

**LESTRO : FRUIT LEATHER STROBERI DIPERKAYA MINYAK KELAPA  
BERBASIS NANO ENKASULAPSI SEBAGAI PENGHAMBAT SORTASEA  
BAKTERI PENYEBAB PLAK GIGI**

**NadiaEdita Maheswari**  
XIIMIPA9SMANEGERI3Semarang  
nadiaeditam@gmail.comGuru  
Pembimbing1:AgusPriyatno  
GuruPembimbing2:EdiS

***Abstrak***

Sortase A(SrtA) adalah enzim, yang bertanggung jawab terhadap penempelan Streptococcus ke gigi dan menyebabkan plak. Dua tanaman perspektif sebagai penambat Srt A, adalah kelapa (mengandung asam laurat dan miritat) dan stroberi (mengandung vitamin C dan antosianin). Dengan demikian, tujuan penelitian adalah untuk mempelajari efektivitas LESTRO sejenis fruit leather stroberi yang diperkaya oleh minyak kelapa dengan basis nano enkapsulasi untuk menambat SrtA dan mengurangi plak. Penelitian ini bersifat kualitatif untuk (a) memverifikasi nanoenkapsulasi senyawa pada LESTRO serta (b) analisis efektivitas LESTRO sebagai inhibitor plak pada gigi melalui studi insilico berupa docking Sortase A dengan senyawa pada stroberi dan minyak kelapa, studi in vitro berupa uji aktivitas anti bakteri LESTRO serta uji organoleptik dari LESTRO. Hasil menunjukkan verifikasi keberhasilan nano enkapsulasi. Hasil insilico menunjukkan konfirmasi bahwa LESTRO efektif dalam menghambat Srt A dengan afinitas -4,6 , -6,2 , -4,5 ,dan -4,7 kkal/mol dalam model pengikatan yang mirip dengan sulfanyl benzamide sebagai kontrol. Demikian juga, studi in vitro mengungkapkan kemampuan LESTRO untuk menghambat pertumbuhan Streptococcus dengan diameter zona hambat sebesar  $2,4 \pm 1,497$  mm. LESTRO juga terbukti mampu mengurangi plak melalui uji warna gigi dengan penilaian baik. Uji organoleptik terkait warna, aroma, dan tekstur membuktikan bahwa LESTRO, dapat menjadi suatu inovasi kesehatan gigi yang menyenangkan

**Keywords:** *Fruitleather, Stroberi, MinyakKelapa, Nano enkapsulasi, Sortase A*

## **PENDAHULUAN**

Menuju Indonesia Emas 2045 diperlukan kesiapan dalam menghadapi tantangan global di masa mendatang, salah satunya dalam bidang Kesehatan. Harapannya setiap warga negara memiliki kesadaran akan kesehatannya sehingga tercapai sumber daya manusia yang baik. Sesuai dengan visi Indonesia Emas 2045 adanya kualitas sumber daya manusia yang tinggi mewujudkan tingkat kesejahteraan masyarakat Indonesia yang lebih baik dan merata. Sumber Daya Manusia (SDM) kesehatan adalah komponen kunci untuk menggerakkan pembangunan kesehatan. SDM Kesehatan berperan meningkatkan kesadaran, kemauan dan kemampuan hidup sehat bagi setiap orang, salah satunya adalah kesadaran dalam menjaga kesehatan gigi.

Gigi adalah organ ektodermal yang mudah terpapar bakteri penyebab kerusakan gigi. Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) pada tahun 2018 menyebutkan bahwa 57,6% penduduk Indonesia mengalami masalah gigi dan mulut, serta hanya sekitar 10,2% yang pernah menerima layanan medis. Kerusakan gigi terutama disebabkan oleh plak. Salah satu kerusakan yang disebabkan oleh plak adalah karies. Karies atau gigi berlubang adalah penyakit jaringan keras gigi yang ditandai dengan kerusakan enamel dan dentin yang disebabkan oleh aktivitas metabolisme bakteri dalam plak yang menyebabkan demineralisasi akibat interaksi antara produk mikro organisme, air liur, dan bagian yang berasal dari makanan dan enamel.

Plak biasanya mulai terbentuk pada sepertiga permukaan gingiva. Prevalensi gigi berlubang pada anak usia dini sangat tinggi (93%) dan hanya 7% anak yang bebas dari gigi berlubang. Oleh karena itu, sangat perlu untuk mulai mengambil tindakan pencegahan untuk gigi berlubang sejak usia dini (Rossa dan Nodia, 2018).

