

**TEMPERATURE EFFECTIVENESS GROWTH OF AGAINST  
BACTERIAL *Bacillus cereus* STRAIN IMB-10 IN  
DEGRADING SOLAR FUEL AS A RESOURCES FOR  
HIGH SCHOOL BIOLOGICAL LEARNING  
MODULE DESIGN**

**Dian Munawarah<sup>1</sup>, Irda Sayuti<sup>2</sup>, Sri Wulandari<sup>3</sup>**

Email : dian.munawarah2505@student.unri.ac.id, irdasayuti@gmail.com, wulandari\_sri67@yahoo.com  
Phone Number:+6281277081043

*Biology Education  
Teacher Training and Education Faculty  
Riau University*

**Abstract:** *This study aims to determine the effectiveness of temperature on the growth of Bacteria *Bacillus cereus* strain IMB-10 in degrading diesel fuel. This research was carried out in the UR FKIP PMIPA laboratory to determine how the effectiveness of temperature on the growth of Bacteria *Bacillus cereus* strain IMB-10 in degrading diesel fuel and measuring the level of degradation of TPH (Total Petroleum Hydrocarbons) for diesel fuel which was carried out at the Faculty of Civil and Environmental Engineering ITB. The research was conducted in November 2019 - June 2020. This research was descriptive with an experimental method, the research design used was a completely randomized design consisting of 4 treatments and 4 repetitions, the media used was SMSS media with different temperature variations, namely temperatures of 31<sup>0</sup>C, 34<sup>0</sup>C , 37<sup>0</sup>C and 40<sup>0</sup>C then added 5% diesel fuel and bacterial isolate *Bacillus cereus* strain IMB-10. The parameters tested were Optical Dencity (turbidity level) growth of *Bacillus cereus* Strain IMB-10 spectrophotometer and measurement of the degradation rate (Total Petroleum Hydrocarbons) TPH which consisted of 2 steps, namely measuring the initial TPH and final TPH using the gravimetric method. Based on the results of the study, the temperature of 340C is an effective temperature for the growth of the bacteria *Bacillus cereus* Strain IMB-10 with the highest OD value on day 5 of 3.6 A and a reduction in the level of diesel fuel degradation by 35.91%. The potential results are used as a source for the design of the KD 3.5 and KI 3.5 biology learning modules*

**Key Words:** *Temperature effectiveness, Bacteria *Bacillus cereus* Strain IMB-10, degradation, diesel fuel, modules*

# EFEKTIVITAS SUHU TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI *Bacillus cereus* STRAIN IMB-10 DALAM MENDEGRADASI BAHAN BAKAR SOLAR SEBAGAI SUMBER RANCANGAN MODUL PEMBELAJARAN BIOLOGI SMA

Dian Munawarah<sup>1</sup>, Irda Sayuti<sup>2</sup>, Sri Wulandari<sup>3</sup>

Email : dian.munawarah2505@student.unri.ac.id, irdasayuti@gmail.com, wulandari\_sri67@yahoo.com  
Nomor HP :+6281277081043

Program Studi Pendidikan Biologi  
Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan  
Universitas Riau

