

## Pengembangan Bioaktivitas dan Bioenergi dari Bahan Alam

Buku ini mengulas mengenai materi uji bioaktivitas dan penerapannya pada beberapa penelitian di Indonesia. Uji bioaktivitas merupakan penggunaan suatu sistem pengujian untuk mengetahui aktivitas biologis sampel uji, misalnya bioaktivitas antioksidan, antibakteri, antikanker dan lain-lain. Hasil pengujian tersebut akan menjadi dasar dalam pemanfaatan sampel yang diuji untuk tujuan tertentu.

Buku ini juga membahas mengenai bioenergi, pemanfaatan biomassa sebagai energi terbarukan dan pemanfaatan limbah sebagai biodiesel ramah lingkungan. Bioenergi digunakan untuk mengacu pada energi kimia yang tersimpan dalam biofuel dan memiliki peranan penting menggantikan energi fosil pada rumah tangga, industri, bidang kelistrikan maupun nonkelistrikan.



UNIPMA Press (Anggota IKAPI)  
Universitas PGRI Madiun  
Jl. Setiabudi No. 85 Madiun Jawa Timur  
63118  
Telp. (0351) 462986, Fax. (0351) 459400  
E-Mail: [upress@unipma.ac.id](mailto:upress@unipma.ac.id)  
Website: [kwu.unipma.ac.id](http://kwu.unipma.ac.id)



UNIPMA Press  
WE GOT IT



## Pengembangan Bioaktivitas dan Bioenergi dari Bahan Alam



Ade Trisnawati  
Dyan Hatining Ayu Sudarni  
Sri Wahyuningsih

# **PENGEMBANGAN BIOAKTIVITAS DAN BIOENERGI DARI BAHAN ALAM**

**Ade Trisnawati, S.Pd., M.Pd.  
Dyan Hatining Ayu Sudarni, S.ST., M.T.  
Sri Wahyuningsih, S.Si., M.Si.**



# **PENGEMBANGAN BIOAKTIVITAS DAN BIOENERGI DARI BAHAN ALAM**

## **Penulis:**

Ade Trisnawati, S.Pd., M.Pd.  
Dyan Hatining Ayu Sudarni, S.ST., M.T.  
Sri Wahyuningsih, S.Si., M.Si.

## **Editor:**

Dwi Ima Hikmawati, S.Si., M.Si.

## **Perancang Sampul:**

Ade Trisnawati, S.Pd., M.Pd.  
Sri Wahyuningsih, S.Si., M.Si.

## **Penata Letak:**

Ade Trisnawati, S.Pd., M.Pd.  
Dyan Hatining Ayu Sudarni, S.ST., M.T.

Cetakan Pertama, Desember 2022

## **Diterbitkan Oleh:**

UNIPMA Press (Anggota IKAPI)  
Universitas PGRI Madiun  
Jl. Setiabudi No. 85 Madiun Jawa Timur 63118  
Telp. (0351) 462986, Fax. (0351) 459400  
E-Mail: [upress@unipma.ac.id](mailto:upress@unipma.ac.id)  
Website: [kwu.unipma.ac.id](http://kwu.unipma.ac.id)

**ISBN: 978-623-8095-13-1**

Hak Cipta dilindungi oleh Undang-Undang

*All right reserved*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga buku yang berjudul “Pengembangan Bioaktivitas dan Bioenergi dari Bahan Alam” dapat terselesaikan dengan baik. Buku ini berisi tentang konsep bioaktivitas, bioenergi, pemanfaatan bioenergi di Indonesia dan bioaktivitas fitokimia dari tanaman *superfood* yang ada di Indonesia.

Buku ini merupakan salah satu literatur yang dapat dijadikan sebagai panduan untuk meningkatkan pemahaman mengenai penerapan bioaktivitas dan bioenergi. Buku ini juga bermanfaat bagi mahasiswa untuk melakukan penelitian pengembangan bioaktivitas dan bioenergi berbasis keragaman bahan alam di Indonesia. Buku ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pembaca.

Penyusun menyadari bahwa pembuatan buku ini tidak akan lepas dari kekurangan. Pembaca dapat memberikan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk penyempurnaan karya selanjutnya.

Salam,

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>Kata Pengantar</b> .....	iv
<b>Daftar Isi</b> .....	v
<b>Daftar Tabel</b> .....	vii
<b>Daftar Gambar</b> .....	viii
<b>BAB 1 Bioaktivitas</b>	
1.1 Pendahuluan tentang Bioaktivitas .....	2
1.2 Bioaktivitas Antioksidan .....	3
1.3 Bioaktivitas Antibakteri.....	3
1.4 Bioaktivitas Larvasida .....	6
1.5 Bioaktivitas Antikanker .....	7
<b>BAB 2 Bioenergi</b>	
2.1 Pendahuluan Bioenergi .....	10
2.2 Biofuel: Biodiesel dan Bioetanol .....	11
2.3 Biogas.....	11
2.4 Biomassa Padat.....	12
2.5 Manfaat Bioenergi .....	13
<b>BAB 3 Pemanfaatan Bioenergi di Indonesia</b>	
3.1 Pemanfaatan Biomassa sebagai Energi Terbarukan.....	13
3.2 Pemanfaatan Limbah sebagai Biodiesel Ramah Lingkungan .....	36
<b>BAB 4 Bioaktivitas Fitokimia Tanaman Superfood Khas Indonesia</b>	
4.1 Kajian Tentang Pentingnya Nutrisi dan Aplikasi Obat dari Tanaman Kelor ( <i>Moringa Oleifera</i> ).....	59
4.2 Kajian Bioaktifitas Tanaman Jamblang ( <i>Syzygium cumini</i> (L.)) .....	69
4.3 Kajian Bioaktivitas Tanaman Salam ( <i>Syzygium polyanthum</i> ) .....	80

4.4 Kajian Bioaktivitas Tumbuhan Sirih Cina ( <i>Peperomia pellucida</i> L. Kunth).....	87
4.5 Kajian Bioaktivitas Tumbuhan Sawo ( <i>Manilkara zapota</i> ).....	93
4.6 Kajian Bioaktivitas Tumbuhan Turi Putih ( <i>Sesbania grandiflora</i> (L.).....	97
<b>Daftar Pustaka</b> .....	103
<b>Glosarium</b> .....	111
<b>Tentang Penulis</b> .....	115

## Daftar Tabel

<b>Tabel 3.1</b> Jenis Tanaman beserta Limbah Biomassa .....	15
<b>Tabel 3.2</b> Standar SNI Nomor nomor 01-6235-2000.....	21
<b>Tabel 3.3</b> Kandungan dalam Biogas .....	22
<b>Tabel 3.4</b> Perkiraan Energi Biogas .....	24
<b>Tabel 3.5</b> Beberapa Karakteristik Limbah Cair Batik .....	35
<b>Tabel 3.6</b> Karakteristik Lemak Babi.....	45
<b>Tabel 3.7</b> Karakteristik Limbah Cair Kelapa Sawit.....	52
<b>Tabel 4.1</b> Komposisi Nutrisi Daun, Bubuk Daun, Biji dan Polong.....	61
<b>Tabel 4.2</b> Potensi Farmakologi Fitokimia Bioaktif pada Buah Jamblang .....	70
<b>Tabel 4.3</b> Kandungan Tanaman Sirih Cina .....	89
<b>Tabel 4.4</b> Kandungan Tumbuhan Sawo ( <i>Manilkara zapota</i> ) .....	95
<b>Tabel 4.5</b> Fitokimia Daun Tanaman Turi dengan Metode Ekstraksi Berbeda .....	99

## Daftar Gambar

<b>Gambar 3.1</b> <i>Bomb Calorimeter</i> .....	18
<b>Gambar 3.2</b> Skema Gasifikasi Biomassa dan Sistem Pembangkit Daya .....	21
<b>Gambar 3.3</b> Tahapan Pembuatan Bioetanol dari Singkong .....	28
<b>Gambar 3.4</b> Penyulingan dengan Distilator Konvensional .....	30
<b>Gambar 3.5</b> Distilator dengan Model Kolom Bertingkat .....	31
<b>Gambar 3.6</b> Rancangan Distilasi Bertingkat .....	31
<b>Gambar 3.7</b> Struktur Kimia Indigosol .....	33
<b>Gambar 3.8</b> Grafik Produksi Biodiesel Pertama dari Kelima Bahan Baku Limbah menjadi Biodiesel .....	38
<b>Gambar 3.9</b> Campaign Pengolahan Limbah menjadi Biodiesel .....	39
<b>Gambar 3.10</b> Langkah Pembuatan Biodiesel .....	40
<b>Gambar 3.11</b> Rangkaian Alat untuk Mendapatkan Biodiesel dari Lemak Hewani .....	47
<b>Gambar 3.12</b> skema mekanisme dari esterifikasi HFA dengan metanol dalam asam .....	51
<b>Gambar 3.13</b> Proses Biodiesel dari <i>Tall Oil</i> .....	52
<b>Gambar 4.1.</b> Mekanisme Glukosa Tinggi yang Menyebabkan Diabetes dan Efek Kelor pada Perkembangan Diabetes .....	64
<b>Gambar 4.2</b> Mekanisme Diabetes yang Menyebabkan Aterosklerosis dan Efek Kelor pada Perkembangan Aterosklerosis .....	65
<b>Gambar 4.3</b> Salam (Wight) Walp .....	81
<b>Gambar 4.4</b> Sirih Cina <i>Peperomia pellucida</i> L. Kunth .....	88
<b>Gambar 4.2</b> Tanaman Sawo ( <i>Manilkara zapota</i> ) .....	94
<b>Gambar 4.3</b> Tanaman Turi ( <i>Sesbania grandiflora</i> (L)) .....	98

# *Bab – Satu*

---

## **BIOAKTIVITAS**

### **Tujuan:**

Bab I ini mengkaji tentang pemahaman dan penguasaan konsep dasar tentang bioaktivitas dan bioenergi dengan rincian sebagai berikut.

1. Pendahuluan Bioaktivitas
2. Bioaktivitas Antioksidan;
3. Bioaktivitas Antibakteri;
4. Bioaktivitas Larvasida;
5. Bioaktivitas Antikanker;
6. Manfaat Bioaktivitas

## 1.1 Pendahuluan tentang Bioaktivitas

Penelitian tentang bioaktivitas saat ini sudah banyak dilakukan dari bermacam-macam sampel tanaman dengan dukungan senyawa bioaktif didalamnya. Senyawa bioaktif adalah senyawa yang memiliki kapasitas dan kemampuan untuk berinteraksi dengan satu atau lebih komponen dalam jaringan hidup yang memungkinkan berbagai kemungkinan. Senyawa bioaktif ini dapat berasal dari zat-zat alami berupa terestrial atau akuatik, dari tumbuhan, hewan atau sumber lain (misalnya mikroorganisme) atau sintetis. Bioaktivitas adalah penggunaan suatu sistem pengujian untuk mengetahui aktivitas biologis suatu sampel uji (Artanti, 2019). Sampel uji sebelum diketahui bagaimana kinerja bioaktivitas yang ingin diketahui harus diberikan perlakuan khusus terlebih dahulu. Perlakuan tersebut diantaranya disebut sebagai ekstraksi. Ekstraksi adalah proses pemisahan kimia dimana larutan dipisahkan oleh dua pelarut yang dapat melarutkan zat tersebut, tetapi kedua pelarut tersebut tidak dapat saling melarutkan (Wonorahardjo, 2013). Ada beberapa metode ekstraksi sampel bahan alam antara lain, maserasi, infusdasi, digesti, perkolasi dan soxletasi. Setelah itu dilakukan uji untuk mengetahui kualitas dan kuantitas senyawa metabolit yang ada yang pada tanaman.

Uji bioaktivitas diantaranya adalah uji antioksidan, antibakteri, larvasida dan antikanker. Penggunaan uji bioaktivitas dapat memberikan wawasan dan dapat memandu penelitian menuju metode kuantifikasi yang lebih tepat, termasuk analisis *in vivo*. Penelitian masa depan difokuskan pada pengembangan elektrokimia sensor dan biosensor, yang dapat digunakan untuk kuantifikasi cepat kompleks sampel dalam jumlah kecil dan dapat memberikan informasi tambahan tentang kinetika dan mekanisme

yang terlibat dalam aktivitas antioksidan (Ostria, et al., 2022). Berikut penjelasan mengenai macam-macam uji bioaktivitas tersebut.

## **1.2 Bioaktivitas Antioksidan**

Zat antioksidan yang terkandung pada tumbuhan terdapat secara alami dengan jumlah yang sangat beragam. Antioksidan adalah molekul yang dapat memperlambat atau mencegah oksidasi molekul lain dengan cara mengikat, menyerap dan menetralkan radikal bebas menjadi senyawa permanen (Rababah, Banat, Rababah, Ereifej, & Yang, 2010). Proses antioksidan ini dilakukan dengan mendonorkan elektron antioksidan ke molekul radikal bebas sehingga dapat menghentikan reaksi berantai yang disebabkan oleh radikal bebas (Kumalaningsih, 2006). Kadar radikal bebas mempengaruhi aktivitas enzim antioksidan sehingga tubuh mengalami degenerasi, proses metabolisme terganggu dan respon imun menurun sehingga menimbulkan penyakit berbahaya (Sari, 2016).

Zat antioksidan dibagi menjadi dua yaitu antioksidan alami dan sintetik. Antioksidan alami berasal dari buah-buahan, biji-bijian, sayuran, rempah-rempah, sedangkan antioksidan sintetik adalah antioksidan buatan hasil rekayasa laboratorium.

## **1.3 Bioaktivitas Antibakteri**

Bahan antibakteri kebanyakan merupakan bahan yang dihasilkan secara alamiah sebagai metabolit sekunder. Bahan-bahan ini terutama bahan yang tergolong sebagai minyak esensial yang banyak ditemukan dari tumbuhan golongan rempah-rempah seperti tanaman cengkeh, sirih, kayu putih, lada, jahe, dan lain sebagainya. Bahan aktif yang bersifat antiseptik yang terdapat dalam bahan antibakteri umumnya relatif lebih banyak

dibandingkan dengan komponen-komponen lainnya. Daya antibakteri dari suatu bahan ditentukan oleh bahan aktif yang dikandungnya.

Mekanisme kerja zat antibakteri adalah mencegah pertumbuhan dinding sel, beberapa mengubah permeabilitas membran sel, mengganggu sintesis protein dan menghambat aktivitas enzim. Senyawa fenolik, flavonoid dan alkaloid berperan penting dalam merusak dinding sel bakteri. Fitokimia ini berpotensi sebagai obat antibakteri alami terhadap bakteri patogen (Septiani, Dewi, & Wijayanti, 2017). Agen antibakteri dapat menghambat pertumbuhan tetapi tidak dapat membunuh patogen (efek bakteristatik) dan membunuh berbagai patogen (efek bakterisidal). Aktivitas antimikroba dapat dipengaruhi oleh aktivitas metabolik mikroorganisme, komponen medium, lama inkubasi, pH lingkungan, stabilitas obat, dan ukuran inokulum (Andries, Gunawan, & Supit, 2014).

