



VOLUME 1
NOMOR 1
JUNI 2024

BIODIVERSE

Jurnal Biodiversitas dan Bioteknologi



BIODIVERSE: Jurnal Biodiversitas dan Bioteknologi
menerbitkan artikel ilmiah dalam bidang Biodiversitas dan Bioteknologi
(Biodiversitas; Struktur dan Fungsi Sel; Biokimia Sel, Protein dan Enzim; Genetika
Terapan dan Molekuler; Genomik dan Proteomik; Mikrobiologi Terapan; Bioproses;
Kultur Jaringan dan Sel Punca; Bioinformatika; Virologi; dan Bioteknologi Terapan).

Tabel Isi Artikel Volume 1 Nomor 1 Tahun 2024

Halaman

Aplikasi <i>Multilayered Edible Coating</i> Dengan Variasi CaCl_2 Pada Buah Tomat (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) Adzani Ghani Ilmannafian, Almira Ulimaz, Mariatul Kiptiah, Muhammad Indra Darmawan, Nor Halysa	1-5
Review Artikel: Model Biorekognisi Berbasis Antibodi (<i>immunodiagnostic</i>) Pada Biosensor Untuk Deteksi Awal Kanker Payudara Syifa Luthfiah dan Nelis Hernahadini	6-12
Epidemiologi, Patofisiologi, Dan Faktor Resiko Human Papilloma Virus Risma Nurjanah, Nurul Halisa, Wulan Pertiwi	13-16
Aplikasi <i>Wolbachia</i> Sebagai Kontrol Biologi Demam Berdarah <i>Dengue</i>: Kajian Literatur Fadly Hidayaturochman, Aghniya Nur Rizka Fadila, Haryanto	17-24
Potensi Mikroalga Laut, <i>Chlorella vulgaris</i>, Dalam Menghasilkan Listrik Qori Atur R. Suhada, Adyattia Indra Gunawan, Tiwi Sartika, Hasna Labib Lathifah, Marsya Naranissa Puteri, Maya Amini Sukma, Nadilla Suci Nugraha, Rosi Ainin Faqihah, Tiara Zahira	25-29
Sindrom Rett: Kelainan Genetik Penyebab Disabilitas Intelektual Nisa Ihsani, Elisca Nurhayati, Tabina Khalishah Dzakra Dzakhirah, Yesi Repani	30-34
Karakterisasi Bakteri Kombucha Teh Melati dan Teh Hijau sebagai Agen Pupuk Hayati Muhammad Fauzi, Nisa Ihsani, Rois Suriyah	35-39



Diterbitkan oleh:
Program Studi Bioteknologi
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Muhammadiyah Bandung

BIODIVERSE

BIODIVERSE: Jurnal Biodiversitas dan Bioteknologi

merupakan artikel jurnal dalam bidang ilmu Biodiversitas dan Bioteknologi. Jurnal ini diterbitkan setiap Juni dan Desember pada setiap tahunnya.

Jurnal ini diterbitkan oleh Program Studi Bioteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Bandung. BIODIVERSE terindeks Google Scholar.

BIODIVERSE: Jurnal Biodiversitas dan Bioteknologi

FOKUS DAN CAKUPAN

BIODIVERSE: Jurnal Biodiversitas dan Bioteknologi menerima artikel ilmiah berupa hasil penelitian dan atau review jurnal pada bidang ilmu Biodiversitas dan Bioteknologi.

Cakupan jurnal ini meliputi:

- Biodiversitas
- Struktur dan Fungsi Sel
- Biokimia Sel, Protein dan Enzim
- Genetika Terapan dan Molekuler
- Genomik dan Proteomik
- Mikrobiologi Terapan
- Bioproses
- Kultur Jaringan dan Sel Punca
- Bioinformatika
- Virologi
- Bioteknologi Terapan



Diterbitkan oleh:
Program Studi Bioteknologi
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Muhammadiyah Bandung



jurnal.biodiverse@umbandung.ac.id



0895-6384-70339



Jalan Soekarno-Hatta no. 752
Kota Bandung, Indonesia





**Aplikasi *Multilayered Edible Coating* Dengan Variasi CaCl_2 Pada Buah Tomat
(*Solanum lycopersicum* L.)**

***Application of Multilayered Edible Coating With CaCl_2 Variations on Tomatoes
(*Solanum lycopersicum* L.)***

**Adzani Ghani Ilmannafian¹, Almira Ulimaz², Mariatul Kiptiah¹, Muhammad Indra
Darmawan², Nor Halysa¹**

¹Progam Studi Agroindustri, Teknologi Industri Pertanian, Politeknik Negeri Tanah Laut, Pelaihari 70815, Indonesia

²Progam Studi Pengembangan Produk Agroindustri, Teknologi Industri Pertanian, Politeknik Negeri Tanah Laut,
Pelaihari 70815, Indonesia

*Corresponding author: Jl. A Yani Km 6, Desa Panggung, Kecamatan Pelaihari, Kabupaten Tanah Laut,
Kalimantan Selatan

E-mail addresses: adzani@politala.ac.id

2024 BIODIVERSE: Jurnal Biodiversitas dan Bioteknologi

Abstract

Edible coating is a thin layer made of edible material, formed to coat a food product, while Multilayered is an anti-microbial coating that can be eaten and affects the shelf life and quality of fruit. This study aims to analyze the quality of tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) with the use of multilayered edible coatings. The research method used was experimental method with various treatments with CaCl_2 concentrations of 0.5 grams, 1 gram and 1.5 grams. The tests used were weight loss test, vitamin C test, pH test and ANOVA test with different CaCl_2 variations. based on the results of research on the best quality of tomatoes using multilayered edible coatings at CaCl_2 concentrations, it did not affect weight loss and had an effect on vitamin C and pH values. Based on this, technology is needed to maintain the quality of tomatoes by making multilayered edible coatings made from tundang banana starch, CMC, CaCl_2 , and chitosan.

Article info

Article history:

Received: 06 February 2024

Revised: 03 June 2024

Accepted: 20 June 2024

Available online: 30 June 2024

Keywords:

CaCl_2

Edible coating;

Tomatoes

Vitamin C

Weight loss.

1. PENDAHULUAN

Edible coating merupakan suatu lapisan tipis yang dibuat dari bahan yang dapat dimakan (*edible*), dibentuk untuk melapisi suatu produk pangan sedangkan *Multilayered edible coating* merupakan pelapis anti mikroba berlapis-lapis yang dapat dimakan dan berpengaruh terhadap

umur simpan dan kualitas buah. Selain menjaga buah dari cepat busuk, industri pertanian biasanya menggunakan *edible coating* untuk mempercantik tampilan buah dan menambah umur simpan buah hal tersebut disebabkan karena *edible coating* berguna dalam mengurangi kelembaban buah dan menjadi *barrier* untuk pertukaran gas antara gas yang ada di lingkungan dalam buah dan gas yang ada di lingkungan luar buah [1].

Penggunaan *edible coating* telah banyak dikembangkan karena sumber pati yang melimpah dan biaya yang murah [2]. Pati memiliki sifat yang cocok digunakan sebagai *edible coating* karena dapat membentuk lapisan yang kuat [3] dan Pati berlimpah di alam. Pisang yang masih mentah memiliki kandungan pati yang cukup tinggi yaitu mencapai 70% dari berat keringnya sehingga dapat dijadikan alternatif yang baik sebagai sumber pati [4]. Karena masih memiliki kekurangan seperti sifat yang rapuh dan kaku, perlu ditambahkan bahan tambahan aditif dan bahan aditif yang banyak di gunakan adalah CMC yang merupakan derivat selulosa yang sifatnya mengikat air dan sering digunakan sebagai pembentuk tekstur halus, *stabilizer*, pengental dan emulsifier [5] dan konsentrasi CaCl_2 pada *edible coating* juga berpengaruh dalam memperpanjang lama umur simpan buah untuk mempertahankan kandungan vitamin C adalah dengan pemberian kalsium klorida (CaCl_2) karena diketahui dapat memperpanjang daya simpan buah melalui penghambatan pemasakan buah [6].

Pada pembuatan *edible coating* kitosan juga termasuk salah satu bahan yang dapat dijadikan sebagai larutan *edible coating* karena memiliki keunggulan sebagai pelapis, diantaranya adalah bersifat biodegradable, dapat dimakan dan memiliki aktivitas anti mikroba. Limbah kulit udang memiliki kadar kitin berkisar 15-20% Beberapa penelitian melaporkan bahwa kitosan memperlambat penurunan susut bobot, total padatan terlarut, total asam dan vitamin C [7]. Berdasarkan urian tentang kelebihan dan kekurangan dari *edible coating* yang memanfaatkan bahan bahan lokal, maka peneliti tertarik untuk menganalisis kualitas buah tomat (*Solanum lycopersicum* L.) dengan penggunaan *Multilayered edible coating*.

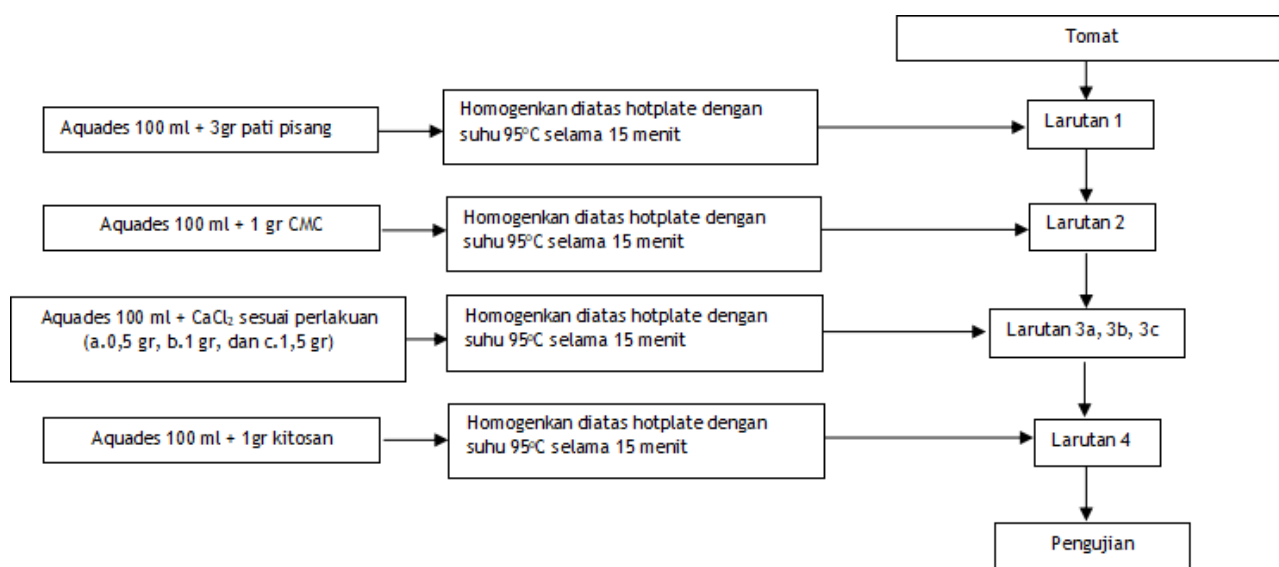
2. METODE

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah neraca analitik, hotplate, thermometer, gelas beaker, gelas ukur, cawan petri, batang pengaduk, spatula, mortar, kertas label, pH meter, nampan. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu pati pisang tundang, pipet tetes, erlenmeyer, blender, kitosan, gliserol CMC, CaCl_2 , tomat dan aquades.

Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan April 2023 sampai Juli 2023 bertempat di Laboratorium Pengujian Teknologi Industri Pertanian Politeknik Negeri Tanah Laut. Alur proses penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur proses penelitian

Formulasi CaCl_2 yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada [8] dengan modifikasi. Pengukuran kualitas dari penggunaan multilayered edible coating dilakukan pada tiga tahapan yaitu pengukuran susut bobot dan uji kadar vitamin c yang mengacu pada [9] dengan modifikasi, dan tahapan terakhir yaitu dengan pengukuran pH.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menyajikan tiga parameter kualitas. Kualitas pertama yang diukur adalah uji susut bobot. Presentasi susut bobot tomat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil susut bobot

Hari	Kontrol	P1	P2	P3
3	2,13%	0,88%	1,34%	1,21%
6	4,62%	3,43%	4,10%	2,48%
9	6,52%	7,70%	5,58%	3,55%

Susut bobot yang dialami buah tomat meningkat selama penyimpanan karena susut bobot pada tomat cenderung meningkat seiring dengan lama penyimpanan dan tingkat kematangan. Kenaikan Susut Berat terjadi karena tomat merupakan buah klimaterik yang mengalami peningkatan respirasi seiring pematangan buah [10].

Pada tabel hasil rata-rata uji susut bobot diatas menggambarkan bahwa nilai susut bobot tomat yang disimpan pada P1 yang diberikan perlakuan 0,5 gr CaCl_2 , P2 yang diberikan perlakuan 1 gr CaCl_2 , dan P3 yang diberikan perlakuan 1,5 gr CaCl_2 selama 9 hari. Pada perlakuan *edible coating* P3 memiliki susut bobot yang lebih kecil dibandingkan dengan perlakuan *edible coating* yang lainnya. Nilai susut bobot yang tinggi menunjukkan bahwa tomat kehilangan bobotnya dalam jumlah yang banyak karena semakin banyak CaCl_2 susut bobot semakin menurun. Hal ini dikarenakan perendaman buah tomat ke dalam CaCl_2 berperan untuk memperlambat proses respirasi sehingga kehilangan air dari dalam buah dapat diperkecil dan penurunan susut berat juga dapat diperkecil [11].

Berdasarkan hasil Uji ANOVA Satu Arah yang dilakukan memiliki F hitung (10, 83) lebih besar daripada F tabel (3,49), maka variasi penambahan CaCl_2 pada *multilyered edible coating* berpengaruh terhadap susut bobot buah tomat.

Parameter kedua yang diukur adalah menguji vitamin C pada buah tomat selama penyimpanan. Hasil uji vitamin c dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji vitamin c

Hari	Kontrol	P1	P2	P3
0	4,35	4,87	4,57	4,88
3	4,37	4,19	4,33	4,20
6	4,63	4,52	4,86	5,92
9	3,66	3,31	3,42	4,96

Uji vitamin C diatas menunjukkan bahwa vitamin C pada buah tomat memiliki kecenderungan semakin menurun. Perlakuan P3 dapat menghambat aktifitas enzim askorbat oksidase sehingga mencegah penurunan asam askorbat. Pemberian lapisan CaCl_2 pada perlakuan P3 memiliki kemampuan mempertahankan nilai gizi khusus pada buah tomat juga efektif untuk mempertahankan kadar vitamin C pada buah tomat [12] Dapat disimpulkan bahwa semakin lama penyimpanan akan mempengaruhi kandungan vitamin c buah tomat.

Sesuai dengan penelitian [13] bahwa kadar vitamin C tomat akan mengalami penurunan seiring pematangan buah. Perubahan kadar vitamin C disebabkan terjadinya oksidasi L-ascorbid acid menjadi L-dihidroascorbid ataupun proses buah menjadi busuk. Kadar vitamin C perlakuan P3 paling sedikit penurunannya dibandingkan penurunan kadar vitamin C perlakuan P1 dan P2 serta tomat kontrol, maka perlakuan P3 optimum dalam mempertahankan kadar vitamin C.

Berdasarkan hasil Uji ANOVA Satu Arah yang dilakukan memiliki F hitung (1,42) < lebih kecil daripada F tabel (3,49), maka variasi penambahan CaCl_2 pada *multilyered edible coating* tidak berpengaruh terhadap vitamin c pada buah tomat.

Parameter terakhir yang diukur untuk melihat kualitas tomat adalah dengan menguji pH. Hasil

uji pH dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji pH

Hari	Kontrol	P1	P2	P3
0	4,17	4,17	4,19	4,21
3	4,66	4,55	4,55	3,20
6	4,42	4,57	4,75	4,29
9	4,00	4,00	4,00	4,00

Nilai pH pada buah berkaitan dengan asam organik yang terkandung di dalamnya [14]. Selama penyimpanan, buah tomat akan mengalami penurunan keasaman atau meningkatnya nilai pH. Kenaikan nilai pH ini disebabkan oleh penurunan pembentukan asam-asam selama penyimpanan. Buah tomat yang terlalu matang memiliki nilai pH yang lebih tinggi dibandingkan dengan buah tomat yang lainnya [15]

Hasil menunjukkan bahwa pelapisan *edible coating* dengan konsentrasi yang berbeda tidak begitu mempengaruhi hasil rata-rata pH buah tomat adalah 4 tetapi pemberian lapisan edible coating mampu menghambat kenaikan nilai pH yang mana semakin tinggi formula CaCl_2 yang digunakan akan semakin sangat dapat menghambat kenaikan nilai pH buah tersebut. Kenaikan nilai pH selama penyimpanan disebabkan oleh terjadinya penurunan kandungan asam organik buah tomat selama penyimpanan.

Berdasarkan hasil Uji ANOVA Satu Arah yang dilakukan memiliki F hitung (1,30) lebih kecil daripada F tabel (3,49), maka variasi penambahan CaCl_2 pada *multilayered edible coating* tidak berpengaruh terhadap uji pH pada buah tomat.

4. KESIMPULAN

Kualitas buah tomat dengan penggunaan multilayered edible coating berpengaruh terhadap susut bobot dan kurang berpengaruh pada vitamin C dan nilai pH. Pengaruh variasi penambah dengan nilai susut bobot paling sedikit yaitu dengan konsentrasi 1,5 gr CaCl_2 berat awal 24,77 gram pada hari ke-9 menjadi 23,89 gram.

Nilai vitamin C yang paling bagus dengan konsentrasi 1,5 gr CaCl_2 vitamin C berat awal 10,10 gram pada hari ke-9 menjadi 10,12 gram. Untuk nilai pH kualitas tomat yang paling bagus adalah semua perlakuan masih tergolong baik yaitu 4 karena bersifat asam.

