



# Samudera

*Jurnal Penelitian Ilmu-ilmu Alam dan Teknik*

**Pengaruh Akulturasi Budaya Hindu, Budha, Islam Pada Arsitektur Masjid di Aceh**

*Armelia Dafrina, Cut Azmah Fitri*

**Kajian Peran Leptin terhadap Perkembangan Organ Reproduksi**

*Cut Sidrah Nadira*

**Pembuatan Skema Prosedur Alur Proses Pemasangan Baru pada PT. PLN (Persero) Area Banda Aceh**

*Junidar*





# Samudera

*International Journal of Natural Sciences and Engineering*

LPPM Universitas Malikussaleh

Vol. 9 No. 2, Nov 2015

ISSN 1979-0236

**Keterangan Cover**

*"Masjid Baiturrahman, Banda Aceh"*

Photo: Zainal Abidin

Graphic Designer: M. Muntasir Alwy

Tata Letak: Eriyanto

ISSN 1979-1755



9 771979 175525

### **JURNAL SAMUDERA**

Merupakan salah satu produk kegiatan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Malikussaleh (Unimal) Lhokseumawe NAD untuk mengembangkan dan menyebarkan ilmu-ilmu Alam & Teknik (Matematika, Fisika, Kimia, Biologi, Kedokteran, Pertanian, Teknik, Information Technology (IT), dan lain-lain). Jurnal ini merupakan wadah, forum, atau medium untuk saling tukar pandangan, pendapat, dan informasi antara cendekiawan, sarjana, dan peminat serius ilmu-ilmu eksakta dan teknik sebagai pengabdian kepada masyarakat, nusa, dan bangsa sekaligus juga mendorong para sarjana dan cendekiawan untuk meningkatkan secara kualitas dan kuantitas kegiatan penelitian dan penulisan ilmiah di bidang-bidang ilmu-ilmu alam dan teknik tersebut.

Diterbitkan oleh  
Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM)  
Universitas Malikussaleh

Bekerja sama dengan  
Universitas Malikussaleh Press (Unimal Press)

Alamat  
Universitas Malikussaleh  
Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik  
Jl. Tgk. Chik Ditiro No. 26, Lhokseumawe  
P.O. Box 141, telp. (0645) 41373-40915, Fax. (0645) 44450

# Jurnal Samudera

Volume 9, Nomor 2, Nov 2015, ISSN 1979-0236

**Pembina:**

Dr. Apridar, SE.,M.Si

**Penanggung Jawab/Pimpinan Umum:**

Yulius Dharma, S.Ag, M. Si

**Pimpinan Redaksi:**

Asrianda, S.Kom, M.Kom

**Redaktur Pelaksana:**

Nasrul, ST, MT

Saifuddin, S.Si, M. Sc

**Dewan Redaksi:**

Ferry Safriwady, ST, MT

Ir. T Hafli, MT

Saiful Adhar, S.Si, M.Si

**Editor:**

Fadlisyah, S.Si, MT

Sulhatun, ST, MT

**Setting/Lay-out:**

Eriyanto Darwin

**Pemasaran/Sirkulasi:**

Fittriati, SE

Mahdi AR, SH

Masura Rugayah

Zainuddin

Cut Sri Rezeki, S. Sos

*Jurnal SAMUDERA terbit 2 kali setahun. Didistribusikan pada kantor-kantor: lembaga penelitian, kampus-kampus pemerintah sipil dan militer, kedutaan besar asing, LSM dalam dan luar negeri.*

**SAMUDERA** diterbitkan dengan tujuan ikut mengem-bangkan ilmu-ilmu eksakta dan teknik. Oleh karena itu, redaksi menerima tulisan artikel/kolom/hasil penelitian untuk dimuat di jurnal ini.

Naskah diserahkan kepada redaksi sebanyak 2 (dua) berkas dengan format program MS-Word (.doc atau .rtf) spasi rangkap, di atas kertas HVS ukuran A4 dengan panjang karangan maksimal 4.000 kata. Pengiriman naskah disertai dengan *file*-nya dalam *compact disc* (CD).

Semua catatan dalam artikel hendaknya tersusun rapi dengan ketentuan penulisan ilmiah yang berlaku.

Catatan kaki agar ditulis di bagian bawah halaman dan tidak pada bagian belakang artikel.

Daftar pustaka agar dibuat menurut abjad nama pengarang dengan contoh sebagai berikut:

Kumbakhar, S.C. and C.A.K. Lovell.

2000. *Stochastic Frontier Analysis*. Cambridge University Press, Melbourne.

Koentjaraningrat,

1974 *Manusia dan Kebudayaan di Indonesia*. Jakarta: Penerbit Djambatan.

Greene, H.W.

1995 "Maximum Likelihood Estimation of Stochastic Frontier Production Models." *SAMUDERA* I(1):6-21.

*Sertakan nama lengkap, pas foto, organisasi/institusi, biodata singkat, alamat, dan nomor telepon/fax/e-mail.*

## **Guidelines for Author/Contributor Jurnal Samudera**

Journal of Natural and Engineering Sciences and Research

### **1. Standard of reporting**

Authors should present an accurate account of the work performed as well as an objective discussion of its significance. Underlying data should be represented accurately in the paper. A paper should contain sufficient detail and references to permit others to replicate the work. Fraudulent or knowingly inaccurate statements constitute unethical behavior and are unacceptable. Professional publication articles should also be accurate and objective, and editorial 'opinion' works should be clearly identified.

### **2. Exclusivity of work**

The authors should ensure that they have written entirely original works, and if the authors have used the work and/or words of others this should be appropriately cited or quoted. Plagiarism takes many forms, from 'passing off' another's paper as the author's own paper to copying or paraphrasing substantial parts of another's paper (without attribution), to claiming results from research conducted by others. Plagiarism in all its forms constitutes unethical publishing behavior and is unacceptable. An author should not in general publish manuscripts describing essentially the same research in more than one journal or primary publication. Submitting the same manuscript to more than one journal concurrently constitutes unethical publishing behaviour and is unacceptable. In general, an author should not submit for consideration in another journal a previously published paper. We consider for publication from conference paper if it is only an extended version of conference paper with at least 30% of new material.

### **3. Hazards and Human or Animal Subjects**

If the work involves chemicals, procedures or equipment that have any unusual hazards inherent in their use, the author must clearly identify these in the manuscript. If the work involves the use of animal or human subjects, the author should ensure that the manuscript contains a statement that all procedures were performed in compliance with relevant laws and institutional guidelines and that the appropriate institutional committee(s) has approved them. Authors should include a statement in the manuscript that the informed consent was obtained for experimentation with human subjects. The privacy rights of human subjects must always be observed.

#### **4. Authorship of the Paper and Copyright**

Authorship should be limited to those who have made a significant contribution to the conception, design, execution, or interpretation of the reported work. All those who have made significant contributions should be listed as co-authors. Whilst those who have participated in certain substantive aspects of the research project, they should be acknowledged or listed as contributors. The corresponding author should ensure that all appropriate and inappropriate co-authors are included on the paper, and that all co-authors have seen and approved the final version of the paper and have agreed to its submission for publication. No manuscript can be published unless accompanied by a signed publication agreement, which serves as a transfer of copyright from author to publisher. A copy of that agreement is required after the paper is accepted.

#### **5. Acknowledgement**

Proper acknowledgment of the work of others must always be given. Authors should cite publications that have been influential in determining the nature of the reported work. Information obtained privately, as in conversation, correspondence or discussion with third parties, must not be used or reported without explicit, written permission from the source. Information obtained in the course of confidential services, such as refereeing manuscripts or grant applications, must not be used without the explicit written permission of the author of the work involved in these services.

#### **6. Disclosure Requirements**

Author when submitting a manuscript, must disclose any meaningful affiliation or involvement, either direct or indirect, with any organization or entity with a direct financial interest in the subject matter or materials discussed (for example, employment, consultancies, stock ownership, grants, patents received or pending, royalties, honoraria, expert testimony). These kinds of financial involvement are fairly common, unavoidable, and generally do not constitute a basis for rejecting a manuscript. Specifics of the disclosure will remain confidential. If deemed appropriate by the Scientific Editor, a general statement regarding disclosure will be included in the Acknowledgment section of the manuscript.

## **7. Errors in Published Works**

When an author discovers a significant error or inaccuracy in his/her own published work, it is the author's obligation to promptly notify the journal editor or publisher and cooperate with the editor to retract or correct the paper. If the editor or the publisher learns from a third party that a published work contains a significant error, it is the obligation of the author to promptly retract or correct the paper or provide evidence to the editor of the correctness of the original paper.

## **8. Disclaimer**

Opinions expressed in articles published in the Jurnal Samudera are those of the author(s) and do not necessarily represent opinions of the Universitas Malikussaleh (Unimal). The Samudera Journal of Natural and Engineering Sciences and Research does not guarantee the appropriateness for any purpose of any method, product, process, or device described or identified in an article. Trade names, when used, are only for identification and do not constitute endorsement by Samudera Journal.

## **9. Manuscript preparation**

Use the English language and the SI system (Système International d'Unités, often referred as "International Units") for measurements and units. Manuscript in MS Word or PDF format (generated from MS Word) is to be submitted online through [http://lppm.unimal.ac.id/jurnal\\_samudera](http://lppm.unimal.ac.id/jurnal_samudera). The length of manuscript is expected not to exceed 15 printed pages (single space) including abstract, figures, tables and references. An abstract between 100 and 200 words describes the significance of manuscript should be included. The authors should supply 5-10 keyword or phrases that characterize their manuscript. Use 10 pt Times New Roman fonts for body of the text with 1.0 line spacing between lines. The references should be numbered consecutively in the order of their appearance and should be complete, including authors' initials, the title of the paper, the date, page numbers, and the name of the sponsoring society. Please compile references as shown in the examples below. Figures are printed in black & white, while color figures are only available online. Adjust the size of figures and tables as they will be appeared. All figure captions should be legible, minimum 8 point type. For all equations, use either Microsoft Equation Editor or MathType add-on (equation using Office 2007 are also acceptable). Equations are numbered consecutively in parenthesis, e.g. (1), and set at the right margin.



Reference examples:

- [1] Sutasurya, L.A. & Riyanto, B., *Title of Paper*, Name of Journal, **8**(1), pp. 20-25, Dec. 2005. (Journal)
- [2] Sutasurya, L.A., Handojo, A. & Riyanto, B., *Title of book*, ed. 2, Publisher, 2007. (Book)
- [3] Williams, J., *Name of Paper*, Name of Book, Name of the editor(s), eds., Publisher, pp. 67-69, 2006. (Book with paper title and editor)
- [4] Suharto (ed), *Title of Paper*, Name of Proc., pp. 5-10, 2008. (Conference Proceedings)
- [5] Name of the author(s), *Title of paper* (if available), Organization, URL Link, (1 April 2011). (URL Link)
- [6] Nicole, R., *Title of Paper*, Name of Journal, submitted for publication. (Pending publication)
- [7] John, K., *Title of Paper*, unpublished. (Unpublished manuscript)
- [8] Rashid, L., *Title of Dissertation*, PhD dissertation, Name of Dept., Name of Univ., City, 2010. (Thesis or Dissertation)
- [9] Jenny, P., Name of Institution, City, personal communication, 2010. (Personal communication)
- [10] Name of the author(s), *Title of Technical Report*, Technical Report TR-0334 (34-56), Name of Institution, City, Dec. 2009. (Technical report with report number)

### **Publication Fee**

For your information, author whose paper is accepted for publication in Samudera Journal of Natural and Engineering Sciences and Research is subjected to pay 1,000,000 IDR for Indonesian author and for overseas author is charged for 100 USD per article up to 15 pages. In addition, color page(s) will be charged 750,000 IDR (90 USD) per printed page.



# Jurnal Samudera

International Journal of Science and Research  
Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (LPPM)  
Universitas Malikussaleh

---

## Call for Papers

---

Dear Readers,

We are pleased to inform you that **Jurnal Samudera**, an international journal of science and research is going to launch its next issue i.e. **Volume 9 Issue 1 and 2, Mei and November 2015**. We would like to invite you to contribute a Research Paper for publication in International Journal of Science and Research (**Jurnal Samudera**). Papers published in International Journal of Science and Research (**Jurnal Samudera**) will receive very high publicity and acquire very high reputation. We publish original research articles, case study, review articles, technical notes and short communication.

**Frequency:** 2 Issues per Year. **Accepted Languages:** English, Bahasa Indonesia. **Areas Covered:** Multidisciplinary

### **Type of Articles Accepted:**

- Research Paper
- Survey Paper
- Informative Article
- Case Studies
- Review Papers
- Comparative Studies
- Dissertation Chapters
- Research Proposals or Synopsis

### **Important Dates**

Volume 9, No. 1 & 2, Mei and November 2015	
Initial Submission	Open Round the Year
Online Publication	Within 7 Working Days (27.11.2015 Onwards)
Submit Online	
Submit Offline	jurnal.samudera@gmail.com
Final Submission	20 Nov 2015.

### **LPPM Universitas Malikussaleh**

Jl. Teungku Chik di Tiro No. 26, Lancang Garam, Lhokseumawe 25315  
Aceh.

## Daftar Isi

1. Pengaruh Akulturasi Budaya Hindu, Budha, Islam Pada Arsitektur Masjid di Aceh  
*Armelia Dafrina, Cut Azmah Fitri.* 1
2. Kajian Peran Leptin terhadap Perkembangan Organ Reproduksi  
*Cut Sidrah Nadira* 17
3. Status Gizi Lansia Berdasarkan Mini Nutritional Assessment (MNA) Di Panti Sosial Tresna Werdha Lhokseumawe-Aceh Utara  
*Erreli Krisna Khusuma werdanie, Meutia Maulina* 29
4. Pembuatan Skema Prosedur Alur Proses Pemasangan Baru pada PT. PLN (Persero) Area Banda Aceh  
*Junidar* 41
5. Teknologi Produksi Biogas sebagai Bahan Bakar Alternatif Berbahan Baku Sampah Organik  
*(Biogas Production Technology as an alternative fuel from Organic Wastes: A Review)*  
*Khaidir* 51
6. Pengaruh Jenis Media Tanam dan Konsentrasi Pupuk Organik Cair terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Terung Ungu (*Solanum melongena* L.)  
*Lilis Marhawi, Rita Hayati, Marai Rahmawati* 67
7. Grup Matriks Berukuran 2X2 dengan Determinan Nol  
*Mahmudi. Hafnani* 83

8. Efektifitas Beberapa Jenis Tanaman Air Sebagaimana Alami Terhadap Pertumbuhan Benihikan Nila Gesit ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) <i>Munawar Khalil, Rizki Maulana, Rachmawati Rusydi.</i>	89
9. Bidang Dual Geometri Empat- Titik <i>Radhiah, Hafnani</i>	103
10. Gambaran Tingkat Pengetahuan Mahasiswa Fakultas Kedokteran Angkatan 2011-2012 Universitas Malikussaleh Terhadap Penularan Dan Pencegahan Hepatitis B <i>Yulia Nur Soraya, Al Muqsith</i>	111
11. Analisis Laju Fouling Pada Tube Heat Exchanger 53 EA-1001 <i>Yasir Amani</i>	127



# **Pengaruh Akulturasi Budaya Hindu, Budha, Islam Pada Arsitektur Masjid di Aceh**

**Armelia Dafrina**

*Prodi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh,  
Lhokseumawe, Indonesia;*

**Cut Azmah Fitri.**

*Prodi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh,  
Lhokseumawe, Indonesia;  
email: adafrina@yahoo.com*

## **Abstrak**

Proses Akulturasi adalah suatu proses pencampuran dua atau lebih kebudayaan-kebudayaan yang terjadi akibat adanya proses interaktif antara bangsa-bangsa dan kemudian saling mempengaruhi serta berkesinambungan dan berkembang dalam lingkungan sosial budaya yang baru. Masuknya Ajaran Islam ke Indonesia merupakan salah satu bentuk adanya komunikasi antara bangsa-bangsa dan tidak menghilangkan pengaruh kebudayaan asli nusantara yaitu Hindu dan Budha. Kemudian Pengaruh wujud Akulturasi Hindu, Budha berupa bangunan Ibadah yaitu Candi, Makam dan Istana. Perkembangan Wujud Akulturasi Hindu dan Budha setelah masuknya ajaran Islam tidak hilang pada peninggalan Arsitektur Islam di Aceh karena ajaran Islam datang ke Nusantara Indonesia pada awal perkembangannya perlahan-lahan dibawa oleh pedagang Arab, Cina, India serta Persia. Pengaruh akulturasi budaya Islam pada bangunan dapat dilihat dari peninggalan-peninggalan istana, makam, masjid sehingga menjadi karya seni rupa maupun karya arsitektur yang ada di nusantara. Pada perkembangannya wujud akulturasi masih terlihat pada peninggalan masjid yang ada di Indonesia khususnya di Propinsi Aceh. Walaupun berfungsi sebagai rumah Ibadah umat Muslim, akan tetapi bentuk masjid masih terdapat tampilan bentuk dari pengaruh kebudayaan Hindu dan Budha. Masjid merupakan warisan kebudayaan Islam yang ada memiliki

ciri khas. Akan tetapi masjid di Aceh yang mendapat pengaruh kebudayaan Hindu, Budha berbeda dengan peninggalan masjid yang berkembang banyak sampai sekarang . Konon lagi di Aceh, kawasan yang pernah berjaya yaitu masjid beratapkan bentuk piramida atau bentuk gunung bersusun tiga yang merupakan ciri-ciri arsitektur Hindu dan Budha yang dalam perkembangan arsitektur masjid sampai sekarang masih tersisa pada Masjid Indrapuri, Mesjid Jantho, Mesjid Kuta Blang Bireun, dan masih banyak di daerah pedalaman Aceh lainnya. Masa langgam masjid seperti itu cukup gemilang sebelum J.J.J De Bruins memperkenalkan langgam Taj Mahal di pertengahan abad ke-20 melalui desain mesjid Raya Baiturrahman Banda Aceh.

**Kata Kunci:** Akulturasi Budaya, Hindu, Budha, Islam, Arsitektur Candi, Masjid, Makam, Istana.





dengan lingkungan sosial yang baru. Salah satu bentuk adanya komunikasi dalam sebuah akulturasi budaya dapat dilihat dari peninggalan berupa artefak-artefak, baik berupa karya seni rupa maupun arsitektur masjid.

Sesuai dengan manfaatnya masjid sebagai tempat shalat berjamaah dan bermusyawarah, tata ruang masjid tradisional Aceh relatif sederhana yang terdiri dari ruang shalat berjamaah atau biasa disebut liwan, dan tempat imam yang dikenal dengan sebutan Mihrab. Masjid Tradisional Aceh biasanya setengah terbuka pada bahagian dinding sebelah utara, selatan dan timur. Kondisi ini bertujuan agar terjaminnya sirkulasi udara didalam masjid. Namun seiring perkembangannya dan peningkatan fungsi, masjid yang direncanakan sering dikaitkan dengan aktifitas sosial dan ekonomi masyarakat setempat sehingga kebutuhan ruang bertambah seperti tempat penyimpanan barang sejenis infak, zakat dan sedekah.

Tulisan ini membahas salah satu hal yang menarik sebagai bukti komunikasi yang sangat berperan budaya. Tujuan dari penulisan ini memaparkan adanya akulturasi budaya Islam yang dipengaruhi oleh kebudayaan Nusantara yaitu kebudayaan Hindu, Budha, pada karya Arsitektur Bangunan Ibadah yaitu Arsitektur Masjid di Aceh dan pedalaman Aceh yang sampai sekarang masih terpelihara dengan baik.

## Pembahasan

### Sejarah Perkembangan Hindu Budha

Perkembangan kebudayaan erat kaitannya dengan sejarah kebangsaan. Secara umum periodisasi sejarah Indonesia dibagi menjadi 3 (tiga) bahagian zaman Hindu-Budha, Zaman Islam dan Zaman Kolonial Modern. Zaman Kebudayaan Hindu-Budha melahirkan Arsitektur Candi, sedangkan Zaman Islam melahirkan Arsitektur Masjid, Makam, dan Istana. Kebudayaan Hindu-Budha berkembang sejalan dengan kebudayaan Arsitektur Pribumi (Vernakular) yang identik dengan bangunan panggung be rstruktur kayu telah ada atau bersamaan dengan pembangunan candi-candi. Hal ini ditunjukkan dengan berbagai keterangan pada relief-relief candi dimana terdapat informasi tentang arsitektur vernakular nusantara yang bertahan tidak lebih dari 150 tahun. Selama era kerajaan Hindu-Budha terdapat dua dinasti yang berkuasa dari abad 8 sampai 10. Dinasti Sanjaya Beragama Hindu beraliran Siwa yang berada di bahagian utara jawa Tengah, Dinasti Syailendra

beragama Budha beraliran Mahayana atau Vajrayana yang berada di bahagian utara Jawa Tengah. Pembangunan candi terkait dengan kerajaan di Nusantara pada masa perkembangan Hindu-Budha banyak terdapat prasasti-prasasti yang menceritakan tentang bangunan suci (candi).

Pada abad ke-4 hingga abad ke-7 di Jawa Barat terdapat kerajaan-kerajaan bercorak Hindu-Budha yaitu kerajaan Taruma Negara yang dilanjutkan dengan kerajaan Sunda sampai abad ke-16. Pada masa abad ke-7 hingga abad ke-14, kerajaan Sriwijaya yang bercorak Budha berkembang pesat di Sumatera Selatan. Penjelajah dari Cina bernama I ching mengunjungi Palembang sekitar tahun 670. Pada puncak kejayaannya Sriwijaya berhasil menguasai Jawa Barat dan Semenanjung Melayu. Abad ke-14 juga menjadi saksi bangkitnya Hindu di Majapahit dari tahun 1331 sampai tahun 1364.

Kata candi pada umumnya dianggap berasal dari kata *candikargha*, nama tempat tinggal Candika, dewi kematian dan permaisuri Siwa. Perkembangannya candi difungsikan sebagai tempat pemujaan dewa yang dilambangkan sebagai arca. Arca tersebut diletakkan di ruang tengah candi. Soekmono (1973) membagi tiga daerah perkembangan candi yang ada di Indonesia yaitu Jawa Tengah bagian utara mewakili agama Hindu Siwa. Jawa Tengah bagian Selatan mewakili agama Budha Mahayana dan Jawa Timur merupakan perpaduan dua aliran Siwa dan Mahayana yang disebut Tantrayana.

Pembahagian Candi Budha yaitu:

1. **Kamadhatu** atau Bagian kaki Borobudur melambangkan, dunia yang masih dikuasai oleh kama atau nafsu rendah. Bagian ini sebagian besar tertutup oleh tumpukan batu yang diduga dibuat untuk memperkuat konstruksi candi.
2. **Rupadhatu** yaitu Empat lantai dengan dinding berelief di atasnya oleh para ahli dinamakan. Lantainya berbentuk persegi. Rupadhatu adalah dunia yang sudah dapat membebaskan diri dari nafsu, tetapi masih terikat oleh rupa dan bentuk. Tingkatan ini melambangkan alam antara yakni, antara alam bawah dan alam atas. Pada bagian Rupadhatu ini patung-patung Buddha terdapat pada ceruk-ceruk dinding di atas ballustrade atau selasar.
3. **Arupadhatu** yaitu Mulai lantai kelima hingga ke tujuh dindingnya tidak berelief (yang berarti tidak berupa atau tidak

berwujud). Denah lantai berbentuk lingkaran. Tingkatan ini melambangkan alam atas di mana manusia sudah bebas dari segala keinginan dan ikatan bentuk dan rupa, namun belum mencapai nirwana.

### Contoh Perkembangan Akulturasi Kebudayaan Budha



**Gambar 1.** Candi Borobudur

Pembahagian Candi Hindu yaitu:

1. Kaki Candi Merupakan alas candi. Melambangkan dunia bawah (**bhurloka**), yaitu dunia hewan, makhluk halus, raksasa dan asura, juga tempat manusia biasa yang masih terikat nafsu yang rendah. Berbentuk bujur sangkar dengan jenjang di salah satu sisinya.
2. Tubuh Candi Merupakan bagian tengah candi. Melambangkan dunia antara (**bhuwarloka**), yaitu manusia suci yang hendak mendapatkan kesempurnaan batin. Berbentuk kubus.
3. Atap Candi Merupakan bagian atas candi. Melambangkan dunia atas (**swarloka**), yaitu tempat dewa dan jiwa yang sudah mencapai kesempurnaan bersemayam. Pada umumnya atap candi terdiri dari tiga tingkat dan semakin atas semakin kecil ukurannya.

Candi diatas mengadopsi gaya arsitektur India yang disesuaikan lagi oleh masyarakat setempat. Bahan didominasi oleh batuan, sehingga walau umurnya sudah ratusan tahun. Zaman Hindu Budha berperan sebagai babak penting dalam perkembangan budaya di kawasan pulau Jawa. Dengan intensitas

perdagangan maritim, kebudayaan India memperkenalkan konsep arsitektur berteknologi batu yang diterapkan pada berbagai candi. Pengaruh India juga memperkenalkan pola kosmologi dan gagasan kota sebagai identitas sosial budaya politik. Pola ini dilestarikan pada struktur kota pedalaman Jawa yang berpusat pada Keraton. Setelah diterima oleh masyarakat Jawa Kuno, kemudian segala pengaruh budaya luar itu diolah kembali dengan kondisi lingkungan budaya yang telah berkembang sebelumnya.

#### Contoh Perkembangan akulturasi kebudayaan Hindu



**Gambar 2.** Candi Prambanan

#### Ciri-ciri Arsitektur Islam

#### Sejarah Perkembangannya

Islam sebagai sebuah pemerintahan hadir di Indonesia sekitar abad ke-12, namun sebenarnya Islam sudah sudah masuk ke Indonesia pada abad 7 Masehi. Saat itu sudah ada jalur pelayaran yang ramai dan bersifat internasional melalui Selat Malaka yang menghubungkan Dinasti Tang di Cina, Sriwijaya di Asia Tenggara dan Bani umayyah di Asia Barat sejak abad 7. Menurut sumber-sumber Cina menjelang akhir abad 7, seorang pedagang Arab menjadi pemimpin pemukiman Arab muslim di pesisir pantai Sumatera. Islam pun memberikan pengaruh kepada institusi politik yang ada. Hal ini nampak pada Tahun 100 H (718 M) Raja Sriwijaya Jambi yang bernama Sindravarman mengirim surat kepada

Khalifah 'Umar bin 'Abdul 'Aziz dari Khilafah Bani Umayyah meminta dikirimkan da'i yang bisa menjelaskan Islam dan hukum-hukumnya. Tahun 720 M, Raja Srindevarman, yang semula Hindu, masuk Islam. Sriwijaya Jambi pun dikenal dengan nama Sriwijaya Islam. Sayangnya pada tahun 730 M, Sriwijaya Jambi ditawan Sriwijaya Palembang yang masih menganut Budha. Islam terus mengokoh menjadi institusi politik yang mengemban Islam. Sebuah kesultanan Islam bernama Kesultanan Peureulak didirikan pada 1 Muharram 225H atau 12 November tahun 839M. Islam masuk ke kerajaan di kepulauan Maluku ini tahun 1440. Kerajaan Ternate rajanya seorang Muslim bernama Bayang Ullah.

Kesultanan Islam pada abad 16-17 kemudian semakin menyebarkan ajaran-ajarannya melalui pembauran kepada penduduk, menggantikan Hindu sebagai kepercayaan utama pada akhir abad ke-16 di Jawa dan Sumatera. Hanya Bali yang tetap mempertahankan mayoritas Hindu.

Penyebaran Islam didorong melalui hubungan perdagangan di luar Nusantara, hal ini, karena para penyebar dakwah atau mubaligh merupakan utusan dari pemerintahan Islam yg datang dari luar Indonesia, maka untuk menghidupi diri dan keluarga mereka, para mubaligh ini bekerja melalui cara berdagang, para mubaligh inipun menyebarkan Islam kepada para pedagang dari penduduk asli, hingga para pedagang ini memeluk Islam dan menyebarkan pula ke penduduk lainnya, karena umumnya pedagang dan ahli kesultanan yang pertama mengadopsi agama baru tersebut. Kesultanan Samudra Pasai, Kesultanan Banten yang menjalin hubungan diplomatik dengan negara-negara Eropa, Kerajaan Mataram di Yogya / Jawa Tengah, dan Kesultanan Ternate dan Kesultanan Tidore di Maluku di timur.

Dari bukti sejarah diketahui bahwa kerajaan Samudera Pasai merupakan kerajaan aceh yang memeluk Agama Islam pertama di nusantara dan ditemukannya makam Sultan Malik Al Saleh pada abad ke 15. Malaka disebut sebagai pusat perdagangan dan pangkal penyebaran agama Islam. Perubahan besar dari kerajaan Hindu Budha menjadi kerajaan Islam diakibatkan Raja yang berkuasa pada saat itu berpindah agama Hindu kemudian menganut agama Islam. Faktor agama sangat penting dalam perkembangan akulturasi di nusantara. Agama Islam lebih mudah mempengaruhi masyarakat yang sebelumnya memeluk agama Hindu-Budha, karena dalam Islam tidak ada pembagian golongan masyarakat(kasta). Wujud akulturasi Islam dalam seni bangunan

dapat dilihat pada:

1. Masjid
2. Makam
3. Istana

**Wujud Akulturasi masjid kuno adalah:**

1. Atapnya berbentuk tumpang tindih yaitu atap yang bersusun semakin keatas semakin kecil dan tingkatan paling atas berbentuk limas. Jumlah atapnya ganjil 1,3,5. Dan biasanya ditambah dengan kemuncak untuk memberi tekanan akan keruncingannya yang disebut dengan mustaka.
2. Tidak dilengkapi dengan menara, seperti lazimnya bangunan masjid yang ada diluar Indonesia atau yang ada sekarang, tetapi dilengkapi dengan kentongan atau bedug untuk menyerukan adzan atau panggilan shalat. Bedug dan kentongan merupakan budaya asli Indonesia.
3. Letak masjid biasanya dekat dengan Istana yaitu sebelah barat alun-alun atau bahkan atau bahkan didirikan ditempat-tempat keramat yaitu diatas bukit atau dekat dengan makam.

Contoh Masjid Yang mempunyai bentuk akulturasi budaya Hindu-Budha



**Gambar 3.**Masjid Jamik Jantho



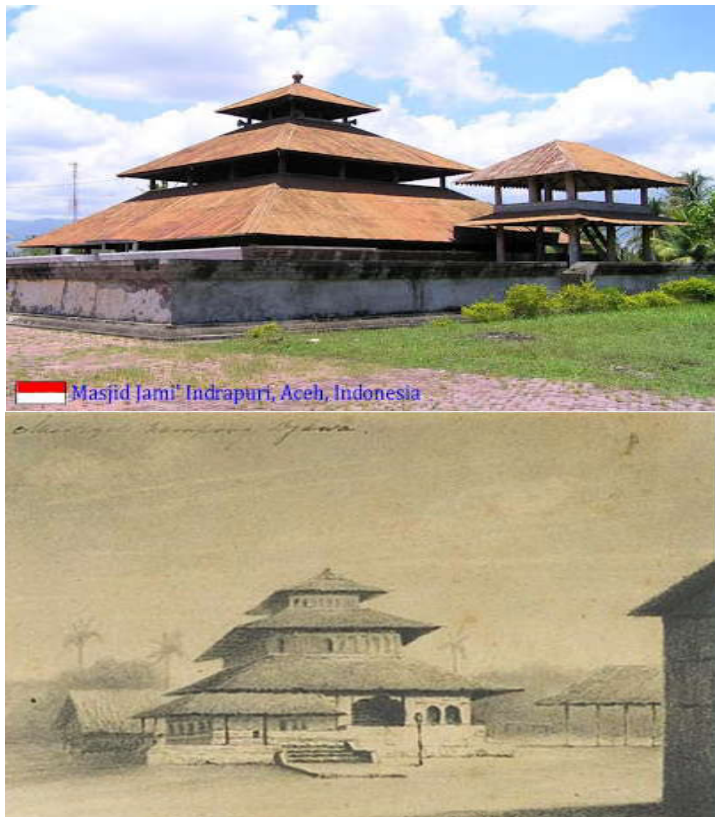
Gambar 4. Masjid Beuracan Sigli



Gambar 5. Masjid Po Teumeurhom Labuy Pidie



**Gambar 5 .Masjid Indrapurwa**



**Gambar 6. Masjid Jamik Indrapuri dan Masjid Teungku Di Anjong, Peulanggahan**





**Gambar 7.** Masjid Tuwo Padang, Tapak Tuan Aceh Selatan dan Masjid Penampaan Aceh Tengah

### **Wujud Akulturasi bidang bangunan makam**

1. Makam-makam kuno dibangun di atas bukit atau tempat-tempat yang keramat
2. Makamnya terbuat dari bangunan batu yang disebut dengan jirat atau kijing. Nisannya terbuat dari batu
3. Diatas jirat biasanya didirikan rumah tersendiri yang disebut dengan cungkup atau kubba.
4. Dilengkapi dengan tembok atau gapura yang menghubungkan antara makam atau kelompok-kelompok makam. Bentuk gapura tersebut ada yang berbentuk kori agung (beratap dan berpintu) dan ada yang berbentuk candi bentar (tidak beratap dan tidak berpintu).

5. Didekat makam biasanya dibangun mesjid, maka disebut masjid makam dan biasanya makam tersebut adalah makam para wali atau raja.



**Gambar 6.** Makam Sultan Malik Al Saleh





**Gambar 7.** Makam Batu Nisan Teungku Dianjong di Banda Aceh dan Makam Tun Sri Lanang Samalanga Bireun, Makam Fatimah di Gresik.

#### Wujud Akulturasi bidang bangunan Istana

Bangunan pusat kerajaan atau kesultanan, tempat raja menetap. Pada masa Islam di Indonesia, istana berperan penting baik sebagai pusat kekuasaan politik juga berfungsi sebagai pusat penyebaran agama Islam. Istana atau keraton yang dibangun pada masa Islam bercorak khas perpaduan unsur-unsur arsitektur tradisional, budaya Hindu Budha dan budaya Islam. Atapnya tumpang tindih dan pintu masuk keraton berbentuk gapura. Letak keraton biasanya dihubungkan dengan kepercayaan masyarakat, selalu menghadap ke arah utara, disebelah barat ada masjid dan sebelah timur ada pasar, sebelah selatan alun-alun, di lapangan lusa keraton terdapat pohon beringin besar.



**Gambar 8.** Keraton Yogyakarta



**Gambar 9.** Komplek Istana Sultan Suriyansyah

### Penutup

Perkembangan arsitektur tidak terlepas dari pengaruh awal dan pencampuran budaya Hindu, Budha dan Islam. Karena akulturasi adalah suatu proses sosial yang timbul manakala suatu kelompok manusia dengan kebudayaan tertentu dihadapkan dengan unsur dari suatu kebudayaan asing. Kebudayaan asing itu

lambat laun diterima dan diolah kedalam kebudayaannya sendiri tanpa menghilangkan kebudayaan yang telah ada sebelumnya. Masjid di Aceh merupakan contoh adanya akulturasi budaya Hindu-Budha sejak masuknya Islam abad 16. Pada Mulanya masjid-masjid yang mendapat akulturasi Hindu-Budha fungsi awal diperuntukkan sebagai Candi atau rumah Ibadah Hindu-Budha. Kemudian ajaran Islam masuk ke Aceh sehingga candi Hindu tersebut mendapat pengaruh Islam dan berubah fungsi didalam bangunan tersebut. Dan dalam perkembangannya tampilan bentuk masjid masih berupa ciri khas Hindu Budha yaitu beratapkan gunung/piramida yang bersusun 3(tiga). Akan tetapi fungsi daripada masjid tetap mempertahankan ajaran rukun Islam sebagai rumah Ibadah Shalat Berjamaah.

#### Referensi

- Buku Masjid bersejarah di Nanggroe Aceh jilid 1, Departemen Agama Propinsi Aceh (E-Book).
- Djauhari S. (1978). Kompedium Sejarah Arsitektur, Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung
- Kamal A.Arif,(2008) Ragam Citra Kota Banda Aceh.
- Koentjaraningrat.(1977).Antopologi Sosial, Beberapa pokok.Jakarta: PT.Dian Rakyat.
- Soekmono (1973), Kerajaan Hindu di Nusantara, Jakarta.
- Sumalyono (2000), Pengaruh Akulturasi Budaya. Jakarta.
- Taylor, Robert B. (1979).Introduction to Cultural Anthropology. Boston: Allyn and Bacon, Inc.
- Akulturasi Budaya Hindu,Budha, Islam.<http://www.slideshare.com>.
- Istana Sultan Suriyansyah. (2015).<http://www.danny.surya.blogspot.com>.
- Makam fatimah binti maimun (2015).<http://www.suara.gresik.com>.
- Masjid Kuta Blang.<http://razuardi.blogspot.co.id/2013/02/tradisi-melayu-mesjid-kuta-blang.html>
- Sejarah Nusantara.(2007). <http://www.e-dukasi.net>.(1 Desember 2007).
- Sejarah Nusantara.(2007).<http://www.martabat7.blogspot.com>.(1 desember 2007)



# Kajian Peran Leptin terhadap Perkembangan Organ Reproduksi

Cut Sidrah Nadira

(Program Studi Kedokteran Universitas Malikussaleh)

## Abstrak

Massa lemak tubuh sangat berpengaruh bagi pengaturan hormon seksual. Berbagai permasalahan perkembangan organ reproduksi khususnya yang menjadi karakteristik seks sekunder timbul akibat ketidakseimbangan massa lemak tubuh. Leptin mempunyai peran penting dalam pengaturan homeostasis energi dan juga maturasi sistem reproduksi. Mekanisme kerja leptin dalam pengaturan homeostasis energi sangatlah kompleks dan melibatkan berbagai aksis hormonal termasuk aksis hipotalamus-hipofisa-gonad, dan hal tersebut belum sepenuhnya dapat dijelaskan. Tulisan ini merupakan hasil kajian pustaka yang merangkum berbagai informasi dari sejumlah penelitian yang menjelaskan tentang leptin khususnya mengenai keterkaitannya dengan hormon seks dan perannya dalam perkembangan organ reproduksi. Hasil kajian menunjukkan bahwa leptin menstimulasi neuron *premammary ventral* (PMV) yang mengekspresikan glutamat dan oksida nitrat. Pelepasan glutamat dan oksida nitrat ini akan menginduksi sekresi pulsatif *Gonadotropin Releasing Hormone* (GnRH) yang selanjutnya menginduksi sintesis dan sekresi gonadotropin dari kelenjar hipofisa. Peningkatan kadar hormone steroid seks inilah yang memicu perkembangan organ reproduksi.

**Kata Kunci:** Leptin, Reproduksi, Obesitas, Hormon

## PENDAHULUAN

Kelebihan maupun kekurangan massa lemak tubuh sangat berpengaruh bagi pengaturan hormon seksual. Frisch (1994) menjelaskan bahwa wanita dengan penurunan berat badan 10-15% dari berat badan normal dapat mengalami amenorrhea. Amenorrhea ini disebabkan oleh adanya disfungsi hipotalamus. Demikian juga sebaliknya, wanita dengan kelebihan massa lemak tubuh diasosiasikan dengan peningkatan kejadian infertilitas. Kondisi ini dikaitkan dengan mekanisme untuk mempertahankan homeostasis energi.

