

UJI EFEKTIVITAS EKSTRAK DAUN JAMBU BIJI (*Psidium guajava* L.) TERHADAP BAKTERI *Staphylococcus aureus* SEBAGAI ANTIBAKTERI

KARYA ILMIAH

Merupakan Ujian Keterampilan dan Syarat Kelulusan Sekolah



Disusun oleh:

- | | |
|------------------------------------|---------------|
| 1. 29767 Aldo Putra Sulaiman | XII MIPA 7/01 |
| 2. 29849 Clara Graciella Hadiman | XII MIPA 7/12 |
| 3. 29904 Felicia Santoso Gunawan | XII MIPA 7/16 |
| 4. 29913 Florentina Catalina Oslan | XII MIPA 7/17 |
| 5. 30073 Matthew Adrian Putra | XII MIPA 7/26 |
| 6. 30107 Nicholas Marcel Tanjaya | XII MIPA 7/31 |

SMA KATOLIK ST. LOUIS 1

SURABAYA

2025

UJI EFEKTIVITAS EKSTRAK DAUN JAMBU BIJI (*Psidium guajava* L.) TERHADAP BAKTERI *Staphylococcus aureus* SEBAGAI ANTIBAKTERI

KARYA ILMIAH

Merupakan Ujian Keterampilan dan Syarat Kelulusan Sekolah



Disusun oleh:

- | | |
|------------------------------------|---------------|
| 1. 29767 Aldo Putra Sulaiman | XII MIPA 7/01 |
| 2. 29849 Clara Graciella Hadiman | XII MIPA 7/12 |
| 3. 29904 Felicia Santoso Gunawan | XII MIPA 7/16 |
| 4. 29913 Florentina Catalina Oslan | XII MIPA 7/17 |
| 5. 30073 Matthew Adrian Putra | XII MIPA 7/26 |
| 6. 30107 Nicholas Marcel Tanjaya | XII MIPA 7/31 |

SMA KATOLIK ST. LOUIS 1

SURABAYA

2025

**LEMBAR PENGESAHAN NASKAH LAPORAN KARYA
ILMIAH**

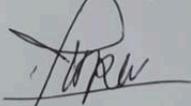
Judul : Uji Efektivitas Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava* L.) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* sebagai Antibakteri.

Penyusun : 1. 29767 Aldo Putra Sulaiman XII MIPA 7/01
2. 29849 Clara Graciella Hadiman XII MIPA 7/12
3. 29904 Felicia Santoso Gunawan XII MIPA 7/16
4. 29913 Florentina Catalina Oslan XII MIPA 7/17
5. 30073 Matthew Adrian Putra XII MIPA 7/26
6. 30107 Nicholas Marcel Tanjaya XII MIPA 7/31

Pembimbing I : P. Eko Sugiarto, S.Si. M. Kes
Pembimbing II : Antonius Raharjo Y., ST. M.Si
Tanggal Presentasi : 3 Februari 2025

Disetujui oleh:

Pembimbing I



P. Eko Sugiarto, S.Si. M. Kes

Pembimbing II



Antonius Raharjo Y., ST. M.Si

Mengetahui,

Kepala Sekolah



ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk menguji efektivitas ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus* sebagai agen antibakteri alami. *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri patogen yang sering menyebabkan infeksi dan resistensi antibiotik menjadi tantangan dalam pengobatannya. Metode penelitian menggunakan uji in vitro dengan metode difusi cakram, di mana ekstrak daun jambu biji dengan berbagai konsentrasi diaplikasikan pada media pertumbuhan bakteri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun jambu biji mampu menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus*, dengan zona hambat terbesar ditemukan pada konsentrasi ekstrak tertinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa senyawa bioaktif dalam daun jambu biji, seperti flavonoid dan tanin, berperan dalam aktivitas antibakteri. Dengan demikian, ekstrak daun jambu biji memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai alternatif antibakteri alami yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Kata kunci : Antibakteri, *Staphylococcus aureus*, Ekstrak daun jambu biji

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, kelompok XII MIPA 7 Kelompok 1 dapat menyusun karya ilmiah yang berjudul “Uji Efektivitas Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava* L.) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* sebagai antibakteri” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Karya ilmiah ini disusun sebagai salah satu bentuk kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang mikrobiologi dan farmakologi, khususnya dalam pemanfaatan bahan alami sebagai agen antibakteri. Daun jambu biji (*Psidium guajava* L.) telah dikenal memiliki kandungan senyawa bioaktif yang berpotensi sebagai antibakteri, dan penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi lebih lanjut pengaruhnya terhadap *Staphylococcus aureus*, bakteri yang sering menjadi penyebab berbagai infeksi, termasuk keracunan makanan (Jawetz dkk., 2013).

Penyusunan karya ilmiah ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, kami ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dra. Sri Wahjoeni Hadi S. selaku kepala sekolah SMA Katolik St. Louis 1;
2. V. Dahlia Adiati, S.Pd. selaku wakil kepala sekolah bidang kurikulum;
3. Pratita Nindya Dyana, M.Pd. selaku wali guru kelas XII MIPA 7;
4. P. Eko Sugiharto, S.Si, M.Kes., MCE., CCE., MCF selaku guru pembimbing I;

5. Antonius Raharjo Yuwono, ST., M.Si selaku guru pembimbing II; dan
6. Orang tua dan teman-teman yang ikut serta mendukung dalam penyusunan proposal ujian praktek ini.

Kami menyadari bahwa karya ilmiah ini masih memiliki keterbatasan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan karya ini di masa yang akan datang.

Akhir kata, semoga karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi referensi bagi penelitian lanjutan di bidang yang terkait.

Surabaya, 27 November 2024

Penyusun,

Kelompok 1 XII MIPA7

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH LAPORAN KARYA ILMIAH.....	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR SINGKATAN.....	x
DAFTAR SIMBOL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Batasan Masalah.....	3
C. Rumusan Masalah.....	3
D. Tujuan Penelitian.....	3
E. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
A. Tanaman Obat Keluarga.....	4
B. Jambu Biji.....	5
1. Gambaran umum.....	5
2. Kandungan Kimiawi dan Penelitian keefektifan daun jambu biji.....	6
C. Daun Jambu Biji Merah.....	10
D. Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	11
1. Klasifikasi.....	11
2. Morfologi.....	11

3. Patogenesis.....	12
F. Pertumbuhan Bakteri.....	13
G. Media Pertumbuhan Bakteri.....	16
H. Metode Ekstraksi Penumbukan.....	17
I. Metode Uji In Vitro Difusi Cakram.....	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	20
B. Alat dan Bahan Penelitian.....	20
C. Tahapan Penelitian.....	22
D. Variabel Penelitian.....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
A. Hasil Penelitian.....	28
B. Pembahasan.....	29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	36
A. Kesimpulan.....	36
B. Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA.....	37
LAMPIRAN.....	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Tanin.....	8
Gambar 2. Struktur Molekuler Kuersetin.....	9
Gambar 3. Gambar bentuk <i>Staphylococcus aureus</i>	12
Gambar 4. Kurva Pertumbuhan Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	16
Gambar 5. Diagram Air Penelitian.....	22
Gambar 6. Tata letak kertas cakram.....	26
Gambar 7. Grafik zona diameter hambat yang dihasilkan.....	28
Gambar 8. Dokumentasi zona hambat yang dihasilkan.....	29
Gambar 9. Cara pengukuran zona hambat.....	30

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tabel hasil pengujian daya hambat antibakteri dengan kertas cakram....28

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Kepanjangan
JITEKGI	Jurnal Ilmiah dan Teknologi Kedokteran Gigi

DAFTAR SIMBOL



Menunjukkan awal dan akhir



Menunjukkan proses



Menunjukkan alur dari diagram air

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul	Halaman
1.	Lembar Konsultasi	43
2.	Pengkulturan bakteri pada NB	44
3.	Menggoreskan bakteri pada NA menggunakan <i>cotton swab</i> steril	45
4.	Menimbang daun jambu biji merah untuk ekstrak	46
5.	Pembuatan ekstrak daun jambu biji merah	47
6.	Dokumentasi kelompok bersama Bu Nathania (Dosen WM)	48
7.	Perhitungan konsentrasi ekstrak	49
8.	Perhitungan rata-rata diameter zona hambat	50

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Infeksi bakteri merupakan salah satu masalah utama dalam bidang kesehatan masyarakat, terutama yang disebabkan oleh *Staphylococcus aureus*. Bakteri tersebut termasuk salah satu penyebab seseorang mengalami keracunan makanan yang dapat menimbulkan permasalahan kesehatan yang serius. *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri berbentuk bulat atau lonjong dan memiliki diameter sebesar 0.8-0.9 μm . Bakteri ini termasuk dalam jenis bakteri yang tidak bergerak (non motil), tidak memiliki simpai dan spora (Gupte, 1990) Sehingga perlu diketahui pengobatan yang lebih efektif dan alami untuk mengatasi bakteri tersebut.

Pemanfaatan tanaman obat keluarga sebagai bahan alami dalam mengatasi permasalahan tersebut dapat dijadikan solusi untuk menghambat perkembangan bakteri *Staphylococcus aureus*. Media tanaman yang digunakan dalam pengujian ini adalah daun jambu biji (*Psidium guajava L.*). Daun tersebut merupakan salah satu tanaman obat atau obat tradisional yang digunakan untuk mengobati diare atau mencret, disentri, dan kolesterol (Pramono, 2002). Daun jambu biji (*Psidium guajava L.*) merupakan salah satu tanaman yang mengandung flavonoid, tanin, saponin, minyak atsiri, triterpenoid dan alkaloid yang memiliki potensi sebagai agen antimikroba (Raj, Menon, & Sharma, 2020).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun jambu biji mampu menghambat pertumbuhan beberapa bakteri patogen, seperti *Escherichia coli* dan *Vibrio cholerae* (Noer Qonita, dkk 2019). Namun, penelitian yang menguji pengaruh ekstrak daun jambu biji terhadap *Staphylococcus aureus* masih terbatas, sehingga diperlukan pengujian lebih lanjut untuk memastikan efektivitasnya terhadap bakteri tersebut.