### **1.3.1 Uji Aktivitas Antibakteri**

#### ***a. Daya Antibakteri***

Pertumbuhan mikroorganisme dapat diperlambat oleh senyawa kimia. Bahan kimia yang mempunyai kemampuan menghambat atau mematikan mikroorganisme atau jasad renik ini biasanya dengan antimikroba. Bahan antimikroba bekerja dengan mengganggu pertumbuhan dan metabolisme bakteri. Jika mikroorganisme yang dihambat pertumbuhannya adalah bakteri maka bahan antimikroba yang digunakan sering disebut dengan bahan antibakteri. Antiseptik menggambarkan kemampuan suatu bahan antibakteri yang menghambat atau mematikan mikroorganisme secara kimiawi. Antibakteri yang menghambat pertumbuhan bakteri disebut bersifat bakteristatik dan antibakteri yang mematikan bakteri disebut bakterisida.

Bahan antibakteri kebanyakan merupakan bahan yang dihasilkan secara alamiah. Bahan-bahan ini terutama bahan yang tergolong sebagai minyak essensial yang banyak ditemukan dari tumbuhan golongan rempah-rempah seperti tanaman cengkeh, sirih, kayu putih, lada, jahe, dan lain sebagainya. Bahan aktif yang bersifat antiseptik yang terdapat dalam bahan antibakteri umumnya relatif lebih banyak dibandingkan dengan komponen-komponen lainnya. Daya antibakteri dari suatu bahan ditentukan oleh bahan aktif yang dikandungnya.

#### ***b. Uji Aktivitas Minyak Atsiri sebagai Antibakteri***

Uji aktivitas minyak atsiri rimpang jahe dilakukan dengan terlebih dahulu mensterilisasikan semua peralatan yang akan digunakan. Minyak atsiri yang akan digunakan disterilisasikan menggunakan saringan *Millipore*. Pengujian antibakteri dilakukan dengan menyiapkan semua alat dan bahan dalam *laminar air flow*. Medium lempeng nutrien agar yang telah dibuat terlebih dahulu dilubangi menggunakan bor gabus tepat ditengah. *Cotton bud* dicelupkan ke dalam medium cair bakteri *E. coli* dan *B. subtilis* kemudian dioleskan pada medium lempengan secara searah dan merata. Minyak atsiri dengan konsentrasi yang bervariasi dimasukkan ke dalam sumuran pada medium lempeng sebanyak  $\pm 0,3$  mL dengan menggunakan *syringe* 1 mL. Medium yang telah diisi dengan minyak atsiri dimasukkan dalam inkubator kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Evaluasi minyak atsiri sebagai antibakteri didasarkan pada daerah disekeliling sumuran yang tidak ditumbuhi bakteri. Analisis menggunakan ANAVA satu jalur dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT). Konsentrasi hambatan terkecil (*Minimum Inhibitory Concentration, MIC*) diketahui dari konsentrasi terkecil minyak atsiri yang masih menghambat pertumbuhan bakteri.

## 1.4 Bioaktivitas Larvasida

Bioaktivitas Larvasida merupakan suatu perlakuan uji dengan menggunakan larvasida atau insektisida alami yang dapat menghambat pertumbuhan larva atau jentik hewan, sebagai contoh larva nyamuk *Aedes aegypti* dan larva udang. Insektisida alami dari tanaman merupakan solusi yang ramah lingkungan dimana tanaman ini kaya akan sumber senyawa bioaktif yang dapat menjadi sumber alternatif agen pengontrol pertumbuhan larva. Tanaman ini dapat menjadi larvasida, pengontrol regulasi pertumbuhan serangga, penolak nyamuk atau mengganggu laju pertumbuhan telur.

Karakteristik tanaman yang dapat digunakan sebagai larvasida atau jenis pestisida alami dan jarang diserang oleh hama yaitu yang memiliki rasa pahit karena adanya kandungan alkaloid dan terpen, berasa agak pedas dan berbau busuk. Larvasida alami ini mengandung senyawa kimia yang mematikan terhadap serangga namun dapat terurai sehingga tidak menimbulkan pencemaran dan aman bagi lingkungan manusia (Banerjee, Singha, Laskar, & Chandra, 2011).

Jenis larvasida alami ada yang berbentuk seperti minyak esensial, cairan atau berupa serbuk. Sebagai contoh dalam tanaman *Cupressus arizonica* dapat berfungsi sebagai larvasida nyamuk *Anopheles stephensi*. Minyak esensial pada tanaman *Cupressus arizonica* mengandung  $\alpha$ -pinene, limonene dan umbellulon yang diduga sebagai senyawa utama dalam membunuh larva (Sedaghat, Dehkordi, Abai, Mohtarami, & Vatandoost, 2011). Daun mimba juga diketahui berpotensi sebagai larvasida dan telah dilakukan penelitian bahwa senyawa bioaktif yang berperan adalah golongan asam lemak yaitu asam oktadekanoat, asam oleat, asam palmitat, asam stearat, etil

ester oktadekanoat, etiloleat, dan ester dioktilheksadioat (Suirta, Puspawati, & Gumiati, 2007).

Larvasida dari bahan alam memiliki mekanisme kerja yang berbeda-beda tergantung pada kandungan senyawa bioaktif yang tergantung didalamnya. Senyawa bioaktif tersebut diantaranya yaitu tannin, saponin, steroid, alkaloid, flavanoid dan terpenoid.

## 1.5 Bioaktivitas Antikanker

Kanker adalah istilah umum untuk semua tumor ganas. Kanker berasal dari bahasa latin kepingting karena kinerja kanker seperti menancap pada jaringan yang ditempelinya. Kanker adalah tumbuhnya jaringan baru sebagai akibat proliferasi (pertumbuhan berlebih) yang terus menerus dari sel-sel abnormal yang mampu menyerang dan merusak jaringan lain (Parwata, 2014). Kanker merupakan penyakit yang menyebar berdasarkan jaringan dan jenis sel asal.

Penyakit kanker dapat ditangani dengan berbagai macam cara yaitu dengan terapi, operasi dan penggunaan obat. Penggunaan obat antikanker yang berasal dari bahan alam dirasa aman dalam penggunaannya karena minim efek samping. Banyak hasil penelitian yang menggali potensi dari bahan alam sebagai obat kanker. Antikanker dari bahan alam memiliki mekanisme kerja yang beragam. Mekanisme tersebut diantaranya adalah:

- a. Bahan alam dari bawang putih yang memiliki senyawa aktif *S-allylcysteine* yang dapat meningkatkan jumlah dan aktivitas sel pembunuh kanker alami. Senyawa ini pula yang dapat menekan percepatan tumbuh dari adenoma kolekteral sehingga dapat mencegah penurunan kualitas hidup akibat adanya kanker.
- b. Bahan alam dari urushi dilaporkan dapat mempengaruhi waktu pertumbuhan kanker paru-paru.

- c. Bahan alam dari yang terkandung pada mistoloe dapat mencegah penurunan aktivitas sel pembunuh alami pada kanker kolorektal dan dapat meningkatkan limfosit.
- d. Bahan alam antikanker ada juga yang bekerja dengan memacu apoptosis sel yang menyebabkan kematian sel semakin banyak. Selain itu, zat antikanker ini dapat membuat anti-proliferasi yang menyebabkan pertumbuhan sel kanker tidak dilakukan dan dapat berhenti (Pratama & Nuwarda, 2018).

## *Bab – Dua*

---

# **BIOENERGI**

### **Tujuan:**

Bab II ini mengkaji tentang pemahaman dan penguasaan konsep dasar tentang bioenergi yang dapat diperoleh dari potensi senyawa organik bahan alam. Setelah mempelajari bab ini diharapkan mahasiswa dapat menjelaskan tentang:

1. Pendahuluan Bioenergi;
2. Biofuel: Biodiesel dan Bioetanol;
3. Biogas;
4. Biomassa Padat;
5. Manfaat Bioenergi.

## 2.1 Pendahuluan Bioenergi

Pada daerah perkotaan, kegunaan energi tergantung pada tujuan yang berbeda, diantaranya adalah:

- a. Pemanasan: untuk bangunan dari semua ukuran, bangunan tempat tinggal dan kantor, bangunan sektor jasa, dan untuk panas suhu rendah dan tinggi untuk industry.
- b. Transportasi: energi untuk transportasi umum dan pribadi.
- c. Pendinginan: untuk bangunan, pendinginan di sepanjang rantai pasokan makanan dan dalam industri pengolahan makanan.
- d. Listrik: untuk semua jenis penggunaan akhir termasuk pencahayaan, memasak, memanaskan air, motor listrik untuk tenaga mesin, Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK), dan juga untuk memberi daya pada masyarakat dan transportasi pribadi.

Bioenergi di Indonesia mulai mengalami perkembangan walaupun masih menemui berbagai kendala dan hambatan. Istilah bioenergi digunakan untuk mengacu pada energi kimia yang tersimpan dalam biofuel dan memiliki peranan penting menggantikan energi fosil pada rumah tangga, industri, bidang kelistrikan maupun non-kelistrikan. Bioenergi merupakan faktor pendukung pertumbuhan ekonomi sehingga terbentuklah peningkatan ketahanan energi nasional yang berguna bagi seluruh masyarakat khususnya masyarakat Indonesia.

Bioenergi dapat menawarkan layanan yang berkontribusi pada kebutuhan energi kota-kota yang meliputi:

- a. Biomassa padat untuk pemanasan distrik dan unit kogenerasi untuk panas dan listrik.
- b. Biofuel (etanol konvensional dan lanjutan, biodiesel dll. ) dan peningkatan biogas untuk sektor transportasi.

- c. Biogas untuk listrik, panas, transportasi dan/atau injeksi ke dalam jaringan gas.
- d. Bioenergi didefinisikan sebagai bahan yang secara langsung atau tidak langsung diproduksi oleh fotosintesis dan yang digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan bahan bakar dan pengganti petrokimia dan produk intensif energi lainnya.

## **2.2 Biofuel: Biodiesel dan Bioetanol**

Pemanfaatan biofuel yang berkelanjutan di Indonesia saat ini sedang dijalankan dan terus dilakukan pengembangan. Berdasarkan laporan ESDM, pemanfaatan biodiesel dari tahun 2016 hingga 2021 terus mengalami peningkatan dan dapat dikatakan berhasil. Hasilnya pada tahun-tahun tersebut dapat memperbaiki tingkat kesejahteraan petani akibat adanya peningkatan harga CPO (*crude palm oil*).

Biofuel adalah bahan bakar padat, cair atau gas yang terbuat dari berbagai bahan organik diidentifikasi sebagai biomassa. Beberapa biofuel seperti kayu dan bahan berserat dapat digunakan secara langsung sebagai sumber bahan bakar dengan sedikit pengolahan, sedangkan biofuel lainnya diperoleh secara tidak langsung dari biomassa melalui teknologi konversi yang tepat untuk menyediakan energi dalam bentuk yang lebih nyaman untuk memberikan layanan energi yang dibutuhkan.

## **2.3 Biogas**

Biogas dapat didefinisikan sebagai gas yang berasal dari hasil degradasi anaerobik bahan-bahan organik seperti karbohidrat, lemak, dan protein oleh bakteri metana oleh bakteri-bakteri anaerobik dalam lingkungan bebas oksigen atau kedap udara. Teknologi biogas mencakup teknologi biokimia seperti pencernaan anaerobik, yang memecah bahan organik

menjadi metana dan karbon dioksida dan proses panas atau teknologi kimia seperti pirolisis dan gasifikasi, yang mengubah limbah biomassa menjadi gas dan atau produk lainnya. Hal ini terutama campuran karbon dioksida dan metana dalam proporsi yang kira-kira sama. Kandungan metana inilah yang memungkinkan biogas dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik. Pengembangan teknologi biogas bertujuan untuk membuat biogas dari limbah organik yang sangat banyak dan mudah dalam penggunaannya.

## **2.4 Biomassa Padat**

Sejak dahulu, biomassa umumnya dipakai untuk memenuhi kebutuhan energi untuk memasak, memenuhi kebutuhan panas untuk proses produksi pada industri kehutanan dan pertanian dan juga untuk memenuhi kebutuhan listrik. Biomassa adalah bahan organik asal baru-baru ini diproduksi secara langsung atau tidak langsung oleh organisme hidup. Biomassa dalam materi tanaman dihasilkan oleh proses fotosintesis dimana karbondioksida dan air dari lingkungan diubah, menggunakan energi dari sinar matahari, menjadi karbohidrat (gula, pati, selulosa dan lignin) yang membentuk tanaman. Sampah organik yang diproduksi oleh hewan pemakan tanaman juga merupakan bentuk biomassa. Energi dibawah sinar matahari dengan demikian disimpan sebagai energi kimia dalam berbagai bentuk biomassa. Biomassa kemudian dapat dianggap sebagai sumber energi yang dapat digunakan untuk menyediakan panas, listrik dan bahan bakar transportasi untuk manusia dan termasuk kayu dari hutan tanaman, residu dari produksi hutan dan industri kayu, residu dari produksi pertanian, minyak nabati, lemak hewani dan limbah organik dari industri, peternakan dan manusia pemukiman.

## 2.5 Manfaat Bioenergi.

Pola penggunaan biomassa dan bioenergi pada saat ini ada 3 macam (Chum, et al., 2011) yaitu:

1. Biomassa dengan efisiensi rendah seperti kayu, sedotan, kotoran dan pupuk lain digunakan untuk memasak, penerangan dan pemanas ruangan umumnya digunakan oleh penduduk desa. Biomassa ini sebagian besar dibakar, yang dapat menciptakan dampak negatif yang serius pada kondisi kesehatan dan kehidupan.
2. Bioenergi modern dengan efisiensi tinggi menggunakan padatan yang lebih nyaman, cair dan gas sebagai pembawa energi sekunder untuk menghasilkan panas, listrik, gabungan panas dan daya dan bahan bakar transportasi untuk berbagai sektor. Banyak entitas dalam industri proses, kota, kabupaten dan koperasi menghasilkan produk energi, dalam beberapa kasus untuk digunakan sendiri, tetapi juga untuk dijual kepada pasar nasional dan internasional dalam perdagangan yang semakin global. Biofuel cair, seperti etanol dan biodiesel, digunakan untuk global transportasi jalan dan beberapa penggunaan industri. Gas yang berasal dari biomassa, terutama metana dari pencernaan anaerobik dari residu pertanian dan aliran pengolahan limbah, digunakan untuk menghasilkan listrik, panas atau CHP untuk beberapa sektor. Kontribusi paling penting untuk ini layanan energi, bagaimanapun, didasarkan pada padatan, seperti keripik, pelet, kayu pulih yang sebelumnya digunakan dll. Pemanasan termasuk ruang dan pemanas air panas seperti di sistem pemanas distrik. Perkiraan TPES dari bioenergi modern adalah 11,3 EJ/tahun dan energi sekunder dikirim ke konsumen pengguna akhir kira-kira 6,6 EJ/tahun (IEA, 2010a,b).