Kelaparan akan mencetuskan berbagai mekanisme adaptasi baik dari proses metabolik, saraf, hormonal bahkan perilaku, dengan tujuan mempertahankan suplai energi yang cukup bagi otak (Ahima, 2000). Mekanisme adaptasi tersebut antara lain dengan menurunkan kadar hormon tiroid dan hormon seks, meningkatkan hormon glukokortikoid adrenal, menurunkan temperatur tubuh dan munculnya rasa lapar (Ahima, 2000). Leptin melalui aksinya pada berbagai aksis hormonal berperan dalam mempertahankan homeostasis energi ini (Henson, 2000; Ahima, 2000).

Leptin pertama sekali ditemukan pada tahun 1994 melalui kloning tikus model obesitas ob/ob. Mutasi pada gen ob pada tikus homozigot (ob/ob), menyebabkan ketiadaan sintesis leptin dan terjadinya obesitas (Zhang, 1994). Pada manusia, obesitas yang terkait leptin umumnya karena adanya mutasi yang menginduksi defisiensi leptin, walau demikian dapat juga disebabkan oleh abnormalitas reseptornya. (Farooqi, 1999). Seseorang dengan obesitas juga mengalami kecenderungan resistensi leptin. Beberapa penelitian membandingkan efektifitas terapi leptin pada pasien obesitas karena defisiensi leptin dan non defisiensi leptin. Hasilnya menunjukkan bahwa pada pasien defisiensi leptin sensitifitas terapi leptin lebih tinggi dibandingkan dengan non defisiensi leptin (Friedman, 2011). Resistensi leptin ini dapat disebabkan karena adanya kegagalan transduksi sinyal leptin, ketidakmampuan protein pembawa untuk memfasilitasi pengangkutan /transpor leptin melalui sawar darah-otak, ataupun karena adanya defek mekanisme pada efektor lainnya yang masih belum diketahui. (Henson, 2000).

Peran leptin dalam sistem reproduksi telah dibuktikan oleh berbagai penelitian. Chan, *et al.* (2003) dan Chan *et al.* (2008) menjelaskan bahwa kekurangan kalori pada subjek laki-laki dengan

berat badan normal akan menurunkan kadar testosterone dan juga pulsasi LH, dan efek ini dapat dikembalikan ke kondisi normal dengan pemberian leptin dengan dosis fisiologis. Chan, *et al.* (2006) juga menyebutkan bahwa kekurangan energi yang menginduksi defisiensi leptin parsial akan menurunkan kadar LH serum, dan efek ini juga dapat diperbaiki dengan pemberian leptin.

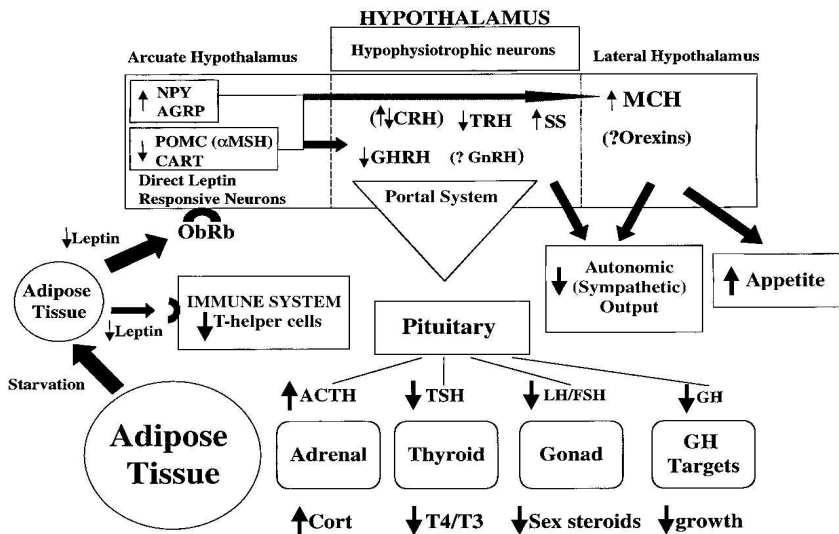
Mekanisme kerja leptin dalam pengaturan homeostasis energi sangatlah kompleks dan melibatkan berbagai aksis hormonal serta belum sepenuhnya dapat dijelaskan. Tulisan ini merangkum berbagai informasi tentang leptin khususnya mengenai keterkaitannya dengan hormon seks dan perannya dalam perkembangan organ reproduksi.

## KAJIAN PUSTAKA

### Leptin

Leptin adalah hormon yang disekresikan oleh adiposit dan mempunyai banyak efek fisiologis maupun patofisiologis bagi homeostasis energi, endokrin dan metabolisme (Mantzoros, 2011). Leptin berasal dari Bahasa Yunani "Leptos" yang berarti kurus. Leptin pertama kali ditemukan pada tahun 1994 melalui kloning tikus model obesitas ob/ob (Zhang, 1994). Istilah ini muncul karena ketika protein ini diberikan pada tikus obes ob/ob, tikus tersebut kehilangan berat badan yang signifikan (Mantzoros, 2011). Tikus ob/ob yang mengalami defisiensi leptin akan mengalami obesitas terutama karena hiperfagia dan menurunnya jumlah energi yang dikeluarkan (Elias, 2012).





Gambar 1. Mekanisme aksi leptin pada berbagai organ dan jaringan (Ahima, 2000)

Pelepasan leptin ke sirkulasi pada manusia bersifat pulsatil, konsentrasinya mengikuti irama sirkadian tubuh, dan dipengaruhi oleh pola tidur (Gavrila, 2003). Kadar leptin tertinggi pada tengah malam sampai dengan dini hari dan terendah pada siang sampai sore hari (Sinha, 1996; Bluher, 2009). Pada keadaan normal, kadarnya di dalam sirkulasi berkorelasi dengan massa lemak tubuh yang dimiliki seseorang (Elias, 2012).

Efek biologis leptin terjadi karena adanya ikatan dengan reseptor leptin (ObR, atau LepR) yang terdapat di berbagai jaringan dan organ (Cravo, 2013; deLuca, 2005; Cohen, 2001). Leptin berikatan dengan reseptor leptin yang berlokasi di seluruh sistem saraf pusat dan perifer (Fei, 1997). Setidaknya ada enam isoform reseptor leptin yang sudah ditemukan, yaitu: ObRa, ObRb, ObRc, ObRd, ObRe, dan ObRf. ObRa dan ObRc berperan mentransport leptin melalui sawar darah otak (Mantzoros, 2011). ObRb tersebar merata di sistem saraf pusat dan mempunyai peran utama untuk proses transduksi sinyal leptin (Tartaglia, 1997). ObRb meregulasi homeostasis energi dan fungsi neuroendokrin di hipotalamus (Fei, 1997; Gao, 2008). Efek leptin terutama dimediasi oleh reseptor leptin yang bentuk panjang (ObRb) yang diekspresikan di otak (deLuca, 2005; Cohen, 2001).

Leptin mengaktivasi transduksi sinyal pada kelompok saraf tertentu di hipotalamus dan area otak lainnya. Reseptor leptin mentransduksi sinyal melalui jalur transduksi sinyal JAK-Stat. Jalur ini tergantung pada fosforilasi residu tirosin protein tertentu, salah satunya adalah Stat3. Leptin juga meregulasi transkripsi gen protein ini. Protein Stat3 ini diekspresikan di neuron NPY dan POMC di nucleus arkuata hipotalamus. (Ahima, 2000; Friedman, 2011).

Leptin mempunyai berbagai efek pada aksis neuro endokrin. Pada keadaan kelaparan, efek leptin ini adalah mekanisme adaptasi untuk mempertahankan homeostasis energi (Henson, 2000). Menurunnya leptin pada keadaan kelaparan akan meningkatkan kadar neuropeptida Y (NPY) dan *agouti-related peptide* (AGRP), serta menurunkan proopiomelanocortin (POMC) dan kadar *cocaine-* dan *amphetamine-regulated transcript* (CART) pada nucleus arkuata hipotalamus. Neuron NPY, POMC, AGRP dan CART berespon langsung terhadap stimulasi leptin. NPY dan AGRP menstimulasi proses makan (oreksigenik), sedangkan  $\alpha$ -melanosit (produk POMC) dan CART menghambat proses makan (anoreksigenik) (seperti yang dijelaskan pada gambar 1) (Ahima, 2000).

### Peran Leptin Terhadap Perkembangan Organ Reproduksi

Pubertas merupakan proses transisi menuju kedewasaan yang terjadi dalam waktu tertentu. Pada periode ini terjadi pematangan seksual maupun somatik. Proses ini ditandai dengan perkembangan organ genital yang menjadi karakteristik seks sekunder dan tercapainya kemampuan bereproduksi. Selain itu terjadi juga perubahan pertumbuhan, perilaku serta psikologis selama masa pubertas (Sisk, 2004; Plant, 2004; Tena Sempere, 2013). Maturasi pada masa pubertas berbeda pada setiap spesies dan jenis kelamin. Proses ini sangat tergantung pada latar belakang genetik dan kondisi fisiologis setiap individu seperti status nutrisi serta tahap perkembangan dan pertumbuhan (Elias, 2012).

Pubertas diawali dengan peningkatan aktivitas aksis hipotalamus-hipofise-gonad yang diinduksi oleh aktivasi neuron *Gonadotropin Releasing Hormone* (GnRH) (Sisk, 2004; Plant, 2004). Sekresi GnRH yang tinggi secara pulsatil dan berkesinambungan menginduksi sintesis dan sekresi gonadotropin dari kelenjar hipofisa dan selanjutnya memicu perkembangan gonad, sintesis

dan sekresi hormone steroid seks dan maturasi gamet (Elias, 2012). Peningkatan kadar hormone steroid seks ini memicu perkembangan karakteristik seks sekunder (Sisk, 2004; Plant, 2004).

Variasi kondisi nutrisi, diet, atau energi yang dikeluarkan dapat mempengaruhi onset dan proses pubertas (Kennedy dan Mitra, 1963). Studi eksperimental yang dilakukan oleh Kennedy dan Mitra (1963), menjelaskan bahwa nutrisi dan ukuran tubuh mempengaruhi onset pubertas, Pada penelitian tersebut didapati bahwa onset pubertas pada tikus berkorelasi dengan ukuran tubuh, bukan dengan penambahan umur. Frisch (1994) juga menjelaskan: studi epidemiologi pada manusia juga menunjukkan bahwa lemak tubuh diperlukan untuk perkembangan pada masa pubertas. Kondisi tubuh yang sangat kurus dapat memperlambat inisiasi dan progresi proses maturasi pada masa pubertas.

Leptin berperan penting dalam maturasi sistem reproduksi. Leptin menstimulasi pelepasan gonadotropin sekaligus menghambat *insulin-like growth factor* yang pelepasannya diperantarai oleh estradiol di dalam sel folikel ovarium. Hal ini menunjukkan bahwa leptin berperan memberikan informasi tentang kecukupan energi pada proses reproduksi dengan interaksinya dengan berbagai organ target pada aksis hipotalamus-hipofisa-gonad (Ahima, 2000)

Leptin merupakan faktor penentu untuk perkembangan pada masa pubertas (Apter, 2003). Tikus ob/ob yang mengalami defisiensi leptin akan mengalami obesitas, perkembangan organ seksual yang terhambat dan infertilitas (Elias, 2012). Pada tikus ini perkembangan organ reproduksi pada masa embrionik dan postnatal tidak berbeda dengan tikus normal, akan tetapi pada masa pubertas tikus defisiensi leptin akan mengalami kegagalan maturasi seksual (Mounzih, 1996; Farooqi, 2002). Pengurangan asupan makan pada tikus ini tidak dapat memperbaiki fertilitas akan tetapi fertilitas dapat diperbaiki dengan pemberian leptin. Perkembangan organ seksual juga menjadi lebih baik bila leptin diberikan (Mounzih, 1996; Elias, 2012).

Abnormalitas organ reproduksi pada tikus dengan defisiensi leptin terjadi baik secara morfologis maupun secara biokimiawi (Mounzih, 1996). Pada tikus jantan akan dijumpai berat prostat dan testis yang menurun, tubulus seminiferus yang mengandung lebih sedikit sperma dan sel leydig berukuran lebih kecil (Mounzih, 1996). Pada tikus betina akan dijumpai uterus yang immatur.

Ovarium pada fase awal memiliki folikel (folikel primordial, folikel primer dan sekunder) yang kurang lebih sama dengan tikus normal, akan tetapi pada fase berikutnya tidak terjadi maturasi folikel (tidak ditemui adanya folikel de graaf dan korpus luteum) (Elias, 2013).

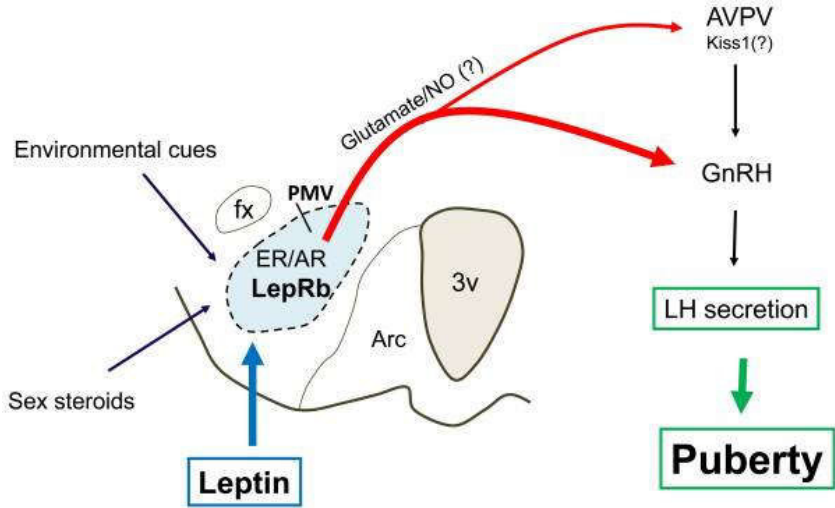
Pada tikus dengan defisiensi leptin, baik jantan maupun betina, ditemukan adanya penurunan kadar LH dan peningkatan kadar FSH di hipofise, akan tetapi kadar LH maupun FSH ini menurun di sirkulasi (Batt, 1982, Elias, 2013). Tikus ini masih dapat merespon pemberian gonadotropin. Hal ini dibuktikan dengan pemberian gonadotropin dan hormone steroid sex pada level fisiologis kepada tikus betina dengan defisiensi leptin, maka tikus betina ini masih dapat mengalami ovulasi (Elias, 2013). Berbagai penelitian *in vivo* maupun *in vitro* menunjukkan bahwa leptin bekerja di otak dengan menstimulasi sekresi GnRH. Hal ini menjelaskan bahwa tikus dengan defisiensi leptin sebenarnya tidak mengalami gangguan perkembangan dan fungsi gonad secara primer, akan tetapi sekunder karena rendahnya kadar GnRH yang dibutuhkan pada masa pubertas (Lebrethon, 2000; Yu, 1997).

Leptin mempunyai efek meningkatkan kecepatan sekresi pulsatil GnRH (Lebrethon, 2000), tetapi tidak melalui neuron GnRH. Ini dibuktikan dengan tidak ditemukannya reseptor leptin di neuron GnRH tikus coba (Donato, 2011; Louis, 2011). Diduga leptin bekerja menstimulasi sekresi GnRH melalui interneuron yang kemudian bergabung dengan neuron GnRH (Louis, 2011). Dugaan lain, efek leptin terhadap aksis neuroendokrin sistem reproduksi melalui sistem kisspeptin yang mengatur aktivitas neuronal GnRH (Donato, 2011; Cravo, 2011; Louis, 2011).

Kisspeptin (produk dari gen Kiss1/KISS1) dan reseptornya (Gpr54/GPR54) berperan penting dalam pengaturan aksis neuroendokrin sistem reproduksi (Elias, 2012). Hilangnya fungsi karena mutasi Kiss1 atau GPR54/Gpr54 menyebabkan hambatan perkembangan pada masa pubertas akibat gonadotropik gonadisme baik pada manusia maupun pada tikus (deRoux, 2003; Seminara, 2003). Karena kemiripan fenotipe individu yang mengalami mutasi gen leptin dan kisspeptin diduga efek leptin terhadap pubertas dimediasi oleh kisspeptin (Qiu, 2011).

Akan tetapi penelitian baru-baru ini mematahkan hipotesis ini. Populasi neuron di otak yang memiliki reseptor leptin seperti pada nukleus *premmillary ventral* (PMV) dan area preoptik diketahui mempunyai lokasi yang berdekatan baik dengan Kiss1

maupun neuron GnRH. Walaupun inisiasi pubertas tikus memerlukan nucleus PMV yang fungsional, akan tetapi sepertinya tidak memerlukan aksi neuron yang mengekspresikan Kiss1 mRNA (Khan, 2012). Pada tikus dengan delesi reseptor leptin dari neuron Kiss1 memperlihatkan perkembangan pubertas, maturasi seks, dan fertilitas yang normal (Donato, 2011). Penelitian yang lain juga melaporkan bahwa tikus betina dengan ablasi neuron kisspeptin tidak menunjukkan defisit perkembangan pubertas (Elias, 2012).



Gambar 2. Jalur neural yang memediasi efek leptin pada perkembangan pubertas (Elias, 2012)

Nukleus PMV mengekspresikan reseptor leptin bentuk panjang (LepRb) dalam jumlah yang besar, hormon steroid seks (ER/reseptor estrogen dan AR/ reseptor androgen) dan responsif terhadap sinyal dari lingkungan (bau dan cahaya). Leptin menstimulasi neuron PMV yang mengekspresikan glutamat dan oksida nitrat. Neuron PMV ini menginervasi neuron GnRH dan neuron di AVPV. Proyeksi ini memfasilitasi peningkatan frekuensi pulsasi GnRH dan sekresi LH pada onset pubertas.

Sejumlah penelitian terbaru menjelaskan bahwa nucleus PMV memegang peranan penting bagi leptin dalam menginisiasi pubertas (Donato, 2011; Sliwowska, 2004). Walaupun neuron yang mengekspresikan reseptor leptin tersebar luas di seluruh hipotalamus, hanya dua populasi neuron yang mengekspresikan reseptor leptin yang secara langsung terproyeksi ke neuron GnRH,

yaitu populasi neuron yang berada di nucleus *pre-mammillary ventral* dan yang berada di nucleus *striohipotalamus*. PMV mempunyai posisi yang bagus untuk mengintegrasikan informasi mengenai kondisi nutrisi (sinyal metabolisme), status reproduksi (hormone steroid seks) dan sinyal dari lingkungan (bau dan cahaya) (Sliwowska, 2004). PMV mempunyai neuron yang mengekspresikan reseptor leptin dalam jumlah yang besar dan secara langsung terproyeksi ke neuron GnRH (Donato, 2011). Sejumlah data juga memperlihatkan bahwa neuron PMV distimulasi oleh perubahan kadar leptin yang ada di sirkulasi. Perubahan kadar leptin ini akan memicu pelepasan neurotransmitter eksitatorik (glutamat/ oksida nitrat) yang kemudian mengaktivasi target akhir berupa neuron GnRH dan nucleus anteroventral periventrikuler (AVPV) (Donato, 2011). Keterlibatan PMV ini dibuktikan dengan studi eksperimental oleh Donato (2011), dimana tikus betina dengan lesi neuron PMV menunjukkan keterlambatan perkembangan pubertas yang diinduksi oleh leptin. Proses ini tergambar secara skematis pada gambar 2.

## KESIMPULAN

Leptin mempunyai peran penting dalam pengaturan homeostasis energi. Pengaturan homeostasis ini melibatkan berbagai aksis neuroendokrin, termasuk aksis hipotalamus-hipofisa-gonad. Leptin mempengaruhi perkembangan organ reproduksi melalui stimulasi neuron PMV yang mengekspresikan glutamat dan oksida nitrat. Neuron PMV ini menginervasi neuron GnRH. Pelepasan glutamate dan oksida nitrat ini akan menginduksi sekresi pulsatif GnRH. GnRH selanjutnya akan menginduksi sintesis dan sekresi gonadotropin dari kelenjar hipofisa. Peningkatan kadar hormone steroid seks ini memicu perkembangan organ reproduksi yang menjadi karakteristik seks sekunder.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahima, R.S., Flier, J.S., 2000. Leptin. *Annu Rev Physiol* 62:413–37.
- Apter, D.A.N., 2003. The Role of Leptin in Female Adolescence. *Annals of the New York Academy of Sciences* 997:64–76.
- Batt, R.A.L., Everard, D.M., Gillies, G., Wilkinson, M., Wilson, C.A., Yeo, T.A., 1982. Investigation into the hypogonadism of the obese mouse (genotype ob/ob). *J Reprod Fertil* 64:363–371.

- Bluher, S., Mantzoros, C.S., 2009. Leptin in humans: lessons from translational research. *Am J Clin Nutr* 89: 991S–997S.
- Chan, J.L., Heist, K., DePaoli, A.M., Veldhuis, J.D., Mantzoros, C.S., 2003 . The role of falling leptin levels in the neuroendocrine and metabolic adaptation to short-term starvation in healthy men. *J Clin Invest* 111:1409-21.
- Chan, J.L., Matarese, G., Shetty, G.K., Raciti, P., Kelesidis, I., Aufiero, D., et al., 2006. Differential regulation of metabolic, neuroendocrine, and immune function by leptin in humans. *Proc Natl Acad Sci USA* 103:8481-6.
- Chan, J.L., Wong, S.L., Mantzoros, C.S., 2008. Pharmacokinetics of subcutaneous recombinant methionyl human leptin administration in healthy subjects in the fed and fasting states: regulation by gender and adiposity. *Clin Pharmacokinet* 47:753-64.
- Cravo, R.M., Margatho, L.O., Osborne-Lawrence, S., Donato, J., Atkin, S., Bookout, A.L., et al., 2011. Characterization of Kiss1 neurons using transgenic mouse models. *Neurosci* 173:37–56.
- Cravo, R.M., Frazao, R., Perello, M. Osborne-Lawrence, S., William, K.W., Zigman, J.M., et al., 2013. Leptin signaling in Kiss1 neuron arises after pubertal development. *PLoS One* 8(3):e58698.
- Cohen, P., Zhao, C., Cai, X., Montez, J.M., Rohani, S.C., Feinstein, P., et al., 2001. Selective deletion of leptin receptor in neurons leads to obesity. *J Clin Invest* 108:1113–1121.
- de Luca, C., Kowalski, T.J., Zhang, Y., Elmquist, J.K., Lee, C., Kilimann, M.W., et al., 2005. Complete rescue of obesity, diabetes, and infertility in db/db mice by neuron-specific LEPR-B transgenes. *J Clin Invest* 115:3484–3493.
- de Roux, N., Genin, E., Carel, J.C., Matsuda, F., Chaussain, J.L., Milgrom, E., 2003. Hypogonadotropic hypogonadism due to loss of function of the KiSS1-derived peptide receptor GPR54. *Proc Natl Acad Sci USA* 100:10972–10976.
- Donato, J., Cravo, R.M., Frazao, R., Elias, C.F., 2011. Hypothalamic sites of leptin action linking metabolism and reproduction. *Neuroendocrinology* 93:9–18.
- Elias, C.F., 2012. Leptin action in pubertal development: recent advances and unanswered question. *Trends Endocrinol Metab* 23(1):9-15.
- Elias, C.F., Purohit, D., 2013. Leptin signaling and circuits in puberty and fertility. *Cell Mol Life sci* 70:841–862.

- Farooqi, I.S., Jebb, S.A., Langmack, G., Lawrence, E., Cheetham, C.H., Prentice, A.M., et al., 1999. Effects of recombinant leptin therapy in a child with congenital leptin deficiency. *N Engl J Med* 341:879-884.
- Farooqi, I.S., 2002 . Leptin and the onset of puberty: insights from rodent and human genetics. *Semin Reprod Med* 20:139-144.
- Fei, H., Okano, H.J., Li, C., Lee, G.H., Zhao, C., Darnell, R., et al., 1997. Anatomic localization of alternatively spliced leptin receptors (Ob-R) in mouse brain and other tissues. *Proc Natl Acad Sci USA* 94: 7001-7005.
- Frisch, R.E., 1994. The right weight: body fat, menarche and fertility. *Proc Nutr Soc* 53(1):113-29.
- Gao, Q., Horvath, T.L., 2008. Cross-talk between estrogen and leptin signaling in the hypothalamus. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 294: E817-E826.
- Gavrila, A., Peng, C.K., Chan, J.L., Mietus, J.E., Goldberger, A.L., Mantzoros, C.S., 2003. Diurnal and ultradian dynamics of serum adiponectin in healthy men: comparison with leptin, circulating soluble leptin receptor, and cortisol patterns. *J Clin Endocrinol Metab* 88: 2838-2843.
- Henson, M.C., Castracane, V.D., 2000. Leptin in Pregnancy. *Biology of Reproduction* 63:1219-1228.
- Kennedy, G.C., Mitra, J., 1963. Body weight and food intake as initiating factors for puberty in the rat. *J Physiol* 166:408-418.
- Khan, S.M., Hamnvik, O.R., Brinkoetter, M., Mantzoros, C.S., 2012. Leptin as a Modulator of Neuroendocrine Function in Humans. *Yonsei Med J* 53(4):671-679
- Lebrethon, M.C., Vandersmissen, E., Gerard, A., Parent, A.S., Junien, J.L., Bourguignon, J.P., 2000. In vitro stimulation of the prepubertal rat gonadotropin-releasing hormone pulse generator by leptin and neuropeptide Y through distinct mechanisms. *Endocrinology* 141:1464-1469.
- Louis, G.W., Greenwald-Yarnell, M., Phillips, R., Coolen, L.M., Lehman, M.N., Myers, M.G., 2011. Molecular Mapping of the Neural Pathways Linking Leptin to the *Neuroendocrine Reproductive Aksis*. *Endocrinology* 152:2302-2310.
- Mantzoros, C.S., Magkos, F., Brinkoetter, M., Sienkiewicz, E., Dardeno, T.A., Kim, S.Y., et al., 2011. Leptin in human physiology and pathophysiology. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 301:E567-E584.



- Mounzih, K., Lu, R., Chehab, F.F., 1997. Leptin treatment rescues the sterility of genetically obese ob/ob males. *Endocrinology* 138:1190–1193.
- Plant, T.M., Barker, G., Mandi, L., 2004. Neurobiological mechanisms of puberty in higher primates. *Human Reproduction Update* 10:67–77.
- Qiu, J., Fang, Y., Bosch, M.A., Ronnekleiv, O.K., Kelly, M.J., 2011. Guinea pig kisspeptin neurons are depolarized by leptin via activation of TRPC channels. *Endocrinology* 152:1503–1514.
- Seminara, S.B., Messenger, S., Chatzidaki, E.E., Thresher, R.R., Acierno, J., S., Shagoury, J.K., et al., 2003. The GPR54 gene as a regulator of puberty. *N Engl J Med* 349:1614–1627.
- Sinha, M.K., Ohannesian, J.P., Heiman, M.L., Kriauciunas, A., Stephens, T.W., Magosin, S., et al., 1996. Nocturnal rise of leptin in lean, obese, and non-insulin-dependent diabetes mellitus subjects. *J Clin Invest* 97: 1344–1347.
- Sisk, C.L., Foster, D.L., 2004. The neural basis of puberty and adolescence. *Nat Neurosci* 7:1040–1047.
- Sliwowska, J.H., Billings, H.J., Goodman, R.L., Coolen, L.M., Lehman, M.N., 2004. The Premammillary Hypothalamic Area of the Ewe: Anatomical Characterization of a Melatonin Target Area Mediating Seasonal Reproduction. *Biol Reprod* 70:1768–1775.
- Tartaglia, L.A., 1997. The leptin receptor. *J Biol Chem* 272: 6093–6096.
- Tena-Sempere, M., 2012. Deciphering puberty: novel partners, novel mechanisms. *European Journal of Endocrinology* 167:733–747.
- Yu, W.H., Kimura, M., Walczewska, A., Karanth, S., McCann, S.M., 1997. Role of leptin in hypothalamic-pituitary function *Proc Natl Acad Sci USA* 94:1023–1028
- Zhang, Y., Proenca, R., Maffei, M., Barone, M., Leopold, L., Friedman, J.M., 1994. Positional cloning of the mouse obese gene and its human homologue. *Nature* 372:425–432.



# Status Gizi Lansia Berdasarkan Mini Nutritional Assessment (MNA) Di Panti Sosial Tresna Werdha Lhokseumawe-Aceh Utara

Erreli Krisna Khusumawerdanie,  
Meutia Maulina

*Fakultas Kedokteran Universitas Malikussaleh*  
*Email : dr.meuthya24@gmail.com*

## Abstrak

Penilaian status gizi dengan *Mini Nutritional Assessment* (MNA) merupakan multiparameter *screening* sekaligus *assessment* terjadinya malnutrisi pada lansia. Kuesioner MNA terdiri atas 18 pertanyaan yang terbagi dalam 4 komponen: penilaian antropometri, penilaian asupan makanan, penilaian secara umum mengenai gaya hidup dan penilaian secara subjektif. Skor MNA bersifat reliabel dan dapat diandalkan untuk mendeteksi risiko terjadinya malnutrisi pada lansia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui status gizi lansia dengan menggunakan penilaian berdasarkan MNA. Penelitian ini menggunakan desain deskriptif dengan teknik *total sampling*. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2014 sampai Maret 2015 pada 4 panti sosial tresna werdha (PSTW) yaitu: PSTW Darussa'adah Lhokseumawe, PSTW Cut Aminah Simpang Keuramat, PSTW Al-Huda Syuhada Syamtalira Bayu, dan PSTW Al-Mu'arif Pirak Matangkuli dengan sampel sebanyak 54 lansia. Hasil penelitian menunjukkan lansia dengan nutrisi baik (skor MNA  $\geq 24$ ) 18,5%, berisiko malnutrisi (skor MNA 17-23,5) 44,4%, dan malnutrisi (skor MNA  $< 17$ ) 37%.

**Kata kunci:** Lansia, *Status Gizi*, MNA

## PENDAHULUAN

Menua adalah suatu proses menghilangnya secara perlahan-lahan kemampuan jaringan untuk memperbaiki diri atau mengganti dan mempertahankan fungsi normalnya sehingga tidak dapat bertahan terhadap penyakit dan memperbaiki kerusakan yang diderita (Depkes RI, 2013). Proses penuaan adalah peristiwa yang normal dan alamiah yang dialami oleh setiap individu. Seiring dengan menuanya seseorang laju kematian akibat penyakit semakin meningkat terutama menurunnya kemampuan lansia berespon terhadap stress, baik stress fisik maupun psikologis (Setiati, 2011).

Indonesia termasuk negara Asia ketiga pada tahun 2012 dengan jumlah absolut populasi lansia di atas 60 tahun terbesar yakni setelah Cina 200 juta, India 100 juta dan menyusul Indonesia 25 juta. Tanpa disadari, Indonesia memasuki era penduduk berstruktur tua yaitu jika suatu penduduk lansia mencapai di atas 7%. Pada tahun 2020 terjadi peningkatan yang signifikan mencapai 28.822.879 dengan proporsi 11,34%. Populasi lansia di Indonesia diprediksi meningkat lebih tinggi dari pada populasi lansia di wilayah Asia dan global setelah tahun 2050, diperkirakan Indonesia akan mencapai 100 juta lansia dalam tahun 2050 (Depkes RI, 2013).

Jumlah penduduk lansia di Aceh dengan kisaran umur 60 tahun ke atas pada tahun 2011 tercatat 270.000 lansia, kemudian meningkat pada tahun 2012 menjadi 285.476 lansia. Jumlah penduduk lansia dengan usia di atas 60 tahun di Aceh Utara pada tahun 2011 tercatat 31.566 lansia dan di Kota Lhokseumawe tercatat 12.847 lansia

(BPS, 2012).

Lansia banyak mengalami perubahan seiring dengan bertambahnya usia, salah satunya adalah perubahan fisik. Perubahan fisik pada lansia terjadi hampir disemua sistem tubuh, salah satu perubahan fisik terjadi pada sistem gastrointestinal. Perubahan pada sistem gastrointestinal dapat menyebabkan penurunan efektivitas utilisasi zat-zat gizi sehingga dapat menyebabkan permasalahan gizi yang khas pada lansia (Herry, 2008). Lansia selalu dalam keadaan risiko malnutrisi karena terjadinya penurunan asupan makan akibat adanya perubahan fungsi usus, metabolisme yang tidak efektif, kegagalan homeostasis

dan defek nutrien (Yuniarti, dkk., 2011). Keadaan ini menyebabkan lansia rentan mengalami malnutrisi.

Semakin tua usia seseorang, semakin tinggi risiko terkena malnutrisi, bila tidak ditangani dengan baik akan menyebabkan defisiensi energi protein dan nutrisi lainnya seperti zat besi (Yuniarti, dkk., 2011). Penapisan gizi perlu dilakukan untuk mengetahui apakah seorang lansia mempunyai masalah gizi. Salah satu metode penapisan gizi pada lansia dilakukan dengan *Mini Nutritional Assessment* (MNA). *Mini Nutritional Assessment* (MNA) merupakan multiparameter terjadinya malnutrisi, di dalamnya termasuk tahapan *screening* dan *assessment* gizi (Wulandari, 2010).

Pengkajian pada *full* MNA meliputi pengkajian antropometrik (penurunan berat badan, indeks massa tubuh, lingkaran atas dan lingkaran betis), pengkajian pola makan atau diet (asupan makanan dan cairan, frekuensi makanan dan kemampuan makan sendiri), pengkajian umum (gaya hidup, obat-obatan, mobilitas, ada tidaknya stress akut, demensia atau depresi), dan pengkajian subjektif (persepsi pasien tentang kesehatan dan nutrisi). Batas nilai ambang dari *full* MNA ini adalah nilai  $\geq 24$  mengindikasikan nutrisi baik, nilai 17-23,5 mengindikasikan risiko malnutrisi dan nilai  $< 17$  mengindikasikan malnutrisi (Guigoz, 2006).

Masalah kesehatan pada lansia, seperti kekurangan gizi akan semakin meningkat mengingat jumlah penduduk lansia yang semakin bertambah dari tahun ke tahun. Peningkatan masalah kesehatan ini mulai mendapat perhatian dari pemerintah dan masyarakat. Wujud perhatian yang dapat dilakukan adalah membangun panti-panti sosial bagi lansia yang disebut dengan panti werdha. Panti werdha (rumah perawatan orang-orang lansia) ini biasanya diperuntukkan bagi lansia yang tidak mempunyai sanak keluarga atau teman yang mau menerima sehingga pemerintah wajib melindungi lansia dengan menyelenggarakan panti werdha (Darmojo, 2011).

Panti werdha hampir ada di setiap propinsi bahkan kabupaten atau kota di Indonesia. Di wilayah Kabupaten Aceh Utara dan Kota Lhokseumawe terdapat 4 panti sosial tresna werdha (PSTW) yang dikelola oleh dinas sosial. Panti Sosial Tresna Werdha Al-Huda Syuhada, PSTW Al-Mu'arif Pirak, dan PSTW Cut Aminah adalah panti werdha yang ada di Kabupaten Aceh Utara serta PSTW Daruassadah di Kota Lhokseumawe.

Kondisi lansia pada keempat panti tersebut sangat beragam karena berasal dari latar belakang yang berbeda. Berdasarkan hasil

observasi yang telah dilakukan, karakteristik lansia secara umum yang ada di panti tersebut tergolong lansia kurang mampu, memiliki taraf ekonomi yang rendah, dan pendidikan yang rendah. Kondisi biologis dan kemampuan lansia juga berbeda-beda dalam mengonsumsi asupan nutrisi. Banyak lansia yang mengalami penurunan selera makan, disfagia, gigi tanggal atau ompong sehingga tidak bisa menghabiskan makanan yang diberikan dan mengakibatkan nutrisi tubuh tidak tercukupi. Keadaan tersebut sangat berpengaruh terhadap skor MNA, sehingga perlu dilakukan pengkajian mengenai status gizi lansia berdasarkan MNA untuk mengetahui sejauh mana masalah gizi pada lansia pada PSTW di Kota Lhokseumawe dan Kabupaten Aceh Utara.

## METODE

### Jenis dan Waktu Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian dengan jenis studi deskriptif dengan desain *cross sectional*. Penelitian ini dilaksanakan di PSTW Al-Huda Syuhada, PSTW Al-Mu'arif Pirak dan PSTW Cut Aminah yang terletak di Kabupaten Aceh Utara serta PSTW Daruassadah di Kota Lhokseumawe. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2014 sampai Maret 2015.

### Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah lansia yang tinggal di PSTW Kota Lhokseumawe dan Kabupaten Aceh Utara baik laki-laki maupun perempuan yang berjumlah 120 orang.

Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *total sampling* berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, sehingga diperoleh sampel sebanyak 54 lansia.

Kriteria inklusi berupa lansia yang berusia 60 tahun atau lebih dan bersedia menjadi responden untuk diwawancarai dan dilakukan pengukuran status gizi. Kriteria eksklusi berupa lansia yang mengalami tunarungu (tunawicara), gangguan jiwa, memiliki kelainan pada tubuh seperti edema, asites dan hepatomegali, serta lansia yang mengalami penyakit kronik seperti perdarahan kronik (saluran cerna, saluran genital, saluran kemih), diabetes melitus dan artritis rematoid.

## Cara Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah data primer berdasarkan hasil wawancara dan pengukuran berat badan, tinggi lutut, lingkaran lengan atas dan lingkaran betis yang langsung dilakukan oleh peneliti terhadap lansia pada PSTW Lhokseumawe dan Aceh Utara.

## Analisis Data

Data dianalisis secara univariat untuk melihat gambaran distribusi frekuensi lansia meliputi pengkajian MNA dan status gizi berdasarkan MNA.