Selain menguji efek penggunaan ekstrak daun jambu biji, penting juga untuk mengevaluasi pengaruh perbedaan kadar ekstraknya agar mengetahui efektivitas antibakteri dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Penelitian untuk menguji berbagai kadar ekstrak diperlukan untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi ekstrak dan kemampuan antibakterinya. Dengan demikian, data yang dihasilkan tidak hanya menggambarkan pengaruh secara umum, tetapi juga menentukan kadar optimal yang dapat memberikan efek antibakteri paling efektif.

Dalam lingkup yang lebih luas, penelitian ini berada dalam kerangka pengembangan bahan alam sebagai alternatif pengganti antibiotik sintetis. Hal ini mendukung kemajuan global dalam menemukan solusi untuk resistensi antibiotik sekaligus memanfaatkan sumber daya alam secara berkelanjutan. Penelitian ini penting karena berpotensi memberikan alternatif terapi yang aman dan efektif dalam bidang kesehatan.

B. Batasan Masalah

1. Jenis bakteri yang digunakan adalah bakteri *Staphylococcus aureus*.
2. Jenis daun jambu biji yang digunakan adalah daun jambu biji merah.
3. Kandungan daun jambu biji yang dibahas adalah tanin dan flavonoid jenis *quercetin*.

C. Rumusan Masalah

Bagaimana efektivitas ekstrak daun jambu biji pada kadar tertentu terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*?

D. Tujuan Penelitian

Mendeskripsikan perbandingan pengaruh ekstrak daun jambu biji pada kadar tertentu terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*.

E. Manfaat Penelitian

Siswa memperoleh informasi mengenai perbandingan pengaruh ekstrak daun jambu biji pada kadar tertentu terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanaman Obat Keluarga

Tanaman Obat Keluarga atau yang biasa disingkat sebagai TOGA dan dijuluki juga sebagai apotik hidup, merupakan jenis tanaman obat pilihan yang dipergunakan untuk pertolongan pertama dan juga sebagai obat-obat ringan untuk mengobati beberapa macam penyakit, seperti demam dan batuk. Menurut Tukimin (2004) dalam eprints.umm.ac.id, pada hakikatnya TOGA sendiri diartikan sebagai sebidang tanah (baik di halaman rumah, kebun ataupun ladang), di mana bidang tanah itu digunakan untuk membudidayakan tanaman berkhasiat sebagai obat. Pemanfaatan bidang tanah untuk budidaya tanaman obat keluarga itu, dilakukan dalam rangka memenuhi keperluan obat-obatan tradisional untuk keperluan keluarga.

Bagian tumbuhan yang dapat dimanfaatkan sebagai obat adalah bagian daun, kulit batang, buah, biji, dan akarnya. Dalam hal ini, suatu tanaman bisa disebut sebagai tanaman obat, yakni apabila sebagian, seluruh, atau eksudat tersebut bisa digunakan sebagai bahan, obat, ataupun ramuan obat-obatan. Secara umum, TOGA dimanfaatkan sebagai minuman kebugaran, ramuan untuk gangguan kesehatan ringan, dan memelihara kesehatan, serta meningkatkan gizi. Beberapa contoh TOGA yang sering kita temui dalam kehidupan sehari-hari dapat berupa jahe, kunyit, kemangi sereh wangi, lengkuas, kencur, daun jambu biji, dan masih banyak lagi.

B. Jambu Biji

Klasifikasi dari tanaman jambu biji adalah sebagai berikut (Shruthi dkk, 2013):

Kingdom : Plantae

Ordo : Myrtales

Famili : Myrtaceae

SubFamili : Myrtaceae

Genus : Psidium

Spesies : Guajava

Nama binomial: *Psidium guajava* Linn.

1. Gambaran umum

Jambu biji termasuk ke dalam Famili Myrtaceae dan merupakan tanaman tropis jenis perdu yang dapat tumbuh sampai 10 m. Umumnya jambu biji ditanam untuk mendapatkan buahnya (Joseph, 2011). Batang jambu biji berkayu, keras, kulit batang licin, mengelupas, dan berwarna coklat kehijauan. Helaian daun jambu biji berbentuk bulat telur sedikit menjong, ujung tumpul, pangkal membulat, tepi rata sedikit menekuk ke atas, pertulangan menyirip, panjang 6-14 cm, lebar 3-6 cm, berwarna hijau. Buahnya berbentuk bulat sampai bulat telur, berwarna hijau sampai hijau kekuningan (Dalimartha, 2000). Manfaat paling terkenal dari daun jambu biji adalah sebagai obat diare. Nutrisi yang terkandung di dalam daun jambu biji dipercaya tak hanya mengatasi berbagai

masalah kesehatan melainkan juga mencegah berbagai penyakit menyerang tubuh.

2. Kandungan Kimiawi dan Penelitian keefektifan daun jambu biji

Daun jambu biji mengandung unsur kimia seperti *α -pinene*, *β -pinene*, *limonene*, *menthol*, *terpinyl acetate*, *isopropyl alcohol*, *long icyclone*, *caryophyllene*, *β -bisabolene*, *caryophyllene oxide*, *β -copanene*, *farnesene*, *humulene*, *selinene*, *cardine* dan *curcumene*, *malic acids*, *nerolidol*, *β -sitosterol*, *ursolic*, *crategolic*, dan gunanya *folic acids*, *cineol*, *quercetin*, *avicularin*, *essential oil*, *resin*, *tannin*, *eugenol*, *caryophyllene* dan *guavenoic acid*, *triterpene oleanolic acid*, *prenol*, dan *triterpenoids* (Joseph, 2011, Shruthi dkk, 2013, Dalimartha, 2000, Mittal dkk, 2010). Efektivitas antimikroba tanaman yang termasuk ke dalam famili Myrtaceae terkait dengan kadar tinggi *essential oil* dan senyawa fenolik seperti *tanin* (Vieira dkk, 2012).

Empat komponen antibakteri telah teridentifikasi dari daun jambu biji (*Psidium guajava* Linn.) dua *flavonoid glycosides* baru yaitu *morin-3-O-alpha-Glucopyranoside* dan *morin-3-O-alpha-L-arab pyranoside*, dan dua lagi yang sudah dikenal sebagai flavonoid yaitu *guaijaverin* dan *quercetin* (Mittal dkk, 2010; Rishika dkk, 2012). Daun jambu biji memiliki kandungan senyawa fenol yang cukup banyak diantaranya tanin dan flavonoid, sehingga daun jambu biji bersifat antimikroba

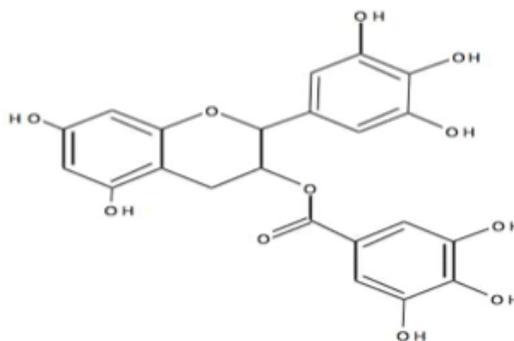
(Hermawan dkk, 2012). Tanin yang terkandung di dalam daun jambu biji sebesar 90.000-150.000 ppm atau sekitar 9% (Galih, 2010; Hermawan dkk, 2012). Tanin sebagai antimikroba disebabkan oleh adanya gugus pirogalol dan gugus galoil yang merupakan gugus fenol yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri atau membunuhnya dengan cara bereaksi dengan sel protein bakteri sehingga terjadi denaturasi protein. Adanya denaturasi pada dinding sel bakteri menyebabkan gangguan metabolisme bakteri sehingga terjadi kerusakan pada dinding sel yang akhirnya menyebabkan sel lisis (Hermawan dkk, 2012).

Flavonoid yang terdapat pada daun jambu biji mempunyai efek antimikroba melalui kemampuannya untuk membentuk ikatan kompleks dengan protein pelarut dan protein ekstraseluler dinding sel bakteri, hal ini akan merusak integritas dinding sel dan dinding sel tersebut menjadi rusak (Fadlillah dkk, 2010). Daun jambu biji kaya akan senyawa flavonoid, khususnya kuersetin. Senyawa inilah yang memiliki aktivitas antibakteri (Raintree, 2010).

Salah satu bentuk penelitian seperti yang dilakukan oleh Natali Oliviti, dkk (2021) dimana dilakukannya penelitian terhadap keefektifan dan konsentrasi yang dibutuhkan antibakteri ekstrak daun jambu biji dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan

bahwa besar konsentrasi yang digunakan berbanding lurus dengan besar zona hambat yang dibentuk sehingga menunjukkan respon yang kuat sehingga respon ekstrak tersebut dapat disimpulkan efektif.

a. Tanin



Gambar 1. Struktur Tanin

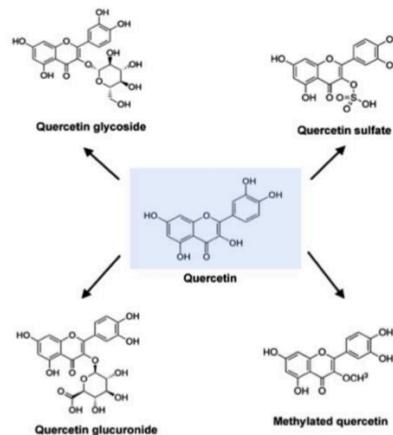
Tanin adalah senyawa organik yang sangat kompleks dan banyak terdapat pada bermacam-macam tumbuhan. Istilah tanin diperkenalkan oleh Seguil pada tahun 1796. Pada masa itu, belum diketahui bahwa tanin tersusun dari campuran bermacam senyawa, bukan hanya satu golongan senyawa saja (Fachri, dkk. 2012).

Tanin bersifat amorf dan mempunyai daya untuk menyamak kulit hewan. Struktur tanin belum dapat ditentukan secara pasti, namun diartikan sebagai senyawa-senyawa alami dengan bobot molekul antara 500 dan 3000, serta mempunyai gugus hidroksil fenolik (1-2

tiap 100 satuan bobot molekul) dan dapat membentuk ikatan silang yang stabil dengan protein dan bipolimer lain (Yudha, 2007).

