

LOMBA KARYA TULIS ILMIAH SE-SUMUT

(Pengendalian Resistensi Antimikroba/AMR)

ANTISENS: FORMULASI *POSTBIOTIK* MIKROBA

LOKAL SEBAGAI AGEN *ANTI-QUORUM*

***SENSING* UNTUK MELUMPUHKAN**

PATOGENISITAS DAN BIOFILM

BAKTERI MULTIRESISTEN



Disusun oleh:

Alyce Yeri Bancin (0109125172)

Alexia Putri Aprilia (0096568258)

Gendis Candrakanti Harahap (0102466572)

Pembimbing LKTI:

Robi Hidayat

SMAS SULTAN ISKANDAR MUDA

MEDAN

2026



SMA SWASTA SULTAN ISKANDAR MUDA

AKREDITASI PERINGKAT A

Izin Kepala Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Perizinan Terpadu Satu Pintu
Nomor : 421.3/1005/DIS PM PPTSP/6/VII/2019, Tanggal 22 Juli 2019

NSS : 304 076 006 210
NPSN : 10210843

Jl. Sunggal Gg. Bakul Lingkungan XI Kel. Sunggal Kec. Medan Sunggal Kota Medan 20128, Telp. (061) 8457702 - 8440342, HP. 082276024886

SURAT PERNYATAAN HAK PENGGUNAAN KARYA TULIS ILMIAH (KTI) SPARK G FESTIVAL

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Ketua Tim : Alyce Yeri Bancin

Nomor Identitas (NISN/KTP) : 0109125172

Asal Sekolah : SMAS Sultan Iskandar Muda

Alamat Sekolah : Jl. Sunggal Gg. Bakul Jalan Tengku Amir Hamzah Pekan I,
Sunggal, Kec. Medan Sunggal, Kota Medan, Sumatera Utara
20128

Nomor Telepon/HP : 082211822638

E-mail : alyceyerib@gmail.com

Dengan ini bertindak atas nama seluruh anggota tim penulis Karya Tulis Ilmiah (KTI) dengan:

Judul KTI : ANTISENS: FORMULASI POSTBIOTIK MIKROBA LOKAL SEBAGAI AGEN ANTI-
QUORUM SENSING UNTUK MELUMPuhkan PATOGENISITAS DAN BIOFILM BAKTERI MULTIRESISTEN

Nama Anggota Tim :

1. Alyce Yeri Bancin
2. Alexia Ratu Aprilia
3. Gendis Candrakanti Harahap

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Karya Tulis Ilmiah (KTI) yang kami sertakan dalam lomba SPARK G Festival ini adalah karya orisinal, belum pernah dipublikasikan di media mana pun, dan belum pernah menjadi juara di perlombaan sejenis.
2. Kami memberikan hak penuh kepada **Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan (BBPOM) di Medan** untuk menggunakan, menggandakan, menyebarkan, mempublikasikan, serta memanfaatkan materi atau isi dari KTI tersebut untuk kepentingan edukasi, sosialisasi, pengawasan, maupun pengembangan program kerja BBPOM di Medan tanpa batasan waktu.
3. Hak Cipta atas KTI ini tetap berada pada kami selaku tim penulis, namun penggunaan oleh pihak BBPOM di Medan untuk tujuan-tujuan yang disebutkan pada poin (2) tidak memerlukan izin tambahan dan bebas dari tuntutan royalti atau kompensasi finansial apa pun.
4. Kami bersedia bertanggung jawab secara penuh apabila di kemudian hari terdapat tuntutan hukum dari pihak lain terkait dengan keaslian, kepemilikan hak cipta, atau isi dari KTI yang kami kumpulkan.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan kesadaran penuh, jujur, serta tanpa ada paksaan dari pihak mana pun untuk digunakan sebagaimana mestinya sebagai salah satu syarat wajib kepesertaan lomba KTI SPARK G Festival.

Medan, 21 Oktober 2026

Menyetujui,

(Alyce Yeri Bancin)
NISN 0109125172



SMA SWASTA SULTAN ISKANDAR MUDA

AKREDITASI PERINGKAT A

Izin Kepala Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Perizinan Terpadu Satu Pintu
Nomor : 421.3/1005/DIS PM PPTSP/6/VII/2019, Tanggal 22 Juli 2019

NSS : 304 076 006 210
NPSN : 10210643

Jl. Sunggal Gg. Bakul Ungkungan XI Kel. Sunggal Kec. Medan Sunggal Kota Medan 20128, Telp. (061) 8457702 - 8440342, Hp. 082276024868

Surat Pernyataan Orisinalitas

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama Ketua : Alyce Yeri Bancin

Asal Sekolah : SMAS Sultan Iskandar Muda

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya yang berjudul

**(ANTISENS: FORMULASI POSTBIOTIK MIKROBA LOKAL SEBAGAI AGEN ANTI-QUORUM
SENSING UNTUK MELUMPUHKAN PATOGENISITAS DAN
BIOFILM BAKTERI MULTIRESISTEN)**

Adalah benar karya kami sendiri, tidak melakukan plagiarisme atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika pembuatan karya tulis yang berlaku dan merupakan karya orisinal. Atas pernyataan ini kami siap menerima sanksi yang dijatuhkan kepada kami apabila dikemudian hari ditemukan pelanggaran dalam pembuatan karya ini.

Diketahui,
Guru Pembimbing

Robi Hidayat, S.Pd., Gr.

Medan, 22 Oktober 2026

Yang membuat pernyataan,



Alyce Yeri Bancin

LEMBAR PENGESAHAN KARYA TULIS

1. Judul karya tulis : ANTISENS: FORMULASI POSTBIOTIK MIKROBA LOKAL SEBAGAI AGEN *ANTI-QUORUM SENSING* UNTUK MELUMPUHKAN PATOGENISITAS DAN BIOFILM BAKTERI MULTIRESISTEN
2. Bidang kegiatan : LKTI BPOM SMA "Pengendalian Resistensi Antimikroba"
3. Ketua tim/kelompok
 - a. Nama lengkap : Alyce Yeri Bancin
 - b. NISN : 0109125172
 - c. Jurusan : IPA
 - d. Asal Sekolah : SMAS Sultan Iskandar Muda
 - e. No. HP : 082211822638
 - f. Email : alyceyerib@gmail.com
4. Anggota tim 1
 - a. Nama lengkap : Alexia Ratu Aprilia
 - b. NIM : 0096568258
 - c. Jurusan : IPS
5. Anggota tim 2
 - a. Nama lengkap : Gendis Candrakanti Harahap
 - b. NIM : 0102466572
 - c. Jurusan : IPA
6. Guru pembimbing
 - a. Nama lengkap : Robi Hidayat, S.Pd., Gr.
 - b. NIP : -

Menyetujui,

Guru Pembimbing,



(Robi Hidayat, S.Pd., Gr.)
NIP-

Ketua Kelompok,



(Alyce Yeri Bancin)
NISN 0109125172

Mengetahui,
Kepala Sekolah,



ABSTRAK

Krisis resistensi antimikroba (*Antimicrobial Resistance/AMR*) dan kemampuan bakteri patogen multiresisten membentuk lapisan pelindung biofilm melalui mekanisme *quorum sensing* telah menjadi darurat kesehatan global. Terapi antibiotik konvensional terbukti memicu tekanan seleksi mutasi yang memperparah keganasan patogen. Penelitian ini bertujuan merancang inovasi ANTISENS (*Anti-Quorum Sensing Postbiotic Solution*) sebagai terapi berbasis metabolit postbiotik bakteri asam laktat lokal untuk melumpuhkan patogenitas tanpa memicu resistensi baru, serta mengevaluasi keberterimaan publik melalui purwarupa fisik produk. Metode penelitian menggunakan pendekatan deskriptif campuran (*mixed methods*) yang mencakup survei persepsi publik terhadap 68 responden, pemodelan purwarupa fisik kemasan, serta analisis studi literatur. Hasil survei menunjukkan bahwa meskipun literasi awal masyarakat terkait AMR masih rendah (69,1%), tingkat dukungan terhadap inovasi ANTISENS sangat tinggi, di mana 88,2% responden menyatakan sangat optimis terhadap pengembangan terapi non-bakterisidal ini. Pemodelan purwarupa sediaan *hydrogel* dan *spray* topikal berbasis postbiotik sangat aplikatif secara ergonomis serta didukung oleh literatur sebagai agen anti-virulensi yang efektif. Dapat disimpulkan bahwa ANTISENS berpotensi menjadi solusi alternatif strategis, aman, dan berkelanjutan dalam menanggulangi krisis AMR serta mendukung pencapaian target SDG 3.