5. DAFTAR REFERENSI

- [1] A.N. Afifah, N. Mukminah, I. D. Destiana. 2020. Karakteristik Fisiko Kimia Stroberi (*Fragaria x annanassa*) pada Aplikasi *Edible Coating* Pati Sukun dengan Konsentrasi Air Jeruk Nipis yang Berbeda". Jurnal Agroindustri Terapan Indonesia (JATI). vol. 1, no. 1, pp. 38-47.
- [2] R. A. Dewanti. 2016. "Pelapisan Kitosan Pada Buah Tomat (*Solanum vycopersicum* Syn. *Lycopersicum Esculentum*)". Jurnal Inovasi Proses, 1.
- [3] D. A. Marpaung, B. Susilo, B. D. Argo. 2015. "Pengaruh Penambahan Konsentrasi Cmc Dan Lama Pencelupan Pada Proses *Edible Coating* terhadap Sifat Fisik Anggur Merah (*Vitis vinifera*.)". Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem. vol. 3, no. 1, pp. 67-73
- [4] M. P. Sunarso, N. H. Fithriyah, R. A. Nugrahani. 2022. Pengaruh Formulasi *Edible Coating* Dari Pati Pisang Raja Bulu Terhadap Penghambatan Gejala *Chilling Injury* Pada Tomat Merah. Jurnal Teknologi , vol. 15, no. 1, pp. 73-80.
- [5] Aprilah, (2016). Aplikasi Edible Coating Berbasis Pati Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas* L.) Terhadap Mutu Buah Tomat.
- [6] Faiqoh, E. N. (2014). Pengaruh Konsentrasi Dan Lama Perendaman Dalam CaCl_2 (Kalsium Klorida) Terhadap Kualitas Dan Kuantitas Buah Naga Super Merah . Jurusan Biologi Fakultas Sains Dan Teknologi Uin Malang.
- [7] S. Ayuningtiyas, F. D. Desiyana, M.Z. Siswarni. 2017. "Pembuatan Karboksimetil Selulosa Dari Kulit Pisang Kepok Dengan Variasi Konsentrasi Natrium Hidroksida, Natrium". Jurnal Teknik Kimia Usu, vol. 6, no. 3, pp. 47-51.
- [8] N. Nurpitriani, B. Susilo, W. A. Nugroho, 2015. "Studi Aplikasi *Edible Coating* Dan Konsentrasi CaCl_2 Pada French Fries Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L.)". Jurnal Bioproses Komoditas Tropis vol. 3 no. 2, pp. 64-73.
- [9] I. S. Nasution, Y. Yusmanizar, K. M. Nasution. 2012. "Pengaruh Penggunaan Lapisan Edibel

- (*Edible Coating*), Kalsium Klorida, Dan Kemasan Plastik Terhadap Mutu Nanas (*Ananas comosus* Merr.) Terolah Minimal”. Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia. vol. 4, no.2, pp. 21-26.
- [10] W. Mudyantini, S. Santosa, K. Dewi, N. Bintoro. 2017. “Pengaruh Pelapisan Kitosan Dan Suhu Penyimpanan Terhadap Karakter Fisik Buah Sawo (*Manilkara achras* (Mill.) Fosberg) Selama Pematangan”. Agrotech, vol. 37, no. 3 pp. 343-351.
- [11] S. H. J. Putra. 2022. “Pengolahan Pasca Panen Buah Tomat (*Solanum lycopersicum*) Menggunakan Dengan *Edible Coating*”. Jurnal Ilmiah Pertanian, vol. 18. no. 1, pp. 34-41.
- [12] I. Indriyati, L. Indrarti, E. Rahimi. 2019. “Pengaruh *Carboxymethyl Cellulose* (Cmc) Dan Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Lapisan Tipis”. Jurnal Sains Materi Indonesia, vol. 8.no.1, pp.40-44.
- [13] A. R. Sita dan S. Hadi. 2022. “Perpanjang Daya Simpan Buah Tomat (*Solanum lycopersicum*) Dengan *Edible Coating* berbahan Dasar Pati Singkong (*Manihot utilissima* pohl)”. vol. 9. no. 3, pp. 67-78.
- [14] S. H. J. Putra. 2022. “Perpanjang Daya Simpan Buah Tomat (*Solanum lycopersicum*) Dengan Edible Coating Berbahan Dasar Pati Singkong (*Manihot utilisima*)”. Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Nusa Nipa Indonesia, vol. 5, no. 1, pp. 81-90.
- [15] U. Kalsum, D. Sukma, S. Susanto. 2018. “Pengaruh Kitosan Terhadap Kualitas Dan Daya Simpan Buah Tomat (*Solanum lycopersicum* L.)”. Jurnal Pertanian Presisi, vol. 2, no. 2, pp 67-76.



Review Artikel: Model Biorekognisi Berbasis Antibodi (*Immunodiagnostic*) Pada Biosensor Untuk Deteksi Awal Kanker Payudara

Article of Review: Biorecognition Model Based on Antibody Biosensor (*Immunodiagnostic*) For Early Detection of Breast Cancer

Syifa Luthfiah¹ dan Nelis Hernahadini^{1*}

¹ Departemen Bioteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Bandung

*Corresponding author: Jalan Soekarno-Hatta No. 752 Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat, 40614, Indonesia.

E-mail addresses: nelis.hernahadini@umbandung.ac.id

2024 BIODIVERSE: Jurnal Biodiversitas dan Bioteknologi

Abstract

Breast cancer is one of the highest causes of death in women worldwide. This is because breast cancer patients only get health services when the cancer is advanced. Early diagnosis of cancer is essential for successful treatment of the disease because cancer will be much easier to cure in the early stages. Innovative biosensor strategies will allow cancer testing to be performed faster, cheaper, and more reliably. An immunosensor is a type of solid-state affinity-based biosensor in which a specific target analyte, an antigen (Ag), is detected by the formation of a stable immunocomplex between the antigen and the antibody as a scavenging agent (Ab) that generates a measurable signal for the transducer. This study uses the analysis of several articles that have been published in accredited international journals with schematics and advances in antibody-based biorecognition as the main focus of the research. Among these publications, monoclonal antibody biorecognition models are integrated with nanoparticles with HER2 biomarkers through detection in blood using electrochemical, optical, and piezoelectric principles. This finding shows that the biosensor developed shows good clinical results so that it is feasible to be applied massively for early detection of breast cancer which is expected to improve patient survival.

Article info

Article history:

Received: 06 February 2024

Revised : 10 June 2024

Accepted: 20 June 2024

Available online: 30 June 2024

Keywords:

antibody

biosensor

breast cancer

immunodiagnostic

1. PENDAHULUAN

Kanker payudara merupakan salah satu penyakit yang menyebabkan kematian tinggi pada wanita [1]. Menurut WHO pada tahun 2020 angka kasus baru kanker payudara secara global jumlahnya lebih dari 2,2 juta kasus, dengan jumlah kematian yang cukup tinggi, yakni 684.996

kematian. Pencegahan, diagnosis dini, dan pengendalian tepat waktu terhadap kanker payudara tengah menjadi perhatian untuk mengurangi angka kematian. Pengembangan alat dan teknik diagnostik untuk pendeteksian kanker payudara terus dilakukan walau masih jauh dari ideal [2].

Saat ini metode untuk skrining dan deteksi dini didasarkan pada alat imagiologi, yaitu mamografi. Deteksi dengan mamografi memberikan efisiensi yang cukup tinggi, tetapi alat ini hanya memungkinkan visualisasi tumor dan tidak dapat memprediksi perilaku biologis serta evolusinya [3]. Deteksi sekuens gen kanker yang telah bermutasi dapat dilakukan dengan metode sekuensing menggunakan sampel darah dan melalui teknik- teknik seperti biopsi cair, *circulating tumor DNA* (ctDNA) , dan *cell-free DNA* (cfDNA) [4]. Namun, mengingat konsentrasi ctDNA yang rendah maka tentu perlu dilakukan amplifikasi, hal ini akan mempersulit dan memperpanjang metode deteksi.

Biosensor memiliki potensi untuk menjadi alternatif dalam diagnosis dan manajemen kanker karena kemampuannya untuk mendeteksi analit biologis (protein, DNA, RNA, dll.) dan mengubahnya menjadi sinyal listrik yang dapat direkam [5] dengan hasil analisis yang cepat dan pengenalan yang spesifik [6]. Pengembangan biosensor ke arah immunosensor dilakukan untuk melengkapi kekurangan metode diagnosa berbasis DNA.

Elemen biorekognisi yang terdapat secara alami seperti antibodi, optimal untuk aplikasi instrument biosensor berkat selektivitasnya, dimana selektivitas ini merupakan karakteristik yang paling penting dalam analisis menggunakan biosensor. Antibodi mengikat antigen spesifik melalui domain Fab yang dibentuk oleh daerah hipervariabel dari rantai berat dan ringan [7]. Jenis biosensor yang mendeteksi peristiwa pembentukan kompleks antigen antibodi dan mengkonversinya melalui transduser menjadi sinyal listrik dikenal dengan immunosensor. Tinjauan literatur ini bertujuan dalam menyampaikan informasi yang mencakup skema antibodi marker kanker payudara sebagai biorekognisi dan performa deteksi pemnggunakan berbagai jenis transduser (elektrokimia, optis dan piezoelektrik)

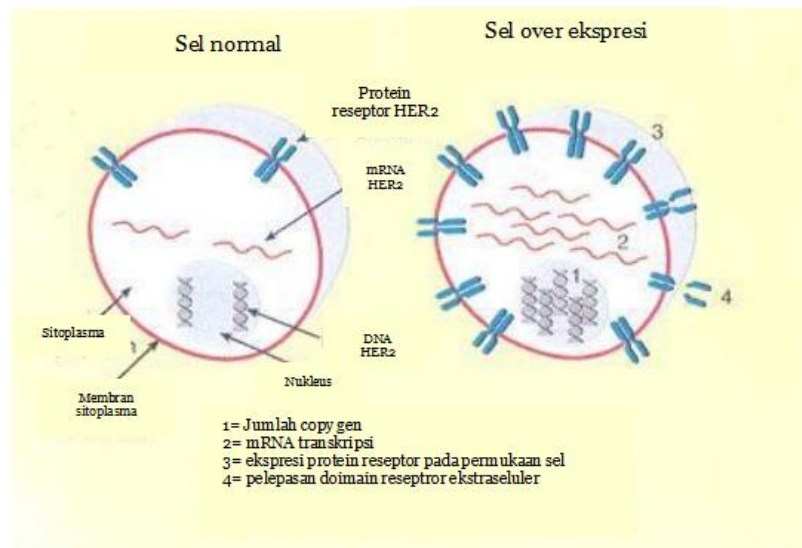
2. METODE

Studi literatur dilakukan dengan telusur pustaka dari berbagai situs jurnal diantaranya Pubmed, Google scholar dan Research gate kemudian dirangkum berdasarkan kesesuaian topik dan tujuan penulisan artikel *review*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Diagnosa non-invasif melalui deteksi biomarker kanker merupakan fokus penelitian yang terus meningkat. Biomarker merupakan molekul seperti asam nukleat dan protein, yang dapat dideteksi pada sampel yang diperoleh melalui metode mudah dan non-invasif, seperti menggunakan sampel darah (serum atau plasma), air liur, usapan bukal, tinja, urin, dan lainnya ntuk menjadi indikator adanya sel sel kanker [8].

Dalam analisis serum, biomarker yang melepaskan domain ekstraseluler seperti protein adalah analit penting yang dapat digunakan sebagai sumber informasi tentang status tumor diantaranya adalah protein HER2. HER2 adalah anggota dari *epidermal growth factor receptor* (EGFR) yang diekspresikan pada sel normal dalam kadar yang sesuai dengan kebutuhan [9]. HER2 memediasi sinyal seluler di banyak jaringan termasuk payudara, ovarium, paru-paru, hati, ginjal, dan saraf [10]. Overekspresi dan regulasi tidak terkendali dari protein HER2 yang mencapai 20-30 % telah diakui sebagai biomarker untuk tumor payudara. Skema *over* ekspresi HER2 disajikan pada Gambar 1.

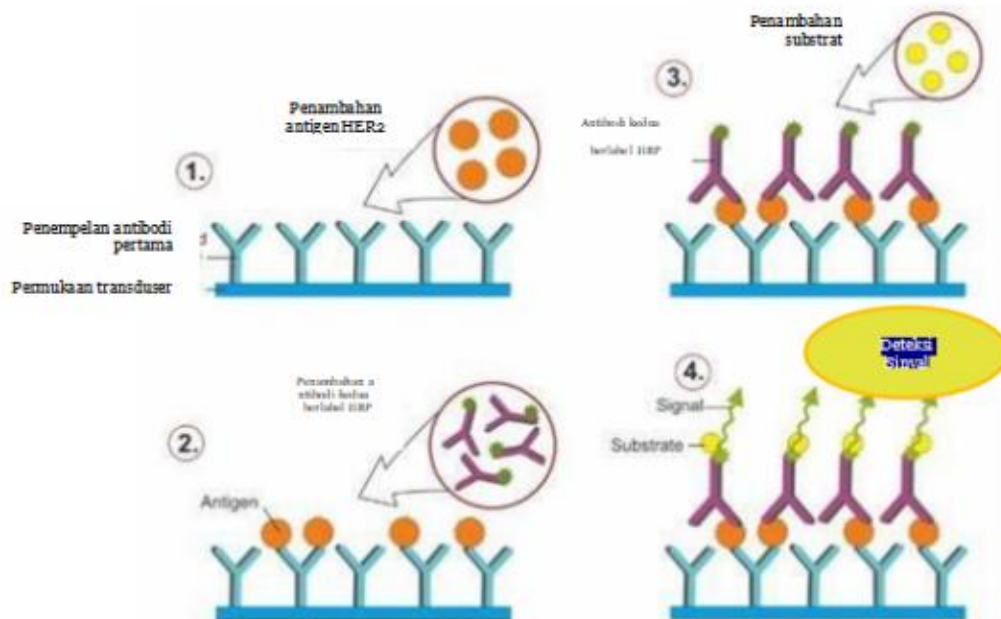


Gambar 1. Over ekspresi antibodi HER2 [11]

Ekspresi protein HER2 pertama kali terungkap pada kanker payudara yang berkaitan dengan pengamatan bahwa status HER2 sensitif atau resisten terhadap beberapa agen endokrin dan obat kemoterapi [12]. Antibodi monoklonal menargetkan domain ekstraseluler dari protein HER2, dan merupakan andalan imunoterapi pasif pada kanker payudara positif HER2. Antibodi monoklonal yang berikatan dengan domain ekstraseluler HER2 menghambat aktivitas pensinyalan dan menginduksi sitotoksitas yang dimediasi oleh sel. Antibodi diklasifikasikan sebagai elemen biorekognisi berbasis afinitas dimana sinyal analisisnya tergantung pada peristiwa pengikatan imunokompleks antibodi-antigen [13].

3.1. Sensor Elektrokimia Berbasis Antibodi

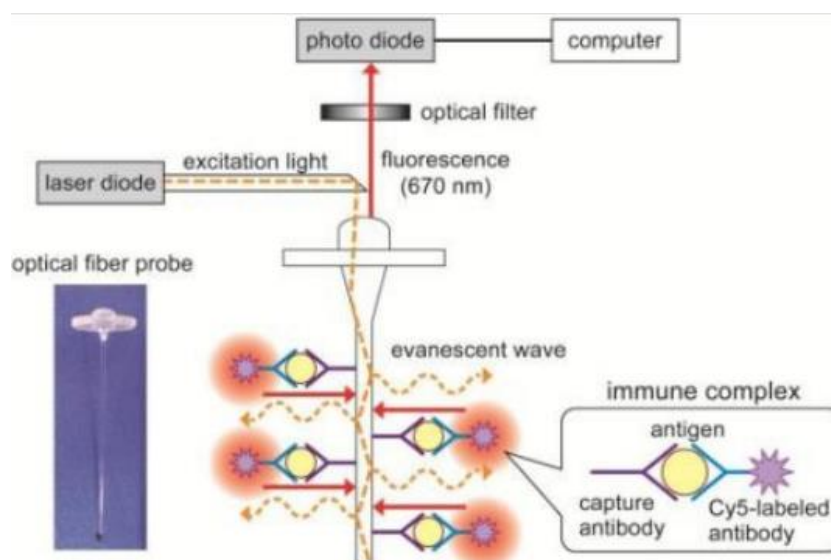
Pada immunosensor elektrokimia, peristiwa pembentukan kompleks antigen-antibodi diubah menjadi sinyal listrik. Sebagian besar antibodi dan antigen tidak bersifat elektroaktif dan tidak dapat memberikan respon amperometrik oleh karena itu pada metode ini menggunakan label elektroaktif atau mediator untuk mendeteksi biomarker dengan pengembangan immunosensor amperometrik diantaranya adalah *enzim imunosorben horse radish peroxidase* (HRP). Label HRP ini berbasis antibodi tidak langsung (*sandwich*) yang merupakan penggunaan dua jenis antibodi (primer dan sekunder) pada nanopartikel AuNP yang telah dilabeli antibodi sekunder anti HER-1 dan anti HER-2 sekunder dan interaksi dengan antibodi primer anti HER-1 dan HER-2 yang melekat pada permukaan elektroda emas. Proses pembentukan kompleks antibodi dengan antibodi sekunder berlabel enzim HRP terdeteksi setelah penambahan substrat enzim dan mediator redoks yang tepat (kofaktor). *Tetramethyl benzidine dihydrochloride hydrate* (TMB) adalah substrat dan pendonor elektron. Aktivitas enzimatis HRP mengubah mediator redoks tereduksi (TMB) menjadi mediator teroksidasi pada permukaan elektroda. Aktivitas reduksi inilah yang menjadi indikator interaksi antara antigen HER2 dengan antibodi HER2 pada deteksi keberadaan sel kanker payudara. Immunosensor elektrokimia HER2 AuNP menunjukkan spesifisitas tinggi dan reaktivitas silang yang rendah terhadap HER2[14]. Skema deteksi immunosensor elektrokimia disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Prinsip kerja Immunosensor elektrokimia [15]
 Sumber : Western Blot - The Definitive Guide | Biology Dictionary

3.2. Sensor Optik Berbasis Antibodi

Dalam biosensor optik, elemen sensitif biologis diimobilisasi ke permukaan transduser, kemudian interaksi antibodi dengan analit target menghasilkan sinyal optik, seperti fluoresensi, atau mengalami perubahan sifat optik, seperti penyerapan, pemantulan, emisi, indeks bias, dan jalur optik. Pada Gambar 3. Ketika terjadi kompleks antigen antibodi maka akan dihasilkan sinyal berupa fluoresensi, sinyal optik tersebut dikumpulkan oleh fotodetektor dan diubah menjadi sinyal listrik yang selanjutnya diproses secara elektronik menghasilkan data pembacaan [16].



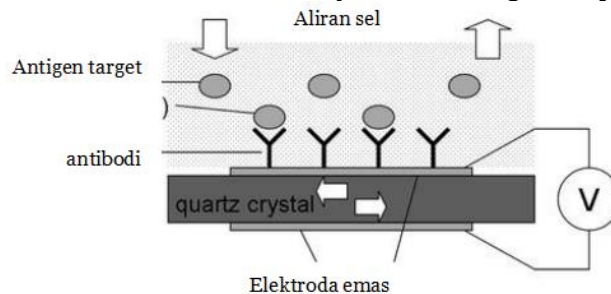
Gambar 3. Prinsip kerja Immunosensor optik [17]

Nanomaterial dapat digunakan sebagai indikator sinyal yang sangat baik jika dipasangkan bersama antibodi atau antigen untuk membentuk *probe* sinyal sebagai inovasi dalam konstruksi immunosensor. Sistem optik menggabungkan pembacaan bebas-label untuk melacak pengembangan waktu-nyata *bioassay* dan kuantifikasi emisi Fluoresensi ke evaluasi tingkat

interaksi spesifik antara antigen dan antibodi [16]. Pileri *et al* [18] melaporkan perbandingan afinitas sensor optik tiga spesies imunoglobulin yang berbeda. Ketiga antibodi diimobilisasi ke permukaan *biochip* yaitu 2 jenis antibodi monoklonal spesifik untuk HER2 antara lain W6/300G9 (ROI 1) dan Herceptin (ROI 2), dan satu lagi merupakan antibodi nonspesifik *Human Leukocyte antigens* (HLA) yang bertindak sebagai kontrol. Ketiga antibodi diimobilisasi dengan kepadatan molekul *probe* sampai 1173 ± 77 pg / mm².