Selain itu juga, tanin juga memiliki sifat kimia, yaitu tanin merupakan senyawa kompleks dalam bentuk campuran polifenol yang sukar dipisahkan sehingga sukar mengkristal, tanin dapat diidentifikasi dengan kromatografi, senyawa fenol dari tanin mempunyai aksi adstringensia, antiseptik, dan pemberi warna (Fachri, dkk. 2012).

b. Flavonoid jenis *quercetin*



Gambar 2. Struktur Molekuler Kuersetin (Li dkk., 2016).

Kuersetin merupakan bagian dari kelompok flavonoid yang dapat ditemukan dalam buah-buahan dan sayuran memiliki sifat biologis yang dapat meningkatkan kinerja untuk mengurangi dan menekan risiko infeksi (Sun

dkk., 2015). Kuersetin memiliki rumus kimia $C_{15}H_{10}O_7$ (Ravichandran dkk., 2014). Kuersetin merupakan aglikon, berwarna kuning citrus terang dan cukup larut dalam alkohol (Shah dkk., 2016). Kuersetin dikategorikan dalam kelas *Biopharmaceutical Classification System* (BCS) II karena mempunyai sifat kelarutan dalam air rendah dan permeabilitas yang tinggi (Bimala, 2017).

Dalam kuersetin ditemukan aktivitas anti-karsinogenik, anti-inflamasi, antivirus, antioksidan, dan psikosimultan, serta kemampuan untuk menghambat peroksidasi lipid, agregasi platelet, dan untuk merangsang biogenesis mitokondria (Nishimuro dkk., 2015)). Kuersetin memiliki fungsi menangkal radikal bebas dan anti-alergi, merangsang sistem kekebalan tubuh, antivirus, menghambat pelepasan histamin dan mengurangi sitokin pro-inflamasi (Mlcek dkk., 2016).

C. Daun Jambu Biji Merah

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Agustin, Clarista pada tahun 2020, mengenai Perbedaan Efektivitas Ekstrak Daun Jambu Biji Buah Merah dan Putih Terhadap Pertumbuhan *Lactobacillus acidophilus*, didapat hasil bahwa pengukuran diameter zona hambat daun jambu biji buah merah pada konsentrasi 10% adalah 13,5 mm dan 20% adalah 16

mm, pada buah putih konsentrasi 20% adalah 13 mm dan 30% adalah 16,5 mm. Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, kami memutuskan untuk memilih daun jambu biji merah sebagai daun yang akan kami gunakan dalam penelitian ini karena keefektifannya yang lebih besar terhadap pertumbuhan bakteri.

D. Bakteri *Staphylococcus aureus*

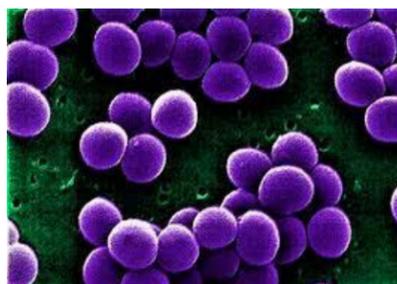
1. Klasifikasi

Klasifikasi bakteri *Staphylococcus aureus* menurut

Soedarto (2015) diuraikan sebagai berikut:

Domain	: Bacteria
Kingdom	: Eubacteria
Filum	: Firmicutes
Kelas	: Bacilli
Ordo	: Bacillales
Famili	: Staphylococcaceae
Genus	: <i>Staphylococcus</i>
Species	: <i>Staphylococcus aureus</i>

2. Morfologi



Gambar 3. Gambar bentuk *Staphylococcus aureus* (Soedarto, 2015)

Staphylococcus aureus merupakan bakteri berbentuk bulat atau lonjong dan memiliki diameter sebesar 0.8-0.9 μm . Bakteri ini termasuk dalam jenis bakteri yang tidak bergerak (nonmotil), tidak memiliki simpai dan spora (Gupte, 1990). *Staphylococcus aureus* pada pewarnaan Gram bersifat gram positif dan jika diamati di bawah mikroskop akan terlihat bentuk bulat-bulat bergerombol seperti anggur (Soedarto, 2015).

Staphylococcus aureus bersifat anaerob fakultatif dan dapat tumbuh karena melakukan respirasi aerob dan fermentatif. Tumbuh lebih cepat dan lebih banyak dalam keadaan aerobik dengan suhu optimum 37°C (Locke dkk., 2013). Bakteri ini juga tahan hidup pada kekeringan dan panas sampai suhu 50°C (Soedarto, 2015).

3. Patogenesis

Staphylococcus aureus merupakan flora normal pada kulit, pernafasan, dan gastrointestinal manusia. Bakteri ini juga ditemukan di lingkungan manusia, seperti pada pakaian, seprei, dan lain-lain. Kapasitas patogen dari strain *Staphylococcus aureus* merupakan efek kombinasi dari faktor ekstraseluler dan toksin. Salah satu penyakit yang disebabkan oleh bakteri ini adalah keracunan makanan, selain itu juga banyak menimbulkan infeksi (Jawetz dkk., 2013).

Infeksi yang paling sering disebabkan oleh *Staphylococcus aureus* adalah infeksi yang biasanya menimbulkan pembentukan abses atau lesi terlokalisasi dan bernanah. Kulit dan

struktur-struktur kulit yang berhubungan merupakan tempat yang sering terjadi lesi. Lesi tersebut dapat menyebabkan borok, jerawat, bisul pada kulit. *Staphylococcus aureus* dapat menginfeksi jaringan dan organ dalam, seperti menyebabkan pneumonia, osteomielitis (abses pada tulang dan sumsum tulang), endokarditis (radang pada endokardium), sistitis (radang pada kandung kemih), pielonefritis (radang pada ginjal) dan enteritis stafilokokus. Enteritis stafilokokus terjadi karena adanya cemaran enterotoksin pada makanan (Cappuccino dan Sherman, 2014).

F. Pertumbuhan Bakteri

Pertumbuhan pada bakteri terjadi secara aseksual dan disebut dengan pembelahan biner. Pertumbuhan bakteri membutuhkan suhu yang optimal, sehingga membutuhkan inkubator. Inkubator merupakan perangkat yang digunakan di laboratorium mikrobiologi untuk menciptakan lingkungan terkontrol yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme. Inkubator bekerja dengan mengendalikan suhu, kelembaban, dan ventilasi. Komponen utamanya meliputi pemanas berupa daya listrik, sensor suhu, dan sistem kontrol suhu dengan thermostat untuk menjaga stabilitas suhu (Pelczar & Chan, 2005). Sirkulasi udara berupa kipas dalam inkubator juga penting untuk memastikan distribusi suhu yang merata, sementara isolasi termal mencegah kehilangan panas (Madigan dkk., 2018).

Staphylococcus aureus ini adalah anaerob fakultatif yang sangat tangguh yang dapat bertahan hidup dalam kondisi ekstrem, tumbuh subur di lingkungan pada suhu sekitar 37°C. (Cohen & Kurzrock, 2004).

Inkubator modern menggunakan sistem otomatisasi untuk mencapai suhu yang diinginkan. Proses dimulai dengan pemanasan dari suhu ruangan hingga mencapai suhu target, dilanjutkan dengan pengendalian stabilitas suhu agar tetap berada pada angka yang diinginkan, seperti 37°C. Pertumbuhan yang terjadi pada bakteri berlangsung dengan interval yang teratur dengan penambahan jumlah sel secara eksponensial. Menurut Dwidjoseputro (1994), inkubasi bakteri dilakukan selama 24 jam karena pada waktu tersebut bakteri dimungkinkan telah berada pada fase eksponensial, pada fase tersebut bakteri melakukan pembelahan secara konstan dan jumlah sel meningkat. Pada pertumbuhan bakteri, terdapat beberapa fase yang akan dilalui yaitu:

1) Fase Lag

Fase lag merupakan fase penyesuaian bakteri dengan lingkungan yang baru. Lama fase lag pada bakteri sangat bervariasi, tergantung pada komposisi media, pH, suhu, aerasi, jumlah sel pada inokulum awal dan sifat fisiologis mikroorganisme pada media sebelumnya (Riadi, 2016). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Yuliana Retnowati, bakteri *Staphylococcus Aureus* pada inkubator suhu 37°C mengalami fase lag pada jangka 1-3 jam.

2) Fase Eksponensial

Fase Logaritma / eksponensial ditandai dengan terjadinya periode pertumbuhan yang cepat. Setiap sel dalam populasi membelah menjadi dua sel. Variasi derajat pertumbuhan bakteri pada fase eksponensial ini sangat dipengaruhi oleh sifat genetik yang diturunkannya (Riadi, 2016).

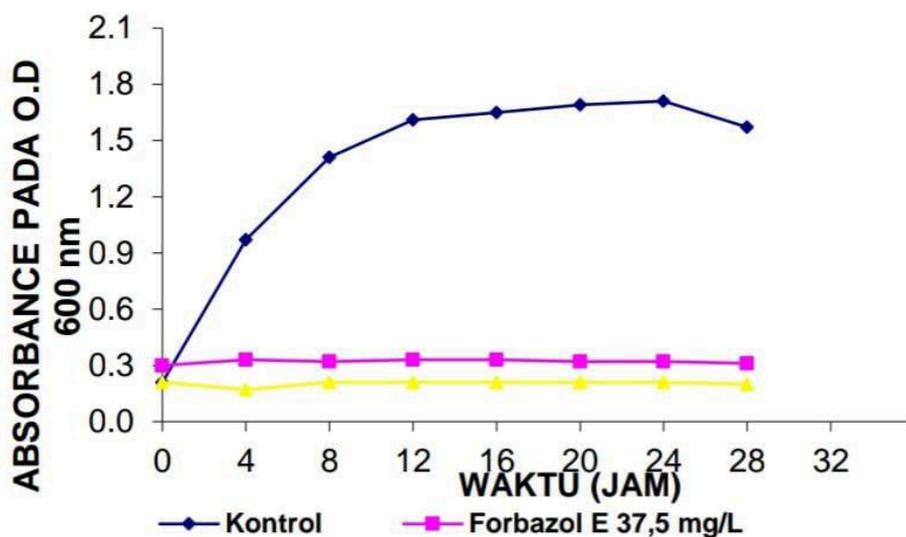
3) Fase Stasioner

Fase stasioner terjadi pada saat laju pertumbuhan bakteri sama dengan laju kematiannya. Sehingga jumlah bakteri keseluruhan bakteri akan tetap. Keseimbangan jumlah keseluruhan bakteri ini terjadi karena adanya pengurangan derajat pembelahan sel. Hal ini disebabkan oleh kadar nutrisi yang berkurang dan terjadi akumulasi produk toksik sehingga mengganggu pembelahan sel. Fase stasioner ini dilanjutkan dengan fase kematian yang ditandai dengan peningkatan laju kematian yang melampaui laju pertumbuhan, sehingga secara keseluruhan terjadi penurunan populasi bakteri (Riadi, 2016).