3. Konversi biomassa efisiensi energi tinggi ditemukan biasanya di sector industri (dengan total konsumsi  $\sim 7,7$  EJ/tahun) terkait dengan industri pulp dan kertas, hasil hutan, makanan dan bahan kimia. Contohnya adalah produk fiber (misalnya, kertas), energi, produk kayu, dan arang untuk pembuatan baja. Pemanasan industri adalah terutama pembangkit uap untuk proses industri, seringkali bersamaan dengan pembangkit listrik.

## Bab - Tiga

# Pemanfaatan Bioenergi di Indonesia

Bab III ini mengkaji tentang aplikasi atau pemanfaatan bioenergi yang digunakan di Indonesia. Setelah mempelajari bab ini mahasiswa diharapkan dapat menjelaskan tentang:

- A. Pemanfaatan Biomassa sebagai Energi Terbarukan
- B. Pemanfaatan Limbah sebagai Biodiesel Ramah Lingkungan

### 3.1 Pemanfaatan Biomassa sebagai Energi Terbarukan

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis, baik berupa produk maupun limbah. Kelebihan sumber energi biomassa yaitu sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (*sustainable*). Contoh biomassa antara lain seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jenis tanaman beserta limbah biomassa

No	Jenis Tanaman	Jenis Limbah Biomassa
1	Kelapa Sawit	Tandan Kosong, cangkang, fibre, limbah cair
2	Tebu	Bagasse
3	Karet	Kayu karet
4	Kelapa	Cangkang, serabut
5	Kayu	Limbah Kayu
6	Padi	Sekam padi
7	Ketela	Limbah ketela
8	Jagung	Limbah jagung

Kegunaan biomassa diantaranya sebagai serat, bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, bahan bangunan, dan sebagai sumber energi (bahan bakar). Bahan bakar dari biomassa yang biasa digunakan memiliki nilai ekonomis yang rendah yaitu merupakan limbah setelah diambil produk primernya (Febijanto, 2007). Di Indonesia, biomassa merupakan sumber daya alam yang sangat penting selain digunakan untuk memenuhi kebutuhan domestik juga diekspor dan menjadi tulang punggung penghasil devisa negara (Luthfi Panduri, 2020). Biomassa yang kini belum lagi digunakan tetapi bisa diubah ke energi disebut energi potensial biomassa.

Selain itu biomassa bisa menjadi bahan yang dapat dikonsumsi masyarakat. Menindaklanjuti dari G20 yang bertemakan “*Sustainable Nabati Oil*”. Contohnya pembuatan minyak goreng berbahan dasar dedak padi, jagung dan masih banyak lagi yang lainnya. Dalam buku ini akan membahas beberapa studi kasus tentang pembuatan biomassa untuk bahan bakar dan minyak sebagai konsumsi.

Sumber energi biomassa dari limbah hewan dan tumbuhan jumlahnya sangat banyak dan akan sangat berguna jika dapat dikembangkan. Sebagai contoh kelapa sawit, jarak dan kedelai dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Sedangkan ubi kayu, jagung, sorghum, dan sago dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan bioetanol. Keuntungan memanfaatkan limbah sebagai bahan bakar nabati adalah sebagai berikut.

1. Meningkatnya efisiensi energi secara keseluruhan karena kandungan energi yang terdapat pada limbah cukup besar.
2. Menghemat biaya
3. Mengurangi kebutuhan tempat penimbunan sampah dan ini akan berdampak pada daerah padat penduduk.

Dibawah ini contoh untuk studi kasus pemanfaatan biomassa.

### **3.1.1 Pembuatan biobriket**

Pembuatan briket dilakukan dengan memampatkan bentuk biomassa menjadi lebih teratur contohnya briket batubara, briket sekam, briket arang sekam, briket serbuk gergaji, briket serbuk kayu, briket tongkol jagung dan briket dari limbah-limbah biomassa yang lainnya. Pembuatan briket cukup mudah dan membutuhkan alat sederhana.

Biobriket adalah batangan arang yang terbuat dari komponen dasar limbah pertanian dan hewan dan dipres dengan mesin press untuk mencapai nilai kalor yang tinggi (Rifdah & D, 2017). Menurut penelitian Rifdah et al untuk penelitian ini digunakan limbah biobriket dari tongkol jagung, karena jumlahnya sangat melimpah dan pemanfaatannya belum optimal. Tongkol jagung mengandung lignin 23,74%, selulosa 65,96%, hemiselulosa 10,82%. Kualitas briket jagung dipengaruhi oleh lem. Pada penelitian diperoleh hasil bahwa briket tongkol jagung dengan pasta pati 10% kadar abu, kadar air rendah dan nilai kalori tinggi adalah 5484,54 kkal/kg.

Pada contoh pembuatan biobriket dari baglog jamur tiram yang dilakukan oleh Nadia dkk. Dalam artikel tersebut menjelaskan tentang efektifitas binder untuk pembuatan biobriket dari baglog jamur tiram (Anti, Yusup, Hidayati, & Trisnawati, 2022).

Pengujian kualitas biobriket harus sesuai dengan standart SNI, diantaranya;

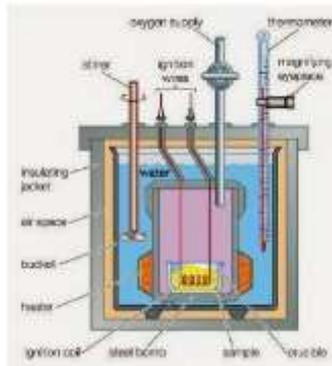
1. Pengujian Kadar Air (SNI 01-6235-2000)

Sebanyak 1 gram arang aktif ditempatkan dalam cawan porselen yg sudah diketahui massanya, kemudian dikeringkan pada panggang dalam suhu 80 °C sampai diperoleh massa konstan.

Biobriket lalu didinginkan pada desikator. Untuk memilih kadar air bisa menggunakan rumus baku perhitungan

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{berat awal}-\text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.1)$$

2. Pengujian Nilai Kalor (SNI 01-6235-2000)



**Gambar 3.1** Bomb Calorimeter

Cara menentukan nilai kalor biobriket menggunakan *Bomb Calorimeter*. Mula mula siapkan 2 liter air dan dimasukkan kedalam *Oval Bucket*. Kemudian timbang 1 gram dari bahan yang akan di uji, selanjutnya dimasukkan ke dalam *combustion capsule*. Kabel dipasang hingga menyentuh bahan bakar yang diuji tanpa menyentuh permukaan besi tungku dengan kaki penyangga hulu ledak. Bahan bakar yang akan diuji digabungkan dengan bom oksigen dan daya dihidupkan. Cara menentukan nilai kalornya dengan menghitung selisih temperatur air pada kondisi awal dengan temperatur air pada kondisi akhir (pembakaran). Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai kalor seperti dibawah ini.

$$\text{Nilai kalor} = \frac{(EE \times \Delta T) - (\text{acid}) - \text{Fuse}}{m} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana :

EE = standart benzoit 2487,780 cal/gram

$\Delta T$  = selisih suhu

Acid (sisa abu) = 10 cal/gram

Fulse = 1 cal.cm/gram

m = massa bahan gram

### 3. Pengujian Kadar Abu (SNI 01-6235-2000)

Pengujian kadar abu ini dengan cara menimbang sebanyak 1 gram arang aktif kemudian dipanaskan di oven dengan suhu maksimum 80 °C sampai diperoleh massa konstan. Selanjutnya dimasukkan dalam tanur dan diabukan sampai dengan suhu 650 °C selama 4 jam, selanjutnya dikeluarkan dan didinginkan didalam desikator. Cara menghitung kadar abu sesuai dengan persamaan berikut

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{bobot abu (gram)}}{\text{bobot sampel (gram)}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

### 4. Pengujian Kadar Zat Terbang

Berdasarkan standar ASTM D 5142-02 untuk pengukuran konsentrasi zat volatil dilakukan sebagai berikut, cawan kosong dan penutupnya dibakar terlebih dahulu dalam oven selama 30 menit dan didinginkan dalam desikator. Kemudian dengan hati-hati timbang hingga 1 gram sampel ke dalam gelas kimia kosong. Cawan kemudian disegel dan dimasukkan ke dalam oven pada suhu 950 °C selama 7 menit. Kandungan zat yang hilang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Kadar zat terbang} = \frac{\text{sampel awal} - \text{sampel setelah pemanasan}}{\text{sampel awal}} \times 100\% \quad \dots (3.4)$$

5. Kadar karbon tetap (*fixed carbon*)

Kadar Karbon tetap merupakan komponen fraksi karbon (C) yang terdapat di dalam bahan selain air, abu, dan zat terbang, sehingga keberadaan karbon terikat pada briket dipengaruhi oleh nilai kadar abu dan kadar zat terbang pada briket tersebut. Sehingga Kadar karbon tetap pada biobriket dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$\text{Fixed carbon} = 100\% - \text{kadar air} - \text{kadar zat terbang} - \text{kadar abu} \quad \dots (3.5)$$

6. Kuat Tekan

Penentuan nilai kuat tekan pada briket ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kekuatan dari briket ini untuk menahan beban yang diberikan satuan kuat tekan adalah kg/cm. Prinsip pengujian kuat tekan dengan mengukur kekuatan tekan briket yang memberikan penekanan sampai briket pecah. Perhitungan nilai kuat tekan briket sebagaimana persamaan berikut :

$$Kt = \frac{P}{L} \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

Dengan keteranganya, L adalah luas permukaan (cm<sup>2</sup>), P adalah beban penekanan (kg), Kt adalah Beban tekan (kg/cm<sup>2</sup>).

Persamaan-persamaan di atas merupakan langkah perhitungan kualitas biobriket yang harus dilakukan agar mendapatkan hasil produk biobriket yang berkualitas bagus. Parameter atau standart pengujian ini mengacu pada SNI nomor 1-6235-2000, sesuai yang tercantum pada Tabel 3.2.

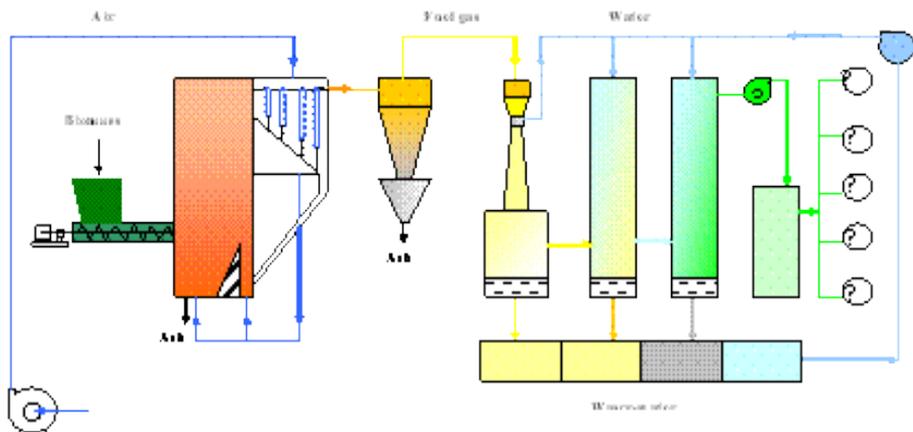
**Tabel 3.2** Standar SNI nomor 01-6235-2000

No	Parameter	Standart SNI
1	Kadar Air (%)	$\leq 8$
2	Kadar Abu (%)	$\leq 8$
3	Kadar Karbon	$\leq 77$
4	Nilai Kalor (kal/gr)	$\leq 5000$
5	Kadar Zat Menguap (%)	$\leq 15$

Sumber : SNI 01-6235-2000

### 3.1.2 Gasifikasi

Gasifikasi biomassa adalah suatu proses dimana bahan selulosa diubah menjadi bahan bakar dalam reaktor gasifikasi (gasifier). Gas tersebut digunakan sebagai bahan bakar mesin untuk menjalankan generator untuk menghasilkan listrik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2. Gasifikasi membantu menghemat energi, mendiversifikasi, dan dapat mengatasi permasalahan pengolahan dan daur ulang limbah pertanian, perkebunan dan kehutanan.



**Gambar 3.2** Skema gasifikasi biomassa dan sistem pembangkit daya

Proses gasifikasi, yaitu;

1. Bagian pengubah bahan mentah (raw material) menjadi gas, disebut reaktor gasifikasi atau gasifier,
2. Bagian penggosok gas,
3. Bagian pemanfaatan gas.

### 3.1.3 Pembuatan biogas

Pengembangan teknologi biogas awalnya banyak dikembangkan di wilayah pedesaan dan kini sudah terdapat reaktor biogas skala rumah tangga dengan bentuk yang sederhana, harga murah, siap pasang, dan terbuat dari plastik.

Kandungan pada biogas ini gas metana ( $\text{CH}_4$ ), karbondioksida dan beberapa kandungan senyawa lainnya yang jumlahnya kecil diantaranya hidrogen sulfida, ammonia, hydrogen, serta oksigen. Kandungan biogas secara umum ditampilkan pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3** Kandungan dalam biogas

Komponen	Kandungan (%)
Metana ( $\text{CH}_4$ )	55 - 75
Karbondioksida ( $\text{CO}_2$ )	25 - 45
Nitrogen ( $\text{N}_2$ )	0 - 0,3
Hidrogen ( $\text{H}_2$ )	1 - 5
Hidrogen Sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ )	1 - 5
Oksigen ( $\text{O}_2$ )	0,1 - 0,5

Energi yang terkandung dalam biogas tergantung pada konsentrasi metana ( $\text{CH}_4$ ). Semakin tinggi kandungan metana maka semakin tinggi kandungan energi (nilai kalor) biogas, dan sebaliknya

semakin rendah kandungan metana maka semakin rendah nilai kalornya. Kualitas biogas dapat ditingkatkan dengan mengatasi beberapa parameter yaitu:

1. Menghilangkan HS
2. Kandungan air dalam HS
3. Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) atau yang disebut dengan proses purifikasi.