## HASIL

### Distribusi Pengkajian MNA Lansia

Hasil penelitian dari 54 lansia diperoleh data distribusi frekuensi pengkajian MNA lansia sebagai berikut:

Tabel 1. Distribusi Frekuensi Pengkajian MNA Lansia

<b>Pengkajian MNA</b>	<b>Frekuensi (F)</b>	<b>Persentase (%)</b>
<b>Asupan makanan selama 3 bulan terakhir</b>		
Penurunan asupan makanan parah	5	9,3
Penurunan asupan makanan sedang	21	38,9
Tidak mengalami penurunan asupan makanan	28	51,9
<b>Kehilangan berat badan selama 3 bulan terakhir</b>		
Kehilangan BB >3 kg	1	1,9
Tidak tahu	33	61,1
Kehilangan BB 1-3 kg	5	9,3
Tidak kehilangan BB	15	27,8
<b>Mobilisasi atau pergerakan</b>		
Hanya di tempat tidur atau kursi roda	0	0
Dapat turun dari tempat tidur namun tidak dapat berjalan-jalan	6	11,1
Dapat pergi keluar/jalan-jalan	48	88,9
<b>Mengalami stress psikologis/penyakit akut selama 3 bulan terakhir</b>		

Ya	20	37
Tidak	34	63
Masalah neuropsikologi		
Demensia atau depresi berat	14	25,9
Demensia ringan	30	55,6
Tidak mengalami masalah neuropsikologi	10	18,5
Indeks Massa Tubuh (IMT)		
< 19	21	38,9
19-21	12	22,2
21-23	8	14,8
>23	13	24,1
Tidak tinggal di rumah perawatan, panti atau rumah sakit		
Ya	54	54
Tidak	0	0
Konsumsi obat >3 kali sehari		
Ya	27	50
Tidak	27	50
Memiliki luka tekan/ulserasi		
Ya	2	3,7
Tidak	52	96,3
Jumlah makan dalam sehari		
1 hari	1	1,9
2 kali	10	18,5
3 kali	43	79,6
Jumlah asupan protein yang biasa dikonsumsi		
Tidak ada atau hanya 1 jenis protein	10	18,5
39	72,2	
Terdapat 2 jenis protein	5	9,3
Lebih dari 2 jenis protein		
Konsumsi sayur atau buah 2 porsi atau lebih sehari		
Tidak	25	46,3
Ya	29	53,7
Asupan cairan per hari		
< 3 gelas	5	9,3
3-5 gelas	25	46,3
>5 gelas	24	44,4
Cara makan		
Tidak dapat makan tanpa dibantu	0	0
Dapat makan sendiri namun mengalami kesulitan	1	1,9

Dapat makan sendiri tanpa masalah	53	98,1
Persepsi status gizi		
Ada masalah gizi pada dirinya	17	31,5
Ragu/tidak tahu terhadap masalah gizi	20	37
Melihat tidak ada masalah terhadap status gizi dirinya	17	31,5
Pandangan status gizi		
Tidak lebih baik dari orang lain	15	27,8
Tidak tahu	13	24,1
Sama baiknya dengan orang lain	20	37
Lebih baik dari orang lain	6	11,1
Lingkar lengan atas (LLA)		
<21 cm	5	9,3
21-22 cm	12	22,2
>22 cm	37	68,5
Lingkar betis (LB)		
<31 cm	38	70,4
≥31 cm	16	29,6

*Sumber: data primer, 2015*

### Distribusi Status Gizi Lansia berdasarkan MNA

Hasil penelitian diperoleh data distribusi frekuensi status gizi lansia berdasarkan MNA sebagai berikut:

Tabel 2. Distribusi Frekuensi Status Gizi Lansia berdasarkan MNA

Status gizi berdasarkan MNA	Frekuensi (F)	Persentase (%)
Nutrisi baik	10	18,5
Risiko malnutrisi	24	44,4
Malnutrisi	20	37,1
<b>Total</b>	<b>54</b>	<b>100</b>

*Sumber: data primer, 2015*

## PEMBAHASAN

Hasil penelitian mengenai status gizi berdasarkan MNA dari 54 orang didapatkan bahwa lansia yang mengalami nutrisi baik sebanyak 10 orang (18,5%), risiko malnutrisi 24 orang (44,4%) dan malnutrisi 20 orang (37,1%). Hal ini sesuai dengan penelitian Guigoz (2006) tentang penggunaan MNA untuk lansia yang tinggal



di panti yang dilakukan dalam 32 penelitian ( $n=6821$ ), yaitu lansia yang mengalami risiko malnutrisi jumlahnya lebih banyak dibandingkan lansia yang memiliki masalah malnutrisi dan nutrisi baik. Hasil penelitian Guigoz (2006) menunjukkan bahwa lansia yang tinggal di panti berisiko malnutrisi sebesar  $51\pm 0,6\%$  ( $mean\pm SE$ ), lansia yang malnutrisi sebesar  $2\pm 0,5\%$  ( $mean\pm SE$ ) dan lansia yang memiliki nutrisi baik sebesar  $29\pm 0,5\%$  ( $mean\pm SE$ ). Selain itu, hal yang sama juga terdapat dalam penelitian yang dilakukan oleh Rianto (2005) tentang perbedaan konsumsi energi protein dan status gizi lansia yang di panti dan non panti. Rianto meneliti di Panti Werdha Pucang Gading

Semarang menggunakan MNA didapatkan data bahwa dari 74 lansia, 43,2% mengalami malnutrisi dan 48,6% memiliki risiko malnutrisi. Penelitian Rianto menunjukkan bahwa lebih banyak lansia yang berada dalam risiko malnutrisi daripada lansia yang mengalami malnutrisi. Kondisi lansia yang berada dalam risiko malnutrisi membutuhkan perhatian lebih agar kondisi gizi lansia semakin membaik dan tidak berubah menjadi malnutrisi.

Pada penelitian ini didapatkan bahwa 5 orang (9,3%) mengalami penurunan asupan makanan yang parah, 21 orang (38,9%) mengalami penurunan asupan makanan sedang, dan 28 orang (51,9%) tidak mengalami penurunan asupan makanan. Hal ini dapat disebabkan lansia yang tinggal di PSTW sudah dapat beradaptasi dengan kondisi lingkungan dan makanan yang disediakan oleh panti. Lansia mengalami perubahan pada dirinya seperti penurunan nafsu makan karena penurunan fungsi indera penciuman dan perasa, perubahan dalam rongga mulut seperti tanggalnya gigi/ompong tidak akan mempengaruhi asupan makanan pada lansia. Lansia sudah dapat beradaptasi dan menerima perubahan yang terjadi pada dirinya. Lansia yang ada di panti sebagian besar adalah lansia yang terlantar, memiliki tingkat ekonomi yang rendah atau lansia yang tidak memiliki keluarga sehingga mereka sangat bersyukur bahwa di masa tuanya mereka masih diberikan tempat dan makanan yang layak di panti dan lansia akan menghargai setiap pemberian dari panti.

Faktor lain yang memungkinkan lansia mengalami kemungkinan malnutrisi berdasarkan skrining MNA adalah faktor mobilitas, kehilangan berat badan, masalah neuropsikologi, dan stress psikologis atau penyakit akut. Pada penelitian ini didapatkan bahwa sebagian besar lansia (>50%) menjawab faktor-faktor tersebut tidak memiliki pengaruh pada status gizi lansia. Hal

tersebut didasarkan pada data 33 orang (61,1%) tidak tahu kehilangan berat badan dan 15 orang (27,8%) tidak kehilangan berat badan, 48 orang (88,9%) dapat mobilisasi pergi keluar/jalan-jalan, 34 orang (63%) tidak mengalami stress psikologis dan penyakit akut, 30 orang (55,6%) mengalami demensia ringan dan 10 orang (18,5%) tidak mengalami masalah neuropsikologi.

Pada pengkajian MNA ini terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi lansia berada dalam risiko malnutrisi. Faktor-faktor tersebut adalah lingkungan/tempat tinggal, terapi pengobatan, adanya luka tekan, frekuensi makan setiap hari, jenis asupan protein, konsumsi sayur atau buah, asupan cairan, cara makan, persepsi lansia tentang status gizi dan kesehatannya serta pengukuran LLA dan LB. Faktor-faktor tersebut terdapat dalam setiap pertanyaan yang ada pada MNA.

Lingkungan/tempat tinggal lansia dapat mempengaruhi status gizi lansia. Lansia yang tinggal di panti, rumah perawatan atau rumah sakit berisiko untuk mengalami malnutrisi dibandingkan dengan lansia yang tinggal secara mandiri. Hal ini disebabkan lansia yang tinggal di panti tidak mendapatkan nilai dalam pengkajian MNA sehingga hasil yang diperoleh lebih kecil dan meningkatkan risiko malnutrisi. Faktor lain yang menyebabkan lansia berisiko malnutrisi adalah asupan cairan yang kurang pada lansia. Pada penelitian ini 5 lansia (9,3%) menjawab hanya minum <3 gelas per hari, 25 lansia

(46,3%) minum 3-5 gelas per hari, dan 24 lansia (44,4%) minum > 5 gelas per hari. Data ini menunjukkan bahwa sebagian besar lansia dapat mengalami kekurangan cairan dan kebutuhan cairan per hari kurang sehingga lansia berisiko untuk malnutrisi.

Faktor lain yang menyebabkan lansia berisiko malnutrisi adalah pengukuran LLA dan LB. Pengukuran LLA ini adalah salah satu cara untuk mengetahui risiko kekurangan energi protein (Supariasa, 2002). Ambang batas LLA dengan risiko kekurangan energi kronik di Indonesia adalah 23,5 cm. Berdasarkan data yang diperoleh 5 lansia (9,3%) memiliki nilai LLA <21 cm, 12 lansia (22,2%) memiliki nilai LLA 21-22 cm, dan 37 lansia (68,5%) memiliki LLA >22 cm. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar LLA lansia baik atau normal dikarenakan lansia belum mengalami kekurangan energi kronik.

Pengukuran LB yang dilakukan dalam pengkajian MNA ini menunjukkan sebagian besar lansia berada di bawah 31 cm. Hasil penelitian diperoleh 38 orang (70,4%) memiliki nilai LB <31 cm

dan hanya 16 orang (29,6%) yang memiliki nilai LB >31 cm. Lingkar betis (LB) merupakan salah satu pengukuran antropometri yang dihubungkan dengan massa lemak tubuh. Lingkar betis (LB) juga dapat dijadikan deteksi dini pada lansia yang mengalami malnutrisi. Penelitian Cuervo (2009) menunjukkan bahwa lansia yang memiliki LB rendah lebih berisiko mengalami malnutrisi baik pada laki-laki maupun perempuan.

Faktor frekuensi makan, jenis asupan protein dan sayur pada sebagian lansia tidak mempengaruhi pemenuhan nutrisi pada lansia di panti. Hal ini disebabkan semua lansia di panti mendapatkan jumlah dan jenis makanan yang sama setiap hari, namun karena tidak adanya pengawasan pada lansia saat makan mungkin asupan makanan yang masuk ke dalam tubuh tidak sama. Hal ini menjadi salah satu penyebab perbedaan status gizi pada lansia di panti.

Persepsi tentang status gizi pada diri lansia sendiri serta pandangan tentang status kesehatan, jika dibandingkan dengan orang lain dapat mempengaruhi hasil pengkajian MNA. Pada pertanyaan ini sebagian besar lansia tidak ada masalah terhadap status gizinya dan tidak tahu/ragu terhadap masalah gizi. Sebagian besar lansia menganggap dirinya dalam keadaan baik jika tidak mengalami penurunan/kehilangan berat badan. Pada penelitian ini juga didapatkan bahwa sebagian besar lansia yaitu 20 orang (37%) menganggap dirinya sama baiknya dengan lansia lain. Hal ini didasarkan bahwa lansia merasa setiap lansia yang tinggal di panti memiliki nasib dan kesehatan yang tidak jauh berbeda karena makanan dan pelayanan yang diberikan kepada mereka. Pemikiran yang positif dari lansia tentang kondisi kesehatan dirinya dapat meningkatkan status kesehatan lansia. Lansia yang berpikiran negatif tentang status kesehatan dirinya menyebabkan lansia cenderung untuk stress dan dapat berpengaruh terhadap status gizi lansia.

## PENUTUP

### Simpulan

Lansia di PSTW Lhokseumawe-Aceh Utara paling banyak memiliki risiko malnutrisi (44,4%) berdasarkan MNA. Terdapat 37,1% lansia mengalami malnutrisi dan hanya 18,5% lansia dengan nutrisi baik.

### Saran

1. Pemerintah khususnya dinas sosial diharapkan dapat mengambil kebijakan terhadap program kesehatan untuk meningkatkan gizi lansia dan menyediakan fasilitas pelayanan kesehatan di setiap PSTW untuk menunjang kesehatan lansia.
2. Pihak PSTW diharapkan untuk memperhatikan asupan gizi lansia dengan memberikan makanan dengan gizi seimbang serta melakukan skrining status gizi lansia menggunakan MNA *short-form*.
3. Keluarga lansia diharapkan dapat memberikan perhatian dan dukungan khususnya mengenai gizi lansia dengan memberikan makanan bergizi, olahraga dan istirahat cukup.
4. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan metode penelitian yang lebih baik, sampel yang lebih banyak agar memperoleh nilai yang lebih akurat dengan populasi yang berbeda.

### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik., 2012, 'Angka Harapan Hidup Provinsi Aceh menurut Kab/Kota.' *Artikel elektronik*, diakses pada tanggal 30 Maret 2014; <http://www.aceh.bps.go.id>
- Cuervo, M., et al., 2009, 'Assessment of calf circumference as an indicator of the risk for hyponutrition in the Elderly', *Jurnal Elektronik*, diakses pada tanggal 22 Juni 2014; <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>.
- Darmojo, Boedhi., 2011, *Buku ajar Boedhi-Darmojo geriatri*, Jakarta: Balai Penerbit Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.
- Departemen Kesehatan RI., 2013, *Gambaran kesehatan lanjut usia di Indonesia*, Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Guigoz, Y., 2006, 'The Mini Nutritional Assessment (MNA) review of the literature-hat does it tell us?' *The journal of nutrition, Health & Aging*, Vol 10. Pg 466.
- Herry., 2008, 'Hubungan Karakteristik, Gaya Hidup dan Asupan Faktor Gizi terhadap Status IMT pada Lansia di tiga Posbindu Kelurahan Rangkapan Jaya Lama Kecamatan

Pancoran Mas, Kota Depok', *Skripsi*, Universitas Indonesia, Depok.

Oktariyani., 2012, 'Gambaran status gizi pada lanjut usia di Panti Sosial Tresna Werdha (PSTW) Budi Mulya 01 dan 03 Jakarta Timur', *Skripsi*, Universitas Indonesia, Depok.

Rianto, Yuli. E., 2005, 'Perbedaan konsumsi energy-protein dan status gizi pada lansia yang tinggal di panti dan non panti', *Artikel Penelitian*, FK Undip, Semarang.

Setiati, S., Dinda, Rose., 2011, *Malnutrisi di rumah sakit*, Buku ajar Ilmu Penyakit Dalam Jilid I, Edisi V, Jakarta Pusat: Interna Publishing.

Supariasa, I. D. Nyoman., 2002, *Penilaian status gizi*, Jakarta: EGC.

Wulandari, Rika., 2010, 'Risiko Malnutrisi Berdasarkan Mini Nutritional Assessment Terkait dengan Kadar Hemoglobin Pasien Lansia', *Skripsi*, Universitas Diponegoro, Semarang.

Yuniarti, Alfrina., Said, Syahru., Saleh, Ariyanti., 2011, 'Nutritional Status Related to Quality of Life of elderly people in Rappokalling Makassar', *Skripsi*, Universitas Hasanudin, Makassar.



# **Pembuatan Skema Prosedur Alur Proses Pemasangan Baru pada PT. PLN (Persero) Area Banda Aceh**

Junidar

*FMIPA, Unsyiah*

*junidaryusdar0678@gmail.com*

## **Abstrak**

Proses pemasangan baru pada PT. PLN (Persero) Area Banda Aceh selama ini belum menggunakan skema, sehingga banyak konsumen yang kurang memahami proses pemasangan baru. Untuk mempermudah pelanggan melakukan pemasangan baru listrik, maka dirancang skema prosedur alur proses pemasangan baru PT. PLN (Persero) Area Banda Aceh.

**Kata Kunci :** *Proses, Skema, Prosedur, Alur*

## PENDAHULUAN

Di era globalisasi sekarang ini, segala sesuatu dapat diselesaikan dengan cara-cara yang praktis. Hal ini merupakan dampak yang timbul dari hadirnya teknologi. Teknologi adalah sesuatu yang bermanfaat untuk mempermudah semua aspek kehidupan manusia. Kini teknologi telah berkembang pesat dan semakin canggih seiring dengan perkembangan zaman sehingga terjadi penambahan fungsi teknologi yang semakin memajukan kehidupan manusia.

Sistem komputer adalah suatu jaringan elektronik yang terdiri dari perangkat lunak dan perangkat keras yang melakukan tugas tertentu (menerima *input*, memproses *input*, menyimpan perintah-perintah, dan menyediakan *output* dalam bentuk informasi). Komputer dapat membantu manusia dalam pekerjaan sehari-harinya seperti pengolahan kata, pengolahan angka, dan pengolahan gambar. Elemen dari sistem komputer terdiri dari manusianya (*brainware*), perangkat lunak (*software*), set instruksi (*instruction set*), dan perangkat keras (*hardware*). Dengan demikian komponen tersebut merupakan elemen yang terlibat dalam suatu sistem komputer.

Salah satu fungsi komputer yang dapat membantu manusia dalam pekerjaan sehari-hari yaitu pengolahan gambar. Pengolahan gambar yang disebut juga desain grafis memegang peran yang cukup besar bagi kehidupan manusia zaman sekarang. Seperti penggunaan foto yang dapat di simpan sehingga menjadi arsip bagi perusahaan untuk dikembangkan selanjutnya, pembuatan *banner* sebuah informasi yang dibuat menarik dengan desain-desain yang membuat terjalannya komunikasi yang baik antara perusahaan dengan pelanggannya.

Desain grafis adalah salah satu bentuk seni lukis (gambar) terapan yang memberikan kebebasan kepada perancang untuk memilih, menciptakan, atau mengatur elemen rupa seperti ilustrasi, foto, tulisan, dan garis di atas suatu permukaan dengan tujuan untuk diproduksi dan dikomunikasikan sebagai sebuah pesan. Desain grafis juga dapat diartikan solusi komunikasi yang menjembatani antara pemberi informasi dengan publik, baik secara perseorangan, kelompok, lembaga maupun masyarakat secara luas yang diwujudkan dalam bentuk komunikasi visual. Sebagaimana informasi yang disampaikan menggunakan bahasa lisan (suara)

yang dapat disampaikan secara tegas, ceria, keras, lembut, formal, dan sebagainya dengan menggunakan gaya bahasa dan volume suara yang sesuai. Desain grafis juga dapat melakukan hal serupa. Kita dapat merasakan sendiri setelah membaca sebuah berita (tulisan), melihat foto atau ilustrasi, melihat permainan warna dan bentuk dari sebuah karya desain yang berbentuk publikasi cetak, nuansa yang ditimbulkannya.

PT. PLN (Persero) merupakan penyedia jasa listrik yang selalu berhubung erat dengan masyarakat, karena merupakan produk yang selalu dibutuhkan masyarakat untuk keperluan sehari-hari. Dan berbagai layanan yang ditawarkan PT. PLN (Persero) misalnya, pemasangan listrik Prabayar, pemasangan listrik pasca bayar, permintaan pelayanan migrasi listrik, pelayanan permintaan perubahan Jaya, pelayanan permintaan perubahan nama pelanggan, permintaan perubahan golongan tarif, dan permintaan penyambungan sementara.

Berbagai pelayanan yang ditawarkan PT. PLN (Persero), masih banyak konsumen yang kurang memahami proses pemasangan baru listrik dan pelayanan yang lainnya. Dari penjelasan diatas penulis akan membahas pembuatan skema prosedur alur proses pemasangan baru PT. PLN (Persero) Area Banda Aceh.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Fungsi Pelayanan Pelanggan

Fungsi pelayanan pelanggan adalah fungsi yang melaksanakan pelayanan dan pemberian informasi tentang tata cara perhitungan besarnya biaya, serta persyaratan dan informasi lainnya yang *berhubungan* dengan pasang baru tenaga listrik yang meliputi perencanaan, persiapan, pelaksanaan dan pengendalian kepada pelanggan maupun calon pelanggan.

Selain memberikan informasi tentang permintaan penyambungan/pasang baru, pelayanan pelanggan juga berfungsi melayani perubahan daya baik penambahan maupun penurunan daya, perubahan tarif, permintaan berhenti sebagai pelanggan, perubahan nama pelanggan, dan lain sebagainya.

Fungsi pelayanan pelanggan listrik (FP2L), antara lain :

- a. Memberikan informasi yang berhubungan dengan hal-hal penyambungan tenaga listrik kepada para pelanggan dan



- masyarakat umum lainnya.
- b. Melayani permintaan penyambungan baru, perubahan daya, pemasangan sementara, migrasi listrik, perubahan nama pelanggan, serta pengaduan yang berhubungan dengan penyambungan tenaga listrik.
  - c. Mencatat, membuat dan mengarsipkan secara teratur dan tertip pada formulir yang disediakan.
  - d. Meneruskan berkas tersebut kepada pihak yang bersangkutan.
  - e. Memberikan pelayanan biaya penyambungan (BP), uang jaminan pelanggan (UJL), tagihan susulan (TS), biaya penyambungan dan perubahan sementara dan biaya lain yang ditetapkan sesuai ketentuan yang berlaku.
  - f. Menyiapkan dan membuat kwitansi penerimaan pembayaran.
  - g. Menyiapkan perintah kerja pemasangan, perubahan, perbaikan, pembongkaran Sambungan tenaga listrik (SL) dan berita acara pelaksanaan.
  - h. Mengirim perintah kerja tersebut ke pihak yang terkait.
  - i. Memantau dan menyelesaikan pelayanan.
  - j. Memelihara atau menjaga arsip pelanggan.
  - k. Melakukan kordinasi dengan fungsi terkait.
  1. Membuat laporan dalam bidangnya.

Pasang baru listrik adalah proses pengusulan atau pendaftaran calon pelanggan menjadi pelanggan dengan mendaftarkan lokasi yang menjadi dasar kontrak PLN dengan pelanggan sesuai daya kontrak yang disepakati.

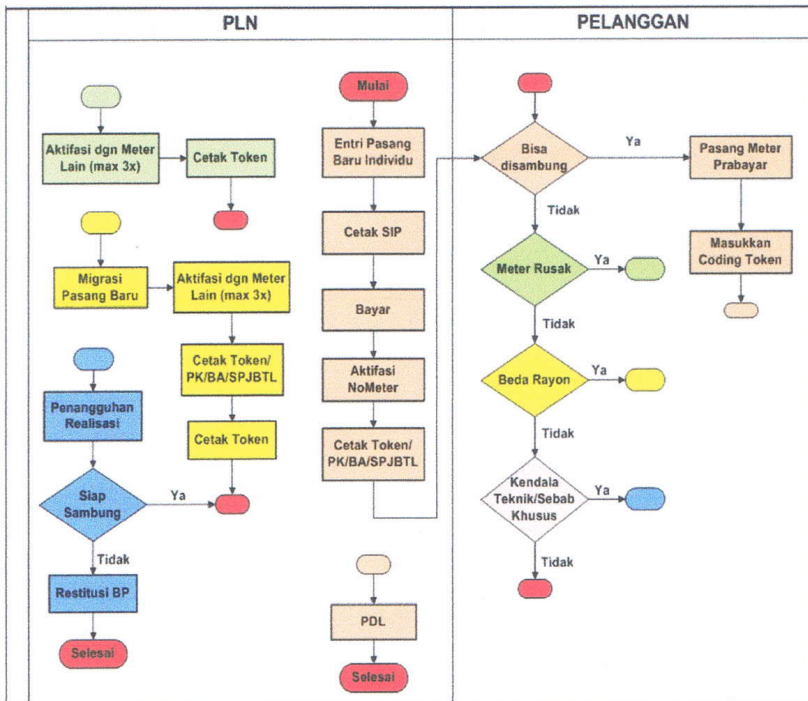
### Proses Pasang Baru

Proses pasang baru sendiri memerlukan beberapa data sebagai *input* atau masukan dalam pendaftaran calon pelanggan, diantaranya :

- a. KTP/SIM calon pelanggan
- b. Sertifikat Layak Operasi (SLO)
- c. Denah lokasi calon pelanggan
- d. Biaya BP

Setelah melengkapi persyaratan diatas, data tersebut akan di *entry* ke dalam Aplikasi pelayanan pelanggan terpusat (AP2T) oleh petugas pelayanan pelanggan untuk selanjutnya diproses

penyambungan baru. Proses *entry* dapat dilihat pada *flow chart* seperti pada gambar 4.1.



Gambar 1. Proses Pasang Baru pada PT.PLN (Persero) Area Banda Aceh.

Pada Gambar 1 dijelaskan bahwa pelanggan yang akan melakukan pasang baru listrik dapat dilakukan prosedur sebagai berikut. Pertama pelanggan datang ke PT. PLN (Persero) Area Banda Aceh dengan membawa persyaratan yang telah ditentukan, kemudian *Costumer Service* melakukan entri permohonan pasang baru individu, setelah di *input* datanya akan dicetak surat izin penyambungan (SIP)/nomor registrasi, setelah SIP dicetak pelanggan akan melakukan pembayaran, kemudian *costumer service* akan mengaktifasi no meter pelanggan, setelah diaktifasi akan dicetak token, perintah kerja, berita acara, dan Surat perjanjian jual beli tenaga listrik (SPJBTL), setelah semua dicetak kemudian apabila pasang baru listrik bisa disambung maka petugas PLN akan memasang meter prabayar dan pihak PLN akan memasukkan *coding* token dan akan di PDL.

## *MCB (Miniature Circuit Breaker) pada PT. PLN (Persero) Area Banda Aceh*

Pada meteran listrik PLN, biasanya akan menemukan sebuah perangkat yang dinamakan *MCB*. Umumnya, berhubungan dengan alat ini untuk kepentingan menyalakan dan mematikan arus listrik yang masuk ke dalam rumah. Sehingga, pengenalan kita mengenai fungsi *MCB* cenderung mirip dengan fungsi saklar lampu di dalam rumah yang digunakan untuk menyalakan-matikan lampu. Memang benar demikian adanya salah satu dari fungsi *MCB* yang dikenal.

### Fungsi *MCB*

*Miniature Circuit Breaker* atau lebih dikenal dengan singkatan *MCB*, lebih ditujukan keberadaannya untuk kepentingan membatasi beban arus listrik hingga level tertentu. Pengertian level tertentu disini adalah besar beban / kapasitas arus listrik yang diperkenankan untuk beredar dalam jaringan kabel di sebuah area (rumah /ruangan). *MCB* tidak dibuat untuk mengatur (*smart control*) besar arus listrik. Fungsinya hanya membatasi (*dumb control*) arus listrik saja.

Berapa pun besar *input* daya ke dalam *MCB*, maka daya listrik yang menjadi keluaran dibatasi hanya sebesar sesuai kapasitas dari *MCB* saja. Jika terjadi perubahan besaran daya listrik melebihi kapasitas yang dimilikinya, maka *switch MCB* akan turun. Inilah fungsi lain dari *MCB* yang kita perlukan, yaitu menjaga / membatasi gerak peredaran arus listrik agar tetap pada porsinya.

### Kapasitas *MCB*

Perhitungan besar daya listrik (*Watt*), diperoleh berdasarkan perkalian antara satuan *Ampere* dengan *Volt* (tegangan). Dapat mengetahui besar daya listrik terpasang dan masuk ke dalam jaringan kabel di dalam rumah cukup dengan mengetahui besaran *Ampere* dan Voltase yang tertera pada unit *MCB* di meteran PLN. Biasanya kode yang menyatakan satuan *Ampere* didahului dengan huruf C, misalnya C4, C6, C10, C20 dan seterusnya. Sedangkan untuk kode yang menyatakan satuan *Volt* dapat langsung dikenali dari tulisan yang tertera seperti 230V/400V. Misalnya, instalasi listrik terpasang berkapasitas

1300VA - 220Volt, akan dikodekan dengan C6 dan 230V/400V. Kode C6 menunjukkan besaran 6 *Ampere* dan kode 230V menunjukkan besaran tegangan sebesar 220 *Volt*.

### Penggunaan *MCB*

*Penggunaan MCB* dalam rumah lebih ditujukan untuk kepentingan pembagian batas besar daya yang dapat digunakan dalam sebuah jaringan kaki di satu / beberapa area / ruangan. Di bagian inilah sering menimbulkan kerancuan dan kebingungan terhadap kondisi dan perilaku listrik yang sebenarnya. Dalam menerapkan besaran kapasitas *MCB* yang hendak dipasang pada satu / beberapa area / ruangan, dapat dilakukan dengan dua cara yaitu permanen dan fleksibel.

Pengertian permanen (tetap) adalah setiap area hanya dibatasi hingga besaran tertentu saja. Dengan cara ini, besar kapasitas listrik terpasang di bagi sedemikian rupa setiap ruangan. Sehingga, sebesar apapun pemakaian daya yang terjadi dalam satu ruangan, tidak akan mengganggu pemakaian daya di ruangan lainnya. Pada kasus-kasus tertentu, cara ini memiliki sisi merugikan. Karna daya listrik yang ada tidak dapat dipakai seluruhnya, walau pun (daya tidak terpakai masih tersedia) dan memungkinkan untuk digunakan.

Misalnya, sebuah rumah berdaya 30 *Ampere* (6600 *Watt*) - 220 *Volt* dibagi menjadi 3 *MCB* yang masing-masing berkapasitas 10 *Ampere* untuk memenuhi kebutuhan daya 3 area/ruangan dalam rumah. Akibatnya, pemakaian daya di setiap area/ruangan hanya dapat dilakukan hingga batas 10 *Ampere* (2200 *Watt*). Walaupun tidak terjadi pemakaian daya di ruangan lainnya, pemakaian daya yang diperkenankan tetap hanya 10 *Ampere* saja per ruangan. Sehingga, jika terjadi pemakaian daya melebihi 10 *Ampere* di sebuah ruangan, hanya akan menyebabkan *MCB* ruangan itu saja yang "trip". Tidak akan berefek pada ruangan lainnya.

Pengertian fleksibel (dinamis) adalah penggunaan daya di setiap area tidak dibatasi atau memiliki besaran yang sama dengan kapasitas *MCB* pada meteran PLN. Dengan menerapkan cara ini, seluruh daya listrik yang ada di seluruh rumah dapat diberdayakan hanya dalam satu ruangan saja. Tentu saja dengan kondisi tidak ada pemakaian daya di ruangan lainnya. Sisi merugikan dalam penerapan cara ini adalah jika terjadi pemakaian daya secara bersamaan dan jumlahnya di atas kapasitas listrik terpasang, maka

akan berefek ke seluruh rumah.

Misalnya, sama dengan kondisi contoh rumah sebelumnya, hanya kapasitas *MCB* yang terpasang di masing-masing ruangan adalah 30 *Ampere*. Akibatnya, daya yang tersedia (30 *Ampere*) dapat dimanfaatkan sepenuhnya dalam satu ruangan SA\*, Namun, cara ini memiliki kecenderungan untuk pemakaian daya melebihi kapasitas listrik terpasang. Jika terjadi pemakaian daya dengan formasi - Ruangan 1 — 10 *Ampere*, Ruangan 2 = 10 *Ampere*, Ruangan 3 = 11 *Ampere*, maka *MCB* pada meteran PLN akan “trip” (jatuh). Dan ini akan bereft pada seluruh ruangan / area rumah.

Persyaratan permohonan pasang baru :

1. *Fotocopy* KTP/identitas lainnya.
2. Materai 6000.
3. *Fotocopy* rekening listrik tetangga.
4. Sketsa lokasi bangunan yang akan di aliri listriki.
5. Surat kurang mampu dari Geuchik Gampong.

### Metodologi Penelitian

Untuk memperoleh data-data yang diperlukan dalam membuat skema ada beberapa tahapan yang dilakukan, penulis menggunakan metode dan teknik pembuatan skema yaitu sebagai berikut :

#### a. Pengamatan (Observasi)

Melakukan pengamatan dilapangan secara langsung sehingga dapat mengetahui objek-objek yang diperlukan untuk pembuatan desain tersebut dengan cara wawancara dengan pihak-pihak yang dapat memberikan informasi sesuai materi pembahasan.

#### b. *Planning* (Perencanaan)

Dengan membuat suatu perancangan awal sebagai langkah pertama dalam pembuatan skema. Karena dengan adanya perencanaan yang baik maka akan diperoleh hasil yang baik. Pada tahap ini yang dilakukan adalah, *interview* dengan pihak instansi tentang skema alur proses pemasangan baru yang akan dibuat.

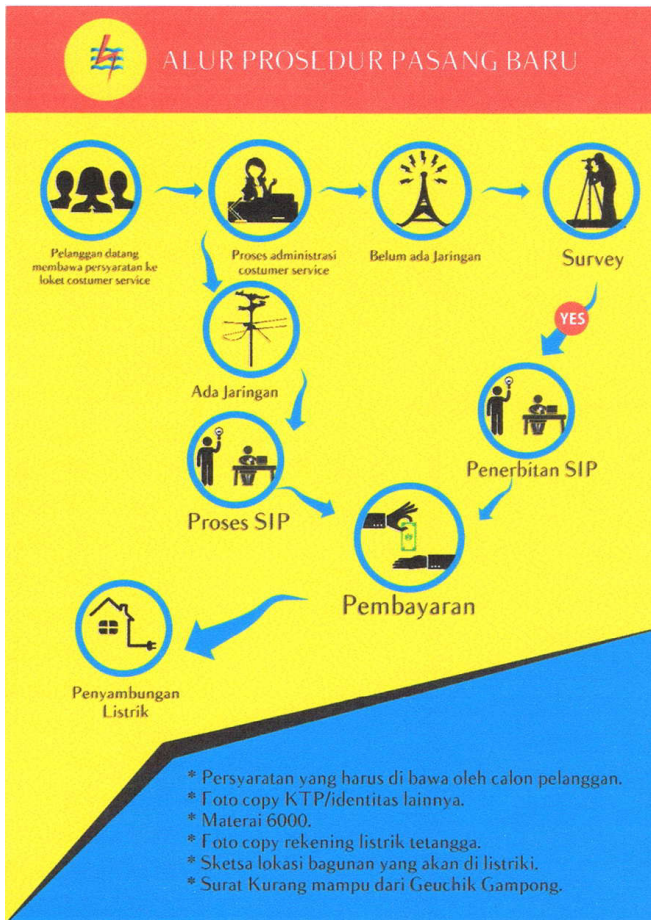
#### c. *Penginstalan Software*

Menginstal *software* yang mendukung untuk pembuatan desain ini seperti *CorelDraw*. *CorelDraw* adalah program untuk menggambar yang berbasis *vector*, dimana pemakai dapat dengan mudah membuat suatu desain grafis yang lebih profesional, mudah,

praktis, dan cepat. *CorelDraw* mulai muncul sebagai alat bantu desain seiring dengan semakin cepatnya pertumbuhan dunia *software*.

### Hasil dan Pembahasan

#### Skema Prosedur Proses Pasang Baru pada PT. PLN (Persero) Area Banda Aceh



Gambar 2. Skema Prosedur Proses Pasang Baru pada PT.PLN (Persero) Area Banda Aceh.

Skema adalah suatu pengertian yang digeneralisasikan, suatu rencana atau struktur seperti yang digunakan dalam kalimat dan suatu proses membawa yang dimana setiap orang boleh dikatakan

tidak pernah sama. Pada skew diatas bermula pelanggan datang ke PT. PLN (Persero) Area Banda Aceh dengan membawa persyaratan ke loket *customer service* dengan membawa persyaratan, pada loket *customer service* penyambungan maka akan diproses administrasi setelah proses administrasi selesai dan sudah lengkap semua, selanjumya apabila beim ada jaringan maka akan di survey ke lokasi oleh petugas pemasangan dilapangan.

Jika lokasi dan bangunannya memenuhi syarat untuk dialiri listrik, maka aim dilakukan evaluasi teknis jaringan layak diterbitkan SIP, kemudian langsung dilakukan pernbayaran. Dan apabila jaringan sudah ada, maka akan langsung diproses SIP, selesai proses SIP maka dilakukan pembayaran, setelah pembayaran berlangsung maka petugas penyambungan lapangan akan melakukan penyambungan listrik.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dapat disimpulkan, skema prosedur alur proses pemasangan baru PT. PLN (Persero) Area Banda Aceh yang dibuat, dapat membantu dan mempermudah pelanggan melakukan pemasangan baru listrik dan pelanggan tidak kebingungan dalam mempersiapkan persyaratan yang diperlukan ketika melakukan pemasangan baru

### DAFTAR PUSTAKA

- Ladjamudin, AlBahra, B., 2005, *Analisis dan Desain Sistem Informasi*, Edisi Pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- McLeod, R., Jr., 1995, *Management Information System*, 6<sup>th</sup> Ed., Prentice Hall. Inc, New Jersey.
- Pressman, R.S., 2001, *Software Engineering, A Practioner's Approach*, 5<sup>th</sup> Edition, McGraw-Hill, Inc. New York.
- Sutanta, Edhy.2005. *Pengantar Teknologi Informasi cet I*. Graha Ilmu, Yogyakarta.



# **Teknologi Produksi Biogas sebagai Bahan Bakar Alternatif Berbahan Baku Sampah Organik**

*(Biogas Production Technology as an  
alternative fuel from Organic Wastes: A  
Review)*

Khaidir

*Departemen Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas  
Malikussaleh Lhokseumawe, Email : khaidirsufi77@yahoo.com*

## **Abstract**

*The organic waste is a potential raw material for the production of biogas as an alternative fuel. Organic materials were decomposed into biogas through a four-step process includes hydrolysis, acidogenesis, acetogenesis, and methanogenesis. The operating conditions in the process of biogas production is strongly influenced by temperature, pH of the system in the digester, stirring, barrier materials, concentration of substrate, and the contact surface area of substrate. The main composition of biogas production by anaerobic bacteria decomposing include of methane, carbon dioxide, water vapor, nitrogen, oxygen, hydrogen, ammonia and H<sub>2</sub>S. Positive value that can be drawn from the process of conversion of organic materials into biogas is methane as a main product an alternative fuel source that is safe and environmentally friendly.*

**Keywords** *Biogas, organic wastes, alternative fuel, anaerobic digestion*

## **Abstrak**

Sampah organik merupakan salah satu bahan baku potensial untuk proses produksi biogas sebagai bahan bakar alternatif. Bahan-bahan organik diuraikan menjadi biogas melalui empat tahapan proses meliputi hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis. Kondisi operasi dalam proses produksi biogas sangat dipengaruhi oleh temperatur, pH dari sistem dalam digester, pengadukan, bahan penghambat, konsentrasi substrat, dan luas permukaan substrat. Komposisi utama biogas hasil



produksi secara anaerobik oleh bakteri-bakteri pengurai meliputi metana, karbon dioksida, uap air, gas nitrogen, gas oksigen, gas hidrogen, amonia, dan gas H<sub>2</sub>S. Nilai positif yang dapat diambil dari proses konversi bahan-bahan organik menjadi biogas adalah gas metana sebagai produk utama sumber bahan bakar alternatif yang aman dan ramah lingkungan.

**Kata kunci:** *biogas*, sampah organik, bahan bakar alternatif, pencernaan anaerobik

## PENDAHULUAN

Ketersediaan gas alam dalam bentuk elpiji sebagai bahan bakar industri dan rumah tangga di daerah Aceh masih mencukupi, terutama untuk bahan bakar gas non subsidi. Namun, untuk bahan bakar gas yang disubsidi (tabung 3 kg), menjadi masalah tersendiri di masyarakat. Masyarakat sering mengeluh terhadap kondisi kelangkaan bahan bakar gas di lapangan. Antrian panjang di pangkalan-pangkalan atau distributor penyalur gas menjadi pemandangan yang tidak baik berkaitan dengan kondisi kehidupan masyarakat Aceh. Selain masalah antrian, harga juga bervariasi mulai dari tingkat pangkalan sampai pada tingkat pengecer. Bahkan harga bahan bakar gas tersebut untuk daerah-daerah tertentu mencapai Rp. 35.000,- per tabung, yang mana hal ini menjadi masalah yang serius terutama bagi masyarakat ekonomi lemah. Selain permasalahan bahan bakar gas, sampah juga ikut memberi andil terhadap berbagai persoalan yang terdapat dalam kehidupan masyarakat Aceh. Sampah-sampah tersebut dapat dijumpai dalam jumlah yang cukup banyak, terutama di daerah pusat pasar tradisional. Bukan hanya di pasar, bahkan sampah ini sangat mudah dijumpai disepanjang jalan tertentu dalam bentuk tumpukan hasil kegiatan usaha atau aktivitas rumah tangga (misalnya ampas tebu sisa pengolahan air tebu).

Sampah pasar dapat berupa bahan-bahan anorganik dan bahan-bahan organik. Sampah anorganik terdiri dari sampah plastik kresek, fiber, maupun pecahan-pecahan kaca. Sementara sampah organik umumnya terdiri dari buah-buahan dan sayuran yang telah rusak atau mengalami senescen, bahkan sebahagian ada yang sudah membusuk dan mengeluarkan bau yang tidak sedap. Sampah-sampah tersebut apabila diangkut ke tempat pembuangan

sampah dapat menyebabkan beberapa masalah terhadap lingkungan. Permasalahan yang ditimbulkan antara lain yaitu, produksi biogas, emisi senyawa organik mudah menguap, masalah kesehatan masyarakat, dan beberapa diantaranya dapat menyebabkan keracunan bagi tanaman (Thorneloe dan Pacey, 1994; Babae dan Shayegan, 2011).