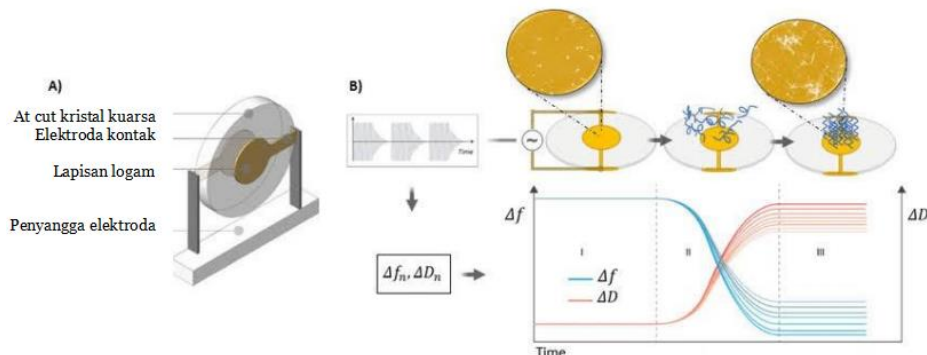
3.3. Sensor Piezoelektrik Berbasis Antibodi

Sensor piezoelektrik mendeteksi berdasarkan perubahan massa. Perubahan massa yang terjadi setelah pembentukan antigen-antibodi dapat diukur dengan menggunakan transduser piezoelektrik, seperti *quartz crystal microbalance* dan mikrokantilever, yang bergetar pada frekuensi sensitif tertentu. Antigen atau antibodi dapat diimobilisasi ke permukaan perangkat piezoelektrik dan pembentukan kompleks antigen-antibodi yang dideteksi sebagai pergeseran frekuensi getaran dengan sensitivitas tinggi [16]. Pada piezoelektrik terdapat dielektrik yang diapit diantara 2 bidang elektroda. Dielektrik berperan sebagai pembangkit dipol listrik. Saat elektroda piezoelektrik mengalami tekanan maka energi mekanik tersebut diubah menjadi tegangan listrik yang besarnya sesuai ketukan atau tekanan yang diberikan, hal ini karena terjadinya perubahan dimensi bahan yang ada pada komponen tersebut, sebaliknya ketika bidang piezo dialiri arus listrik maka energi listrik tersebut akan diubah menjadi tekanan/ getaran[19].



Gambar 6. Prinsip kerja Immunosensor piezoelektrik [18]

Yilmaz *et al* [10] mengembangkan transduser berbasis *quartz crystal microbalance* (QCM) yang spesifik dan sederhana untuk mengidentifikasi sel kanker payudara yang mengekspresikan HER2/neu melalui antibodi monoklonal spesifik reseptor. Pertama, qcm digabungkan dengan *chip* emas seperti terlihat pada gambar 7. kemudian dilapisi dengan nanopartikel polimer yang terdiri dari hidroksietilmetakrilat (HEMA) dan etilena glikol dimetakrilat (EDMA) untuk mengikat antibodi HER2/neu. Sel-sel kanker payudara dengan/tanpa ekspresi reseptor HER2/neu, yaitu SKBR3, MDA-MB 231 dan juga fibroblas tikus melewati chip dengan kecepatan 10-500 sel/mL. Ketika terjadi kompleks antigen Her2 dengan antibodi maka membuat massa berubah (Δm) pada sel/cm di permukaan unit sensor dan terdeteksi secara *real-time*. Batas deteksi sistem adalah 10 sel/mL. Dengan demikian, sistem fungsional antibodi reseptor HER2/neu berbasis QCM ini dapat digunakan secara efektif dalam mendeteksi sel kanker payudara SKBR3 yang mengekspresikan HER2/neu.



Gambar 7. Desain immunosensor berbasis *Quartz crystal microbalance* [20].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan ringkasan pengembangan metode dan instrumen deteksi biomarker kanker payudara dengan menggunakan biosensor berbasis biorekognisi antibodi. Deteksi kanker payudara bisa dilakukan berdasarkan interaksi antara protein HER2 pada sel kanker dengan antibodi HER 2 yang dikombinasikan pada model transduser elektrokimia, piezoelektrik dan optik, hal ini menjadikan metode deteksi ini memiliki peluang besar menjadi metode pengujian kanker yang tercepat, serta andal.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Program Studi Bioteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Bandung.

6. DAFTAR REFERENSI

- [1]Kemenkes RI. 2022. Data Kanker Indonesia. <https://www.kemkes.go.id/id/rilis-kesehatan/kanker-payudaya-paling-banyak-di-indonesia-kemenkes-targetkan-pemerataan-layanan-kesehatan>.
- [2]Sadighbayan, D., Sadighbayan, K., Khosroushahi, A. Y., & Hasanzadeh, M. 2019. Recent advances on the DNA-based electrochemical biosensing of cancer biomarkers: Analytical approach. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 119, 115609.
- [3]Berghuis, A. S., Koffijberg, H., Prakash, J., Terstappen, L. W., & IJzerman, M. J. 2017. Detecting blood-based biomarkers in metastatic breast cancer: a systematic review of their current status and clinical utility. *International journal of molecular sciences*, 18(2), 363.
- [4]Qiu, J., Keyser, B., Lin, Z. T., & Wu, T. 2018. Autoantibodies as potential biomarkers in breast cancer. *Biosensors*, 8(3), 67.
- [5]Ertürk, G.; Özen, H.; Tümer, M.A.; Mattiasson, B.; Denizli, A. 2016. Microcontact imprinting based surface plasmon resonance (SPR) biosensor for real-time and ultrasensitive detection of prostate specific antigen (PSA) from clinical samples. *Sens. Actuators B Chem.* 224, 823-832.
- [6]Freitas, M., Nouws, H. P., & Delerue-Matos, C. 2018. Electrochemical Biosensing in Cancer Diagnostics and Follow-up. *Electroanalysis*, 30(8), 1584-1603.
- [7]Wang, Q., Chen, Y., Park, J., Liu, X., Hu, Y., Wang, T., & Betenbaugh, M. J. (2019). Design and production of bispecific antibodies. *Antibodies*, 8(3), 43.
- [8]Sarhadi, V. K., & Armengol, G. 2022. Molecular biomarkers in cancer. *Biomolecules*, 12(8), 1021.
- [9]Browne, B.C.; O'Brien, N.; Duffy, M.J.; Crown, J.; O'Donovan, N. HER-2 signaling and inhibition in breast cancer. *Curr. Cancer Drug Targets* 2009, 9, 419-438.
- [10]Yılmaz, M., Bakhshpour, M., Göktürk, I., Pişkin, A. K., & Denizli, A. 2021. Quartz crystal microbalance (QCM) based biosensor functionalized by HER2/Neu antibody for breast cancer cell detection. *Chemosensors*, 9(4), 80.
- [11]Mary B. Ahnelhopp. 2000. HER2 in Breast Cancer--What Does it Mean?. Genentech.medscape.org.
- [12]Mittal, S., Kaur, H., Gautam, N., & Mantha, A. K. 2017. Biosensors for breast cancer diagnosis: A review of bioreceptors, biotransducers and signal amplification strategies. *Biosensors and Bioelectronics*, 88, 217-231.
- [13]Romond, E.H.; Perez, E.A.; Bryant, J.; Suman, V.J.; Geyer, C.E., Jr.; Davidson, N.E.; Tan-Chiu, E.; Martino, S.; Paik, S.; Kaufman, P.A.; et al. 2005. Trastuzumab plus adjuvant chemotherapy for operable HER2-positive breast cancer. *N. Engl. J. Med.* 353, 1673-1684.
- [14]Wignarajah, S., Chianella, I., & Tothill, I. E. 2023. Development of Electrochemical Immunosensors for HER-1 and HER-2 Analysis in Serum for Breast Cancer Patients. *Biosensors*, 13(3), 355.
- [15]Knapp, Sarah. 2020. Western Bloth. <https://biologydictionary.net/western-blot/>
- [16]Moina, C., & Ybarra, G. 2012. Fundamentals and applications of immunosensors. *Advances in immunoassay technology*, 65-80.
- [17]Wu, X., Wang, Y., Zhang, J., Zhang, Y., Rao, X., Chen, C., Liu, H., Deng, Y., Liao, C., Smietana, M. J., Chen, G. Y., Liu, L., Qu, J., & Wang, Y. 2023. A D-Shaped Polymer Optical Fiber Surface Plasmon Resonance Biosensor for Breast Cancer Detection Applications. *Biosensors*, 14(1), 15. <https://doi.org/10.3390/bios14010015>
- [18]Pileri, T., Sinibaldi, A., Occhicone, A., Giordani, E., Allegretti, M., Munzert, P., & Michelotti, F. 2021. Optical multiplexed bioassays on photonic crystals for breast cancer biomarker

detection. In EPJ Web of Conferences (Vol. 255, p. 13003). EDP Sciences.

[19]Rahmadian, C. 2017. Uji Performansi Prototipe Breakwater Sebagai Pembangkit Listrik Berbasis Piezoelektrik (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).

Migoń, Dorian & Wasilewski, Tomasz & Suchy, Dariusz. 2020. Application of QCM in Peptide and Protein-Based Drug Product Development. *Molecules*. 25. 3950. 10.3390/molecules25173950.



Epidemiologi, Patofisiologi, dan Faktor Resiko Human Papilloma Virus Epidemiology, Pathophysiology, and Risk Factor of Human Papilloma Virus

Risma Nurjanah^{1*}, Nurul Halisa¹, Wulan Pertiwi¹

¹ Departemen Bioteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Bandung

*Corresponding author: Jalan Soekarno-Hatta No. 752 Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat, 40614, Indonesia.
E-mail addresses: rirismriris@umbandung.ac.id

2024 BIODIVERSE: Jurnal Biodiversitas dan Bioteknologi

Abstract

Human Papillomavirus is a type of virus that mostly infects the reproductive tract. Men and women who have high sexual activity have a greater chance of being infected with this virus. HPV is a virus that causes many cancers, one of which is cervical cancer which is one of the main causes of death in cancer patients. HPV infection is a serious problem, especially for poor and developing countries, because poverty and laziness are the main causes of the spread of sexually transmitted diseases. One form of prevention that is widely used in various countries is the HPV vaccine program.

Article info

Article history:

Received: 07 February 2024

Revised : 06 June 2024

Accepted: 20 June 2024

Available online: 30 June 2024

Keywords:

Human Papilloma virus

Vaccines

1. PENDAHULUAN

Human papillomavirus (HPV) merupakan salah satu jenis virus yang sering menginfeksi saluran reproduksi dan menyebabkan kurang lebih 4,5% kanker pada manusia termasuk kanker serviks, vagina, penis, orofaring, rongga mulut, anus, vulva, dan laring [1]. Kanker yang paling umum disebabkan oleh HPV adalah kanker serviks dengan jumlah kasus baru mencapai 604.000 dan angka kematian yang mencapai 342.000 per tahun [1]. Selain itu, HPV juga menjadi penyakit menular seksual yang sering terjadi pada pria maupun wanita yang aktif secara seksual [2]. Diperkirakan 85% wanita yang aktif secara seksual dan 91% pria yang juga aktif secara seksual memiliki kemungkinan yang sangat besar tertular HPV dalam hidup mereka [3]. Tingginya persentasi pria yang membuktikan bahwa tak hanya wanita yang harus diwaspadai mengenai penyakit infeksi HPV, namun juga pria. Hal itu dikarenakan pria yang terinfeksi HPV memiliki resiko yang sangat tinggi untuk terkena kanker genital dan meningkatkan resiko penularan kepada pasangannya melalui hubungan seksual [2].

Resiko tertular infeksi HPV bersifat seumur hidup, maka dari itu sangat penting dilakukan pencegahan. Selain mencegah dengan cara tidak bergonta-ganti pasangan saat berhubungan seksual, pencegahan HPV dapat dilakukan dengan cara vaksin. Terdapat enam jenis vaksin HPV profilaksis berlisensi, di antaranya: tiga vaksin bivalen, dua vaksin kuadrivalen, dan satu vaksin

nonavalen [4]. Sebagai prioritas, vaksin HPV diberikan kepada anak perempuan dengan rentang usia 9-14 tahun, sebelum mereka aktif secara seksual [5]. Pada studi literatur ini akan dibahas tentang epidemiologi, patofisiologi, faktor resiko dan vaksinasi Human Papilloma Virus.

2. METODE

Studi literatur dilakukan dengan telusur pustaka dari jurnal berbahasa Indonesia dan jurnal berbahasa Inggris, kemudian dirangkum berdasarkan kesesuaian topik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Epidemiologi HPV

Infeksi HPV telah menjangkau sebagian besar populasi dunia, terutama kalangan wanita dimana virus ini menjadi penyebab utama kanker [6]. Kanker serviks adalah penyebab utama dari empat kanker lainnya sebagai kanker penyebab kematian terbesar pada wanita. Pada tahun 2020 terdapat sekitar 604.127 kasus baru dengan angka kematian mencapai 341.831 di seluruh dunia [7]. Kanker serviks menjadi penyumbang terbesar kanker terkait HPV pada wanita dengan presentasi sebanyak 93% [8]. Prevalensi kanker serviks pada wanita akibat dari infeksi HPV dengan jumlah kasus tertinggi terjadi di Afrika dengan presentasi mencapai 24% [9]. Untuk pria prevalensinya sangat bervariasi tergantung dari orientasi seksual. Diperkirakan kasus kanker akibat infeksi HPV pada wanita ada 625.600 kasus setiap tahunnya di seluruh dunia, sedangkan pria ada di angka 69.400 [10].

Secara keseluruhan prevalensi HPV paling mencolok tercatat pada wilayah berpenghasilan rendah atau di negara miskin dan berkembang. Faktanya, kemiskinan dan kemalasan menjadi penyebab utama penularan penyakit menular seksual, salah satunya HPV [11]. Selain itu, aktivitas seks yang dilakukan sejak dini cukup menjelaskan tingginya peningkatan prevalensi HPV genital onkogenik resiko tinggi (HR-HPV) yang diamati pada perempuan muda di negara-negara dengan pendapat menengah [11].

3.2. Patofisiologi HPV

HPV dapat menular dengan mudah melalui hubungan seksual, sehingga pria dan wanita yang aktif secara seksual memiliki kemungkinan terinfeksi yang sama. Berbagai macam HPV dapat menyebabkan kutil pada tangan ataupun kaki, bahkan terdapat HPV yang bisa menyebabkan kutil pada kelamin dan dubur [12]. Orang Dengan HIV-AIDS (ODHA) dapat mengalami luka yang lebih parah pada daerah dubur dan leher rahim.



Gambar 1. Kutil pada tangan akibat infeksi HPV [12]

Terdapat jenis HPV lain yang dapat menyebabkan pertumbuhan sel tidak normal atau yang biasa disebut displasia. Displasia ini dapat berkembang menjadi sel kanker dan menyebabkan kanker dubur pada pria maupun wanita, kanker serviks, dan juga kanker penis [12]. HPV hanya menginfeksi sel-sel bagian dalam yang tidak berdiferensiasi pada kulit maupun selaput lendir. Sel ini biasanya disebut dengan sel epitel basal [13] Pada saat siklus normal, sel epitel basal

terbagi secara asimetris guna memperbaharui lapisan basal, epitel mukosa, dan kutan. Selama terjadi diferensiasi, jumlah pembelahan sel bergabung secara terbatas membentuk apitel apical. Hal itu disebabkan karena adanya ekspresi berlebih dari protein E6 dan E7. Ekspresi berlebih dari dua protein onkogenik tersebut menyebabkan integrasi genom virus pada inang, hingga memicu terjadinya kanker yang berhubungan dengan infeksi virus [13].

3.3. Faktor resiko HPV

Secara umum, penularan HPV terjadi melalui hubungan seksual, sedangkan untuk proses perkembangan penyakit hingga kesembuhan dipengaruhi oleh respon imun tiap individu [14]. Tak sedikit faktor resiko yang dapat menyebabkan infeksi HPV di antaranya konsumsi alkohol, merokok, sistem imun yang lemah, riwayat penggunaan kontrasepsi oral dalam jangka waktu yang lama, hingga adanya infeksi HSV [14].

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan kondom penting dilakukan guna mencegah infeksi yang menetap. Berdasarkan penelitian tersebut resiko pengembangan gejala infeksi HPV dapat diturunkan dengan cara penggunaan kondom pada saat berhubungan seksual [14]. Penjelasan mengenai mekanisme cara kerja kondom dapat mencegah perkembangan infeksi masih belum diketahui secara pasti, tetapi diperkirakan bahwa penggunaan kondom mampu mengurangi jumlah virus yang ditransmisikan [14]. Penggunaan kondom sejatinya memang tidak mampu mencegah penularan seluruh infeksi penyakit menular seksual, namun penggunaan kondom dapat mencegah infeksi HPV yang menetap dan membantu mempercepat pemulihan infeksi HPV [14].

3.4. Vaksinasi HPV

Vaksin HPV menjadi salah satu intervensi yang direkomendasikan untuk mengendalikan penyakit akibat infeksi HPV, salah satunya adalah kanker serviks [15]. Lebih dari 60 negara telah menjadikan program vaksin HPV ini menjadi program imunisasi nasional [15]. Namun, di samping itu ada permasalahan mengenai biaya vaksin yang selalu menjadi tantangan besar, terutama bagi negara-negara miskin dan berkembang. Maka dari itu *Global Alliance for Vaccines and Immunization* (GAVI) memberikan kontribusi berupa pengadaan vaksin dengan harga yang lebih terjangkau untuk negara-negara miskin dan berkembang [15].

Untuk saat ini terdapat tiga jenis vaksin yang tersedia secara komersial, di antaranya: Vaksin bivalen, quadrivalent, dan nonavalen. Vaksin quadrivalent dapat melindungi dari empat tipe HPV (6, 11, 16, dan 18). Sedangkan vaksin bivalen dapat melindungi dari dua tipe HPV, yaitu tipe 16 dan 18. Perlindungan silang substansial yang diberikan oleh vaksin bivalen terhadap HPV31/33/45, dan pada tingkat yang lebih rendah, HPV35 dan HPV58, dipertahankan dan tetap stabil setelah 11 tahun paskavaksinasi, sehingga memperkuat pendapat bahwa vaksin bivalen merupakan pilihan yang efektif untuk perlindungan terhadap kanker yang berhubungan dengan HPV [16]. Vaksin yang baru-baru ini diperkenalkan, yaitu vaksin nonavalent dapat melindungi dari 5 tipe HPV 31, 33, 45, 52, dan 58 [15].

Vaksin HPV resiko tinggi dapat menurunkan kasus kanker serviks hingga 90%. Dilihat secara efektivitas, vaksin HPV dapat menurunkan resiko kanker serviks secara drastis dan dianggap menjadi solusi yang tepat dalam pencegahan kanker serviks bagi wanita. Namun, meski begitu tetap muncul kekhawatiran mengenai efek samping yang ditimbulkan setelah pemberian vaksin HPV pada pasien.

4. KESIMPULAN

Human Papillomavirus (HPV) merupakan virus yang kerap kali menginfeksi saluran reproduksi dan menyebabkan berbagai macam kanker. Virus ini dapat menginfeksi pria maupun wanita yang memiliki aktivitas seksual yang tinggi. Pencegahan yang direkomendasikan untuk penyakit akibat infeksi HPV adalah vaksin HPV.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Prodi Bioteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Bandung.

6. DAFTAR REFERENSI

[1] C. W. Nelson and L. Mirabello, "Human papillomavirus genomics: Understanding carcinogenicity," *Tumour Virus Research*, vol. 15. Elsevier B.V., Jun. 01, 2023. doi:

10.1016/j.tvr.2023.200258.