Secara morfologi, plak gigi adalah endapan lunak yang menempel erat pada permukaan gigi, yang dibangun oleh mikroba. Mikroorganisme akan bereproduksi dalam matriks antar sel dan akan terus menumpuk

jika tidak dibersihkan secara memadai. Komposisi plak gigi adalah 80% air dan 20% senyawa padat. Senyawa padat terdiri dari 40-50% protein, 13-18% karbohidrat dan 10-14% lemak. Protein dalam plak gigi berasal 2 dari air liur. Karbohidrat, dalam bentuk sukrosa, yang terkandung dalam plak gigi akan di metabolisme oleh mikroorganisme membentuk polisakarida ekstra-seluler, seperti *Streptococcus mutans*, *S. bovine*, *S. sanguis*, dan *S. salivarius* (Clancy dkk., 2010)

Sortase A (SrtA) adalah enzim terkait membran yang bertanggung jawab atas hubungan kovalen antara berbagai protein permukaan yang terkait dengan virulensi ke jaringan inang. Banyak *Streptococcus* juga menggunakan sortase A (SrA) untuk menempelkan protein permukaan ke dinding sel dan membentuk biofilm untuk memfasilitasi perlekatan pada gigi. SrtA mampu mengenali bagian hidrofobik dari protein C-terminal protein gigi, kemudian membelah ikatan peptida antara treonin dan glisin, yang pada gilirannya menyebabkan karboksil treonin berikatan dengan amida enzim lipid SrtA. Akhirnya, kompleks protein permukaan lipid II terintegrasi ke dalam peptidoglikan melalui reaksi transglukosilasi dan transpeptidasi, dan dinding sel terbentuk yang memperkuat kolonisasi bakteri (Luo dkk, 2017).

Permasalahannya, sulit untuk menghambat enzim ini karena resistensi bakteri *Streptococcus* terhadap beberapa obat. Namun demikian, terdapat beberapa senyawa alami dari tanaman yang dapat menjadi penghambat kinerja SrtA yang efektif, sehingga menghambat pembentukan plak. Dua tanaman perspektif senyawa penghambat plak adalah kelapa dan stroberi. Kelapa merupakan tanaman yang sangat umum di Indonesia yang kaya manfaat. Minyak kelapa memiliki banyak kandungan asam lemak, dengan beberapa di antaranya adalah asam laurat dan asam miristat (Gurav dkk, 2021). Sementara itu buah yang paling disukai anak-anak adalah stroberi. Stroberi mengandung bahan aktif seperti vitamin C dan anthocyanin (Odrizola-Serrano, 2009). Stroberi memiliki lima tingkat kematangan 6 ditinjau dari warna buah stroberi. Semakin matang buah, maka warna merahnya akan

semakin gelap. Warna merah ini dihasilkan oleh pigmen antosianin. Sementara itu, rasa asam stroberi dihasilkan oleh kandungan vitamin C. Pada tingkat kematangan yang berbeda, stroberi memiliki kandungan nutrisi yang berbeda, termasuk kandungan antosianin dan vitamin C (Janurianti dkk, 2021). Penggunaan kedua bahan tersebut diharapkan akan menghasilkan usaha yang mumpuni untuk mengurangi plak.

Penggunaan obat-obatan atau bahan-bahan pendukung kesehatan gigi harus didukung dengan caramenyikatgigisecarateraturdan benar. Permasalahannya, berdasarkan survei oleh Kementerian Kesehatan, 9% orang dewasa tidak menyikat gigi dua kali sehari, kemudian 11% anak-anak tidak menyikat gigi dua kali sehari (Vika, 2015). Masalah rendahnya kesadaran menyikat gigi ini menyebabkan perlu diambil suatu solusi untuk mengatasi masalah gigi dengan menciptakan permen yang menyenangkan agar anak-anak dan orang dewasa menyukainya.

Di masa yang akan datang, kepraktisan merupakan salah satu hal yang penting. Dengan kegiatan manusia yang semakin tinggi, masyarakat akan lebih tertarik menggunakan produk yang praktis dan ramah lingkungan. Baru-baru ini, permen kreatif namun menyenangkan yang dikenal sebagai *fruit leather* menjadi populer. Orang dewasa dan anak-anak tertarik padanya. Permen ini tidak hanya enak tetapi juga kaya nutrisi (da Silva Simão, 2020).