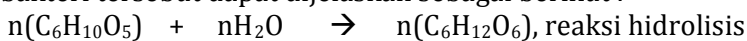
Sampah-sampah tersebut perlu dikelola dengan baik dalam upaya mengurangi efek yang tidak baik terhadap lingkungan maupun kesehatan masyarakat terutama sampah-sampah organik yang dapat dikonversi (diubah) menjadi suatu produk yang bernilai ekonomi tinggi. Salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah dengan mengkonversi bahan-bahan organik tersebut menjadi biogas sebagai bahan bakar alternatif. Metode yang digunakan untuk mengubah bahan-bahan organik menjadi biogas telah berkembang dengan baik selama beberapa tahun terakhir. Sumber energi yang berasal dari biogas telah banyak digunakan dalam upaya memenuhi kebutuhan energi masyarakat terutama di daerah-daerah pedesaan (Sagagi *et al.*, 2009).

Biogas didefinisikan sebagai gas yang dilepaskan (diemisikan) apabila bahan-bahan organik difermentasi atau mengalami proses metanisasi. Bahan-bahan organik tersebut dapat berupa kotoran ternak, kotoran manusia, jerami, sekam, serta sampah pasar yang terdiri dari buah-buahan dan sayuran atau daun-daunan hasil sortiran. Biogas adalah gas yang mudah terbakar (*flammable*) yang dihasilkan dari proses fermentasi atau metanisasi bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerobik yakni bakteri-bakteri yang dapat hidup dalam kondisi kedap atau hampa udara (Hambali *et al.*, 2008). Biogas merupakan salah satu solusi yang efisien dan efektif terhadap penyediaan sumber energi alternatif (Al Mamun dan Torii, 2014; Kaygusuz dan Kaygusuz, 2002).

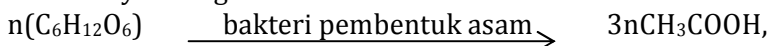
Produksi biogas meliputi fermentasi dan metanisasi dalam lingkungan anaerobik melalui empat tahapan proses yang dinamakan hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis (Viktor *et al.*, 2014). Tahap pertama adalah hidrolisis polimer menjadi molekul-molekul sederhana. Molekul-molekul ini akan menjadi substrat bagi mikroorganisme di tahap kedua untuk dikonversi menjadi asam-asam organik oleh bakteri pembentuk asam (Sagagi *et al.*, 2009). Pada proses asidogenesis, hasil hidrolisis diubah oleh bakteri asidogenik (fermentatif) menjadi substrat bagi bakteri metanogenik. Asam-asam organik terutama asam asetat menjadi substrat pada tahap selanjutnya

untuk dirubah menjadi gas metana dan karbon dioksida oleh bakteri pembentuk gas metana (metanogenik). Proses ini dinamakan metanogenesis. Produk intermediat yang merupakan hasil dari proses asidogenesis yang tidak dapat dikonversi langsung menjadi metana pada proses metanogenesis akan diubah menjadi substrat bagi bakteri metanogenik selama proses asidogenesis (Sagagi *et al.*, 2009; Viktor *et al.*, 2014).

Rangkaian reaksi-reaksi biokimia yang melibatkan beberapa jenis bakteri tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :



glukosa hasil hidrolisis dari polisakarida akan digunakan sebagai substrat oleh bakteri pembentuk asam untuk dikonversi menjadi asam organik yang dalam banyak kasus adalah asam asetat. Reaksinya sebagai berikut :



tahap selanjutnya adalah asam asetat ini akan dijadikan sebagai substrat oleh bakteri pembentuk gas metana untuk diubah menjadi gas metana dan karbon dioksida.

$3nCH_3COOH \xrightarrow{\text{bakteri pembentuk metana}} CH_4$  (metana) +  $CO_2$  (karbon dioksida). Keberadaan karbon dioksida ( $CO_2$ ) dan hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) di dalam biogas tidak diharapkan. Gas-gas ini harus dihilangkan untuk meningkatkan performa biogas sebagai bahan bakar alternatif. Karbon dioksida dapat dihilangkan dengan mengalirkan gas ke dalam air kapur [ $Ca(OH)_2$ ] untuk membentuk kalsium karbonat ( $CaCO_3$ ) yang akan mengendap dan terpisah dari metana. Sementara itu, gas hidrogen sulfida dihilangkan dengan mengalirkan gas tersebut di dalam larutan timbal asetat yang menghasilkan endapan timbal sulfida dan asam asetat (Sagagi *et al.*, 2009). Asam asetat selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan baku pada tahapan proses metanogenesis.

## TEKNOLOGI PRODUKSI BIOGAS

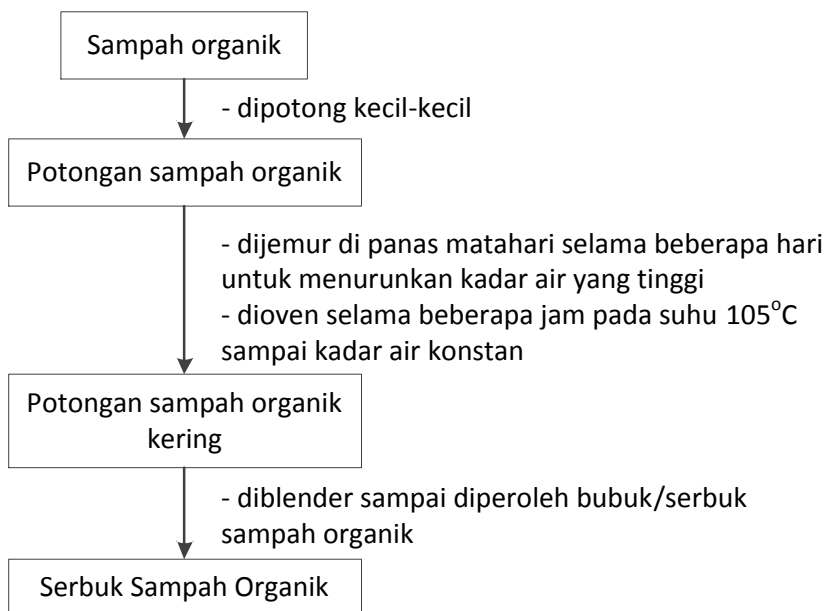
Metode atau teknik yang digunakan untuk menghasilkan biogas tidaklah begitu rumit. Teknologi yang dapat digunakan untuk produksi biogas adalah teknologi sederhana dan mudah untuk dilakukan. Prinsip kerja dalam proses pembuatan biogas adalah pencernaan secara anaerobik terhadap bahan-bahan organik oleh bakteri atau pun mikroorganisme-mikroorganisme yang dapat hidup pada kondisi lingkungan tanpa oksigen atau

ketersediaan oksigen dalam jumlah yang sangat sedikit dan terbatas. Bakteri-bakteri yang umum digunakan dalam proses ini diantaranya bakteri-bakteri pembentuk asam seperti *pseudomonas*, *escherichia*, *flavobacterium*, dan *alcaligenes* serta bakteri-bakteri pembentuk gas metana seperti *methanobacterium*, *methanosarchina*, dan *methanococcus* (Hambali *et al.*, 2008).

Pencernaan anaerobik adalah proses dekomposisi mikrobial dari bahan-bahan organik tanpa kehadiran oksigen (Viktor *et al.*, 2014). Pencernaan secara anaerobik melibatkan empat kelompok mikroorganisme yang dinamakan bakteri hidrolitik, asidogenik, asetogenik, dan metanogenik yang saling ketergantungan satu dengan yang lainnya. Bakteri hidrolitik berperan pada tahap pertama untuk mendegradasi bahan-bahan organik kompleks menjadi monomer-monomernya seperti gula (glukosa), asam amino, dan asam-asam lemak. Selanjutnya monomer-monomer dapat larut tersebut dikonversi menjadi asam organik rantai pendek, asam asetat, alkohol, hidrogen, dan karbon dioksida oleh bakteri asidogenik. Produk-produk asidogenesis selanjutnya dikonversi menjadi asam asetat oleh bakteri asetogenik dan akhirnya dikonversi menjadi metana oleh bakteri metanogenik (Wikandari *et al.*, 2014).

Bahan-bahan yang digunakan dalam proses ini merupakan bahan-bahan organik yang berasal dari sampah organik misalnya dari buah-buahan dan sayuran hasil sortiran. Bahan-bahan organik didegradasi menjadi asam-asam organik (asam-asam lemah) terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan dengan mendegradasi asam-asam tersebut menjadi gas metana oleh bakteri pembentuk gas metana (Hambali *et al.*, 2008). Sampah organik ini diberi beberapa perlakuan agar dapat digunakan dengan mudah pada saat diaplikasikan sebagai umpan dalam digester seperti yang terlihat pada Gambar 1 (Das dan Mondal, 2013a). Proses persiapan bahan dimulai dari pengecilan ukuran, pengeringan, sampai proses penggilingan menjadi serbuk.

### Persiapan Sampel Sampah Organik



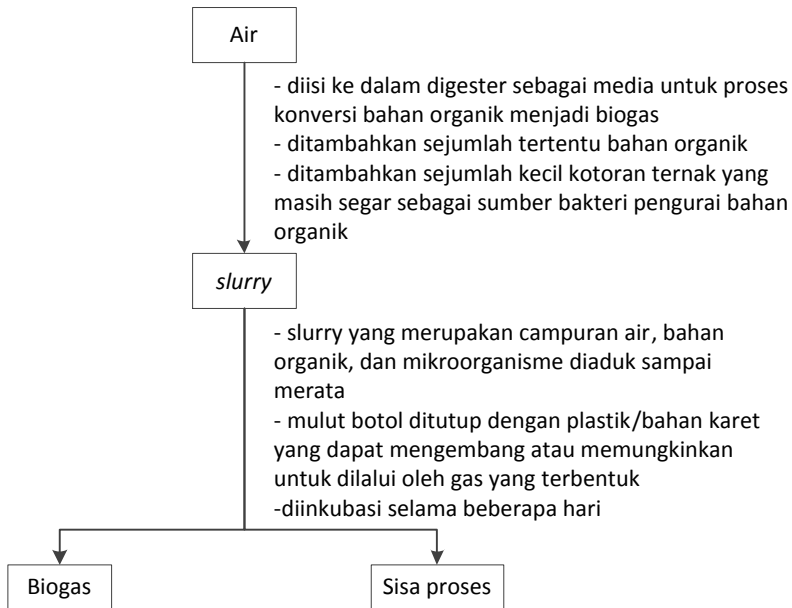
Gambar 1. Diagram alir persiapan sampah organik menjadi bahan baku biogas

Sampah-sampah organik diubah ke dalam ukuran yang lebih kecil. Potongan sampah tersebut selanjutnya dikeringkan di bawah panas sinar matahari selama beberapa hari. Bahan tersebut kemudian dimasukkan dalam oven dengan suhu 105°C untuk memastikan bahwa kadar air bahan tersebut sudah mengalami penurunan. Potongan sampah kering ini selanjutnya diblender untuk mendapatkan serbuk sampah kering yang nantinya digunakan sebagai bahan umpan di dalam digester pada proses produksi biogas.

### Proses Produksi Biogas

Sampel kering sampah organik dijadikan sebagai umpan dalam digester untuk proses produksi biogas secara anaerobik. Digester dapat berupa bahan yang terbuat dari *stainless steel* ataupun peralatan sederhana yang terbuat dari bahan atau botol plastik bekas air mineral (misal botol Aqua). Apabila hendak

diaplikasikan langsung pada masyarakat terutama di daerah pedesaan, teknologi proses pembuatan biogas menggunakan digester botol Aqua bekas merupakan suatu pilihan yang tepat karena biaya yang dikeluarkan masyarakat tidak terlalu besar. Diagram alir proses produksi biogas dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir proses produksi biogas (Cahyari dan Putra, 2010; Hambali *et al.*, 2008; Viktor *et al.*, 2014)

Kondisi operasi dalam proses produksi biogas oleh mikroorganisme secara umum dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain adalah temperatur, pH, asam-asam lemak volatil, populasi mikroorganisme, kandungan amonia, pengadukan (*stirring*), bahan penghambat, konsentrasi substrat (*slurry*), dan luas permukaan substrat (Deressa *et al.*, 2015; Sagagi *et al.*, 2009; Hambali *et al.*, 2008).

Selain hal tersebut di atas, laju produksi biogas juga bergantung kepada sifat alami dari substrat, laju pengumpanan, toksisitas, ketersediaan nutrisi bagi mikroorganisme, ukuran dan konstruksi dari digester, rasio karbon terhadap nitrogen (*C/N ratio*), waktu retensi, alkalinitas, pengumpanan awal (*initial feeding*), total asam mudah menguap, *chemical oxygen demand*

(COD), padatan mudah menguap (*volatile solids*), padatan total (*Total solid*), serta cairan-cairan volatil lainnya (Sagagi *et al.*, 2009).

### Temperatur

Biodigester secara umum dapat dioperasikan pada range temperatur : a) psikrofilik di bawah 28°C; b) temperatur medium mesofilik pada 29°C – 45°C; c) termofilik pada 50°C– 56°C. Pada dasarnya kondisi mesofilik lebih stabil dibandingkan kondisi termofilik di dalam proses pencernaan anaerobik untuk produksi biogas (Li *et al.*, 2009; Alvarez *et al.*, 2006). Temperatur mempengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangbiakan dari bakteri-bakteri yang terlibat dalam proses produksi biogas secara anaerobik. Pencernaan anaerobik dapat berlangsung pada suhu 5°C sampai dengan 55°C. Temperatur optimum untuk proses produksi biogas 35°C sampai dengan 37°C (Hambali *et al.*, 2008; Das dan Mondal, 2013b). Hasil penelitian Das dan Mondal (2013b) menunjukkan bahwa peningkatan suhu operasi pada proses pencernaan secara anaerobik dapat meningkatkan hasil akhir dari gas metana yang terbentuk di dalam digester. Deressa *et al.* (2015) menyatakan bahwa kondisi suhu mesofilik yaitu suhu 25 – 45°C diperbolehkan untuk proses produksi biogas secara anaerobik.

Jika penggunaan temperatur di bawah kondisi mesofilik, maka dimungkinkan terjadinya penurunan terhadap hasil (*yield*) dan dapat menghambat proses pembentukan dari biogas. Sathish dan Vivekanandan (2014), menyatakan temperatur optimum yang diamati dari percobaan pada kondisi termofilik 56°C telah memberikan hasil biogas dan kandungan metana yang lebih tinggi dibandingkan pada kondisi temperatur mesofilik dengan waktu pembakaran gas maksimum 30 menit. Persentase dari gas metana pada produksi biogas lebih tinggi pada kondisi termofilik dibandingkan kondisi mesofilik. Secara umum produksi biogas dari proses pencernaan anaerobik bergantung pada temperatur dan jumlah asam yang terbentuk. Secara ekonomis, proses produksi biogas pada kondisi termofilik dapat dilakukan pada suhu 56°C.

### Tingkat Keasaman (pH)

Mikroorganisme sangat sensitif terhadap perubahan pH. Oleh karena itu, sangat diperlukan bahan sejenis buffer yang dapat digunakan untuk mempertahankan pH di dalam sistem digester pada proses produksi biogas (Sagagi *et al.*, 2009). Proses

pencernaan secara anaerobik oleh mikroorganisme sangat dipengaruhi oleh tingkat keasaman (pH) dari sistem di dalam suatu digester. Maka dari itu, penting untuk menjaga pH sistem agar diperoleh sistem yang sehat sehingga proses pencernaan dapat berjalan dengan baik dan proses produksi biogas memberikan hasil yang positif. Menurut Deressa *et al.* (2015), interval pH yang sesuai untuk proses pencernaan secara anaerobik berada pada kisaran 6,7 – 7,4, sedangkan menurut Das dan Mondal (2013b) pH yang sesuai berada pada kisaran 5 – 7 dengan temperatur operasi 27°C. Dengan kata lain, interval pH yang boleh digunakan dalam proses pencernaan anaerobik untuk produksi biogas berada pada 5 – 7,5.

### Pengadukan (*Stirring*)

Pengadukan berfungsi untuk memecah lapisan kerak dipermukaan cairan dalam sistem yang menggunakan bahan baku yang sukar dicerna oleh mikroorganisme pengurai (misalnya jerami yang mengandung senyawa lignin). Lapisan kerak tersebut perlu dipecah untuk mengurangi hambatan terhadap laju produksi biogas (Hambali *et al.*, 2008). Namun, untuk bahan-bahan yang berasal dari sampah buah-buahan dan sayuran terutama yang sudah dijadikan serbuk (bubuk kering) tidak terlalu memerlukan pengadukan yang intensif. Pengadukan bahan serbuk dapat dilakukan pada saat awal pencampuran di dalam digester agar lebih homogen dan tidak mengapung dipermukaan air sebagai bahan pelarut.

### Bahan Penghambat

Bahan penghambat merupakan bahan-bahan yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme, sehingga berpengaruh terhadap volume biogas yang dihasilkan pada proses pencernaan anaerobik. Bahan penghambat tersebut dapat berupa logam-logam berat seperti tembaga, kromium, dan kadmium (Hambali *et al.*, 2008). Selain logam berat, deterjen, bahan disinfektan, dan antibiotik juga dapat berperan sebagai bahan penghambat dalam proses produksi biogas. Bahan-bahan tersebut dapat mematikan mikroorganisme yang berfungsi sebagai pengurai bahan-bahan organik dalam proses pembuatan biogas. Oleh karena itu, air yang digunakan dalam proses produksi biogas perlu diperiksa terlebih dahulu agar terbebas dari bahan-bahan



yang dapat mengkontaminasinya. Hal ini dimungkinkan untuk memperlancar proses produksi biogas dengan tujuan melindungi bakteri-bakteri yang dibutuhkan dalam proses pencernaan secara anaerobik.

### Konsentrasi Substrat (*Slurry*)

Konsentrasi substrat atau *slurry* berpengaruh terhadap hasil (*yield*) dari biogas. Apabila proses pencernaan anaerobik berlangsung secara alami tanpa bantuan katalis, konsentrasi 4% merupakan perlakuan terbaik dalam menghasilkan biogas (Das dan Mondal, 2013b). Semakin besar konsentrasi substrat (*slurry*), maka hasil biogas yang diperoleh semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh kemampuan kerja dari mikroorganisme pengurai yang terbatas terlebih jika dikaitkan dengan jumlah populasi dari mikroorganisme tersebut. Ibaratnya semakin banyak bahan yang harus diuraikan, maka diperlukan mikroorganisme pengurai yang lebih banyak. Jika bahannya terlalu banyak, sedangkan jumlah mikroorganisme pengurai sedikit, maka proses yang terjadi akan berjalan lambat dan proses penguraian terhadap bahan akan lebih lama. Hasil penelitian Das dan Mondal (2013b) memperlihatkan bahwa penggunaan katalis logam yang dapat bertindak sebagai co-enzim dan co-faktor secara umum dapat meningkatkan hasil (*yield*) dari biogas yang dibuat secara anaerobik.

### Luas Permukaan Kontak

Kontak antara mikroorganisme dengan substrat sebagai bahan baku proses produksi biogas memiliki peran penting terhadap hasil (*yield*) dari biogas (Deressa *et al.*, 2015). Luas permukaan kontak berhubungan dengan bagian dari substrat yang dapat melakukan kontak dengan bakteri-bakteri yang bekerja di dalam digester biogas. Luas permukaan kontak antara substrat dengan bakteri akan berpengaruh terhadap laju konversi bahan organik menjadi biogas. Luas permukaan kontak berkaitan erat dengan ukuran dari substrat yang diumpankan ke dalam digester biogas. Artinya, jika substrat dibuat dalam ukuran kecil dan halus (misalnya bubuk/serbuk), maka proses pencernaan yang dilakukan oleh bakteri-bakteri anaerobik dalam digester biogas akan lebih cepat dibandingkan dalam bentuk ukuran yang lebih besar. Luas permukaan kontak yang besar antara substrat dengan bakteri

dapat menghasilkan biogas dalam jumlah yang lebih banyak (Maheshwari dan Vasidevan, 1981).

### Sifat Alami Substrat

Sifat alami bahan berhubungan dengan konsentrasi atau jumlah kandungan bahan-bahan yang dapat larut dalam air di dalam suatu bagian tertentu dari tanaman. Secara alami, semakin tua umur tanaman maka konsentrasi dari gula, asam amino, prrotein, dan mineral yang dapat larut dalam air semakin menurun (Anderson, 1979). Hal disebabkan karena terjadinya peningkatan kandungan bahan-bahan yang tidak larut dalam air seperti lignin, selulosa, hemi selulosa, dan poliamida pada tanaman yang sudah berumur tua. Dengan kata lain, bahan-bahan sayuran dan buah-buahan dari tanaman muda akan lebih banyak yang dapat dikonversi menjadi biogas dibandingkan dengan tanaman tua (Sagagi *et al.*, 2009).

### Rasio Karbon Terhadap Nitrogen

Sumber nitrogen adalah penting untuk pertumbuhan bakteri dan perlu menjadi pertimbangan untuk meningkatkan produksi biogas (McCarty, 1964). Nitrogen dapat disuplai ke dalam sistem digester dalam bentuk sumber anorganik (misalnya nitrat), atau dalam bentuk nitrogen organik seperti urea atau kotoran hewan (Sterling *et al.*, 2001). Nitrogen berfungsi sebagai nutrisi dan menyediakan energi untuk pertumbuhan mikroorganisme. Kecukupan nutrisi bagi mikroorganisme dapat meningkatkan kinerja dari mikroorganisme tersebut. Artinya, produksi biogas akan meningkat. Di sisi lain, amonia yang merupakan sumber nitrogen, kehadirannya dalam sistem digester dapat menyebabkan keracunan pada mikroorganisme yang secara tidak langsung akan menurunkan konsentrasi total dari produksi gas metana (Chulalaksananukul *et al.*, 2012; Zhang dan Zhang, 1999). Rasio karbon terhadap nitrogen yang baik untuk substrat adalah antara 25 - 30 (Hartmann *et al.*, 2000).

### Umpan Awal (*Initial Feeding*)

Kotoran ternak yang terbentuk dari hasil proses metabolisme dalam tubuh hewan sangat dipengaruhi oleh bahan-bahan

makanan yang diberikan pada saat pemberian umpan (Sagagi *et al.*, 2009). Bahan-bahan tersebut akan mempengaruhi komposisi kimia dari kotoran yang dihasilkan. Komposisi kimia dalam kotoran ternak tersebut akan sangat mempengaruhi jumlah bahan yang dapat dikonversi menjadi biogas oleh bakteri-bakteri anaerobik yang berperan di dalam digester biogas.

### Aplikasi Biogas

Kandungan kimiawi dari biogas dapat berupa gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dengan kadar 50 - 75% volume, karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) sebesar 20 - 45% volume, 2 - 7% volume uap air (diukur pada 20 - 40°C), 20 - 20.000 ppm hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ), <2% volume gas nitrogen ( $\text{N}_2$ ), <2% volume gas oksigen ( $\text{O}_2$ ), <1% volume gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ), dan sejumlah kecil gas amonia ( $\text{NH}_3$ ) (Kaltscmitt dan Hartmann, 2001 *dalam* Hambali *et al.*, 2008; Maishanu *et al.*, 1990 *dalam* Al Mamun dan Torii, 2014).

Aplikasi dari sistem reaktor biogas memiliki beberapa keuntungan, diantaranya adalah dapat mengurangi efek rumah kaca, mengurangi bau yang tidak sedap dari sampah-sampah organik, mencegah penyebaran penyakit, sebagai sumber panas, dan sumber tenaga atau daya listrik. Bahan bakar biogas yang dihasilkan dari proses pencernaan secara anaerobik dapat dipergunakan untuk kebutuhan panas seperti kompor, pemanas mesin penetas telur, penerangan, dan menghidupkan energi listrik sehingga dapat menghidupkan alat-alat elektronik (Inpurwanto, 2012). Haryati (2006) menyatakan bahwa hasil utama reaktor biodigester anaerobik adalah bahan bakar biogas yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti bahan bakar kompor rumah tangga, penerangan rumah, dan menyalakan alat elektronik melalui genset yang menggunakan bahan bakar biogas.

### Produk Samping dari Proses Produksi Biogas

Selain bertujuan untuk proses pembuatan bahan bakar sebagai sumber energi alternatif, proses produksi biogas juga dapat digunakan sebagai sumber produksi untuk pengadaan pupuk organik (Deressa *et al.*, 2015). Sisa dari hasil produksi biogas dapat digunakan atau dimanfaatkan sebagai pupuk. Campuran sisa proses dengan pupuk organik dapat meningkatkan kinerja pupuk

organik terhadap produksi hasil-hasil pertanian (Sagagi *et al.*, 2009).

Menurut Marchaim (1992) dalam Inpurwanto (2012), hasil samping dari proses produksi biogas yang berupa limbah bioreaktor (*slurry*), dapat digunakan untuk pupuk organik tanaman, pupuk organik kolam perikanan, dan campuran bahan pembuat pellet pakan ikan. Pupuk organik hasil limbah pemrosesan biogas mempunyai kandungan unsur hara yang tidak terdapat di dalam pupuk lain dan pemberian pada kolam ikan dapat menyuburkan plankton yang merupakan pakan alami dari ikan atau hewan budidaya perairan lainnya.

Pemanfaatan limbah sisa produksi biogas, secara ekonomi akan sangat kompetitif seiring meningkatnya harga pupuk anorganik yang pemanfaatannya semakin tinggi yang berakibat rusaknya struktur fisik, kimia, dan biologi tanah. Penggunaan pupuk sisa proses produksi biogas merupakan teknologi baru dalam usaha di bidang pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (Inpurwanto, 2012).

## KESIMPULAN

Sampah organik merupakan salah satu bahan baku potensial untuk proses produksi biogas sebagai bahan bakar alternatif. Bahan-bahan organik diuraikan menjadi biogas melalui tiga proses utama meliputi hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis. Hidrolisis merupakan proses penguraian senyawa rantai panjang seperti lemak, karbohidrat, dan protein menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana. Asidogenesis adalah proses pembentukan asam-asam organik yang didalamnya mendukung terhadap pertumbuhan dan perkembangan dari sel-sel bakteri. Pada proses asidogenesis, hasil hidrolisis diubah oleh bakteri asidogenik menjadi substrat bagi bakteri metanogenik. Gula sederhana, asam amino, dan asam-asam lemak didegradasi asam asetat, karbon dioksida, hidrogen, asam lemak mudah menguap, dan alkohol. Tahap akhir proses adalah metanogenesis yang merupakan proses produksi dari metana dan CO<sub>2</sub> dari produk intermediet dengan bantuan bakteri metanogenik.

Kondisi operasi dalam proses produksi biogas sangat dipengaruhi oleh temperatur, pH, pengadukan (*stirring*), bahan penghambat, konsentrasi substrat (*slurry*), dan luas permukaan

substrat. Selain itu, laju produksi biogas juga bergantung kepada sifat alami dari substrat, laju pengumpulan, toksisitas, ketersediaan nutrisi bagi mikroorganisme, ukuran dan konstruksi dari digester, rasio karbon terhadap nitrogen (*C/N ratio*), waktu retensi, alkalinitas, umpan awal (*initial feeding*), total asam mudah menguap, *chemical oxygen demand* (COD), padatan total (*Total solid*), serta cairan-cairan volatil lainnya. Komposisi utama biogas hasil produksi secara anaerobik oleh bakteri-bakteri pengurai meliputi metana, karbon dioksida, uap air, gas nitrogen, gas oksigen, gas hidrogen, amonia, dan gas H<sub>2</sub>S.

Nilai positif yang dapat diambil dari proses konversi bahan-bahan organik menjadi biogas adalah gas metana sebagai produk utama sumber bahan bakar alternatif yang aman dan ramah lingkungan. Hasil samping yang berupa cair lumpur organik aktif, dapat digunakan sebagai pupuk organik. Keuntungan lain dari proses ini adalah menurunkan nilai *chemical oxygen demand* (COD), *total volatile solids* (Vs), *total solid* (Ts), bakteri *coliform*, patogen, parasit, dan bau yang tidak sedap.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Al Mamun MR, dan Torii S. 2014. Production of biomethane from cafeteria, vegetable and fruit wastes by anaerobic co-digestion process. *Journal of Agricultural Technology*, vol 1(2) : pp. 94 – 99.
- Alvarez R, Villica R dan, Liden G. 2006. *Biomass and Bioenergy*. 30: 66-75
- Anderson RE. 1979. *Biological path to self reliance*. New York : Van No Stand Reinhold Company, pp. 219 – 307.
- Babae A, dan Shayegan J. 2011. Effect of organic loading rate (OLR) on production of methane from anaerobic digestion of vegetables waste. Linkoping, Sweden : *World Renewable Energy Congress*.
- Cahyari K, dan Putra RA. 2010. Design of biogas plant from fruit market waste in Indonesia. Berlin, Jerman : *Renewable Energy Conference*, 12 – 13 October 2010.
- Chulalaksananukul S, Sinbuathong N, dan Chulalaksananukul W. 2012. Bioconversion of pineapple solid waste under anaerobic condition through biogas production. *KKU Res. J.* 17 (5) : 734 – 742.

- Das A, dan Mondal C. 2013a. Catalytic effect of Tungsten on anaerobic digestion process for biogas production from fruit and vegetable wastes. *International Journal of Scientific Engineering and Technology*, vol 2(4) : pp. 216 – 221.
- Das A, dan Mondal C. 2013b. Study on the utilization of fruit and vegetable waste for generation of biogas. *International Journal of Scientific Engineering and Technology*, vol 3(9) : pp. 24 – 32.
- Deressa L, Libsu S, Chavan RB, Manaye D, dan Dabassa A. 2015. Production of biogas from fruit and vegetable wastes mixed with different wastes. *Environmental and Energy Research*, vol 3(3) : pp. 65 – 71.
- Hambali E, Mujdalipah S, Tambunan AH, Pattiwiri AW, dan Hendroko R. 2008. *Teknologi bioenergi*. Jakarta : Agromedia Pustaka.
- Hartmann, Angedilaki HI, dan Ahring BK. 2000. Increase of anaerobic degradation of particulate organic matter in full scale biogas plant by mechanical maceration. *Water Science Technology*. 41 93) : pp. 145 – 153.
- Haryati T. 2006. Biogas limbah peternakan yang menjadi sumber energi alternatif. *Wartazoa* 16 (3) : pp. 160 – 169.
- Inpurwanto. 2012. Produksi biogas dari limbah peternakan ayam dengan penambahan beban organik dan waktu tinggal hidraulik pada biodigester anaerob sistem kontinyu. Surakarta : Universitas Sebelas Maret. [Tesis].
- Kaygusuz K, dan Kaygusuz A. 2002. Renewable energy and sustainable development in turkey. *Renewable energy*, vol 25 : pp. 431 – 453.
- Li X, Li L, Zheng M, Fu G, dan Lar JS. 2009. Anaerobic Co-Digestion of Cattle Manure with Corn Stover Pretreated by Sodium Hydroxide for Efficient Biogas Production. *Energy and Fuels*, 23 (9), pp 4635–4639.
- Maheshwari RC, dan Vasidevan P. 1981. Chemical and biochemical aspect of biogas production. *Biogas technology*, vol 1. New Delhi : Centre for Rural Development and Appropriate Technology, pp. 24 – 27.
- Maishanu SM, Musa M, dan Sambo AS. 1990. Biogas Technology : The output of the sokoto energy research centre. *Nigerian J. of Solar Energy*, vol 9 : pp. 183 – 194.

- Marchaim U. 1992. *Biogas processes for sustainable development*. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Italy : Vialle delle Terme Caracalla Roma.
- McCarty PL. 1964. *Anaerobic waste treatment fundamental : environmental requirements and control*. New York : Public Works.
- Sagagi BS, Garba B, dan Usman NS. 2009. Studies on biogas production from fruit and vegetables waste. *Bajopas*, vol 2(1) : 115 – 118.
- Sathish S, dan Vivekanandan S. 2014. Effect of Mesophilic and Thermophilic Temperature on Floating drum anaerobic biogas digester. *IJMME-IJENS Vol 14(6)* : pp.39 – 43.
- Sterling MC, Lacey RE, Ingler CR, dan Ricke SC. 2001. Effect of ammonia nitrogen on H<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> production during anaerobic digestion of dairy cattle manure. *Bioresource Technology*, 77 : pp. 9 – 18.
- Thorneloe SA, dan Pacey JG. 1994. Landfill gas utilization-database of North American Project. *Proc. 17<sup>th</sup> Annual Landfill Gas Symposium*. Silver Spring, Maryland : Solid Waste Association of north America, pp. 197 – 208.
- Viktor R, Shajin S, Roshni RM, dan Asha SR. 2014. Augmentative invention of biogas from the agronomic wastes using facultative anaerobic bacterial strain. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, vol 3(4) : pp. 556 – 564.
- Wikandari R, Millati R, Cahyanto MN, dan Taherzadeh MJ. 2014. Biogas production from citrus waste by membrane bioreactor. *Membranes*, 4 : pp. 596 – 607.
- Zhang R, dan Zhang Z. 1999. Biogasification of rice straw with anaerobic-phase solids digestion system. *Bioresource Technology*.
-

# **Pengaruh Jenis Media Tanam dan Konsentrasi Pupuk Organik Cair terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Terung Ungu (*Solanum melongena* L.)**

*(Effect of Planting Media type and concentration of Liquid Organic Fertilizer on the Growth and Yield Plant Purple Eggplant (*Solanum melongena* L.)*

Lilis Marhawi, Rita Hayati, Marai Rahmawati

*Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala Darussalam Banda Aceh, Email:ritanabila@yahoo.com*

## **Abstract**

*This study aims to determine the effect of growing media types and concentrations of liquid organic fertilizer as well as the interaction between the two on the growth and yield of eggplant purple. The research design used a randomized block design (RAK) 3 x 4 factorial design with three replications. There are two factors studied were the type of growing media (soil + compost of rice straw, soil + compost sawdust and ground + Water hyacinth compost volume ratio 1: 1) and the concentration of liquid organic fertilizer (0, 2, 4 and 6 ml / L). Parameters observed were plant height and trunk diameter respectively aged 15, 30 and 45 Days After Planting (DAT), the number of productive branches 60 HST, fruit length, fruit diameter, number of fruit crops, weight per fruit and fruit weight per plant. The results showed that the planting medium significant effect on plant height and trunk diameter respectively aged 15, 30 and 45 DAT, the number of productive branches, number of fruits per plant, weight of fruit crops and significantly affected parameters fruit length, fruit diameter, weight per fruit, and Media planting soil + compost of rice straw showed the best value in enhancing the growth and yield of eggplant purple, based parameters plant height at 15 and 45 days after planting, stem diameter ages 15, 30 and 45 days after planting, the number of branches of productive age 60 HST (3:33 branch), fruit length (17.71 cm), fruit diameter (4.70 cm), number of fruit per plant (4:58 fruit), weight per fruit (120.34 grams) and fruit weight per plant (543.77 grams). The concentration of liquid organic fertilizer significantly affected fruit length parameter,*



*mestipun statistically did not show a significant difference to the concentration difference. Treatment without liquid organic fertilizer has the highest fruit length is 18.83 cm.*

**Keywords:** *eggplant, liquid organic fertilizer, compost*

### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis media tanam dan konsentrasi pupuk organik cair serta interaksi antara keduanya terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman terung ungu. Rancangan penelitian yang digunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) pola faktorial 3 x 4 dengan 3 ulangan. Terdapat dua faktor yang diteliti yaitu jenis media tanam ( tanah + kompos jerami padi, tanah + kompos serbuk gergaji dan tanah + kompos eceng gondok perbandingan volume 1:1) dan konsentrasi pupuk organik cair ( 0, 2, 4 dan 6 ml/L). Parameter yang diamati yaitu tinggi tanaman dan diameter batang masing-masing umur 15, 30 dan 45 Hari Setelah Tanam (HST), jumlah cabang produktif 60 HST, panjang buah, diameter buah, jumlah buah pertanaman, berat per buah dan berat buah per tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media tanam berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman dan diameter batang masing-masing umur 15, 30 dan 45 HST, jumlah cabang produktif, jumlah buah per tanaman, berat buah pertanaman dan berpengaruh nyata terhadap parameter panjang buah, diameter buah, berat per buah, dan Media tanam tanah + kompos jerami padi menunjukkan nilai terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman terung ungu, berdasarkan parameter tinggi tanaman umur 15 dan 45 HST, diameter batang umur 15, 30 dan 45 HST, jumlah cabang produktif umur 60 HST (3.33 cabang), panjang buah (17.71 cm), diameter buah (4.70 cm), jumlah buah per tanaman (4.58 buah), berat per buah (120.34 gram) dan berat buah per tanaman (543.77 gram). Konsentrasi pupuk organik cair berpengaruh nyata terhadap parameter panjang buah, meskipun secara statistik tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap perbedaan konsentrasi. Perlakuan tanpa pemberian pupuk organik cair memiliki panjang buah tertinggi yaitu 18.83 cm.

**Kata kunci:** *terung, pupuk organik cair, kompos*

## PENDAHULUAN

Tanaman terung (*Solanum melongena* L.) merupakan salah satu sayuran buah yang banyak digemari, diantaranya karena buahnya mempunyai berbagai warna, terutama ungu, hijau, dan putih. Terung ini mengandung 26 kalori pada setiap 100 g bahan mentah terung, protein 1 g, karbohidrat 0,02 g, vitamin B 0,04 g, vitamin C 5 g. Pembudidayaan terung umumnya masih bersifat sampingan di lahan pekarangan, tegalan, ataupun lahan sawah di musim kemarau (Rukmana, 1994).

Badan Pusat Statistik (2012) menyatakan bahwa produksi terung tahun 2011 sebanyak 519.481 ton dan pada tahun 2012 sebanyak 518.448 ton, dan pada tahun

2013 sebanyak 225.771 ton. Rendahnya produksi terung tersebut sangat dipengaruhi oleh teknik budidaya dan tingkat kesuburan tanah.

Dalam usaha peningkatan produktivitas dan penggunaan tanah secara efisien maka kesuburan tanah harus terjaga seperti tata air, udara dan unsur hara tersedia sesuai kebutuhan tanaman. Bahan organik sangat berperan dalam pembentukan struktur tanah sehingga infiltrasi dan kemampuan menyimpan airnya baik dan stabil (Setyamidjaja, 1986).

Media tanam merupakan salah satu faktor yang harus diperhatikan, karena dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman untuk mendapatkan hasil yang optimal maka media tanam harus disesuaikan dengan tanaman, salah satunya adalah jerami padi yang sudah menjadi kompos. Selain penggunaan jerami, padi, serbuk gergaji dan eceng gondok juga memberikan keuntungan yang tinggi apabila dijadikan kompos (Djaja *et al.*, 2003).

Kompos merupakan bahan organik seperti daun, rumput, jerami yang telah melapuk karena interaksi dengan mikroorganisme yang bekerja di dalamnya, kelangsungan hidup mikroorganisme didukung oleh keadaan lingkungan yang basah dan lembab. Pengomposan merupakan penguraian dan pemantapan bahan-bahan organik secara biologis dalam temperatur thermophilik (suhu tinggi) untuk diaplikasikan ke tanah (Murbandono, 2006 *dalam* Suharsi dan Sari, 2013).