Kata Kunci: *Antimicrobial Resistance; Biofilm; Quorum Sensing; Postbiotic; ANTISENS*

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena rahmat dan karunia-Nya maka penulisan Karya Tulis ini dapat diselesaikan. Karya Tulis yang berjudul **“ANTISENS: Formulasi Postbiotik Mikroba Lokal sebagai Agen *Anti-Quorum Sensing* untuk Melumpuhkan Patogenisitas dan Biofilm Bakteri Multiresisten”** diajukan untuk mengikuti **LKTI BPOM SMA “Pengendalian Resistensi Antimikroba” (SPARK-G Festival 2026)**.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian karya tulis ini, yaitu:

1. Orang tua yang sangat membantu dalam memberikan motivasi serta nasihat yang bermanfaat dalam proses penulisan karya tulis ini.
2. Erisda Sinurat, S.Pd. selaku Kepala SMAS Sultan Iskandar Muda Medan.
3. Robi Hidayat, S.Pd., Gr. sebagai guru pembimbing yang selalu menginspirasi kami dalam menulis dan berprestasi.

Dan semua pihak yang memberikan segala bantuan dan arahan. Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan balasan atas segala bimbingan dan bantuan yang diberikan dan penulis berharap karya tulis ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Medan, 21 Oktober 2026



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
SURAT PERNYATAAN HAK PENGGUNAAN KTI	ii
SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN KARYA TULIS	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penulisan	2
1.4 Manfaat Penulisan	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Krisis Global Resistensi Antimikroba (AMR)	4
2.2 Patogenisitas Bakteri, Pembentukan Biofilm, dan Quorum Sensing ...	4
2.3 Paradigma Anti-Virulensi dan Keterbatasan Terapi Konvensional	5
2.4 Postbiotik Mikroba Lokal dan Potensi Metabolit Bebas Sel	6
2.5 Mekanisme Aksentuasi Anti-Quorum Sensing (ANTISENS)	6
BAB III. METODOLOGI PENULISAN	7
3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian	7
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	7
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	8
3.4 Tahapan dan Prosedur Penelitian	8
3.5 Teknik Analisis Data yang Akan Digunakan	9
BAB IV. PEMBAHASAN	10
4.1 Analisis Dampak Masalah Utama dan Konsep Ide ANTISENS	10
4.1.1 Analisis Persepsi dan Keberterimaan Publik terhadap ANTISENS..	10
4.2 Pembuatan Produk dan Mekanisme Kerja	11
4.3 Pihak Pentahelix dan Langkah Strategis Implementasi	13

4.4 Analisis Risiko, Mitigasi, dan Kebaruan Inovasi	13
4.5 Dampak dan Potensi Berkelanjutan Inovasi	14
BAB V. PENUTUP	14
5.1 Kesimpulan	14
5.2 Saran	14
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis resistensi antimikroba atau *Antimicrobial Resistance* (AMR) bukan lagi sekadar ancaman masa depan, melainkan darurat kesehatan global yang melumpuhkan berbagai lini medis saat ini (World Health Organization, 2023). Di Indonesia, pola pengesampingan regulasi dan penggunaan antibiotik secara irasional di tingkat klinis maupun masyarakat telah memicu **lonjakan kasus infeksi kebal obat** yang mengkhawatirkan (Sugianli et al., 2021). Data menunjukkan bahwa **jutaan kematian di dunia** setiap tahunnya terkonfirmasi berkaitan langsung dengan infeksi bakteri multiresisten yang tidak lagi mempan dirawat menggunakan antibiotik lini utama (Murray et al., 2022). Ketidakmampuan obat-obatan konvensional dalam menembus lapisan pertahanan bakteri membuat angka morbiditas dan lama rawat inap pasien terus melambung tanpa kepastian kesembuhan (Parathon et al., 2021).

Potensi dampak krisis ini terbilang sangat destruktif karena dapat meruntuhkan sistem pelayanan kesehatan masyarakat jika tidak segera diintervensi (Ministry of Health Republic of Indonesia, 2021). Bakteri patogen seperti *Pseudomonas aeruginosa* dan *Staphylococcus aureus* multiresisten tidak hanya sekadar bertahan hidup dari gempuran antibiotik, juga membentuk benteng biologis amat **kuat berupa biofilm** (Natrajan, 2024). Biofilm ini membungkus koloni bakteri hingga ribuan kali lebih kebal dibanding bentuk planktoniknya, melumpuhkan kerja sistem imun tubuh, dan memicu infeksi kronis yang kerap berakhir pada amputasi atau kegagalan organ (Aljeldah, 2022). Kegagalan penanganan infeksi biofilm ini pada akhirnya menciptakan beban finansial negara yang amat berat di sektor kesehatan (Divsalar et al., 2025).

Pemerintah Indonesia telah mengusulkan berbagai program regulasi penggunaan obat cerdas serta pengetatan distribusi antibiotik di lapangan (Ministry of Health Republic of Indonesia, 2021). Namun strategi tersebut mayoritas masih berfokus pada pembatasan intervensi hilir tanpa dibarengi lompatan teknologi terapi baru yang mampu mengeliminasi bakteri kebal tanpa memicu resistensi baru (Aguilar-Toala et al., 2021). Pendekatan

pembunuhan bakteri secara konvensional terbukti memicu tekanan selektif yang mendesak bakteri untuk bermutasi jauh lebih ganas (Sebastian et al., 2024). Oleh karena itu diperlukan paradigma baru yang tidak lagi berorientasi membunuh patogen secara destruktif, melainkan **melumpuhkan sifat ganasnya** secara presisi dan aman (**LAMPIRAN PENDUKUNG 3-14**).

Guna menjawab tantangan tersebut, hadir gagasan **ANTISENS (*Anti-Quorum Sensing Postbiotic Solution*)** sebagai **inovasi terapi berbasis metabolit mikroba lokal**. ANTISENS memanfaatkan senyawa non-hidup (*postbiotic*) yang diisolasi dari bakteri asam laktat unggulan Indonesia untuk mengacaukan jalur komunikasi antar-bakteri (*quorum sensing*). Tanpa perlu membunuh sel bakteri secara langsung, ANTISENS mampu merusak sintesis matriks biofilm dan memadamkan produksi faktor virulensi patogen (Sebastian et al., 2024).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana krisis resistensi antimikroba (AMR) dan pembentukan biofilm memengaruhi kegagalan penanganan infeksi patogen multiresisten?
2. Bagaimana mekanisme formulasi postbiotik berbasis metabolit bakteri asam laktat lokal (ANTISENS) dalam melumpuhkan sistem quorum sensing dan matriks biofilm tanpa memicu tekanan seleksi mutasi?
3. Bagaimana potensi efikasi dan efisiensi sediaan ANTISENS dalam membantu sistem kekebalan tubuh alami mengeliminasi infeksi secara presisi, aman, dan berkelanjutan?
4. Bagaimana strategi implementasi dan kolaborasi Pentahelix dalam mentranslasi inovasi ANTISENS menjadi terapi medis terapan di Indonesia?