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Efektivitas Suhu terhadap Pertumbuhan Bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10 dalam Mendegradasi Bahan Bakar Solar. Penelitian ini dilakukan dilaboratorium PMIPA FKIP UR untuk mengetahui Bagaimanakah Efektivitas Suhu terhadap Pertumbuhan Bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10 dalam Mendegradasi Bahan Bakar Solar dan melakukan pengukuran tingkat degradasi TPH (*Total Petroleum Hidrokarbon*) bahan bakar solar yang dilaksanakan di Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB. Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2019- Juni 2020. Penelitian ini bersifat deskriptif dengan metode eksperimen, rancangan penelitian yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap terdiri dari 4 perlakuan dan 4 pengulangan, media yang digunakan yaitu media SMSS dengan variasi suhu yang berbeda yaitu suhu 31<sup>0</sup>C, 34<sup>0</sup>C, 37<sup>0</sup>C dan 40<sup>0</sup>C kemudian ditambahkan bahan bakar solar sebanyak 5% dan isolat bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10. Parameter yang di uji adalah *Optical Dencity*(tingkat kekeruhan) pertumbuhan *Bacillus cereus* Strain IMB-10 alat spektrofotometer dan pengukuran tingkat degradasi (*Total Petroleum Hidrokarbon*) TPH yang terdiri dari 2 tahap yaitu mengukur TPH Awal dan TPH akhir menggunakan metode gravimetri. Berdasarkan hasil penelitian suhu 34<sup>0</sup>C merupakan suhu yang efektif untuk pertumbuhan bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10 dengan nilai OD tertinggi pada hari ke 5 sebesar 3,6 A dan terjadi pengurangan tingkat degradasi bahan bakar solar sebanyak 35,91%. Hasil potensi dijadikan sebagai sumber rancangan modul pembelajaran biologi KD 3.5 dan KI 3.5.

**Kata Kunci:** Efektivitas suhu, bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10, degradasi, bahan bakar solar, modul

## PENDAHULUAN

Bahan Bakar Solar merupakan salah-satu jenis bahan bakar dimana untuk mendapatkannya juga melalui proses distilasi atau penyulingan. Kandungan yang terdapat pada bahan bakar solar umumnya mengandung belerang dengan kadar yang cukup tinggi dimana bahan bakar solar tersusun atas Benzena, Toluena, Xylena dan berbagai alkil pada hidrokarbon Poliaromatik dengan rumus kimia  $C_{12}H_{23}$  (Muhar,2005). Tumpahan atau ceceran akibat pengisian bahan bakar solar yang mengandung senyawa-senyawa ini dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan.

Alternatif yang dapat digunakan dalam penanggulangan pencemaran lingkungan yang diakibatkan bahan bakar solar yaitu dengan menggunakan teknik biodegradasi. Biodegradasi yaitu proses penguraian oleh aktivitas mikroba yang mengakibatkan transformasi struktur suatu senyawa sehingga terjadi perubahan integritas molekuler dan toksisitas senyawa tersebut berkurang atau menjadi tidak toksik sama sekali (Audri,2017). Salah satu mikroba yang mampu mendegradasi adalah bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10.

*Bacillus cereus* Strain IMB-10 memiliki kemampuan mengoksidasi hidrokarbon dan menjadikan hidrokarbon sebagai donor elektronnya sehingga dapat berpartisipasi dalam pembersihan tumpahan minyak dengan cara mengoksidasi menjadi gas karbondioksida ( $CO_2$ ) dan menghasilkan bioproduk berupa asam lemak, gas, surfaktan dan biopolimer. Selain itu *Bacillus cereus* Strain IMB-10 mendegradasi senyawa hidrokarbon tersebut dengan cara memotong rantai hidrokarbon menjadi lebih pendek dan mampu diterima oleh lingkungan (Irda Sayuti, 2018).

Proses degradasi yang dilakukan oleh bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10 secara alami akan memerlukan waktu yang relative lama, dengan adanya pengaruh faktor-faktor tertentu mampu mempercepat terjadinya biodegradasi bahan bakar solar oleh bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10, salah satu faktor yang mempercepat terjadinya proses degradasi yaitu adanya suhu optimal, dimana suhu optimalnya adalah sekitar  $30^{\circ}C-40^{\circ}C$ . pada suhu  $30^{\circ}C-40^{\circ}C$  pertumbuhan bakteri berlangsung lebih baik, sehingga proses degradasi menunjukkan hasil yang optimal dari pada suhu lainnya.