Penggunaan pupuk merupakan suatu kebutuhan bagi tanaman untuk mencukupi kebutuhan nutrisi dan menjaga keseimbangan hara yang tersedia selama siklus pertumbuhan tanaman. Penggunaan pupuk dan zat pengatur tumbuh merupakan salah satu yang tepat untuk diterapkan, pemupukan dapat dilakukan melalui tanah dan daun, pemupukan melalui daun lebih efisien karena proses penyerapan haranya lebih cepat (Setyamidjaja, 1986)

Menurut Suhadi, (1990) *dalam* Jumini dan Marliah, (2009), faktor yang mempengaruhi keberhasilan pemupukan melalui daun adalah konsentrasi larutan,

jenis tanaman dan waktu pemberian. Sejalan dengan pendapat Lingga dan Marsono (2007), pemberian pupuk daun secara berlebihan akan menyebabkan gejala pada daun seperti daun mudah terbakar, layu dan akhirnya gugur.

Pupuk organik terdapat dalam bentuk padat dan cair, kelebihan pupuk organik yang berbentuk cair adalah penyerapan unsur hara oleh tanaman juga lebih mudah. Salah satunya adalah pupuk organik cair Ratu Biogen. Pupuk organik cair Ratu Biogen mengandung unsur hara NPK dan beberapa zat pengatur tumbuh (hormon tumbuhan) yang diperlukan tanaman antara lain GA<sub>3</sub>, GA<sub>5</sub>, GA<sub>7</sub>, sitokinin, kinetin, zinetin, dan auksin. Kandungan ZPT dan unsur hara tersebut dalam kondisi yang seimbang sehingga dapat memacu pertumbuhan tanaman (Admin, 2011).

Permasalahan yang dapat dikemukakan dalam penelitian ini adalah bagaimana meningkatkan hasil tanaman terung ungu melalui jenis media tanam dan konsentrasi pupuk organik cair yang tepat sehingga diharapkan tanaman terung ungu mempunyai nilai produksi tinggi. Penelitian ini dibudidayakan secara organik, terung organik dapat memberikan harga pasar yang lebih tinggi sehingga dapat menjadi salah satu upaya dalam peningkatan hasil tanaman terung ungu.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis media tanam dan konsentrasi pupuk organik cair serta interaksi antara keduanya terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman terung ungu.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Percobaan dan Laboratorium Hortikultura Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala, mulai dari bulan Juni sampai bulan September 2014.

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah benih terung varietas Mustang F1, jumlah benih yang digunakan adalah 150 benih, larutan EM4, dedak dan polibag (kapasitas 10 kg sebanyak 108 lembar). Jenis media tanam yang digunakan yaitu tanah (300 kg), kompos jerami padi (100 kg), kompos serbuk gergaji (100 kg) dan kompos eceng gondok (100 kg), Pupuk yang digunakan adalah pupuk organik cair Ratu Biogen sebanyak 432 ml, alat yang digunakan adalah gembor, meteran, timbangan duduk, *sprayer* ukuran 1000 ml, jangka sorong, kalkulator, papan nama, alat tulis dan kamera.

### Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) pola factorial 3 x 4. Terdapat dua faktor yang akan diteliti yaitu jenis media tanam (M) dan konsentrasi pupuk organik cair (P) Faktor pertama, jenis media tanam (M) terdiri dari 3 taraf yaitu: M<sub>1</sub> : Tanah + Kompos Jerami Padi (volume 1:1), M<sub>2</sub> : Tanah + Kompos Serbuk Gergaji (volume 1:1), M<sub>3</sub> : Tanah + Kompos Eceng Gondok (volume 1:1). Faktor kedua, konsentrasi pupuk organik cair (P) terdiri dari 4 taraf yaitu: P<sub>0</sub> : Kontrol, P<sub>1</sub> : 2 ml/L, P<sub>2</sub> : 4 ml/L, P<sub>3</sub> : 6 ml/L

Secara keseluruhan terdapat 12 kombinasi perlakuan masing-masing kombinasi perlakuan memiliki 3 ulangan sehingga penelitian ini mempunyai 36 satuan percobaan setiap satuan percobaan terdiri dari 2 tanaman.

### Pengamatan

- a. Tinggi Tanaman (cm)  
Pengukuran tanaman dilakukan pada umur 15, 30 dan 45 HST, diukur dari pangkal batang yang sudah ditandai sampai dengan titik tumbuh tertinggi.

- b. Diameter Batang (mm)  
Diameter batang diukur pada saat tanaman berumur 15, 30 dan 45 HST dengan menggunakan jangka sorong. Pengukuran dilakukan pada pangkal batang yang telah diberi tanda 2 cm dari permukaan tanah.
- c. Jumlah Cabang Produktif (cabang)  
Jumlah cabang produktif dihitung berdasarkan jumlah cabang yang menghasilkan buah pertanaman. Pengamatan dilakukan pada umur 60 HST.
- d. Panjang Buah (cm)  
Pengamatan panjang buah diukur menggunakan meteran dari pangkal buah sampai ujung buah. Pengukuran dilakukan pada setiap tanaman dipanen.
- e. Diameter Buah (cm)  
Setiap tanaman diukur diameter buah yang terbesar dengan menggunakan jangka sorong dari pangkal buah sampai ujung buah.
- f. Jumlah Buah per tanaman (buah)  
Pengamatan jumlah buah per tanaman dihitung berdasarkan jumlah buah dari hasil panen per tanaman.
- g. Berat per buah (gram)  
Pengamatan berat per buah dilakukan dengan menimbang setiap sampel pertanaman dengan menggunakan timbangan duduk.
- h. Berat buah per tanaman (gram)  
Berat buah per tanaman diperoleh dengan menimbang seluruh buah pada setiap tanaman dipanen menggunakan timbangan duduk.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Tinggi Tanaman

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan media tanam berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman pada umur 15 dan 45 HST, namun pemberian pupuk organik cair berpengaruh tidak nyata terhadap parameter tinggi tanaman. Rata-rata tinggi tanaman terung pada umur 15 dan 45 HST dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata tinggi tanaman terung ungu pada umur

## 15 dan 45 HST pada perlakuan media tanam dan konsentrasi pupuk organik cair

P	Tinggi Tanaman (cm)	
	15 HST	45 HST
Me		
Tanah + Kompos Jerami Padi	12.07 b	46.93 c
Tanah + Kompos Serbuk Gergaji	10.15 a	34.49 a
Tanah + Kompos Eceng Gondok	11.24 ab	39.73 b
<b>B</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
Pupuk Organik Cair		
Tanpa Pupuk Organik Cair (POC)	1	3
Konsentrasi POC 2 ml/liter	1	4
Konsentrasi POC 4 ml/liter	1	3
Konsentrasi POC 6 ml/liter	1	4
<b>B</b>	-	-

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda nyata pada taraf peluang 5% ( Uji BNJ0.05)

Tabel 1 menunjukkan perlakuan media tanam tanah + kompos jerami padi (M<sub>1</sub>) pada umur 15 HST memberikan nilai terbaik yaitu 12.07 cm yang berbeda nyata dengan media tanam tanah + kompos serbuk gergaji (M<sub>2</sub>) tetapi tidak berbeda nyata dengan tanah + kompos eceng gondok (M<sub>3</sub>). Perlakuan media tanam tanah + kompos jerami padi (M<sub>1</sub>) pada umur 45 HST memberikan nilai terbaik yaitu 46.93 cm yang berbeda nyata terhadap media tanam tanah + kompos serbuk gergaji (M<sub>2</sub>) dan tanah + kompos eceng gondok (M<sub>3</sub>). Konsentrasi pupuk organik cair memberikan pengaruh yang tidak nyata terhadap tinggi tanaman terung ungu.

Pada tanaman umur 30 HST terdapat interaksi yang nyata antara perlakuan media tanam dan konsentrasi pupuk organik cair terhadap parameter tinggi tanaman terung ungu. Rata-rata tinggi tanaman terung pada umur 30 HST dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata tinggi tanaman terung ungu umur 30 HST pada perlakuan media tanam dan konsentrasi pupuk organik cair

Perlakuan	Tinggi Tanaman Umur 30 HST (cm)				BNJ0.05
	P0	P1	P2	P3	
M1	24.52 Ba	26.35 Ba	24.25 Ba	22.83 Ba	5 . 2 7
M2	15.28 Aa	13.37 Aa	15.83 Aa	15.33 Aa	
M3	18.42 ABa	24.67 Bb	18.83 Aa	22.67 Bab	

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama ( Huruf kapital pada kolom yang sama, huruf kecil pada baris yang sama) tidak berbeda nyata pada taraf peluang 5%(Uji BNJ 0.05), Huruf Kapital : Media Tanam, Huruf kecil: Konsentrasi Pupuk Organik Cair, M<sub>1</sub>: Tanah + kompos jerami padi, M<sub>2</sub>: Tanah + kompos serbuk gergaji, M<sub>3</sub>: Tanah + kompos eceng gondok. P<sub>0</sub> : Tanpa Pupuk Organik Cair, P<sub>1</sub>: Konsentrasi Pupuk Organik Cair 2 ml/L , P<sub>2</sub>: Konsentrasi Pupuk Organik Cair 4 ml/L, P<sub>3</sub>: Konsentrasi Pupuk Organik Cair 6 ml/L.

Tabel 2 menunjukkan perlakuan media tanam tanah + kompos eceng gondok dengan konsentrasi pupuk organik cair 2 ml/L (M<sub>3</sub>P<sub>1</sub>) menunjukkan interaksi yang terbaik dibandingkan dengan perlakuan lain, walaupun secara statistik tidak terdapat perbedaan yang nyata terhadap perlakuan media tanam tanah + kompos eceng gondok dengan konsentrasi pupuk organik cair 6 ml/L (M<sub>3</sub>P<sub>3</sub>). Pemberian konsentrasi pupuk organik cair menunjukkan perbedaan yang tidak nyata terhadap parameter tinggi tanaman umur 30 HST, tetapi secara statistik terdapat perbedaan yang nyata pada perlakuan media tanam.

### Diameter Batang

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan media tanam berpengaruh sangat nyata terhadap diameter batang pada umur 15, 30 dan 45 HST, namun pemberian pupuk organik cair berpengaruh tidak nyata terhadap parameter diameter batang umur 15, 30 dan 45 HST. Rata-rata diameter batang terungu dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata diameter batang terungu pada perlakuan media tanam dan pupuk organik cair

P	Diameter Batang (mm)		
	15 HST	30 HST	45 HST
Media Tanam			
Tanah + Kompos Jerami Padi	2.00 b	5.04 b	11.04 b
Tanah + Kompos Serbuk	1.25 a	3.54 a	9.04 a
Tanah + Kompos Eceng	1.54 ab	4.46 ab	10.13 ab
<b>B</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Pupuk Organik Cair			
Tanpa Pupuk Organik Cair	1	3	9
Konsentrasi POC 2 ml/liter	1	4	10.28
Konsentrasi POC 4 ml/liter	1	4	9
Konsentrasi POC 6 ml/liter	1	4	10.44
<b>B</b>	-	-	-

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata pada taraf peluang 55 (Uji BN)0.05)

Tabel 3 menunjukkan perlakuan media tanam tanah + kompos jerami padi (M<sub>1</sub>) memberikan nilai diameter batang terbaik pada umur 15 HST yaitu 2.00 mm yang berbeda nyata dengan media tanam tanah + kompos serbuk gergaji (M<sub>2</sub>) tetapi tidak berbeda nyata dengan tanah + kompos eceng gondok (M<sub>3</sub>). Perlakuan media tanam tanah + kompos jerami padi (M<sub>1</sub>) memberikan nilai terbaik pada umur 30 HST yaitu 5.04 mm yang berbeda nyata dengan media tanam tanah + kompos serbuk



gergaji (M<sub>2</sub>) tetapi tidak berbeda nyata dengan tanah + kompos eceng gondok (M<sub>3</sub>). Perlakuan media tanam tanam + kompos jerami padi (M<sub>1</sub>) memberikan nilai terbaik pada umur 45 HST yaitu 11.04 mm yang berbeda nyata pada perlakuan tanam tanah + kompos serbuk gergaji (M<sub>2</sub>) tetapi tidak berbeda nyata dengan media tanam tanah + kompos eceng gondok (M<sub>3</sub>).

### Jumlah Cabang Produktif

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan media tanam berpengaruh sangat nyata terhadap jumlah cabang produktif. Tabel 4 menunjukkan perlakuan media tanam tanah + kompos jerami padi (M<sub>1</sub>) dan media tanam tanah + kompos eceng gondok (M<sub>3</sub>) merupakan media tanam yang terbaik yaitu 3.33 dan 2.75 yang berbeda nyata dengan media tanam tanah + kompos serbuk gergaji (M<sub>2</sub>). Rata-rata jumlah cabang produktif tanaman terung ungu dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata jumlah cabang produktif tanaman terung umur 60 HST pada perlakuan media tanam dan konsentrasi pupuk organik cair

P	
Me	Jumlah Cabang Produktif
Tanah + Kompos Jerami Padi	3
Tanah + Kompos Serbuk Gergaji	1
Tanah + Kompos Eceng Gondok	2
<b>B</b>	<b>0</b>
Pupuk Organik Cair	
Tanpa Pupuk Organik Cair (POC)	2
Konsentrasi POC 2 ml/liter	2
Konsentrasi POC 4 ml/liter	2
Konsentrasi POC 6 ml/liter	2
<b>B</b>	-

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata pada taraf peluang 5% ( Uji BNJ0.05)

## Panjang Buah

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan media tanam berpengaruh nyata terhadap parameter panjang buah. Rata-rata panjang buah terung ungu dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rata-rata panjang buah terung ungu pada perlakuan media tanam dan konsentrasi pupuk organik cair

P	Panjang Buah (cm)
Me	
Tanah + Kompos Jerami Padi	1
Tanah + Kompos Serbuk Gergaji	1
Tanah + Kompos Eceng Gondok	1
<b>B</b>	<b>2</b>
Pupuk Organik Cair	
Tanpa Pupuk Organik Cair (POC)	1
Konsentrasi POC 2 ml/liter	1
Konsentrasi POC 4 ml/liter	1
Konsentrasi POC 6 ml/liter	1
<b>B</b>	<b>2</b>

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata pada taraf peluang 5% ( Uji BNJ0.05)

Pada Tabel 5 perlakuan media tanam tanah + kompos jerami padi (M1) memberikan nilai terbaik pada parameter panjang buah yaitu 17.71 cm yang berbeda nyata dengan media tanam tanah + kompos serbuk gergaji (M2) tetapi tidak berbeda nyata dengan media tanam tanah + kompos eceng gondok (M3). Hasil analisis ragam (Uji F) juga menunjukkan pemberian konsentrasi pupuk organik cair berpengaruh nyata terhadap panjang buah, nilai tertinggi dijumpai pada perlakuan konsentrasi pupuk organik cair 0 ml/L (P0) yang berbeda nyata dengan konsentrasi 2 ml/L (P1) dan 6 ml/L (P3) tetapi tidak berbeda

nyata dengan konsentrasi 4 ml/L(P2).

### Diameter Buah

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan media tanam berpengaruh nyata terhadap parameter diameter buah terung ungu. Pada Tabel 6 perlakuan media tanam tanah + kompos jerami padi (M1) memberikan nilai terbaik yaitu 4.70 cm yang berbeda nyata dengan media tanam tanah + kompos serbuk gergaji (M2), tetapi tidak berbeda nyata dengan media tanam tanah + kompos eceng gondok (M3). Rata-rata diameter buah terung ungu dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata diameter buah terung ungu pada perlakuan media tanam dan pupuk organik cair

P	Diameter Batang
Me	(cm)
Tanah + Kompos Jerami Padi	4
Tanah + Kompos Serbuk Gergaji	3
Tanah + Kompos Eceng Gondok	4
<b>B</b>	<b>0</b>
Pupuk Organik Cair	
Tanpa Pupuk Organik Cair (POC)	4
Konsentrasi POC 2 ml/liter	3
Konsentrasi POC 4 ml/liter	4
Konsentrasi POC 6 ml/liter	4
<b>B</b>	-

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata pada taraf peluang 5% ( UJi BNJ0.05)

### Jumlah Buah per Tanaman

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan media tanam tanah + kompos jerami padi (M1) memberikan nilai terbaik yaitu 4.70 yang berbeda nyata dengan perlakuan media tanam tanah + kompos serbuk gergaji (M2) dan tanah + kompos eceng gondok (M3). Perlakuan media tanam tanah + kompos serbuk gergaji (M2) tidak berbeda nyata dengan media tanam tanah + kompos eceng gondok (M3). Rata-rata jumlah buah per tanaman dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Rata-rata jumlah buah pertanaman terung ungu pada perlakuan media tanam dan konsentrasi pupuk organik cair

P	Jumlah Buah Per Tanaman
Me	
Tanah + Kompos Jerami Padi	4
Tanah + Kompos Serbuk Gergaji	2
Tanah + Kompos Eceng Gondok	3
<b>B</b>	<b>0</b>
Pupuk Organik Cair	
Tanpa Pupuk Organik Cair (POC)	3
Konsentrasi POC 2 ml/liter	3
Konsentrasi POC 4 ml/liter	3
Konsentrasi POC 6 ml/liter	3
<b>B</b>	-

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata pada taraf peluang 5% ( Uji BNJ0.05)

### Berat per Buah

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan media tanam berpengaruh nyata terhadap parameter berat per buah terung ungu. Rata-rata berat per buah terung ungu dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Rata-rata berat per buah terung ungu pada perlakuan media tanam dan pupuk organik cair

P	
Me	Berat per Buah
Tanah + Kompos Jerami Padi	1
Tanah + Kompos Serbuk Gergaji	9
Tanah + Kompos Eceng Gondok	1
<b>B</b>	<b>2</b>
Pupuk Organik Cair	
Tanpa Pupuk Organik Cair (POC)	1
Konsentrasi POC 2 ml/liter	1
Konsentrasi POC 4 ml/liter	1
Konsentrasi POC 6 ml/liter	9
<b>B</b>	-

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata pada taraf peluang 5% (Uji BN) $0.05$ )

Tabel 8. menunjukkan perlakuan media tanam tanah + kompos jerami padi (M<sub>1</sub>) memberikan nilai terbaik yaitu 120.34 cm, yang berbeda nyata dengan perlakuan media tanam tanah + kompos serbuk gergaji (M<sub>3</sub>), tetapi tidak berbeda nyata dengan media tanam tanah + kompos eceng gondok (M<sub>3</sub>). Konsentrasi pupuk organik cair berpengaruh tidak nyata terhadap parameter berat per buah terung ungu.

### Berat Buah per Tanaman

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan media tanam berbeda nyata terhadap parameter berat buah per tanaman. Tabel 10 perlakuan media tanam tanah + kompos jerami padi (M<sub>1</sub>) memberikan nilai terbaik yaitu 543.77 gram yang berbeda nyata dengan media tanam tanah + kompos serbuk gergaji (M<sub>2</sub>) dan media tanam tanah + kompos jerami padi (M<sub>3</sub>). Konsentrasi pupuk organik cair berpengaruh tidak nyata terhadap parameter berat buah per tanaman. Rata-rata berat buah per tanaman dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Rata-rata berat buah per tanaman terung ungu pada

perlakuan media tanam dan pupuk organik cair

P	Berat Buah Per Tanaman (gram)
Me	
Tanah + Kompos Jerami Padi	5
Tanah + Kompos Serbuk Gergaji	2
Tanah + Kompos Eceng Gondok	3
<b>B</b>	<b>7</b>
<b>Pupuk Organik Cair</b>	
Tanpa Pupuk Organik Cair (POC)	3
Konsentrasi POC 2 ml/liter	4
Konsentrasi POC 4 ml/liter	3
Konsentrasi POC 6 ml/liter	3
<b>B</b>	<b>-</b>

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda nyata pada taraf peluang 5% (Uji BNJ0.05)

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Media tanam berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman 15 dan 45 HST, diameter batang 15, 30 dan 45 HST, jumlah cabang produktif, panjang buah, diameter buah, jumlah buah per tanaman, berat per buah dan berat buah per tanaman. Pertumbuhan dan hasil tanaman terung ungu yang terbaik terdapat pada perlakuan media tanam tanah + kompos jerami padi .
2. Konsentrasi pupuk organik cair berpengaruh tidak nyata terhadap panjang buah terung ungu. Perlakuan konsentrasi pupuk organik cair 0 ml/L memiliki panjang buah tertinggi yaitu 18.83 cm.

### Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan konsentrasi pupuk organik cair yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2012. Produksi Sayuran dan Buah-Buahan Semusimdi Indonesia. [http://www.bps.go.id/tab\\_sub/view.php?kat=3&tabel=1&daftar=1&id\\_subyek=55&notab=70](http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?kat=3&tabel=1&daftar=1&id_subyek=55&notab=70) [06 Maret 2014]
- Djaja, W., K. N. Suwardi dan B. L. Salman. 2003. Pengaruh Imbangan Kotoran Sapi Perah dan Serbuk Gergaji terhadap Kualitas Kompos. Fakultas Peternakan Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Jumini dan A. Marliah. 2009. Pertumbuhan dan hasil tanaman terung akibat pemberian pupuk daun gandasil d dan zat pengatur tumbuh harmonik. *Jurnal Floratek* 4: 73 – 80
- Lingga, P dan Marsono. 2007. Petunjuk Penggunaan Pupuk. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Marliah, A dan Jumini. 2010. Respons bibit jarak pagar pada berbagai komposisi media tanam dan konsentrasi pupuk daun novelgro. *Jurnal Floratek* 5: 54-64
- Rukmana, R. 1994. Bertanam Terung. Kanisius. Jakarta
- Rukmini, K dan S. Erni. 2011. Pengaruh media tumbuh dan pupuk organik cair terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman seledri (*apium graveolens l.*). *Jurnal Crop Agro* 4 (2): 7-12
- Setyamidjaja, D. 1986. Pupuk dan Pemupukan. Simplek. Jakarta.
- Suharsi, T. K dan A. D. P. Sari. 2013. Pertumbuhan waktu tunas jeruk keprok (*Citrus nobilis*) hasil okulasi pada berbagai media dan umur batang bawah. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 18 (2) : 97-101



# Grup Matriks Berukuran $2 \times 2$ dengan Determinan Nol

Mahmudi dan Hafnani<sup>1</sup>

*Program Studi Matematika, FMIPA Universitas Syiah Kuala, Email:  
mahmudi@unsyiah.ac.id dan hafnani@gmail.com*

## Abstrak

Telah diketahui bahwa himpunan matriks tak singular berukuran  $2 \times 2$  dengan entri-entri bilangan riil merupakan grup terhadap operasi perkalian. Tulisan ini membahas tentang himpunan matrik singular. Khususnya, terdapat himpunan matriks berukuran  $2 \times 2$  dengan entri-entri bilangan riil dan determinan nol yang merupakan grup terhadap operasi perkalian matriks.

**Kata kunci:** Himpunan semua matriks tak singular, Grup, Himpunan matrik dengan determinan nol

---

<sup>1</sup> Program Studi Matematika, FMIPA Universitas Syiah Kuala, Email: mahmudi@unsyiah.ac.id dan hafnani@gmail.com



## PENDAHULUAN

Tulisan ini membahas tentang himpunan matriks dengan determinan nol yang dapat membentuk grup terhadap operasi perkalian matriks. Grup merupakan himpunan tak kosong yang dilengkapi satu operasi dan memenuhi empat aksioma, yaitu operasinya bersifat tertutup dan asosiatif, himpunannya memuat elemen identitas, serta setiap elemennya memiliki invers[2]. Sementara matriks dengan determinan nol merupakan matriks yang tidak memiliki invers, sehingga tidak dapat membentuk grup.

Himpunan matriks yang telah diketahui merupakan grup terhadap operasi perkalian adalah himpunan semua matriks tak singular berukuran  $2 \times 2$  dengan entri-entri bilangan riil,

dinotasikan  $GL_2(\mathbb{R}) = \left\{ \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \mid a, b, c, d \in \mathbb{R}, ad - bc \neq 0 \right\}$ [1].

Salah satu subgrup  $GL_2(\mathbb{R})$  adalah himpunan semua matriks berukuran  $2 \times 2$  dengan entri-entri bilangan riil dan determinan bernilai satu,

dinotasikan  $SL_2(\mathbb{R}) = \left\{ \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \mid a, b, c, d \in \mathbb{R}, ad - bc = 1 \right\}$ [1]. Lebih jauh,

$SL_2(\mathbb{R})$  merupakan subgrup normal dari  $GL_2(\mathbb{R})$ [1].

Tujuan penulisan makalah ini adalah mengkaji tentang himpunan matriks berukuran  $2 \times 2$  dengan determinan nol. Akan ditunjukkan terdapat himpunan matriks berukuran  $2 \times 2$  dengan determinan nol yang merupakan grup. Lebih lanjut, juga dapat ditunjukkan bahwa struktur grup yang terbentuk merupakan grup komutatif.

### Grup Matriks Berukuran $2 \times 2$ dengan Determinan Nol

Salah satu faktor yang menyebabkan himpunan matriks dengan determinan nol bukan merupakan grup terhadap operasi perkalian adalah terdapat anggota himpunan matriks yang tidak memiliki invers. Dengan demikian, jika dapat dibentuk suatu himpunan matriks dengan determinan nol dan setiap elemennya memiliki invers maka tentunya himpunan matriks tersebut merupakan grup.

**Proposisi 1.** Terdapat himpunan matriks berukuran  $2 \times 2$  dengan determinan nol yang merupakan grup.

**Bukti.** Bentuk himpunan  $M = \left\{ \begin{pmatrix} a & a \\ a & a \end{pmatrix} \mid a \in \mathbb{R}, a \neq 0 \right\}$ .

Himpunan  $M$  beranggotakan matriks-matriks dengan determinan nol. Jika dapat ditunjukkan bahwa  $M$  merupakan grup, maka Proposisi 1 terbukti.

Untuk membuktikan bahwa  $M$  merupakan grup maka perlu ditunjukkan bahwa  $M$  memenuhi keempat aksioma grup.

Pertama, akan ditunjukkan bahwa  $M$  bersifat tertutup terhadap operasi perkalian. Ambil sebarang  $A$  dan  $B$  anggota  $M$ , maka  $A = \begin{pmatrix} a & a \\ a & a \end{pmatrix}$  dan  $B = \begin{pmatrix} b & b \\ b & b \end{pmatrix}$ , diperoleh  $AB = \begin{pmatrix} a & a \\ a & a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b & b \\ b & b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2ab & 2ab \\ 2ab & 2ab \end{pmatrix} \in M$ . Artinya,  $M$  bersifat tertutup terhadap operasi perkalian.

Kedua, akan ditunjukkan bahwa operasi perkalian pada  $M$  bersifat asosiatif. Ambil sebarang  $A, B$  dan  $C$  anggota  $M$ , maka  $A = \begin{pmatrix} a & a \\ a & a \end{pmatrix}$ ,  $B = \begin{pmatrix} b & b \\ b & b \end{pmatrix}$ , dan  $C = \begin{pmatrix} c & c \\ c & c \end{pmatrix}$ , diperoleh

$$\begin{aligned} (AB)C &= \left( \begin{pmatrix} a & a \\ a & a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b & b \\ b & b \end{pmatrix} \right) \begin{pmatrix} c & c \\ c & c \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} 2ab & 2ab \\ 2ab & 2ab \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c & c \\ c & c \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} 4abc & 4abc \\ 4abc & 4abc \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} a & a \\ a & a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2bc & 2bc \\ 2bc & 2bc \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} a & a \\ a & a \end{pmatrix} \left( \begin{pmatrix} b & b \\ b & b \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c & c \\ c & c \end{pmatrix} \right) \\ &= A(BC) \end{aligned}$$

Artinya, operasi perkalian pada  $M$  bersifat asosiatif.

Ketiga, akan ditunjukkan  $M$  memiliki elemen identitas  $E$  sedemikian sehingga untuk setiap  $A \in M$  berlaku  $AE = EA = A$ .

Pilih  $E = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix}$  maka untuk setiap  $A = \begin{pmatrix} a & a \\ a & a \end{pmatrix} \in M$  berlaku

$$AE = \begin{pmatrix} a & a \\ a & a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & a \\ a & a \end{pmatrix} = A \quad \text{dan}$$

$$EA = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a & a \\ a & a \end{pmatrix} = A. \text{ Artinya, } M \text{ memiliki elemen identitas}$$

$$E = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix}.$$

Keempat, akan ditunjukkan bahwa untuk setiap  $A \in M$  terdapat  $A^{-1} \in M$  sedemikian sehingga  $AA^{-1} = A^{-1}A = E$ . Ambil

sebarang  $A = \begin{pmatrix} a & a \\ a & a \end{pmatrix} \in M$  maka terdapat  $A^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{1}{4a} & \frac{1}{4a} \\ \frac{1}{4a} & \frac{1}{4a} \end{pmatrix}$

sedemikian sehingga  $AA^{-1} = \begin{pmatrix} a & a \\ a & a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{1}{4a} & \frac{1}{4a} \\ \frac{1}{4a} & \frac{1}{4a} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix}$  dan

$$A^{-1}A = \begin{pmatrix} \frac{1}{4a} & \frac{1}{4a} \\ \frac{1}{4a} & \frac{1}{4a} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a & a \\ a & a \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix}. \text{ Artinya setiap elemen } M$$

memiliki invers.

Dikarenakan  $M$  memenuhi keempat aksioma grup, maka  $M$  merupakan grup. Jadi, terdapat himpunan matriks dengan determinan nol, yaitu himpunan  $M = \left\{ \begin{pmatrix} a & a \\ a & a \end{pmatrix} \mid a \in \mathbb{R}, a \neq 0 \right\}$ , yang merupakan grup.

**Proposisi 1.** Himpunan  $M = \left\{ \begin{pmatrix} a & a \\ a & a \end{pmatrix} \mid a \in \mathbb{R}, a \neq 0 \right\}$  merupakan grup komutatif.

**Bukti.** Cukup ditunjukkan bahwa operasi perkalian pada himpunan  $M$  bersifat komutatif. Ambil sebarang  $A$  dan  $B$  anggota  $M$ , maka  $A = \begin{pmatrix} a & a \\ a & a \end{pmatrix}$  dan  $B = \begin{pmatrix} b & b \\ b & b \end{pmatrix}$ , diperoleh

$$\begin{aligned} AB &= \begin{pmatrix} a & a \\ a & a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b & b \\ b & b \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} 2ab & 2ab \\ 2ab & 2ab \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} 2ba & 2ba \\ 2ba & 2ba \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} b & b \\ b & b \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a & a \\ a & a \end{pmatrix} \\ &= BA. \end{aligned}$$

Artinya, operasi perkalian pada  $M$  bersifat komutatif. Jadi, himpunan  $M = \left\{ \begin{pmatrix} a & a \\ a & a \end{pmatrix} \mid a \in \mathbb{R}, a \neq 0 \right\}$  merupakan grup komutatif.

## KESIMPULAN

Telah ditunjukkan terdapat suatu himpunan matriks singular yang merupakan grup. Khususnya, merupakan grup komutatif. Kajian lebih lanjut yang menarik untuk dilakukan adalah menelaah struktur grup untuk himpunan matriks singular secara umum. Selain itu, telaahan mengenai struktur lain yang dapat dipenuhi oleh himpunan matriks singular seperti ring dan modul juga menarik untuk diteliti.

## daftar pustaka

- Gallian, Joseph A., 2013, Contemporary Abstract Algebra, 8<sup>th</sup>, Brooks/Cole, Cengage Learning.
- Gilbert, Linda & Jimmie Gilbert, 2015, Elements of Modern Algebra, 8<sup>th</sup>, Cengage Learning.



*This Page Is Intentionally Left Blank*

# **Efektifitas Beberapa Jenis Tanaman Air Sebagipakan Alami Terhadap Pertumbuhan Benihikan Nila Gesit (*Oreochromis niloticus*)**

***Effectiveness Of Several Types Of Aquatic Plant As Natural  
Feed On Growth Of Tilapia Seed (*Oreochromis niloticus*)***

Munawar Khalil

Rizki Maulana

Rachmawati Rusydi

*Korespondensi: Prodi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas  
Malikussaleh. e-mail: khalil@unimal.ac.id*

## ***Abstract***

*This study aimed to determine the effect of Azolla, eye catfish, kiapu and water hyacinth on tilapia growth and its survival rate. The experiment design used was completely randomi zed design with 5 treatment levels and 3 replications. There were five levels of treatmeant namely A: eye catfish plant, B: Azolla plant, C: kiapu plant, D: water hyacinth plant, E: the combination of those plant. The result of this study showed the different aquatic plant did not significantly influence the growth and survival rate of tilapia. The highest growth of tilapia seed was gained from eye catfish plant which was 2,59 gram. In same line with growth rate, the highest value of survival rate was gotten on eye catfish treatment which was 86,67%. During experiment the water quality of media were 27,0-28,7 of temperature, pH 7,0-7,8.*

***Keywords:*** *Oreochromis niloticus; Strain; Feeding; Consumption*

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian tumbuhan *Azolla*, mata lele, kiapu, dan enceng gondok terhadap pertumbuhan, kelangsungan hidup ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Rancangan yang digunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 3 kali ulangan, Perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah A : tanaman mata lele, B : tanaman *Azolla*, C : tanaman kiapu, D : tanaman enceng gondok, E : Kombinasi semua perlakuan tanaman air. Hasil pertumbuhan bobot yang terbaik di peroleh pada perlakuan tanaman air mata leledengan nilai 2,95 gram, untuk nilai pertumbuhan panjang yang terbaik terdapat pada perlakuan kombinasi semua perlakuan tanaman air dengan nilai 1,44 cm. Tingkat kelangsungan hidup terbaik terdapat pada perlakuan tanaman air daun mata lele dengan nilai rata-rata persentase kelangsungan hidup mencapai 86,67%. Nilai kualitas air selama penelitian yaitu suhu 27,0°C-28,7°C, sedangkan untuk pH adalah 7,0 - 7,8 pada pagi dan sore hari.

**Kata kunci:** *Ikan nila, tanaman air, pertumbuhan, pakan alami, efiseiensi pakan*

## PENDAHULUAN

### Latar belakang

Ikan nila adalah ikan yang termasuk memiliki Salah satu spesies yang memiliki potensi untuk dibudidayakan di wilayah tambak pesisir adalah ikan nila gesit (*Oreochromis niloticus*). Ikan nila gesit merupakan ikan yang memiliki daya tahan tubuh dan adaptasi fisiologis terhadap rentang salinitas yang tinggi dan memiliki potensi untuk menyesuaikan diri pada salinitas air laut (Wanatabe, 1998). Budidaya ikan nila diminati karena mudah dipelihara, laju pertumbuhan dan perkembangbiakannya cepat, serta tahan terhadap gangguan hama dan penyakit. Kemampuan untuk berproduksi ikan nila cukup tinggi yaitu salah satunya antara dua sampai tiga bulan dari penebaran bibit. Ikan nila yang sudah mencapai umur dapat menghasilkan telur setiap dua bulan sekali.

Pakan merupakan salah satu komponen penting dalam kegiatan budidaya ikan. Di satu sisi pakan merupakan sumber materi dan energi untuk menopang kelangsungan hidup ikan namun di sisi lain pakan merupakan komponen terbesar (50-70%) dari biaya produksi. Kian meningkatnya harga pakan ikan tanpa disertai kenaikan harga jual ikan hasil budidaya adalah permasalahan yang harus dihadapi setiap pembudidaya ikan. Oleh karena itu, upaya pencarian pakan alternatif yakni pakan alami yang murah serta mudah dijangkau terus dilakukan agar dapat mengurangi biaya produksi.

Ikan nila gesit (*Oreochromis niloticus*) adalah jenis ikan omnivora yang hidupnya di air tawar. Ikan nila mudah beradaptasi dengan pakan dari bahan nabati dan hewani. Oleh sebab itu peneliti ingin menggunakan tanaman air sebagai pakan alami dalam kegiatan budidaya ikan. Beberapa tumbuhan yang berpotensi sebagai pakan alami dalam pembudidaya ikan adalah daun mata lele, *Azolla*, kiapu, dan enceng gondok. Tumbuhan *azolla*, mata lele, kiapu dan enceng gondok merupakan jenis tumbuhan yang dapat tumbuh dengan subur cepat dan terkadang mengakibatkan *blooming* pada daerah dan perairan tertentu. Sebagian masyarakat menganggap tumbuhan tersebut merupakan gulma yang harus dibasmi karena bersifat merugikan.

Masyarakat Aceh pada umumnya belum banyak yang mengetahui kegunaan dari tumbuhan daun mata lele, *azolla*, kiapu, dan enceng gondok ini, sehingga tumbuhan ini tidak mendapatkan



perhatian oleh masyarakat dan tumbuh dengan sendirinya di rawa dan kolam yang tidak terpakai. Pemanfaatan tumbuhan gulma dengan tingkat pertumbuhan yang cepat, mudah dijangkau oleh masyarakat. Tumbuhan gulma berpotensi untuk dijadikan pakan ikan omnivora yang dikaitkan dengan penggunaan pakan ikan alternatif dalam pengembangan usaha budidaya ikan omnivora dalam hal ini ikan nila (Rifai, 1989).

### Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas beberapa jenis tanam air sebagai pakan alami terhadap pertumbuhan benih ikan nila gesit (*Oreochromis niloticus*). Tujuan khusus dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh pemberian tumbuhan *Azolla*, mata lele, kiapu, dan enceng gondok terhadap penambahan bobot dan panjang benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*).
2. Untuk mengetahui pengaruh pemberian tumbuhan *Azolla*, mata lele, kiapu, dan enceng gondok terhadap kelangsungan hidup ikan nila (*Oreochromis niloticus*).
3. Untuk mengetahui pengaruh pemberian tumbuhan *Azolla*, mata lele, kiapu, dan enceng gondok dalam mengurangi penggunaan pakan.
4. Untuk mengetahui parameter kualitas air selama pemberian tumbuhan *Azolla*, mata lele, kiapu dan enceng gondok.

## BAHAN DAN METODE

### Waktu dan tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 23 Oktober sampai dengan 23 November 2014, bertempat di Laboratorium Hatchery dan Teknologi Budidaya Prodi Budidaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Malikussaleh.

### Bahan dan alat penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah sebagai berikut: bak beton, pH meter, thermometer, kamera, selang aerasi, timbangan elektrik, penggaris, plastik, gunting, serok, batu aerasi, alat tulis satu set, selang air. Adapun bahan yang digunakan dalam

penelitian ini seperti : Azolla, daun mata lele, kiapu, dan eceng gondok, benih ikan nila gesit (*Oreochromis niloticus*) sebanyak 150 ekor, air tawar, deterjen, lakban.

### Rancangan penelitian

Rancangan yang digunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 3 kali ulangan. Perbedaan tanaman air sebagai pakan alami adalah faktor perlakuan. Unit percobaan digunakan sebanyak 15 unit bak beton. Perlakuan yang dilakukan sebagai berikut :

- Perlakuan A : Pemberian tanaman mata lele 5% dari bobot tubuh ikan
- Perlakuan B : Pemberian tanaman Azolla 5% dari bobot tubuh ikan
- Perlakuan C : Pemberian tanaman kiapu 5% dari bobot tubuh ikan
- Perlakuan D : Pemberian tanaman eceng gondok 5% dari bobot tubuh ikan
- Perlakuan E : Kombinasi semua perlakuan tanaman air 5% dari bobot tubuh

### Prosedur penelitian

#### Persiapan wadah penelitian

Wadah yang digunakan adalah bak beton berukuran 65 x 40 x 45 cm<sup>3</sup> sebanyak 15 unit, sebelumnya dicuci terlebih dahulu dengan menggunakan deterjen lalu dibilas dengan air tawar sampai bersih dan dikeringkandi bawah sinar matahari selama 1 hari, untuk memastikan bak beton benar-benar bersih dan tidak ada penyakit yang menempel.