4) Fase Kematian

Fase Kematian merupakan fase dimana laju kematian lebih besar (Riadi, 2016). Nutrisi pada medium biakan yang terus menipis dan adanya akumulasi produk sampingan yang terjadi

terus menerus akan menyebabkan biakan mengalami fase kematian dimana jumlah sel menurun secara bertahap.



Gambar 4. Kurva Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* (Ni Putu Ristiati, 2015)

G. Media Pertumbuhan Bakteri

1. Media padat

Media padat adalah media cair yang mengandung substansi pematat, seperti agar-agar dan gelatin dengan konsentrasi yang berbeda (ISO 11133-1,2009, hal 2). Bahan pematat ini akan membuat media menjadi padat setelah didinginkan. Media padat berguna untuk menjaga sel agar tidak berpindah tempat sehingga mudah dihitung dan dipisahkan jenisnya ketika bertambah banyak dan tumbuh menjadi koloni. Beberapa bentuk media padat yang digolongkan berdasarkan bentuk dan tempatnya diantaranya adalah:

a. Media agar cawan

Media agar dalam cawan memiliki berbagai macam fungsi, diantaranya untuk enumerasi, isolasi, karakterisasi dll. Mikroba pada media ini akan tumbuh terkumpul menjadi koloni pada permukaan agar.

b. Media agar miring

Media ini berfungsi untuk menumbuhkan kultur yang umumnya akan disimpan. Bentuk agar yang miring di dalam tabung memungkinkan pembesaran luas permukaan dan dapat meminimalkan kontaminasi karena mulut tabung yang sempit.

2. Media Cair

Media cair tidak mengandung agar, sehingga tetap dalam bentuk cair. Media ini digunakan untuk menumbuhkan bakteri dalam jumlah besar dan untuk uji motilitas. Media cair biasanya digunakan untuk mengukur jumlah bakteri secara keseluruhan, mengetahui kebutuhan oksigen bakteri, atau melakukan fermentasi. Contoh media cair adalah nutrient broth (NB), lactose broth (LB), dan thioglycolate broth (TB).

H. Metode Ekstraksi Penumbukan

Metode yang digunakan dalam mengekstraksi daun jambu biji (*Psidium guajava L.*) adalah dengan cara penumbukan, yaitu dengan meletakkan daun ke dalam mortar yang merupakan wadah berbahan keramik atau porselen yang kuat terhadap bahan kimia, dan panas untuk

menghancurkan dan menyatukan berbagai bahan kimia atau bahan organik dalam jumlah kecil hingga sedang. Cara menghancurkannya adalah dengan menggunakan pestle, yaitu alat untuk menghancurkan atau menghaluskan bahan. Pestle umumnya memiliki bentuk bulat dan juga memiliki pegangan yang panjang dan tebal agar mudah digenggam dan digunakan untuk menghancurkan bahan dengan cara digerakkan ke atas dan ke bawah pada dinding mortar.

I. Metode Uji In Vitro Difusi Cakram

Uji in vitro merupakan suatu metode uji pada media buatan yang sesuai dengan lingkungan optimal yang diperlukan oleh mikroba untuk tumbuh dan berkembangbiak. Metode yang digunakan pada pengujian in vitro adalah metode difusi atau metode cakram kertas antibiogram Kirby-Bauer (Lay, 1994) dan menggunakan metode difusi. Prinsip pengujian metode difusi adalah kertas cakram yang diberi konsentrasi senyawa antibakteri tertentu ditempatkan pada media di mana organisme yang diuji tumbuh (Soleha, 2015). Lama perendaman kertas cakram selama 15 menit yang bertujuan untuk memaksimalkan absorpsi zat aktif oleh kertas saring (Bani dkk., 2018).

Pada metode difusi parameter yang diamati adalah zona hambat yang terbentuk, yaitu dengan mengukur diameter zona jernih di sekitar sumur dengan penggaris (Rahman, 2008). Semakin besar diameter zona hambat maka semakin rendah nilai konsentrasi hambat minimum senyawa tersebut. Sehingga kertas cakram merupakan bahan penting yang

diperlukan karena kertas cakram berfungsi sebagai bahan yang menyerap ekstrak yang digunakan dan ditempatkan pada media pertumbuhan bakteri (Sundari, 2022).

BAB III METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat Penelitian : Laboratorium Teknologi Bioproses Universitas
Widya Mandala Kalijudan, Surabaya

Waktu Penelitian :

1. Hari Pertama

Hari, tanggal : Kamis, 9 Januari 2025

Waktu : 15.00 WIB - 18.00 WIB

2. Hari Kedua

Hari, tanggal : Senin, 13 Januari 2025

Waktu : 15.20 WIB - 16.00 WIB

B. Alat dan Bahan Penelitian

Penumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*

Alat:

1. 3 Cawan Petri
2. Labu Erlenmeyer
3. Jarum ose
4. Tabung reaksi
5. Bunsen
6. Pemantik

Bahan:

1. Air steril
2. Kultur bakteri *Staphylococcus aureus*
3. *Nutrient Agar*
4. *Nutrient Broth*

Ekstrak daun jambu biji

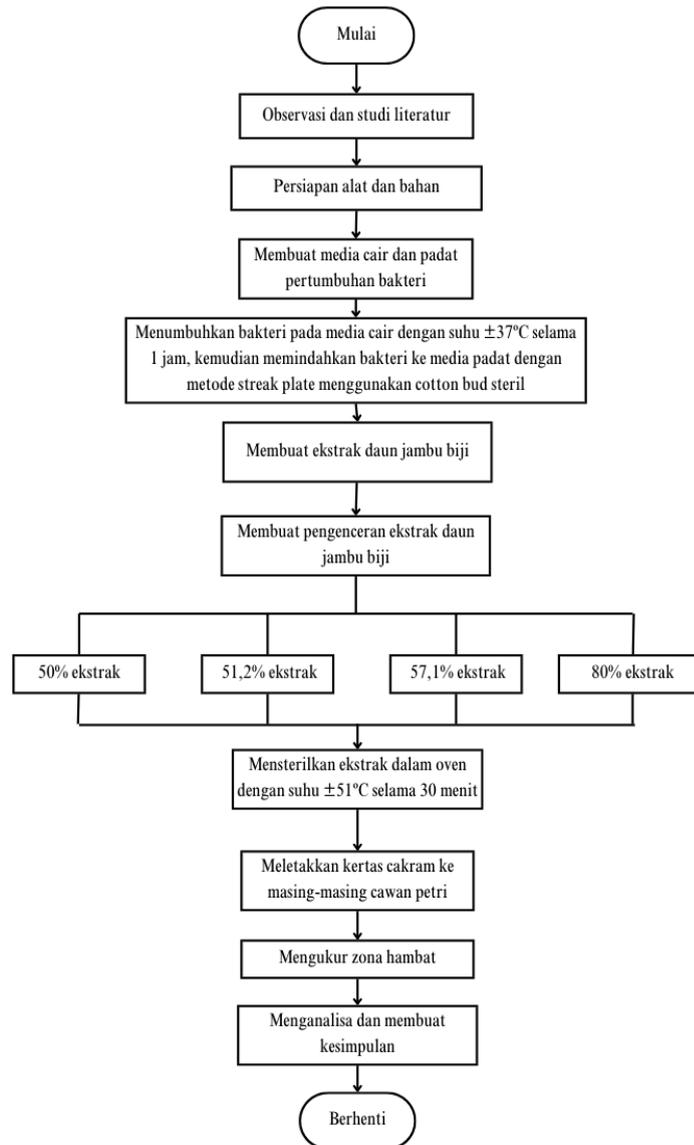
Alat :

1. Mortar
2. Pestle
3. 4 Gelas Beker
4. Kertas cakram
5. Pipet tetes
6. Gelas Ukur
7. Timbangan digital
8. Oven

Bahan :

1. Daun jambu biji merah
2. Air steril

C. Tahapan Penelitian



Gambar 5. Diagram Air Penelitian

Langkah-langkah Penelitian:**Mengkulturkan bakteri *Staphylococcus aureus***

1. Mengkulturkan bakteri *Staphylococcus aureus* pada nutrient broth
 - a. Mengambil kultur bakteri *Staphylococcus aureus* menggunakan jarum ose.
 - b. Melarutkannya bakteri yang ada di jarum ose di nutrient broth.
2. Nutrient broth yang sudah diberi bakteri ditunggu hingga fase lagnya selesai yaitu selama ± 1 jam pada suhu 37°C .
3. Setelah ± 1 jam, kultur bakteri dalam nutrient broth dikeluarkan dari inkubator.