Pengetahuan tentang peranan bakteri dalam kehidupan merupakan salah satu konsep dalam kajian eubacteria pembelajaran Biologi SMA Kelas X. Materi tersebut sesuai dengan Kompetensi Dasar 3.7 Mengidentifikasi struktur, cara hidup, reproduksi dan peranan bakteri dalam kehidupan 4.7 Menyajikan data tentang ciri-ciri dan peranan bakteri dalam kehidupan. Berdasarkan hasil observasi dan pengalaman penulis ketika melaksanakan kegiatan PLP (Pengenalan Lapangan Persekolahan) melihat kurangnya inovasi bahan ajar oleh guru dan kebanyakan guru hanya bermodalkan buku paket yang isinya hanya secara global dan tidak dilengkapi dengan contoh-contoh nyata yang berada disekitar lingkungan peserta didik, kurang variatif dan tidak kontekstual sehingga wawasan peserta didik tidak bertambah.

Modul pembelajaran merupakan salah satu bentuk bahan ajar berupa bahan cetakan berisi materi-materi pembelajaran yang dirancang secara sistematis dan menarik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan (Yustina, 2010). Kelebihan modul pembelajaran yaitu mengatasi keterbatasan waktu, ruang dan daya indera baik siswa maupun guru, dapat digunakan secara tepat dan bervariasi seperti untuk meningkatkan motivasi atau gairah belajar, mengembangkan kemampuan dalam berinteraksi langsung dengan lingkungan belajar, belajar lebih efektif dan evaluasi perbaikan yang cukup

bearti serta siswa menjadi lebih aktif belajar. Modul pembelajaran biologi khususnya pada materi eubacteria mengenai peranan bakteri dalam kehidupan ini diharapkan dapat memberi motivasi kepada siswa untuk mengetahui bahwa bakteri memiliki peran dalam kehidupan salah satunya sebagai alternatif biologi dalam pencegahan pencemaran lingkungan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat deskriptif dengan metode eksperimen, rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian yaitu menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) yang terdiri dari 4 perlakuan dan 4 pengulangan, dimana 4 perlakuan tersebut adalah variasi suhu yang berbeda yaitu suhu 31<sup>0</sup>C, 34<sup>0</sup>C, 37<sup>0</sup>C dan 40<sup>0</sup>C sedangkan bentuk pengulangannya yaitu M1B1 (Media SMSS + Bahan Bakar Solar + Isolate *Bacillus cereus* Strain IMB-10 pada suhu 31 °C), M2B2 (Media SMSS + Bahan Bakar Solar + Isolate *Bacillus cereus* Strain IMB-10 pada suhu 34 °C), M3B3 (Media SMSS + Bahan Bakar Solar + Isolate *Bacillus cereus* Strain IMB-10 pada suhu 37 °C) dan M4B4 (Media SMSS + Bahan Bakar Solar + Isolate *Bacillus cereus* Strain IMB-10 pada suhu 40 °C).

Penelitian ini dilakukan di laboratorium PMIPA FKIP UR untuk mengetahui bagaimana efektivitas suhu terhadap pertumbuhan bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10 dalam mendegradasi bahan bakar solar dan melakukan pengukuran tingkat degradasi TPH (*Total Petroleum Hidrokarbon*) bahan bakar solar yang dilaksanakan di Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB serta perancangan modul pembelajaran yang dilaksanakan di FKIP UR pada bulan November 2019-Juni 2020.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu elemenyer, gelas ukur, batang pengaduk, beaker glass, pipet tetes, mikro pipet, bunsen, jarum ose, autoklaf, hot plate, inkubator, laminarflow, spektrofotometer, kuvet dan pH meter. Adapun bahan yang digunakan adalah media *Stone Mineral Salt Solution* (SMSS) dengan komposisi 1,25 gr CaCO<sub>3</sub>, 0,6 gr NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, 0,1 gr Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, 1,25 gr KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 0,12 gr MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, 2,05 gr MnCl<sub>2</sub>.7H<sub>2</sub>O, 250 ml akuades, 5 ml bahan bakar solar dan bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10.