Perhitungan nilai energi biogas dibandingkan dengan nilai energi bahan bakar yang lain yaitu kalori dalam  $1 \text{ m}^3$  biogas setara dengan:

- o 6 kwh energi listrik
- o 0,62 liter minyak tanah
- o 0,52 liter solar
- o 0,46 kg elpiji
- o 3,5 kg kayu bakar
- o 0,8 liter bensin

Campuran gas bio ini akan mudah terbakar jika kandungan gas metana lebih dari 50%. Nyala api yang dihasilkan oleh pembakaran gas berwarna biru seperti nyala gas cair dan energi panas yang dihasilkan sekitar  $5200 - 5900 \text{ kkal/m}^3$  gas atau sama dengan ketika 65 - 73 liter air dipanaskan pada suhu  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Berolahraga atau menyalakan lampu 50-100 watt selama 3-8 jam. Nilai energi yang dihasilkan biogas dapat dihitung dengan asumsi 1 kg kotoran sapi dapat menghasilkan  $0,03 \text{ m}^3$  gas. Jumlah kotoran yang dihasilkan seekor sapi per hari sekitar 10 kg. Kemudian Tabel 3.4 menunjukkan perkiraan jumlah sapi dewasa (berat 500 kg) untuk menghasilkan gas dalam jumlah tertentu.

**Tabel 3.4** Perkiraan Energi Biogas

No	Ukuran Biogas (M <sup>3</sup> )	Jumlah sapi (ekor)	Kotoran (Kg)	Energi (Kcal)
1	2	2 - 3	20 - 30	10400 - 18000
2	3	3 - 4	30 - 40	15600 - 17700
3	4	4 - 6	40 - 60	20800 - 23600
4	6	6 - 10	60 - 100	31200 - 35400
5	8	12 - 15	120 - 150	41600 - 47200

## A. Instalasi Biogas

### 1. Tipe Digester

Ada dua jenis kompor, tipe *batch* dan tipe kontinyu. Pada tipe *batch*, material ditambahkan ke digester satu kali dan ketika produksi gas berkurang, material yang telah diolah diganti dengan material baru. Dengan kata lain, tipe *batch* digunakan ketika bahan selalu tersedia. Di sisi lain, kotoran sapi tersedia di peternakan sapi perah setiap hari, dan saat menggunakan digester *batch*, bahan dikumpulkan beberapa hari sebelumnya (bergantung pada volume digester *batch*), mengakibatkan hilangnya bahan organik selama pengumpulan, yaitu bahan yang menghasilkan biogas.

Jenis *continuous fermentor* adalah jenis biofermentor yang penambahan bahannya dilakukan secara terus menerus setiap hari, tergantung ketersediaan bahan di dalam kandang.

## 2. Bagian reaktor biogas (Biodigester)

Ada 6 bagian dari sebuah digester:

- a. Saluran masuk (tangki pencampur) sebagai tempat pembuangan kotoran hewan,
- b. Reaktor (digester anaerobik),
- c. Penyimpanan gas (ruang penyimpanan),
- d. Outlet (ruang pemisah),
- e. Sistem Transportasi Gas,
- f. Lubang kompos kotoran ternak yang kehilangan gas/pupuk hayati.

Campuran pupuk kandang dan air (dicampur dalam inlet atau *mixing chamber*) dialirkan melalui pipa menuju digester. Mixer menghasilkan gas melalui proses pemasakan di reaktor dan gas yang dihasilkan kemudian disimpan dalam tangki bahan bakar (di atas kap mesin).

## 3. Langkah-langkah instalasi biogas

- a. Pemilihan ukuran reaktor biogas
- b. Pemilihan lokasi konstruksi
- c. Pengumpulan bahan bangunan dan peralatan sesuai standart mutu

Studi kasus pembuatan biogas dari limbah sampah sayuran telah dilakukan oleh Felix, dkk (2012).

### 1. Sistem *Batch*

Pembuatan biogas dari sampah sayuran yang berasal dari pasar tradisional dibuat dengan sistem batch, dan data yang diketahui diantaranya konsentrasi dan komposisi sampah sayuran dalam *slurry*

dengan air selanjutnya ditambah kotoran sapi, serta mengetahui nilai kalor dan kapasitas produksi biogas yang terbentuk.

2. Peralatan terdiri dari tabung plastik dan barel bio-fermentor sederhana yang dilengkapi dengan pengukur tekanan dan beroperasi pada suhu kamar dan tekanan atmosfer.
3. Bahan yang digunakan adalah kandungan lumpur 6-10% (berat/volume kering) dan komposisi 1 : 0, 1. Perbandingan berat limbah sayuran dengan kotoran sapi.
4. Volume dan nilai kalor biogas yang terbentuk diamati setiap hari hingga akhir produksi gas. Biogas diproduksi dari hari pertama hingga hari ke-35. Pengayaan biogas tertinggi dicapai pada konsentrasi 9% dengan senyawa 1:0,5.
5. Hasil pengujian dilihat berdasarkan hasil pengujian volumetri, pengujian bahan bakar dilakukan dengan konsentrasi dan komposisi terbaik untuk menentukan nilai kalor. Biogas yang dihasilkan hanya dapat dibakar antara 7 dan 30 hari setelahnya. Nilai kalor biogas tertinggi, 10081 joule/hari. Masa ini merupakan regenerasi bakteri metanogen yang mengurai asam asetat menjadi gas metana.

Faktor yang mempengaruhi hasil dari suatu biogas diantaranya;

1. Derajat Keasaman (pH)

Nilai pH optimum yang dibutuhkan untuk pengolahan biogas adalah pada kisaran 6,6-7,5. Di sinilah mikroba tumbuh optimal, karena mikroba yang terlibat dalam degradasi anaerob memiliki karakteristik kisaran pH yang berbeda. PH optimum untuk bakteri asidogenik adalah sekitar 6, dan untuk bakteri asetogenik dan metanogenik sekitar 7.

## 2. Suhu

Suhu produksi biogas oleh digester anaerobik adalah 25-40°C (mesofilik) dan 50-60°C (termofilik). Suhu mesofilik relatif lebih mudah diatur dibandingkan dengan suhu termofilik.

## 3. Kelarutan Gas

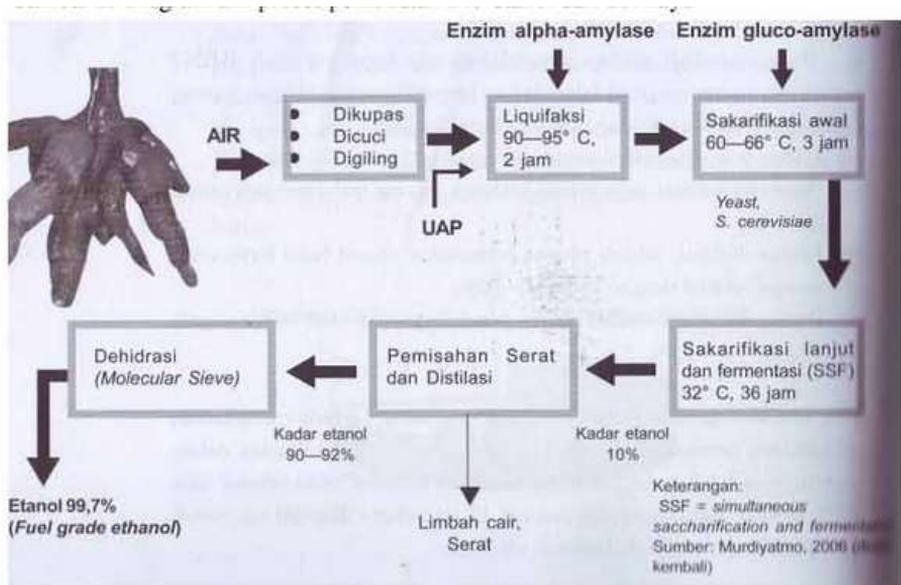
Dalam proses anaerobik, gas terbentuk dalam fase cair dan cenderung mudah menguap. Transisi fase cair ke gas dibatasi oleh parameter desain proses seperti luas permukaan antarmuka cair-gas, kecepatan pencampuran, dan suhu cairan, yang memengaruhi viskositas dan tegangan permukaan. Konsentrasi gas tertentu (CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S) yang terlalu tinggi dapat menyebabkan penurunan pH dan merusak proses biologis.

### 3.1.4 Pembuatan bioetanol

Bioetanol adalah zat kimia cair yang dihasilkan dari fermentasi karbohidrat (pati) dengan bantuan mikroorganisme. Karena produksinya adalah proses biologis, produk etanol yang dihasilkan disebut bioetanol. Bioetanol adalah etanol yang dihasilkan melalui fermentasi dari bahan baku tumbuhan. Etanol atau etil alkohol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) adalah senyawa organik dalam golongan alkohol yang mengandung gugus hidroksil (-OH) dengan rumus kimia CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH. Etanol dapat diklasifikasikan berdasarkan bahan baku yang digunakan, prosesnya, dan tujuan penggunaannya.

Produksi etanol atau bioetanol (atau alkohol) dari bahan baku nabati yang mengandung pati atau karbohidrat dilakukan dengan mengubah karbohidrat menjadi gula (glukosa) yang larut dalam air. Konversi bahan baku nabati yang mengandung pati, karbohidrat dan tetes tebu menjadi bioetanol ditunjukkan pada Tabel 3.5. Glukosa

dapat dibuat dari pati, proses pembuatannya dapat dipisahkan dari bahan pengisi yang digunakan yaitu hidrolisis asam dan/atau hidrolisis enzimatik. Berdasarkan kedua bentuk hidrolisis tersebut, hidrolisis enzim saat ini lebih berkembang, sedangkan hidrolisis asam (misalnya dengan asam sulfat) kurang berkembang, sehingga hidrolisis enzim saat ini digunakan dalam proses produksi glukosa dari bahan bertepung. Proses produksi bioetanol menurut Gambar 3.3 terdiri dari beberapa tahapan, yang terbagi sebagai berikut:



**Gambar 3.3** Tahapan Pembuatan Bietanol Dari Singkong  
(Sumber: Hambali, E., dkk. 2008)

#### 1. Persiapan bahan baku

Persiapan bahan baku untuk bioetanol dibagi menjadi 2 cara, yaitu langsung digunakan untuk produksi dan disimpan dengan pengawetan. Persiapan bahan baku untuk bioetanol dengan cara mengecilkan ukuran bahan baku. Cara untuk mengecilkan ukuran

dengan cara proses *grinding* dan proses *slicing*. Pengurangan ukuran bertujuan agar proses konversi gula pereduksi dan alkohol menjadi sempurna, yaitu dengan memperbesar luas permukaan bahan, sehingga proses reaksi konversi gula menjadi lebih tinggi.

## 2. Pemasakan atau Liquifikasi

Kandungan karbohidrat berupa tepung atau pati pada bahan baku singkong dikonversi menjadi gula kompleks menggunakan *Enzym Alfa Amylase* melalui proses pemanasan (pemasakan) pada suhu 90 °C (hidrolisis).

## 3. Sakarifikasi

Pada kondisi ini tepung akan mengalami gelatinasi (mengental seperti jelly). Pada kondisi optimum Enzym Alfa Amylase bekerja memecahkan struktur tepung secara kimia menjadi gula kompleks (dextrin). Proses liquifikasi selesai ditandai dengan parameter dimana bubur yang diproses berubah menjadi lebih cair seperti sup.

## 4. Fermentasi

Pada tahap ini tepung sudah menjadi gula sederhana (glukosa dan sebagian fruktosa) dengan kadar gula 5-12%. Tahap selanjutnya ragi dicampur dengan bahan baku cair dan didiamkan dalam wadah tertutup (fermentor) pada suhu optimal 27-32 °C selama 5-7 hari (fermentasi anaerob). Keseluruhan proses tersebut membutuhkan ketelitian, agar bahan baku tidak terkontaminasi oleh mikroba lain. Dengan kata lain, dari persiapan mentah, pencairan, sakarifikasi hingga fermentasi, harus dalam keadaan tidak murni. Selama proses fermentasi menghasilkan etanol atau alkohol cair dan CO<sub>2</sub>. Hasil dari fermentasi berupa cairan mengandung alkohol atau etanol berkadar rendah antara 7 hingga 10 % (biasa disebut cairan Beer).

Pada kadar etanol maksimal 10 % ragi menjadi tidak aktif lagi, karena kelebihan alkohol akan berakibat racun bagi ragi itu sendiri.

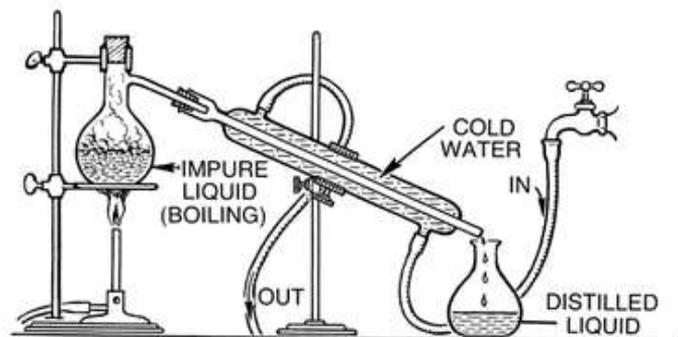
## 5. Distilasi

Distilasi atau lebih umum distilasi, dilakukan untuk memisahkan alkohol dari cairan bir yang difermentasi. Selama distilasi, etanol menguap lebih cepat pada suhu  $78\text{ }^{\circ}\text{C}$  (setara dengan titik didih alkohol) dibandingkan air yang memiliki titik didih  $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Uap etanol dalam penyulingan mengalir ke kondensor di mana ia mengembun menjadi etanol cair. Penyulingan etanol merupakan bagian terpenting dari keseluruhan proses produksi bioetanol. Implementasinya akan membutuhkan pemain dominan dalam teknologi distilasi etanol. Selain operator, untuk mencapai hasil terbaik dalam distilasi etanol diperlukan pemahaman tentang teknik fermentasi dan peralatan distilasi berkualitas tinggi.

Proses penyulingan etanol dapat dilakukan dengan dua cara :

### a. Penyulingan menggunakan teknik dan penyulingan tradisional.

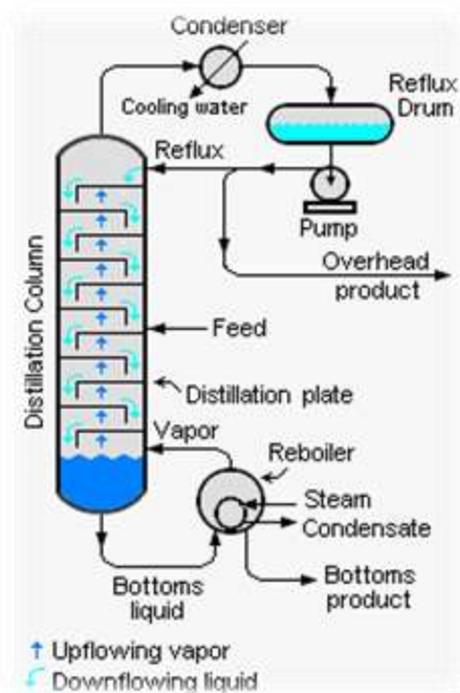
Kandungan etanol yang dihasilkan dengan cara ini hanya 20-30%.