Membuat ekstrak daun jambu biji

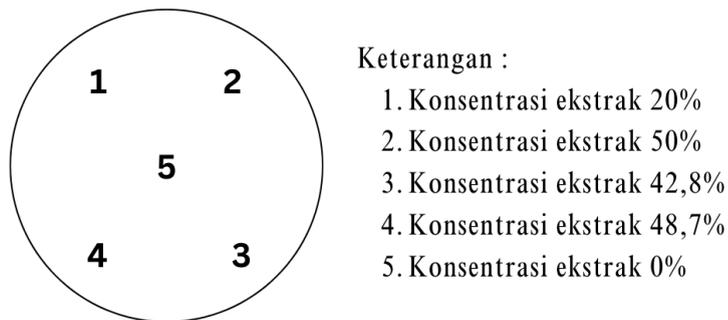
1. Menyiapkan daun jambu biji yang sudah dicuci bersih dan dikeringkan.
2. Menyiapkan mortal dan pestle.
3. Memasukkan daun jambu biji yang sudah ditimbang ke dalam mortar.
 - Pada konsentrasi ekstrak 20% massa daun jambu biji adalah 1 gram.
 - Pada konsentrasi ekstrak 42,8% massa daun jambu biji adalah 3 gram.

- Pada konsentrasi ekstrak 48,7% massa daun jambu biji adalah 3,8 gram.
 - Pada konsentrasi ekstrak 50% massa daun jambu biji adalah 1 gram.
4. Memasukkan air steril ke dalam mortar.
- Pada konsentrasi ekstrak 20% massa air steril adalah 4 gram.
 - Pada konsentrasi ekstrak 42,8% massa air steril adalah 1 gram.
 - Pada konsentrasi ekstrak 48,7% massa air steril adalah 4 gram.
 - Pada konsentrasi ekstrak 50% massa air steril adalah 4 gram.
5. Menumbuk daun jambu biji dengan air steril menggunakan pestle hingga terbentuk ekstrak daun jambu biji.
6. Meletakkan ekstrak masing-masing dalam cawan petri.
7. Mensterilkan ekstrak dengan memasukkan pada oven dengan suhu 51°C selama ± 30 menit.
8. Mencilupkan kertas cakram ke dalam masing-masing ekstrak yang sudah dibuat selama 15 menit.

Tes Antibakteri

1. Membuat media agar untuk tes antibakteri.
 - a. Melarutkan 8 gr nutrient agar dengan 200 ml air steril dalam labu erlenmeyer.
 - b. Menuangkan nutrient agar yang sudah larut ke dalam cawan petri.
2. Setelah media agar padat, mengambil bakteri dengan *cotton swab* steril, lalu menggoreskan ke nutrient agar.
3. Setelah 15 menit, meletakkan ekstrak daun jambu biji ke atas nutrient agar yang sudah diberi bakteri.
 - a. Meletakkan kertas cakram dengan konsentrasi 0% ke atas nutrient agar yang sudah digores bakteri *Staphylococcus aureus*.
 - b. Meletakkan kertas cakram dengan konsentrasi ekstrak 20% ke atas nutrient agar yang sudah digores bakteri *Bacillus cereus*.
 - c. Meletakkan kertas cakram dengan konsentrasi ekstrak 42,8% ke atas nutrient agar yang sudah digores bakteri *Bacillus cereus*.
 - d. Meletakkan kertas cakram dengan konsentrasi ekstrak 48,7% ke atas nutrient agar yang sudah digores bakteri *Bacillus cereus*.

- e. Meletakkan kertas cakram dengan konsentrasi ekstrak 50% ke atas nutrient agar yang sudah digores bakteri *Bacillus cereus*.



Gambar 6. Tata letak kertas cakram

4. Memasukkan nutrient plate agar yang sudah diberi dengan bakteri dan diberi kertas cakram dengan beberapa konsentrasi ekstrak di atasnya ke dalam inkubator dan menunggu selama ± 24 jam dengan suhu $\pm 37^{\circ}\text{C}$.
5. Mengukur dan mencatat diameter zona hambat yang dihasilkan.
6. Mengulangi penelitian sebanyak tiga kali.
7. Menganalisis reaksi bakteri *Staphylococcus aureus* terhadap ekstrak daun jambu biji.
8. Menyimpulkan hasil penelitian yang telah dilakukan.

D. Variabel Penelitian

Variabel Penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dijaga agar tetap konstan selama penelitian berlangsung. Variabel kontrol dalam penelitian ini berupa media kultur awal bakteri yang sama yaitu nutrient broth, media penumbuhan bakteri yang sama yaitu nutrient agar *plate*, waktu inkubasi yang sama yaitu selama 24 jam, suhu inkubasi yang sama yaitu $\pm 37^{\circ}\text{C}$, dan jenis daun jambu biji yang sama.

2. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang dapat memengaruhi variabel lainnya dalam penelitian. Variabel bebas dalam penelitian ini berupa konsentrasi ekstrak daun jambu biji merah yang berbeda-beda yaitu 0%, 20%, 42,8%, 48,7%, dan 50%.

3. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang terpengaruh oleh variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini berupa diameter zona hambat yang dihasilkan bakteri *Staphylococcus aureus* setelah diberi ekstrak daun jambu biji merah dengan konsentrasi tertentu.

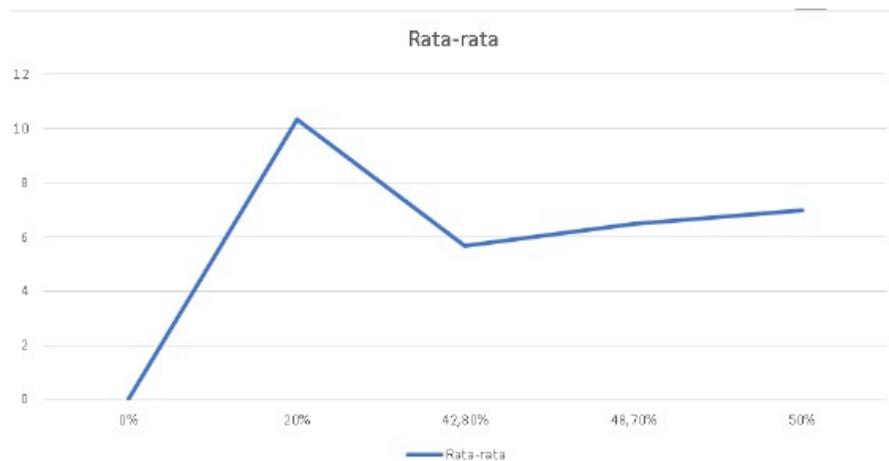
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

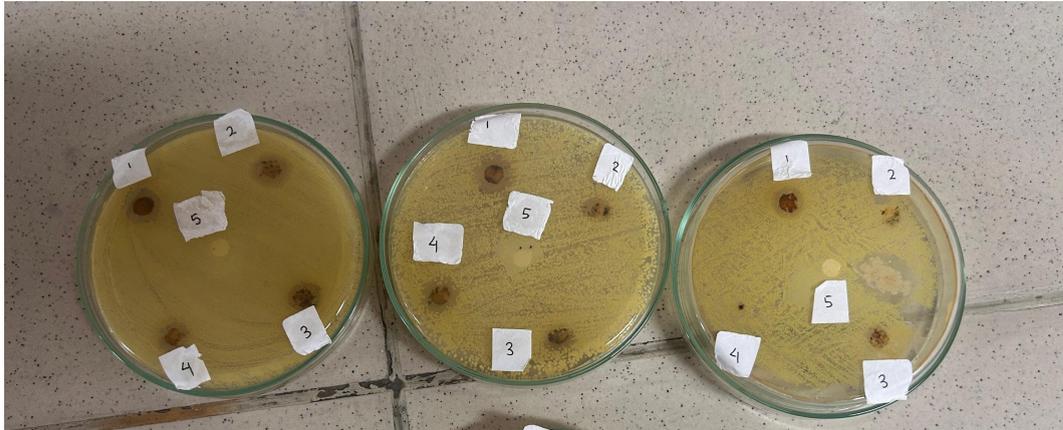
Dalam penelitian ini, terbentuknya diameter zona hambat menjadi indikator bahwa ekstrak daun jambu biji merah memiliki efek antibakteri. Hasil diameter zona hambat yang terbentuk dari penelitian yang telah dilakukan terlampir dalam tabel berikut.

No	Perlakuan	Diameter zona hambat (mm)			Rata-rata (mm)
		1	2	3	
1	0%	0	0	0	0
2	20%	10,5	12	8,5	10,33
3	42,8%	10	7	0	5,66
4	48,7%	9	10,5	0	6,5
5	50%	13,5	7,5	0	7

Tabel 1. Tabel hasil pengujian daya hambat antibakteri dengan kertas cakram



Gambar 7. Grafik zona diameter hambat yang dihasilkan



Gambar 8. Dokumentasi zona hambat yang dihasilkan

B. Pembahasan

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk menguji efektivitas ekstrak daun jambu biji merah sebagai antibakteri adalah metode difusi cakram. Bakteri yang digunakan sebagai bahan uji adalah bakteri *Staphylococcus aureus* yang kulturnya berasal dari laboratorium Teknologi Bioproses Widya Mandala Kalijudan. Praktikum ini juga dilakukan di laboratorium Teknologi Bioproses Widya Mandala Kalijudan. Hasil dari penelitian adalah untuk menguji adanya zona hambat yang terbentuk. Zona hambat adalah daerah jernih sekeliling media pertumbuhan bakteri uji (Kipimbob dkk., 2019), yang menjadi indikator bahwa ekstrak daun jambu biji merah yang menjadi bahan uji benar memiliki kandungan antibakteri.

antara lain: morin-3-O-arabinoside, morin-3-O-lyxodise, quersetin, dan quarcetin-3-O-arabinoside dengan aktivitas antibakteri yang kuat (Akiyama et al., 2015). Flavonoid dapat mengikat protein yang mengakibatkan aktivitas enzim mikroba terhambat, sehingga proses metabolisme sel terganggu (Niken et al., 2022).