Prosedur penelitian dilakukan dengan beberapa tahap dimulai dari lokasi penelitian, sterilisasi alat dan bahan, pengukuran TPH awal bahan bakar solar, peremajaan dan perbanyak inokulum bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10, pembuatan kurva pertumbuhan, penghitungan OD bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10, penghitungan TPH akhir dan penghitungan tingkat degradasi bahan bakar solar oleh bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10.

Tahap perancangan modul pembelajaran biologi dari hasil penelitian menggunakan 2 tahap yaitu tahap *Analyze* (Analisis) dan tahap *Design* (Desain).p pada tahap analisis terdiri atas tahap analisis kurikulum untuk melihat kesesuaian Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD) yang akan digunakan sebagai acuan modul pembelajaran biologi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengukuran TPH Awal

Pengukuran Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) awal dilakukan untuk menguji kadar hidrokarbon pada bahan bakar solar diawal sebelum dilakukan penelitian.

Tabel 1. Tabel pengukuran TPH awal

No.	Parameter	Satuan	Hasil Analisa
1.	Bahan Bakar Solar	%BK	10,72

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) Bahan Bakar Solar sebelum pengukuran sebesar 10,72 % hal ini dikarenakan bahan bakar solar belum dipengaruhi oleh bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10 sehingga tidak terjadinya pengurangan hidrokarbon pada bahan bakar solar dan belum terjadinya pendegradasian oleh bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10 pada bahan bakar solar.

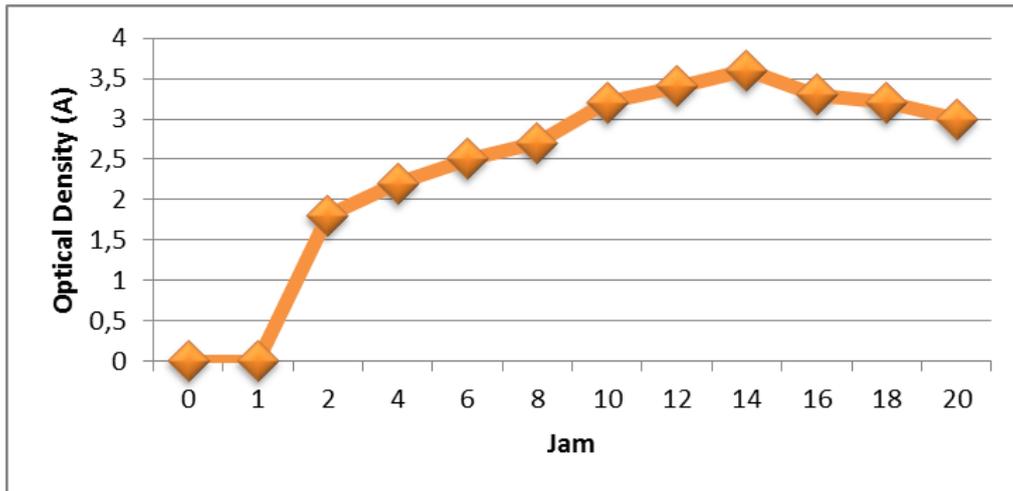
### Peremajaan dan perbanyak Inokulum bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10

Pertumbuhan jumlah bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10 sangat dipengaruhi oleh sumber karbon sebagai makanan dan nutrisi. *Bacillus cereus* Strain IMB-10 dikultivasi ke dalam medium SMSS yang dalam tabung elemenyer kemudain di inkubasi selama 1 x 24 jam didalam laminarflow menggunakan suhu ruangan.

Pertumbuhan bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10 selama 24 jam dilihat dengan menggunakan alat spektrofotometer tipe 22<sub>PC</sub> dan melakukan pengamatan per 2 jam sekali untuk melihat pada jam ke berapa bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10 mengalami pertumbuhan terbaiknya yang dibuat dalam bentuk kurva pertumbuhan *Bacillus cereus* Strain IMB-10.