Namun demikian, timbul suatu masalah bahwa proses produksinya bisa merusak metabolit (Suna, 2019). Dengan demikian, upaya pencegahan harus dilakukan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan menerapkan enkapsulasi nanopartikel. Enkapsulasi ini adalah mekanisme untuk casing bahan dengan matriks cair, gas, atau padat. Fungsi utama enkapsulasi adalah untuk melindungi senyawa sensitif dari suhu tinggi, oksigen, dan paparan kerusakan. Hal ini juga dapat meningkatkan stabilitas metabolit selama pengolahan termal (Delshadi, 2020).

Latar belakang diatas mengungkapkkan permasalahan terkait plak dengan fokus pada

enzim SrtA *Streptococcus*, dengan solusi yang ditawarkan berupa *fruit leather* berbahan stroberi dan minyak kelapa yang diramu secara nanoenkapsulasi. Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari efektivitas LESTRO sejenis *fruit leather* yang diperkaya oleh zat berlapis nanopartikel stroberi dan minyak kelapa untuk mengikat SrtA yang pada akhirnya dapat mengurangi plak. *Fruit leather*, diperkaya dengan stroberi dan minyak kelapa yang telah dienkapsulasi nanopartikel, akan menjadi pendekatan yang komprehensif untuk pencegahan plak karena kepraktisannya, menyenangkan dan berkhasiat.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian kualitatif yang dilakukan ntuk memverifikasi nanoenkapsulasi senyawa stroberi dan minyak kelapa, serta untuk menganalisis efektifitas LESTRO sebagai inhibitor plak pada gigi melalui analisis in silico, in vitro dan uji organoleptik.

Pelaksanaan penelitian ini dilaksankan dalambeberapatahap,yaitusebagaiberikut:

- Verifikasi nanoenkapsulasi senyawa pada LESTRO
- Analisis efektivitas LESTRO sebagai inhibitor plak pada gigi dengan cara: studi *in silico* berupa docking pengikatan Sortase A dengan senyawa pada LESTRO, studi in vitro berupa uji aktivitas antibakteri dari LESTRO, dan uji organoleptik dari LESTRO.

Sebelum analisis nanopartikel, bahan disiapkan sebagai berikut. Stroberi baru dipanen dari "Kebun Strawberi Kopeng", Sidomukti, desa Kopeng, Getasan, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah Indonesia. Minyak kelapa adalah minyak "KARA" yang didistribusikan secara komersial. Stroberi disanitasi menggunakan larutan klorin (dalam 50mg L<sup>-1</sup>), dipotong kecil dan ditimbang. Perbandingan potongan stroberi dan minyak kelapa adalah 1:1 (b/v). Campuran tersebut dihaluskan menggunakan Mitochiba Food Chopper selama 5 menit. Campuran tersebut kemudian digunakan dalam sintesis nano partikel dengan melarutkannya dalam

50 ml etanol 70% dan 50 ml kitosan 1% (dalam asam glasial 1%). Selanjutnya dilakukan homogenisasi dalam pengaduk magnetik (400 pm) selama 2 jam. Enkapsulasi kemudian diimplementasikan dengan menambahkan 4ml NaTPPO,2%(1 tetes/3 detik). Ukuran nanoenkapsulasi kemudian diukur oleh PSA (Arsy dkk., 2018).

Kemudian dilakukan analisis *in silico*. Tahap persiapan untuk analisis *in silico* adalah persiapan struktur komputerisasi Sortase A (SrtA) *Streptococcus* dan metabolit sekunder dari stroberi dan minyak kelapa. Struktur enzim SrtA diperoleh dari NCBI dengan nomor akses 4TQX dan 2MLM dengan pertimbangan memiliki situs aktif yang sangat homolog dengan SrtA *Streptococcus*. Visualisasi enzim dilakukan dengan menggunakan PYMOL 2.4.0, serta penghilangan ligan dan air. Model enzim kemudian diverifikasi dan divalidasi oleh PROCHECK dan disempurnakan dengan 3D Refiner (Elengoe dkk, 2014). Struktur berbagai metabolit sekunder, yaitu vitamin C dan antosianin dari stroberi, serta asam laurat dan miristat dari minyak kelapa, dibuat menggunakan server web PubChem. Struktur tersebut kemudian diunduh dalam format file SDF (Kim dkk., 2022). Setelah persiapan, docking dilakukan untuk mengetahui afinitas SrtA dalam mengikat keempat metabolit sekunder di atas secara terpisah. Docking dilakukan menggunakan PyRX 0.8 (Romano, 2019). Kontrol untuk mengikat adalah sulfanylbendamid. Situs pengikatannya adalah Arg213. Visualisasi docking dilakukan menggunakan Biovia Discovery Studio 2019 (Khan dkk., 2020).