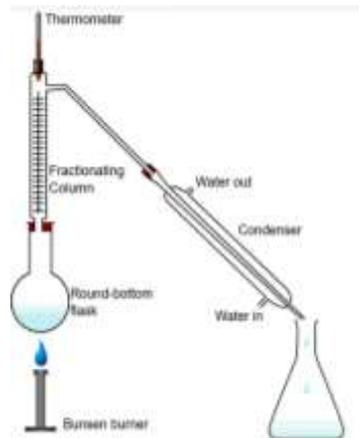
**Gambar 3.4** Penyulingan dengan distilator konvensional

### b. Teknologi kolom refluks (multistage) dan model distilasi digunakan dalam distilasi. Kandungan etanol yang dihasilkan

dari proses dan alat destilasi ini dapat mencapai 90-95% selama 2 (dua) tahap distilasi.



**Gambar 3.5** Distilator dengan Model Kolom Bertingkat



**Gambar 3.6** Rancangan Distilasi Bertingkat

## 6. Mutu dan pengujian bioetanol

Hasil penyulingan berupa etanol 95% yang dapat larut dalam bensin. Etanol dengan konsentrasi 99,6% sampai 99,8% atau biasa disebut dry etanol diperlukan untuk menggantikan bahan bakar. Pemurnian etanol 95% mengalami proses dehidrasi (distilasi serapan) dengan beberapa metode, seperti:

- a. Kimia dengan batu kapur
- b. Fisika dilanjutkan dengan proses absorpsi menggunakan zeolit sintetik 3 Angstrom.

Hasil pengeringan berupa etanol dengan konsentrasi 99,6% hingga 99,8%, sehingga dapat digolongkan sebagai *full value etanol* (FGE), sehingga cocok digunakan sebagai bahan bakar motor biasa. Alat yang digunakan dalam proses pembersihan ini disebut *dehydrator*.

Untuk mengetahui sesuai dengan FGE atau tidak dapat dilihat pada standart Pemerintah RI telah menetapkan standar FUEL GRADE ETHANOL (FGE) menggunakan Standard Nasional Indonesia bernomor SNI DT 27-0001-2006.

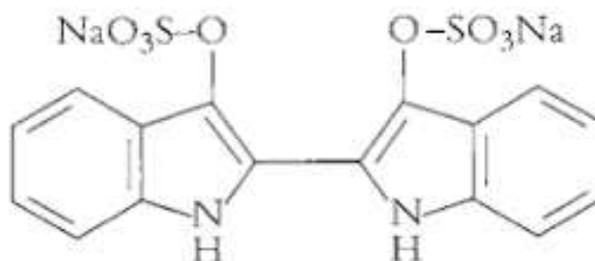
### **3.1.5 Pembuatan adsorben untuk penyerapan limbah cair dari industri batik**

Industri batik adalah taman yang indah untuk bagaimana pola diterapkan pada kain melalui proses pencelupan, warna pelindung dengan lilin penyegel. Tahapan pembuatan dimulai dari persiapan, pembuatan pola, waxing, pengeringan, pelorodan (pembuangan malam) dan pengerjaan selesai.

Bahan baku yang digunakan adalah lilin dan pewarna, baik pewarna alami maupun buatan (sintetis). Lilin batik dibuat dari campuran bahan organik sintetik dan non sintetik sebagai pelapis warna pada proses membatik (Susanto (1980) dalam Atika & Haerudin (2013)).

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan lilin batik ada tujuh jenis yaitu *cat's eye rosin*, *gondorucum/rosin*, *kote* (lilin), *parafin*, *microwax*, kendal dan lilin bekas (residu dari proses waxing) (Susanto, 1980).

Pewarna alami berasal dari alam, dan dari tanaman, hewan, dan bahan logam. Pewarna yang umum digunakan adalah: *Indigofera* (biru), *Sp Bixa orrellana* (oranye ungu), *Morinda citrifolia* (kuning). Pewarna yang berasal dari hewan termasuk krustasea (Tyran's Purple), serangga (Ceochikal), dan serangga merah (Loe). Pewarna sintetik adalah pewarna buatan dengan bahan buatan yaitu hidrokarbon turunan batubara, aromatik dan naftalena (Isminingsih, 1978). Pewarna kimia ini dapat diklasifikasikan menjadi tujuh pewarna, yaitu: Naphthol, Indigosol, Rapide, Ergan Soga, Kopel Soga, Chroom Soga dan Procion (Budiyono, 2008).



**Gambar 3.7** Struktur Kimia Indigosol  
(Sumber: Timar-Balazsy & Eastop, 2011)

Penggunaan pewarna sintetik lebih umum, karena jenis pewarna ini mudah didapat dengan komposisi yang tetap, memiliki variasi warna yang luas, mudah digunakan dan harganya relatif murah. Namun, penggunaan pewarna tersebut seringkali menghasilkan limbah yang berpotensi lebih berbahaya bagi lingkungan. Karakteristik air limbah industri batik dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu sebagai berikut.

### 1. Karakteristik Fisik

Sifat fisik meliputi warna, bau, suhu dan padatan. Warna disebabkan oleh adanya senyawa terlarut, tersuspensi, dan koloid. Suhu dapat mempengaruhi nilai. Oksigen terlarut (DO) dalam air. Kenaikan suhu 10 °C dapat mengakibatkan penurunan kandungan oksigen sebesar 10%. Padatan dalam air limbah dapat diklasifikasikan sebagai tersuspensi, mengendap, tersuspensi atau terlarut, memiliki bau yang kuat dan pengotor yang mengaburkan air. Adanya indikator tersebut cukup menunjukkan bahwa tingkat pencemaran yang terjadi sangat tinggi (Wardhana, 2001).

### 2. Karakteristik kimia

Sifat kimia meliputi pH, kebutuhan oksigen kimia (COD), dan oksigen terlarut (DO). COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk dekomposisi kimia bahan organik. Semakin tinggi nilai COD maka kualitas air semakin buruk. DO adalah ukuran jumlah oksigen terlarut dalam air. Oksigen terlarut sangat penting untuk kelangsungan hidup kehidupan air. Matinya biota air akibat berkurangnya kadar oksigen di dalam air dapat menjadi tanda terjadinya pencemaran air.

### 3. Karakteristik Biologis

Hampir semua limbah mengandung berbagai mikroorganisme dengan konsentrasi 10<sup>5</sup>-10<sup>8</sup> organisme/mL. Bakteri juga berperan penting dalam menilai kualitas air (Purwaningsih, 2008). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa parameter mutu produksi industri batik cukup tinggi bahkan melebihi baku mutu yang dipersyaratkan seperti ditunjukkan pada Tabel 3.5.

**Tabel 3.5** Beberapa Karakteristik Limbah Cair Batik

No	Peneliti, tahun	Sumber limbah	Karakteristik	Keterangan
1	Aryani dkk, 2004	Limbah cair batik	BOD 879 mg/l COD 2100 mg/l TSS 253 mg/l TDS 1947 mg/l	Baku mutu limbah cair batik menurut Peraturan BLH pH 6-9 BOD 50 mg/l COD 100 mg/l TSS 200 mg/l TDS 1000 mg/l
2	Muljadi, 2009		Warna keruh dan berbusa pH 9,6 BOD 131,47mg/l Diduga mengandung logam berat: krom (Cr), Timbal (Pb), Nikel (Ni), tembaga (Cu), dan mangan (Mn)	
3	Tuty dan Herni, 2009	Limbah pabrik batik cap	COD 4230,37mg/l Amoniak total 5,47 mg/l Fenol total 0,008 mg/l TSS 535 mg/l Sulfida 0,04 mg/l Krom total 0,1385 mg/l Besi 2,0587 mg/l Tembaga 0,2696 mg/l Seng 54,718 mg/l Cadmium 0,0063 mg/l Timbal 0,24mg/l	Baku mutu: pH 6-9 COD 150 mg/l Amoniak total 8 mg/l Fenol total 0,5 mg/l TSS 50 mg/l Sulfida 0,3 mg/l Krom total 1 mg/l
4	Octarina, 2015	Limbah batik tradisonal	Ph 8,77 BOD 261,25mg/l COD 1066mg/l warna 3050 pt-Co	Baku mutu kualitas air limbah tekstil Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 tahun 2013: pH 6-9 BOD 60 mg/l

No	Peneliti, tahun	Sumber limbah	Karakteristik	Keterangan
				COD 150 mg/l warna 50 Pt-Co (Berdasarkan KepMen LH No. 51 Tahun 1995)

Limbah yang cocok untuk dijadikan adsorbent untuk limbah batik adalah dari limbah padat minyak atsiri. Yang pernah dilakukan Sudarni, dkk tahun 2022 yaitu dengan menggunakan limbah daun cengkeh dan daun kayu putih bekas sulingan. Hal ini sangat efektif untuk penyerapan warna sampai 50% dengan komposisi 5 gram untuk menyerap 500ml limbah cair dengan tingkat kepekatan 300ppm.

### 3.2 Pemanfaatan Limbah sebagai Biodiesel Ramah Lingkungan

Biodiesel adalah hasil pemurnian lemak nabati atau hewani, yang setelah dibersihkan memiliki sifat yang mirip dengan minyak solar. Contohnya adalah asam lemak dari minyak sawit, minyak jarak, minyak sawit mentah. Keunggulan utama biodiesel digambarkan sebagai karbon netral, yang berarti bahan bakar tidak menghasilkan karbon bersih seperti CO<sub>2</sub>. Proses mengubah minyak menjadi biodiesel juga dikenal sebagai transesterifikasi.

Biodiesel merupakan energi ramah lingkungan yang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti minyak. Biodiesel dibuat dari bahan baku terbarukan seperti minyak nabati dan hewani seperti minyak kelapa sawit, minyak kelapa dan minyak ikan. Hampir semua jenis minyak nabati dan hewani dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel. Namun di Indonesia, minyak sawit digunakan sebagai bahan baku utama. Berbeda dengan minyak bumi, biodiesel dinilai lebih ramah lingkungan karena dibuat dari

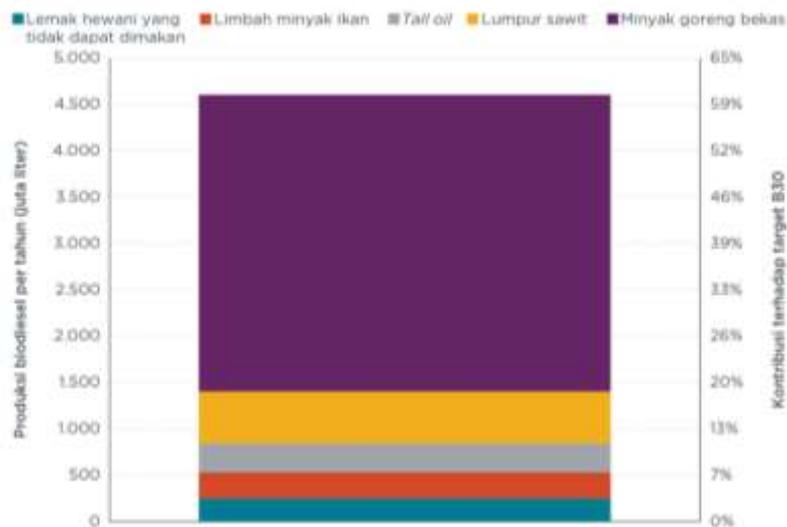
bahan baku terbarukan. Manfaat penggunaan biodiesel sangat jelas pengurangan gas rumah kaca, pengurangan impor solar dan penghematan nilai tukar, penciptaan nilai bagi industri hilir dan bahkan pengurangan penggunaan bahan bakar fosil.

Biodiesel dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan diesel karena kemiripannya dengan solar. Biodiesel saat ini digunakan dalam skala yang lebih besar di Indonesia dalam industri transportasi, listrik dan industri. Biodiesel ini dapat dibuat dari minyak bekas dan minyak pelumas yang sebagian besar merupakan limbah industri B3. Keduanya merupakan produk minyak bumi yang mengandung sulfuran dan banyak digunakan untuk kebutuhan mesin guna mengurangi gesekan dengan cara membersihkan bagian-bagian mesin. Selain kemungkinan untuk mengurangi dan menghemat konsumsi oli, daur ulang oli bekas atau oli pelumas merupakan potensi yang cukup besar dalam daur ulang oli bekas jika didaur ulang. Energi yang dibutuhkan untuk mengolah minyak bekas hanya sepertiga dari energi yang dibutuhkan untuk mengubah minyak bumi menjadi pelumas yang baik.

Ada beberapa metode yg dilakukan menjadi menjadi proses siklus ulang oli bekas, antara lain: *acid- clay process*, *pirolisis*, *solvent extraction process*. Prinsip yg dipakai pada pemanfaatan oli bekas. Prinsip primer berdasarkan siklus ulang oli bekas artinya pemurnian pulang kandungan dasar minyak pelumas sebagai akibatnya terjadi terbentuk bahan dasar oli. *Acid clay process* yaitu proses yg dipakai pada siklus ulang oli bekas memakai asam bertenaga menjadi pelarut & clay menjadi perangkap lemak & residu pelarutan. Pada proses clay treatment, zat pengotor, kontaminan, rona akan semakin dipudarkan. Beberapa model pengolahan limbah yg bisa membentuk biodiesel, diantaranya yaitu:

1. Minyak bekas (Jelantah)
2. Lemak hewani yang dapat dimakan
3. Limbah minyak ikan
4. *Tall oil*
5. Lumpur sawit

Dari contoh beberapa pengolahan limbah yang dijadikan biodiesel di atas, negara Indonesia masih belum melakukan untuk kesemua bahan di atas. Sementara negara lain sudah memakai bahan standar ini buat menghasilkan biodiesel dan bahan bakar solar terbarukan. Indonesia dalam praktiknya masih membuang lemak hewani yg nir bisa dimakan dan limbah ikan dan nir mengumpulkan SPO. *Tall oil* nir diekstraksi secara aporisma dan sebagian berdasarkan output produksi diekspor.