### Kurva Pertumbuhan Bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa Kurva pertumbuhan bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10 bersifat eksponensial dimana pertumbuhan bakteri sebanding dengan besar kuantitas itu sendiri. Pada kurva pertumbuhan bakteri selama 20 jam melewati fase-fase pertumbuhan seperti fase adaptasi, fase eksponensial, fase stasiner dan fase kematian, dimana fase adaptasi bakteri tumbuh pada waktu 0-2 jam dengan nilai OD sebesar 1,8 A sedangkan pertumbuhan bakteri meningkat tinggi pada jam ke 14 yaitu 3,6 A.

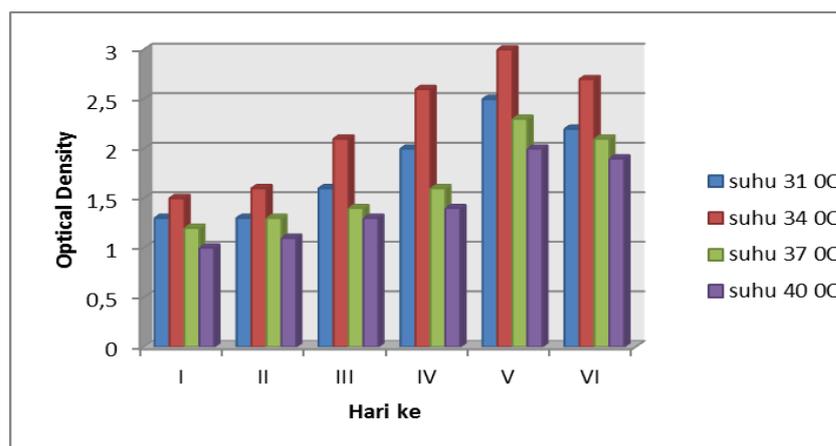


Gambar 1. Kurva pertumbuhan bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10 berdasarkan OD

Kurva pertumbuhan bakteri berfungsi untuk mempelajari respon bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10 terhadap bahan bakar solar yang ada didalam media yang digunakan sebagai pedoman dalam melihat waktu optimal yang digunakan sebagai waktu terbaik saat menginokulasikan bakteri kedalam media tumbuh, dengan menginokulasikan bakteri tersebut mendapatkan bakteri dengan jumlah yang terbaik sehingga saat penelitian menghasilkan data yang akurat.

### Efektivitas Suhu Terhadap Pertumbuhan bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10 berdasarkan Jumlah Total Koloni dan Tingkat Kekeruhan (OD)

Faktor pertumbuhan bakteri salah satunya yaitu suhu, pada Gambar 2 dapat dilihat jumlah total koloni yang dilihat setiap hari selama 1 minggu, variasi suhu mempengaruhi proses pertumbuhan bakteri.



Gambar 2. Pertumbuhan bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10

Pada gambar 2 dapat dilihat jumlah total koloni yang dilihat setiap hari selama 6 hari, variasi suhu mempengaruhi proses pertumbuhan bakteri. Di awal pengukuran

jumlah koloni pada suhu 31 °C didapatkan hasil OD sebesar 1,3 A, suhu 34 °C hasil OD sebesar 1,5 A, suhu 37 °C hasil OD sebesar 1,2 A dan pada suhu 40 °C hasil OD sebesar 1 A. Setiap hari jumlah koloni mengalami peningkatan di tiap suhunya, namun dari ke 4 variasi suhu tersebut suhu 34 °C mengalami peningkatan yang sangat signifikan dimana pada hari ke 5 suhu 34 °C menghasilkan nilai OD sebesar 3,6 A.

Menurut Umar (2008) bakteri diklasifikasikan berdasarkan suhu pertumbuhannya menjadi tiga kelompok yaitu bakteri psikofilik dengan suhu optimal 10-20 °C, bakteri Mesofilik suhu optimal 30-40 °C dan termofilik dengan suhu optimal 50-60°C. Bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10 merupakan bakteri mesofil sehingga mampu mengalami pertumbuhan pada kisaran suhu 30-40 dan pada penelitian bakteri tersebut mengalami pertumbuhan yang sangat baik pada suhu 34 aktivitas enzim untuk mengkatalis reaksi-reaksi yang berhubungan dengan pertumbuhan berjalan dengan optimal.

