

Rancang Bangun Alat Ukur Antropometri Digital dan Portabel

[Design and Construction of Digital and Portable Anthropometric Measurement Tools]

Optimasi dan Formulasi Ekstrak Etanol Umbi Wortel (*Daucus Carota* L.) sebagai Face Serum

[Optimization and Formulation of Carrot Ethanol Extract (*Daucus carota* L.) as a Face Serum]

Pengomposan Sampah Organik dan Isolasi Bakteri Termofil dari Kompos

[Composting Organic Waste and Isolating Thermophilic Bacteria From Compost]

Pembuatan Tahu Susu Menggunakan Koagulan dari Bonggol Nanas (*Ananas Comosus* L.)

[Manufacturing Milk Tofu Using Coagulants from Pineapple Humps (*Ananas comosus* L.)]

Implementasi *Machine Learning* untuk Membuat *Image Search Engine* Berdasarkan Analisis Similaritas

[Implementation of Machine Learning to Create an Image Search Engine Based on Similarity Analysis]

Formulasi Sediaan Serum Ekstrak Etanol 96% Daun Tekelan (*Chromolaena Odorata* (L) R.M. King & H. Rob) dan Uji Antioksidan

[Formulation of 96% Ethanol Extract Serum Preparation of Tekelan Leaves *Chromolaena odorata* (L) R.M. King & H. Rob) and Antioxidant Test]

Pemanfaatan Semangka dan Okra Dalam Pembuatan Jeli Stik dengan Variasi Jenis Hidrokoloid

[Use of Watermelon and Okra in Making jelly Sticks with Various Types of Hydrocolloids]

Pemodelan Frekuensi dan Simulasi Getaran Senar Gitar Bass Listrik dan Gitar Akustik

[Frequency Modelling and Vibration Simulation of Electric Bass and Acoustic Guitar Strings]

Diterbitkan Oleh Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Pelita Harapan



EDITORIAL TEAM

Pimpinan Redaksi [*Editor in Chief*]

1. Prof. Dr. Ir. Melanie Cornelia, M.T.

Wakil Pimpinan Redaksi [*Vice Editor in Chief*]

1. Julinda E. F. Pangaribuan, M.T.

Dewan Redaksi [*Editorial Board*]

1. Prof. Dr. Ir. Wiryanto Dewobroto, M.T.
2. Prof. Dr. Ir. Adolf Parhusip, M.Si.
3. Eric Jobiliong, Ph.D.
4. Dr. Nuri Arum Anugrahati, S.Si., M.P.
5. Dr. Laurence, S.T., M.T.
6. Dr. Marincan Pardede, S.Si., M.T.
7. Dr. Reinhard Pinontoan
8. Ratna Handayani, S.TP., M.P.
9. Priskila Christine R., S.Si., M.T.
10. Kie Van Ivanky Saputra, Ph.D.
11. Sadvent Martondang Purba, S.T., M.Sc.
12. Dr. Helena Margaretha, M.Sc.

Staff Redaksi [*Editorial Staff*]

1. Gracio A. Rhizma, M.T.
2. Marcelia Sugata, M.Sc.
3. Gamaliel Jeevan Dewanto, S.T.

Administrasi dan Keuangan [*Administration and Finance*]