Sebelum analisis *in vitro* dan organoleptik, fruit leather dibuat dengan memanfaatkan campuran nano-enkapsulasi sebelumnya dari stroberi dan minyak. Campuran ini ditipiskan ke piring anti lengket dan didehidrasi dengan menggunakan oven 60 °C (Drying Oven Memmert UN 110, Buechenbach, Jerman) selama 5 jam. Fruit leather dengan kadar air 15% didinginkan, dipotong menjadi 5x10cm, dan digulung (Suna, 2018). Fruit leather ini kemudian digunakan untuk analisis *in vitro* dan organoleptik. Analisis *in vitro* dilakukan dengan ujimikroskopis *Streptococcus*

dengan mendeteksi terjadinya zona hambat. Cara yang dilakukan adalah dengan memotong sebetuk lingkaran dari fruit leather dengan ukuran 1 cm. Lingkaran ini lalu diimplementasikan ke media agar padat yang berisi inokulan *Streptococcus*. Setelah diinkubasikan selama 16 11 jam, lalu diukurlah zona hambat dan dilakukan perbandingan struktur bakteri tanpa dan dengan pemberian fruit leather.

Semuasubjekanalisisorganoleptikdisetujui oleh ethical clearance dari Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Negeri Semarang. Uji organoleptik berupa uji preferensi dan uji warna gigi dengan 30 panelis yang belum terlatih (15 dewasa dan 15 anak-anak). Skala tes preferensi adalah skala hedonik yang terdiridarisangat suka (skor 5), suka (skor 4), agak suka (skor 3), tidak suka (skor 2), sangat tidak suka (skor 1) (Wahyuningtias dkk., 2014). Preferensinya adalah tentang warna, aroma, dan tekstur *fruit leather*. Terakhir, untuk mendeteksi khasiat pencegahan plak, gigi panelis kemudian diamati dengan membandingkan warna gigi (dalam skala panduan warna gigi) sebelum dan sesudah mengunyah fruit leather selama 10 kali (2 per hari) konsumsi.

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kualitatif untuk mendeskripsikan verifikasi nanoenkapsulasi senyawa stroberi dan minyak kelapa, serta efektifitas LESTRO sebagai inhibitor plak pada gigi melalui analisis *in silico*, *in vitro* dan uji organoleptik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

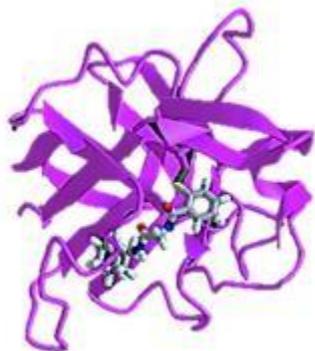
### a. Analisis nanopartikel

Pengujian PSA menggunakan prinsip hamburan cahaya dinamis atau Dynamic Light Scattering (DLS) sehingga dapat mengukur ukuran nanopartikel serta distribusi partikel terdispersi dalam volume larutan pada rentang konsentrasi yang besar (PDI). Standardisasi pengukuran dengan PSA untuk nanopartikel A berkisar dalam ukuran dari 1-100 nm (Jonassen, 2014). Hasil PSA dari senyawa stroberi – minyak kelapa yang dienkapsulasi nano menunjukkan ukuran partikel 73,5 nm dan

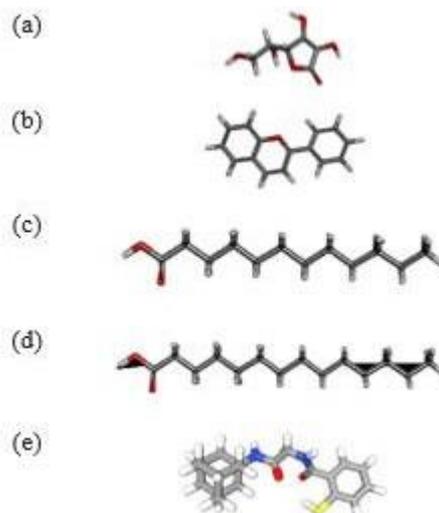
PDI 0,242. Ukuran partikel menunjukkan kemampuan materi yang dikapsulasi untuk dilapisi, diamankan dan tidak rusak selama pemrosesan Fruit leather, sehingga dapat dengan aman dikirim ke sel target yang merupakan sel Streptococcus. Nilai PDI menunjukkan bahwa partikel dari setiap senyawa tersebar secara homogen. Semakin rendah nilai PDI maka semakin homogen ukuran partikel yang dimuat. Hasilnya kemudian mengkonfirmasi aktivitas sinergis senyawa stroberi dan minyak kelapa dalam menghambat SrtA untuk mengurangi plak.