### Efektivitas Suhu Terhadap Tingkat Degradasi Hidrokarbon Bahan Bakar Solar

Penentuan persentase *Total Petroleum Hidrokarbon* (TPH) pada medium uji dengan suhu yang berbeda menunjukkan hasil seperti yang terlihat pada tabel 3 dimana terjadi penurunan kadar TPH di semua sampel medium uji yang di inokulasikan oleh bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10, pada suhu 31 °C sebanyak 31,71 %, 35,91% pada suhu 34 °C, 27,53% pada suhu 37 °C dan pada suhu 40 °C penurunan kadar TPH sebanyak 23,22 %

Tabel 2. Persentase pengukuran TPH Akhir Bahan Bakar Solar

NO	SUHU	TPH AWAL (%)	TPH AKHIR (%)	PERSENTASE PENGURANGAN
1	31 °C	10,72	7,32	31,71
2	34 °C	10,72	6,87	35,91
3	37 °C	10,72	7,80	27,23
4	40 °C	10,72	8,23	23,22

Kemampuan mikroorganisme mendegradasi bahan bakar solar tergantung pada adaptasi dan fisiologi mikroorganisme tersebut dengan lingkungannya. Di samping itu, faktor lingkungan juga akan menentukan kecepatan dalam proses biodegradasi. Salah satunya yaitu temperature atau suhu (Irda sayuti,2018).

Pada tabel 1 persentase degradasi bahan bakar solar suhu yang memberikan pertumbuhan dan tingkat degradasi terbaik yaitu pada suhu 34 °C dibandingkan dengan suhu yang lainnya. Suhu tersebut mampu mendegradasi bahan bakar solar sebesar 35,91% hal ini dapat dikatakan bahwa pada suhu tersebut merupakan suhu yang efektif digunakan bakteri untuk mendegradasi bahan bakar solar. Menurut Irda Sayuti (2018) Suhu diatas 34 °C juga menunjukkan hasil yang kurang baik karena kerja enzim metabolisme bakteri hidrokarbonoklastik tidak optimal pada rentang suhu tersebut, tidak hanya itu Suhu rendah dibawah 34 °C juga akan memperlambat atau menghentikan proses biodegradasi.

## Potensi Hasil Penelitian Sebagai Rancangan Modul Pembelajaran Biologi SMA

Modul pembelajaran ini digunakan sebagai panduan peserta didik dalam mempelajari bahan pelajaran yang akan dikembangkan sebagai sumber rancangan modul pembelajaran materi Eubacteria yang diintegrasikan dalam mata pelajaran biologi di Sekolah Menengah Atas (SMA). Langkah perancangan modul pembelajaran dilakukan dengan dua tahap yaitu tahap analisis dan tahap desain.

### Analisis

Berdasarkan hasil analisis kurikulum yang telah dilakukan, topik/kajian yang berkaitan dengan hasil penelitian berupa Kompetensi Dasar (KD) pada mata pelajaran Biologi dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis materi pembelajaran

Satuan Pendidikan	Kelas	KD	Uraian Materi	Potensi Rancangan
SMA	X	3.5 Mengidentifikasi struktur, cara hidup, reproduksi dan peran bakteri dalam kehidupan	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pengertian Archaeobacteria dan Eubacteria dan bakteri</li><li>• Ciri-ciri bakteri</li><li>• Bakteri gram positif dan negatif</li><li>• Cara hidup bakteri</li><li>• Reproduksi bakteri</li><li>• Klasifikasi bakteri</li><li>• Pertahanan bakteri</li><li>• <b>Peranan bakteri dalam kehidupan manusia</b></li><li>• Usaha manusia dalam menanggulangi bahaya bakteri</li><li>• Cyanobacteria</li></ul>	Modul