Mekanisme kerja tanin sebagai antibakteri yaitu dengan cara menyebabkan sel bakteri menjadi lisis. Hal ini terjadi karena tanin memiliki target pada dinding polipeptida dinding sel bakteri, sehingga pembentukan dinding sel menjadi kurang sempurna, dan kemudian sel bakteri akan mati. Tanin adalah senyawa polifenol dengan gugus hidroksil yang kompleks dan mempunyai bentuk yang beragam dengan berat molekul tinggi sekitar 500 hingga 20.000 Da (Elgailani dan Christine, 2016). Mekanisme kerja tanin sebagai antibakteri adalah menghambat enzim reverse transkriptase dan DNA topoisomerase sehingga sel bakteri tidak dapat terbentuk (Cushnie, 2017). Enzim reverse transkriptase adalah enzim yang menghasilkan DNA komplementer dari cetakan RNA dalam proses transkripsi balik dan DNA topoisomerase berfungsi untuk mencegah DNA menjadi kusut, serta mengurangi tekanan pada DNA superkoil selama replikasi DNA. DNA pada bakteri sendiri berfungsi untuk mengendalikan sintesis protein bakteri. Sintesis protein pada bakteri penting untuk membuat organisme baru selama proses reproduksi dan untuk memelihara organisme yang sudah hidup dengan memperbaiki dan mengganti sel dan jaringan yang ada. Akibat dari kerja tanin yang

menghambat enzim reverse transkriptase dan DNA topoisomerase, maka bakteri pun sulit untuk berkembang biak, sehingga terbentuk daerah zona hambat di sekitar daerah yang diberi kertas cakram.

Tanin merupakan jenis senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada tanaman dan disintesis oleh tanaman itu sendiri (Jayanegara dan Sofyan, 2008). Sebagian besar tanin terdapat pada vakuola atau dinding permukaan tanaman, seperti pada tunas, jaringan akar, daun, batang, dan benih. Tersebar luas juga pada gymnospermae dan angiospermae, namun paling banyak dijumpai pada tanaman dikotil (berkeping dua) karena tanin termasuk dalam komponen zat organik yang merupakan turunan polimer pada berbagai jenis tanaman (Malangngi, dkk., 2012). Tanin umumnya terdapat hampir di semua bagian tanaman seperti pada daun, batang, kulit kayu dan juga buah (Dur, 2013). Tanin terbagi atas dua jenis, yaitu tanin terhidrolisis dan tanin terkondensasi. Pada tanaman, jumlah tanin terkondensasi lebih dominan dari pada tanin terhidrolisis. (Kraus et al., 2003).

Tanin mampu mengendapkan protein dengan sejumlah gugus fungsional yang dapat membentuk ikatan kompleks yang sangat kuat dengan molekul protein. Ikatan tersebut yaitu ikatan antara grup fenol tanin dengan keto protein yang merupakan ikatan hidrolisis antara cincin aromatik struktur protein dan tanin (Fahey & Berger, 1988). Adanya ikatan tersebut mengakibatkan protein tidak dapat didegradasi oleh mikroba rumen.

Keberadaan gugus dihidroksi fenil dapat memengaruhi ketersediaan besi pada lingkungan yang digunakan organisme lain dalam pertumbuhan dan perkembangan. Gugus dihidroksifenil dapat mengikat paling sedikit tiga ion besi tergantung jenis gallotaninnya, pengikatan besi menyebabkan terbentuknya endapan besi sehingga ketersediaan besi terhadap organisme akan berkurang. Efek antibakteri gallotanin lebih tinggi dari ellagitanin di pengaruhi keberadaan gugus galloil pada senyawa gallotanin dalam aktivitas antibakteri. Gugus galloil memiliki kemampuan dalam mengikat dan mengendapkan besi melalui proses galloilisasi sehingga besi tidak tersedia pada lingkungan yang digunakan sebagai zat penting pertumbuhan bakteri (Farha 2020). Gugus galloil bebas merupakan faktor paling penting bagi gallotanin terhadap aktivitas biologisnya terutama sebagai antibakteri (Shimozu et al. 2017). Keberadaan 2,6-Tri-O-galloyl- β -D-glucopyranose pada gallotanin akan meningkatkan kemampuannya dalam mengelat ion besi dan meningkatkan derajat galloilisasi pada aktivitasnya (Bag et al. 2013). Kelompok galloil memiliki kemampuan dalam pengikatan protein dan inaktivasi enzim sehingga menyebabkan gangguan metabolisme, perubahan morfologi, aglutinasi, dan lisis pada bakteri (Firdausi et al. 2013; Dong et al. 2018).

Diameter zona hambat yang dihasilkan berbeda-beda untuk aktivitas antibakteri *Staphylococcus aureus* oleh ekstrak daun jambu biji merah dengan konsentrasi 0%, 20%, 42,8%, 48,7%, dan 50%. Pada konsentrasi 0% hasilnya adalah 0 mm, hal ini membuktikan bahwa dalam

air yang digunakan untuk pembuatan ekstrak, tidak ada kandungan bakteri lain yang mempengaruhi penelitian. Kemudian, pada konsentrasi 20% hasilnya adalah 10,33 mm, pada konsentrasi 42,8% hasilnya adalah 6,5 mm, pada konsentrasi 48,7% hasilnya adalah 5,66 mm, dan pada konsentrasi 50% hasilnya adalah 7 mm. Daya hambat paling rendah adalah pada konsentrasi 48,7% sebesar 5,66 mm dan daya hambat paling tinggi adalah pada konsentrasi 20% sebesar 10,33 mm.

Menurut Davis dan Stout (1971), kriteria kekuatan daya antibakteri sebagai berikut: diameter zona hambat 5 mm atau kurang dikategorikan lemah, zona hambat 5- 10 mm dikategorikan sedang, zona hambat 10-20 mm dikategorikan kuat dan zona hambat 20 mm atau lebih dikategorikan sangat kuat. Berdasarkan teori ini, maka zona hambat kuat ada pada konsentrasi 20%, dan zona hambat sedang ada pada konsentrasi 42,8%, 48,7%, dan 50%. Berdasarkan grafik yang sudah ada di atas dapat dilihat bahwa kecenderungan diameter zona hambat meningkat di konsentrasi 42,8%, 47,8%, dan 50%, tetapi tidak dengan konsentrasi 20%, seharusnya konsentrasi 20% menghasilkan hasil yang lebih rendah dibanding konsentrasi 42,8%. Maka, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi ekstrak paling efektif ada pada konsentrasi 50%.

Selain itu, pada kenyataannya selama tes antibakteri setelah 24 jam, bakteri belum kunjung tumbuh dalam media agar. Setelah ditunggu hingga hari senin, yaitu agar kertas cakram berdifusi dengan maksimal, metode ekstraksi perlu dilakukan perlakuan tambahan yaitu proses

penyaringan dan diperas untuk membuat suatu eksudati (Wahyuni & Nugrahani, 2021), bakteri baru terlihat tumbuh dan diameter zona hambat juga terbentuk dalam media agar. Bakteri memerlukan waktu lama untuk tumbuh karena disebabkan oleh waktu pengkulturan bakteri dalam nutrient broth yang kurang lama. Waktu yang seharusnya dihabiskan untuk mengkulturkan bakteri dalam nutrient broth adalah hingga fase lag selesai, yaitu sekitar 4 jam, bukan hanya selama 1 jam. Akibat pengkulturan hanya selama 1 jam, bakteri memerlukan waktu yang sangat lama untuk tumbuh dalam media *agar plate*, yaitu hingga 96 jam. Selain itu, juga menyebabkan diameter zona hambat pada pengulangan ketiga tidak terbentuk pada konsentrasi 42,8%, 48,7%, dan 50%.

Selain itu, penggunaan media yang kurang memiliki nutrisi yang dibutuhkan oleh bakteri juga dapat mempengaruhi lamanya bakteri tumbuh. Dalam penelitian ini, bakteri *Staphylococcus aureus* dapat tumbuh dan berkembang biak dengan cara mengisolasi bakteri tersebut pada media *Blood Agar Plate* (BAP) kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C untuk pertumbuhan optimal (Brooks dkk., 2005).

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa ekstrak daun jambu biji merah memiliki efek antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*, yang dibuktikan dengan terbentuknya zona hambat yang berbeda-beda pada setiap konsentrasi. Penelitian ini menggunakan metode pengujian difusi cakram, dengan didapati hasil konsentrasi ekstrak yang paling efektif ada di konsentrasi 50%.

B. Saran

1. Peneliti menyarankan untuk penelitian berikutnya dapat menggunakan waktu inkubasi di nutrient broth sampai bakteri berada di fase log untuk mengurangi waktu yang dibutuhkan saat ditumbuhkan di nutrient.
2. Peneliti menyarankan untuk penelitian selanjutnya dilakukan di tempat yang terjaga dan steril untuk mencegah munculnya hasil yang tidak diinginkan atau terkontaminasi.
3. Peneliti menyarankan untuk penelitian selanjutnya menggunakan metode yang lebih akurat untuk konsentrasi ekstrak yaitu dengan mengencerkan konsentrasi ekstrak.
4. Peneliti menyarankan untuk penelitian selanjutnya melakukan perhitungan perbandingan yang tepat dengan teliti untuk mendapatkan konsentrasi yang tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, Clarita. 2020. *Perbedaan Efektivitas Ekstrak Daun Jambu Biji Buah Merah dan Putih Terhadap Pertumbuhan Lactobacillus acidophilus ATCC® 4356TM (In Vitro)*.
- Akiyama, H., Fujii, K., Yamasaki, O., Oono, T., and Iwatsuki, K. 2001. Antibacterial Action of Several Tannins Against Staphylococcus aureus. *Journal Antimicrob Chemother.* 48(4). 487-491.
- Alamsjah, Feskahary, Zozy Aneloi Noli, Riesca Salsabilah Rahmayati, Suwirman, Anthoni Agustien, dan Kurniadi Ilham. 2023. Uji Antagonis Bacillus subtilis ATTC 6633 dan Trichoderma harzianum Terhadap Pertumbuhan Magnaphorte oryzae Pada Benih Padi Anak Daro Dengan Variasi Lama Perendaman. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi.* 11(2). 1878-1891.
- Bani, Felisia, Yithro Serang, Safitri. 2018. Kajian Efektivitas Filtrat Perasan Minyak Atsiri dan Ekstrak Etanol Daun Ketumbar (*Coriandrum sativum* L.). *Jurnal Farmasi & Sains Indonesia.* 1(1). 42-50.
- Bimala, Novenda Anden. 2017. *Karakteristik Sistem Niosom dengan Variasi Konsistensi Span 60 sebagai Surfaktan Menggunakan Kuersetin sebagai Model Obat*. Malang: Jurusan Farmasi Fakultas Kedokteran dan Ilmu-ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Brooks, G.F. (2005)., Janet, S.B., Stephen A.M. Jawezt, Melnick and Adelberg, Mikrobiologi Kedokteran (Medical Microbiology) Buku I, Alih Bahasa Oleh Mudihardi, E., Kuntaman, Wasito, E.B., Mertaniasih, N.M., Harsono, S., dan Alimsardjono, L. Jakarta : Penerbit Salemba Medika.
- Cappuccino, JG. dan Sherman, N. 2014. *Manual Laboratorium Mikrobiologi Edisi Kedelapan*. Alih Bahasa: Nur Miftahurrahman. Jakarta: EGC.
- Dalimartha, Setiawan. 2000. *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia*. Trubus Agriwidya. Jakarta. Hal: 71-77.
- Davis, W.W. & Stout, T.R. 1971. Disc Plate Methods of Microbiological Antibiotic Assay. *Microbiology.* 22(4):659-665. DOI: 0.1128/am.22.4.659-665.1971.
- Dewiyatini. 2023. Tiga Sampel Peristiwa Keracunan Cimin di Saguling, Tercemar Bakteri Jenis Ini. <https://search.app/db6LKagNtK89b2g8> . Diakses pada 28 November 2024.
- Dwidjoseputro. 1994. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Djambatan. Jakarta.