- [2] K. Zou, Y. Huang, and Z. Li, "Prevention and treatment of human papillomavirus in men benefits both men and women," *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, vol. 12. Frontiers Media S.A., Nov. 24, 2022. doi: 10.3389/fcimb.2022.1077651.
- [3] S. E. Goldstone, "Human papillomavirus (HPV) vaccines in adults: Learnings from long-term follow-up of quadrivalent HPV vaccine clinical trials," *Human Vaccines and Immunotherapeutics*, vol. 19, no. 1. Taylor and Francis Ltd., 2023. doi: 10.1080/21645515.2023.2184760.
- [4] A. L. Williamson, "Recent Developments in Human Papillomavirus (HPV) Vaccinology," *Viruses*, vol. 15, no. 7. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), Jul. 01, 2023. doi: 10.3390/v15071440.
- [5] World Health Organization, "Cervical Cancer."
- [6] International Agency for Research on Cancer, "Cancer Attributable to Infections."
- [7] H. W. Chesson, E. F. Dunne, S. Hariri, and L. E. Markowitz, "The Estimated Lifetime Probability of Acquiring Human Papillomavirus in The United States," *Sex Transm Dis*, pp. 180-190, 2020.
- [8] C. de Martel, D. Georges, and F. Bray, "Global Burden of Cancer Attributable to Infections," *Worldwide Incidence Analysis*, pp. 180-190, 2020.
- [9] L. Bruni and M. Diaz, "Cervical Human Papillomavirus Prevalence in 5 continents: Meta-analysis of 1 Million Women with Normal Cytological Findings," *J Infect Dis*, pp. 1789-1799, 2010.
- [10] H. Sung and J. Ferlay, "Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality for 36 Cancer in 185 Countries," *A Cancer Journal for Clinicians*, pp. 209-249, 2021.
- [11] A. Kombe, B. Li, and A. Zahid, "Epidemiology and burden of human papillomavirus and related diseases, molecular pathogenesis, and vaccine evaluation," *Front Public Health*, 2021.
- [12] Spiritia, "Human Papillomavirus (HPV)," Yayasan Spiritia.
- [13] I. Nandya, "Patofisiologi Human Papillomavirus (HPV)," *ALOMEDIKA*.
- [14] A. S. Rahayu, "Inveksi Human Papilloma Virus (HPV) dan Pencegahannya pada Remaja dan Dewasa Muda".
- [15] K. A. Suryoadji, A. S. Ridwan, and F. Kusuma, "VAKSIN HPV SEBAGAI STRATEGI PENCEGAHAN KANKER SERVIKS DI INDONESIA," *JIMKI : Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kedokteran Indonesia* |, vol. 10, 2022, doi: 10.53366/jimki.v10i1.521.
- [16] H.S. Tsang, N. J. Sampson, J. Schussler, C. Porras, S. Wagner, J. Boland, B. Cortes, D.R. Lowy, J. T. Schiller, M. Schiffman, T.J. Kemp, A. C. Rodriguez, W. Quint, M.H. Gail, L. A. Pinto, P. Gonzales, A. Hildesheim, A. R. Kreimer, R. Herrero. Durability of Cross-Protection by Different Schedules of the Bivalent HPV Vaccine: The CVT Trial. *JNCI J Natl Cancer Inst.* 2020. 112(10): djaa010. doi: 10.1093/jnci/djaa010.



Aplikasi *Wolbachia* Sebagai Kontrol Biologi Demam Berdarah Dengue: Kajian Literatur

Application of *Wolbachia* as Biological Control of Dengue Fever: A Literature Review

Fadly Hidayaturochman¹, Aghniya Nur Rizka Fadila¹, Haryanto^{1*}

¹Departemen Bioteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Bandung

*Corresponding author: Jalan Soekarno-Hatta No. 752 Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat, 40614, Indonesia.
E-mail addresses: haryanto@umbandung.ac.id

2024 BIODIVERSE: Jurnal Biodiversitas dan Bioteknologi

Abstract

Dengue fever is a disease transmitted by the *Aedes aegypti* mosquito. The infection rate in Indonesia in 2023 reached 42,690 people and 317 people died. In fact, Indonesia has one of the highest rates among other Southeast Asian countries. The use of insecticides in handling these cases causes mosquito resistance and air pollution. One of the efforts in controlling Dengue transmission can be done by biological control with the use of endosymbionts, namely *Wolbachia*. Therefore, the purpose of this literature review is to determine the preparation of *Wolbachia*-infected mosquitoes and their effectiveness as biological control of DHF, as well as the mechanism of *Wolbachia* mosquitoes in controlling DHF. The method of writing this literature review used online literature searches sourced from Google Scholar, Pubmed and Science Direct. *Wolbachia*-infected *Aedes aegypti* mosquitoes were prepared by confirming positive *Wolbachia*-infected mosquitoes using the PCR method, and then cultured in the laboratory. Mosquito eggs from matings are sorted manually, then *Wolbachia* bacteria are injected into the eggs using an automated microinjector, *Wolbachia*-infected mosquito larvae are bred, and quality control is conducted prior to release. *Wolbachia* mosquito technology has been proven to reduce Dengue infection by 77.1% and prevent hospitalization by 83% in Yogyakarta City.

Article info

Article history:

Received: 16 June 2024

Revised : 19 June 2024

Accepted: 20 June 2024

Available online: 30 June 2024

Keywords:

Aedes aegypti

Dengue

Wolbachia

1. PENDAHULUAN

Penyakit Demam Berdarah *Dengue* (DBD) merupakan penyakit yang disebabkan karena adanya infeksi akut oleh virus *Dengue* (Flavivirus) [1]. Virus *Dengue* ini ditransmisikan melalui gigitan vektor nyamuk *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus* [2]. Virus *Dengue* memiliki 4 serotipe (DEN-1, DEN-2, DEN-3, DEN-4), apabila salah satu serotip ini terinfeksi maka akan menimbulkan gejala

DBD [3]. Gejala DBD ditandai dengan adanya penurunan trombosit, kebocoran plasma darah, demam, nyeri kepala, nyeri otot, nyeri belakang bola mata dan ruam pada kulit [4].

Tingkat prevalensi penyebaran kasus DBD tergolong cepat. Data WHO menunjukkan kasus DBD dunia pada tahun 2015 adalah 505.000 kasus dan mengalami peningkatan delapan kali lipat menjadi 4,2 juta kasus pada tahun 2019. Data kematian kasus DBD tahun 2015 sebanyak 4.032 kasus [5]. Di Indonesia kasus infeksi virus DBD juga meningkat, data Kemenkes melaporkan terdapat 88.593 kasus infeksi pada 456 kabupaten/kota dari 34 provinsi dengan jumlah kasus kematian sebanyak 124 kasus [6].

Pengendalian vektor DBD telah dilakukan seperti menggunakan metode *spraying* melalui pengabutan (*thermal fogging*) dan *ultra low volume (cold fogging)* melalui insektisida Malathion [7]. Namun terdapat efek samping dalam penggunaan insektisida yaitu bersifat toksik terhadap sel neuron [8]. Penggunaan insektisida dengan konsentrasi tinggi dan secara terus menerus dapat menyebabkan nyamuk menjadi resisten dan memicu perubahan genetik pada nyamuk [9]. Metode Pengendalian vektor DBD dilakukan dengan pemberantasan sarang nyamuk (PSN), teknik nyamuk mandul dengan sinar radiasi, dan penggunaan ikan cupang dari bakteri *Thuringiensis* H-14. Tetapi dari semua metode yang telah dilakukan belum menimbulkan keefektifan dalam mengendalikan vektor nyamuk [10].

Metode baru yang disarankan oleh WHO dalam pengendalian DBD dengan menggunakan bakteri *Wolbachia*. Bakteri *Wolbachia* merupakan bakteri gram negatif intraseluler yang hidup pada tubuh nyamuk *Aedes sp*, dengan menghambat replikasi virus *Dengue* [9]. Bakteri ini ditemukan dari 50% serangga yang umum ditemukan seperti nyamuk, lalat buah, capung dan kupu kupu. Bakteri ini juga berperan sebagai kontrol mikrobiologi terhadap penyakit yang dibawa nyamuk dewasa [10]. Selain itu pola pewarisan bakteri ini bersifat maternal. Artinya, nyamuk betina yang tidak terinfeksi bakteri ini tidak dapat menurunkan keturunannya meskipun telah kawin dengan nyamuk jantan ber-*Wolbachia*, telur hasil perkawinannya tidak menetas karena ketidakcocokan sitoplasma [7].

Beberapa penelitian telah menunjukkan keberhasilan *Wolbachia* dalam menurunkan vektor nyamuk DBD tetapi data belum mencukupi standar kelayakan pemanfaatan bakteri *Wolbachia* [11]. Oleh karena itu kajian literatur ini bertujuan untuk mengetahui preparasi nyamuk ber-*Wolbachia* dan efektivitas sebagai kontrol biologi DBD, serta mekanisme nyamuk *Wolbachia* dalam mengontrol DBD.

2. METODE

Metode penulisan kajian literatur ini menggunakan pencarian literatur (jurnal, artikel, berita, data statiska) berbasis *online* yang bersumber dari Google Scholar, Pubmed dan Scienccdirect. Penulisan kajian literatur ini melakukan pengkajian topik dan identifikasi penelitian mengenai *Wolbachia* dan fenomena yang menjadi perhatian terkait penurunan DBD. Batasan penulisan literatur ini meliputi preparasi nyamuk *Aedes aegypti* ber-*Wolbachia*, mekanisme bakteri *Wolbachia* menekan patogenitas virus dalam vektor nyamuk *Aedes aegypti* serta efektifitas nyamuk ber-*Wolbachia* dalam penurunan kasus DBD.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Biologi bakteri *Wolbachia*, virus *Dengue*, vektor *Aedes aegypti* dan endosimbion

Wolbachia dapat dijadikan sebagai kontrol biologi apabila diaplikasikan pada populasi lapangan dengan melepaskan nyamuk positif ber-*wolbachia*. *Wolbachia* adalah bakteri intraseluler obligat yang dapat menginfeksi arthropoda dan nematoda, bakteri ini akan menginfeksi serangga dengan memanipulasi reproduksi inang dalam melakukan transmisi [12]. Bakteri ini pertama kali ditemukan pada tahun 1924 oleh Hertig dan *Wolbachia* di dalam ovarium nyamuk *Culex pipiens*, kemudian di tahun 1936 Hertig menamai bakteri tersebut dengan nama *Wolbachia pipientis* sebagai penghargaan atas kerjasamanya dengan *Wolbachia* [13].

Bakteri *Wolbachia* dapat hidup di nyamuk *Aedes sp*, dengan menghambat replikasi virus *Dengue*. Virus *Dengue* (virDen) termasuk ke dalam kelompok B Arthropod-Borne Virus (Arboviruses) genus Flavivirus, famili Flaviviridae, dan mempunyai empat jenis serotip, yaitu: DEN-1, DEN-2, DEN-3, dan DEN-4, dengan apabila salah satu dari serotipe ini terinfeksi maka akan menimbulkan gejala pada manusia [14]. Virus ini memiliki karakteristik seperti mempunyai genom RNA rantai tunggal yang dikelilingi oleh nukleokapsid ikosahedral dan terbungkus oleh selaput lipid. Virus *Dengue* dapat bereplikasi di dalam usus tengah nyamuk vektor, ketika virus berada pada hemokel dan hemolimfa virus ini akan menyebar ke jaringan nyamuk lainnya. Virus *Dengue* memiliki masa inkubasi selama 10 -14 hari kemudian virus dapat ditularkan ke inang lainnya [15].

Virus *Dengue* ditularkan oleh vektor *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus* dengan penularan dilakukan melalui telur nyamuk atau disebut dengan transovarial [14]. Resiko infeksi akan lebih tinggi apabila virus ini ditularkan oleh nyamuk *Aedes albopictus* betina daripada nyamuk jantan [16]. Hal ini diakibatkan karena nyamuk jantan hanya terinfeksi virus yang hanya ditularkan oleh satu cara yaitu melalui induk nyamuk yang terinfeksi virus (*vertical transmission*), sedangkan nyamuk betina dapat terinfeksi melalui induknya (*vertical*) dan bisa juga dengan cara venereal, yaitu nyamuk betina terinfeksi virus pada saat mating dengan nyamuk jantan yang terinfeksi [17].

Berdasarkan data dari Kusmintarsih (2021) [13] nyamuk *Aedes albopictus* dapat secara alami terinfeksi endosimbion *Wolbachia* sp. sedangkan *Aedes aegypti* tidak. Endosimbion *Wolbachia* sp. dapat berperan sebagai penghambat virus *Dengue*. *Aedes aegypti* yang tidak terinfeksi oleh *Wolbachia* berperan sebagai vektor primer, sedangkan *Aedes albopictus* yang secara alami terinfeksi oleh *Wolbachia* hanya menjadi vektor sekunder bagi penularan penyakit DBD [12]. Diperlukan preparasi untuk mendapatkan nyamuk ber-*Wolbachia*. Preparasi dilakukan yaitu dengan menyiapkan sampel nyamuk untuk ditransmisikan bakteri *Wolbachia* sehingga nyamuk menjadi positif ber-*Wolbachia*.

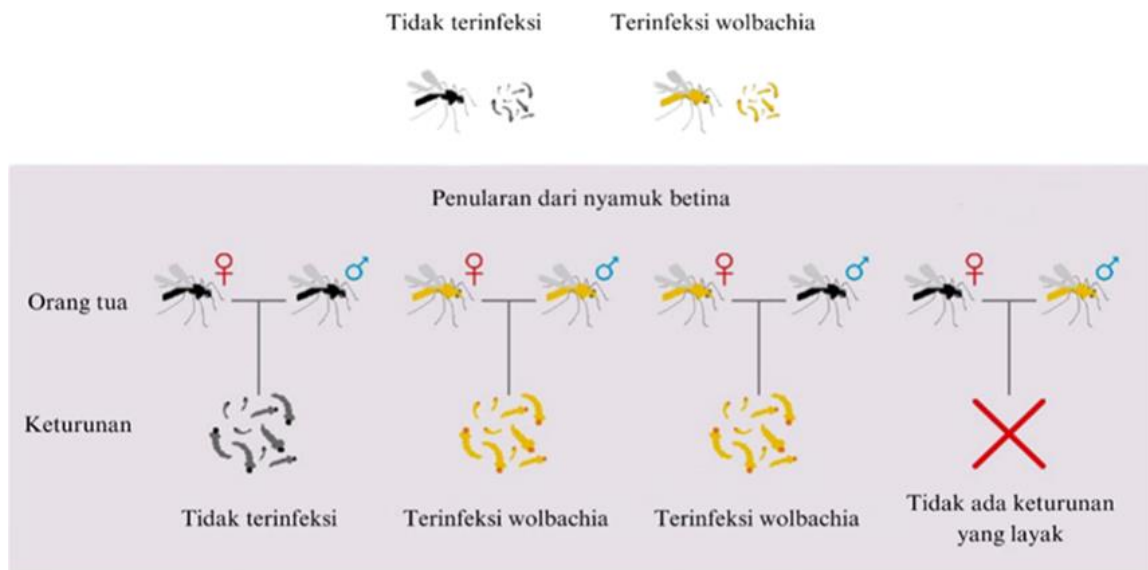
3.2 Preparasi nyamuk ber-*Wolbachia*

Preparasi nyamuk ber-*Wolbachia* dilakukan dengan metode transinfeksi, yaitu memindahkan simbiosis bakteri *Wolbachia* ke dalam inang baru. Beberapa penelitian telah melakukan metode transinfeksi dengan dua metode yang berhasil menciptakan nyamuk ber-*Wolbachia*, yaitu menggunakan mikroinjeksi embrio dan mikroinjeksi dewasa. Dengan teknik yang paling sering digunakan adalah menggunakan mikroinjeksi embrio. Pada teknik ini dilakukan penginjeksian bakteri *Wolbachia* ke dalam kutub posterior embrio pre-blastoderma menggunakan jarum halus dan micromanipulator [12]. Embrio dibiarkan berkembang hingga dewasa kemudian turunannya diseleksi untuk menentukan apakah telah terjadi penularan bakteri atau tidak. Dengan kunci keberhasilan pada teknik ini yakni bakteri *Wolbachia* harus melintasi membran agar dapat mencapai *germline* untuk ditularkan ke generasi berikutnya. Adapula teknik mikroinjeksi embrio ini juga diaplikasikan pada pupa dan prepupa nyamuk tetapi dalam teknik menimbulkan kendala yang sama yakni bakteri *Wolbachia* harus mencapai garis keturunan. Sehingga teknik mikroinjeksi ini masih memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan [18].

Teknik mikroinjeksi embrio melokasikan *Wolbachia* secara langsung di dalam embrio yang sedang berkembang, dengan penginjeksian dilakukan secara intrathoraks, sehingga sel sel yang berdiferensiasi menjadi *germline* atau soma yang sudah positif terinfeksi *Wolbachia* dan menyebabkan infeksi somatik pada garis yang di transfeksi [19]. Bakteri *Wolbachia* merupakan bakteri gram negatif intraseluler. Sumber donor *Wolbachia* yang dapat digunakan untuk mikroinjeksi embrio yaitu didapatkan dengan mengekstraksi sitoplasma telur dari spesies yang terinfeksi dan kemudian ditransfer ke spesies penerima. *Wolbachia* dapat diekstraksi dari daerah anterior atau posterior sel telur donor atau dapat didapatkan dari penghomogenisasi sel telur sebagai sumber *Wolbachia*. Selain itu sumber lain yang dapat digunakan untuk *Wolbachia* yaitu didapatkan dari kultur sel bakteri *Wolbachia*. Kultur sel ini dapat menguntungkan karena kepadatan bakteri lebih homogen untuk dilakukan teknik mikroinjeksi [12].

Terdapat beberapa strain yang dijadikan untuk sumber *Wolbachia*, strain yang digunakan pertama yakni pada strain w MelPop, w Mel, dan w MelPop-CLA. Dan dari ketiga strain tersebut bakteri yang lebih aktif yang dapat menyebabkan pemblokiran virus *Dengue* yang kuat, kematian dini baik telur maupun nyamuk dewasa, mengurangi waktu menghisap darah, perkembangan larva tertunda, dan mengurangi kebugaran secara keseluruhan adalah bakteri *Wolbachia* strain w MelPop-CLA [7]. Secara signifikan telur *Aedes aegypti* yang terinfeksi w MelPop-CLA mati lebih tinggi dibandingkan telur yang tidak terinfeksi. Hal ini juga yang menyebabkan transinfeksi *Aedes aegypti* strain w MelPop-CLA akan memblokir transmisi *Dengue* serotipe 2 (DENV2) [13].

Bakteri *Wolbachia* dapat bertahan hidup pada nyamuk *Aedes aegypti* dengan menghambat proliferasi sel nyamuk sehingga memperpendek usia nyamuk dalam menghisap darah. Penularan bakteri ini dapat diturunkan dari nyamuk jantan yang terinfeksi bakteri *Wolbachia* yang kawin dengan betina tidak terinfeksi *Wolbachia* (Gambar 1.) [18]. Hal ini diakibatkan karena bakteri *Wolbachia* dapat menginduksi ketidakcocokan sitoplasma yang dapat mengakibatkan kematian embrio. Ketidakcocokan sitoplasma ini dipengaruhi oleh beberapa faktor tingkat infeksi di *patch* lokal tinggi, sedangkan efek pemendekan umur dan pengurangan fekunditas tidak tergantung pada frekuensi infeksi [19].