Dari hasil analisis silabus hanya pada KD 3.5 yang mempunyai potensi untuk dijadikan sumber bahan ajar yaitu pada materi Eubacteria. Data hasil penelitian akan

dijadikan sumber bahan ajar berupa rancangan modul pembelajaran yang diintegrasikan pada KD 3.5 yaitu Mengetahui peranan bakteri dalam kehidupan manusia yang memiliki korelasi dengan substansi data penelitian yaitu Efektivitas suhu terhadap pertumbuhan bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10 dalam mendegradasi bahan bakar solar.

Efektivitas suhu terhadap pertumbuhan bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10 dalam mendegradasi bahan bakar solar diharapkan menambah wawasan terkait materi Eubacteria sesuai dengan tuntutan KI pada silabus 2013 yaitu memahami, menerapkan, menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan dan peradaban terkait fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.

## Desain

Pada tahap perancangan (*design*) terdiri dari 2 tahap yaitu:

### Perancangan Silabus dan RPP

Silabus yang dikembangkan disesuaikan dengan ketetapan Kemendikbud tahun 2017 tentang pedoman model silabus mata pelajaran Kurikulum 2013. Silabus dikembangkan dengan 4 kali pertemuan (lampiran ) yang direlevansikan dengan hasil penelitian pada materi Eubacteria. Adapun materi yang dikembangkan pada penelitian ini adalah pada pertemuan ke 3. RPP (Rencana Perangkat Pembelajaran) dirancang untuk satu kali pertemuan 2 x 45 menit.

Perancangan RPP bertujuan sebagai pedoman dalam penggunaan modul selama kegiatan pembelajaran berlangsung. Adapun indikator pencapaian yang sesuai dengan data hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Kesesuaian antara Data Hasil Penelitian dengan IPK

No	Data Hasil Penelitian	IPK
1	Pertahanan bakteri pada lingkungan yang buruk	Menjelaskan cara pertahanan bakteri pada lingkungan yang buruk
2	Peranan bakteri dalam kehidupan	Menjelaskan peran bakteri dalam kehidupan
3	Pembiakan Bakteri	Menjelaskan cara pembiakan bakteri

RPP yang dirancang menggunakan model inkuiri terbimbing dan pendekatan santifik yang terdiri dari 5M (Mengamati, Menanya, Mengumpulkan Data, Mengasosiasikan dan Mengkomunikasikan).

## Perancangan Modul Pembelajaran Biologi SMA

Adapun format modul mengacu pada Depdiknas (2008) dan Yustina (2019) seperti gambar 4:

<p><b>I. Bagian Pembuka</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Judul / Halaman Cover</li><li>• Kata Pengantar</li><li>• Daftar Isi</li><li>• Petunjuk Penggunaan Modul</li></ul> <p><b>II. Bagian Inti</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Pendahuluan:<ul style="list-style-type: none"><li>○ Kompetensi inti</li><li>○ Kompetensi dasar</li><li>○ Tujuan pembelajaran</li></ul></li><li>• Peta Konsep</li><li>• Tes Awal:</li><li>• Hubungan dengan Materi:<ul style="list-style-type: none"><li>○ Tahukah kamu</li></ul></li><li>• Uraian Materi:<ul style="list-style-type: none"><li>○ Ayo kamu harus ingat</li></ul></li><li>• Penugasan:<ul style="list-style-type: none"><li>○ Ayo kita diskusikan</li></ul></li><li>• Rangkuman</li><li>• Tes Formatif</li><li>• Refleksi</li></ul> <p><b>III. Bagian Penutup</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Tes Akhir (Evaluasi dan Kunci jawaban)</li><li>• Daftar Pustaka</li><li>• Glosarium</li></ul>
---