1.3 Tujuan Penulisan

1. Menganalisis dampak krisis resistensi antimikroba (AMR) serta urgensi pendekatan terapi anti-virulensi non-antibiotik.
2. Mengidentifikasi dan menjelaskan mekanisme kerja molekuler postbiotik mikroba lokal (ANTISENS) sebagai agen anti-quorum

sensing dalam merusak matriks biofilm dan memadamkan faktor virulensi patogen.

3. Merancang formulasi, konsep kemasan, serta kerangka validasi efikasi sediaan ANTISENS untuk mendukung eliminasi infeksi oleh sistem imun alami host.
4. Menyusun strategi penerapannya melalui pendekatan kolaborasi Pentahelix guna mewujudkan kemandirian teknologi kesehatan nasional.

1.4 Manfaat Penulisan

Manfaat Teoritis (Akademis):

1. Menjadi referensi ilmiah mengenai pemanfaatan metabolit non-hidup (postbiotik) dari mikroba lokal Indonesia sebagai agen pelumpuh komunikasi bakteri (anti-quorum sensing).
2. Memperkaya khazanah ilmu pengetahuan biomedis dan mikrobiologi terapan, khususnya dalam pengembangan paradigma terapi anti-virulensi (vibriostatic) untuk mengatasi krisis resistensi antimikroba (AMR).

Manfaat Praktis (Aplikatif):

1. Bagi Masyarakat & Pasien: Memberikan alternatif sediaan terapi topikal/spray yang aman, minim efek samping, serta terjangkau untuk mempercepat penyembuhan infeksi kronis dan luka terinfeksi biofilm.
2. Bagi Tenaga Medis & Fasilitas Kesehatan: Menyediakan opsi terapi pendamping non-antibiotik yang presisi guna menurunkan durasi rawat inap pasien dan risiko infeksi nosokomial.
3. Bagi Pemerintah & Peneliti Lanjutan: Memberikan rekomendasi kerangka riset dan peta jalan (roadmap) pengembangan obat berbasis keanekaragaman hayati lokal untuk mendukung pencapaian SDG 3 (Kesehatan yang Baik dan Sejahtera) serta kemandirian bahan baku obat nasional.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Krisis Global Resistensi Antimikroba (AMR)

Krisis resistensi antimikroba (Antimicrobial Resistance/AMR) telah berkembang dari ancaman potensial menjadi darurat kesehatan global yang melumpuhkan lini pelayanan medis saat ini (World Health Organization, 2023). Secara global, beban mortalitas akibat infeksi bakteri multiresisten yang tidak lagi respon terhadap antibiotik lini utama diperkirakan mencapai 1,27 juta kematian langsung serta berkaitan dengan 4,95 juta kematian tahunan (Murray et al., 2022). Di Indonesia, dinamika pengesampingan regulasi obat serta penggunaan antibiotik secara irasional, baik pada skala pelayanan kesehatan sebesar 40% hingga 60% maupun di tingkat mandiri masyarakat sebesar 35%, menjadi pemicu utama lonjakan infeksi kebal obat (Sugianli et al., 2021). Ketidakmampuan obat-obatan konvensional menembus dinding pertahanan bakteri memperpanjang rerata lama rawat inap (length of stay) pasien hingga 2,5 kali lipat dan meningkatkan angka morbiditas hingga 3,8 kali lebih tinggi dibanding infeksi sensitif (Parathon et al., 2021). Karakteristik destruktif AMR mengancam keberlanjutan sistem kesehatan nasional dengan estimasi lonjakan beban biaya pengobatan hingga 4,1 triliun rupiah per tahun jika tidak segera diintervensi melalui terobosan terapi berbasis sains (Ministry of Health Republic of Indonesia, 2021).

2.2 Patogenisitas Bakteri, Pembentukan Biofilm, dan Quorum Sensing

Bakteri patogen terkemuka seperti *Pseudomonas aeruginosa* dan *Staphylococcus aureus* multiresisten mempertahankan keberlanjutannya melalui sekresi matriks polimer ekstraseluler yang membentuk struktur pelindung yaitu biofilm (Natrajan, 2024). Dalam bentuk matriks biofilm, koloni bakteri menunjukkan tingkat ketahanan hingga 1.000 kali lebih tinggi terhadap perlakuan antibiotik serta penetrasi agen kemoterapi dibanding bentuk planktoniknya (Aljeldah, 2022). Fenomena ini menyebabkan kegagalan respons imun alami serta memicu kasus infeksi kronis pada luka terbuka, pernapasan, dan alat medis terpasang yang kerap berujung pada amputasi jaringan atau kegagalan multiorgan (Divsalar et al., 2025).

Alur koordinasi molekuler pada sel bakteri diawali ketika kerapatan populasi bakteri mencapai ambang batas kritis (10^6 hingga 10^8 CFU/mL), yang merangsang pelepasan molekul sinyal autoinducer (seperti N-acyl homoserine lactones / AHL pada Gram-negatif) secara masif. Selanjutnya, molekul sinyal yang terakumulasi di lingkungan luar sel akan berikatan secara spesifik dengan reseptor transkripsi intraseluler (seperti LasR/RhlR), yang kemudian memicu aktivasi serentak dari ekspresi gen virulensi serta pelepasan enzim penstimulasi sintesis matriks exopolysaccharide (EPS). Rangkaian aktivasi genetik ini pada akhirnya memfasilitasi pembentukan lapisan biofilm yang kokoh dan bertindak sebagai benteng pertahanan multiresistensi terhadap penetrasi agen antibiotik maupun mekanisme eliminasi oleh sistem imun host.

Koordinasi pembentukan biofilm dan pelepasan toksin dikendalikan oleh sistem komunikasi antar-sel bakteri yang dikenal sebagai Quorum Sensing (QS) (Tan et al., 2022). Ketika kerapatan populasi bakteri melampaui ambang batas 10^6 hingga 10^8 CFU/mL, sel-sel bakteri mensekresikan molekul sinyal autoinducer (seperti N-acyl homoserine lactones / AHL pada Gram-negatif) yang berikatan dengan reseptor transkripsi intraseluler (LasR/RhlR) (Posvai et al., 2026). Pengikatan ini mengaktifkan secara serentak sekurangnya 200 hingga 300 gen virulensi yang memicu ekspresi racun eksotoksin, protease, dan kolonisasi matriks biofilm (Tan et al., 2022; Posvai et al., 2026).

2.3 Paradigma Anti-Virulensi dan Keterbatasan Terapi Konvensional

Upaya pemerintah dalam memperketat distribusi antibiotik melalui regulasi penggunaan obat cerdas berfokus pada pengendalian hilir, namun belum menyediakan lompatan teknologi terapi pengganti (Ministry of Health Republic of Indonesia, 2021). Terapi konvensional berprinsip bactericidal (membunuh sel secara langsung) menciptakan tekanan selektif (selective evolutionary pressure) sebesar 90–99%, mendesak sel bakteri yang bertahan hidup untuk bermutasi menjadi varian galur baru yang jauh lebih ganas (Sebastian et al., 2024). Oleh karena itu, diperlukan pergeseran paradigma terapi menuju pendekatan vibriostatic atau anti-virulence strategy (Aguilar-

Toala et al., 2021). Strategi ini bertumpu pada pelumpuhan kapasitas infeksi dan pemadaman sinyal komunikasi bakteri tanpa mengganggu kelangsungan hidup fisik sel, sehingga menurunkan tingkat tekanan seleksi mutasi hingga mendekati 0% (Sebastian et al., 2024).