**Gambar 3.8** Grafik Produksi Biodiesel Pertahun dari Kelima Bahan Baku Limbah menjadi Biodiesel

Hasil analisis menunjukkan bahwa sekitar 1,4 miliar liter biodiesel atau 1,35 miliar liter solar terbarukan dapat diproduksi setiap tahunnya dari keempat limbah minyak dan lemak tersebut di Indonesia. Ini sesuai dengan

ketersediaan teknis 3,2 miliar (biodiesel) atau 3 miliar (solar terbarukan) liter minyak goreng yang diperkirakan dalam studi ICCT 2018. Seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini berarti total 4,6 miliar liter biodiesel, atau 4,35 miliar liter minyak solar terbarukan, dapat diproduksi setiap tahun dari limbah minyak dan lemak, dan biodiesel dari limbah menyumbang hampir 60 % dari B30 Indonesia.

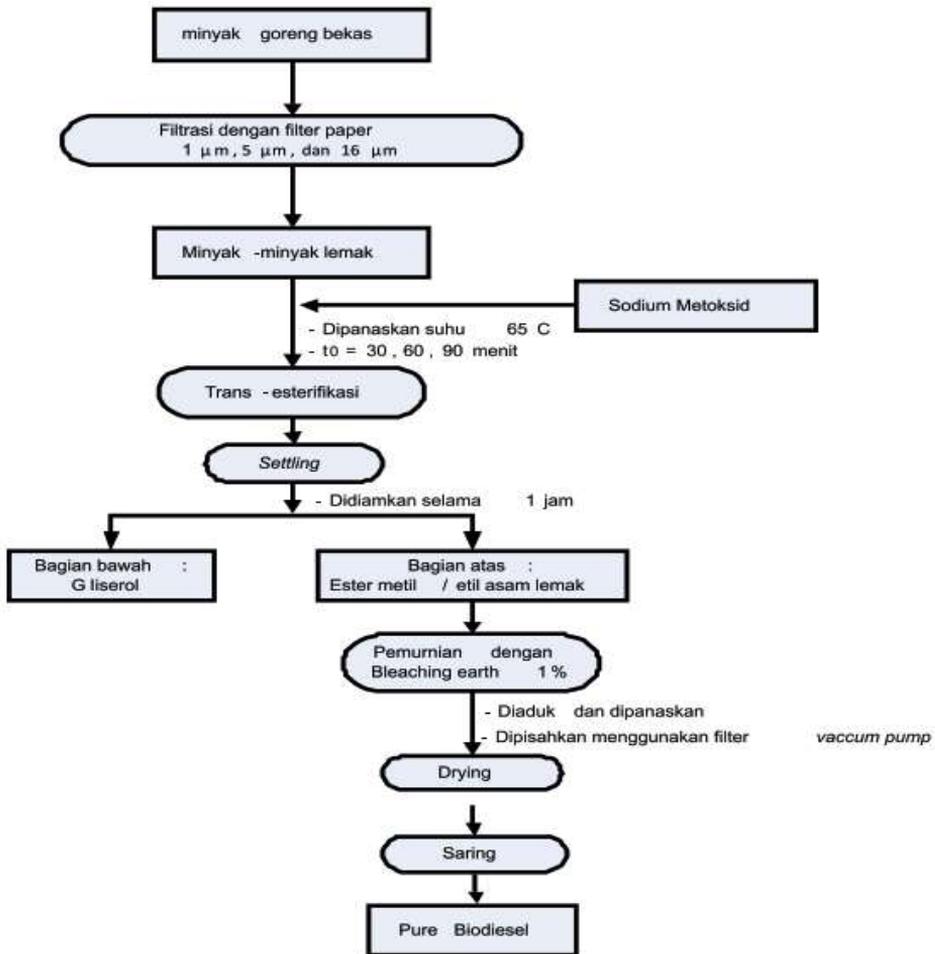


**Gambar 3.9** Campaign Pengolahan Limbah menjadi Biodiesel

### 3.2.1 Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas (Jelantah)

Minyak jelantah yang juga dikenal dengan nama minyak jelantah (UCO) bisa memiliki nilai pasar yang tinggi. Dimungkinkan untuk memurnikan biodiesel dari minyak jelantah, yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar solar pada mesin diesel transportasi dan industri. Minyak jelantah dalam biodiesel bukanlah hal baru di dunia. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Setiawan & Edwar (2022) yang berjudul : "Teknologi Pengolahan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Dengan Teknik Mikrofiltrasi Dan Transesterifikasi Sebagai Alternatif Bahan Bakar Mesin Diesel" memberikan cara pembuatan

biodiesel dari minyak jelantah, skema atau diagram akhirnya sesuai Gambar 3.10.



**Gambar 3.10** Langkah Pembuatan Biodiesel  
(Sumber: Setiawan & adwar 2022)

Dalam pembuatan atau proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah ada beberapa tahapan yaitu.

#### 1. Proses Pemurnian

Dalam tahapan pemurnian ini ada tiga tahapan yang harus dilakukan agar pemurnian terjadi sempurna

a. Proses Despicing

Masukkan sebanyak 500 ml minyak jelantah (minyak pabrik dan minyak desa) ke dalam gelas kimia, lalu tambahkan 500 ml air sekaligus. Setelah itu dipanaskan hingga jumlah air berkurang setengahnya. Proses selanjutnya adalah memisahkan minyak dari kotoran yang mengendap dengan kertas saring, menghasilkan minyak yang rusak, yang dituangkan ke dalam tabung kimia.

b. Proses Netralisasi

Minyak yang dihirup dipanaskan sampai suhu 35 °C kemudian ditambahkan larutan NaOH pada suhu 16 °C sebanyak 4 ml per 100 mL minyak. Campuran minyak dan larutan NaOH diaduk pada suhu 400 °C selama 10 menit, kemudian campuran didinginkan. Setelah pendinginan, disaring untuk mendapatkan minyak yang dinetralkan

c. Proses *Bleaching*

Minyak yang telah dinetralkan kemudian dipanaskan kembali hingga 70 °C dan kemudian ditempatkan dalam mixer untuk melakukan tes untuk mengoptimalkan pembersihan dan kemudian dicampur selama 60 menit. Kemudian dipanaskan kembali pada suhu 100 °C, kemudian disaring dengan kertas saring dan diperoleh minyak murni.

2. Proses esterifikasi

Sampel sebanyak 200 mL dimasukkan ke dalam labu leher tiga, dimasukkan ke dalam *magnetic stirrer*, labu leher tiga dihubungkan dengan kondensor (*condenser reflux system*), dan dipanaskan di atas *hot plate* sampai suhu 50 °C. Kecepatan pengadukan *magnetic stirrer* 60 °C

disesuaikan sehingga perpindahan panas internal lebih cepat. Metanol dan asam sulfat dicampur, dan komposisi 20 mL metanol dan 1 mL asam sulfat diaduk rata. Ketika suhu mencapai 50-60 °C, tambahkan campuran metanol dan asam sulfat ke dalam labu leher tiga. Labu berleher tiga ditutup dengan cepat dan rapat. Temperatur reaksi dipertahankan konstan pada temperatur 50-60 °C selama 1 jam dan kecepatan pengadukan dari pengaduk magnet diatur untuk menyelesaikan perpindahan massa internal. Setelah 1 jam, reaktan dalam labu leher tiga dipindahkan ke corong pisah dan didiamkan selama ±1 jam hingga terbentuk dua lapisan. Setelah proses sedimentasi selesai, pisahkan lapisan bawah produk air dan lapisan atas campuran metil ester ke dalam wadah terpisah. Minyak hasil esterifikasi ini digunakan sebagai bahan baku untuk proses transesterifikasi.

### 3. Proses Transesterifikasi

Hasil tahap esterifikasi dimasukkan ke dalam labu leher tiga, kemudian dimasukkan ke dalam *magnetic stirrer*, kemudian labu leher tiga dihubungkan dengan kondensor. Kemudian dipanaskan hingga suhu 50-60 °C di atas *hot plate* dan diatur kecepatan gerak *magnetic stirrer* agar perpindahan panas di dalamnya terjadi dengan cepat. Selanjutnya metanol dan NaOH dicampur menjadi campuran 20 mL metanol dan 2 mL NaOH. Ketika suhu 50-60 °C tercapai. Campurkan NaOH dan metanol yang ditambahkan dalam labu leher tiga. Labu leher tiga ditutup dengan cepat dan suhu reaksi dijaga konstan pada 50-60 °C selama 1 jam dan kecepatan agitasi pengaduk magnet diatur sehingga perpindahan massa internal selesai. Setelah 1 jam, hasil reaksi dalam labu leher tiga dimasukkan ke dalam corong pisah kemudian

Berdasarkan hasil penelitian Anantaworasakul *et al* diketahui bahwa ekstrak etil asetat dari kulit kayu tanaman turi dapat digunakan sebagai antibakteri (Anantaworasakul, Hamamoto, Sekimizu, & Okonogi, 2020). Pada penelitian ini diketahui bahwa senyawa bioaktif dengan pelarut etil asetat saling bersinergi dalam membasmi bakteri. Sinergi ini menunjukkan bahwa gabungan beberapa senyawa dalam tanaman dapat memberikan aktivitas yang kuat jika dibandingkan aktivitas senyawa itu sendiri.

Daun tanaman turi dapat digunakan sebagai bahan untuk masker gel *peel-off* (Hafid & Ambaryanti, 2021). Masker geel ini diketahui dapat berpotensi menjadi antibakteri dengan konsentrasi 10 %, 15 % dan 20 % dalam melawan bakteri *Staphylococcus epidermis*.

Ekstrak daun turi juga dapat berpotensi sebagai antibakteri terhadap bakteri *Klebsiella pneumonia* sebagai salah satu penyebab penyakit paru-paru (Ien, Zulkifli, & Sedijani, 2020). Potensi antibakteri ini dikarenakan pada daun turi mengandung saponin, tanin dan terepenoid.

### **c. Antikanker**

Berdasarkan penelitian Tjahjandarie *et al* ekstrak metanol dari kulit kayu dari tanaman turi diketahui dapat digunakan sebagai obat antikanker (Tjahjandarie, et al., 2020). Terdapat dua komponen dalam kulit kayu turi yang telah diisolasi yaitu sesbagrandidflorain D (1) dan E (2). Senyawa sesbagrandidflorain D (1) diketahui lebih baik menghambat penyebab kanker MCF dan sel WiDr.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Dawah, N. K., Al-Safi, S. M., Aboktifa, M. A., Al-Zeiny, S. S., Al-Shimmary, B. A., Al-Bayati, M. T., & Muhammad, N. A. (2014). Comparative of Phytochemical and Antimicrobial of *Sesbania Grandiflora* Leaves Extract. *Medical Journal of Babylon-*, 11(3), 667-674.
- Alyidrus, R., Samsu, A. S., & Nurjannah. (2021). AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK ETANOL DAUN SAWO MANILA (*Acrhras zapota* L.) MENGGUNAKAN METODE DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazil). *Media Kesehatan Politeknik Kesehatan Makassar*, 16(1), 1-7.
- Aminah, N. S., Partosoedjono, S., & Chairul. (2001). *S. lerak*, *D. metel* dan *E. prostata* sebagai *Larvasida Aedes Aegypti*. Jakarta: Grup PT Kalbe Farma.
- Anantaworasakul, P., Hamamoto, H., Sekimizu, K., & Okonogi, S. (2020). Biological activities and antibacterial biomarker of *Sesbania grandiflora* bark extract. *Drug Discoveries & Therapeutics*, 1-8.
- Andries, J. R., Gunawan, P. N., & Supit, A. (2014). UJI EFEK ANTI BAKTERI EKSTRAK BUNGA CENGKEH TERHADAP BAKTERI *Streptococcus mutans* SECARA IN VITRO. *Jurnal e-GiGi*, 2(2), 1-8.
- Angelina, M., Amelia, P., Irsyad, M., Meilawati, L., & Hanafi, M. (2015). KARAKTERISASI EKSTRAK ETANOL HERBA KATUMPANGAN AIR (*Peperomia pellucida* L. Kunth). *BIOPROPAL INDUSTRI*, 6(2), 53-61.
- Anti, N. F., Yusup, F. A., Hidayati, N. R., & Trisnawati, A. (2022). Pengaruh Jenis dan Komposisi Binder terhadap Kualitas Biobriket Limbah Baglog Jamur Tiram. *Jurnal Zarah*, 10(1), 53-58.
- Arfan, N. B., Islam, T., Julie, A. S., Mohiuddin, A. K., Khan, S. A., & Labu, Z. K. (2016). Thrombolytic, Membrane stabilizing, Antidiarrhoeal, and Antimicrobial Properties of Bioactive Compounds Isolated from leaves of *Sesbania grandiflora* Naturally Growing in Bangladesh. *Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 12(3), 31-46.
- Arita, S., Meta B. D., & Jaya I., 2008. Pembuatan metil ester asam lemak dari CPO of grade dengan metode Esterifikasi- Transesterifikasi. *Jurnal teknik kimia NO.2 VO.15 Universitas Sriwijaya*.
- Artanti, N. (2019). *Peran Uji Bioaktivitas untuk Penelitian Herbal dan Bahan Aktif untuk Obat Berbasis Keanekaragaman Hayati Indonesia*. Jakarta: LIPI Press.
- Aziz, Y. S., & Kusumaningrum, G. (2019). Formulasi Sediaan Gel dan Uji Antimikroba Ekstrak Kulit Batang Turi (*Sesbania grandiflora* L.). *Journal of Pharmaceutical Science and Medical Research*, 2(2), 50-56.

- Banerjee, S., Singha, S., Laskar, S., & Chandra, G. (2011). Efficacy of *Limonia acidissima* L. (Rutaceae) leaf extract on larval immatures. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 711-716.
- Basuki, D. R., & Wiyono, A. S. (2015). PENGEMBANGAN DAN UJI ANTIBAKTERI EKSTRAK DAUN SAWO MANILA (*Manilkara zapota*) SEBAGAI LOTIO TERHADAP *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Wiyata*, 2(1), 87-92.
- Bhargavi, S., Kanakaiah, B., Sownya, D. K., Ravi, B., & Nama, S. (2013). AN EVALUATION OF THE ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF ROOT EXTRACTS OF MANILKARA ZAPOTA AGAINST STAPHYLOCOCCUS AUREUS AND ESCHERICHIA COLI. *International Journal of Phytopharmacology*, 4(3), 171-173.
- Bialangi, N., Mustapa, M. A., Salimi, Y. K., Widiatoro, A., & Situmeang, B. (2016). Antimalarial activity and phitochemical analysis from Suruhan (*Peperomia pellucida*) extract. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 8(3), 183-187.
- Bismo, S., Linda., Sofia, L.B., 2005. Sintesis biodiesel dengan teknik ozonasi: investigasi produk ozonida etil ester minyak kelapa dan minyak kedelai. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*.
- Cania, E. B., & Setyaningrum, E. (2013). UJI EFEKTIVITAS LARVASIDA EKSTRAK DAUN LEGUNDI (*Vitex trifolia*) TERHADAP LARVA *Aedes aegypti*. *Medical Journal of Lampung University*, 2(4), 52-60.
- Choo, Y.M., 2004, Transesterification of palm oil: effect of reaction parameters, *J. Oil Palm Resource*, Vol.16 No.2:1-11.
- Chum, H., Faaij, A., Moreira, J., Berndes, G., Dhamija, P., Dong, H., . . . Pingoud, K. (2011). *Bioenergy*. New York: Cambridge University Press.
- Emilda, E. (2022) "Bioaktivitas Antibakteri Tanaman Salam Koja (*Murraya Koenigii*)," *EduBiologia: Biological Science and Education Journal*, 2(2), hal. 121.
- Ervina, N. (2014). Uji Aktivitas Ekstrak Etanol Daun Singkong (*Manihot Utilissima* Pahl) sebagai Larvasida *Aedes Aegypti*. *Jurnal Mahasiswa PSD FK Universitas Tanjungpura*, 1(1), 2-16.
- Febijanto, I. (2007). Potensi biomassa indonesia sebagai bahan bakar pengganti energi fosil. *jurnal sains dan teknologi indonesia*, 65-75.
- Ganguly, A., & Rahman, S. M. (2014). EVALUATION OF THE CYTOTOXIC, ANTIMICROBIAL, ANTIOXIDANT, ANTHELMINTIC AND CNS DEPRESSANT ACTIVITIES OF MANILKARA ZAPOTA LEAF (SAPOTACEAE). *Word Journal of Pharmaceutical Research*, 4(1), 272-283.