#### Biota uji

Biota uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih ikan nila gesit (*Oreochromis niloticus*) yang berumur 2 minggu dengan bobot  $\pm 27$  gr dan ukuran panjang 5-7 cm yang diperoleh dari BBI Sawang. Sebelum digunakan untuk penelitian ikan diseleksi guna untuk memilih benih yang sehat, proses aklimatisasi selama 3 hari dan terlebih dahulu ikan ditimbang bobot dan ukuran

panjangnya. Selama proses aklimatisasi ikan tidak diberi makan selama sehari. Setelah aklimatisasi ikan, dipindahkan ke dalam bak beton berisi air tawar setinggi 75 % dari total tinggi wadah dan diisi ikan sejumlah 10 ekor/bak beton dimana sebanyak 15 unitbak beton. Pakan uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman air *azolla*, daun mata lele, kiapu, dan enceng gondok. Dosis pemberian pakan perhari sebanyak 5 % dari bobot tubuh ikan dengan frekuensi pemberian pakan 2 kali sehari yaitu pukul 08.00, dan 16.00 WIB.

Tanaman *Azolla*, mata lele, kiapu, dan enceng gondok yang dikumpulkan dan diambil adalah daun yang masih segar dan berwarna hijau. Daun yang diambil dimasukkan ke dalam wadah plastik yang sudah tersedia air, agar tumbuhan air tersebut tetap terjaga keseegarannya. Daun tersebut dicuci agar bersih dari kotoran-kotoran. Kemudian saat pemberian pada ikan dipotong-potong dengan ukuran 2-5 mm agar tidak terlalu besar dengan bukaan mulutnya, sedangkan untuk untuk *Azolla* dan mata lele tidak dipotong-potong lagi karena sudah memiliki diameter yang relatif kecil, yakni lebih kurang 5 mm.

### Pengelolaan kualitas air

Manajemen kualitas air dilakukan secara rutin untuk menjaga benih ikan nila agar tetap sehat, tidak terserang penyakit yang disebabkan oleh kualitas air yang kurang baik. Diantaranya yaitu melakukan pergantian air 25% dari volume air, waktu pergantian 2 (dua) hari sekali dan penyiponan. Penyiponan dilakukan untuk membuang kotoran atau sisa pakan yang mengendap di permukaan agar tidak menjadi amoniak. Untuk menjaga agar kualitas air sesuai dengan baku mutu kualitas air, penyiponan wadah dilakukan setiap 2 hari sekali, sedangkan pengukuran kualitas air dilakukan 3 hari sekali, parameter yang diukur antara: suhu dan pH.

### Parameter uji

#### Pertumbuhan

Untuk mengetahui pertumbuhan mutlak dilakukan pengukuran panjang dan penimbangan bobot ikan. Pengukuran dilakukan setiap 7 hari sekali, sehingga dapat diamati pertambahan panjang dan beratnya. Metode pengukuran panjang menggunakan sistem *frok lenght* atau panjang, yaitu panjang ikan yang diukur

ujung terdepan sampai ujung bagian luar lekukan ekor. Laju pertumbuhan harian ikan dianalisa dengan menggunakan rumus berdasarkan (Effendie, 1979):

$$P_m = P_t - P_o$$

Keterangan :

$P_m$  = Pertambahan panjang mutlak (cm)

$P_t$  = Panjang rata-rata individu pada hari ke-t (cm)

$P_o$  = Panjang rata-rata individu ke-o (cm)

Bobot diukur dengan menimbang ikan setiap 7 hari sekali menggunakan timbangan digital, pertambahan bobot dihitung dengan menggunakan rumus (Effendi, 1979).

$$W_m = W_t - W_o$$

Keterangan:

$W_m$  = Pertumbuhan bobot mutlak (g)

$W_t$  = Bobot akhir (g)

$W_o$  = Bobot awal (g)

### Efisiensi pakan

Untuk mengetahui seberapa besar ikan mampu mengkonsumsi pakan dan mencernanya maka dilakukan perhitungan mengenai efisiensi pemberian pakan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E_p = \frac{(W_t + D) - W_o}{F} \times 100\%$$

Keterangan:

$E_p$  = Efisiensi pakan (%)

$W_t$  = Bobot biomasa ikan pada akhir penelitian (gram)

$W_o$  = Bobot biomasa ikan pada awal penelitian (gram)

$D$  = Bobot ikan yang mati selama penelitian (gram)

$F$  = Jumlah pakan yang diberikan (gram)

### Kelangsungan hidup

*Survival Rate* atau tingkat kelangsungan hidup dihitung dengan menggunakan rumus. Effendie (1979) yaitu:

$$SR = Nt / No \times 100 \%$$

Keterangan:

SR = Tingkat kelangsungan hidup (%)

Nt = Jumlah ikan yang hidup pada akhir (ekor)

No = Jumlah ikan yang hidup pada awal (ekor)

### Analisis data

Model umum rancangan dalam penelitian ini sesuai dengan (Gomez & Gomez, 1995).

$$Y_{ij} = \mu + V_{ij} + \sum ij$$

Keterangan:

$Y_{ij}$  : Hasil pengamatan pengaruh pemberian tanaman air

$\mu$  : Rataan umum

$V_{ij}$  : Pengaruh perlakuan

$ij$  : Galat ( pengaruh acak)

Data yang diperoleh dari pengamatan akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, kemudian dianalisa uji F (Anova). Apabila F hitung > F tabel (berbeda nyata), maka selanjutnya dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).

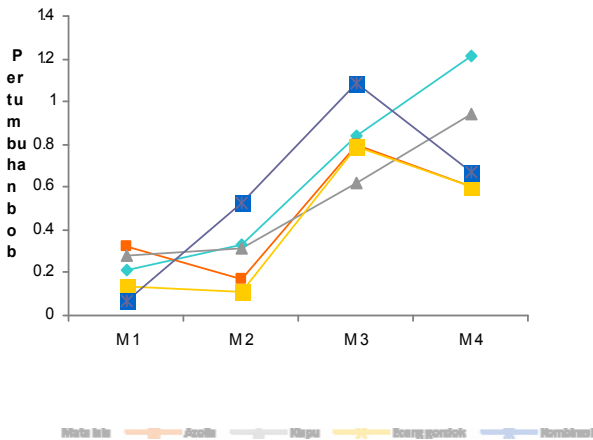
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pertumbuhan bobot

Pertambahan merupakan suatu proses perubahan bobot dan ukuran tubuh dalam periode tertentu. Menurut Huet (1971) dalam Fish Culture Breeding, (1971), pertumbuhan dipengaruhi oleh faktor dalam dan faktor luar. Faktor dalam terdiri dari keturunan, ketahanan terhadap penyakit, kemampuan pemanfaatan pakan dan umur atau ukuran ikan, sedangkan faktor luar terdiri dari suhu, oksigen terlarut, pH, kualitas pakan dan pergerakan ikan.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian tanaman air Azolla, mata lele, kiapu dan eceng gondok sebagai pakan alami menunjukkan hasil tidak berpengaruh terhadap laju pertumbuhan benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Rata-rata laju

pertumbuhan benih ikan nila untuk masing-masing perlakuan, dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



**Gambar 1.** Pertambahan panjang benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*).

Rata-rata pertumbuhan perminggu tertinggi dengan pemberian 5% daun mata lele (*Lemna minor*) dengan nilai rata-rata laju pertumbuhan sebesar 2,95 gram. Tingginya laju pertumbuhan yang lebih disebabkan pemberian daun mata lele lebih sesuai untuk kebutuhan hidup ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Hal ini diduga kandungan dalam daun mata lele sangat cukup untuk kebutuhan hidup ikan seperti kandungan protein kasar 18,16%, lemak 2,02%, abu 24,11%, kalsium 3,04%, dan kadar air 93,55%. Menurut (Effendie, 1979) ikan akan dapat tumbuh apabila pakan yang diperoleh baik kualitas dan kuantitasnya telah mencukupi keperluan untuk mempertahankan bobot dan panjangnya.

Pertumbuhan perminggu benih ikan nila juga terjadi karena pemberian tanaman air yang diberikan dapat dimanfaatkan dan sesuai dengan kebutuhan benih ikan nila. Pertumbuhan tertinggi yang selanjutnya terjadi pada perlakuan kombinasi tanaman air dengan nilai yaitu sebesar 2,36 gram, selanjutnya disusul pada perlakuan tanaman air kiapu yaitu dengan nilai sebesar 2,16 gram, selanjutnya pada perlakuan tanaman air Azolla yaitu 1,88 gram, sedangkan perlakuan yang terendah terdapat pada perlakuan tanaman air eceng gondok yaitu sebesar 1,64 gram.

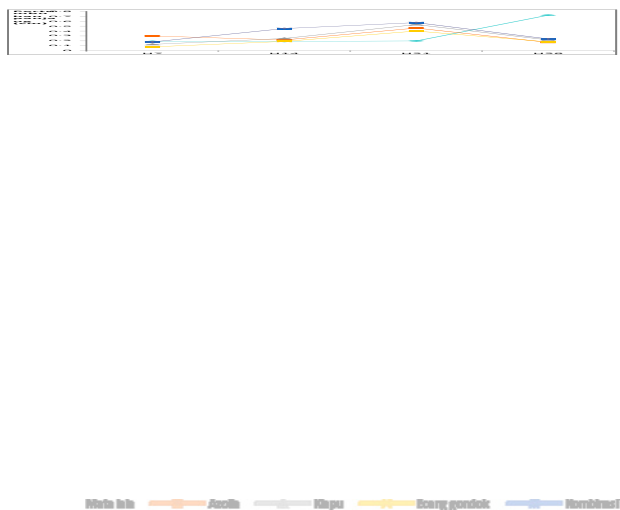
Berdasarkan pendapat Suharsono (1997), Eceng gondok bisa digunakan sebagai pakan tambahan bukan sebagai pakan utama

dan juga memiliki kekurangan bau sehingga ikan tidak begitu merespon. Kelebihan daun enceng gondok tidak mudah membusuk dan kecerahan warna air tetap jernih serat mengandung serat yang tinggi. Menurut penelitian Hemre (2002) bahwa pakan yang mengandung serat kasar tinggi dapat mengurangi bobot badan ikan, dan memberikan rasa kenyang. Hal ini disebabkan oleh komposisi karbohidrat kompleks yang dapat mengurangi nafsu makan sehingga mengakibatkan turunnya konsumsi pakan dan menurunkan pertumbuhan ikan.

Berdasarkan analisis statistik dengan uji F menunjukkan pemberian beberapa jenis tanaman air tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan pada benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Oleh karena itu, uji lanjut tidak dilakukan. Dimana  $F_{hitung}$  (1,489) lebih < dari pada  $F_{tabel}$  (3,48), laju pertumbuhan yang banyak dihasilkan pada pemberian tanaman air daun mata lele yaitu 2,95 gram.

### Pertambahan panjang

Pertambahan panjang ikan nila selama 30 hari penelitian mengenai penggunaan tanaman hidroponik di dalam media budidaya ikan maka diperoleh hasil rata-rata pertumbuhan panjang yaitu seperti pada Gambar 2 berikut ini.



**Gambar 2.** Pertambahan panjang benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*).

Pertumbuhan panjang yang paling baik dan bagus terdapat pada perlakuan E dimana rata-rata pertumbuhan panjang ikan nila pada kombinasi tanaman air adalah 1,44 cm, kemudian diikuti pada tanaman airmata lele dengan rata-rata pertumbuhan panjang 1,31 cm, selanjutnya pada tanaman airAzolla dengan rata-rata pertumbuhan panjang 1,14 cm, kemudian tanaman air kiapu dengan rata-rata pertumbuhan panjang 1,12 cm, sedangkan yang terendah yaitu pada tanaman air eceng gondok dengan rata-rata panjang 0,84 cm.

Menurut Aziz (1989), menyatakan bahwa pertumbuhan panjang total yaitu panjang ikan yang diukur mulai dari ujung terdepan bagian kepala sampai ujung terakhir bagian ekornya. Ketika mulutnya terletak di muka, maka pada waktu pengukuran mulut harus dalam keadaan tertutup agar tercapai ujung terdepan. Ujung mulut tersebut harus diletakan pada angka nol di depan pengukur, sedangkan ujung ekor terletak di bagian belakang dari papan. Saat ekor ikan tidak simetris maka ujung yang diukur adalah ujung yang terpanjang.

Berdasarkan analisis statistik dengan uji F menunjukkan pemberian beberapa jenis tanaman air tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan panjang pada benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Oleh karena itu, uji lanjut tidak dilakukan. Dimana  $F_{hitung} (2,835)$  lebih < dari pada  $F_{tabel} (3,48)$ , pertumbuhan panjang yang paling baik dihasilkan pada pemberian kombinasi semua tanaman air yaitu 1,44 cm.

### Kelangsungan hidup

Berdasarkan hasil penelitian selama 28 hari, pemberian beberapa jenis tanaman air sebagai pakan alami pada benih ikan nila menghasilkan nilai kelangsungan hidup yang baik untuk benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.





**Gambar 3.** Efisiensi pakan benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*).

Efisiensi pakan terbaik terdapat pada perlakuan tanaman air daun mata lele dengan nilai efisiensi pakan sebesar 63,66%. Kemudian nilai terbaik berikutnya pada perlakuan tanaman air kiapu dengan nilai efisiensi pakan 63,25%, serta disusul pada perlakuan kombinasi tanaman air dengan nilai efisiensi pakan 60,75%. Nilai efisiensi pakan yang selanjutnya terdapat pada perlakuan tanaman air Azolla, dengan nilai 51,00 % dan nilai efisiensi pakan yang terakhir terdapat pada perlakuan tanaman air eceng gondok yaitu dengan nilai 47,37 %.

Pada perlakuan tanaman air daun mata lele terdapat nilai yang sangat efisien disebabkan pakan yang dihabiskan sangat cocok dengan pertumbuhan. Hal ini diduga pakan yang diberikan pada masa pemeliharaan benih ikan nila gesit (*Oreochromis niloticus*), sangat tepat sehingga pakan dapat dikonsumsi dengan baik oleh ikan uji dan juga ikan mendapatkan protein yang sesuai kualitas dan kuantitasnya. Ikan sangat membutuhkan protein hewani dan nabati sehingga dapat menghasilkan pertumbuhan yang lebih baik. Semakin efisien nilai suatu pakan maka semakin baik pakan tersebut digunakan untuk pertumbuhan. Hal ini sesuai dengan pendapatnya (Asnawi, 1993) menyatakan bahwa faktor pakan mempunyai peranan yang sangat penting dalam pertumbuhan yang optimal, diperlukan kualitas dan kuantitas pakan yang tersedia dalam keadaan cukup dan pendapat, pola kebiasaan makan ikan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain umur, ukuran, waktu serta faktor lingkungan yang mempengaruhi ketersediaan pakan.

Menurut Brett (1974) dalam Watanabe (1998) pertumbuhan benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*) bergantung kepada interaksi konsumsi pakan dan metabolisme ikan yang hidup dalam perairan. Berdasarkan analisis statistik dengan uji F menunjukkan bahwa pemberian beberapa jenis tanaman air sebagai pakan alam tidak berpengaruh pada nilai efisiensi pakan benih ikan nila gesit. (*Oreochromis niloticus*). Dimana  $F_{hitung}$  (0,62) lebih < dari pada  $F_{tabel}$  (3,48). Efisiensi tanaman air yang baik dihasilkan pada pemberian tanaman air daun mata lele yaitu 63,67%.

### Parameter kualitas air

Hasil pengukuran kualitas air selama penelitian berada pada kondisi yang baik untuk kehidupan dan laju pertumbuhan benih ikan nila. Nilai rata-rata suhu 27,0 °C pada pagi hari dan 28,9 °C pada sore hari, sedangkan untuk pH pada pagi hari adalah 7,0 dan pada sore hari 7,8.

Menurut Sutarmanto dan Sutisna (1995), kualitas air yang diperlukan untuk pertumbuhan ikan nila adalah dengan suhu 25-30°C, kadar keasaman air (pH) berkisar 6,7-8,2. Tinggi rendahnya pH dipengaruhi oleh tinggi rendahnya  $O_2$  ataupun  $CO_2$ . Apabila  $O_2$  tinggi maka pH juga tinggi, sedangkan bila  $CO_2$  rendah maka pH rendah. Tetapi sebaliknya bila  $CO_2$  naik maka pH turun karena terjadinya perubahan kimia. Amonia gas yang dikeluarkan oleh ikan ke dalam air berupa  $NH_3$  yang merupakan racun bagi ikan itu sendiri. Daya racun amonia sangat ditentukan oleh keadaan pH. Oleh karena itu ketersediaan oksigen bagi biota air menentukan lingkaran aktifitasnya. Kekurangan oksigen dalam air dapat mengganggu kehidupan biota air, termasuk kecepatan pertumbuhannya.

### KESIMPULAN

Pemberian beberapa jenis tanaman air sebagai pakan alam berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup benih ikan nila gesit (*Oreochromis niloticus*). Pertumbuhan bobot terbaik terdapat pada perlakuan tanaman air daun mata lele (*Lemna minor*) dengan nilai 2,95 gram, untuk pertumbuhan panjang terbaik terdapat pada perlakuan kombinasi semua tanaman air dengan nilai 1,44 cm. Tingkat kelangsungan hidup terbaik terdapat pada perlakuan tanaman air daun mata lele. Efisiensi terbaik terdapat

pada perlakuan tanaman air mata lele. Kualitas air sesuai dengan syarat hidup dan pemeliharaan ikan nila.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Asnawi. 1993. *Pedoman Praktis Budidaya Ikan Nila*. Penerbit Absolut. Jakarta.
- Aziz, K. A. 1989. Teknik Penarikan Contoh Populasi Biologis (Bahan Pengajaran) Depdikbud, Dirjen Dikti, PAU-Ilmu Hayat. IPB Bogor, 156 hlm.
- Efendi. 1979. Metodologi Biologi Perikanan. Yayasan Dewi Sri. Bogor.
- Gomez, K.A, Gomez, A.A. 1995. *Prosedur statistik untuk penelitian pertanian*. Terjemahan: Sjamsuddin E, Justika S, Baharsjah. Universitas Indonesia Press. Jakarta. 698 hlm.
- Hemre, 2002. *Carbohydrates in fish nutrition effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes*. *Aquaculture Nutrition*, 8: 175-194.
- Huet, M. 1971. *Textbook of Fish Culture*. Breeding and Cultivation of Fish Fishing News Book. Ltd. England.
- Rifai, A. S. 1989. Peningkatan Produksi Ikan Nila Melalui Penebaran Teknologi Tepat Guna. Fakultas Pertanian UNPAD, Bandung.
- Suharsono. 1997. *Fisiologi Ikan Dasar Pengembangan Teknik Perikanan*. Cetakan Pertama, Jakarta.
- Sutarmanto, R. dan Sutisna, D.H. 1995. *Pembenihan Ikan Air Tawar*. Kanisius. Yogyakarta.
- Watanabe, T. 1998. *Fish Nutrition and Mariculture*. Departement Of Biosence, Tokyo University Of Fisheries JICA. Tokyo, Japan.



# Bidang Dual Geometri Empat Titik

Radhiah dan Hafnani

*Matematika, FMIPA Universitas Syiah Kuala*  
*Email: radhiah\_is@yahoo.co.id dan hafnani@gmail.com*

## **Abstraks**

Bidang dual dari geometri Empat-titik adalah geometri Empat-garis. Konsep dualitas menjamin kebenaran sembarang teorema dari bidang dual suatu model geometri. Namun, dalam tulisan ini tetap akan membuktikan teorema-teorema bidang dual geometri Empat-garis. Selain itu, dengan teorema-teorema yang dihasilkan akan disimpulkan bahwa geometri Empat garis adalah geometri berhingga yang non-Euclidean.

**Kata kunci:** *geometri Euclidean, geometri berhingga, geometri Empat-titik, bidang dual*

## PENDAHULUAN

Geometri seperti halnya aljabar merupakan salah satu contoh sebuah sistem matematika, yaitu terdiri dari terminologi tak didefinisikan, definisi-definisi, aksioma-aksioma, dan teorema-teorema. Sistem matematika ini disebut juga sistem aksioma yang merupakan penalaran deduktif dalam konteks tersusun menurut struktur logis. Proses yang pertama sekali diperkenalkan adalah istilah-istilah dasar yang tidak didefinisikan, yaitu istilah-istilah primitif atau konsep-konsep dasar. Dalam hal ini yang sering dipakai adalah "titik", "garis", "bidang", "ruang", dan "terletak pada". Kemudian istilah-istilah yang didefinisikan yang sering digunakan dalam pembahasan geometri sehingga tidak ada kerancuan arti dari istilah yang dimaksudkan. Selanjutnya ditetapkanlah beberapa aksioma dan postulat, yaitu pernyataan-pernyataan atau hukum-hukum dasar yang secara umum kebenarannya dapat diterima tanpa diperlukan pembuktian. Dari aksioma-aksioma dan definisi-definisi ini, akan diuji kebenaran suatu proposisi menurut hukum logika untuk mendapatkan sebuah teorema. Pernyataan berikutnya akan diuji juga untuk mendapatkan teorema kedua atas dasar definisi-definisi, aksioma-aksioma ataupun teorema sebelumnya yang telah diterima kebenarannya. Demikian seterusnya sehingga didapatkan suatu rantai (daftar) teorema yang terbangun dari definisi-definisi, postulat, aksioma, dan teorema-teorema sebelumnya yang telah diketahui kebenarannya.

Geometri Euclid adalah sistim aksiomatik, dimana semua teorema diturunkan dari bilangan aksioma yang terbatas. Geometri ini terdiri dari 5 postulat, yaitu setiap dua titik dapat dihubungkan oleh satu garis lurus; setiap garis lurus dapat diperpanjang sampai tak terhingga dengan garis lurus; diberikan setiap segmen garis lurus, sebuah lingkaran dapat digambar memiliki segmen ini sebagai jari-jari dan satu titik ujung sebagai pusat; semua sudut siku-siku itu kongruen; Postulat Sejajar, Jika dua garis dipotong oleh sebuah garis, maka jumlah sudut dalam di satu sisi kurang dari jumlah sudut dalam di sisi yang lainnya, kedua garis itu harus bertemu satu sama lain di sisi itu jika diperpanjang lebih jauh lagi.

Perbedaan antara geometri Euclidean dan geometri non-Euclidean adalah sifat garis sejajar sebagai akibat dari postulat kelima Euclid. Ada dua bentuk geometri non-Euclidean, yaitu

geometri hiperbolik dan geometri eliptik. Dalam geometri hiperbolik setidaknya ada dua garis yang melalui titik di luar garis yang diberikan yang sejajar dengan garis tersebut. Dalam geometri eliptik tidak ada garis yang sejajar dengan garis lain yang diberikan.

Geometri berhingga adalah geometri yang memiliki sejumlah kecil aksioma dan teorema serta sejumlah titik yang berhingga. Salah satu contoh dari geometri terhingga adalah geometri Empat-titik yang memuat hanya empat titik.

Dalam matematika, konsep dualitas adalah hal yang sangat berpengaruh. Dual dari sebuah objek dalam matematika adalah objek lain yang mempunyai sifat yang serupa seperti saudara kembar. Dalam geometri pun, konsep dualitas dapat digunakan untuk membentuk model geometri yang baru yang disebut dengan bidang dual. Bidang dual dari sebuah pernyataan pada geometri berhingga disusun dengan menukarkan antara kata "titik" dan "garis" yang muncul pada setiap pernyataan [Snapp].

Pada tulisan ini geometri yang dihasilkan adalah geometri Empat-garis yang merupakan bidang dual dari geometri Empat-titik. Selanjutnya akan ditunjukkan teorema-teorema di bidang dual berlaku. Selanjutnya akan ditinjau geometri empat garis merupakan geometri Euclidean dan geometri berhingga.

## TINJAUAN PUSTAKA

Sistem aksiomatik geometri Empat-titik adalah sebagai berikut [Wallace, Snapp].

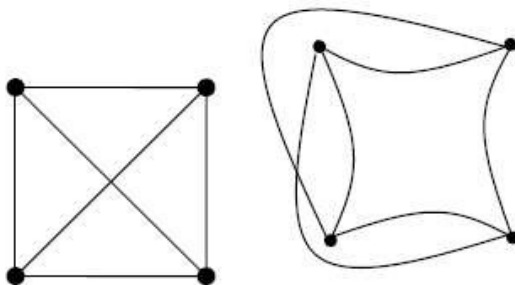
Terminologi tak didefinisikan: titik dan garis.

**Aksioma 1.** Terdapat tepat empat titik.

**Aksioma 2.** Setiap dua titik berbeda tepat pada satu garis.

**Aksioma 3.** Setiap garis dilalui oleh tepat dua titik.

Contoh model geometri Empat-titik yang dinyatakan dengan titik dan garis.



Gambar 1. Contoh model geometri Empat-titik [Wallace].

Definisi, Teorema-teorema, dan buktinya dicuplik dari [Wallace].

**Definisi 1.** Dua garis terletak pada sebuah titik yang sama dikatakan berpotongan. Dua garis yang tidak berpotongan dikatakan sejajar.

**Teorema 1** Empat-titik. Jika dua garis berbeda berpotongan, maka memotong tepat pada satu titik.

**Bukti:** Dengan menggunakan Definisi 1, dua garis berbeda yang saling berpotongan mempunyai setidaknya satu titik perpotongan. Namun Aksioma 2 melarang kedua garis memiliki lebih dari satu titik potong.

**Teorema 2** Empat-titik. Terdapat tepat enam garis.

**Bukti:** Dari Aksioma 2, setiap pasang titik tepat pada satu garis, dan Aksioma 1 memberikan empat titik. Jadi, dengan perhitungan kombinatorik sederhana, haruslah terdapat enam pasang titik. Karena itu, terdapat enam garis. Aksioma 3 menjamin tidak lebih dan tidak kurang garis yang dihasilkan.

**Teorema 3** Empat-titik. Setiap titik tepat pada tiga garis.

**Bukti:** Dari Aksioma 2, setiap titik mempunyai satu garis yang masing-masing berpasangan dengan tiga titik lainnya. Dengan demikian, terdapat paling sedikit tiga garis pada setiap titik. Andaikan bahwa terdapat garis keempat pada salah satu titik yang diberikan. Menurut Aksioma 3, garis tersebut harus pada satu dari titik-titik lain, namun ini melanggar Aksioma 2.

Jadi haruslah terdapat tepat tiga garis pada setiap titik.

**Teorema 4** Empat-titik. Setiap garis tepat mempunyai satu garis yang sejajar.

**Bukti:** Aksioma 1 dan 3 memberikan sebuah garis  $l$  dan sebuah titik  $P$  tetapi tidak pada  $l$ . Teorema 3 Empat-titik menyatakan bahwa terdapat tepat tiga garis pada  $P$ , dan Aksioma 2 menyatakan bahwa dua dari tiga garis haruslah memotong  $l$ . Jadi, sekurang-kurangnya ada satu garis yang sejajar dengan  $l$ . Andaikan terdapat garis kedua yang sejajar dengan  $l$ . Garis ini tidak boleh memuat  $P$  tanpa melanggar Teorema 3 Empat-titik; dan karena garis ini sejajar dengan  $l$ , sehingga tidak juga dapat memuat titik pada  $l$ . Dengan demikian, garis sejajar kedua yang terdiri dari satu titik yang bertentangan dengan Aksioma 3, atau terdapat titik kelima yang bertentangan dengan Aksioma 1. Jadi, garis sejajar kedua tidak boleh ada, dan sehingga haruslah terdapat satu garis yang sejajar.

## PEMBAHASAN

Dengan terminologi takdidefinisikan sama dengan geometri Empat-titik, akan dibentuk bidang dual dari Geometri Empat-titik. Penggunaan bahasa yang terkait antara kata "titik" dan "garis" disesuaikan, dan diperoleh aksioma-aksioma pada geometri Empat-garis sebagai berikut.

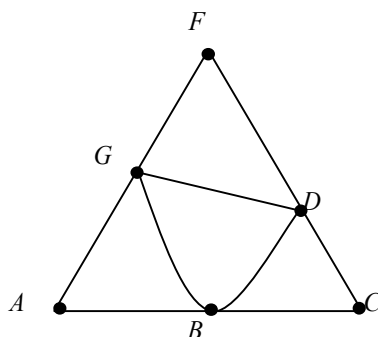
**Aksioma 1** Empat-garis. Terdapat tepat empat garis.

**Aksioma 2** Empat-garis. Setiap dua garis yang berbeda tepat dilalui oleh satu titik.

**Aksioma 3** Empat-garis. Setiap titik tepat pada dua garis.

Berdasarkan ketiga aksioma baru yang diperoleh, contoh model geometri Empat-garis dapat dinyatakan sebagai berikut.





Gambar 2. Model Geometri Empat-garis

Perubahan Teorema 2 dan 3 Empat-titik masing-masing menjadi Teorema 2 dan 3 Empat-garis (EG) tidak mengalami kendala bahasa. Yaitu, cukup dengan menukarkan antara kata “titik” dan “garis”. Untuk mengubah Teorema 1 dan Teorema 4 Empat-titik, ditinjau definisi dua garis berpotongan dan sejajar setelah dipertukarkan antara kata “titik” dan “garis” berikut: dua titik berbeda dikatakan berpotongan, jika kedua titik tersebut pada garis yang sama; sementara dua titik dikatakan sejajar, jika kedua titik tidak pada garis yang sama. Namun biasanya, istilah berpotongan dan sejajar untuk garis. Oleh karena itu, perubahan Teorema 1 dan Teorema 4 Empat-titik berturut-turut menjadi Teorema 1 Empat-garis dan Teorema 4 Empat-garis dapat dinyatakan sebagai berikut.

**Teorema 1** Empat-garis. Jika dua titik berbeda pada sebuah garis, maka kedua titik tersebut tepat hanya pada garis tersebut.

**Teorema 2** Empat-garis. Terdapat tepat enam titik.

**Teorema 3** Empat-garis. Setiap garis dilalui oleh tepat tiga titik.

**Teorema 4** Empat-garis. Setiap titik mempunyai tepat satu garis yang tidak pada garis yang sama.

Menurut konsep bidang dual, teorema-teorema yang dihasilkan di atas pasti berlaku pada Geometri Empat-garis. Namun, pada penelitian ini akan membuktikan teorema-teorema tersebut.

**Bukti Teorema 1** Empat-garis.

Misalkan dua titik berbeda pada sebuah garis. Andaikan kedua titik tersebut juga pada garis lain. Akibatnya kedua garis

berbeda tersebut dilalui oleh dua titik. Hal ini kontradiksi dengan Aksioma 2 Empat-garis. Jadi haruslah dua titik berbeda tepat pada satu garis.

### **Bukti Teorema 2 Empat-garis.**

Berdasarkan Aksioma 2 Empat-garis, setiap pasang garis memberikan tepat 1 titik. Karena terdapat tepat empat garis (Aksioma 1 Empat-garis), sehingga dengan menggunakan kombinasi haruslah terdapat enam titik. Aksioma 3 Empat-garis menjamin bahwa terdapat tepat enam titik.

Perhatikan bahwa pembuktian dua teorema di atas ternyata juga dapat dipertukarkan antara kata “titik” dan “garis” untuk teorema dualnya pada geometri Empat-titik. Untuk membuktikan dua teorema berikutnya dapat menggunakan cara yang serupa, dan tentu saja dengan memperhatikan penyesuaian bahasa terkait dengan pertukaran kata “titik” dan “garis”.

### **Bukti Teorema 3 Empat-garis.**

Dengan Aksioma 2 Empat-garis, setiap garis dilalui satu titik bersama dengan tiga garis lain. Akibatnya, setiap garis dilalui oleh setidaknya oleh tiga titik. Andaikan terdapat titik lain keempat pada sebuah garis. Maka dengan

### **Bukti Teorema 4 Empat-garis.**

Aksioma 1 Empat-garis dan Aksioma 3 Empat-garis memberikan sebuah titik  $P$  dan sebuah garis  $l$  tetapi tidak pada  $P$ . Teorema 3 Empat-garis menyatakan bahwa terdapat tepat tiga titik pada  $l$ , dan Aksioma 2 EG menyatakan bahwa dua dari tiga titik haruslah segaris dengan titik  $P$ . Maka sekurang-kurangnya ada satu titik yang tidak segaris dengan  $P$ . Andaikan terdapat titik kedua yang tidak segaris dengan  $P$ . Titik ini tidak boleh pada  $l$  tanpa melanggar Teorema 3 Empat-garis. Juga karena titik ini tidak segaris dengan  $P$ , maka titik ini tidak pada garis manapun yang memuat  $P$ . Jadi, titik kedua ini hanya pada satu garis, yang berarti melanggar Aksioma 3 Empat-garis; atau terdapat garis ke lima yang memuat titik kedua ini, yang berarti melanggar Aksioma 1 Empat-garis. Dengan demikian, titik kedua ini tidak boleh ada dan berarti hanya ada tepat satu titik yang dimaksud.

Geometri Empat-titik adalah geometri Euclidean (berdasarkan Teorema 4 Empat-titik). Dengan menggabungkan Teorema 2 dan Teorema 4 Empat-titik diperoleh bahwa terdapat 3

pasang garis yang sejajar. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1. Sedangkan Geometri Empat-garis bukanlah geometri Euclidean, khususnya adalah geometri eliptik. Hal ini sebagai akibat langsung dari aksiomanya, yaitu Aksioma 3 yang menyatakan bahwa setiap titik tepat pada dua garis. Dengan kata lain setiap garis berpotongan. Karena itu tidak mungkin terjadi dua garis yang sejajar.

Teorema 2 Empat-garis menunjukkan bahwa geometri Empat-garis adalah geometri berhingga, sama seperti halnya geometri Empat-titik.

### KESIMPULAN

Dari pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa semua teorema di bidang dual telah ditunjukkan berlaku. Geometri Empat-garis adalah geometri berhingga dan non-Euclidean.

### Daftar Pustaka

- Snapp, Bart, 2006, Ideas in Geometry, GNU Free Documentation License.
- Wallace, Edward C., Stephen F. West, 1992, Roads to Geometry, Prentice Hall.

•

# Gambaran Tingkat Pengetahuan Mahasiswa Fakultas Kedokteran Angkatan 2011-2012 Universitas Malikussaleh Terhadap Penularan Dan Pencegahan Hepatitis B

Yulia Nur Soraya

*Mahasiswa Fakultas Kedokteran, Universitas Malikussaleh*

Al Muqsith

*Bagian Anatomi, Fakultas Kedokteran, Universitas Malikussaleh*

## **Abstract**

*According to World Health Organization (WHO) report, more than 240 million people have chronic heart infection and more than 780.000 people around the world died because of Hepatitis B every year. Indonesia is grouped into high endemic countries of Hepatitis B, and Aceh Province rate the top 7<sup>th</sup> position in Indonesia. In this case, medical student is at a high risk for infected by Hepatitis B, but their knowledge about transmission and prevention for this disease is one of effort to press the risk of Hepatitis B infection. This research aims to find out the knowledge level of medical students year 2011-2012 Universitas Malikussaleh about Hepatitis B. The type of this research is a descriptive research using cross sectional method to analyze the data. Using total sampling method, researcher took 99 respondents as sample of this research. As a result, researcher found that medical students knowledge about Hepatitis B transmission is 62.2% enough, 19.2% poor and 18.2% good, while their knowledge about Hepatitis B prevention is 61.6% enough, 33.3% good and 5.1% poor. This result shown that most of Medical students year 2011-2012 Universitas Malikussaleh knowledge of Hepatitis B infection transmission and prevention is categorized enough.*

**Keywords:** *Hepatitis B, Student, Prevention, Knowledge, Transmission*

### **Abstrak**

Berdasarkan laporan *World Health Organization* (WHO) diperkirakan lebih 240 juta orang di dunia memiliki infeksi kronis hati dan lebih 780.000 orang di dunia meninggal setiap tahun akibat hepatitis B. Indonesia merupakan negara golongan endemis tinggi terhadap hepatitis B, sedangkan Provinsi Aceh menempati urutan ke 7 tertinggi di Indonesia. Mahasiswa kedokteran merupakan kelompok risiko tinggi untuk terinfeksi hepatitis B. Pengetahuan mahasiswa Fakultas Kedokteran tentang penularan dan pencegahan hepatitis B merupakan salah satu upaya untuk menekan risiko terinfeksi hepatitis B. Penelitian ini bertujuan untuk melihat gambaran tingkat pengetahuan mahasiswa Fakultas Kedokteran angkatan 2011-2012 Universitas Malikussaleh terhadap penularan dan pencegahan hepatitis B. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif dengan desain *cross sectional*. Sampel diambil dengan teknik *total sampling*, sebanyak 99 responden. Hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat pengetahuan mahasiswa kedokteran tentang penularan hepatitis B sebanyak 62,2% sedang, sebanyak 19,2% kurang dan sebanyak 18,2% baik, sedangkan tingkat pengetahuan tentang pencegahan hepatitis B sebanyak 61,6% sedang, sebanyak 33,3% baik dan sebanyak 5,1% kurang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar tingkat pengetahuan mahasiswa Fakultas Kedokteran angkatan 2011-2012 Universitas Malikussaleh terhadap penularan dan pencegahan hepatitis B dikategorikan sedang.

**Kata Kunci:** *Hepatitis B, Mahasiswa, Pencegahan, Pengetahuan, Penularan.*

## LATAR BELAKANG

Hepatitis B merupakan masalah kesehatan global karena dapat menyebabkan infeksi hati kronis, sirosis hati dan kanker hati. Berdasarkan laporan *World Health Organization* (WHO) diperkirakan lebih dari 240 juta orang di dunia memiliki infeksi hati kronis dan 780.000 orang di dunia meninggal setiap tahun karena konsekuensi akut atau kronis hepatitis B. Hasil Riset kesehatan dasar (Riskesdas) 2007 menyatakan bahwa Indonesia tergolong negara endemis tinggi, sehingga Indonesia merupakan negara dengan pengidap hepatitis terbesar nomor 2 di antara negara-negara SEARO (*South-East Asia Regional Office*) (Depkes RI, 2013).

Prevalensi Hepatitis B di Indonesia sebesar 9,4%, hal ini berarti penduduk Indonesia 1 dari 10 orang pernah terinfeksi Hepatitis B, bila dikonversikan dengan jumlah penduduk Indonesia maka jumlah penderita hepatitis B di negeri ini mencapai 23 juta orang (Depkes RI, 2013). Riset kesehatan dasar (Riskesdas) 2013 melaporkan bahwa prevalensi hepatitis 2013 di Provinsi Aceh adalah 1,2% dan menempati urutan ke 7 tertinggi di Indonesia (Riskesdas, 2013).

Hepatitis B dapat menular melalui darah, transeksual, penetrasi jaringan (perkutan), transmisi maternal dan neonatal (Sanityoso, 2009). Kelompok risiko tinggi terinfeksi hepatitis B salah satunya adalah tenaga kesehatan karena profesi mereka sangat erat kontak langsung dengan darah maupun sekret orang terinfeksi. Faktor pendukung penularan hepatitis B pada tenaga kesehatan adalah kurangnya pengetahuan dan kebersihan saat bekerja (Musdalifah, Arsin, & Thaha, 2013). Rute penularan hepatitis B yang paling sering pada tenaga kesehatan adalah cedera perkutan (Ustun, Rapiti, & Hutin, 2005).