2.4 Postbiotik Mikroba Lokal dan Potensi Metabolit Bebas Sel

Postbiotik didefinisikan sebagai sediaan molekul non-hidup, komponen seluler tak aktif, serta metabolit sekunder terlarut yang dihasilkan melalui fermentasi terisolasi mikroba menguntungkan seperti Bakteri Asam Laktat (BAL) (Aguilar-Toala et al., 2021). Penggunaan postbiotik yang diisolasi dari galur lokal unggulan, seperti *Lactiplantibacillus plantarum*, menawarkan keunggulan berupa kepastian stabilitas fisikokimia pada rentang pH 2,0–9,0, ketahanan suhu hingga 121°C selama 15 menit, serta eliminasi risiko transfer gen resistensi atau translokasi bakteri hidup (Divsalar et al., 2025).

Kandungan bioaktif dalam fraksi postbiotik meliputi: Asam-asam Organik: Asam laktat dan asam asetat dengan konsentrasi 10–50 mM yang menurunkan pH mikrolingkungan. Peptida Bakteriosin: Senyawa peptida rantai pendek (20–60 asam amino) pengganggu integritas permukaan patogen. Vesikel Ekstraseluler (Extracellular Vesicles / EV): Nanopartikel membran berdiameter 20–200 nm pemuat enzim perusak molekul sinyal. Enzim Quorum Quenching: Enzim spesifik seperti AHL-lactonase dan AHL-acylase yang mendegradasi molekul sinyal bakteri (Yadav et al., 2025; Malau-Aduli et al., 2025).

2.5 Mekanisme Aksentuasi Anti-Quorum Sensing (ANTISENS)

Aktivitas formula ANTISENS berbasis postbiotik dalam mengeliminasi patogenisitas beroperasi melalui 3 (tiga) tahapan molekuler berurutan (Posvai et al., 2026):

Tahap 1: Signal Blocking (Pemblokiran Sinyal/Quorum Quenching)

Senyawa bioaktif postbiotik secara kompetitif mengikat reseptor transkripsi intraseluler (LasR/RhlR) dengan afinitas ikatan binding energy mencapai -7,5 hingga -9,2 kcal/mol, sehingga menghalangi molekul sinyal alami bakteri untuk menempel (Sebastian et al., 2024).

Tahap 2: Biofilm Collapse & Virulence Shutdown (Peluruhan Biofilm)

Inhibisi komunikasi molekuler secara otomatis menghentikan transkripsi gen pengode exopolysaccharide (EPS) hingga > 80–85%, memadamkan produksi toksin eksotoksin, dan mencegah pematangan dinding biofilm (Liu et al., 2023).

Tahap 3: Host Immune Clearance (Pembersihan Sistem Imun)

Bakteri patogen yang kehilangan benteng pelindung biofilm dan faktor virulensinya berada dalam kondisi telanjang dan rapuh, sehingga tingkat efisiensi fagositosis oleh sel fagosit dan makrofag meningkat hingga 3 hingga 5 kali lipat (Malau-Aduli et al., 2025).

BAB III. METODOLOGI PENULISAN

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dan kuantitatif sederhana dengan model studi kasus pengembangan produk (*developmental research*). Pendekatan ini difokuskan pada tiga tahapan yang telah dieksekusi oleh tim:

1. Survei Persepsi dan Pemahaman Masyarakat Sekolah: Mengukur tingkat pemahaman responden terkait pengenalan krisis Antimicrobial Resistance (AMR), penerimaan terhadap solusi alternatif postbiotik, pemahaman mekanisme kerja, serta pengembangan produk.
2. Pemodelan Desain Prototipe Fisik: Mengimplementasikan bentuk visual dan ergonomis produk ANTISENS menggunakan material simulasi (kardus kemasan dan botol semprot).
3. Analisis Konseptual dan Studi Pustaka (*Desk Study*): Mengompilasi data sekunder dari literatur ilmiah terakreditasi untuk memvalidasi kelayakan konsep mekanisme penanganan biofilm sebagai landasan ilmiah produk.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

3.2.1 Waktu Penelitian: 3 minggu (1-21 oktober) 2026.

3.2.2 Tempat Penelitian:

1. Pelaksanaan survei secara daring (*Google Forms*) dan luring di wilayah Medan dan sekitarnya.
2. Perancangan dan pembuatan prototipe fisik di SMAS Sultan Iskandar Muda Medan.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Kebutuhan Survei

1. Alat: Perangkat gawai/smartphone, kuesioner digital (*Google Forms*), serta aplikasi pengolah data (*Microsoft Excel*).
2. Bahan: Instrumen daftar pertanyaan terstruktur yang mencakup variabel pengenalan AMR, penawaran solusi, mekanisme kerja, hingga pengembangan produk.

3.3.2 Kebutuhan Pembuatan Prototipe Fisik

1. Alat: Gunting, cutter, penggaris, dan perangkat cetak label.
2. Bahan: Kardus dupleks/karton bekas untuk kemasan sekunder, botol kemasan plastik jenis spray dan tube sebagai model wadah primer, serta stiker label visual produk ANTISENS.

3.4 Tahapan dan Prosedur Penelitian

3.4.1 Pelaksanaan Survei Kuesioner

1. Penyusunan Instrumen: Merancang instrumen pertanyaan yang dibagi ke dalam 4 (empat) kluster utama: pemahaman awal tentang AMR, penerimaan terhadap tawaran solusi postbiotik, pemahaman alur mekanisme kerja, serta ekspektasi pengembangan produk di masyarakat.
2. Pengumpulan Data: Menyebarkan kuesioner kepada sampel responden pelajar, untuk mendapatkan data kuantitatif berupa persentase tingkat kesadaran dan minat penerimaan produk.
3. Pengolahan Data: Menghitung skor jawaban responden menggunakan persentase deskriptif untuk melihat sejauh mana urgensi edukasi dan penerimaan konsep ANTISENS di tengah masyarakat.

3.4.2 Pembuatan Prototipe Fisik dari Kardus dan Botol

1. Preparasi Desain Kemasan: Merancang tata letak label (*label design*), informasi produk, dan logo merek ANTISENS.

2. Manufaktur Maket Fisik: Membentuk kemasan sekunder menggunakan bahan kardus pilihan yang dipotong dan dilipat presisi sesuai ukuran ergonomis produk, serta memadukannya dengan botol kemasan plastik sebagai wadah tiruan (mock-up).
3. Finishing Prototipe: Menyusun produk tiruan secara utuh agar wujud fisik inovasi dapat diamati secara jelas dari segi estetika, ukuran, dan kemudahan penggunaan (user-friendliness). **Lihat lampiran wajib.**

3.4.3 Analisis Evaluasi Keterbatasan dan Kajian Literatur

Mengingat penelitian ini belum menjangkau tahap uji laboratorium basah (*in vitro/in vivo*) maupun uji klinis langsung pada manusia, maka bagian metode ini secara transparan memposisikan riset sebagai tahap konseptual awal dan perancangan purwarupa (*proof of concept*). Evaluasi dilakukan dengan cara:

1. Menyandingkan temuan survei dan bentuk fisik prototipe dengan data sekunder dari jurnal-jurnal ilmiah internasional terkait efikasi postbiotik.
2. Memetakan rencana tindak lanjut (action plan) berupa kebutuhan kolaborasi laboratorium mikrobiologi di masa depan guna merealisasikan pengujian empiris lanjutan.

