, NY.
- Gamwo, I. K., Halow, J. S., Gidaspow, D., & Mostofi, R. (2003). CFD models for methanol synthesis three-phase reactors: reactor optimization. *Chemical Engineering Journal*, 93(2), 103–112. doi:10.1016/s1385-8947(02)00192-4
- Gimbun, J. (2004). *Numerical Simulation of Cyclone Efficiency and Pressure Drop*. Master dissertation, Universiti Putra Malaysia.
- Gimbun, J. (2008). CFD simulation of aerocyclone hydrodynamics and performance at extreme temperature. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 2(1), 22-29.
- Gimbun, J. (2009). *Scale-up of gas-liquid stirred tanks using coupled computational fluid dynamics and population balance modelling*. Doctoral dissertation, Loughborough University.
- Gimbun, J., Chuah, T. G., Choong, T. S., & Fakhru'l-Razi, A. (2005). Prediction of the effects of cone tip diameter on the cyclone performance. *Journal of Aerosol Science*, 36(8), 1056-1065.
- Gimbun, J., Chuah, T. G., Fakhru'l-Razi, A., & Choong, T. S. (2005). The influence of temperature and inlet velocity on cyclone pressure drop: a CFD study. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 44(1), 7-12.
- Gimbun, J., Muhammad, N. I. S., & Law, W. P. (2015). Unsteady RANS and detached eddy simulation of the multiphase flow in a co-current spray drying. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 23(9), 1421-1428.

BIODATA PENULIS



Profesor Ts. Dr. Jolius Gimbun mengajar kejuruteraan kimia di Universiti Malaysia Pahang Al-Sultan Abdullah (UMPSA) semenjak menyertai Fakulti Teknologi Kejuruteraan Kimia dan Proses pada Ogos 2004. Beliau diiktiraf antara 2% saintis terkemuka dunia oleh Universiti Stanford pada tahun 2022 dan *Top Research Scientists Malaysia* 2023 oleh Akademi Sains Malaysia. Beliau pernah berkhidmat sebagai pengarah CARIFF (kini Fluid Centre), ketua jabatan kejuruteraan kimia, ketua teknikal di fakulti, dan ketua BioNexus Pilot Plant UMPSA. Dr. Jolius mempunyai kepakaran dalam pengkomputeran dinamik bendalir, dengan pengalaman lebih 22 tahun hasil daripada penyelidikannya di Malaysia dan United Kingdom. Pada masa ini, beliau memfokuskan pada kejuruteraan makanan (pemprosesan herba), bahan lestari dan biobahan api (*syngas*, *biodiesel* dan *bioetanol*). Beliau mempunyai tiga paten yang diluluskan dalam teknologi makanan, herba, dan biobahan api. Jolius juga telah menulis tiga bab buku dalam bidang CFD untuk penerbit Wiley dan Elsevier. Sehingga kini, beliau telah menyelia seramai 2 orang pelajar pascadoktoral dan 14 pelajar PhD sehingga tamat pengajian serta 18 orang pelajar MSc sebagai penyelia utama. Dr. Jolius kerap berkhidmat sebagai panel untuk Majlis Akreditasi Teknologi Kejuruteraan (ETAC) serta HiCOE, KKP, SETARA, MyRA dan FRGS di Kementerian Pendidikan Tinggi Malaysia.