Gambar 4. Format Modul

Berikut merupakan Cover Rancangan Modul Pembelajaran Biologi Materi Eubacteria pada sub Efektivitas Pertumbuhan Bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10 dalam Mendegradasi Bahan Bakar Solar dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Cover Modul Pembelajaran

## SIMPULAN DAN REKOMENDASI

### Simpulan

Efektivitas suhu terhadap pertumbuhan bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10 adalah pada suhu 34 °C dengan OD pertumbuhan sebesar 3,6 A dan tingkat degradasi sebesar 35,91%. Hasil penelitian Efektivitas suhu terhadap pertumbuhan bakteri *Bacillus cereus* Strain IMB-10 dalam mendegradasi bahan bakar solar dapat digunakan sebagai sumber rancangan modul pembelajaran biologi pada materi eubacteria.

## Rekomendasi

Hasil penelitian ini dapat dijadikan pedoman dalam mengatasi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh minyak bumi terutama bahan bakar solar dengan menggunakan agen biologi. Guru juga dapat menjadikan modul sebagai bahan ajar selain buku cetak pelajaran biologi.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Ibu Dr. Irda Sayuti, M.Si dan Ibu Dr. Sri Wulandari, M.Si sebagai Pembimbing I dan II yang telah memberikan dukungan dalam menyelesaikan penelitian ini. Peneliti juga mengucapkan terimakasih kepada Kepala Laboratorium PMIPA FKIP UR dan Kepala Laboratorium Buangan Padat dan B3 Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB yang telah bersedia menguji sampel penelitian yang peneliti laksanakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abigail Vania. 2017. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pada Tanah Tercemar Limbah Minyak Bumi Di Desa Minas Jaya Kecamatan Minas Kabupaten Siak dan Pemanfaatannya Untuk Rancangan LKPD Biologi SMA. Skripsi.FKIP Universitas Riau. Pekanbaru
- Ahmad Wibisama. 2018. Isolasi dan Skrining Mikroba Penghasil Biosurfaktan dari Air Laut yang Tercemar Minyak. *Jurnal Teknik Kimia*. UNPAM
- Bambang Yudono, Sri Pertiwi Estuningsih, M. Said, Sabarudin dan Adipati Napoleon. 2013. Eksplorasi Bakteri Indigen Pendegradasi Limbah Minyak Bumi di Wilayah PT Pertamina UBEP Limau Muara Enim. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*. Lampung.
- Bungaria Nababan. 2008. Isolasi dan Uji Potensi Bakteri Pendegradasi Minyak Solar dari Laut Belawan. Tesis.Pascasarjana USU. Medan
- Departemen Pendidikan Nasional.2008. *Panduan Pengayaan Bahan Ajar*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas. Jakarta
- Irda Sayuti dan Suratni. 2015. Isolasi dan identifikasi bakteri hidrokarbonoklastik dari Limbah cair minyak bumi gs cevron pasifik indonesia di Desa benar kecamatan rimba melintang rokan hilir. *Prosiding Semirata 2015 bidang MIPA BKS-PTN Barat Universitas Tanjungpura Pontianak*. Hal 320 - 334

- Irda Sayuti, yusni Ikhwan Siregar, Bintal Amin, Anthoni Agustien. 2018. Skrining Bakteri Hidrokarbonoklastik dalam Peningkatan Degradasi Minyak Bumi dari Gas Boot Petapahan, Riau. SENPLING. ISBN 978-979-792-865
- Roksun Nasikhin dan Maya Shovitri. 2013. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Solar dan Bensin dari Perairan Pelabuhan Gresik. Jurnal Sains Dan Seni Pomits. Vol:2(2)
- Syukria Ikhsan Zam. 2010. Optimasi Konsentrasi Inokulum Bakteri Hidrokarbonoklastik Pada Bioremediasi Limbah Pengilangan Minyak Bumi Di Sungai Pakning. *Jurnal Of Environmental Sciense*.2010(2): 1987-5283