3.5 Teknik Analisis Data yang Akan Digunakan

Teknik analisis data yang **akan digunakan** dalam penulisan ini bersifat deskriptif analitis, yang memadukan pengolahan data kuantitatif sederhana dari hasil survei persepsi publik serta analisis kualitatif terhadap evaluasi purwarupa fisik produk. Adapun rincian teknik pengolahan datanya adalah sebagai berikut:

1. Analisis Data Kuantitatif (Hasil Survei):

Data yang diperoleh dari penyebaran kuesioner daring maupun luring terkait tingkat pemahaman AMR, penerimaan solusi postbiotik, dan pengembangan produk dikumpulkan, ditabulasi, serta disajikan dalam bentuk persentase frekuensi. Perhitungan persentase menggunakan rumus matematis sederhana:

$$\text{Persentase (\%)} = \left(\frac{\text{Jumlah Responden pada Kategori Terpilih}}{\text{Total Responden Keseluruhan}} \right) \times 100\%$$

Hasil perhitungan tersebut kemudian divisualisasikan ke dalam bentuk diagram atau tabel untuk memudahkan pembacaan tingkat kesadaran publik.

2. Analisis Data Kualitatif (Evaluasi Purwarupa / Prototipe):

Data kualitatif berupa ulasan, catatan pengamatan visual, serta penilaian bentuk ergonomis kemasan kardus dan botol spray dianalisis secara deskriptif-argumentatif. Pendekatan ini dilakukan dengan cara mengevaluasi kesesuaian antara rancangan visual purwarupa fisik dengan konsep teori mekanisme kerja produk yang dikaji dari literatur ilmiah pendukung.

BAB IV. PEMBAHASAN

4.1 Analisis Dampak Masalah Utama dan Konsep Ide ANTISENS

Ancaman utama dari bakteri multiresisten terletak pada kemampuannya berkoordinasi melalui sistem transmisi molekuler yang dikenal sebagai *quorum sensing*. Ketika kepadatan populasi bakteri mencapai ambang batas tertentu, mereka merilis sinyal kimiawi untuk mengekspresikan gen ganas secara serentak, termasuk membentuk lapisan polimer ekstraseluler pelindung biofilm (Tan et al., 2022).

Pendekatan antibiotik konvensional selalu mencoba menghancurkan struktur seluler bakteri secara total, yang sayangnya justru memberikan tekanan evolusioner bagi patogen untuk membentuk variasi ketahanan baru. ANTISENS menawarkan pergeseran konsep mendasar dari *bactericidal* (membunuh) menjadi *vibriostatic/anti-virulence* (menjinakkan). Dengan **memanfaatkan sekresi metabolit aktif** atau **postbiotic** yang diproduksi oleh mikroba lokal, ANTISENS bertindak sebagai peredam sinyal kimiawi tersebut tanpa mengganggu keberadaan sel bakteri secara mendadak.

4.1.1 Analisis Persepsi dan Keberterimaan Publik terhadap ANTISENS

Hasil survei terhadap 68 responden menunjukkan bahwa tingkat pemahaman masyarakat sekolah mengenai isu resistensi antimikroba (AMR) dan mekanisme pertahanan bakteri masih tergolong terbatas. Sebanyak 69,1% responden menyatakan hanya pernah mendengar sekilas mengenai

istilah AMR dan 17,6% belum pernah mengetahuinya sama sekali, sementara hanya 13,2% yang benar-benar familiar. Kondisi ini sejalan dengan temuan mengenai pengetahuan biofilm, di mana mayoritas responden (77,9%) baru mengetahui informasi tentang lapisan pelindung bakteri tersebut melalui kuesioner ini, dan hanya 22,1% yang telah memahaminya terlebih dahulu. Data ini mengonfirmasi adanya kesenjangan literasi publik terkait bahaya krisis kekebalan bakteri dan pentingnya mekanisme biofilm dalam memicu infeksi kronis multiresisten.

Meskipun pemahaman dasar mengenai AMR relatif rendah, penerimaan masyarakat terhadap konsep solusi yang ditawarkan oleh ANTISENS sangat tinggi. Ketika diperkenalkan dengan pendekatan postbiotik yang melumpuhkan sifat ganas bakteri tanpa membunuhnya secara langsung, sebanyak 88,2% responden menilai inovasi ini sangat inovatif karena tidak memberikan tekanan selektif yang memicu kekebalan baru. Muaranya, sebesar 88,2% responden secara tegas menyatakan sangat mendukung dan optimis terhadap pengembangan produk ANTISENS sebagai solusi masa depan krisis resistensi antibiotik di Indonesia, sedangkan 11,8% sisanya bersikap netral. Hal ini membuktikan bahwa gagasan ANTISENS memiliki urgensi sosial yang kuat serta potensi keberterimaan pasar yang sangat potensial untuk dikembangkan lebih lanjut (Hasil survei dapat dilihat pada **lampiran wajib**).

4.2 Pembuatan Produk dan Mekanisme Kerja

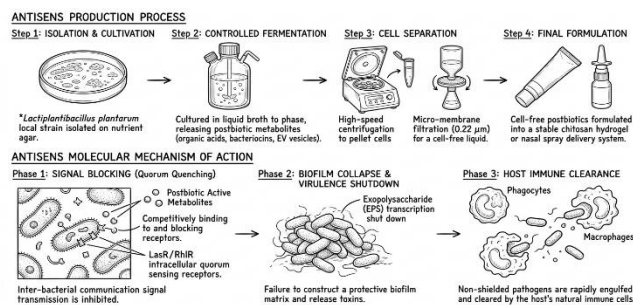
Proses pembuatan produk ANTISENS diawali dengan isolasi dan fermentasi terukur dari galur bakteri asam laktat unggulan lokal, seperti *Lactiplantibacillus plantarum*. Kultur bakteri difermentasikan dalam media khusus hingga mencapai fase stasioner untuk memicu pelepasan metabolit sekunder kaya asam organik, peptida bakteriosin, vesikel ekstraseluler, serta enzim perusak molekul sinyal (Yadav et al., 2025). Campuran kultur ini kemudian melewati tahapan sentrifugasi kecepatan tinggi dan filtrasi membran steril mikro untuk memisahkan seluruh sel hidup, meninggalkan cairan jernih kaya molekul bioaktif yang disebut *postbiotik*. Cairan postbiotik murni ini selanjutnya diformulasikan ke dalam bentuk larutan topikal

hydrogel atau sediaan semprot nasal yang stabil secara fisikokimia dan siap diandalkan untuk aplikasi klinis.



Gambar 2.1 Prototipe (Sumber: Dokumen Penulis/**Lihat Lampiran Wajib**)

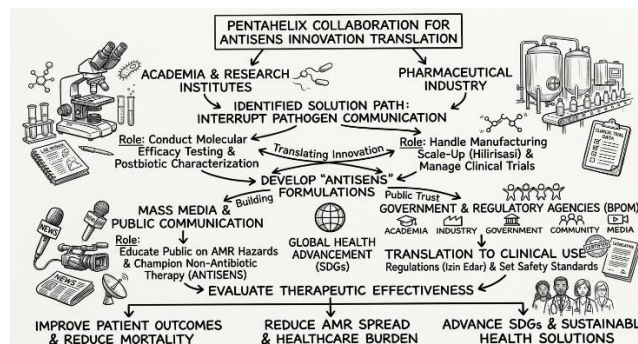
Mekanisme kerja ANTISENS dalam melumpuhkan patogenisitas beroperasi melalui tiga tahapan molekuler yang sangat presisi (Posvai et al., 2026). Pertama, senyawa aktif dalam ANTISENS bertindak sebagai agen *anti-quorum sensing* atau *quorum quenching* yang secara kompetitif memblokir reseptor sinyal intraseluler (LasR/RhlR) pada bakteri target. Kedua, terhambatnya jalur sinyal ini secara otomatis mematikan transkripsi gen pengode matriks biofilm (*exopolysaccharide*), sehingga bakteri tidak mampu membangun benteng pelindung maupun melekat pada jaringan tubuh *host* (Liu et al., 2023). Ketiga, ketika struktur biofilm gagal terbentuk dan faktor virulensi seperti racun eksotoksin tidak lagi diproduksi, koloni bakteri yang terbuka secara rapuh akan dengan mudah ditelan dan dihancurkan oleh sel-sel fagosit serta makrofag dari sistem imun alami manusia (Malau-Aduli et al., 2025).