- Fachry, A. Rasyidi, RM. Arief Sastrawan, Guntur Svingkoe. 2012. Kondisi Optimal Proses Ekstraksi Tanin Dari Daun Jambu Biji Menggunakan Pelarut Etanol. *ISSN. 1907-0500*. 69-73.
- Fadlillah, Rizki, Juni Handajani, Tetiana Haniastuti. 2010. Ekstrak Daun Jambu Mete Konsentrasi 10% yang Dikumurkan Dapat Menghambat Pertumbuhan Streptococcus Mutans Saliva. *Dentika Dental Journal*. Vol 15. 135-140.
- Galih, S Risang. 2010. *Pengaruh Infusa Daun Jambu Biji (Psidium guajava Linn.) Terhadap Kematian Ascaris suum, goeze Invitro*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Gupte, S., 1990, Mikrobiologi Dasar, alih bahasa oleh Julius, E. S., Edisi ketiga, 43, Jakarta, Binarupa Aksara.
- HA, Rizky Bimantara, Desi Purwaningsih, dan Ana Indrayati. 2022. Aktivitas Ekstrak Kasar Enzim Fibrinolitik Bakteri Bacillus cereus yang Diisolasi dari Air Hutan Mangrove Maroon Edupark Semarang secara In Vitro. *Jurnal Farmasi Indonesia*. 19(1). 112.
- Hermawan, Rian, Prasetyo Adi, Noorhamdani. 2012. *Uji Efektivitas Ekstrak Daun Jambu Biji Sebagai Antimikroba Terhadap bakteri Penyebab Karies Streptococcus mutans secara in Vitro*. Universitas Brawijaya. Malang.
- H Natasya, Moralitha Chatri, Vauzia, Irdawati. 2023. Senyawa Metabolit Sekunder (tanin) pada tanaman sebagai antifungi. *Jurnal embrio*. (15) (1)(16-22). 17-18.
- Jawetz, Melnick dan Adelberg. 2013. *Medical Microbiology 26 th Edition*. EGC, Jakarta.
- Joseph, Baby. 2011. Review on Nutritional, Medicinal, and Pharmacological Properties of Psidium guajava Linn. *International Journal of Pharma and Bio science*. Vol.2/Issue 1/ Jan-Mar. Hal: 53-69.
- Kalurahan Tepus. 2023. Pengertian dan Manfaat Tanaman Obat Keluarga (TOGA). desatepus.gunungkidulkab.go.id/first/artikel/2735-Pengertian-dan-Manfaat-Tanaman-Obat-Keluarga-TOGA- . Diakses pada 28 november 2024.
- K Ilham, Hafizh Zahra. 2021. Gallotanin; Biosintesis, Hubungan Struktur Aktivitas, Aktivitas Anti-Inflamasidan Anti-Bakteri. *Current Biochemistry*. 8(1):1-16.6

- Kipimbob, E., Robert Bara, Pensi M. Wowor, dan Jimmy Posangi. 2019. Uji Efek Antibakteri *Chromodoris diana* terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal e-Biomedik (eBm)*. 7(1). 61-66.
- K. Todar. 2020. *Bacillus cereus and Foodborne Illness*. Todar's Online Textbook of Bacteriology. Diakses pada 29 November 2024.
- Lay, B.W. 1994. *Analisis mikroba di laboratorium*. PT Grafindo Persada, Jakarta.
- Li, Y., Yao, J., Han, C., Yang, J., Chaudhry, M. T., Wang, S., Liu, H., & Yin, Y. 2016. Quercetin, inflammation and immunity. *In Nutrients*. Vol. 8, Issue 3. MDPI AG.
- Locke, T., Keat, S., Walker, A., & Mackinon, R., 2013, *Microbiology and Infectious Diseases on the Move*, diterjemahkan oleh Akbarini, R., 143, Jakarta, Indeks.
- Mlcek, J., Jurikova, T., Skrovankova, S., & Sochor, J. 2016. Quercetin and its anti-allergic immune response. *Molecules*. Vol. 21, Issue 5. MDPI AG.
- Mittal, Payal, Vikas Gupta, Gurpreet Kaur, Ashish K Garg, Amarjeet Singh. 2010. Phytochemistry and Pharmacological Activities of *Psidium guajava*: A review. *International Journal of Pharmaceutical science and research*. Vol.1 issue 9. 9-17.
- Marina Français, Frédéric Carlin, Véronique Broussolle, Christopher Nguyen-The. 2019. *Bacillus cereus* cshA Is Expressed during the Lag Phase of Growth and Serves as a Potential Marker of Early Adaptation to Low Temperature and pH. 85(14). 1-15.
- Natali, Oliviti, Antje Irmella Tarigan, Elpina Sarumpaet, Susanto Salim, Yunita Dewani, Wika Hanida, dan Yensuari. 2021. Uji efektivitas antibakteri ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava*) terhadap pertumbuhan bakteri *Bacillus cereus*. *Jurnal Prima Medika Sains*. 3(1). 29-30.
- N Hidayah. 2016. Pemanfaatan Senyawa Metabolit Sekunder Tanaman (Tanin dan Saponin) dalam Mengurangi Emisi Metan Ternak Ruminansia. *Jurnal Sain. Peternakan Indonesia* Vol. 11 No. 2. 91.
- Nishimuro, H., Ohnishi, H., Sato, M., Ohnishi-Kameyama, M., Matsunaga, I., Naito, S., Ippoushi, K., Oike, H., Nagata, T., Akasaka, H., Saitoh, S., & Shimamoto, K. 2015. Estimated daily intake and seasonal food sources of quercetin in Japan. *Nutrients*. 7(4). 2345–2358.

- Novelia, Tiarska Dara. 2017. Uji Efektivitas Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava* L.) Terhadap Diameter Zona Hambat Pertumbuhan Bakteri. *Propionibacterium acnes*.
- N. Wahyuningsih, dan E. Zulaika. 2018. *Perbandingan Pertumbuhan Bakteri Selulolitik Pada Media Nutrient Broth dan Carboxy Methyl Cellulose*. Vol. 7, No. 2 (2018), 2337-3520.1.
- P.M. Fratamico. 2005. Foodborne pathogens: Microbiology and Molecule Biology. *Caister Academic Press*. Diakses 29 November 2024
- Pramono S. 2002. Reformulasi Obat Tradisional, Seminar Sehari “Reevaluasi dan Reformulasi Obat Tradisional Indonesia”. Majalah Obat Tradisional & Fak. Farmasi UGM, Yogyakarta.
- Purwati, S., dan Lumora, S.V.T. (2017). Skrining Fitokimia Daun Saliara (*Lantana camara* L.) sebagai Pestisida Nabati Penekan Hama dan Insidensi Penyakit pada Tanaman Holtikultura di Kalimantan Timur. In Prosiding Seminar Nasional Kimia 2017 (pp. 153-158). Samarinda, Indonesia: Kimia, FMIPA, Universitas Mulawarman.
- Qonita, Noer, Sri Sutji Susilowati, dan Dini Riyandini. 2019. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium Guajava* L.) terhadap Bakteri *Escherichia Coli* dan *Vibrio Cholerae*. *Acta Pharm Indo*. 7(2). 51-57.
- Rahman, M.F. 2008. *Potensi antibakteri ekstrak daun pepaya pada ikan gurami yang diinfeksi bakteri Aeromonas hydrophila*. Institut Pertanian Bogor: 35-36.
- Raj, A., Menon, V., & Sharma, N. 2020. Phytochemical screening, antimicrobial, antioxidant and cytotoxic potential of different extracts of *Psidium guajava* leaves. *Vegetos*. 33(4). 750-758.
- Ravichandran, R; Rajendran, M; Devapiriam, D. 2014. Antioxidant Study of Quercetin and their Metal Complex and Determination of Stability Constant by Spectrofotometry Method. *Food Chemistry*. 472-478.
- Retnowati, Yuliana, Nurhayati Bialangi, Nona Wingti, Posangi. 2011. PERTUMBUHAN BAKTERI *Staphylococcus aureus* PADA MEDIA YANG DIEKSPOS DENGAN INFUS DAUN SAMBILOTO (*Andrographis paniculata*). *Saintek*, Vol 6, No 2 2011.5.