- Gini, T. G., & Jothi, G. J. (2013). Preliminary Phytochemical Screening of Whole Plant Extracts of *Peperomia pellucida* (Linn.) HBK (Piperaceae) and *Marsilea quadrifolia* Linn. (Marsileaceae). *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 5(3), 200-214.
- Gomathy, K., Baskar, R., & Kumaresan, K. (2013). Comparison of Antioxidant potential in pulp and peel extracts of Manilkara zapota (L.) P. Royen. *African Journal of Biotechnology*, 12(31), 4936-4943.
- Gopalakrishnan, L., Doriya, K., & Kumar, D. S. (2016). *Moringa oleifera*: A Review on nutritive importance and its medicinal application. *Food Science and Human Wellness*, 5(2016), 49-56.
- Hafid, M., & Ambaryanti, D. (2021). Uji Aktivitas Antibakteri Masker Gel Peel-off Ekstrak Daun Turi Putih (*Sesbania grandifolia* L) Terhadap *Staphylococcus epidermidis*. *Fito Medicine : Journal Pharmacy and Sciences*, 12(2), 115-120.
- Hanani, E., Ladeska, V., & Astuti, A. C. (2017). PHARMACOGNOSTICAL AND PHYTOCHEMICAL EVALUATION OF INDONESIAN *Peperomia pellucida* (PIPERACEAE). *International Journal of Biological & Pharmaceutical Research*, 8(1), 10-17.
- Harborne, J. B. (1987). *Metode Fitokimia, Terbitan Kedua*. Bandung: ITB.
- Hasan, N., Osman, H., Mohamad, S., Chong, W. K., Awang, K., & Zahariluddin, A. S. (2012). The Chemical Components of *Sesbania grandiflora* Root and Their Antituberculosis Activity. *Pharmaceuticals*, 882-889.
- Hermanto, C., Indriani, N. P., & Hadiati, S. (2013). *Keragaman dan Kekayaan Buah Tropika Nusantara*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian.
- Hidayati, S. (2021). Antidiabetic Activity of *Peperomia pellucida* In Streptozotocin-Induced Diabetic Mice. *Jurnal Farmasi Galenika (Galenika Journal of Pharmacy)*, 7(2), 120-130.
- Hopkins, W. G., & Huner, N. P. (2008). *Introduction to Plant Physiology 4th ed.* United States of America: John Wiley and Sons. Inc.
- Ibrahim, M. A., & Yahaya, N. A. (2020). PHYTOCHEMICAL SCREENING AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY DETERMINATION OF *PEPEROMIA PELLUCIDA* EXTRACT. *Tropical Agrobiodiversity*, 1(1), 4-6.
- IEA, 2014. World Energy Outlook 2014. IEA, Paris. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2014>.
- Iien, H., Zulkifli, L., & Sedijani, P. (2020). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Metanol Daun Turi (*Sesbania grandiflora* L.) Terhadap Pertumbuhan *Klebseilla pneumonia*. *Jurnal Biologi Tropis*, 20(1), 219-225.

- ISO 8217, 2017. Petroleum products – Fuels (class F) – Specifications of marine fuels. Geneva, Switzerland.
- ISO14044, 2006. International Organization for Standardizations: Environmental management-life cycle assessment requirements and guidelines. Geneva, Switzerland
- Isrianto, P. L., & Kristianto, S. (2017). BIOAKTIVITAS LARVASIDA EKSTRAK BUAH LERAK TERHADAP LARVA *Aedes aegypti* INSTAR III. *Jurnal Biologi dan Pembelajaran Biologi*, 2(2), 1-10.
- Kaneria, M., & Chanda, S. (2012). Evaluation of antioxidant and antimicrobial properties of *Manilkara zapota* L. (chiku) leaves by sequential soxhlet extraction method. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, S1526-S1533.
- Kesieme, U., Pazouki, K., Murphy, A., Chrysanthou, A., 2019. Biofuel as an alternative shipping fuel: technological, environmental and economic assessment. *Sustainable Energy Fuel*. 3 (4), 899-909.
- Kulkarni, A. P., Policegoudra, R. S., & Aradhya, S. M. (2007). CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF SAPOTA (*ACHRAS SAPOTA* LINN.) FRUIT. *Journal of Food Biochemistry*, 31(2007), 399-414.
- Kumalaningsih, S. (2006). *Antioksidan Alami: Penangkal Radikal Bebas*. Kota: Trubus Agrisarana.
- Kuokkanen, T., Nurmesniemi, H., Pöyky, R., Kujala, K., Kaakinen, J., Kuokkanen, M., 2008. Chemical and leaching properties of paper mill sludge. *Chem. Speciat. Bioavailab.* 20 (2), 111-122.
- Laboni, F. R., Karim, S., Uddin, J., & Labu, Z. K. (2016). Bioactivities and Chemical Profiling of *Sesbania grandiflora* (L.) Poir. Leaves Growing in Bangladesh. *Dhaka Univ. J. Pharm. Sci.*, 15(2), 173-176.
- Leono, L. V., Edyson, & Budiarti, L. Y. (2020). PERBANDINGAN AKTIVITAS DAYA HAMBAT SEDIAAN TUNGGAL DENGAN KOMBINASI INFUS *Phyllanthus niruri* DAN *Peperomia pellucida* TERHADAP *Staphylococcus aureus*. *Homeostasis*, 3(1), 75-82.
- Leono, L. V., Edyson, & Budiarti, L. Y. (2020). PERBANDINGAN AKTIVITAS DAYA HAMBAT SEDIAAN TUNGGAL DENGAN KOMBINASI INFUS *Phyllanthus niruri* DAN *Peperomia pellucida* TERHADAP *Staphylococcus aureus*. *Homeostasis*, 3(1), 75-82.
- Luthfi Panduri, T. P. (2020). konversi biomassa sebagai energi terbarukan. *Jaournal of elektrik technology*, -.
- Mahmudyah, A. R., Rusli, R., & Ramadhan, A. M. (2017). AKTIVITAS ANTIBAKTERI DAN ANTIOKSIDAN FRAKSI ETIL ASETAT KULIT BUAH SAWO (*Manilkara zapota*). *Proceeding of the 5th Mulawarman*

- Pharmaceuticals Conferences* (pp. 1-8). Samarinda: Fakultas Farmasi Universitas Mulawarman.
- Mag, P. *et al.* (2006) "PHCOG MAG .: Review Article Pharmacological potential of *Eugenia jambolana* : A review," *Pharmacognosy Magazine*, 2(6), hal. 96-105.
- Masengi, J. M., Puspawati, G. K., & Wiadnyani, A. I. (2020). Pengaruh Jenis Pelarut Terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Cair Daun Turi (*Sesbania grandiflora*). *Jurnal Itepa*, 9(2), 242-250.
- Milind, P., & Preeti. (2015). Chickoo: A Wonderful Gift from Nature. *Journal of Research in Ayurveda Pharmacy*, 6(4), 544-550.
- Nadila, I., Istiana, & Wydiamala, E. (2017). Aktivitas Larvasida Ekstrak Etanol Daun Binjai (*Mangifera caesia*) terhadap Larva *Aedes aegypti*. *Bekala Kedokteran*, 13(1), 61-68.
- Ndahawali, S., Andayani, S., & Hardoko. (2019). Phytochemical Screening by FTIR Spectroscopic Analysis and Antibacterial Activity of *Sesbania grandiflora* Fraction Against *Edwardsiella tarda*. *J. Exp. Life Sci.*, 9(3), 176-180.
- Ni'mah, Tanwiroton, Oktarina, R., Mahdalena, V., & Asyati, D. (2014). Potensi Ekstrak Biji Duku (*Lansium domesticum* Corr) terhadap *Aedes aegypti*. *BulPenelitKesehat*, 43(2), 131-136.
- Noviany, Hasnah, O., Suriyati, M., & Sutopo, H. (2020). Antibacterial activity of extracts and compounds from the roots of *Sesbania grandiflora* (Leguminosae). *Research Journal of Chemistry and Environment*, 24(8), 108-113.
- Nurhayati, N. *et al.* (2021) "Pelatihan Pembuatan Teh Kelor Sebagai Upaya Menjaga Imunitas Tubuh Selama Masa Pandemi Covid-19," *SELAPARANG Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 4(2), hal. 477.
- Nwokocha, C. R., Owu, D. U., Kinlocke, K., Murray, J., Delgoda, R., Thaxter, K., . . . Young, L. (2012). Possible Mechanism of Action of the Hypotensive Effect of *Peperomia pellucida* and Interactions between Human Cytochrome P450 Enzymes. *Medicinal & Aromatic Plants*, 1(4), 1-5.
- Osman, M. A., Aziz, M. A., Habib, M. R., & Karim, M. R. (2011). Antimicrobial Investigation on *Manilkara zapota* (L.) P. Royen. *International Journal of Drug Development & Research*, 3(1), 185-190.
- Ostria, C. B., Pacheco, S. E., Pastor, R. G., Moya, J. H., Ramos, A. M., Polit, C. R., . . . Guaman, L. P. (2022). Evaluation of Biological Activity of Natural Compunds: Current Trends and Methods. *molecules*, 1-35.
- Parwata, I. O. (2014). *Kanker dan Antikanker*. Bali: Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana.

- Powthong, P., Jantrapanukorn, B., Thongmee, A., & Suntornthiticharoen, P. (2013). Screening of Antimicrobial Activities of the Endophytic Fungi Isolated from *Sesbania grandiflora* (L.) Pers. *J. Agr. Sci. Tech.*, *15*, 1513-1522.
- Pratama, F. E., & Nuwarda, R. F. (2018). REVIEW: SENYAWA AKTIF ANTIKANKER DARI BAHAN ALAM DAN AKTIVITASNYA. *Farmaka*, *16*(1), 149-158.
- Purba, E.C. (2020) "KELOR (*Moringa oleifera* Lam.): PEMANFAATAN DAN BIOAKTIVITAS," *Pro-Life*, *7*(1): 1-12
- Rababah, T. M., Banat, F., Rababah, A., Ereifej, K., & Yang, W. (2010). Optimization of extraction conditions of total phenolic, antioxidant activities, and anthocyanin of oregano, thyme, terebinth, and pomegranate. *Journal of Food Science*, C626-C632.
- Rachmawati, F., & Rantelino, V. (2018). *Uji Toksisitas dan Fitokimia Ekstrak Suruhan (Peperomia pellucida L. Kunth)*. Jakarta: FK UKI.
- Rao, G. V., Sahoo, M. R., Madhavi, M. S., & Mukhopadhyay, T. (2014). Phytoconstituents from the leaves and seeds of *Manilkara zapota* Linn. *Der Pharmacia Lettre*, *6*(2), 69-73.
- Rasjid, N., Abdul, A., & Ibrahim, M. (2020). Pengaruh Perasan Daun Suruhan (*Peperomia pellucida*) TERHADAP MORTALITAS NYAMUK *Aedes aegypti*. *Jambura Edu Biosfer Journal*, *2*(1), 30-36.
- Reji, A. F., & Alphonse, N. R. (2013). Phytochemical study on *Sesbania grandiflora*. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, *5*(2), 196-201.
- Rhaman, M., Islam, N., & Shoeb, M. (2019). Biactivity of *Peperomia Pellucida* Leaves from Bangladesh. *American Journal of Biomedical Science & Research*, *6*(1), 1-3.
- Rifdah, N. H., & D, F. (2017). Pembuatan Biobriket dari Limbah Tongkol Jagung Pedagang Jagung Rebus dan Rumah Tangga sebagai Bahan Bakar Energi Terbarukan dengan Proses Karbonisasi. *Distilasi*, 39-46.
- Rohmah, J., Saidi, I. A., Rini, C. S., Purwanto, Z. A., Tiana, K. H., & Putri, T. C. (2020). Antioxidant activity assay of white Turi (*Sesbania grandiflora* (L.) Pers.) extracts using DPPH radical scavenging method. *Pharmaciana*, *10*(3), 257-268.
- Rohmah, J., Saidi, I. A., Rofidah, L., Novitasari, F., & Margareta, F. A. (2021). Phytochemical Screening of White Turi (*Sesbania grandiflora* (L.) Pers.) Leaves Extract in Various Extraction Methods. *Medicra (Journal of Medical Laboratory Science Technology)*, *4*(1), 23-29.
- Sari, A. N. (2016). BERBAGAI TANAMAN REMPAH SEBAGAI SUMBER. *Elkawnie: Journal of Islamic Science and Technology*, *2*(2), 203-212.