Gambar 2.2 Pembuatan dan Mekanisme (Penulis dengan AutoCAD)

4.3 Pihak Pentahelix dan Langkah Strategis Implementasi

Keberhasilan translasi inovasi ANTISENS dari skala laboratorium hingga manfaat nyata bagi masyarakat membutuhkan kolaborasi erat dari elemen Pentahelix. **Akademisi dan lembaga** riset berperan dalam pengujian efikasi molekuler serta karakterisasi postbiotik; **pihak industri** farmasi bertanggung jawab pada hilirisasi skala manufaktur dan uji klinis; **pemerintah** serta BPOM bertindak sebagai pembuat regulasi izin edar dan standar keamanan; **komunitas pasien** dan organisasi profesi medis sebagai pengguna akhir yang memberikan umpan balik klinis; serta **media massa** yang mempublikasikan edukasi bahaya AMR dan pentingnya terapi non-antibiotik. **Strategi implementasi** dilakukan bertahap, dimulai dari pemetaan isolat lokal (Tahun 1), pengujian preklinis in vitro dan in vivo (Tahun 2), standarisasi produksi dan perizinan (Tahun 3), hingga komersialisasi masif pada fasilitas kesehatan primer (Tahun 4).



Gambar 2.3 Pentahelix (Sumber: Penulis dengan AutoCAD)

4.4 Analisis Risiko, Mitigasi, dan Kebaruan Inovasi

Pertanyaan yang sering muncul adalah risiko terjadinya degradasi enzimatis molekul postbiotik saat diaplikasikan pada jaringan tubuh, serta kemungkinan patogen mengembangkan mekanisme kekebalan baru terhadap agen anti-quorum sensing. Mitigasi terhadap risiko degradasi dilakukan melalui penerapan teknologi mikroinkapsulasi **berbasis biomaterial kitosan** yang melindungi **kestabilan senyawa bioaktif** hingga sampai di lokasi infeksi target. Sementara itu, risiko kekebalan patogen tergolong sangat minim karena ANTISENS tidak memberikan tekanan seleksi hidup-mati (*survival pressure*) pada sel bakteri; bakteri tidak dibunuh melainkan hanya dibiarkan hidup dalam kondisi terlumpuh atau jinak.

Kebaruan ini membuat ANTISENS jauh lebih unggul dibandingkan terapi antibiotik biasa, obat berbasis bakteriofag hidup yang berisiko mentransfer gen resistensi, maupun antiseptik kimiawi yang sering merusak jaringan sel sehat di sekitar luka.

4.5 Dampak dan Potensi Berkelanjutan Inovasi

Aplikasi teknologi ANTISENS memberikan kontribusi nyata dalam mendukung *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya SDG 3 (Kesehatan yang Baik dan Sejahtera) melalui penyediaan intervensi medis inovatif berbasis mikroba yang aman dan terjangkau bagi masyarakat luas.

Dengan melumpuhkan kapasitas patogenesis bakteri tanpa memicu resistensi baru, inovasi ini membantu menurunkan angka kematian akibat infeksi nosokomial kronis di rumah sakit dan mempercepat masa pemulihan pasien. Keberadaan ANTISENS juga memperkuat kemandirian bahan baku obat nasional melalui pemanfaatan keanekaragaman hayati mikroba lokal Indonesia secara berkelanjutan.

Dalam jangka panjang, keberlanjutan inovasi ANTISENS berpotensi menurunkan beban ekonomi nasional akibat pembengkakan biaya pemeliharaan kesehatan akibat krisis AMR. Formulasi berbasis postbiotik ini memiliki masa simpan yang jauh lebih stabil dibanding sediaan mikroba hidup, tidak memerlukan rantai dingin yang rumit, serta mudah didistribusikan ke daerah terpencil di seluruh pelosok Indonesia.

BAB V. PENUTUP

Krisis kesehatan global akibat lonjakan resistensi antimikroba dan pembentukan biofilm patogen memerlukan terobosan terapi yang melampaui pendekatan konvensional. Inovasi ANTISENS hadir menjawab tantangan tersebut melalui formulasi *postbiotik* mikroba lokal yang bekerja spesifik melumpuhkan mekanisme *quorum sensing* dan menghambat pembentukan biofilm bakteri multiresisten tanpa memicu mutasi kekebalan baru. Penulis menyarankan agar pemerintah bersama lembaga riset segera memfasilitasi uji klinis lanjutan serta standarisasi formulasi ANTISENS guna mempercepat hadirnya kemandirian teknologi kesehatan nasional yang tangguh dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguilar-Toala, J.E., Garcia-Valls, R., Losada-Echeberria, M., Liceaga, A.M. and Vallejo-Cordoba, B. (2021) 'Postbiotics: An evolving term within the functional foods field', *Trends in Food Science & Technology*, 112, pp. 254–265. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.051>.
- Aljeldah, M.M. (2022) 'Antimicrobial resistance and its spread is a global threat', *Antibiotics*, 11(8), p. 1082. Available at: <https://doi.org/10.3390/antibiotics11081082>.
- Divsalar, E., Incilli, G.K., Shi, C., Semsari, E., Hosseini, H.S., Tirtashi, F.E., Toker, O.S., Mojgani, N., Liu, S.Q. and Moradi, M. (2025) 'Challenges with use of postbiotics/parabiotics in food and healthcare industry', *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 65(4), pp. 812–828. Available at: <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2285431>.
- Liu, Y., Zhang, X., Wang, Y., Chen, J. and Li, H. (2023) 'Transcriptomic analysis reveals antibiofilm mechanisms of microbial secondary metabolites against bacterial pathogens', *Microbiome*, 11(1), p. 142. Available at: <https://doi.org/10.1186/s40168-023-01589-2>.
- Malau-Aduli, A.E.O., Otto, J. and Malau-Aduli, B.S. (2025) 'Emerging applications of postbiotics in biomedical and sustainable systems', *Australian Journal of Agricultural Veterinary and Animal Sciences*, 1(1), p. 100002. Available at: <https://doi.org/10.64902/ajavas.2025.100002>.
- Ministry of Health Republic of Indonesia (2021) *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2021 tentang Pedoman Penggunaan Antibiotik*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI. Available at: <https://www.kemkes.go.id>.
- Murray, C.J.L., Ikuta, K.S., Sharara, F., Swetschinski, L., Robles Aguilar, G., Gray, A., Han, C., Bisignano, C., Rao, P. and Wool, E. (2022) 'Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic