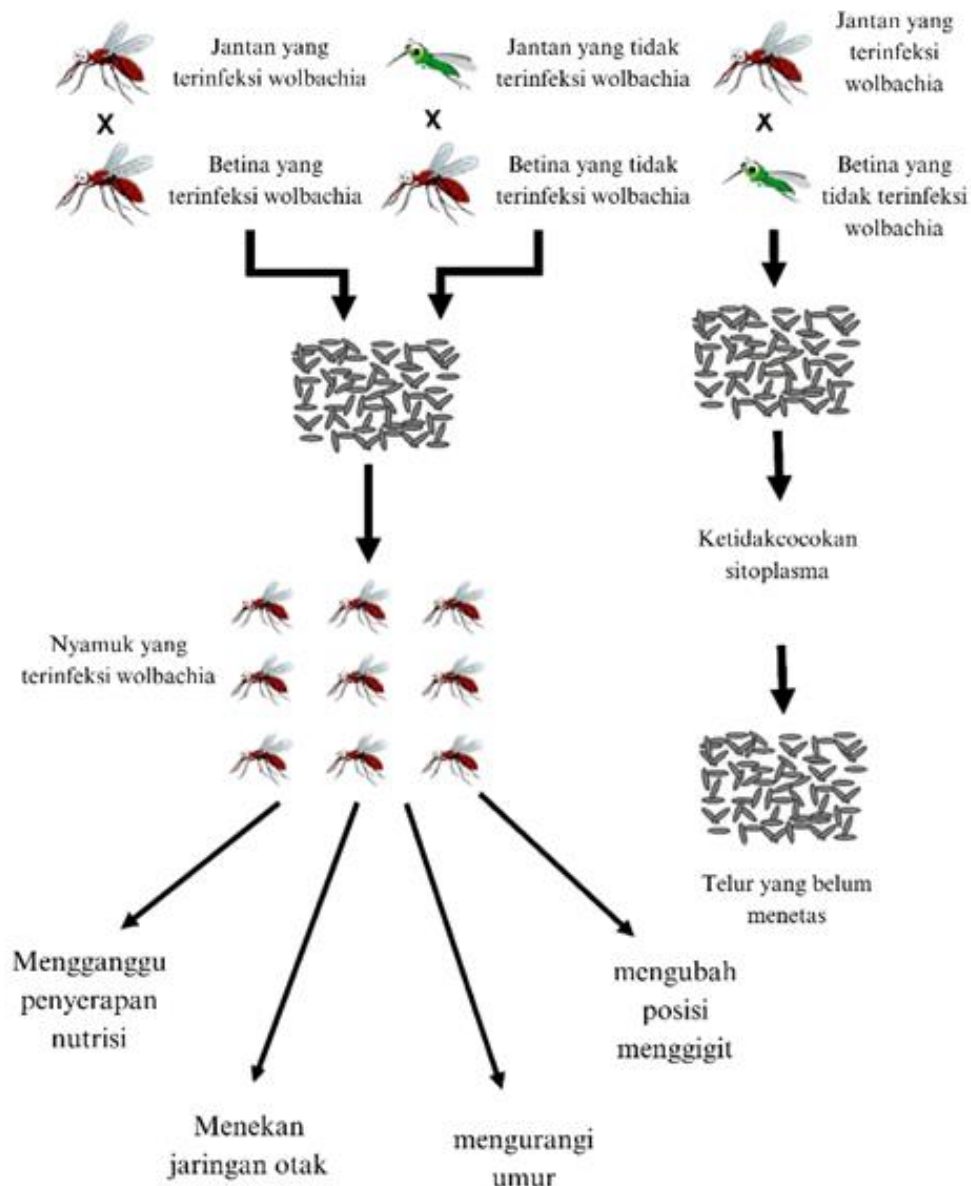


Gambar 1. Perkawinan nyamuk ber-*Wolbachia* dan tidak ber-*Wolbachia*[18].

Endosimbion yang berhasil diinjeksikan pada telur nyamuk kemudian dilakukan pemeliharaan dengan pemberian air dalam baki/*tray*, diberi pakan dan dilakukan pergantian air sampai telur menetas menjadi larva. Larva nyamuk kemudian diisoalsi dan dipindahkan ke dalam tempat baru sampai nyamuk menjadi dewasa. Untuk menentukan positif nyamuk ber-*Wolbachia* dilakukan dengan menggunakan teknik *molecular polymerase chain reaction* (PCR) menggunakan primer spesifik (Wsp forward primer w81f) [13]. Metode PCR dimulai dari ekstraksi DNA, PCR, gel elektroforesis, dan visualisasi. Ekstraksi DNA *Wolbachia* dilakukan dengan menggunakan protokol DNeasy tissue kit (Qiagen). Apabila nyamuk telah terdeteksi *Wolbachia* maka dilakukan pelepasan nyamuk ber-*Wolbachia* baik jantan dan betina, Nyamuk *Wolbachia* hidup di lingkungan secara alamiah dan menghasilkan keturunan nyamuk ber-*Wolbachia* [18].

3.3 Mekanisme nyamuk ber-*Wolbachia* mengontrol DBD

Pengendalian DBD oleh nyamuk ber-*Wolbachia* terjadi ketika perkawinan nyamuk betina ber-*Wolbachia* dengan nyamuk jantan yang tidak terinfeksi, sehingga akan menyebabkan dampak seperti penghambatan perkembangbiakan dan penularan virus. Perkawinan nyamuk jantan ber-*Wolbachia* dan nyamuk betina yang tidak terinfeksi menyebabkan telur tidak menetas [20]. *Wolbachia* dapat menginduksi ketidakcocokan pada sitoplasma yang akan menyebabkan nyamuk jantan yang terinfeksi *Wolbachia* menjadi steril sehingga tidak dapat menghasilkan keturunan. *Wolbachia* dapat menurunkan penetasan telur secara signifikan sehingga menyebabkan penurunan populasi nyamuk *Aedes aegypti* [7] (Gambar 2).



Gambar 2. Mekanisme nyamuk ber-*Wolbachia* mengontrol DBD [18].

Bakteri *Wolbachia* menggunakan mikroRNAs *host* sehingga terjadi manipulasi gen. DNA *methyltransferase* (AaDnmt2) ditekan secara signifikan oleh *Wolbachia* sehingga replikasi virus *Dengue* terhambat. Bakteri *Wolbachia* strain wMelPop dapat memblokir virus *Dengue*, wMelPop *Wolbachia* dapat memiliki fungsi untuk memperpendek umur yang menyebabkan turunnya prevalensi nyamuk *Aedes aegypti* [7].

3.4 Efektivitas *Wolbachia* sebagai kontrol biologi DBD

Pelepasan nyamuk ber-*Wolbachia* perlu di perhatikan cara pelepasannya sehingga tidak akan menyebabkan over populasi dan berdampak buruk pada ekosistem [21]. Pelepasan nyamuk ber-*Wolbachia* ke alam liar dilakukan tahapan yang sama dengan pelepasan serangga steril. Dilansir dari IEAE pelepasan nyamuk ber-*Wolbachia* dilakukan secara bertahap dimulai dari 1 kelurahan pada 1 kecamatan kemudian dilakukan pemantauan populasi, kemudian di kelurahan dan kecamatan yang berbeda. Pemantauan populasi nyamuk ber-*Wolbachia* penting dilakukan untuk mengetahui kapan diberhentikan pelepasan nyamuk ber-*Wolbachia*, pelepasan nyamuk ber-

Wolbachia di berhentikan ketika populasi menyentuh >90% Uji coba *Applying Wolbachia to Eliminate Dengue* (AWED) merupakan uji coba terkontrol secara acak berkelompok untuk menilai efektifitas penyebaran nyamuk ber-*Wolbachia* dalam menurunkan kasus DBD.

Indonesia sedang gencar-gencarnya melaksanakan pelepasan nyamuk ber-*Wolbachia*. Di Bandung telah dilakukan di 1 kelurahan, di Semarang dilakukan di 4 kecamatan, di Bontang dilakukan di 3 kecamatan dan di Kupang dilakukan di 1 kecamatan, dengan harapan penurunan kasus DBD dapat terjadi. Penerapan teknologi nyamuk ber-*Wolbachia* di atur oleh kemenkes RI [22]. Uji coba AWED dan Pengaplikasian nyamuk ber-*Wolbachia* telah di lakukan di berbagai negara seperti Indonesia, Malaysia, Singapura, Brazil dan Australia (Tabel 1).

Tabel 1. Uji coba nyamuk ber-*Wolbachia* di Negara lain

No	Kota	Persentase penurunan kasus	Waktu pelepasan nyamuk	Penerapan wilayah	Sumber
1	Yogyakarta, Indonesia (negara tropis)	77,1%	Januari - Mei (2014)	1,34 Km ²	Saraswati <i>et al.</i> , 2023
2	Kuala Lumpur, Malaysia (negara tropis)	40,3%	Mei & November	4,88 Km ²	Nazni <i>et al.</i> , 2019
3	Distrik Yishun, Bukit Batok, Choa Chu Kang, Tampines, Singapura (negara tropis)	56% - 88%	2014 - 2022	59,13 Km ²	Lim <i>et al.</i> , 2024
4	Niteroi, Brazil (negara tropis & subtropis)	69%	Januari, Juli, Desember (2017) Oktober (2019)	83 km ²	Pinto <i>et al.</i> , 2021
5	Twonsville, Australia	65%	Oktober 2014 - Februari 2019	-	Ogunlade <i>et al.</i> , 2023

Tabel 1 menunjukkan hasil yang relatif bagus. Akan tetapi masyarakat Indonesia khawatir akan akan mengalami pandemi lebih besar dari covid-19 yang disebabkan mengenai pelepasan nyamuk ber-*Wolbachia* [21]. Mengenai prokontra di masyarakat diperlukannya penyuluhan secara mendalam dengan masyarakat yang terlibat, sebelum pelaksanaan pelepasan nyamuk ber-*Wolbachia* masyarakat diberi sosialisasi sehingga isu - isu mengenai dampak negatif nyamuk ber-*Wolbachia* dapat di minimalisir dan juga masyarakat yang terlibat tidak akan merasa khawatir mengenai dampak negatif yang akan terjadi ke depannya Dengan pesatnya perkembangan teknologi, edukasi masyarakat dan tinjauan ulang sangat diperlukan. Dilansir dari DPR.go.id tinjauan nyamuk ber-*Wolbachia* diperlukan jangan sampai tujuan untuk memberantas nyamuk *Aedes aegypti* menimbulkan penyakit baru. Edukasi masyarakat diperlukan sehingga masyarakat mengerti mengenai teknologi yang akan di terapkan sehingga isu-isu yang timbul di masyarakat dapat di tekan, sehingga penerapan teknologi dapat berjalan dengan lancar dengan bantuan masyarakat yang terlibat. Pemerintah setempat berperan penting dalam penerapan teknologi terbaru, RT, RW, serta kelurahan setempat dapat bekerja sama dengan masyarakat setempat sehingga pengimplementasian teknologidapat berjalan dengan tepat.

Teknologi pencegahan DBD hingga saat ini teknologi nyamuk ber-*Wolbachia* merupakan teknologi yang paling maju dan menjanjikan. Pencegahan DBD menggunakan insektisida dan fogging dinilai tidak terlalu efektif karena tingginya antrofilik dan resistensi nyamuk terhadap inseksida dan tingginya biaya yang perlu dikeluarkan untuk penggunaan *fogging*. Sehingga teknologi nyamuk ber-*Wolbachia* menjadi opsi yang tepat untuk pencegahan DBD [23].

Menurut Utari [23] penelitiannya menjawab perihal kekhawatiran masyarakat bahwasanya nyamuk ber-*Wolbachia* tidak dapat menularkan *Wolbachia* atau menginfeksi spesies lain dan terhadap manusia. Nyamuk ber-*Wolbachia* merupakan teknologi yang memiliki resiko yang sangat kecil (*negligible risk*), akan tetapi perubahan yang terjadi terhadap lingkungan perlu diperhatikan [23].

Pada penelitian [21] dilakukannya *fogging* 2 hari sebelum pelepasan dengan menggunakan piretroid dengan semprotan *ultra low volume* (ULV), hal tersebut dilakukan untuk penekanan populasi nyamuk pada wilayah pelepasan. Ketika proses pelepas liar nyamuk ber-*Wolbachia*,

tidak diadakannya proses pengasapan atau penyemprotan pada daerah pelepasan nyamuk ber-*Wolbachia*.

Teknologi pencegahan DBD hingga saat ini teknologi nyamuk ber-*Wolbachia* merupakan teknologi yang paling maju dan menjanjikan. Pencegahan DBD menggunakan pengendalian vektor dinilai tidak relatif terlalu efektif karena tingginya antrofilik dan resistensi nyamuk terhadap inseksida dan tingginya biaya yang perlu dikeluarkan untuk penggunaan fogging. Sehingga teknologi nyamuk ber-*Wolbachia* menjadi opsi yang tepat untuk pencegahan DBD [23].

4. KESIMPULAN

Preparasi nyamuk ber-*Wolbachia* dilakukan dengan cara transinfeksi metode induksi embrio dari endosimbion *Wolbachia*. Pengendalian DBD oleh nyamuk ber-*Wolbachia* terjadi ketika perkawinan nyamuk betina ber-*Wolbachia* dengan nyamuk jantan yang tidak terinfeksi, sehingga akan menyebabkan dampak seperti penghambatan perkembangbiakan dan penularan virus. Perkawinan nyamuk jantan ber-*Wolbachia* dan nyamuk betina yang tidak terinfeksi menyebabkan telur tidak menetas. Teknologi nyamuk ber-*Wolbachia* dapat menjadi opsi untuk menurunkan kasus DBD, di Yogyakarta, Indonesia menurunkan DBD hingga 77,1% dan hospitalisasi sebesar 83% , di Kuala Lumpur, Malaysia penurunan hingga 40,3%, di Kota Yishun dan Tampines, Singapura, penurunan kasus DBD mencapai 56%-88%, di kota Niteroi, Brazil, penurunan kasus DBD mencapai 69%.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Bandung.

6. DAFTAR REFERENSI

- [1] A, Sukohar. 2014. "Demam Berdarah *Dengue* (DBD)". Medula, vol. 2, pp. 1-15.
- [2] Mahardika, I., Rismawan, M., & Adiana, I. 2023. "Hubungan Pengetahuan Ibu dengan Perilaku Pencegahan DBD pada Anak Usia Sekolah di Desa Tegallingsah". Jurnal Kesehatan Nasional, vol. 7, pp. 51-57.
- [3] Kusmintarsih, E., Riwidharso, D., & Budi, R. 2021. "Eliminasi Endosimbion *Wolbachia* sp. pada Nyamuk *Aedes albopictus* dengan Antibiotik". BALABA, vol. 17, pp. 171 - 178.
- [4] Rianti, E., Metasari, D., & S Surahman, F. 2022. "Hubungan Trombosit Dan Hematokrit Dengan Kejadian Dbd Di Rumah". Jurnal Vokasi Kesehatan, vol. 2, pp. 77-84.
- [5] Berutu, W., & Susilawati. 2022. "Hubungan Sanitasi Lingkungan Rumah Tinggal dengan Kejadian Demam Berdarah". Jurnal Ilmiah Multi Disiplin Indonesia, vol. 1, pp. 1077 - 1082.
- [6] Kemenkes. 2024. "Pusat Data dan Surveilans Epidemiologi Kementerian Kesehatan Republik Indonesia". 2.
- [7] Firdausi, R., Bestari, R., Dewi, L., & Nurhayani. 2021. "Peran Bakteri *Wolbachia* Terhadap Pengendalian Vektor Demam Berdarah *Dengue* (DBD) *Aedes aegypti*". Jurnal University Research Colloquium, 3, 513-521.
- [8] Irawati, N., & Putri, N. 2021. "Resistensi Nyamuk *Aedes aegypti* Terhadap *Cypermethrin* di Kabupaten Klaten, Jawa Tengah". Jurnal Kesehatan Lingkungan Ruwa Jurai, vol. 15, pp. 1-7.
- [9] Ikawati, B., & Widiastuti, D. 2015. "Peta status kerentanan *Aedes aegypti* (Linn.) terhadap insektisida *cypermethrin* dan malathion di Jawa Tengah". Aspirator, vol. 7, pp. 23-28.
- [10] Fitrianti, A. R., Anggraeni, A., Romadhona, V., & Ujilestri, T. 2022. "Kajian Fisiologis Teknik Serangga Mandul (TSM) terhadap Pembentukan Telur Steril pada Nyamuk Pembawa Penyakit". Jurnal Pendidikan Biologi, vol. 3, pp.19-27.
- [11] Irfandi, A. 2018. "Kajian Pemanfaatan *Wolbachia* Terhadap Pengendalian DBD (Studi Literatur dan Studi Kasus Pemanfaatan *Wolbachia* di Yogyakarta)". Forum Ilmiah, vol. 15.
- [12] G.L Hughes, & J.L Rasgon. 2014. "Transinfection: a method to investigate *Wolbachia*-host interactions and control arthropod-borne disease". Insect Molecular Biology, vol. 23, pp. 141 - 151.
- [13] Kusmintarsih, E., Riwidharso, D., & Budi, R. 2021. "Eliminasi Endosimbion *Wolbachia* sp. pada Nyamuk *Aedes albopictus* dengan Antibiotik". BALABA, vol. 17, pp. 171 - 178.
- [14] Sorisi, A. 2013. "Transmisi Transovarial Virus *Dengue* pada Nyamuk *Aedes spp*". Jurnal Biomedik, vol. 5, pp. 26-31.
- [15] Meyrita, Sumarno, Saidi, N., & Razi, N. 2023. "Tren Kejadian *Dengue* (*Incidence Rate*) dan kematian Akibat *Dengue* (*Case Fatality Rate*) di Indonesia. Jurnal Ilmiah Biologi, vol. 11, no. 2, pp. 1753 -1763.

- [16] Hikmawati. 2021. "Peran Nyamuk Sebagai Vektor Demam Berdarah *Dengue* (DBD) Melalui Transovarial". Satsra Publisher.
- [17] Fahrissal, Pinaria, B., & Tarore, D. 2019. "Penyebaran Populasi Nyamuk *Aedes aegypti* sebagai Vektor Penyakit". Jurnal Bios Logos, vol. 9, pp. 27- 29.
- [18] Ross, P. A. 2021. "Designing effective Wolbachia release programs for mosquito and arbovirus control". Vol. 1.
- [19] Walker, T., Quek, S., & Jeffries, C. 2020. "Genomic and microscopic evidence of stable high density and maternally inherited Wolbachia infections in *Anopheles mosquitoes*". bioRxiv.
- [20] N, Lusiya. 2014. "*Wolbachia* sebagai alternatif pengendalian vektor nyamuk *Aedes sp.* jurnal kedokteran dan kesehatan indonesia. vol. 6, no. 3, pp. 1-3.
- [21] Pro kontra nyamuk *Wolbachia* di Bali - Apakah aman dan bagaimana dampak jangka panjang? (2023, November Kamis). Retrieved from BBC News Indonesia: <https://www.bbc.com/indonesia/articles/cd1pkx13z28o>.
- [22] Tidak Ada Hubungan Antara Nyamuk *Wolbachia* dan Keganasan Nyamuk *Dengue*. (2024, april Selasa). Retrieved from Kemenkes Ditjen P2P: <https://p2p.kemkes.go.id/tidak-ada-hubungan-antara-nyamuk-Wolbachia-dan-keganasan-nyamuk-Dengue/>
- [23] Saraswati, U., Supriyati, E., Rahayu, A., Rovik, A., Kurniasari, I., Hermantara, R., Kumalawati, D. A., Daniwijaya, E.W., Fitriana, I., Pramuko, N.B., Indriani, C., Wardana, D.S., Tantowijoyo, W., Ahmad, R.A., Utarini, A., & Arguni, E. 2023. "Kajian aspek keamanan nyamuk *Aedes aegypti* Linnaeus ber-*Wolbachia* di Yogyakarta, Indonesia. Jurnal Entomologi Indonesia, vol. 20, no. 2, pp. 117.