### b. Analisis silico

Tahap awal analisis docking adalah susunan struktur SrtA sebagai struktur chimeric protein aksesori 4TQLESTRO dan 2MLM dari NCBI. Gambar 1 menampilkan struktur 3D enzim dengan fokus pada situs aktif. SrtA memiliki situs aktif yang tertanam dalam domain N-terminal dari helikstrans membran. Enzim ini memiliki 8 lembar  $\beta$  sebagai karakteristik, dimana 3 di antaranya ( $\beta$ -4,  $\beta$ -7 dan  $\beta$ -8) dapat membentuk kantong hidrofobik yang terkait dengan situs aktif. Di situs aktif ada Arg213 sebagai situs pengikat (Luo dkk., 2017). Langkah selanjutnya adalah identifikasi empat metabolit bersama dengan struktur kontrol. Gambar 2 menunjukkan struktur ini.



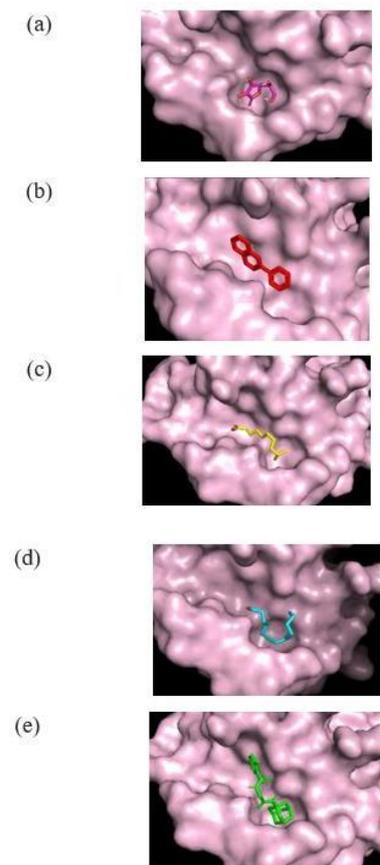
Gambar 1. Struktur 3D enzim Streptococcus SrtA.



Gambar 2. Struktur 2D vitamin C (a) dan antosianin (b) dari stroberi, serta asam laurat(c) dan miristat (d) dari minyak kelapa, dan juga sulfanil benzamida sebagai kontrol (e).

Terakhir, analisis docking dilakukan dengan hasil gambar 3. Tabel 1 berikut memberikan ringkasan simulasi pengikatan masing-masing inhibitor. Gambaran pengikatan asam amino dari masing-masing senyawa dapat dilihat pada tabel 1. Dalam tabel tersebut, tampak bahwa Arg213 ditemukan terlibat dalam setiap reaksi penghambatan vitamin C, antosianin, asam laurat dan asam miristat dengan ikatan hidrogen atau pola alkil. Ini sebanding dengan apa yang ditemukan dalam kontrol, sehingga menunjukkan bahwa afinitas pengikatan keempat senyawa didukung oleh Arg213 dari SrtA. Dengan demikian, ia mengkonfirmasi asam amino Arg213 diaktifkan sebagai situs pengikatan untuk SrtA (Luo dkk, 2017). Selanjutnya, pengikatan antosianin, asam laurat dan asam miristat juga didukung oleh adanya beberapa asam amino dalam kantong pengikat SrtA seperti Met123, Val190, Ile191, dan Val203 yang mengikat metabolit tanaman melalui alkil, di mana pola pengikatan senyawa kontrol yang sama.

Asam laurat memiliki susunan pengikatan saku yang sangat mirip dengan kontrol (didukung oleh 4 asam amino), sedangkan antosianin hanya didukung oleh 2 asam amino (metionin dan valin), dan asam miristat hanya didukung oleh metionin.