- Riadi, M., 2016. *Pertumbuhan Mikroorganisme*. Kaji. Pustaka 1–47.
- Rishika, Dev, Ramica Sharma. 2012. An Update of Pharmacological Activity of *Psidium guajava* in the Management of Various Disorder. *International Journal of Pharmaceutical Science and Research*. Vol.3 Issue 10. 3557-3584.
- Ristiati, Ni Putu. 2015. Uji Bioaktivitas Forbazol E. Terhadap Hambatan Pertumbuhan pada *Staphylococcus Aureus*. Vol 4, No.1.7.
- Shah, Palak Mayur; V, Vishnu Priya; R, Gayathri. 2016. Quercetin-A Flavonoid: A Systematic Review. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 878-880.
- Shruthi, Dakappa Shirur, Adhikari Roshan, Sanjay Sarma Timisilna, Sajjekhan Sunita. 2013. A Review on the Medicinal Plant *Psidium guajava* Linn. *Journal of Drug Delivery & Therapeutic*. 3(2). 162-168.
- Soedarto. 2015. *Mikrobiologi Kedokteran*. Surabaya: Sagung Seto.
- Sun, C., Wang, H., Wang, D., Chen, Y., Zhao, Y., & Xia, W. 2015. Using an FFQ to assess intakes of dietary flavonols and flavones among female adolescents in the Suihua area of northern China. *Public Health Nutrition*. 18(4). 632–639.
- Sundari, Eulis Reni. 2022. Alternatif Penggunaan Kertas Saring Sebagai Pengganti Kertas Cakram pada Uji Resistensi Bakteri *Aeromonas* sp. terhadap Ampisilin dan Kloramfenikol. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Sains dan Teknologi*. 2(1). 23-27.
- Tjiptoningsih, U. G. 2020. Uji Daya Hambat Air Perasan Buah Lemon (*Citrus Limon* (L.) Burm F.) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*. *JITEKGI*. 16 (2). 86-96.
- Tukimin. 2004. Pemanfaatan Tanaman Obat Keluarga (TOGA) untuk Kesehatan Keluarga. USU digital library. Diambil dari <http://library.usu.ac.id/download/fkm/fkm-tukimin.pdf>. Diakses pada 28 November 2024.
- Vieira, Thiago Isidro, Brenna Louise Cavalcenti Gondim, Bianca Marques Santiago, Ana Maria Gondim Valenca. 2012. In vitro Antibacterial and non-stick Activity of extract from leaves of *Psidium guineense* Sw. And *Syzygium cumini* (L.) Skeels on Oral Microorganisms. *Rev Gaucha Odontol, Porto Alegre* V.60, n3, p 359-365, jul/set. 359-365.

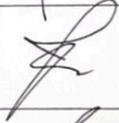
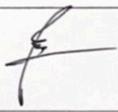
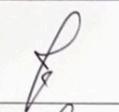
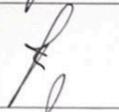
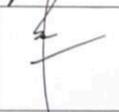
- Wahyuni, dan Nugrahani. 2021. Potensi Eksudat Daun Sirih Merah (*Piperornatum* L.) sebagai Insektisida Herbal terhadap Mortalitas Semut Hitam. https://www.researchgate.net/publication/367742246_Potensi_Eksudat_Daun_Sirih_Merah_Piper_ornatum_L_sebagai_Insektisida_Herbal_terhadap_Mortalitas_Semut_Hitam. Diakses pada 4 Februari 2025
- Wulan Pingkan Julia Kaunang, Annisa Nasywa Cahya Dewi, Sindy Virginia Tamba. 2022. *Bacillus cereus*. [researchgate.net. https://www.researchgate.net/publication/366466509_Bacillus_Cereus](https://www.researchgate.net/publication/366466509_Bacillus_Cereus). Diakses pada 28 November 2024.
- Yudha, dan Dino Z. 2007. *Pengaruh Pelapisan Tanin Dari Ekstrak Daun Jambu Biji Terhadap Laju Korosi Pada Logam Besi*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Indralaya.
- Yulisma, L. 2018. Uji Efektivitas Antibakteri Ekstrak Daun Jambu Biji Lokal (*Psidium Guajava* L.) Terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus Aureus* Dan *Bacillus Subtilis* Secara in Vitro. *Quagga : Jurnal Pendidikan Dan Biologi*. 10(2). 1. <https://doi.org/10.25134/quagga.v10i2.1296>
2022. *Mengenal Pengertian Tanaman Toga dan Beragam Jenisnya*. Detik.com, <https://www.detik.com/bali/berita/d-6411553/mengenal-pengertian-tanaman-toga-dan-beragam-jenisnya>. Diakses pada 28 November 2024.
2023. *Mengenal Bakteri Bacillus Cereus, Penyebab Keracunan Massal Siswa SD di Bandung*. Kompas.com, <https://www.kompas.com/sains/read/2023/10/08/080000823/mengenal-bakteri-bacillus-cereus-penyebab-keracunan-massal-siswa-sd-di>. Diakses pada 28 November 2024.

LAMPIRAN

FORM KONSULTASI PEMBUATAN KARYA TULIS SMA KATOLIK ST. LOUIS 1 SURABAYA

Judul Penelitian : Uji Efektivitas ekstrak daun jambu biji terhadap bakteri.....
Staphylococcus aureus sebagai antibakteri
 Pembimbing 1 : P. Eko Sugiharto, S.Si, M.Kes., MCE, CCE, MCF
 Pembimbing 2 : Antonius Raharjo Yuwono, ST., M.Si.
 Penyusun : XII MIPA - ..7 / Kelompok ..1.

Nama	No. Absen	Nama	No. Absen
1. Aldo Putra Sulniman	1	4. Florenina Catalina Oslan	17
2. Clara Graciella Hadiman	12	5. Matthew Adrian Putra	26
3. Felicia Santoso Gunqwan	14	6. Nicholas Marcel Tanjaya	31

No.	Hari, Tanggal	Kegiatan Konsultasi	Tanda Tangan
1	Senin 11 November 2024	Konsultasi judul, metode penelitian, dan variabel	
2	Jumat 29 November 2024	Konsultasi proposal uprak draft 1 (Pak Harjo)	
3	Senin 2 Desember 2024	Konsultasi metode penelitian (Pak Eko)	
4	Senin 2 Desember 2024	Konsultasi tinjauan pustaka kimia (Pak Harjo)	
5	Selasa 7 Januari 2025	Konsultasi ganti bakteri dan metode penelitian (Pak Eko)	
6	Selasa 14 Januari 2025	Konsultasi hasil percobaan I (Pak Eko)	
7	Kamis 30 Januari 2025	Konsultasi perhitungan konsentrasi (Pak Harjo)	
8			

Lampiran 1. Lembar Konsultasi



Lampiran 2. Pengkulturan bakteri pada NB



Lampiran 3. Menggoreskan bakteri pada NA menggunakan *cotton swab* steril



Lampiran 4. Menimbang daun jambu biji merah untuk ekstrak



Lampiran 5. Pembuatan ekstrak daun jambu biji merah



Lampiran 6. Dokumentasi kelompok bersama Bu Nathania (Dosen WM)

Proporsi daun	Proporsi air	Perhitungan	Konsentrasi
1 gr	4 gr	1gr daun/ 1 gr daun + 4 gr air $\frac{1}{5}$	20%
1 gr	1 gr	1 gr daun/ 1 gr daun + 1 gr air $\frac{1}{2}$	50%
3 gr	4 gr	3 gr daun/ 3 gr daun + 4 gr air $\frac{3}{7}$	42,84%
3,8 gr	4 gr	3,8 gr daun/ 3,8 gr daun + 4 gr air $\frac{3,8}{7,8}$	48,71%

Lampiran 7. Perhitungan konsentrasi ekstrak

Date: _____

Penelitian I	
<input type="checkbox"/> ①	$80\% = \frac{1+1,3}{2} = \frac{2,3}{2} = 1,05 \text{ cm} = 10,5 \text{ mm}$
<input type="checkbox"/> ②	$50\% = \frac{1,4+1,3}{2} = \frac{2,7}{2} = 1,35 \text{ cm} = 13,5 \text{ mm}$
<input type="checkbox"/> ③	$57,1\% = \frac{1+1}{2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ cm} = 10 \text{ mm}$
<input type="checkbox"/> ④	$51,2\% = \frac{0,8+1}{2} = \frac{1,8}{2} = 0,9 \text{ cm} = 9 \text{ mm}$
<input type="checkbox"/> ⑤	$0\% = 0 \text{ mm}$
Penelitian II	
<input type="checkbox"/> ①	$80\% = \frac{1,1+1,3}{2} = \frac{2,4}{2} = 1,2 \text{ cm} = 12 \text{ mm}$
<input type="checkbox"/> ②	$50\% = \frac{0,8+0,7}{2} = \frac{1,5}{2} = 0,75 \text{ cm} = 7,5 \text{ mm}$
<input type="checkbox"/> ③	$57,1\% = \frac{0,6+0,8}{2} = \frac{1,4}{2} = 0,7 \text{ cm} = 7 \text{ mm}$
<input type="checkbox"/> ④	$51,2\% = \frac{1,1+1}{2} = \frac{2,1}{2} = 1,05 \text{ cm} = 10,5 \text{ mm}$
<input type="checkbox"/> ⑤	$0\% = 0 \text{ mm}$
Penelitian III	
<input type="checkbox"/> ①	$80\% = \frac{0,8+0,9}{2} = \frac{1,7}{2} = 0,85 \text{ cm} = 8,5 \text{ mm}$
<input type="checkbox"/> ②	$50\% = 0 \text{ mm}$
<input type="checkbox"/> ③	$57,1\% = 0 \text{ mm}$
<input type="checkbox"/> ④	$51,2\% = 0 \text{ mm}$
<input type="checkbox"/> ⑤	$0\% = 0 \text{ mm}$
Rata-rata	
<input type="checkbox"/> ①	$80\% = \frac{10,5+12+8,5}{3} = \frac{31}{3} = 10,33 \text{ mm}$
<input type="checkbox"/> ②	$50\% = \frac{13,5+7,5+0}{3} = \frac{21}{3} = 7 \text{ mm}$
<input type="checkbox"/> ③	$57,1\% = \frac{10+7+0}{3} = \frac{17}{3} = 5,66 \text{ mm}$
<input type="checkbox"/> ④	$51,2\% = \frac{9+10,5}{2} = \frac{19,5}{2} = 9,75 \text{ mm}$
<input type="checkbox"/> ⑤	$0\% = 0 \text{ mm}$

Lampiran 8. Perhitungan rata-rata diameter zona hambat