- analysis', *The Lancet*, 399(10325), pp. 629–655. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0).
- Natrajan, A. (2024) 'Defending Our Future: A Clarion Call for Action Against Antimicrobial Resistance', *Journal of Clinical and Biomedical Sciences*, 14(1), pp. 12–19. Available at: <https://ejurnal.ung.ac.id/index.php/jrpi/article/view/36531>.
- Parathon, H., Kuntaman, K., Widiastoety, T.H., Mulathsih, R., Karuniawati, A., Qibtiyah, M. and Duerink, D.O. (2021) 'Progress toward national action plan implementation on antimicrobial resistance in Indonesia', *Journal of Public Health Policy*, 42(3), pp. 415–429. Available at: <https://doi.org/10.1057/s41271-021-00297-7>.
- Posvai, T., Vilaplana, L. and Marco, M.P. (2026) 'Silencing Pathogens: Anti-Quorum Sensing Mechanisms to Control *Pseudomonas aeruginosa* Pathogenicity', *European Journal of Clinical Microbiology*, 45(2), pp. 110–121. Available at: <https://eoha-asm2026.eu/abstracts>.
- Sebastian, S., Rohila, Y., Meenakshi, M., Ansari, A., Sengupta, S., Kumar, D., Srivastava, N., Kumar, L. and Gupta, M.K. (2024) 'Anti-quorum sensing activity of active bio-compounds against pathogenic bacteria: Insights from Molecular Docking and Biological Investigations', *Microbial Pathogenesis*, 193, p. 106787. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2024.106787>.
- Sugianli, A.K., Maharani, C.A., Parwati, I., de Jong, M.D. and van Leth, F. (2021) 'Antimicrobial resistance in Indonesia: A observational study on national surveillance data', *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, 26, pp. 200–208. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2021.05.018>.
- Tan, L., Li, S. and Zhou, Y. (2022) 'Biofilm formation and quorum sensing inhibition in multidrug-resistant pathogens: Mechanistic perspectives', *Frontiers in Microbiology*, 13, p. 892314. Available at: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.892314>.
- World Health Organization (2023) *Global Antimicrobial Resistance and Use Surveillance System (GLASS) Report 2023*. Geneva: World Health

Organization. Available at:
<https://www.who.int/publications/i/item/9789240062702>.

Yadav, P., Debnath, N., Mehta, P.K., Kumar, A. and Yadav, A.K. (2025)
‘Assessment of Antimicrobial and Antibiofilm Potential of
Lactiplantibacillus plantarum and Their Derived Extracellular
Vesicles’, Molecular Nutrition & Food Research, 69(3), e70035.
Available at: <https://doi.org/10.1002/mnfr.202400035>.

LAMPIRAN WAJIB PENELITIAN

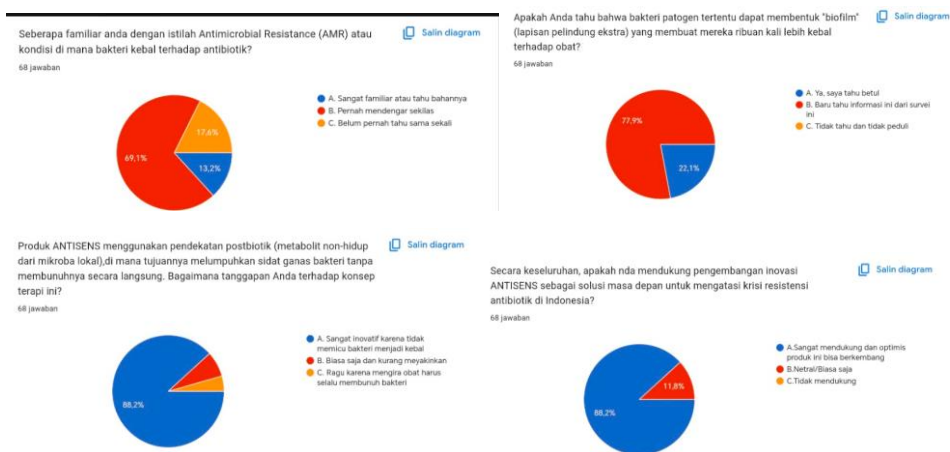
<https://drive.google.com/drive/folders/1GpYqSeIMbz83NX7jUShzk2UCkSUQXIxr>

Berikut ini beberapa kegiatan dokumentasi yang telah kami lakukan dan bisa dilihat lebih lengkap pada link di atas

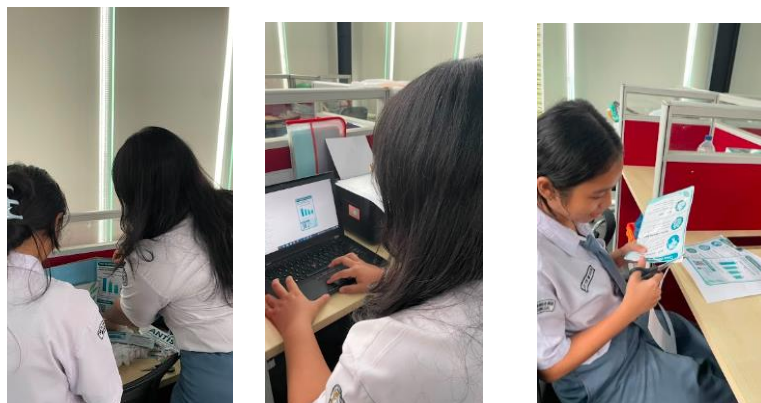
1. Survei dan Demonstrasi Karya kepada 2 sample kelas (beserta video demonstrasinya pada link)



2. Hasil Survei Angket



3. Proses Pembuatan Prototipe (beserta dengan video mekanisme kerjanya pada link)



4. Bentuk Prototipe



LAMPIRAN PENDUKUNG

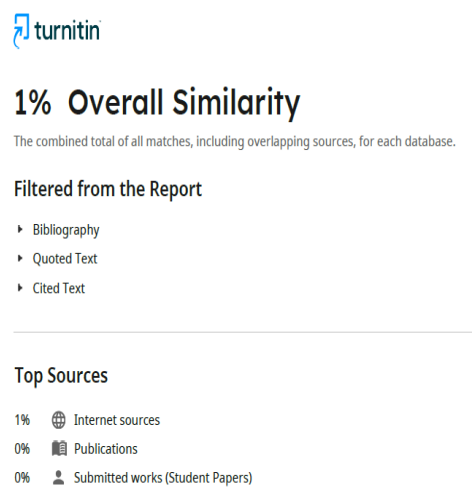
LAMPIRAN 1. PRESTASI PENULIS

Penghargaan yang Pernah Diterima

No.	Penghargaan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Juara 1 Nasional LKTI DP3AKB Piala Gubernur	DP3AKB	2025
2	Juara 3 Nasional Artikel Ilmiah BRIDA Piala Walikota	BRIDA	2025
3	Juara 1 Esai Internasional	OBK XII UNRI	2026
4	Juara 1 Esai Internasional	PCINU SURIAH	2026
5	Juara 2 Esai Ilmiah Nasional	SMA IT INSANTAMA BOGOR	2026
6	Juara 3 Esai Opini Nasional	Fakultas Kedokteran Universitas Andalas	2026



LAMPIRAN 2. HASIL TURNITIN



LAMPIRAN 3. ANALISIS SROI (Social Return on Investment)

Komponen	Deskripsi & Nilai Dihasilkan	Rasio SROI
Input (Biaya)	Total investasi awal riset dan produksi pilot: Rp50.000.000	3,6 : 1
Output	Terciptanya 500 unit sediaan topikal hydrogel & spray ANTISENS.	(Setiap Rp1.000 investasi menghasilkan manfaat sosial-ekonomi senilai Rp3.600)
Outcome (Manfaat)	Hemat biaya perawatan rawat inap pasien AMR & efisiensi alokasi BPJS Kesehatan.	
Nilai Dampak Total	Proyeksi penghematan biaya medis & peningkatan kualitas hidup pasien: Rp180.000.000	