- Sedaghat, M. M., Dehkordi, A. S., Abai, M. R., Mohtarami, F., & Vatandoost, H. (2011, April). Chemical composition and larvicidal activity of essential oil of *Cupressus arizonica* E.L. Greene against malaria vector *Anopheles stephensi* Liston (Diptera: Culicidae). *Pharmacognosy Research*, 3(2), 135-139.
- Septiani, Dewi, E. N., & Wijayanti, I. (2017). AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK LAMUN (*Cymodocea rotundata*) TERHADAP BAKTERI *Staphylococcus aureus* DAN *Escherichia coli*. *Saintek Perikanan*, 13, 1-6.
- Shafii, Z. A., Basri, M., Malek, E. A., & Ismail, M. (2017). Phytochemical and Antioxidant Properties of *Manilkara zapota* (L.) P Royen Fruit Extracts and its Formulation for Cosmeceutical Application. *Pelagia Research Library*, 7(3), 29-41.
- Shanmugapriya, K., Saravana, P. S., Payal, H., Mohammed, S. P., & Binnie, W. (2011). ANTIOXIDANT ACTIVITY, TOTAL PHENOLIC AND FLAVONOID CONTENTS OF *ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS* AND *MANILKARA ZAPOTA* SEEDS AND ITS REDUCTION POTENTIAL. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 3(5), 256-260.
- Sihombing, J. R., Dharma, A., Chaidir, Z., Almahdy, Fachrial, E., & Munaf, E. (2015). Phytochemical screening and antioxidant activities of 31 fruit peel extract from Sumatera, Indonesia. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(11), 190-196.
- Sitorus, E., Momuat, L. I., & Katja, D. G. (2013). AKTIVITAS ANTIOKSIDAN TUMBUHAN SURUHAN (*Peperomia pellucida* [L.] Kunth). *Jurnal Ilmiah Sains*, 13(2), 80-85.
- Suirta, I. W., Puspawati, N. M., & Gumati, N. K. (2007). ISOLASI DAN IDENTIFIKASI SENYAWA AKTIF LARVASIDA DARI BIJI MIMBA (*Azadirachta indica* A. Juss) TERHADAP LARVA NYAMUK DEMAM BERDARAH (*Aedes aegypti*). *Jurnal Kimia*, 1(1), 47-54.
- Tarigan, Mariani, I., Bahri, Saiful, & Saragih, A. (2012). Aktivitas Antihiperurisemia Ekstrak Etanol Herba Suruhan (*Peperomia pellucida* (L) Kunth) pada Mencit Jantan Antihyperuricemic Activity of Ethanol Extract of Suruhan Herb (*Peperomia pellucida* (L) Kunth) in Male Mice. *Journal of Pharmaceutics and Pharmacology*, 1(1), 37-43.
- Tjahjandarie, T. S., Tanjung, M., Saputri, R. D., Rahayu, D. O., Gunawan, A. N., & Aldin, M. F. (2020). Two new 2-arylbenzofurans from *Sesbania grandiflora* L. and their cytotoxicity towards cancer cell. *Natural Product Research*, 1-6.
- Trisnawati, A., & Azizah, A. S. (2019). Perbandingan Efektivitas Larvasida Ekstrak Kulit dan Daging Buah Sawo (*Manilkara zapota*) terhadap

- Kematian Nyamuk *Aedes aegypti*. *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, 2(2), 66-74.
- Vachlepi, A., & Suwandi, d. (2013). Penggunaan biobriket sebagai bahan bakar alternatif dalam pengeringan karet alam. *warta perkaretan*, 65-73.
- Wardani, A. K., Pradiningsih, A., Qiyaam, N., & Akbar, S. I. (2022). Aktivitas Anti-Acne Daun Turi (*Sesbania grandiflora* (L.) Poir.) terhadap *Propionibacterium acne*. *JURNAL ILMU KEFARMASIAN INDONESIA*, 20(2), 169-174.
- Waty, D. R., Saputri, F. C., & Mun'im, A. (2017). Secondary Metabolites Screening and Acute Toxicity Test of *Peperomia pellucida*(L.) Kunth Methanolic Extracts. *International Journal of PharmTech Research*, 10(1), 31-38.
- Wonorahardjo, S. (2013). *Metode-metode Pemisahan Kimia: Sebuah Pengantar*. Jakarta: Akademia Permata.
- Woo, P. F., Yim, H. S., Khoo, H. E., Sia, C. M., & Ang, Y. K. (2013). Effects of extraction conditions on antioxidant properties of sapodilla fruit (*Manilkara zapota*). *International Food Research Journal*, 20(5), 2065-2072.
- Yuliani, N.. D.D.. (2015) "Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Infusa Daun Kelor dengan Metode 1,1- diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)," *Jurnal Info Kesehatan*, 14(2): 1060-1082
- Yuliani, D., Dewi, I. K., & Marhamah, S. (2022). EFEKTIVITAS EKSTRAK DAUN SIRIH CINA (*Peperomia pellucida*) TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI *Propionibacterium acnes* DAN TINJAUANNYA MENURUT PANDANGAN ISLAM. *Sosains*, 2(1), 173-181.
- Yunita, E. A., Suprapti, N. H., & Hidayat, J. W. (2009). Pengaruh Ekstrak daun Teklan (*eupatorium riparium*) terhadap Mortalitas dan Perkembangan Larva *Aedes aegypti*. *BIOMA*, 11(1), 11-17.

## GLOSARIUM

Adsorpsi	:	Penggumpalan substansi terlarut dalam larutan oleh permukaan zat penyerap yang membuat masuknya bahan dan mengumpul dalam suatu zat penyerap.
Atherosclerosis atau aterosklerosis	:	Penyempitan dan pengerasan pembuluh darah arteri akibat penumpukan plak di dinding pembuluh darah.
Antioksidan	:	Molekul yang mampu memperlambat atau mencegah oksidasi dari molekul lain dengan cara mengikat, mengadsorpsi dan menetralkan radikal bebas menjadi senyawa stabil.
Antibakteri	:	Bahan aktif yang dapat menghambat kelangsungan hidup bakteri.
Antikanker	:	Bahan aktif yang dapat menghambat kinerja dari sel kanker.
Baglog	:	Wadah tanam tempat meletakkan bibit jamur dan dapat diartikan sebagai kantung serbuk kayu berbentuk silinder.
Bakteri	:	Kelompok mikroorganisme bersel satu yang diklasifikasikan pada tingkat domain.
Batubara	:	Bahan bakar hydro-karbon padat yang terbentuk dari tumbuh-tumbuhan dalam lingkungan bebas oksigen dan terkena pengaruh temperatur serta tekanan yang berlangsung sangat lama.
Bioaktivitas	:	Penggunaan suatu sistem pengujian untuk mengetahui aktivitas biologis suatu sampel uji.
Bio-briket	:	Bahan bakar padat yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif dan juga memiliki bentuk tertentu.
Bioenergi	:	Energi kimia yang tersimpan dalam biofuel dan memiliki peranan penting menggantikan energi fosil pada rumah tangga, industri, bidang kelistrikan maupun non-kelistrikan.
Biodegradable	:	kemampuan suatu senyawa untuk terurai secara alamiah dengan berjalannya waktu.
Biodiesel	:	bahan bakar terbarukan berbahan baku lemak hewani, maupun nabati berupa, metil ester asam lemak (Fatty Acid Methyl Ester/ FAME) yang telah lama disebut sebagai pengganti minyak bumi (Petroleum Diesel).

Bioetanol	:	Bentuk energi terbarui yang dapat diproduksi <i>dari</i> tumbuhan. Etanol dapat dibuat <i>dari</i> tanaman-tanaman.
Biofuel	:	Bahan bakar padat, cair atau gas yang terbuat dari berbagai bahan organik diidentifikasi sebagai biomassa.
Biogas	:	Gas yang mudah terbakar (flammable) yang dihasilkan dari proses fermentasi (pembusukan) bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi tanpa oksigen yang ada dalam udara).
Biomassa	:	Bahan yang berasal <i>dari</i> makhluk hidup, termasuk tanaman, hewan dan mikroba.
Bio-slurry	:	Produk akhir pengolahan limbah yang berbentuk lumpur yang sangat bermanfaat sebagai sumber nutrisi untuk tanaman.
Bleaching	:	Upaya penghilangan pigmen warna alami rambut menggunakan hidrogen peroksida.
Degister	:	Tempat untuk mengolah atau mencampurkan gas yang terbuat dari kotoran ternak.
Desikator	:	Panci atau wadah yang terbuat dari bahan kaca/gelas yang tersusun berfungsi menghilangkan air dan kristal hasil pemurnian.
Despicing	:	Proses penghilangan bumbu.
Destilasi	:	Penyulingan dilakukan untuk memisahkan alkohol dalam cairan beer hasil fermentasi.
Efek Scavenging	:	Potensi Antiglikasi dan Efek Pemusnah, biasanya dimiliki oleh antioksidan.
Esterifikasi	:	Reaksi pembentukan ester dengan reaksi langsung antara suatu asam karboksilat dengan suatu alkohol.
Fraksi karbon	:	Jumlah atom yang ada pada <i>crude oil</i> .
Gasifikasi	:	Proses mengubah bahan selulosa dalam suatu reaktor gasifikasi ( <i>gasifier</i> ) menjadi bahan bakar.
Grinding	:	Proses pemecahan atau memperkecil bahan baku menjadi lebih kecil.
Halawa tahinia	:	Satu makanan manis yang terkenal, dan awalnya merupakan campuran tepung wijen dan gula, dan Anda bisa menambahkan kacang-kacangan atau buah-buahan kering ke dalamnya.

Hidrolisa	:	Proses dimana air digunakan untuk memutuskan ikatan pada suatu molekul.
Katalis	:	Zat yang dapat mempercepat reaksi.
Keasaman	:	Keadaan asam yang derajatnya diukur dengan ph; kadar asam.
Kelarutan	:	Kemampuan suatu zat kimia tertentu, zat terlarut (solute), untuk larut dalam suatu pelarut (solvent)
Kuat tekan	:	Kapasitas <i>dari</i> suatu bahan atau struktur dalam menahan beban yang akan mengurangi ukurannya
Larvasida	:	Suatu perlakuan uji dengan menggunakan larvasida atau insektisida alami yang dapat menghambat pertumbuhan larva atau jentik hewan, sebagai contoh larva nyamuk <i>Aedes aegypti</i> dan larva udang.
Limbah	:	Zat yang dihasilkan dari suatu proses produksi, baik industri maupun domestik (rumah tangga).
Minyak atsiri	:	Zat berbau yang terkandung dalam tanaman.
Netralisasi	:	Kondisi hilangnya kontras antara dua fonem dalam lingkungan fonologis tertentu.
Nilai kalor	:	Nilai energi yang berpindah
Parameter	:	Karakteristik apa pun yang dapat membantu dalam mendefinisikan atau mengklasifikasikan sistem tertentu.
Reaktor	:	Alat proses tempat di mana terjadinya suatu reaksi berlangsung, baik itu reaksi kimia atau nuklir dan bukan secara fisika.
<i>Renewable</i>	:	Sumber energi yang dapat diperbaharui
Retinopati	:	Kerusakan pada mata, khususnya retina, yang mengganggu penglihatan hingga menyebabkan kebutaan.
Sakarifikasi	:	Menyatukan dua atau lebih bagian menjadi satu kesatuan, baik melalui desain atau proses alami
Sel HeLa	:	Sel epitelial manusia yang berasal dari kanker serviks atau kanker leher rahim
Sel SiHa	:	Tipe sel kanker serviks yang cukup resisten dengan kemoterapi.
Senyawa bioaktif	:	Senyawa yang memiliki kapasitas dan kemampuan untuk berinteraksi dengan satu atau

	lebih komponen dalam jaringan hidup yang memungkinkan berbagai kemungkinan.
Sintetis	: Menyatukan dua atau lebih bagian menjadi satu kesatuan, baik melalui desain atau proses alami.
Standar	: Ukuran atau tingkatan tertentu yang dipakai sebagai patokan.
STZ	: Streptozotocin, merupakan induksi diabetes yang dapat menghancurkan sel $\beta$ di pankreas
<i>Sustainable</i>	: Sumber energi secara berkesinambungan.
<i>Tall Oil</i>	: Produk sampingan kimia ketiga terbesar di kilang Kraft selepas lignin dan hemiselulosa.

## TENTANG PENULIS



**Ade Trisnawati, S.Pd., M.Pd.** Pendidikan yang ditempuh yaitu S1 Pendidikan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Malang dan S2 Program Magister Pendidikan Kimia Universitas Negeri Malang. Mengampu mata kuliah Kimia Dasar, Kimia Analisis, Matematika I, Matematika Teknik, dan Pengantar Filsafat Ilmu. Penulis menekuni penelitian pada bidang pendidikan maupun bidang kimia. Penulis memiliki ketertarikan dalam penelitian bahan alam yang dapat diaplikasikan dalam pembelajaran mahasiswa di kelas.



**Dyan Hatining Ayu Sudarni, S.ST., M.T.** Lahir di Kabupaten Ponorogo, 17 April 1989. Memulai Pendidikan tinggi di tingkat D3 program studi Teknik Permesinan dan D4 Program studi Teknik Keselamatn dan Kesehan Kerja di Politenik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) kemudian melanjutkan pendidikan magister di program studi

Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Konsentrasi penelitian dan pengabdian di bidang Teknik Kimia Teknologi Proses. Dalam buku karangan yang ketiga ini melanjutkan dari buku sebelumnya yang berjudul teknologi pemanfaatan limbah. Dalam buku yang ketiga ini mengulas berbagai macam tentang pemanfaatan limbah yang aman di lingkungan sebagai energi terbarukan.



Sri Wahyuningsih, S.Si., M.Si., dilahirkan di Kota Jember, 23 Juni 1983. Lulus S-1 Program Studi Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang pada 2006 dengan menyelesaikan Tugas Akhir Skripsi bertema Pemanfaatan Biomassa sebagai Penyerap Logam Berat. Pendidikan Magister Program Studi Kimia Organik Keanekaragaman Hayati FMIPA Institut Teknologi 10 Nopember ditempuh pada 2007 dan memperoleh Gelar Master of Sains pada 2009 dengan menyelesaikan Tugas Akhir Thesis tentang Penelusuran Senyawa Aktif Antimalaria pada Keanekaragaman Hayati Indonesia *Garcinia Xanthochymus*. Saat ini mengajar sebagai Dosen Program Studi Teknik Kimia Universitas PGRI Madiun dengan konsentrasi Kimia Organik dan melakukan Tri Dharma, Pendidikan, Riset dan Pengabdian Masyarakat di bidang Pemanfaatan Keanekaragaman Hayati Indonesia Prekursor Penemuan Obat dan Pemanfaatan Biomassa Bahan Alam sebagai Material dalam Penanganan Masalah Lingkungan. Karya yang dihasilkan diantaranya Pengaruh Konsentrasi Enzim  $\alpha$ -Amilase pada Hidrolisis Pati Labu Jepang (Kabocha) (2019), Pemanfaatan Daun Kelor (*Moringa Oleivera*) Sebagai Sumber Nutrisi Dan Obat Herbal Di Lingkungan Pabrik Gula Pagotan - Madiun (2022), Pendampingan pembuatan hand sanitizer ekstrak bunga kamboja Putih (*Plumeria Alba*) di SMP Negeri 2 Maospati-Madiun (2022) dan Salah satu Penulis Book Chapter Teknologi Pemanfaatan Limbah yang disusun bersama Dosen Pengajar Program Studi Teknik Kimia Universitas PGRI Madiun (2022).