Potensi Mikroalga Laut, *Chlorella vulgaris*, dalam Menghasilkan Listrik

The Potential of Marine Microalgae, *Chlorella vulgaris*, in Electricity Production

Qori Atur R. Suhada^{1*}, Adyttia Indra Gunawan¹ Tiwi Sartika¹, Hasna Labib Lathifah¹, Marsya Naranissa Puteri¹, Maya Amini Sukma¹, Nadilla Suci Nugraha¹, Rosi Ainin Faqihah¹, Tiara Zahira¹

¹ Departemen Bioteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Bandung

*Corresponding author: Jalan Soekarno-Hatta No. 752 Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat, 40614, Indonesia.

E-mail addresses: qori.a.r.suhada@umbandung.ac.id

2024 BIODIVERSE: Jurnal Biodiversitas dan Bioteknologi

Abstract

Electrical energy is energy that comes from an electric charge that creates a static electric field or the movement of electrons in electrical conductors or ions (positive or negative) in liquids or substances in the form of gases. One of the sources of renewable electrical energy can be obtained from marine microalgae through the process of photosynthesis, called biophotovoltaics. The electrical energy produced by these marine microalgae can be channeled to power electronic devices. *Chlorella vulgaris* is a photosynthetic microorganism that can be used in biophotovoltaics systems. The purpose of this observation is to utilize microalgae as a renewable energy source and to develop the potential of microalgae, especially green algae. The method used is to create a biophotovoltaics system utilizing 2 glass tubes filled with microalgae cultures which are connected to an electrical circuit using aluminum and steel electrodes. The experiments carried out produced electricity of 2.5V from 2 liters of microalgae culture that had previously been made. The amount of electric voltage obtained from the microalgae is strongly influenced by the biomass it produces during photosynthesis.

Article info

Article history:

Received : 16 June 2024

Revised : 20 June 2024

Accepted : 25 June 2024

Available online : 30 June 2024

Keywords:

Biophotovoltaic
Chlorella vulgaris
Electrical energy
Microalgae

1. PENDAHULUAN

Listrik banyak dimanfaatkan pada zaman modern. Banyak masyarakat lebih menyukai sesuatu hal yang praktis dan cepat, sehingga para ilmuwan berusaha membuat alat-alat yang dapat mempermudah aktivitas manusia. Kebanyakan dari alat tersebut memanfaatkan listrik sebagai sumber energinya. Energi listrik merupakan energi yang bersumber dari muatan listrik. Muatan listrik tersebut menimbulkan medan listrik statis atau Bergeraknya elektron pada penghantar listrik atau ion (positif atau negatif) pada zat cair atau pada zat yang berupa gas. Satuan listrik disimbolkan Ampere (A) dan tegangan listrik disimbolkan Volt (V) [1].

Energi listrik dapat bersumber dari energi lain dan dapat dikonversi menjadi energi lainnya. Produksi listrik di Indonesia mayoritas dari bahan bakar fosil. Penggunaan sumber energi fosil ini

meningkatkan krisis sumber energi dan pemanasan global. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan dalam pemanfaatan sumber energi terbarukan. Sumber energi terbarukan ini merupakan sumber energi yang akan terus regenerasi dan tidak akan habis. Seperti energi surya (matahari), angin, air, biomassa, panas bumi, dan magnet [2].

Dari banyaknya sumber energi terbarukan salah satunya yaitu mikroalga yang memiliki potensi untuk menjadi sumber energi listrik. Mikroalga ini termasuk ke dalam kelas alga yang berukuran mikroskopis dan memiliki diameter antara 30 μm . Mikroalga dimulai dari sel tunggal maupun koloni yang hidup di seluruh wilayah perairan tawar maupun laut yang lazim disebut fitoplankton. Hal yang membedakan mikroalga dari tumbuhan tingkat tinggi yaitu terletak pada pembagian fungsi pada sel-sel komponennya yang belum jelas. Energi listrik yang dihasilkan oleh mikroalga ini dapat disalurkan untuk memberi daya pada alat elektronik, salah satunya lampu tidur. Lampu tidur seringkali dimanfaatkan sebagai hiasan dalam kamar tidur. Selain sebagai dekorasi, lampu tidur juga bermanfaat untuk meningkatkan kualitas tidur, karena cahayanya yang remang-remang memberikan suasana yang nyaman di dalam kamar [3].

Adapun tujuan dari pengamatan ini yaitu untuk memanfaatkan mikroalga laut sebagai sumber energi baru dan terbarukan dan untuk mengembangkan potensi mikroalga terutama alga hijau. Dan Manfaat yang diharapkan adalah bagaimana memanfaatkan sumber yang ada, salah satunya mikroalga yang dapat menjadi sumber energi alternatif. Sumber energi alternatif atau sumber energi terbarukan dinilai lebih ramah lingkungan dan tidak dapat habis. Dimana pemanfaatan energi alternatif memerlukan ilmu pengetahuan untuk mengembangkan alat yang ramah lingkungan. Namun dapat mengubah energi alternatif tersebut menjadi energi-energi lain, salah satunya energi Listrik [4].

Terdapat salah satu fitoplankton yang dikenal sebagai *Chlorella vulgaris* umumnya ditemukan di perairan umum, termasuk lingkungan air tawar dan laut [5]. *C. vulgaris* laut merupakan salah satu mikroorganisme fotosintetik, mikroorganisme yang berfotosintesis sepanjang hidupnya. Selain itu, *Chlorella vulgaris* juga merupakan salah satu mikroalga yang sering dibudidayakan, karena tidak beracun dan memiliki nilai gizi yang tinggi untuk produk seperti obat-obatan, kosmetik, dan biodiesel alternatif. *C. vulgaris* adalah spesies kosmopolitan yang dapat hidup di mana saja, kecuali lingkungan yang diperlukan untuk bertahan hidup. Faktor lingkungan dan ketersediaan unsur hara berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan *C. vulgaris*. Nitrat dan fosfat merupakan unsur pembatas pada pertumbuhan *C. vulgaris* [6].

Bioreaktor merupakan seperangkat alat atau wadah yang di dalamnya terjadi transformasi biokimia dari suatu bahan baku menjadi produk yang diinginkan. Untuk mempercepat reaksi, digunakan enzim-enzim mikrobial atau isolat enzim murni. Proses dalam bioreaktor dapat terjadi secara aerobik maupun anaerobik. Kondisi lingkungan seperti pH, suhu, oksigen, dan lain-lain pada bioreaktor harus diperhatikan agar mikroba dapat tumbuh dengan baik dan menghasilkan produk yang diinginkan. Biophotovoltaics adalah teknologi pembangkit listrik yang memanfaatkan mikroorganisme fotosintetik. Energi matahari dapat diubah menjadi energi listrik. Tujuan dari penelitian ini untuk memanfaatkan sifat fotosintetik mikroorganisme seperti mikroalga untuk mengubah cahaya menjadi arus listrik yang dapat digunakan untuk penyediaan listrik. Selama berfotosintesis, terjadi serangkaian reaksi yang memisahkan air menjadi proton (H^+), elektron, dan oksigen [7].

2. METODE

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah labu erlenmeyer, aerator, selang aerator, batu aerasi, plastic wrap karet gelang, plastik tahan panas, elektroda (aluminium & baja), kabel jumper dengan penjepit buaya kecil, lampu flip flop tabung kaca sedang, dan multimeter. Sedangkan bahan yang digunakan adalah air mineral, bibit *Chlorella vulgaris*, garam krocok dan pupuk NPK.

2.1 Pembiakan kultur mikroalga (*C. vulgaris*)

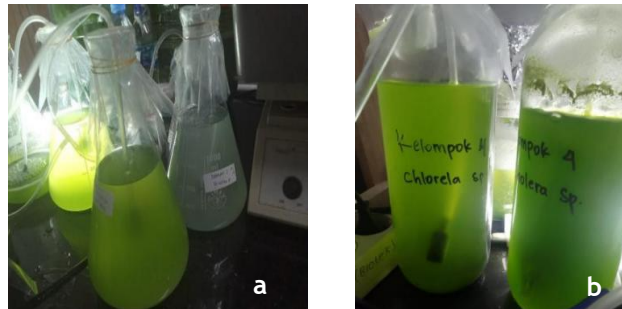
Mengacu pada [4] proses pembiakan mikroalga labu erlenmeyer steril disiapkan, lalu diisi dengan air mineral sebanyak 500 mL. Selanjutnya disanitasi dengan penambahan garam krosok dan ditambahkan pupuk NPK sebagai nutrisi pertumbuhan mikroalga pada erlenmeyer, lalu dihomogenkan. Bibit mikroalga yang sudah diaktivasi dimasukkan ke dalam media kultur dengan perbandingan bibit 1 bagian dan 9 bagian air Diberikan aerator untuk aerasi. Media disimpan di tempat yang terkena sinar matahari atau cahaya lampu khusus. Kemudian bibit dibiarkan selama 7-10 hari. Pencapaian dan aerasi bibit perlu diperhatikan agar bibit mikroalga dapat berfotosintesis dan berkembangbiak.

2.2 Design Biophotovoltaics

Gelas jamu ukuran 1 L yang sudah disterilkan disiapkan sebanyak 2 buah, 2 buah kabel jumper merah dan 1 buah kabel jumper hitam, 2 pasang elektroda, dan multimeter. Mikroalga *C. vulgaris* hasil inokulasi dimasukkan sebanyak 1 L. Kedua gelas jamu dihubungkan dengan rangkaian seri. Elektroda alumunium dan baja disiapkan, lalu keduanya dihubungkan menggunakan kabel jumper merah, elektroda alumunium dimasukkan dalam tabung A dan elektroda baja dimasukkan pada tabung B. Selanjutnya pada kabel jumper merah yang lain pada salah satu sisinya dipasang pada elektroda alumunium dan dimasukkan ke dalam tabung A. Pada kabel jumper hitam, salah satu sisinya dipasang pada elektroda baja dan dimasukkan ke dalam tabung B. Kemudian sisi yang lain pada dua kabel jumper merah dan hitam tersebut dihubungkan dengan multimeter untuk diketahui besaran tegangan listrik yang dihasilkan. Lalu sambungan kabel jumper pada multimeter dilepas dan dihubungkan dengan lampu untuk memberikan daya agar lampu dapat menyala [8].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan selama 3 pekan telah didapatkan hasil kultur *C. vulgaris* dengan bagian yang diamati yakni perubahan warna *C. vulgaris*, pengamatan kualitas air, dan uji coba pemanfaatan *C. vulgaris* menghasilkan sumber listrik untuk menyalakan lampu.



Gambar 1. Kultur cair *C. vulgaris* pada Hari ke-7 (a) dan Hari ke-21 (b)

Pada hari ke-7 kultur *C. vulgaris* terlihat masih berwarna hijau bening, setelah hari ke-21 warna kultur *C. vulgaris* semakin hijau mendekati pekat dengan ditambah adanya biomassa yang terlihat jelas dan banyak di sekitar dasar media kultur. Faktor pengaruh perubahan warna kultur *C. vulgaris* yaitu dikarenakan adanya peningkatan kepadatan sel yang mengindikasikan terjadinya pertumbuhan sel mikroalga. Pertumbuhan sel mikroalga akan terus berlangsung mulai dari fase lag, eksponensial, hingga fase stasioner akhir. Pertumbuhan yang mencapai fase stasioner akan ditandai dengan warna hijau yang pekat dan padat. Setelah mencapai fase stasioner akhir, sel akan memasuki fase *death* (kematian) yaitu berhentinya proses pertumbuhan sel dan mengalami kematian.

Pertumbuhan sel mikroalga *C. vulgaris* dipengaruhi oleh proses fotosintesis di dalam organel sel kloroplas. Proses metabolisme tersebut ditentukan oleh ketersediaan H_2O sebagai sumber hidrogen, CO_2 sebagai sumber karbon, dan cahaya sebagai sumber energi. Dalam penelitian, cahaya LED digunakan sebagai pengganti cahaya matahari. Berdasarkan aspek efisiensi pemanfaatan cahaya oleh kloroplas mikroalga, diketahui bahwa mikroalga menyerap semua cahaya yang diterima walaupun tidak semua foton dapat dimanfaatkan [9]. Hal tersebut tercermin pada hasil penelitian yang memperlihatkan variasi pada setiap perlakuan yang diujikan. Jumlah foton pada panjang gelombang biru atau merah yang dapat ditangkap oleh molekul klorofil mikroalga bergantung pada struktur sel, komposisi pigmen dan susunan kloroplas [10].

Pengukuran Parameter Fisika-Kimia Medium Kultur

Hasil pengukuran parameter fisika-kimia medium kultur meliputi parameter salinitas dan pH yang dilakukan selama periode kultur *C. vulgaris* (Tabel 1).

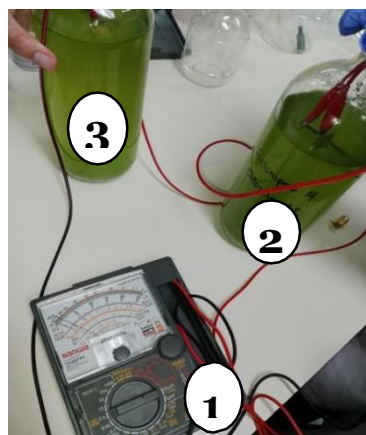
Tabel 1. Hasil Pengamatan Kisaran Kualitas Air

No	Kualitas Air	Rata-Rata	Kisaran Optimal
1	pH	6-8	4,5-9,3
2	Salinitas	30 ppt	30-35 ppt

Hasil tersebut menunjukkan kisaran optimal dan variabel kualitas air mendukung pola pertumbuhan sel *C. vulgaris*. Nilai pH media kultur merupakan faktor pengontrol yang menentukan kemampuan biologis fitoplankton dalam memanfaatkan unsur hara. Nilai pH yang terlalu tinggi misalnya, akan mengurangi aktivitas fotosintesis fitoplankton. Pengukuran pH ini menggunakan pH meter didapatkan hasil kisaran 6-8, Kisaran pH optimal pada mikroalga adalah 4,5-9,3. Dalam kenaikan pH pengamatan ini dibantu dengan penambahan baking soda agar didapatkan pH kultur *Chlorella vulgaris* dalam kisaran yang optimal [11]. Salinitas pada pengamatan mencapai 30 ppt, kisaran optimal pada mikroalga yaitu berkisar 30-34 ppt [12].

Uji coba pemanfaatan *Chlorella vulgaris* menghasilkan sumber listrik untuk lampu tidur

Produksi listrik menggunakan sebanyak 2 L kultur cair *C. vulgaris* (Gambar 2). Tegangan listrik yang dihasilkan dari 2L kultur cair *C. vulgaris* yaitu sebesar 2.5 volt (Gambar 3). Berdasarkan hasil pengamatan, lampu yang dihubungkan dengan pemanfaatan kultur *Chlorella vulgaris* tidak menyala dengan semestinya karena memiliki tegangan listrik yang relatif kecil ($\pm 2,5$ volt), sedangkan lampu yang dipakai membutuhkan besaran listrik yang lebih besar.



Gambar 2. Pengukuran tegangan listrik yang dihasilkan dari kultur cair *C. vulgaris*

Keterangan:

1. Multimeter sebagai alat pengukur besaran listrik pada *Chlorella vulgaris*
2. Kabel jumper, katoda dan anoda yang tersambung dengan multimeter dan kultur *Chlorella vulgaris*
3. Kultur *Chlorella vulgaris* pada media botol jamu



Gambar 3. Besaran tegangan listrik pemanfaatan kultur *Chlorella vulgaris*

Terkait pemanfaatan untuk menghasilkan sumber listrik, terdapat faktor yang memengaruhi tingkat keberhasilan pertumbuhan sel mikroalga yaitu NPK pada media yang mengendap (tidak larut secara sempurna) serta kekurangannya pasokan CO_2 . Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, konsentrasi CO_2 yang optimal untuk pertumbuhan mikroalga yaitu 5-10% [13]. Selain memberi pasokan CO_2 pada medium kultur, pemberian aerasi dapat juga berfungsi untuk agitasi atau pengadukan nutrisi di dalam air medium. Pengadukan sangat penting dilakukan bertujuan untuk membantu nutrisi tersebar dengan baik sehingga mikroalga dalam kultur mendapatkan

nutrien yang merata, mencegah stratifikasi, suhu, dan meningkatkan pertukaran gas dari udara ke media mikroalga [14].

4. KESIMPULAN

Kultur cair *C. vulgaris* laut dapat digunakan sebagai sumber energi listrik. Besaran tegangan listrik yang dapat diperoleh dari mikroalga tersebut sangat dipengaruhi oleh biomassa yang dihasilkannya. Biomassa yang dihasilkan oleh mikroalga bergantung pada proses fotosintesis yang berlangsung. Selama berfotosintesis, terjadi serangkaian reaksi yang menghasilkan proton, sebagai muatan listrik. Komposisi nutrien, suplai CO₂, dan cahaya berperan penting untuk meningkatkan jumlah sel mikroalga. Tegangan listrik yang diperoleh pada 2L kultur mikroalga laut *C. vulgaris* sebanyak 2,5 volt, besaran tegangan tersebut belum memenuhi kebutuhan tegangan listrik untuk menhidupkan lampu.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Program Studi Bioteknologi beserta Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Bandung atas dukungan dana serta fasilitas Laboratorium Bioteknologi dan Mikrobiologi Universitas Muhammadiyah Bandung yang telah diberikan sehingga terselenggaranya penelitian ini.