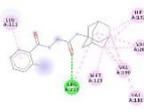


Gambar 3. Docking Srt A dengan vitamin C (a) dan antosianin (b) dari stroberi, serta asam laurat (c) dan miristat (d) dari minyak kelapa, dan juga sulfanyl benzamide sebagai kontrol (e)

Secara keseluruhan, hasil simulasi docking dilakukan sebanyak 7 kali dengan 7 pose docked yang memiliki energi ikatan masing-masing. Energi ikatan yang dipilih adalah yang paling negatif dengan nilai RMSD terendah (kurang dari 1 amstrong) karena memiliki interaksi yang kuat (Pantsar dan Poso, 2018). Tabel 1 menunjukkan bahwa setiap senyawa dari stroberi dan minyak kelapa memiliki kemampuan untuk menjadi inhibitor SrtA. Nilai afinitas pengikatan adalah skala energibebasGibbsyangmenunjukkan

stabilitas konformasinya (Jonassen, 2014). Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa antosianin memiliki stabilitas pengikatan tertinggi. Meskipun afinitas pengikatan masing-masing senyawa tidak lebih tinggi dari kontrol, simulasi docking ini memberikan verifikasi in silico bahwa terdapat korelasi positif di antara keempat senyawa dalam LESTRO yang mampu memberikan kinerja interaksi yang baik dalam menghambat Srt A untuk membentuk plak.

Tabel 1. Simulasi Pengikatan				
Substances	Binding affinity (kcal/mol)	Binding distance (Å)	Amino acid and bound functional groups	2D binding depiction
Vitamin C	-4.6	2.60 8 2.20 3 3.02 3	Pro185: H-O Val188: C-H Arg213: H-O	
Anthocyanin	-6.2	4.26 7 5.21 1 4.26 8 5.49 4 5.17 3 2.00 9	Leu116: alkyl Met123: alkyl Ala137: alkyl Val203: alkyl Cys205: alkyl Arg213: H-O	
Lauric acid	-4.5	5.35 4 2.28 9 2.30 8 5.16 5 4.37 4 4.29 4	Met123: alkyl Ser138: C-H Ala139: H-O Val190: alkyl Ile191: alkyl Val203: alkyl	
Myristic acid	-4.7	4.57 9 2.20 3	Met123: alkyl Arg213: H-O	
Sulfanylamide	-7.7	4.20 8 5.20 4	Leu111: alkyl Met123: alkyl	

e	5.49	Val188:		lebih aman untuk anak-anak karena dapat ditelan.
	9	alkyl		
	5.08	Val190:		
	4	alkyl		
	4.56	Ile191:		
	6	alkyl		
	3.62	Val203:		
	2	alkyl		
	2.42	Arg213:		
		<u>H-O</u>		

### c. Analisis invitro

Analisis in vitro membuktikan penghambatan fruit leather terhadap pertumbuhan Streptococcus dengan diameter penghambatan adalah  $2,4 \pm 1,497$  mm. Nilainya tidak setinggi kontrol yaitu  $7,4 \pm 2,059$  mm. Obat Streptococcus mungkin memiliki kapasitas yang lebih tinggi dalam penghambatan pertumbuhan, tetapi senyawa alami mungkin lebih aman. Bakteri tampaknya menyusut karena potensi perubahan osmotik. Sebuah penelitian membuktikan bahwa beberapa antibakteri akan mengubah permeabilitas membran bakteri dan menghilangkan gaya gerak proton (Wu, dkk, 2019).-

### d. analisis organoleptik

Organoleptik warna, aroma dan tekstur fruit leather dengan menggunakan skala hedonik dilakukan pada penelitian ini untuk mengukur preferensial panelis mengenai produk. Rata-rata penilaian warna adalah  $4,46 \pm 0,561$ , penilaian aroma adalah  $4,03 \pm 0,836$ , dan penilaian tekstur adalah  $5,13 \pm 0,805$ . Penilaian warna menunjukkan bahwa sebagian besar panelis, orang dewasa atau anak-anak memiliki minat pada fruit leather. Sebuah komentar menyatakan bahwa warnanya tidak begitu cerah mungkin karena warna alami stroberi dan dengan demikian memicu rasa aman yang dapat diandalkan dalam konsumsi. Skala aroma menunjukkan preferensi aroma lembut dari fruit leather. Salah satu panelis mengatakan bahwa bau fruit leather tidak membuat mereka merasa ingin muntah. Teksturnya menunjukkan nilai tertinggi di antara ketiga skala penilaian. Hal ini menunjukkan bahwa hampir semua panelis sangat menyukai teksturnya dari fruit leather. Rasanya hampir seperti permen karet yang kenyal tetapi relatif

Terakhir deteksi warna gigi dengan menggunakan skala warna gigi menunjukkan bahwa setelah mengkonsumsi *fruit leather* secara rutin dua kali sehari selama 5 hari, rata-rata gigi panelis berwarna lebih cerah dengan penurunan skala warna dari 1 menjadi 2.