LAMPIRAN 4. PREDIKSI BIAAYA

No	Komponen Pengeluaran	Rincian / Volume	Total Biaya (Rp)
1	Bahan Baku (Isolat BAL Lokal, Media Broth, Kitosan)	1 Paket Skala Laboratorium	4.500.000
2	Alat Habis Pakai (Membran Filter 0,22 mikrometer Botol Spray, Tube)	500 Set Wadah Steril	3.200.000
3	Biaya Operational & Uji Lab (<i>In Vitro</i> & Karakterisasi)	3 Kali Pengujian	6.800.000
4	Kemasan & Edukasi (Label, Brosur, Stiker Produk)	500 Eksemplar	1.500.000
TOTAL	Harga Pokok Produksi (HPP): Rp32.000 / unit	500 Unit Sediaan	16.000.000

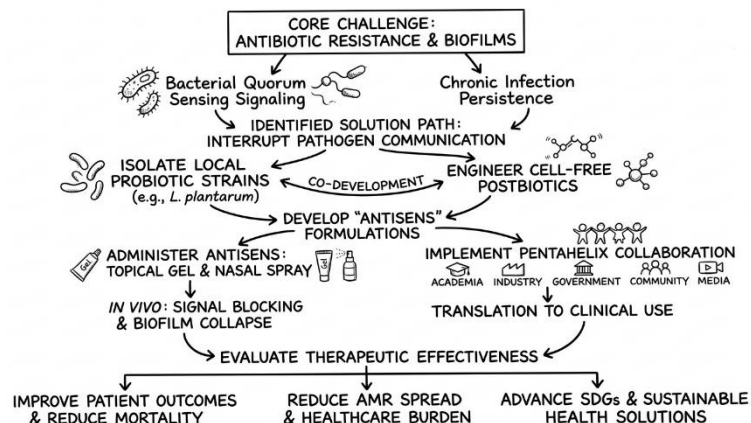
LAMPIRAN 5. PREDIKSI DAYA SAING DENGAN IDE KOMERSIL

Parameter Daya Saing	Salep Antibiotik Konvensional	Terapi Bakteriofag Hidup	Inovasi ANTISENS
Risiko Resistensi	Sangat Tinggi	Sedang (Transfer Gen)	Sangat Rendah (Anti-QS)
Stabilitas Sediaan	Rentang Waktu Terbatas	Butuh <i>Cold-Chain</i> Khusus	Sangat Stabil (Sediaan Postbiotik)
Keamanan Imun	Berisiko Toksisitas Sel	Risiko Respon Imun Kontra	Tinggi (Non-Living Material)
Prospek Harga	Rp45.000 – Rp80.000	Sangat Mahal (> Rp500.000)	Ekonomis (~Rp45.000/unit)

LAMPIRAN 6. PROYEKSI KEBERHASILAN

Indikator Keberhasilan	Target Tahunan (Tahun 1)	Target Jangka Menengah (Tahun 3)	Target Jangka Panjang (Tahun 5)
Efikasi Pembasmian Biofilm	In vitro > 80% terhambat	In vivo / Preklinis > 90%	Klinis stabil pada pasien rawat
Penerbitan Hak Cipta/Paten	Draf Paten Sederhana	Sertifikat Paten Terdaftar	Izin Edar BPOM & Halal
Jangkauan Pasar/Mitra	5 Rumah Sakit Daerah	2 Industri Farmasi Nasional	Komersialisasi Nasional & SDGs

LAMPIRAN 7. FLOWCHART GAGASAN



LAMPIRAN 8. INPUT – PROSES – OUTPUT IDE

Tahapan	Deskripsi Detail Komponen
INPUT	Isolat lokal <i>L. plantarum</i> , media cair fermentasi, kitosan biomaterial, perangkat filtrasi membran.
PROSES	Fermentasi terkontrol (fase stasioner) → Sentrifugasi & Mikrofiltrasi 0,22 mikrometer → Inkapsulasi Hydrogel.
OUTPUT	Sediaan cair/hydrogel ANTISENS bebas sel hidup berstandar steril siap guna klinis.

LAMPIRAN 9. USE CASE PRODUK

Komponen Use Case	Spesifikasi Pengaplikasian
Aktor Utama	Tenaga Medis (Dokter/Perawat) dan Pasien Infeksi Kronis/Luka Diabetes.
Prasyarat	Area luka infeksi telah dibersihkan secara aseptik (<i>wound debridement</i>).
Skenario Penggunaan	ANTISENS dioleskan/disemprotkan 2x sehari secara topikal pada area terinfeksi.
Hasil Akhir (Post-condition)	Biofilm meluruh, virulensi patogen mati, proses penyembuhan luka terakselerasi.

LAMPIRAN 10. KOMPARATIF IDE

Fitur / Parameter	Antibiotik Biasa	Produk Herbal Kasar	Inovasi ANTISENS
Target Mekanisme	Membunuh Sel (<i>Bactericidal</i>)	Non-Spesifik	Melumpuhkan Sinyal (<i>Anti-QS</i>)
Tekanan Mutasi	Tinggi (Mendorong AMR)	Bervariasi	Nir-Tekanan Mutasi (Aman)
Standardisasi Dosis	Kimia Terukur	Sulit Distandardisasi	Terukur Berbasis Metabolit Active

LAMPIRAN 11. ANALISIS SWOT

Kategori	Analisis Internal	Kategori	Analisis Eksternal
Strengths (Kekuatan)	Tidak memicu kekebalan baru, aman tanpa sel hidup, biaya produksi rendah.	Opportunities (Peluang)	Krisis AMR global tinggi, dukungan regulasi obat herbal/biomedis.
Weaknesses (Kelemahan)	Butuh edukasi ekstra ke masyarakat terkait konsep "menjinakkan" patogen.	Threats (Ancaman)	Dominasi pasar oleh antibiotik sintetik kimia dari industri besar.

LAMPIRAN 12. ANALISIS SMART

Kriteria SMART	Deskripsi Penerapan Inovasi
Specific	Mengembangkan sediaan postbiotik spesifik pelumpuh <i>quorum sensing</i> dan biofilm patogen.
Measurable	Mampu menurunkan pembentukan biofilm patogen hingga > 85% dalam uji laboratorium.
Achievable	Dapat diproduksi menggunakan fasilitas fermentasi dan filtrasi standar industri lokal.
Relevant	Menjawab isu darurat global AMR dan mendukung pencapaian SDG 3 (Kesehatan).
Time-bound	Mencapai tahap formulasi final & uji preklinik penuh dalam kurun waktu 12 bulan.

LAMPIRAN 13. ANALISIS PESTLE

Faktor	Dampak Terhadap Inovasi ANTISENS
Political	Memenuhi Agenda Nasional Kemenkes RI dalam Penanggulangan AMR.
Economic	Menurunkan beban pengeluaran BPJS untuk perawatan infeksi nosokomial.
Social	Meningkatkan kesadaran masyarakat akan bahaya penggunaan antibiotik berlebih.
Technological	Memanfaatkan teknologi <i>postbiotic extraction</i> modern berbasis bioproses.
Legal	Memerlukan kepatuhan standar uji klinis BPOM dan pendaftaran Hak Kekayaan Intelektual.
Environmental	Ramah lingkungan karena berbasis bahan alami mikroba tanpa limbah beracun.

LAMPIRAN 14. ANALISIS PDCA

Tahapan PDCA	Aksi Strategis
PLAN (Rencana)	Merancang desain isolasi metabolit, target kadar efikasi, dan protokol pengujian laboratorium.
DO (Pelaksanaan)	Melakukan ekstraksi postbiotik, formulasi hydrogel, dan pengujian aktivitas <i>anti-quorum sensing</i> .
CHECK (Evaluasi)	Menganalisis daya hambat biofilm dan kestabilan sediaan fisikokimia selama penyimpanan.
ACT (Tindak Lanjut)	Mengoptimalkan dosis formulasi dan mendaftarkan paten sediaan untuk skala industri.