6. DAFTAR REFERENSI

- [1] Andi, S., Kurnia, R., & Sulistiono. Budidaya Kerang Hijau (*Perna viridis* L.) Dengan Metode Dan Kepadatan Berbeda di Perairan Pesisir Kuala Langsa, Aceh. Jurnal Riset Akuakultur. 12(1): 57-60.
- [2] Azarin., Belva., & Fidela. 2016. Tesis. Analisis Efisiensi Photovoltaic Ditinjau dari Variasi Bayangan pada Panel Surya. Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya
- [3] Efendi. 2003. "Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumberdaya dan lingkungan perairan" Yogyakarta: Kanisius
- [4] Hartini, Fitri, Fajar Restuhadi, and Tengku Dahril. 2017. Pemanfaatan Mikroalga *Chlorella*. sp dalam menurunkan baku mutu polutan limbah cair industri sagu. OM Faperta. 4(1): 1-13
- [5] Kimball, J.W. 2000. "Biologi. Edisi kelima Jilid 1" Jakarta: Erlangga.
- [6] Park, K.H dan Lee, G.C. 2000. Optimazation of algal photobioreactors using flashing lights J. Biotechnol. Bioprocess Eng. 5(1): 186-190.
- [7] Pertamawati. 2010. Pengaruh Fotosintesis Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum*. L) Dalam Lingkungan Fotoautotrof Secara Invitro. Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia.12(1): 33-34.
- [8] Rivandhika, W.F. 2022. "Pengaruh Pemberian Lindi Hasil Penyaringan dengan Dosis Berbeda Terhadap Kelimpahan *Chlorella vulgaris*.
- [9] Sylvester, B. N. 2002. "Budidaya Fitoplankton & Zooplankton". Persyaratan Budidaya Fitoplankton , 10(1): 24-36.
- [10] Sulidah., Yamin, A., & Susanti, D.R. 2016. Pengaruh Latihan Relaksasi Otot Progresif Terhadap Kualitas Tidur Lansia. J Keperawatan. 4(1): 11-12.
- [11] Taw, N. 1990. "Petunjuk pemeliharaan kultur murni dan massal mikroalga proyek pengembangan udang" United Nations, Development programme food and agriculture organization of the united nations. hal. 80.
- [12] Teni., & N.ovianti 2017. Studi Tentang Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella vulgaris* yang dikultivasi Berdasarkan Sumber Cahaya yang Berbeda. Jurnal Biologi Sel dan Pendidikan Biologi. 1(2): 1-5
- [13] Triana, B.K., Danies, R.K., & Nugraha, P.N.I. 2019. Pengembangan Desain Free Energy Generator Berbahan Magnet Neodymium Berbasis Solidworks Untuk Sistem Recharging Prototype Ganesha Electric Generasi II Undiksha. JJTM: 8(3)
- [14] Utami, N. 2021. "Lingkungan". Retrieved Juni 02, 2023, from Kompas.com: <https://www.kompas.com/skola/read/2021/02/16/171809969/mengapa-energi-alternatif-bersifat-ramahlingkungan>
- [15] Wey., & Laura, T. 2019. "The Development of Biophotovoltaic Systems For Power Generation and Biological Analysis. ChemElectroChem. (21): 5375-5386
- [16] Wigajatri, R. H. 2003. "Studi karakteristik fluoresensi *Chlorella* sp. : Pengaruh pH terhadap pengkulturan". Jurnal Makara, Teknologi. 7(2): 83-88



Sindrom Rett: Kelainan Genetik Penyebab Disabilitas Intelektual Rett Syndrome: Genetic Disorder As A Causal of Intellectual Disability

Nisa Ihsani^{1*}, Elisca Nurhayati¹, Tabina Khalishah Dzikra Dzakhirah¹, Yesi Repani¹

¹ Departemen Bioteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Bandung

*Corresponding author: Jalan Soekarno-Hatta No. 752 Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat, 40614, Indonesia.
E-mail addresses: nisaihsani@umbandung.ac.id

2024 BIODIVERSE: Jurnal Biodiversitas dan Bioteknologi

Abstract

Rett Syndrome (RTT) is a rare genetic disorder affecting early neurological development that has a mutation linked to the X chromosome in the MECP2 gene that codes for methyl CpG-binding protein 2, resulting in loss of function. Typical symptoms of Rett Syndrome are impaired communication and loss of speech, loss of hand use, repetitive, involuntary hand movements such as hand washing, loss of mobility, or difficulty walking. Rett Syndrome is very rare in Indonesia. It occurs in 1 in 10,000 - 15,000 children. A specific treatment cannot treat Rett Syndrome. However, treatment can be done for the symptoms, including sleep disorders, eating disorders, seizures, and self-injurious behavior. Trefinetide is one treatment that is specific to the main symptoms of rett syndrome. This review is conducted to provide information about rett syndrome; therefore, the symptoms can be detected earlier.

Article info

Article history:

Received : 28 June 2024

Revised : 29 June 2024

Accepted : 29 June 2024

Available online : 30 June 2024

Keywords:

Disability

MECP2 gene

Mutation

Rett syndrome

1. PENDAHULUAN

Rett syndrome merupakan kelainan genetik yang menjadi salah satu penyebab disabilitas intelektual. Sindrom ini tergolong ke dalam jenis sindrom yang langka dengan karakteristik yang mirip dengan sindrom lainnya, yaitu meliputi terhambatnya kemampuan bicara dan pergerakan [1]. *Rett syndrome* pertama kali dijelaskan pada tahun 1960-an oleh seorang ahli saraf anak Austria, Andreas Rett. Ia mengamati dua pasien yang tengah meremas-remas tangannya diikuti dengan gerakan tangan lainnya yang tidak terkontrol. Berdasarkan hasil pemeriksaan, ia menemukan bahwa kedua pasien tersebut mengalami riwayat kesehatan yang sama, yaitu periode awal perkembangan normal yang diikuti dengan hilangnya periode keterampilan tertentu, yakni keterampilan tangan, berbicara, dan berjalan [1][2][3].

Adanya perbedaan karakteristik *rett syndrome* di kawasan Irlandia [2] menyebabkan perlu adanya pemahaman sejak dini terkait karakteristik *rett syndrome*. Oleh karena itu, pada jurnal ini dibahas terkait prevalensi dan karakteristik *rett syndrome* beserta gejala, faktor genetik dan penyebab penyakit, serta terapi pengobatan dalam meringankan gejala *rett syndrome*. Pemaparan *rett syndrome* dalam jurnal review ini diharapkan dapat membantu pembaca untuk mengenali gejala *rett syndrome* pada anak sejak dini.

2. METODE

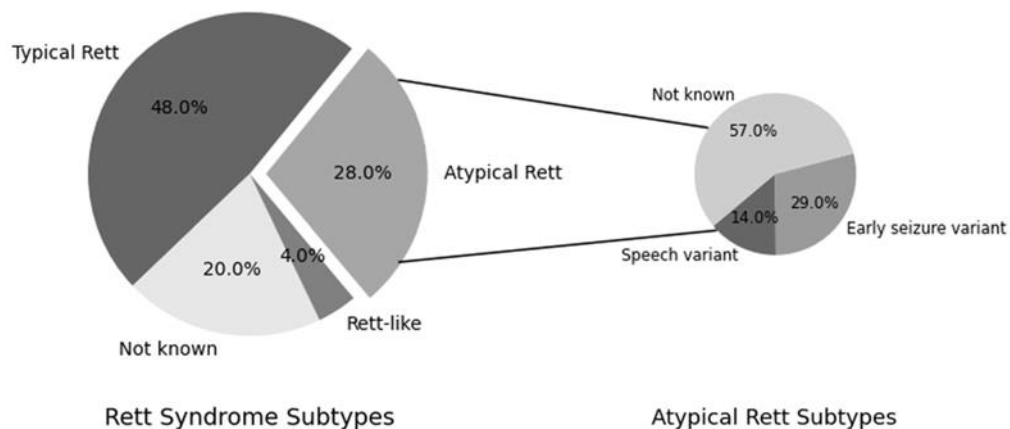
Penulisan jurnal dilakukan dengan melakukan penelusuran data terkait *rett syndrome*. Beberapa jurnal mengenai *rett syndrome* ditelusuri dari berbagai sumber seperti Nature, PlosOne, dan Pharmaceutical Sciences and Research. Setelah itu, sebanyak 16 jurnal dipilih sesuai dengan informasi yang dibutuhkan. Pada penelitian ini ruang lingkup informasi yang dibutuhkan mencakup prevalensi, gejala, faktor genetik, dan terapi pengobatan *rett syndrome*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Prevalensi *Rett Syndrome*

Berdasarkan hasil studi yang diterbitkan oleh Orphanet Journal of Rare Diseases dengan judul “*Rett Syndrome in Ireland: a demographic study*”, jumlah penderita *Rett Syndrome* (RTT) di Amerika Serikat dan Kanada yaitu sebanyak 919 dari total populasi 331,9 juta, Italia 84 dari 59,11 juta, Denmark 27 dari 5,86 juta, Australia 349 dari 25,69 juta, UK 91 dari 67,33 juta, Belanda & Belgia 137 dari 29,12 juta, Brazil 27 dari 214,3 juta, Polandia 23 dari 37,75 juta, dan Swedia 125 dari 10,42 juta [2]. Timothy Aditya Sutantyo mengemukakan bahwa RTT sangat jarang terjadi di Indonesia. Angka kejadian *Rett Syndrom* di Indonesia sebanyak 1 dari 10.000 - 15.000 anak. Dalam penelitiannya di RS Hasan Sadikin, Bandung, Jawa Barat, Timothy menemukan seorang gadis yang mengidap *Rett Syndrome*. Gadis tersebut tidak dapat berbicara dan memiliki keterbatasan gerakan tangan [3].

Prevalensi *Rett Syndrome* secara global mencakup 5 sampai 10 per 100.000 perempuan. Berdasarkan data prevalensi tersebut, jumlah individu yang mengidap RTT di Irlandia diperkirakan dapat mencapai 180 orang. Akan tetapi, hanya 75 keluarga yang tercatat dalam *Rett Syndrome Association of Ireland* (RSAl). Kasus *Rett Syndrome* dibagi menjadi dua jenis, yakni tipikal dan atipikal *Rett Syndrome*. Pada kasus *atypical Rett Syndrome/Subtype*, gejala *Rett Syndrome* tidak seluruhnya muncul pada pasien. Hasil studi di Irlandia menunjukkan bahwa persentase atipikal *Rett Syndrome* lebih sedikit dibandingkan dengan *typical Rett Syndrome* (Gambar 1).



Gambar 1. Kasus *Rett Syndrome* yang mencakup baik kasus tipikal maupun atipikal di Irlandia [2]

Atipikal *Rett Syndrome* mencakup 28% dengan sebagian kecil gejala seperti kejang pada perkembangan awal dan gangguan berbicara. Akan tetapi 57% diantaranya tidak diketahui penyebabnya. Sebanyak 40 % partisipan telah teidentifikasi berasosiasi dengan mutasi genetik dan sebagian besar disebabkan oleh mutasi gen MECP2 dengan jenis mutasi titik pada p.Thr158Met, p.Arg306Cys, p.Pro152Arg, p.Arg133Cys, p.Pro152Arg, Gln128Ter, Cys382Ter, mutasi insersi yang melibatkan C488A > 6; dan mutasi delesi C.1162_1172del, c.1164_1207del, serta delesi pada ekson 3 and 4 [2].

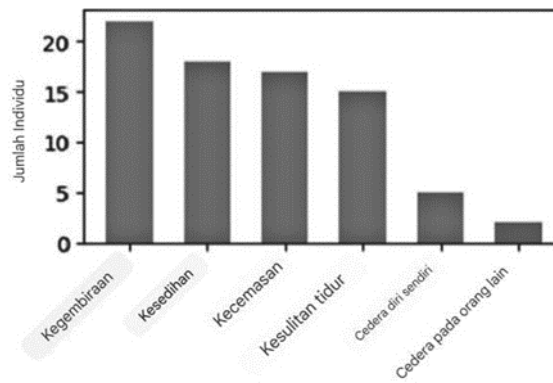
Penyakit *Rett Syndrome* ini lebih banyak ditemukan pada anak perempuan dibandingkan dengan anak laki-laki. Hal ini menyebabkan gangguan parah yang mempengaruhi hampir setiap aspek kehidupan anak, menyebabkan cacat kognitif dan fisik yang cukup parah, serta menyebabkan disabilitas intelektual pada perempuan [4].

3.2. Gejala *Rett Syndrome*

Gejala *Rett Syndrome* muncul pada masa kanak-kanak secara bertahap, yakni tahap stagnasi pada usia 6 hingga 18 bulan [1], kemudian mengalami penurunan dengan cepat pada usia 1-4 tahun, pseudostasioner pada usia 2 tahun, dan penurunan keterampilan motorik yang lambat pada usia 10 tahun [5].

Gejala khas *Rett Syndrome* adalah gangguan komunikasi, kehilangan kemampuan berbicara, hilangnya kemampuan penggunaan tangan, gerakan tangan berulang yang tidak disengaja seperti mencuci tangan, kehilangan mobilitas atau kesulitan berjalan, tonus otot yang tidak normal berhubungan dengan pengecilan otot secara tiba-tiba, dan gangguan gerakan yang disebabkan oleh rangsangan emosional atau aktivitas fisik yang intens [6]. Gejala-gejala tersebut dapat dipicu oleh lelucon, kejutan, kemarahan, ketakutan, kegembiraan, olahraga, dan lain-lain [7].

Menurut Zade *et al.* (2024), terdapat perilaku yang umum terdapat pada kelompok orang yang memiliki *Rett Syndrome*, yakni kegembiraan, kesedihan, kecemasan, gangguan tidur serta perilaku melukai diri sendiri dan orang lain dengan frekuensi pada gambar 2.



Gambar 2. Perilaku individu RTT di Irlandia [2]

Penelitian mengenai *Rett Syndrome* Irlandia terkait data demografi dan karakteristik klinis yang bekerja sama dengan RSAI, menunjukkan adanya informasi tentang persentase klinis dan perilaku individu Irlandia yang didiagnosa *Rett Syndrome*. Hasil dari kuesioner menunjukkan presentasi keseluruhan yang sebanding dengan negara lain. Frekuensi perilaku yang paling umum diamati pada kelompok orang yang didiagnosa *Rett Syndrome* di Irlandia sebagai berikut: Kegembiraan dilaporkan oleh 92% dari partisipan, diikuti oleh kesedihan (75%), kecemasan (71%), gangguan tidur malam hari (63%), perilaku melukai diri sendiri (21%), dan perilaku melukai orang lain (8%). Namun, pada diagnosis genetik sebagian besar individu tidak diketahui atau tidak ada, karena terbatasnya akses terhadap fasilitas genotipe dan layanan diagnostik yang tersedia untuk umum di Irlandia. Hal ini dapat menyebabkan kemungkinan kesalahan diagnosis kasus *Rett Syndrome* atipikal [2].

3.3. Faktor Genetik Penyebab *Rett Syndrome*

Dokter keturunan Lebanon-Amerika Huda Zoghbi menemukan mutasi penyebab penyakit ini pada tahun 1999. Kelainan genetik yang langka ini disebabkan oleh mutasi pada kromosom X, yakni pada gen MECP2 pada lokus Xq28. Gen ini mengkode protein pengikat metil CpG 2[5]. Protein tersebut berperan dalam mengatur ekspresi gen dengan mengikat daerah CpG yang termetilasi pada DNA. Kehilangan protein pengikat metil CpG 2, seperti dalam mutasi yang terkait dengan *Rett Syndrome* dan kondisi neurologis lainnya, dapat menyebabkan disregulasi ekspresi gen, terutama gen-gen yang penting untuk fungsi dan perkembangan otak seperti BDNF. Hal ini dapat mengganggu mekanisme neurotropik dan berkontribusi pada berbagai gangguan neurologis dan neuropsikiatrik [8].

Struktur gen MECP2 terdiri dari beberapa bagian, termasuk daerah *untranslated 5'*, empat bagian ekson (bagian yang mengkodekan protein), dan UTR 3' poliadilasi. Lokasi mutasi umumnya terjadi pada ekson 3, terutama pada urutan pengulangan CCACC. Pengulangan CCACC, disebabkan oleh adanya kesalahan selama replikasi DNA, yakni "*slipped strand mispairing*" [9]. *Slipped strand mispairing* (SSM) adalah proses kesalahan yang terjadi selama replikasi DNA, di mana terjadi kesalahan penempelan antara untai baru dan untai cetakan di wilayah mikrosatelit (repetisi pendek DNA). Hal ini mengakibatkan perubahan jumlah unit pengulangan mikrosatelit

(repetisi pendek DNA), yang merupakan sumber utama variasi genetik di antara individu-individu dalam populasi. Penemuan variasi ini penting dalam penelitian genetika untuk identifikasi dan pemahaman lebih lanjut tentang genomik [10].

Jenis mutasi lainnya yang menyebabkan RTT adalah *nonsense* atau *frameshift mutation*. Mutasi ini menyebabkan individu tidak dapat menghasilkan mRNA yang sesuai dan terdegradasi melalui proses mRNA *decay*. Menurut catatan dalam Basis Data Variasi, mutasi pada individu yang mengidap *Rett Syndrome* juga terjadi pada lima titik dengan frekuensi lebih dari 5% *Rett Syndrome*. T158M merupakan salah satu mutasi missense paling umum, yaitu mutasi pada gen MECP2 yang mengakibatkan protein MECP2 tidak dapat mengikat DNA dengan baik. Sebagian besar mutasi ini terkonsentrasi pada domain-domain pengikatan metil dan domain represi transkripsi dari gen MECP2. Mutasi missense yang terlokalisasi pada wilayah C-terminal dan domain pengikatan metil MECP2 mengganggu interaksi dengan kompleks ko-repressor NCoR/SMRT. Kondisi ini kemungkinan besar berkontribusi pada munculnya gejala neurologis pada *Rett Syndrome*. Keparahan *Rett Syndrome* dapat bervariasi, mulai dari kasus yang ringan hingga yang sangat parah. Tingkat keparahan bergantung pada lokasi, jenis, dan tingkat keparahan mutasi, serta proses inaktivasi kromosom X [11] [12] [9].

3.4. Pengobatan *Rett Syndrome*

Hingga kini, gejala penyakit *Rett Syndrome* tidak dapat dihentikan seutuhnya dengan pengobatan spesifik. Akan tetapi, pengobatan dilakukan pada gejala yang muncul, diantaranya: gangguan tidur, gangguan makan, kejang, dan perilaku melukai diri sendiri [13] [14]. Pengobatan pada gejala-gejala tersebut dapat dilakukan dengan pemberian obat dengan berbagai jenis golongan yang disesuaikan dengan tingkat gejala. Gangguan tidur dapat diatasi dengan pemberian melatonin, yang termasuk ke dalam golongan obat bebas. Gangguan makan pada pasien *Rett Syndrome* dapat diatasi dengan agen anti reflux. Kejang yang ditimbulkan sebagai gejala *Rett Syndrome* dapat diatasi salah satunya dengan karbamazepin. Obat ini, termasuk ke dalam golongan obat keras. Di antara gejala yang timbul, perilaku agresif atau melukai diri sendiri merupakan gejala yang sangat sulit bahkan tidak dapat dikontrol, sehingga pengobatan atau pencegahan tidak dapat dilakukan dengan metode tindakan atau perilaku. Akan tetapi, pengobatan dapat dilakukan melalui pemberian obat risperidon [15]. Risperidon merupakan jenis obat antipsikotik yang biasa digunakan untuk pasien skizofrenia. Obat ini banyak dipilih karena harga yang ekonomis dan minimum efek samping [16].

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Neul *et al.* (2023), trofinetide ditemukan sebagai obat yang dapat mengatasi gejala utama pada *Rett Syndrome*. Pemberian trefinotide pada pasien menunjukkan adanya perbaikan yang signifikan dan spesifik terhadap fungsi sinaptik, yang mana. Akan tetapi, terdapat resiko yang ditimbulkan oleh trefinotide. Efek samping yang muncul akibat konsumsi obat ini antara lain diare dan muntah. Namun demikian, gejala tersebut dapat ditangani dengan kesembuhan yang cepat [1].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian di atas, disimpulkan bahwa *Rett Syndrome* adalah penyakit dengan gangguan komunikasi, sehingga menyebabkan kehilangan kemampuan berbicara dan gangguan mobilitas, sehingga sulit berjalan dan kehilangan kemampuan penggunaan tangan. Penyakit ini disebabkan oleh mutasi pada kromosom X, yakni gen MECP2 sebagai kode protein pengikat metil CpG 2. Pengobatan *Rett Syndrome* hanya dapat dilakukan melalui terapi pengobatan pada gejala-gejala yang muncul.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Program Studi Bioteknologi UM Bandung beserta para editor dan *reviewer* jurnal Biodiverse.

6. DAFTAR REFERENSI

- [1] Neul, J. L., Percy, A. K., Benke, T. A., Berry-Kravis, E. M., Glaze, D. G., Marsh, E. D., Lin, T., Stankovic, S., Bishop, K. M., & Youakim, J. M. (2023). Trofinetide for the treatment of Rett syndrome: a randomized phase 3 study. *Nature Medicine*, 29(6), 1468-1475. <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02398-1>.
- [2] K. Zade, C. Campbell, S. Bach, H. Fernandes, and D. Tropea, "Rett syndrome in Ireland: a demographic study," *Orphanet J. Rare Dis.*, vol. 19, no. 1, pp. 1-15, 2024, doi: 10.1186/s13023-

024-03046-8.