& Budiyati, E. 2018. Karakterisasi Nano Kitosan dari Cangkang Kerang Hijau dengan Metode Gelasi Ionik. Jurnal Teknologi Bahan Alam, 2(2), 106-111.  
Bandaru, H. and Bakshi, M., 2020. Fruit Leather: Preparation, packaging and its effects on sensorial and physico-chemical

## SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil di atas, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. LESTRO se jenis *fruit leather* stroberi yang diperkaya dengan minyak kelapa diverifikasi mengandung senyawa yang tersimpan secara nanoenkapsulasi.
2. Ditegaskan bahwa LESTRO cukup efektif dalam pencegahan plak gigi dengan cara:
  - a. mengikat dan menghambat SrtA sebagaimana ditemukan pada studi *in silico* dengan cara docking,
  - b. menghambat pertumbuhan *Streptococcus* dengan studi *in vitro*,
  - c. dan akhirnya mampu mengurangi plak melalui uji organoleptik dengan menggunakan skala warna gigi yang dilengkapi uji warna, aroma, dan tekstur.

Penggunaan kedua bahan memberikan rasa yang kurang manis bagi produk *fruit leather* mengingat penghindaran gula demi pencegahan plak. Oleh karena itu, akan lebih baik pada penelitian berikutnya dikaji juga penambahan pemanis alami yang tidak merusak gigi tapi mampu membantu kinerja LESTRO dalam menghambat enzim SrtA.

## DAFTAR PUSTAKA

Alappat, B. and Alappat, J., 2020. Anthocyanin pigments: Beyond aesthetics. *Molecules*, 25(23), p.5500.  
Artsy, N. Z., Nurjannah, E., Nurahlina, D.,

- properties: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(6), pp.1699-1709.
- Clancy KW, Melvin JA, McCafferty DG., 2010. Sortase transpeptidases: insights into mechanism, substrate specificity, and inhibition. *Biopolymers*; 94(4): 385–396.
- daSilvaSimão,R.,deMoraes,J.O.,Carciofi, B.A.M.,&Laurindo,J.B.2020.Recent advances in the production of fruit leathers. *Food Engineering Reviews*, 12(1), 68-82.
- Delshadi,R.,Bahrami,A.,Tafti,A.G.,Barba, F.J.,&Williams,L.L.2020.Microand nano-encapsulation of vegetable and essential oils to develop functional food products with improved nutritional profiles. *Trends in Food Science & Technology*, 104, 72-83.
- Elengoe,A.,Naser,M.A.,&Hamdan,S.2014. Modeling and docking studies on novel mutants (K71L and T204V) of the ATPase domain of human heat shock70kDaprotein1. *International journal of molecular sciences*, 15(4), 6797-6814.
- Eni et al. Microbial quality of fruits and vegetables sold in Sango Ota, Ogun State, Nigeria, *African journal of food science* 2010;4(5):291-296
- Guía-García, J.L., Charles-Rodríguez, A.V., Reyes-Valdés, M.H., Ramírez-Godina, F., Robledo-Olivo, A., García-Osuna, H.T., Cerqueira, M.A. and Flores-López, M.L., 2022. Micro and nanoencapsulation of bioactive compounds for agri-food applications: A review. *Industrial Crops and Products*, 186, p.115198.
- Gurav, Ranjit, Shashi Kant Bhatia, Tae-Rim Choi, Yong-Keun Choi, Hyun Joong Kim, Hun-Suk Song, Sol Lee Park, 2021, "Adsorptive removal of crude petroleum oil from water using floating pinewood biochar decorated with coconut oil-derived fatty acids." *Science of The Total Environment* 781: 146636.
- Habauzit V, Milenkovic D, Morand C. Vascular protective effects of fruit polyphenols in human health and disease. Eds, Watson R, Preedy V, Zibadi S. 1st ed, Elsevier Inc; London 2013, 875-893.
- Janurianti, N.M.D., Utama, I.M.S. and Gunam, I.B.W., 2021. Colour and quality of strawberry fruit (*Fragaria LESTRO ananassa* Duch.) at different levels of maturity. *SEAS (Sustainable Environment Agricultural Science)*, 5(1), pp.22-28.
- Jonassen, H. 2014. *Polysaccharide Based Nanoparticles for Drug Delivery Applications*. Oslo: University of Oslo.
- Khan, S.L., Sonwane, G.M., Siddiqui, F.A., Jain, S. P., Kale, M. A., & Borkar, V. S. 2020. Discovery of naturally occurring flavonoids as human cytochrome P450 (CYP3A4) inhibitors with the aid of computational chemistry. *Indo Global Journal of Pharmaceutical Sciences*, 10(04), 58-69.
- Kim, S., Chen, J., Cheng, T., Gindulyte, A., He, J., He, S., Bolton, E. E. 2022. PubChem 2023 update. *Nucleic Acids Research*.
- Lemos JA, Quivey RG, Koo H, 2013. *Streptococcus mutans: a new Gram-positive paradigm?* *Microbiology (Reading)*. 159:436–445.
- Li, L., Song, W., Shen, C., Dong, Q., Wang, Y. and Zuo, S., 2020. Active packaging film containing oregano essential oil microcapsules and their application for strawberry preservation. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(10), p.e14799.
- Luo, H., Liang, D.F., Bao, M.Y., Sun, R., Li, Y.Y., Li, J.Z., Bao, J.K. 2017. In silico identification of potential inhibitors targeting *Streptococcus mutans* sortase A. *International journal of oral science*, 9(1), 53-62.
- Lykkesfeldt, J. and Tveden-Nyborg, P., 2019. The pharmacokinetics of vitamin C. *Nutrients*, 11(10), p.2412.
- Mazmanian SK, Liu G, Jensen ER, 2000. *Staphylococcus aureus* sortase mutants defective in the display of surface proteins and in the pathogenesis of animal infections. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 97:5510–5515.
- Odrozola-Serrano, I., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. 2009. Impact of high-intensity pulsed electric fields variables on vitamin C, anthocyanins and antioxidant capacity of strawberry juice. *LWT-Food Science and Technology*, 42(1), 93-100.
- Pantsar, T., & Poso, A. 2018. Binding affinity via docking: fact and fiction. *Molecules*,