Survei yang dilakukan oleh Cervini (2005) di Universitas Toronto pada tahun 2003 didapatkan bahwa sepertiga mahasiswa kedokteran mengakui pernah mengalami sedikitnya 1 kali tusukan jarum suntik dan sebagian besar terjadi pada masa kepaniteraan klinik. Penelitian yang dilakukan oleh Pido dan Kagimu (2005) pada 182 mahasiswa kedokteran Universitas Makerere diperoleh sebanyak 11% HBsAg (*Hepatitis B surface Antigen*) positif dan sebanyak 65,9% anti-HBc (*Anti Hepatitis B Core Antigen*) positif.

Salah satu upaya pencegahan hepatitis B bagi tenaga kesehatan adalah *Universal Precaution*. *Universal Precaution* adalah tindakan pengendalian infeksi yang dilakukan seluruh tenaga kesehatan untuk mengurangi risiko penyebaran infeksi dan didasarkan pada prinsip bahwa darah dan cairan tubuh dapat berpotensi menularkan penyakit, baik berasal dari pasien maupun petugas kesehatan (Nursalam, 2007).

Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Malikussaleh angkatan 2011-2012 merupakan calon mahasiswa kepaniteraan klinik dan juga akan menjadi salah satu orang yang berisiko tinggi untuk terinfeksi HBV. Pengetahuan mahasiswa kedokteran tentang pencegahan dan penularan hepatitis B sangatlah penting sebagai salah satu upaya untuk mencegah risiko terinfeksi HBV sehingga peneliti tertarik untuk menilai tingkat pengetahuan mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Malikussaleh angkatan 2011-2012 terhadap penularan dan pencegahan hepatitis B.

### Metode

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan pendekatan *cross sectional*. Penelitian dilakukan di Fakultas Kedokteran Universitas Malikussaleh.

Populasi pada penelitian ini adalah mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Malikussaleh angkatan 2011-2012 yang berjumlah 103 orang. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *total sampling* sebanyak 99 orang.

Kriteria inklusi sampel penelitian ini adalah

1. Mahasiswa yang aktif kuliah di Fakultas Kedokteran Universitas Malikussaleh.
2. Mahasiswa angkatan 2011-2012.

Kriteria eksklusi sampel penelitian ini adalah

1. Mahasiswa yang tidak hadir saat pengambilan data.
2. Mahasiswa yang tidak bersedia menjadi responden.

Pengumpulan data dilakukan dengan metode penyebaran kuesioner. Penelitian ini menggunakan 2 kuesioner yaitu penularan dan pencegahan hepatitis B, masing-masing memiliki 10 pertanyaan. Tingkat pengetahuan responden di ukur dengan menggunakan skala *likert*:

1. Pengetahuan baik, bila responden memperoleh skor jawaban > 75% dari total skor

2. Pengetahuan sedang, bila responden memperoleh skor jawaban 40-75% dari total skor
3. Pengetahuan kurang, bila responden memperoleh < 40% dari total skor.

## Hasil

### Karakteristik Responden Penelitian

Tabel 1. Distribusi frekuensi karakteristik responden berdasarkan angkatan

<b>Angkatan</b>	<b>Frekuensi</b>	<b>Persentase</b>
2011	47	47,5
2012	52	52,5
<b>Jumlah</b>	<b>99</b>	<b>100</b>

Berdasarkan tabel 1 diperoleh bahwa responden angkatan 2011 sebanyak 47,5% dan angkatan 2012 sebanyak 52,5%

Tabel 2. Distribusi frekuensi karakteristik responden berdasarkan usia

<b>Usia</b>	<b>Frekuensi</b>	<b>Persentase</b>
19	3	3
20	25	25,3
21	46	46,4
22	21	21,2
23	4	4
<b>Jumlah</b>	<b>99</b>	<b>100</b>

Berdasarkan tabel 2 diketahui dari 99 responden, 3 responden (3%) berusia 19 tahun, 25 responden (25,3%) berusia 20 tahun, 46 responden (46,4%) berusia 21 tahun, 21 responden (21,2%) berusia 22 tahun dan 4 responden (4%) berusia 23 tahun.

Tabel 3. Distribusi frekuensi karakteristik responden berdasarkan jenis kelamin



<b>Jenis Kelamin</b>	<b>Frekuensi</b>	<b>Persentase</b>
Laki-laki	36	36,4
Perempuan	63	63,6
<b>Jumlah</b>	<b>99</b>	<b>100</b>

Berdasarkan tabel 3, diketahui dari 99 responden, 36 responden (36,3%) berjenis kelamin laki-laki dan 63 responden (63,6%) berjenis kelamin perempuan.

### Pengetahuan Penularan Hepatitis B

Distribusi frekuensi jawaban responden kuesioner penularan hepatitis B dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Distribusi frekuensi jawaban kuesioner responden

<b>No</b>	<b>Pertanyaan</b>	<b>Benar</b>		<b>Salah</b>	
		<b>n</b>	<b>%</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
1.	Definisi hepatitis B	92	92,9	7	7,1
2.	<i>Hepatitis B Virus/ HBV</i> mampu hidup di luar tubuh manusia	26	26,3	73	73,7
3.	Cara penularan hepatitis B	58	58,6	41	41,4
4.	Cara penularan hepatitis B yang paling sering terjadi	66	66,7	33	33,3
5.	Media Penularan	49	49,5	50	50,5
6.	Kelompok risiko tinggi	67	66,7	32	32,3
7.	Sifat HBV	63	63,6	36	36,4
8.	Cara penularan hepatitis B	57	57,6	42	42,4

	yang mungkin terjadi pada tenaga kesehatan				
9.	Pemeriksaan serologi menunjukkan pasien sangat menular	10	10,1	89	89,9
10	Pemeriksaan serologi yang muncul 2 minggu sebelum timbul gejala klinis	64	64,6	35	35,4

Tabel 5. Distribusi frekuensi tingkat pengetahuan penularan hepatitis B berdasarkan angkatan

Variabel	Kategori	Angkatan			
		2011		2012	
		n	%	n	%
Pengetahuan	Baik	1	21,3	8	15,4
		0	0	0	0
Penularan	Sedang	2	59,6	3	65,4
		8	6	4	4
	Kurang	9	19,1	3	65,4
		1	4	4	4
<b>Jumlah</b>		<b>4</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
		<b>7</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>

Berdasarkan tabel 5 menunjukkan bahwa tingkat pengetahuan baik tentang penularan hepatitis B pada angkatan 2011 sebanyak 21,3% dan angkatan 2012 sebanyak 15,4%, tingkat pengetahuan sedang pada angkatan 2011 sebanyak 59,6% dan angkatan 2012 sebanyak 65,4%, serta tingkat pengetahuan kurang pada angkatan 2011 sebanyak 19,1% dan angkatan 2012 sebanyak 19,2%.

Tabel 6. Distribusi frekuensi tingkat pengetahuan responden mengenai penularan hepatitis B dengan sistem skoring

Variabel	Kategori	Frekuensi	Persentase
Pengetahuan	Baik	18	18,2
	Sedang	62	62,6
Penularan	Kurang	19	19,2
	<b>Jumlah</b>	<b>99</b>	<b>100</b>

Berdasarkan tabel di atas distribusi frekuensi tingkat pengetahuan mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Malikussaleh tentang penularan hepatitis B menunjukkan bahwa sebanyak 18 mahasiswa (18,2%) pengetahuannya dikategorikan baik, 62 mahasiswa (62,6%) pengetahuannya dikategorikan sedang dan 19 mahasiswa (19,2%) pengetahuannya dikategorikan kurang.

#### Pengetahuan Pencegahan Hepatitis B

Data lengkap distribusi frekuensi jawaban kuesioner responden mengenai pengetahuan pencegahan hepatitis B pada tabel berikut.

Tabel 7. Distribusi frekuensi jawaban kuesioner responden

No	Pertanyaan	Benar		Salah	
		n	%	n	%
1.	Tindakan untuk mencegah hepatitis B	94	94,9	5	5,1
2.	Langkah pencegahan hepatitis B	80	80,8	19	19,2
3.	Definisi <i>Universal Precaution</i>	62	62,6	37	37,4
4.	Kegiatan <i>Universal Precaution</i>	62	62,6	37	37,4

5.	Jadwal vaksin hepatitis B pada anak	68	68,7	31	31,3
6.	Kontraindikasi vaksin hepatitis B	57	57,6	42	42,4
7.	Produk pencegahan hepatitis B	74	74,7	25	25,3
8.	Antibodi yang diinduksi vaksin hepatitis B	67	67,7	32	32,3
9.	Jadwal vaksin hepatitis B pada tenaga kesehatan	58	58,6	41	41,4
10	<i>Booster</i> vaksinasi hepatitis B	43	43,4	56	56,6

Tabel 8 Distribusi frekuensi tingkat pengetahuan mengenai pencegahan berdasarkan angkatan

Variabel	Kategori	Angkatan			
		2011		2012	
		n	%	n	%
Pengetahuan	Baik	21	44,7	12	23,1
Pencegahan	Sedang	22	46,8	39	75
	Kurang	4	8,5	1	1,9
<b>Jumlah</b>		<b>47</b>	<b>100</b>	<b>52</b>	<b>100</b>

Berdasarkan tabel 8 diperoleh bahwa tingkat pengetahuan baik tentang pencegahan hepatitis B pada angkatan 2011 sebanyak 44,7% dan angkatan 2012 sebanyak 23,1%, tingkat pengetahuan sedang pada angkatan 2011 sebanyak 46,8% dan angkatan 2012 sebanyak 75%, serta tingkat pengetahuan kurang pada angkatan 2011 sebanyak 8,5% dan angkatan 2012 sebanyak 1,9%.

Tabel 9. Distribusi tingkat pengetahuan responden mengenai pencegahan heaptitis B dengan sistem skoring

Variabel	Kategori	Frekuensi	Persentase
Pengetahuan pencegahan	Baik	33	33,3
	Sedang	61	61,6
	Kurang	5	5,1
<b>Jumlah</b>		<b>99</b>	<b>100</b>

### Diskusi

#### Tingkat Pengetahuan Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Malikussaleh Mengenai Penularan Hepatitis B

Hepatitis B merupakan infeksi hati yang disebabkan oleh virus yang dapat menyebabkan penyakit akut maupun kronis. Penularan hepatitis B sama seperti *Human immunodeficiency Virus* (HIV), namun *Hepatitis B Virus* (HBV) jauh 50-100 kali lebih infeksius dibandingkan HIV (Hasdiana & Dewi, 2014). Hal ini diakui responden sebanyak 63%, didukung pula dengan penelitian yang dilakukan oleh Othman, Saleh, dan Shabila (2013) sebanyak 51% dari 200 mahasiswa kedokteran di Iraq menyatakan hal yang sama. Transmisi hepatitis B dapat melalui kontak darah dengan cairan tubuh pada kulit tak utuh, paparan perkutan, tertusuk jarum, dari ibu ke anak dan lain lain.

Tenaga kesehatan merupakan salah satu kelompok risiko tinggi untuk terinfeksi hepatitis B, hal ini terkait paparan terhadap cairan tubuh maupun darah dan terluka oleh alat yang terkontaminasi. Risiko pekerjaan terpapar hepatitis B semakin meningkat selama pelatihan kesehatan profesional. Noubiap, Nansseu, Kengne, Ndoula, dan Agyingi (2013) melaporkan mahasiswa kedokteran setidaknya mengalami 1 kali kecelakaan paparan darah, hal ini dapat disebabkan karena kurangnya pengalaman, kurangnya pelatihan, tugas berlebihan dan kelelahan.

Hasil penelitian yang dilakukan di Fakultas Kedokteran Universitas Malikussaleh didapatkan bahwa sebagian besar (62,2%) mahasiswa Fakultas Kedokteran memiliki tingkat

pengetahuan sedang tentang penularan hepatitis B. Hasil penelitian ini tak jauh berbeda dengan penelitian yang juga dilakukan oleh Kabir *et al.* (2010) di 2 rumah sakit universitas di Iran. Penelitian tersebut dilakukan pada tenaga kesehatan yang menerima 450 kuesioner, tetapi hanya 369 (82%) kuesioner yang diisi. Hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa pengetahuan mengenai penularan hepatitis B berada pada tingkat sedang.

Hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Gioula *et al.*, (2008) pada 109 mahasiswa kedokteran di *Aristotle University of Thesalonikki* bahwa pengetahuan mahasiswa baik mengenai hepatitis B penularan virus sebanyak 86,2%. Hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian lainnya dapat disebabkan metode penelitian yang berbeda, sampel penelitian berbeda dan kuesioner yang digunakan berbeda.

Penelitian ini dilakukan pada sesama mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Malikussaleh sehingga responden menjawab kurang sungguh-sungguh, hal ini lah yang menyebabkan tingkat pengetahuan menjadi sedang.

Tingkat Pengetahuan responden sebagian besar dikategorikan sedang karena saat pengambilan data yang dilakukan tanpa adanya penyuluhan terlebih dahulu untuk melihat pengetahuan yang murni dari responden. Penyuluhan sangat bermanfaat bagi peningkatan pengetahuan. Penelitian yang dilakukan oleh Windira (2013) pada Santri Dayah Ulumuddin diperoleh bahwa adanya peningkatan pengetahuan secara signifikan setelah dilakukan penyuluhan, sebanyak 95% responden memiliki pengetahuan baik tentang kesehatan setelah dilakukan penyuluhan yang sebelum penyuluhan sebanyak 65% responden memiliki pengetahuan sedang.

Pengalaman responden yang masih minim juga dapat mempengaruhi tingkat pengetahuan. Pengalaman adalah kejadian yang pernah dialami seseorang dalam berinteraksi dengan lingkungan (Mubarak, Chayatin, & Supradi, 2007). Penelitian ini dilakukan pada mahasiswa yang belum memasuki masa kepaniteraan klinik, sehingga ilmu yang dipelajari semasa akademik belum diimplementasikan secara langsung pada pasien, hal inilah yang menyebabkan responden belum memahami tentang hepatitis B secara mendalam. Penelitian yang dilakukan oleh Singh dan Jain (2012) pada 150 mahasiswa kedokteran bahwa pengetahuan cukup baik pada mahasiswa klinis dibandingkan nonklinis.

## Tingkat Pengetahuan Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Malikussaleh Mengenai Pencegahan Hepatitis B

Tenaga kesehatan termasuk mahasiswa kedokteran merupakan salah satu kelompok risiko tinggi untuk terinfeksi hepatitis B karena sering terpapar oleh darah dan cairan tubuh yang mengandung *Hepatitis B Virus* (HBV). Pido dan Kagimu (2005) menemukan pada 182 mahasiswa kedokteran Universitas Makerere didapatkan 11% HBsAg positif yang menunjukkan infeksi sekarang dan 65,9% anti-HBc positif yang menunjukkan infeksi dimasa lalu. Risiko kejadian infeksi hepatitis B dapat ditekan dengan memberikan pengetahuan tentang penularan dan pencegahan hepatitis B. Pengetahuan atau kognitif merupakan suatu domain yang sangat penting untuk terbentuknya perilaku seseorang. Jika pengetahuan mahasiswa kedokteran kurang mengenai pencegahan hepatitis B maka hal ini tidak hanya merugikan mereka sebagai tenaga kesehatan dimasa depan tetapi juga pasien.

Hasil penelitian yang dilakukan di Fakultas Kedokteran Universitas Malikussaleh menunjukkan bahwa tingkat pengetahuan mahasiswa Kedokteran Universitas Malikussaleh tentang pencegahan hepatitis B dikategorikan sedang (61,6%). Hasil penelitian ini tidak jauh berbeda dengan penelitian yang dilaporkan oleh Setiana (2011) pada 54 responden mengenai pengetahuan, sikap dan praktik mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro terhadap pencegahan infeksi bahwa tingkat pengetahuan mahasiswa cukup (57,4%).

Hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Putri (2013) pada 78 mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara yang menunjukkan bahwa 65,4% pengetahuan mahasiswa baik tentang pencegahan hepatitis B. Perbedaan hasil penelitian dapat terjadi karena konsentrasi responden saat menjawab pertanyaan dan kuesioner yang dimodifikasi.

Kurangnya konsentrasi responden saat menjawab pertanyaan dapat menjadi salah satu faktor. Konsentrasi adalah kemampuan seseorang untuk mencurahkan perhatian dalam waktu relatif lama. Konsentrasi dapat dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal meliputi kesiapan saat diuji, kondisi psikologis, dan kondisi fisik dari responden. Faktor eksternal

meliputi adanya suara gaduh yang berasal dari lingkungan (Susanto, 2006).

Kuesioner yang digunakan berbeda, peneliti memodifikasi kuesioner Putri (2013) menjadi lebih sulit sehingga membutuhkan pemikiran yang lebih teliti bagi responden untuk menjawab kuesioner.

Responden tidak siap saat diuji dapat menjadikan seseorang tidak berkonsentrasi dalam menjawab. Kondisi psikologis responden juga mempengaruhi jawaban responden. Penelitian yang dilakukan oleh Safriana (2013) pada Mahasiswa Fakultas Universitas Malikussaleh angkatan 2009-2011 bahwa sebanyak 47,4% mahasiswa berada pada level stres sedang dengan faktor stresor tugas kuliah, target belum selesai, ketidakterediaan fasilitas, ujian, tagihan, lingkungan dan manajemen berat badan. Kondisi fisik responden yang kelelahan karena aktivitas yang padat juga mempengaruhi jawaban responden. Penelitian dilakukan pada responden yang sedang sibuk menjalani penelitian, jadwal *skill lab* dan praktikum.

*Center of disease control* (CDC) telah merekomendasikan pelaksanaan *universal precaution* sejak tahun 1996 sebagai salah satu upaya pencegahan hepatitis B di tempat penyelenggaraan kesehatan (CDC, 2012). *Universal precaution* mencakup pengelolaan alat habis pakai, cuci tangan, pemakaian alat pelindung diri, pengelolaan limbah dan sanitasi ruangan, pengelolaan jarum dan alat tajam, desinfeksi dan stielirisasi alat yang digunakan ulang, serta pengelolaan linen (Nursalam, 2007).

Vaksinasi Hepatitis B merupakan andalan dalam pencegahan infeksi hepatitis B (WHO, 2014). *Center of disease control* (CDC) merekomendasikan bahwa semua kelompok risiko tinggi harus menerima vaksin hepatitis B termasuk tenaga kesehatan (CDC, 2012). Produk pencegahan hepatitis B ada 2 yaitu: vaksin hepatitis B rekombinan dan *hepatitis B immunoglobulin* (HBIG). Vaksin hepatitis B dapat menginduksi antibodi setidaknya 10-15 tahun, konsentrasi antibodi biasanya menurun dari waktu ke waktu, tetapi infeksi secara klinis jarang terjadi (Franco *et al.*, 2012). Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hudu *et al.*, (2013) pada 402 mahasiswa relawan berusia 23 tahun ditemukan bahwa 62,7% memiliki titer anti-HBs  $\geq 10$  mIU/mL, diperkirakan kekebalan pasca vaksinasi bertahan setidaknya 20 tahun. Efektivitas vaksin hepatitis B dalam pencegahan infeksi *Hepatitis B Virus* (HBV) sekitar 85-95% (Sanityoso, 2009). *Booster* hanya



diberikan pada individu *immunocompromised* (seperti orang terinfeksi *human immunodeficiency virus* dan orang yang menerima kemoterapi) dan pasien hemodialisis, dengan titer anti-HBs <10 mIU/mL (CDC, 2014).

### Simpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar tingkat pengetahuan mahasiswa Fakultas Kedokteran angkatan 2011-2012 Universitas Malikussaleh terhadap penularan dan pencegahan hepatitis B dikategorikan sedang. Mahasiswa Fakultas Kedokteran diharapkan mencari informasi lebih dalam mengenai hepatitis B baik dari segi penularan dan pencegahan serta melakukan vaksinasi hepatitis B sebagai persiapan awal sebelum memasuki dunia kepaniteraan klinik. Pihak Fakultas Kedokteran Universitas Malikussaleh diharapkan memberikan fasilitas informasi yang lebih lengkap mengenai hepatitis B seperti buku dan akses internet.

### Daftar Pustaka

- Center for Disease Control and Prevention 2014, Hepatitis B for Health Professionals, diakses 20 November 2014, <http://www.cdc.gov/hepatitis/hbv/hbvfaq.html>.
- Cervini, P & Bell, C 2005, 'Needlestick injury and inadequate post-exposure practice in medical students', *J Gen Intern Med*, vol. 20, no. 5, hal: 419-420.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia 2013, *Pengendalian Hepatitis Secara Komprehensif di Indonesia*, diakses 05 Oktober 2014, <http://www.depkes.go.id/article/view/2271/pengendalian-hepatitis-secara-komprehensif-di-indonesia.html>.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia 2013, *Saatnya Peduli Hepatitis: Ketahui, Cegah, dan Obati*, diakses 14 Agustus 2014, <http://www.depkes.go.id/article/view/2401/saatnya-peduli-hepatitis--ketahui-cegah-dan-obati.html>.
- Franco, E, Bagnato, B, Marino, MG, Meleleo, C, Serino, L & Zaratti, L 2012, 'Hepatitis B: Epidemiology and prevention in

- developing countries', *World Journal of Hepatology*, vol. 4, no. 3, hal: 77.
- Hasdianah, DR & Dewi, P 2014, *Virologi: Mengenal Virus, Penyakit, dan Pencegahan*, Nuha Medika, Yogyakarta, hal: 115.
- Hudu, SA, Malik, YA, Niazlin, MT, Harmal, NS, Adnan, A, Alsharari, AS & Sekawi, Z 2013, "Antibody and immune memory persistence post infant hepatitis B vaccination", *NCBI*, vol. 7, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia 2013, *Riset Kesehatan Dasar 2013*, Dirjen PP dan PL, Jakarta.
- Mubarak, WI, Chayatin, N & Supradi 2007, *Promosi Kesehatan, Graha ilmu*, Yogyakarta, hal: 30.
- Musdalifah, A, Arsin, A & Thaha, ILM 2008, ' Faktor risiko kejadian hepatitis B pada pasien di RSUP dr. Wahidin Sudirohusodo', *Jurnal Unhas*, hal: 5-6.
- Noubiap, JJN, Nansseu, JRN, Kengne, KK, Ndoula, ST & Agyingi, LA 2013, "Occupational exposure to blood, hepatitis B vaccine knowledge, and uptake among medical students in Cameroon", *Biomedcentral*, vol. 13, dilihat 8 April 2015, <http://www.biomedcentral.com>.
- Nursalam 2007, *Asuhan Keperawatan pada Pasien Terinfeksi HIV/AIDS*, Salemba Medika, Jakarta, hal: 82.
- Othman, SM, Saleh, AM & Shabila, NP 2013, 'Knowledge about hepatitis B infection among medical students in Erbil City, Iraq', *European Scientific Journal*, vol. 3, hal: 299.
- Pido, B & Kagimu, M 2005, 'Prevalence of hepatitis B virus (HBV) infection among Makerere University medical students', *African Health Science Journal*, vol. 5, no. 2, hal: 97.
- Putri, SV 2013, 'Tingkat pengetahuan mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara Angkatan 2010 tentang penularan dan pencegahan hepatitis B', skripsi, Universitas Sumatera Utara.
- Safriana, S 2013, 'Gambaran tingkat stres dan stresor pada mahasiswa angkatan 2009-2010 Program Studi Pendidikan

Dokter Universitas Malikussaleh', skripsi, Universitas Malikussaleh.

- Sanityoso, A 2009, 'Hepatitis Virus Akut', *dalam Buku ajar ilmu penyakit dalam*, eds. AW Sudoyo, B Setiyohadi, I Alwi, M Simadibrata & S Setiati, Interna Publishing, Jakarta, hal: 651.
- Setiana, D 2011, 'Pengetahuan, sikap dan praktik mahasiswa fakultas kedokteran terhadap pencegahan infeksi', skripsi, Universitas Diponegoro.
- Singh, A & Jain, S 2012, 'Prevention of hepatitis B knowledge and practices among medical students', *Indian Medical Gazette*, hal: 54-55.
- Susanto, H 2006, 'Meningkatkan konsentrasi siswa melalui optimalisasi modalitas belajar', *Jurnal Pendidikan Penabur*, no.6, hal: 48.
- Ustun, AP, Rapiti, E & Hutin, Y 2005 'Estimation of the global burden of disease to contaminated sharps injuries among health-care workers', *American Journal of Industrial Medicine*, hal: 8.
- Windira, AE 2013, 'Tingkat pengetahuan santri tentang skabies sebelum dan sesudah penyuluhan di Dayah Ulumuddin Uteunkot-Lhokseumawe', skripsi, Universitas Malikussaleh.
- World Health Organization 2014, *Hepatitis B*, diakses 15 Agustus 2014, <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs204/en/>.



# Analisis Laju Fouling Pada Tube Heat Exchanger 53 EA-1001

Yasir Amani

*Jurusan Teknik Mesin Bidang Teknik Konversi Energi  
Universitas Malikussaleh*

## Abstrak

Alat penukar kalor tipe 53 EA-1001 yang ada pada perusahaan PT. Pupuk Iskandar Muda beroperasi waktu beberapa lama maka terbentuklah lapisan kotoran atau fouling, adanya fouling akan mengurangi koefisien perpindahan panas menyeluruh (U) sampai batas akhir perencanaan alat mencapai harga minimum, informasi ini diperoleh untuk dapat membuat jadwal rutin berkala pembersihan dan juga pergantian pipa alat penukar kalor yang tidak layak digunakan lagi dengan memprediksi penumpukkan fouling maksimum pada alat penukar kalor. Adanya fouling akan mengurangi koefisien perpindahan panas sampai batas akhir perencanaan, sehingga dapat dibuat jadwal perawatan rutin. Pengaruh koefisien perpindahan panas menyeluruh (U) terhadap kecepatan aliran fluida, mengakibatkan tingginya kecepatan aliran. 8640 jam operasi pada fouling faktor 0,0082 (Rd) menghasilkan volume fouling 0,0066 m<sup>3</sup> perlu perawatan pada usia APK 27 tahun penyumbatan fouling pada volume 63,585 m<sup>3</sup>. Aliran yang mengalir adalah laminar dengan nilai 950 Btu.ft<sup>3</sup>/J.lb.s dan tenaga yang hilang 1,46 kali dari tenaga yang hilang pada keadaan tanpa ada fouling.

**Kata kunci :** Fouling, alat penukar kalor, koefisien perpindahan panas, aliran, fluida

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

*Heat Exchanger* (Alat Penukar Kalor) yang berfungsi sebagai pemindah energi dari satu fluida ke fluida lain banyak digunakan pada kegiatan domestik dan industri. Berbagai jenis *heat exchanger* yang dibuat dan digunakan dalam industri digunakan dalam industri petrokimia yang mengubah bahan baku gas alam menjadi pupuk urea.

Dalam banyak kasus terjadi alat penukar kalor yang digunakan pada PT. Pupuk Iskandar Muda banyak hal, termasuk *reformer waste heat exchanger fouling* (pengotoran akibat karat) pada alat penukar kalor akibat perubahan kondisi operasi. Pada operasionalnya *heat exchanger* ini sering mendapat masalah yaitu terjadi *boiling corrotion* pada material tube yang berdekatan dengan tubesheet sisi gas inlet. Menurut Ali dan Susanto (2012), Permasalahan ini di duga akibat distribusi aliran di sisi shell yang tidak merata, sehingga terjadi stagnasi aliran didaerah yang berdekatan dengan tubesheet. Besar kecepatan aliran menentukan jenis aliran, yaitu aliran laminar atau turbulen. Turbulensi yang terjadi dalam aliran akibat tingginya kecepatan aliran dapat memperbesar bilangan Reynold dan bilangan Nusselt yang kemudian meningkatkan perpindahan panas secara konveksi. Namun semakin tinggi kecepatan aliran berarti waktu kontak kedua fluida semakin singkat. Kemungkinan yang paling dominan adalah menipisnya ketebalan pipa karena tererosi aliran secara terus menerus dari dalam maupun luar pipa, kemungkinan yang lain diameter pipa mengalami deformasi karena perbedaan suhu yang berkepanjangan juga pembentukan kerak pada permukaan pipa dan untuk itulah perlu dilakukan pemeriksaan yang lebih detil.

Sejak tahun 2000, alat penukar kalor secondary reformer waste heat exchanger 53 EA-1001 yang ada pada perusahaan PT. Pupuk Iskandar Muda Lhokseumawe mengalami kebocoran yang mengakibatkan diberhentikan pengoperasiannya untuk perbaikan sampai tahun 2004. Hasil analisis lapangan bahwa terjadinya kebocoran akibat terjadi pengotoran pada bagian dalam pipa air. Sejak tahun 2005 hingga tahun 2011, alat penukar kalor secondary reformer waste heat exchanger 53 EA-1001 yang ada pada perusahaan PT. Pupuk Iskandar Muda Lhokseumawe mengalami kebocoran dan sudah tiga kali melakukan perbaikan ulang. Dari kejadian kronologis yang terjadi di lapangan belum

diperoleh informasi yang detail yang dapat memprediksi proses terjadinya fouling dalam pipa air pada alat penukar kalor secondary reformer waste heat exchanger 53 EA-1001 yang ada pada perusahaan PT. Pupuk Iskandar Muda informasi ini diperoleh untuk membuat jadwal rutin berkala pembersihan dan juga pergantian pipa alat penukar kalor yang tidak layak digunakan lagi. Adapun jenis alat penukar kalor tersebut yaitu item 53 EA-1001 (Natural Gas Super Heater); Tube steam (in P = 42 kg/cm<sup>2</sup>, T = 385 °C); Shell Natural Gas (in P = 17 kg/cm<sup>2</sup>, G = T = 20-30 °C, T<sub>out</sub> = 65-70 °C); dengan surface area (A) = 11,7 m<sup>2</sup>.

Menurut Y. A. Cengel (2005), hampir pada semua *Heat Exchanger*, didominasi oleh konveksi dan konduksi dari fluida panas ke fluida dingin, dimana keduanya dipisahkan oleh dinding. Perpindahan panas secara konveksi sangat di pengaruhi oleh bentuk geometri *heat exchanger* dan tiga bilangan tak berdimensi, yaitu bilangan *Reynold*, bilangan *Nusselt* dan bilangan *Prandtl*. Besar konveksi yang terjadi dalam suatu *shell and tube heat exchanger* akan berbeda dengan *double pipe heat exchanger*, *cross-flow heat exchanger* atau *compact heat exchanger* atau *plate heat exchanger* untuk temperatur yang sama. Sedang besar ketiga bilangan tak berdimensi tersebut tergantung pada kecepatan aliran serta properti fluida yang meliputi massa jenis, viskositas absolut, panas jenis dan konduktivitas panas.

Proses fouling diakibatkan fluida yang dipanaskan dalam prosesnya atau pengalirannya menimbulkan deposit endapan. Beberapa penelitian mengenai fouling di alat penukar kalor dilakukan (Gonzales-Garcia, 2009), akan tetapi model deteksi fouling yang diprediksikan kurang akurat. Oddgeir (2008), deteksi fouling dengan menggunakan standar Kalman filter yang masih sedikit sekali dalam penggunaannya. Ali dan Susanto (2012), bahwa fouling paling dominan terjadi adalah menipisnya ketebalan pipa karena tererosi aliran secara terus menerus dari dalam maupun luar pipa, kemungkinan yang lain diameter pipa mengalami deformasi karena perbedaan suhu yang berkepanjangan juga pembentukan kerak pada permukaan pipa. Untuk itu perlu dilakukan penelitian untuk memprediksikan penumpukkan fouling pada pipa sehingga dapat dibuat jadwal rutin untuk pembersihan dan pergantian pipa yang tidak layak untuk dioperasikan kembali.

### Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Menentukan harga koefisien perpindahan panas Overall (U) sistem dua fluida di dalam alat penukar panas *Plate and Frame*, sehingga dapat dibuat jadwal rutin berkala pembersihan dan juga pergantian pipa alat penukar kalor yang tidak layak digunakan lagi.
2. Mempelajari pengaruh temperatur fluida terhadap koefisien perpindahan panas overall (U), sehingga dapat mengetahui sebab terjadinya fouling dan memprediksi penumpukkan fouling maksimum pada alat penukar kalor secondary reformer waste heat exchanger 53 EA-1001 yang ada pada perusahaan PT. Pupuk Iskandar Muda
3. Melakukan analisa dan perpindahan panas pada sisi shell 53 EA-1001, sehingga diperoleh metode untuk eksperimen fouling detection

### Lingkup Penelitian

Untuk mengetahui laju pertumbuhan atau penumpukkan fouling yang pada dalam pipa alat penukar kalor secondary reformer waste heat 53 EA-1001 yang ada pada perusahaan PT. Pupuk Iskandar Muda Lhokseumawe, fluida panas yang diteliti adalah air hasil yang dipanaskan bersumber hasil pembakaran gas metana ( $\text{CH}_4$ ) (di dalamnya gas metana ( $\text{CH}_4$ ) yang terdapat kandungan  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ , dan  $\text{N}_2$ ) pada alat penukar kalor secondary reformer waste heat 53 EA-1001 yang diamati secara langsung sehingga dapat dibuat permodelan. Untuk melihat pola aliran dan distribusi kecepatan aliran pada sisi shell. Dan hasilnya dapat diterapkan suatu model untuk pendeteksian fouling cara metode slope menggabungkan dengan metode NTU (Number of Transfer Unit) dengan menggunakan persamaan empirik untuk perubahan laju aliran.

### Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui penyebab terjadinya fouling pada 53 EA-1001 dan juga untuk memprediksikan penumpukkan fouling pada pipa sehingga dapat dibuat jadwal rutin untuk pembersihan dan pergantian pipa yang tidak layak untuk dioperasikan kembali. Disamping itu juga dapat

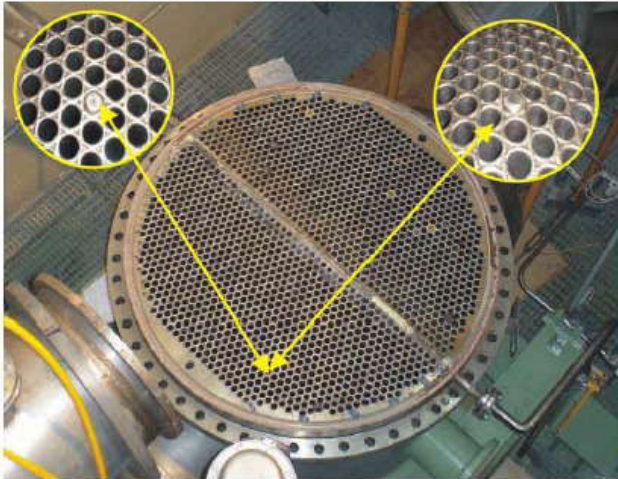
menjadi acuan pada penyempurnaan design mendatang dengan mengingat kondisi design yang ada selama ini 53 EA-1001 masih terjadi permasalahan yang ekksesnya menimbulkan korosi dan erosi pada material tube yang diduga akibat adanya stagnasi aliran di sisi shell sehingga kinerja 53 EA-1001 tidak optimal.

## TINJAUAN KEPUSTAKAAN

### Alat Penukar Panas

Menurut Wahyu (2001), Alat penukar panas konvensional seperti penukar panas pipa rangkap (*double pipe heat exchanger*) dan penukar panas cangkang buluh (*shell and tube heat exchanger*) selama beberapa decade mendominasi fungsi sebagai penukar panas di industri. Perkembangan kemudian, karena tuntutan efisiensi energi, biaya, serta tuntutan terhadap beban perpindahan panas yang lebih tinggi dengan ukuran penukar panas yang kompak menjadi penting. Menanggapi hal itu, maka dibuat suatu penukar panas kompak. Salah satu jenis penukar panas kompak tersebut adalah penukar panas *plate and frame heat exchanger*.

Dengan dilakukan pemeliharaan secara rutin maka kelangsungan perpindahan kalor tetap baik dan kerusakan total dapat dihindarkan.

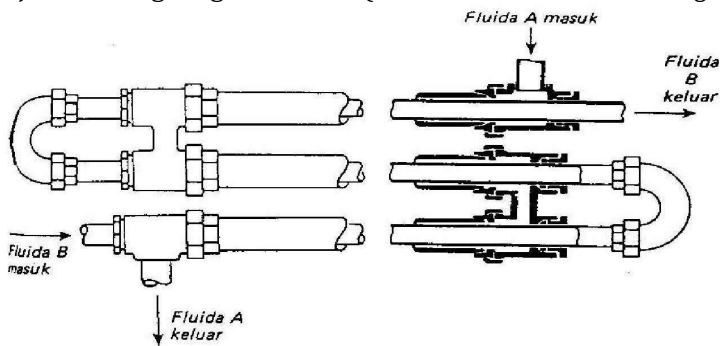


Gambar 1. Tube-tube Penukar Kalor RSG Yang Ditutup Karena Mengalami Penipisan. Sumber : Wahyu (2001)



## Penukar panas pipa rangkap (*double pipe heat exchanger*)

Alat penukar panas pipa rangkap terdiri dari dua pipa logam standart yang dikedua ujungnya dilas menjadi satu atau dihubungkan dengan kotak penyekat (Ekadewi, 2009). Menurut Holman (1995), fluida yang satu mengalir di dalam pipa, sedangkan fluida kedua mengalir di dalam ruang anulus antara pipa luar dengan pipa dalam. Alat penukar panas jenis ini dapat digunakan pada laju alir fluida yang kecil dan tekanan operasi yang tinggi. Penukar panas jenis pipa rangkap dapat dilihat pada Gambar 2. Sedangkan untuk kapasitas yang lebih besar digunakan penukar panas jenis selongsong dan buluh (*shell and tube heat exchanger*).

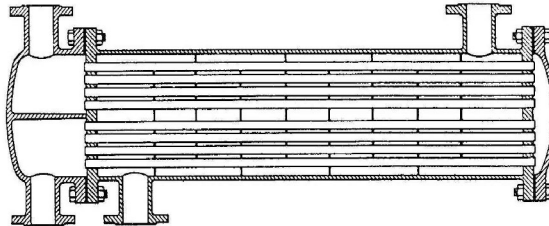


Gambar 2. Penukar panas jenis pipa rangkap  
Sumber : Holman (1995)

## Penukar panas cangkang dan buluh (*shell and tube heat exchanger*)

Alat penukar panas cangkang dan buluh terdiri atas suatu bundel pipa yang dihubungkan secara parallel dan ditempatkan dalam sebuah pipa mantel (cangkang). Fluida yang satu mengalir di dalam bundel pipa, sedangkan fluida yang lain mengalir di luar pipa pada arah yang sama, berlawanan, atau bersilangan. Kedua ujung pipa tersebut dilas pada penunjang pipa yang menempel pada mantel (Rudi, 2008). Untuk meningkatkan efisiensi pertukaran panas, biasanya pada alat penukar panas cangkang dan buluh dipasang sekat (*baffle*). Ini bertujuan untuk membuat turbulensi aliran fluida dan menambah waktu tinggal (*residence time*), namun pemasangan sekat akan memperbesar *pressure drop* operasi dan

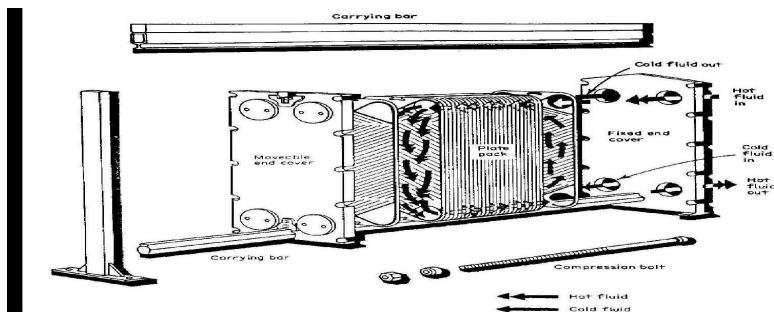
menambah beban kerja pompa, sehingga laju alir fluida yang dipertukarkan panasnya harus diatur. Penukar panas jenis cangkang dan buluh dapat dilihat pada Gambar 3. berikut ini.