- [3] T. A. Sutantyo, "Development Of Web-Based Augmentative And Alternative Communication (AAC) Tools For People With Rett Syndrome In Activities Of Daily Living (ADL)," 2019.
- [4] Vidal, S., Xiol, C., Pascual-alonso, A., O'callaghan, M., Pineda, M., & Armstrong, J. (2019). Genetic landscape of rett syndrome spectrum: Improvements and challenges. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(16), 1-17. <https://doi.org/10.3390/ijms20163925>
- [5] Banerjee, A., Miller, M. T., Li, K., Sur, M., & Kaufmann, W. E. (2019). Towards a better diagnosis and treatment of Rett syndrome: A model synaptic disorder. *Brain*, 142(2), 239-248. <https://doi.org/10.1093/brain/awy32>.
- [5] Banerjee, A., Miller, M. T., Li, K., Sur, M., & Kaufmann, W. E. (2019). Towards a better diagnosis and treatment of Rett syndrome: A model synaptic disorder. *Brain*, 142(2), 239-248. <https://doi.org/10.1093/brain/awy323>.
- [6] Suresha, P. B., O'Leary, H., Tarquinio, D. C., Von Hehn, J., & Clifford, G. D. (2023). Rett syndrome severity estimation with the BioStamp nPoint using interactions between heart rate variability and body movement. *PLoS ONE*, 18(3 March), 1-17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266351>.
- [7] Fu, C., Armstrong, D., Marsh, E., Lieberman, D., Motil, K., Witt, R., Standridge, S., Nues, P., Lane, J., Dinkel, T., Coenraads, M., Von Hehn, J., Jones, M., Hale, K., Suter, B., Glaze, D., Neul, J., Percy, A., & Benke, T. (2020). Consensus guidelines on managing Rett syndrome across the lifespan. *BMJ Paediatrics Open*, 4(1). <https://doi.org/10.1136/bmjpo-2020-000717>.
- [8] Bach, S., Ryan, N. M., Guasoni, P., Corvin, A. P., El-Nemr, R. A., Khan, D., Sanfeliu, A., & Tropea, D. (2020). Methyl-CpG-binding protein 2 mediates overlapping mechanisms across brain disorders. *Scientific Reports*, 10(1), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79268-0>.
- [9] A. G. Lopes, S. K. Loganathan, and J. Caliaperumal, "Rett Syndrome and the Role of MECP2: Signaling to Clinical Trials," *Brain Sci.*, vol. 14, no. 2, 2024, doi: 10.3390/brainsci14020120.
- [10] T, M. V., Vijayalakshmi, V., & Pramila, P. (2024). Significance of Microsatellite Instability in Colorectal Carcinoma- A Complete Review. *Saudi Journal of Pathology and Microbiology*, 9(03), 71-74. <https://doi.org/10.36348/sjpm.2024.v09i03.003>.
- [11] U. Petriti, D. C. Dudman, E. Scosyrev, and S. Lopez-Leon, "Global prevalence of Rett syndrome: systematic review and meta-analysis," *Syst. Rev.*, vol. 12, no. 1, pp. 1-9, 2023, doi: 10.1186/s13643-023-02169-6.
- [12] IRSF Researcher, "International Rett Syndrome Foundation," vol. 166, no. 11-12, pp. 353-400, 2024.
- [13] Williamson and Christodoulou, "Rett syndrome : new clinical and molecular insights," *European journal of Human Genetics*, vol. 14, pp. 896-903, 2006.
- [14] Martelina, Y., Wibowo, T., Sutomo, R., Ilmu, D., & Anak, K. (2021). Luaran pasien dengan sindrom rett.
- [15] Nanda, "Sindrom Rett," *Jurnal UMSU*, 2016.
- [16] Puspitasari and Angeline, "Analisis Potensi interaksi obat golongan antidepresan pada pasien skizofrenia di Rumah Sakit Jiwa Dr.bSoeharto Heerdjan Tahun 2016," *Pharmaceutical Sciences and Research (PSR)*, vol. 6, no. 1, pp. 13-20, 2016.



Karakterisasi Bakteri Kombucha Teh Melati dan Teh Hijau sebagai Agen Pupuk Hayati

Characterization of Bacteria of Kombucha Jasmine Tea and Green Tea as Bioertilizer Activator

Muhammad Fauzi¹, Nisa Ihsani¹, Rois Suriyah¹

¹ Departemen Bioteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Bandung

*Corresponding author: Jalan Soekarno-Hatta No. 752 Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat, 40614, Indonesia.

E-mail addresses: muhammadfauzi@umbandung.ac.id

2024 BIODIVERSE: Jurnal Biodiversitas dan Bioteknologi

Abstract

Production of fermented tea or kombucha can produce waste in the form of brown scoby. This waste can be used as a source of biological fertilizer agents for plants. This research aims to identify bacteria that act as biological fertilizer agents contained in kombucha scoby waste. The research method was the isolation and characterization of bacteria grown on Pikovskaya solid media to determine the biochemical reactions of groups of phosphate solubilizing bacteria and siderophore bacteria on Fe-CAS media. The results of the research showed that there were phosphate solubilizing bacteria from samples K1 and K2 with the criteria that the colonies formed a clear clear zone (halozone) and K1 showed positive as a siderophore producing bacteria with orange colonies formed.

Article info

Article history:

Received : 28 June 2024

Revised : 29 June 2024

Accepted : 29 June 2024

Available online : 30 June 2024

Keywords:

Biofertilizer

Kombucha

Siderophore

1. PENDAHULUAN

Fermentasi merupakan salah satu cara untuk meningkatkan senyawa bioaktif pada berbagai produk pangan. Di Indonesia kombucha dikenal sebagai teh jamur dan mulai populer dikonsumsi. Kombucha memiliki rasa manis sedikit asam sehingga banyak diminati oleh para konsumen. Selain karena rasa, kombucha juga memiliki banyak khasiat untuk kesehatan tubuh diantaranya sebagai antibakteri, antioksidan, dapat meningkatkan ketahanan tubuh, menurunkan tekanan darah serta memperbaiki mikroflora usus. Scoby kombucha yang sudah lama dan berwarna coklat dimanfaatkan sebagai pupuk dengan cara memotongnya dengan irisan kecil-kecil kemudian dimasukkan ke dalam tanah [1].

Kombucha diperoleh dari teh yang difermentasi dengan gula oleh (*Symbiotic Culture Of Bacteria And Yeast*) SCOBY selama 7-14 hari pada suhu ruang menggunakan kultur bakteri (*Acetobacter xylinum*, *A. xylinoides*, *Bacterium gluconicum*) dan jamur (*Saccharomyces cerevisiae*, *S. ludwigii*, *Zygosaccharomyces bailii*, *Z. rouxii*, *Schizosaccharomyces pombe*, *Torulaspora delbrueckii*, *Brettanomyces bruxellensis*, *B. Lambicus*, *B. custersii*, *Candida sp.*, or *pichia*) [2]. Bakteri yang terlibat dalam kombucha yaitu bakteri asam asetat dan bakteri asam

laktat. Adapun kandungan vitamin B1, B2, B6, B12, asam folat, vitamin C amino essensial, dan enzim yang memiliki banyak manfaat bagi tubuh [3].

Beragamnya mikroba baik bakteri maupun fungi pada proses fermentasi kombucha menjadi topik menarik untuk menggali potensi mikroba sebagai agen pupuk hayati. Pupuk hayati merupakan pupuk penyubur tanaman yang memiliki bahan aktif berupa mikroorganisme menguntungkan bagi tanaman seperti kelompok mikroba pemfiksasi nitrogen pelarut fosfat, bahkan bakteri siderophore [4].

Siderophore merupakan senyawa pengkhelet ion logam besi (Fe^{3+}) spesifik yang dihasilkan oleh beberapa jenis mikroba untuk menyembunyikan unsur besi di lingkungan rizosfir, sehingga tidak tersedia bagi perkembangan mikroba patogen [5]. Sementara bakteri pelarut fosfat adalah bakteri tanah yang dapat melarutkan fosfat sehingga dapat diserap oleh tanaman. Kedua jenis bakteri ini berpotensi besar sebagai agen pupuk hayati dan dapat juga ditemukan pada produk fermentasi [6]. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan identifikasi kombucha teh melati dan teh hijau sebagai agen pupuk hayati melalui seleksi bakteri siderofor, pelarut fosfat.

Dengan demikian, penelitian yang berjudul “Karakterisasi Bakteri Kombucha Kombucha Teh Melati dan Teh Hijau Sebagai Agen Pupuk Hayati” perlu dilakukan untuk mengetahui potensi sebagai agen pupuk hayati.

2. METODE

Alat yang digunakan untuk penelitian ini diantaranya alat gelas, toples kaca, cawan petri, erlenmeyer, botol schoot, *laminar air flow*, mikropipet, *autoclave*, tip, *aluminium foil*, plastik wrap, timbangan analitik, alat tulis dan kompor listrik.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel kombucha teh melati dan teh hijau, plastik wrap, media agar pikovskaya, akuades, NaCl fisiologis, Kit isolasi genom, *gel agarose*, TAE 1 x, media Fe-CAS agar, media NB, tips, spirtus, korek api, alkohol 70%, aluminium foil, tissu, *gloves* dan kapas.

Tahapan Penelitian

1. Seleksi Bakteri Kombucha Teh melati dan Teh Hijau Pada Media Fosfat

Masing-masing subkultur isolat bakteri diinokulasikan pada medium steril. Selanjutnya diinkubasi dalam inkubator pada suhu ruangan selama 24 jam. Seleksi isolat *Bacillus sp* yang berpotensi sebagai pelarut fosfat, yaitu dengan diinokulasikan dalam medium pikovskaya agar dan diinkubasi pada suhu ruang selama 7 hari. Koloni bakteri yang memiliki zona bening dianggap bakteri tersebut mampu melarutkan fosfat [7].

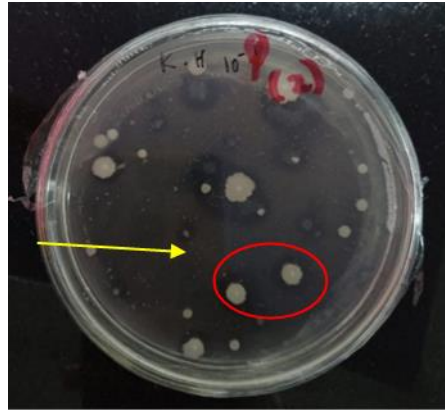
2. Seleksi Bakteri Kombucha Teh melati dan Teh Hijau Pada Media Siderophore

Langkah pertama yang perlu dilakukan yaitu Inokulasi Fe-CAS agar dengan di suspensi sel bakteri menggunakan metode gores atau sebar. Untuk metode sebar, gunakan sebanyak 50 μL suspensi sel bakteri dari beberapa tingkat pengenceran. Selanjutnya inkubasi cawan petri pada suhu kamar. Setelah masa inkubasi (24 jam atau lebih) bakteri penghasil siderofor yang tumbuh ditandai oleh koloni berwarna kuning (oranye) yang kontras dengan warna biru media Fe CAS [8].

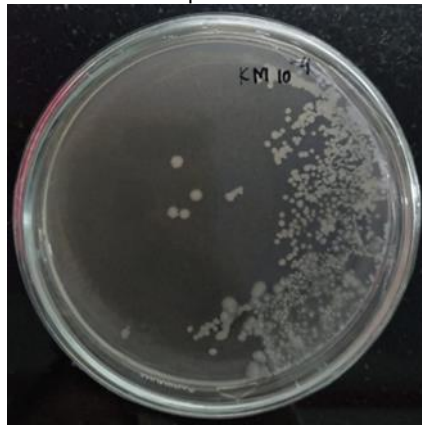
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat

Dalam penelitian ini, isolasi bakteri fosfat menggunakan media Pikovskaya. Media pikovskaya adalah media selektif untuk isolasi bakteri pelarut fosfat. Pada media pikovskaya digunakan trikalsium fosfat sebagai sumber fosfat tidak larut sehingga media berwarna putih keruh dan terdapat butiran fosfat putih. Keberadaan bakteri pelarut fosfat dikatakan positif apabila terdapat zona jernih (*halozone*) pada media pikovskaya tersebut [9]. Hasil seleksi pada media pikovskaya menunjukkan adanya koloni bakteri pelarut fosfat yang ditandai dengan terbentuknya zona bening. Keberadaan bakteri pelarut fosfat dalam media pikovskaya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Koloni bakteri pelarut pada media Pikovskaya kombucha teh hijau (K1) dengan zona jernih (*Halozone*) bakteri pelarut fosfat.



Gambar 2. Koloni bakteri pelarut pada Media Pikovskaya kombucha teh melati (K2).

Bakteri pelarut fosfat dikenali dengan adanya zona bening di sekitar koloni jika ditumbuhkan pada media agar pikovskaya. Sagervansh [10] menyatakan bahwa terbentuknya zona bening disekitar koloni menunjukkan, bahwa isolat tersebut mampu menghasilkan asam-asam organik yang mampu berikatan dengan ion Ca^{2+} membentuk senyawa Ca_3PO_4 sehingga membentuk area yang berwarna lebih jernih. Dari sampel bakteri kombucha diperoleh 183 isolat bakteri pelarut fosfat dan menunjukkan zona jernih pada media pikovskaya. Data secara rinci terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil isolasi Pelarut Fosfat dari sampel teh hijau, teh melati, kombucha hijau, kombucha melati dan air scoby

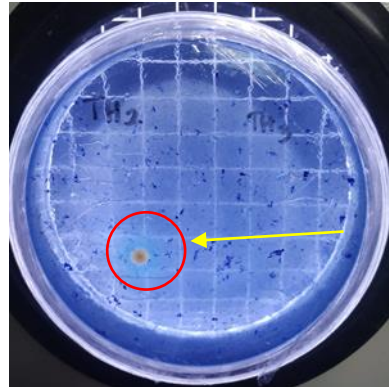
No.	Sample	TPC (CFU/mL)
1	Scoby Teh hijau	3
2	Scoby Teh melati	11
3	Kombucha Teh hijau	21,15
4	Kombucha teh melati	18,5
5	Air scoby	10

Dari hasil isolasi bakteri pelarut fosfat sampel kombucha melati pada pengenceran 10^{-1} terjadi kontaminasi dan didapatkan 33 isolat dari pengenceran 10^{-2} , 37 isolat dari pengenceran 10^{-3} , 77 isolat dari pengenceran 10^{-4} , dan 36 isolat dari pengenceran 10^{-5} . Isolat keseluruhan yang berhasil didapatkan pada penelitian kali ini sebanyak 183 isolat.

Keberadaan isolat-isolat bakteri pelarut fosfat yang tumbuh di media pikovskaya dari sampel kombucha melati dipengaruhi oleh kandungan fosfat yang tersedia serta mencukupi kebutuhan bakteri yang ada pada sampel, sehingga bakteri mampu tumbuh dan berkembang.

Seleksi Bakteri Kombucha pada Media Siderophore

Kultur yang tumbuh pada media pikovskaya diseleksi pada media Fe-CAS. Kultur ditumbuhkan pada suhu ruang selama 24 jam atau lebih. Sampel yang diinokulasikan yaitu sampel teh hijau, sampel teh melati, sampel kombucha hijau, dan sampel kombucha melati. Hasil kultur sample K1 menunjukkan sampel teh melati menunjukkan hasil positif siderofor yang ditandai dengan adanya koloni berwarna kuning (orange) seperti Gambar 3. Bakteri yang berada pada sampel teh melati mampu hidup dan berkembang biak pada media agar Fe-CAS karena siderofor dapat melepaskan Fe dari media dan menyembunyikannya sehingga koloni bakteri berwarna kuning (orange) yang sangat kontras dengan warna biru media agar Fe-CAS agar. Siderofor memiliki afinitas yang tinggi terhadap unsur Fe ($K_f > 1030$). Bakteri penghasil siderofor mengikat unsur Fe di luar dinding sel dan selanjutnya Fe diangkut ke dalam membran sel melalui reseptor spesifik [11].



Gambar 3. Koloni bakteri Siderofor dari isolat K1.

Hasil positif siderofor kemudian di subkultur pada media Fe-CAS untuk memperbanyak koloni serta memastikan bahwa koloni yang tumbuh sesuai dengan yang diinginkan. Kemampuan bakteri menghasilkan siderofor merupakan komponen penting dalam PGPR, karena siderofor mampu mengikat besi (Fe^{3+}) menjadi ikatan siderofor-besi yang menjadi tersedia bagi tanaman. Siderofor yang dihasilkan oleh mikroorganisme, menguntungkan tanaman karena dapat menghambat pertumbuhan patogen. Terjadinya kekurangan Fe^{3+} yang dibutuhkan oleh patogen karena Fe^{3+} sudah terikat oleh siderofor [12].

4. KESIMPULAN

Kombucha teh melati dan teh hijau mengandung bakteri pelarut fosfat dan ditandai dengan adanya zona bening pada media pikovskaya. Pada pertumbuhan bakteri di media Fe-CAS koloni tumbuh hanya $\frac{1}{2}$ koloni namun menghasilkan koloni yang sesuai dengan yang diinginkan. Yaitu koloni tumbuh berwarna kuning (orange) yang kontras dengan warna biru media Fe-CAS.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Bandung yang telah memberikan dana penelitian TA 2022.

6. DAFTAR REFERENSI

- [1] Khaerah, A., & Akbar, F. (2019). Aktivitas antioksidan teh kombucha dari beberapa varian teh yang berbeda. Seminar Nasional LP2M UNM, 0(0), 472-476.
- [2] Kaewkod, T., Bovonsombut, S., & Tragoolpua, Y. (2019). Microorganisms Efficacy of Kombucha Obtained From Green, Oolong, and Black Teas on Inhibition of Pathogenic Bacteria, Antioxidation, and Toxicity on Colorectal Cancer Cell line. *Microorganisms*, 7(700), 1-18.
- [3] Zubaidah, E., Effendi, F. D., & Afgani, C. A. (2022). Kombucha: Mikrobiologi, Teknologi, dan Manfaat Kesehatan. Universitas Brawijaya Press.
- [4] Sastrahidayat, I. R. (2011). Rekayasa pupuk hayati mikoriza dalam meningkatkan produksi pertanian. Universitas Brawijaya Press.
- [5] Rao NSS. (2007). Mikroorganisme dan Pertumbuhan Tanaman. Jakarta: UI Press.
- [6] Lay, B. W. (1994). Analisa Mikroba di Laboratorium. Edisi Pertama. Cetakan pertama. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- [7] Doi, RAY, H. and MARTINA McGLOUGHLIN. (1992), Biology of Bacilli: Applications of Industry,

Butterworth-Heinemann, Boston, London, Oxford, Singapore, Sydney, Toronto, Wellington: 370 pp.

[8] Husen, E. (2002). Growth Enhancement of Hot Pepper (*Capsicum annuum* L.) by Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). Master Thesis (Soil science). University of The Philippines at Los Banos. Philippines.

[9] Islamiati, A., & Zulaika, E. (2015). Potensi *Azotobacter* sebagai pelarut fosfat. J. Sains dan Seni ITS, 2(1), 2337-3520.

[10] Sagervansh, A., Kumari, P., and, A. N. & Kumar, A. (2012). Media Optimization for Inorganic Phosphate Solubilizing Bacteria Isolated from Arand Agriculture Soil. International Journal of Life Science & Pharma Research 2(3): 245-255.

[11] T. L. Blanchard, T. S. Taylor and C. L. Love. 1999. "Estrous Cycle Characteristics and Schwyn, B & J.B. Neilands. (1987). Universal Chemical Assay for the Detection and Determination of Siderophores. Anal. Biochem 160 47-56.

[12] Sharma A, & Johri BN. (2003). Growth promoting influence of siderophore-producing *Pseudomonas* strains GRP3A and PRS9, in maize (*Zea mays* L.) under iron limiting conditions. Microbiol. Res.158(3): 243-248.