- 23(8), 1899.
- Paterson GK, Mitchell TJ. 2004. The biology of Gram-positive sortase enzymes. *Trends Microbiol.* 12:89–95.
- Pinzi, L. and Rastelli, G., 2019. Molecular docking: shifting paradigms in drug discovery. *International journal of molecular sciences*, 20(18), p.4331.
- Romano, J.D. and Tatonetti, N.P., 2019. Informatics and computational methods in natural product drug discovery: a review and perspectives. *Frontiers in genetics*, 10, p.368.
- Slavin JL, Lloyd B. Health benefits of fruits and vegetables. *Advances in Nutrition* 2012;3(4):506-16
- Spirig T, Weiner EM, Clubb RT. 2011. Sortase enzymes in Gram-positive bacteria. *Mol Microbiol.* 82:1044–11.
- Suna, S. 2019. Effects of hot air, microwave and vacuum drying on drying characteristics and in vitro bioaccessibility of medlar fruit leather (pestil). *Food Science and Biotechnology*, 28(5), 1465-1474.
- Vika, O. 2015. PERBEDAAN INDEKS HIGIENE ORAL DAN pH PLAK KELOMPOK PEMAKAI DAN BUKAN PEMAKAI PESAWAT ORTODONTI CEKAT. 9-25.
- Wahyuningtias, D., Putranto, T. S., & Kusdiana, R.N. 2014. Uji kesukaan hasil jadi kue brownies menggunakan tepung terigu dan tepung gandum utuh. *Binus Business Review*, 5(1), 57-65
- Wallace, T.C., 2019. Health effects of coconut oil—A narrative review of current evidence. *Journal of the American college of nutrition*, 38(2), pp.97-107.
- Wu, S.C., Yang, Z.Q., Liu, F., Peng, W.J., Qu, S.Q., Li, Q., Shen, J.Z. 2019. Antibacterial effect and mode of action of flavonoids from licorice against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Frontiers in microbiology*, 10, 2489
- Yang WY, Kim CK, Ahn CH, 2016. Flavonoid glycosides inhibit sortase A and sortase A-mediated aggregation of *Streptococcus mutans*, an oral bacterium responsible for human dental caries. *J Microbiol Biotechnol.* 26:1566–1569.