Gambar 3. Penukar panas jenis cangkang dan buluh  
Sumber : Rudi (2008)

### Penukar Panas Plate and Frame ( *plate and frame heat exchanger* )

Menurut McCabe (1985), Alat penukar panas pelat dan bingkai terdiri dari paket pelat-pelat tegak lurus, bergelombang, atau profil lain. Pemisah antara pelat tegak lurus dipasang penyekat lunak (biasanya terbuat dari karet). Pelat-pelat dan sekat disatukan oleh suatu perangkat penekan yang pada setiap sudut pelat (kebanyakan segi empat) terdapat lubang pengalir fluida. Melalui dua dari lubang ini, fluida dialirkan masuk dan keluar pada sisi yang lain, sedangkan fluida yang lain mengalir melalui lubang dan ruang pada sisi sebaliknya karena ada sekat. Penukar panas jenis pelat and *frame* dapat dilihat pada Gambar 4. berikut ini.



Gambar 4. Penukar panas jenis pelat and frame  
Sumber : McCabe (1985)

## Alat Penukar Kalor

Menurut S. Lalot (2005), Alat penukar kalor merupakan suatu peralatan dimana terjadi perpindahan panas dari suatu fluida yang temperaturnya lebih tinggi kepada fluida yang temperaturnya lebih rendah. Proses perpindahan panas tersebut dapat dilakukan secara langsung atau tidak. Maksudnya ialah :

1. Alat penukar kalor yang langsung, ialah dimana fluida yang panas akan bercampur secara langsung dengan fluida dingin (tanpa adanya pemisah) dalam suatu bejana atau dalam ruangan tertentu.
2. Alat penukar kalor yang tidak langsung, ialah dimana fluida panas tidak berhubungan langsung (*indirect contact*) dengan fluida dingin. Jadi proses perpindahan panasnya itu mempunyai media perantara, seperti pipa, pelat atau peralatan jenis lainnya.

### Pembagian Alat Penukar Kalor Jenis *Shell* Dan Tubes Berdasarkan *Standard of Turbular Exchanger Manufactures Association (TEMA)*

Menurut Roetzel (1989), Begitu banyaknya jenis dari alat penukar kalor *shell* dan *tubes* yang dipergunakan pada dunia industri. Untuk membuat pembagiannya secara pasti adalah sangat sulit. Tetapi oleh *Standard of Turbular Exchanger Manufactures Association (TEMA)* dikelompokkan berdasarkan pemakaian dari *heat exchanger* itu menjadi 3 kelompok, yaitu :

1. Alat penukar kalor kelas "R", yang dipergunakan pada industri minyak dan peralatan yang berhubungan dengan proses tersebut.
2. Alat penukar kalor kelas "C", yang umumnya dipergunakan pada keperluan komersial.
3. Alat penukar kalor kelas "B", yang umumnya dipergunakan pada proses kimia. Kelas R, kelas C dan kelas B ini, kesemuanya adalah alat penukar kalor yang tidak dibakar (*unfired shell and tubes*), tidak sama dengan dapur atau ketel uap.

### Fouling pada alat penukar kalor

Menurut Turaikha (1987), fouling adalah suatu pembentukan endapan atau sisa zat anorganik dan atau organik

pada permukaan yang terjadi akibat transfer panas. Fouling berdasarkan proses terjadinya menjadi enam jenis yaitu :

1. Fouling karena pepadatan terjadi karena jenis kandungan tertentu dalam umpan larutan.
2. Fouling karena pengendapan suhu tinggi. Ini terjadi akibat garam-garam yang termasuk kesadahan tetap seperti kalsium sulfat, magnesium sulfat, kalsium karbonat, magnesium karbonat, dan senyawa silikat kelarutannya turun oleh karena suhu. Dalam pemekatan larutan garam yang mengandung kesadahan tetap melalui proses evaporasi pada suhu didihnya, sehingga terjadi kenaikan konsentrasi garam dalam larutan sekaligus penurunan kelarutannya karena kenaikan suhu. Menurut Bryers, R.W. (2009), disaat larutan konsentrasi bergerak dari kondisi jenuh ke kondisi super jenuh terjadilah nukleasi dan pertumbuhan kristal. Kristal bertambah besar dan setelah mencapai berat tertentu mengendap secara gravitasi. Pada waktu yang bersamaan karena campuran larutannya turun akibat kenaikan suhu maka garam yang saat suhunya rendah dalam larutan akan mengendap. Fouling yang terjadi karena pengendapan pada suhu tinggi disebut juga scaling, dan sisa endapan yang didapat disebut scale atau kerak.
3. Fouling karena sedimentasi partikel. Pemekatan larutan yang mengandung partikel padatan terdispersi melalui penguapan pelarutnya menghasilkan peningkatan kadar padatan dalam larutan. Menurut Polley (2007), Kondisi larutan yang pekat menimbulkan resiko sedimentasi partikel padatan pada permukaan transfer panas, sisa padatan tersebut dapat menempel secara adhesi pada dinding transfer panas.
4. Fouling karena reaksi kimia. Jika larutannya mengandung senyawa-senyawa yang dapat saling bereaksi pada suhu tinggi membentuk garam hasil reaksi berupa endapan-endapan, maka timbullah sisa endapan garam pada dinding transfer panas. Fouling yang diakibatkan oleh reaksi kimia tersebut dinamakan salting.
5. Fouling karena proses biologi. Terjadinya sisa endapan akibat proses biologi dapat terjadi pada sistem yang menggunakan air tanah atau air perairan yang mengandung mikroorganisme. Akibat terjadinya pengumpulan jamur, ganggang, dan lain-lain yang menempel pada dinding akan membentuk sisa endapan biologi yang dinamakan dengan biofouling.

6. Fouling karena korosi. Korosi disebabkan logam karena oksidasi yang terjadi pada permukaan yang mengandung besi sehingga terbentuk besi oksidasi (yang dinamakan dengan karatan). Menurut R. B. Dooley (1991), Terjadinya korosi pada permukaan dinding bagian dalam pipa, besi oksidasi yang terjadi akan mengumpul dan menutupi penampang saluran pipa yang menyebabkan tertahannya aliran sehingga terjadi penurunan tekanan.

#### Penyebab terjadinya endapan

Bansal (2005), Fouling diakibatkan fluida yang dipanaskan sehingga sisa endapan yang terbentuk, disebabkan tiga penyebab yaitu :

1. Isolator panas yang terjadi pada permukaan menyebabkan terjadinya penurunan transfer panas melewati dinding pipa. Tahanan transfer panas yang ditimbulkan dari sisa endapan pada dinding pipa akan mengakibatkan penurunan nilai luas permukaan transfer panas sehingga panas yang diterima fluida dari sumber panas melewati dinding pipa menjadi menurun. Menurut Oddgeir G (2009), Untuk menghindari penurunan luas permukaan transfer panas tersebut sepanjang periode operasional alat penukar kalor, pada tahapan perancangan peralatan telah diperhitungkan adanya sisa endapan kerak melalui penggunaan nilai Fouling Factor (Rd) yang dipersyaratkan sehingga luas permukaan transfer panas yang disediakan menjadi berlebih dari nilai yang dibutuhkan.
2. Meningkatkan kekasaran permukaan dinding pipa (permukaan transfer panas) yang menaikkan friksi aliran. Nilai  $\epsilon$  (kekasaran permukaan dinding) ditingkatkan dari sisa endapan pada permukaan dinding pipa akan menyebabkan faktor friksi  $f$  meningkat, sehingga tenaga yang hilang karena friksi meningkat pula. Akibatnya kebutuhan akan tenaga pemompaan fluida akan naik pula.
3. Jika terjadi korosi agar diciptakan lingkungan penampang saluran terlokalisir. Menurut DeAnda (1981), menumpuknya dan memperkecilnya luas penampang pipa akibat sisa endapan besi oksida dari korosi yang terakumulasi pada dinding bagian dalam pipa dapat menyebabkan menghambatnya aliran yang

berakibat meningkatnya tenaga pemompaan untuk pengaliran dengan laju alir yang sama.

### Perhitungan Perpindahan Panas

#### Neraca enthalphi dalam penukar panas

Menurut Cengel dan Turner (2005), bahwa panas yang dipindahkan untuk salah satu arus fluida dalam penukar panas, yaitu :

$$q = m \cdot (H_b - H_a) \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana

$q$  = laju perpindahan kalor ke dalam arus fluida

$m$  = Laju alir massa

$H_a, H_b$  = Enthalphi persatuan massa arus fluida masuk dan keluar alat penukar panas.

Perpindahan kalor dari atau ke udara sekitar tidak dikehendaki. Salah satu dari kedua arus fluida yang berada disebelah luar dapat mengambil kalor atau melepaskan kalor ke udara sekitar jika fluida itu lebih dingin atau lebih panas. Pencegahan hal itu dilakukan dengan mengisolasi penukar panas. Dengan menggunakan persamaan (2.1) dapat digunakan untuk menghitung besarnya kalor yang dipindahkan masing - masing fluida :

- Fluida panas,  $q = m_h \cdot (H_{hb} - H_{ha})$

- Fluida dingin,  $q = m_c \cdot (H_{cb} - H_{ca})$

dimana,

$m_c, m_h$  = Laju alir massa fluida dingin, fluida panas

$H_{ca}, H_{ha}$  = Enthalphi persatuan massa fluida dingin, fluida panas saat masuk penukar panas.

$H_{cb}, H_{hb}$  = Enthalphi persatuan massa fluida dingin, fluida panas saat keluar penukar panas.

$q_c, q_h$  = laju perpindahan panas fluida dingin, panas.

Tanda  $q_c$  adalah positif (+), tetapi tanda  $q_h$  negatif (-). Hal itu dibuat karena fluida panas melepas kalor, dan panas yang dilepaskan diambil fluida dingin,

sehingga persamaan menjadi :

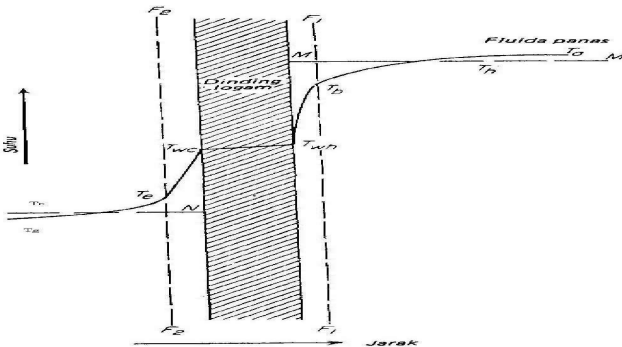
$$m_h \cdot (H_{ha} - H_{hb}) = m_c \cdot (H_{cb} - H_{ca})$$

dan jika kalor spesifik (  $c_p$  ) dianggap konstan, neraca enthalpi dapat dituliskan :

$$m_h \cdot C_{ph} \cdot (T_{ha} - T_{hb}) = m_c \cdot C_{pc} \cdot (T_{cb} - T_{ca}) \dots\dots\dots ( 2.2 )$$

Koefisien perpindahan panas menyeluruh (U)

Menurut Warren (1998), Profil gradient temperatur perpindahan panas yang terjadi pada suatu dinding (logam) antara fluida panas pada satu sisi dan fluida dingin pada sisi lain dengan pengaliran konveksi paksa. Pada gambar 5 memperlihatkan penurunan temperatur secara bertahap yang terdiri dari konveksi (pada fluida panas), konduksi (pada logam) dan konveksi pada fluida dingin. Gradien suhu pada konveksi paksa dapat dilihat pada Gambar 5. Dengan persamaan Fourier tentang konduksi dan persamaan Newton tentang pendinginan (konveksi), maka panas yang dipindahkan dapat dibedakan, antara lain :



Gambar 5. Gradien suhu pada konveksi paksa  
 Sumber : Warren (1998)

1. Konveksi pada fluida panas,  $dq = -h A dT$ 

$$dq = -h A (T_{wh} - T_h)$$

$$dq = h A (T_h - T_{wh})$$

$$dq = h_1 A_1 (T_h - T_{wh})$$

$$(T_h - T_{wh}) = dq \cdot (1 / (h_1 dA_1))$$

2. Konduksi pada dinding logam,  $dq = -k A_{Lmtd} dT / \Delta x$

$$dq = -k A (T_{wc} - T_{wh}) / \Delta x$$

$$dq = k A_{Lmtd} (T_{wh} - T_{wc}) / \Delta x$$

$$(T_{wh} - T_{wc}) = dq (\Delta x / (k dA_{Lmtd}))$$

3. Konveksi pada fluida dingin,  $dq = h_2 A_2 (T_{wc} - T_c)$

$$(T_{wc} - T_c) = dq (1 / (h_2 dA_2))$$

### Jenis Shell and Tube

Jenis ini merupakan jenis yang paling banyak digunakan dalam industri perminyakan. Alat ini terdiri dari sebuah shell (tabung/silinder besar) dimana didalamnya terdapat suatu bundle (berkas) pipa dengan diameter yang relative kecil. Satu jenis fluida mengalir didalam pipa-pipa sedangkan fluida lainnya mengalir dibagian luar pipa tetapi masih didalam shell (Richard C. B, 1999).

### *Fouling Factor* (Faktor Pengotoran)

Menurut Oddgeir G. (2009), Faktor pengotoran ini sangat mempengaruhi perpindahan panas pada *heat exchanger*. Pengotoran ini dapat terjadi endapan dari fluida yang mengalir, juga disebabkan oleh korosi pada komponen dari *heat exchanger* akibat pengaruh dari jenis fluida yang dialirinya. Selama *heat exchanger* ini dioperasikan pengaruh pengotoran pasti akan terjadi. Terjadinya pengotoran tersebut dapat mengganggu atau mempengaruhi temperatur fluida mengalir juga dapat menurunkan atau mempengaruhi koefisien perpindahan panas menyeluruh dari fluida tersebut. Beberapa faktor yang dipengaruhi akibat pengotoran antara lain :

- Temperatur fluida
- Temperatur dinding tube
- Kecepatan aliran fluida

Menurut Aquino B (2007), Faktor pengotoran (*fouling factor*) dapat dicari persamaan :

$$R_d = U_c - U_d / U_c U_d \dots \dots \dots (2.3)$$



$U_c$  = Koefisien perpindahan panas menyeluruh bersih

$$= h_{io} \times h_o / h_{io} + h_o \dots \dots \dots (2.4)$$

$h_{io}$  = Koefisien perpindahan panas pada permukaan luar tube

$h_o$  = Koefisien perpindahan panas fluida diluar tube

$U_d$  = Koefisien perpindahan panas menyeluruh (*design*)

$$= Q / \Delta T \dots \dots \dots (2.5)$$

### Penurunan Tekanan pada Shell Side

Apabila dibicarakan besarnya penurunan tekanan pada sisi shell alat penukar kalor, masalahnya proporsional dengan beberapa kali fluida itu menyeberangi *tube bundle* diantara sekat-sekat. Menurut CP. Kothandaraman (1977), besarnya penurunan tekanan pada isothermal untuk fluida yang dipanaskan atau didinginkan, serta kerugian saat masuk dan keluar adalah :

$$\Delta P_s = \frac{f_s \cdot G^2 s \cdot D_s \cdot (N+1)}{5.22 \cdot 10^{10} \cdot D_e \cdot S_s \cdot \Psi_s} \dots \dots \dots (2.6)$$

### Penurunan Tekanan pada Tube Side

Besarnya penurunan tekanan pada tube side alat penukar kalor telah diformulasikan, persamaan terhadap faktor gesekan dari fluida yang dipanaskan atau yang didinginkan didalam tube.

$$\Delta P_t = \frac{f_s \cdot G^2 s \cdot D_s \cdot L \cdot n}{5.22 \cdot 10^{10} \cdot D_t \cdot S_s \cdot \Psi_t} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

$n$  = Jumlah pass aliran tube

$L$  = Panjang tube

$L.n$  = Panjang total lintasan dalam ft

Mengingat bahwa fluida itu mengalami belokan pada saat passnya, maka akan terdapat kerugian tambahan penurunan tekanan.

$$\Delta p_r = \frac{4n \cdot V^*}{St \cdot 2g} \text{psi} \dots \dots (2.8)$$

## METODE PENELITIAN

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian pada Perusahaan PT. Pupuk Iskandar Muda Lhokseumawe yang berlokasi di Gampong Batuphat Kecamatan Muara Satu Kota Lhokseumawe. Sebelah utara berbatasan dengan laut, sebelah barat berbatasan dengan Gampong Tambon Baroh Kecamatan Kruenggeukueh Kabupaten Aceh Utara. Sedangkan sebelah selatan berbatasan Gampong Binjee Kecamatan Nisam Kabupaten Aceh Utara, dan sebelah timur berbatasan dengan Gampong Blang Pulo Kecamatan Muara Dua Kota Lhokseumawe. Karena keterbatasan biaya dan waktu penelitian, maka penelitian dilaksanakan dalam waktu 3 bulan. Data penelitian diambil setelah seminar proposal.

### Peralatan Penelitian

Kajian yang menjadi penelitian adalah alat penukar kalor secondary reformer waste heat exchanger 53 EA-1001 yang ada pada perusahaan PT. Pupuk Iskandar Muda Lhokseumawe mengalami kebocoran dan sudah tiga kali melakukan perbaikan ulang.

Penelitian ini guna memprediksi berkembang terjadinya fouling dalam pipa air pada alat penukar kalor secondary reformer waste heat exchanger 53 EA-1001 yang ada pada perusahaan PT. Pupuk Iskandar Muda sehingga dapat dibuat jadwal rutin berkala pembersihan dan juga pergantian pipa alat penukar kalor yang tidak layak digunakan lagi. Adapun jenis alat penukar kalor tersebut yaitu item 53 EA-1001 (*Natural Gas Super Heater*); *Tube steam* (in P = 42 kg/cm<sup>2</sup>, T = 385 °C); *Shell Natural Gas* (in P = 17 kg/cm<sup>2</sup>, G = T = 20-30 °C, T<sub>out</sub> = 65-70 °C); dengan *surface area* (A) = 11,7 m<sup>2</sup>.

Alat penukar kalor ini dipasangkan secara vertikal dengan tinggi keseluruhan 16,6 m dan diameter luar shell 2,156 m. Pipa air yang disusun secara selang seling berjumlah 362 dengan diameter pipa 38,1 mm. Adapun alat ukur yang dipergunakan adalah alat

pengukur temperatur dan alat ukur laju aliran gas panas untuk dapat mengukur keluar dan masuk aliran gas panas.

## Bahan dan Prosedur Kerja

### a. Bahan

Pada penelitian ini digunakan beberapa peralatan utama, yaitu :

1. *Thermometer*
2. Gelas beaker berisi air 500 ml
3. Rangkaian *shell dan tube heat Exchanger*
4. *Stop Watch*
5. Sedikit zat warna di atas pemanas listrik 600 W
6. Air, sebagai fluida panas dan dingin (fluida dingin dialirkan sekali lewat)

### b. Prosedur Kerja

1. Studi Literatur  
Studi literatur adalah rangkaian proses mengumpulkan referensi yang berkaitan dengan topik penelitian yang berasal dari buku, internet, dan jurnal.
2. Pengumpulan data lapangan  
Pengumpulan data lapangan adalah proses mendapatkan informasi, riwayat peralatan, data sheet peralatan, lokasi korosi, parameter input simulasi, kondisi operasional dan lingkungan yang diperoleh dari PT. Pupuk Iskandar Muda, misalnya: pengumpulan data dilakukan dengan cara tanya-jawab langsung dengan beberapa karyawan, menelaah dari manual *handbook* dan mencatat data-data pada saat alat penukar kalor beroperasi.
3. Langkah kerja  
Untuk mendapatkan data-data sebagai penunjang diperlukan adanya langkah-langkah kerja, yaitu :
  - a. Memastikan semua alat-alat percobaan dalam kondisi baik
  - b. Memastikan semua sistem perpipaan serta kerangan (jalur) telah siap untuk dioperasikan
  - c. *Start* pompa air dingin dan pompa air panas untuk sirkulasi ke masing-masing tangki penampungan
  - d. Melakukan kalibrasi laju air untuk masing-masing sistem aliran (air dingin dan air panas)

- e. Melakukan pengambilan data untuk aliran searah (*co-current*) dan berlawanan arah (*counter-current*) dengan cara mencatat temperatur masuk dan keluar *Heat Exchanger* (alat penukar kalor) pada masing-masing sistem aliran (air dingin dan air panas)

#### c. Pengolahan data dan Analisis

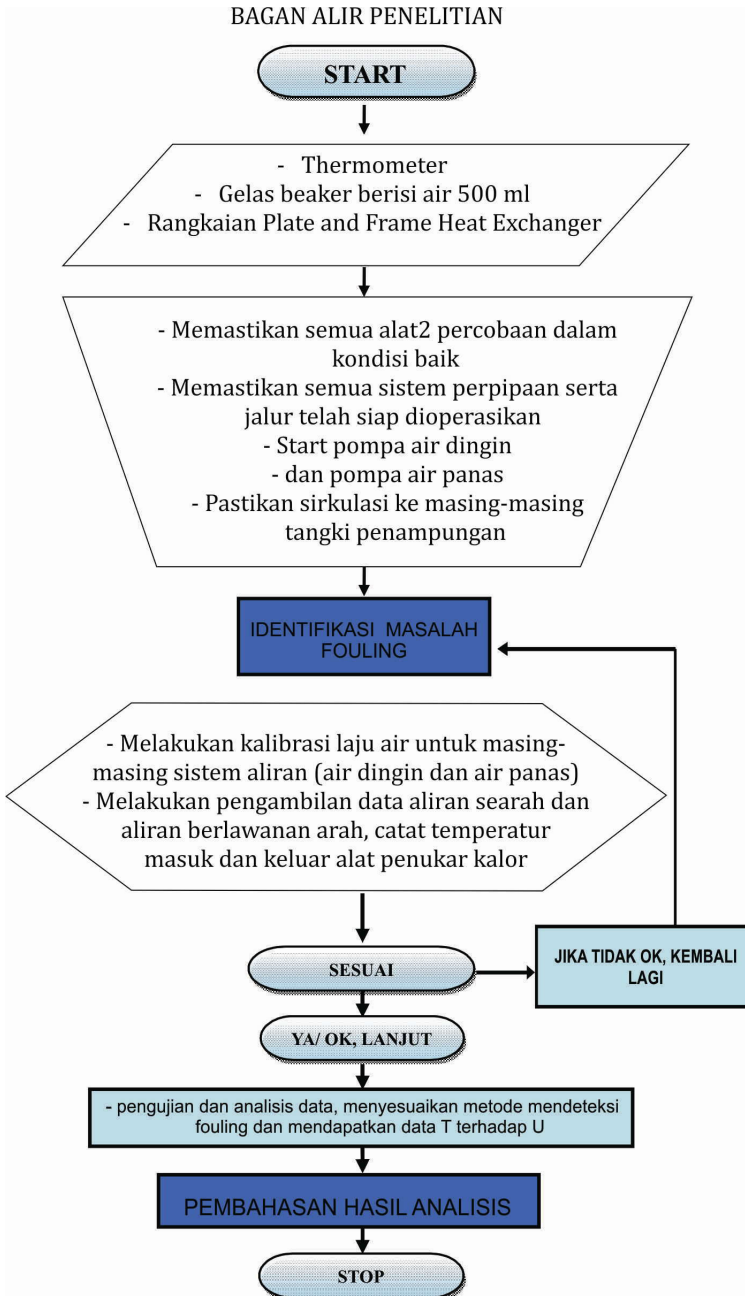
- a. Menganalisa data-data tersebut untuk mendapatkan perhitungan efisiensi alat penukar kalor tipe *shell and tube*
- b. Data hasil pengamatan pada alat penukar kalor secondary reformer waste heat boiler 53 EA-1001 yang diamati secara langsung dianalisis dengan menggunakan statistik komputer dengan software SPSS version 16.0
- c. Pengolahan data hasil pengujian sifat mekanik dilakukan secara persamaan empiris dengan menggunakan metode slope. Nilai-nilai hasil pengujian digambarkan dalam bentuk grafik sehingga memudahkan analisa data.

#### d. Target/ Indikator Penelitian

Target dari hasil penelitian ini didapatkan suatu prosentase mengetahui penyebab terjadinya fouling pada 53 EA-1001, metode memprediksi fouling dengan melihat pengaruh data T terhadap U, mengetahui harga koefisien perpindahan panas mencapai harga minimum alat yang direncanakan. Tingginya kecepatan aliran berarti waktu kontak kedua fluida semakin singkat sehingga meningkatnya bilangan Reynold dan Nusselt, serta paramater model fouling yang sesuai dan ideal. Sehingga dapat memprediksikan penumpukkan fouling pada pipa sehingga dapat dibuat jadwal rutin untuk pembersihan dan pergantian pipa yang tidak layak untuk dioperasikan kembali. Disamping itu juga dapat menjadi acuan pada penyempurnaan *design* mendatang

#### e. Skema Prosedur Kerja

Adapun susunan rencana penelitian terdapat pada diagram bagan alir pada gambar 3.1.



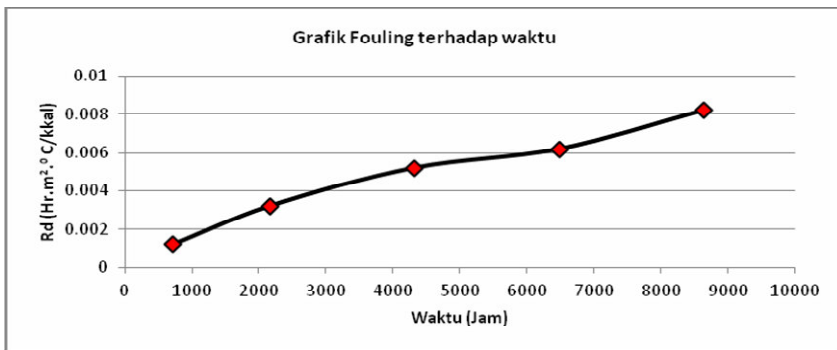
Gambar 3.1. Skema Bagan Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Transfer Panas dan Fouling pada Alat Penukar Kalor

Pada alat penukar kalor tipe EA 53 1001 panas yang ditimbulkan adalah panas sensible bukan panas laten. Panas sensible panas jumlah kalor yang diperlukan untuk menaikkan atau menurunkan suhu benda, jika kalor ditambahkan pada suatu benda dipanasi, suhu benda akan naik karena molekul-molekul menerima panas dan gerak lebih cepat, jika panas sensible diambil dari suatu benda, suhunya akan turun, karena gerak molekul-molekul menjadi lambat, perubahan ini dapat dilihat dan diukur dari perubahan suhu pada thermometer. Panas laten atau tersembunyi, panas yang diperlukan untuk mengubah wujud zat dari padat menjadi cair, dari cair menjadi gas atau sebaliknya, tanpa mengubah suhunya.

Berdasarkan persamaan 2.20 (bab dua) maka nilai  $R_d$  dapat dihitung, dengan ketentuan  $R_{di} = 0,04$  diperoleh dari Tabel 2.7 (lampiran II). Untuk uap panas lanjut yang mengalir pada tube EA 53 1001 yaitu  $R_{di} = 0,04$  dan uap panas gas lanjut (steam) yang mengalir pada shell  $R_{do} = 0$ . Jadi dengan menggunakan persamaan 2.20 (pada bab dua) diperoleh nilai  $R_d$ , yaitu  **$R_d = 0,008187$** . Gambar 4.1. merupakan Grafik hubungan waktu operasi evaporasi terhadap nilai fouling faktor.



Gambar 4.1. Grafik hubungan waktu evaporasi terhadap fouling faktor. Sumber : Hasil Perhitungan (2013)

## Analisis Distribusi Temperatur Alat Penukar Kalor 53 EA -1001

*Fouling* adalah peristiwa terakumulasinya padatan yang tidak dikehendaki di permukaan Heat Exchanger yang berkontak dengan fluida kerja, termasuk permukaan heat transfer. Peristiwa tersebut adalah pengendapan, pengerakan, korosi, polimerisasi dan proses biologi.

Dengan mengasumsikan bahwa volume itu sama dengan panjang ( $X_d$ ) x lebar ( $X_d$ ) x tinggi ( $X_d$ ) disimbolkan dengan dengan ( $X_d$ )<sup>3</sup> sehingga ( $X_d$ )<sup>3</sup>= 0,0066 (dalam tabel 3.5), maka diperoleh tebal kerak deposit :  $668,36 \text{ Btu} / \text{Hr} \cdot \text{ft}^2 \text{ F}$ . Alat penukar panas setelah dioperasikan dalam waktu yang cukup lama maka akan timbul deposit endapan pada permukaan transfer panas. Deposit endapan tersebut yang antara lain berupa kerak dari kesadahan tetap, merupakan penghambat transfer panas dari uap ke cairan, biasa disebut tahanan transfer panas pengotor.

Tabel 4.1. Hubungan laju penumpukkan fouling terhadap waktu

No	years (y)	day (d)	$\Sigma d.y$	x (tebal)	$\Sigma d.y.x$
1	0	360	0	0	0
2	1	360	360	0,0066	0,0066
3	2	360	720	0,0066	2,376
4	5	360	1800	0,0066	11,88
5	10	360	3600	0,0066	23,76
6	15	360	5400	0,0066	35,64
7	20	360	7200	0,0066	47,52
8	25	360	9000	0,0066	59,4
9	27	360	9720	0,0066	63,585

Sumber : Hasil perhitungan (2013)

Cukup banyak kerugian yang dapat ditimbulkan oleh kerak tersebut. Sehingga apabila terjadi perpindahan panas yang besar maka penting untuk dapat mendeteksi kerak atau boleh juga dibuat analisis fouling untuk memperediksi fouling yang terbentuk pada

alat penukar panas. Hal ini seperti ditunjukkan pada gambar 4.3 berikut ini:



Gambar 4.3. Grafik hubungan laju penumpukkan fouling terhadap waktu. Sumber : HasilPerhitungan (2013)

#### Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Alat Penukar Kalor 53 EA -1001

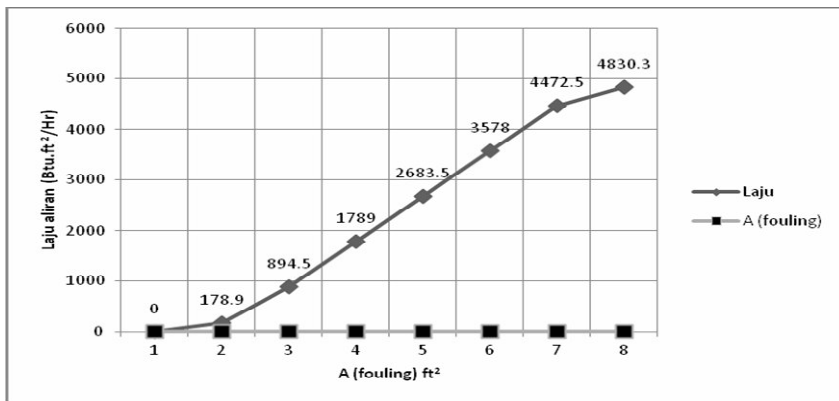
Semakin banyak *fouling* oleh korosi menyebabkan luas penampang aliran menjadi semakin kecil (menyempit) yang menimbulkan tenaga hilang karena friksi semakin besar atau beda tekanan yang melintasi penukar panas jadi naik. Namun semakin tinggi kecepatan aliran berarti waktu kontak kedua fluida semakin singkat.

Tabel 4.2. Hubungan penumpukkan fouling dengan laju aliran fluida

No	A (fouling) ft <sup>2</sup>	Laju (Btu.ft <sup>2</sup> /Hr)	Tahun
1	0	0	0
2	0,00022	178,9	1
3	0,0011	894,5	5
4	0,0022	1789	10
5	0,0033	2683,5	15
6	0,0044	3578	20
7	0,0055	4472,5	25
8	0,00594	4830,3	27

Sumber : Hasil perhitungan (2013)





Gambar 4.4. Grafik hubungan penumpukkan fouling dengan laju aliran fluida. Sumber : Hasil perhitungan (2013)

Untuk aliran laminar  $Re \leq 2100$  maka nilai friksi adalah  $f = 64 / Re$ , sebab  $Re$  yang diperoleh adalah 950, maka dapat diasumsikan bahwa aliran yang mengalir pada tube alat penukar kalor 53 EA-1001 adalah aliran laminar.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa, sebagai berikut :

1. Hasil analisis penulis sesuai dengan data desain pabrik alat temperatur 399 °C, yaitu temperatur 61°C. Hal ini menandakan bahwa semakin hari beroperasi alat penukar kalor semakin menurun kapasitas temperaturnya. Alat penukar kalor beroperasi secara terus menerus selama 8640 jam, ( $Rd; \text{jam} = 0.0012; 720$ , terendah pada tahun awal dan mencapai maksimum pada  $Rd; \text{jam} = 0.0082; 8640$ ) faktor foulingnya pun meningkat dengan diikuti meningkatnya tahanan panas yang terdapat pada alat penukar kalor
2. Alat penukar kalor beroperasi maka akan terjadi penumpukkan fouling semakin besar, penumpukkan fouling akan mengikuti samavolume alat penukar kalor 63,585 m<sup>3</sup> selama dalam kurun waktu 27 tahun bila tidak dibersihkan. Awaltahun pertama minimum yaitu ( $v; V = 0; 0, 1$  dan mencapai maximum 59.4, 27; 64.152)

3. Penumpukkan volume fouling awaltahun  $0,0066 \text{ m}^3$  hingga maximal mencapai  $63,59 \text{ m}^3$ , sehinggapadat samadengan volume tube bilatidakdilakukanperawatan. Dan laju aliran fluida yang semula  $178,910 \text{ Btu.ft}^2/\text{Hr}$ , hingga mencapai  $4830,3 \text{ Btu.ft}^2/\text{Hr}$ , makasemakin lama semakinkencanglajunya akan terjadi penyempitan volume tube selama 27 tahun.

### Saran

Akibat alat penukar kalor beroperasi terus menerus, maka laju penumpukkan fouling  $0,0066 \text{ m}^3$  hingga mencapai  $63,59 \text{ m}^3$  semakin padat dan menyamai volume alat penukar kalor akibatnya laju aliran fluida yang semula  $178,910 \text{ Btu.ft}^2/\text{Hr}$ , hingga mencapai  $4830,3 \text{ Btu.ft}^2/\text{Hr}$  maka akan terjadi penyempitan volume, diupayakan agar perawatan pada alat penukar kalor 53 EA-1001 jangan sampai dilakukan diatas usia alat penukar kalor 25 tahun atau hitungan setelah hari dilakukan perawatan pembersihan alat penukar kalor ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Artono Koestoer, Raldi, 2010. *"Perpindahan Kalor"*. Salemba Teknika. Jakarta
- Ali, M, 2012, *"Analisis Aliran pada Sisi Shell Reboiler 61-105 C dengan Menggunakan CFD"*, MTM Unsyiah
- Aquino B., zderouin C. & Polley G. T., 2007, *Towards an understanding of how tube inserts mitigate fouling in heat exchangers*, Engineering Foundation Conference, Tomar.
- Bryers, R.W., 2009, (Editor) *Proceedings of the International Conference on the Fouling of Heat Exchanger Surfaces*, Engineering Foundation, New York, (In Press).
- B. Bansal & X. D. Chen, *Fouling on heat exchanger by dairy fluids- a review*, June 2012. [http:// services. Bepress. Com/eci/heatexchanger](http://services.Bepress.Com/eci/heatexchanger), 2005.
- CP. Kothandaraman, 1990, *Heat and Mass Transfer Data Book*, Wiley Eastern Limited, New

Delhi.

DeAnda, E., *"Heat Exchanger Fouling and Corrosion Evaluation,"*  
Report No. 81-

18003, AiResearch Manufacturing Company of California, Torrance,  
California,

June 1981.

Ekadewi A. Handoyo, 2010, *Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Efektivitas Shell and Tube*

*Heat Exchanger*, Jurnal Teknik Mesin Universitas Kristen Petra,  
Jakarta.

Gonzales Garcia G, 2009, *Ph. D. Thesis*, FIMEE, Universidad de Guanajuato.

Gudmundur R. Jonsson, Sylvain Lalot, Olafur P. Palsson, & Bernard Desmet, 2006, *Use of extended kalman filtering in detecting fouling in heat exchanger*. International Journal of Heat and Mass Transfer.

Holman, JP. Alih bahasa E.Jasifi, 1995. *"Perpindahan Kalor"*. Penerbit Erlangga. Jakarta.

Ian Wright, *"Assessment of Factor Affecting Boiler Tube Lifetime in Waste Fired Steam Generator"*, Final Report, 1996, *National Renewable Energy Laboratory*, Colorado

MC. Cabe, W.L, Smith, JC, Harriot, P, 1995, *" Unit Operation of Chemical Engineering"*, 4th ed, Mc.Graw-Hill, New York, Chapter 11, 12, 15

Kern, DQ, 1995, *"Process Heat Transfer"*, Mc.Graw-Hill, New York

Kays,W.M. and London, A.L, 1994, *"Compact Heat Exchanger"*, 2 nd Edition McGraw-Hill, New York

Oddgeir G, 2009, *"Detection of Fouling in Heat Exchangers"*, University of Iceland

P. K. Nema and A. K. Datta, 2005, *A computer based solution to check the drop in milk outlet temperature due to fouling in a tabular heat exchanger*. Journal of Food Engineering.

- Polley G.T., Wilson D.I., Pugh S.J. & Petitjean E., 2007, *“Extraction of crude oil fouling data parameters from plant monitoring”*, Heat Transfer Engineering, 28 (3), 1-8
- Richard C. Byrne, 1999, *Standards of The Turbular Exchanger Manufactures Association*, Standards of The Turbular Exchanger Manufactures Association, Inc., New York.
- Rudi Hartono, 2008, *Penukar Kalor modul-1.07*, Lab. OTK, Unsultengirta, Banten
- R. B. Dooley, “Boiler Tube Failures-A Perspective and a Vision,” presented at the EPRI International Boiler Tube Failure Conference, La Jolla, CA (1991).
- Roetzel W. & Spang B. 1999, *“Thermal calculations in multi-pass shell and tube heat exchangers”*, Chem. Eng. Res. Des., 67, 115-120
- Susanto, *“Pengembangan Metode Deteksi Fouling pada Scondary Reformer Waste Heat Boiler 101-C”*, MTM Unsyiah, 2012
- S. Lalot, O.P. Palsson, G.R. Jonsson, & B. Desmet, *Comparison of neural networks and kalman filters performances for fouling detection in a heat exchanger*. International Journal of Heat Exchangers, VII, 2005.
- Turaikha, M, *“Fouling of Heat Exchanger Surface”* Heat Transfer Engineering, Washington D.C, Vol 5, No. 1 -2, 1984
- Yunus A.Cengel and Robert H. Turner, 2005, *Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences*. McGraw Hill, 2 edition.
- Warren M. Rohsenow, 1998, *Handbook Heat Transfer*, Mc Graw-Hill Handbook, New York.



*This Page Is Intentionally Left Blank*



# Samudera

*Jurnal Penelitian Ilmu-ilmu Alam dan Teknik*

Diterbitkan oleh:

**Lembaga Penelitian & Pengabdian  
kepada Masyarakat (LPPM)**

**Universitas Malikussaleh**

Jl. Tgk. Chik Di Tiro No. 26, Lancang Garam  
Lhokseumawe 24351

Nanggroe Aceh Darussalam  
Indonesia

ISSN 1979-0236



9 771979 023604