1. Sabrina K Whardhani, S.Si., M.Farm.
2. Adelia Lorenza Br. Peranginangin, S.Pd., B.Ed.

DAFTAR ISI

1. Rancang Bangun Alat Ukur Antropometri Digital dan Portabel [Design and Construction of Digital and Portable Anthropometric Measurement Tools]. Oleh: Nicholas Matthew, Agustina Christiani, Christopher Nata 98-110
2. Optimasi dan Formulasi Ekstrak Etanol Umbi Wortel (*Daucus Carota* L.) sebagai Face Serum [Optimization and Formulation of Carrot Ethanol Extract (*Daucus Carota* L.) as a Face Serum]. Oleh: Karnelasatri, Jessica Trisina, Rossa Maranatha Purba..... 111-120
3. Pengomposan Sampah Organik dan Isolasi Bakteri Termofil dari Kompos [Composting Organic Waste and Isolating Thermophil Bacteria from Compost]. Oleh: Tjie Jan Tan, Juan Daniel, Hans Victor, Marcelia Sugata..... 121-129
4. Pembuatan Tahu Susu Menggunakan Koagulan dari Bonggol Nanas (*Ananas Comosus* L.) [Manufacturing Milk Tofu Using Coagulant from Pineapples Humps (*Ananas Comosus* L.)]. Oleh: Ryan Pratama, Ratna Handayani..... 130-138
5. Implementasi Machine Learning untuk Membuat Image Search Engine Berdasarkan Analisis Similaritas [Implementation of Machine Learning to Create an Image Search Engine Based on Similarity Analysis]. Oleh: Austin Darian Pratama, Junita 139-147
6. Formulasi Sediaan Serum Ekstrak Etanol 96% Daun Tekelan (*Chromolaena Odorata* (L) R.M. King & H. Rob) dan Uji Antioksidan [Formulation of 96% Ethanol Extract Serum Preparation of Tekelan Leaves (*Chromolaena Odorata* (L) R.M. King & H. Rob) and Antioxidant Test]. Oleh: Andriyani, Jessica Trisina, Grace Sani Naitasi, Sri Wahyu Ningsih Munthe 148-156
7. Pemanfaatan Semangka dan Okra Dalam Pembuatan Jeli Stik dengan Variasi Jenis Hidrokoloid [Use of Watermelon and Okra in Making Jelly Sticks with Various Types of Hydrocoloids]. Oleh: Nathania Putri Alfian, Titri Siratantri Mastuti 157-172
8. Pemodelan Frekuensi dan Simulasi Getaran Senar Gitar Bass Listrik dan Gitar Akustik [Frequency Modeling and Vibration Simulation of Electric Bass and Acoustic Guitar Strings]. Oleh: Caroline Gunawan, Helena Margaretha, Lina Cahyadi, Petrus Widjaja 173-188

PEDOMAN PENULISAN FaST – Jurnal Sains dan Teknologi
TEMPLATE PENULISAN FaST – Jurnal Sains dan Teknologi

RANCANG BANGUN ALAT UKUR ANTROPOMETRI DIGITAL DAN PORTABEL

[DESIGN AND CONSTRUCTION OF DIGITAL AND PORTABLE ANTHROPOMETRIC MEASUREMENT TOOLS]

Nicholaus Matthew¹, Agustina Christiani^{2*}, Christopher Nata³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia

*Korespondensi penulis: agustina.christiani@uph.edu

ABSTRACT

In the Work System Design Laboratory at UPH, there are anthropometric measuring tools for standing position and sitting position. Based on the tools evaluation, it was found that they were less efficient because of the need for repeated tool adjustments. Furthermore, two observers were needed to collect anthropometric data and they had to read the scale manually. Therefore, a new digital and portable anthropometric measuring tool was developed to overcome the problem. The Gea HT721 measuring instrument was chosen as an alternative to a new anthropometric measuring tool that uses ultrasonic ranging technology to measure distances. A supporting tool (similar to a caliper) was also developed to support the anthropometric measurement process. An evaluation of the new anthropometric measuring tool was carried out by calculating the average percent error and a comparison of the total time for data collection. The results of the average percent measurement error was 0.58%. According to the paired t-test, there was no significant difference in the average of measured body dimensions using the new and the previous tools. The new anthropometric tools can reduce data collection time by 32% for standing positions and 11% for sitting positions.

Keywords: *anthropometry; digital; measuring tool; portable*

ABSTRAK

Pada Laboratorium Analisis Perancangan Kerja (APK) di UPH terdapat alat ukur antropometri posisi berdiri dan posisi duduk. Berdasarkan evaluasi alat antropometri tersebut, ditemukan bahwa alat kurang efisien karena membutuhkan penyetelan alat yang berulang yang juga membutuhkan lebih dari satu pengamat saat pengambilan data. Selain itu, pengamat sering mengalami kesulitan pembacaan hasil pengukuran manual pada meteran. Oleh karena itu, dibuat alat antropometri jenis baru yang bersifat digital dan portabel. Alat ukur Gea HT721 dipilih sebagai alternatif alat antropometri baru yang menggunakan teknologi ultrasonic ranging untuk mengukur jarak. Setelah itu, dirancang dan dibuat suatu alat pendukung yang menyerupai jangka sorong untuk mendukung proses pengukuran data antropometri. Evaluasi alat antropometri baru dilakukan dengan menghitung rata – rata persen error, serta perbandingan total waktu pengambilan data. Hasil rata – rata persen error pengukuran adalah 0,58%. Hasil uji paired t test menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara rata-rata hasil pengukuran dimensi tubuh menggunakan alat ukur antropometri jenis baru dengan hasil pengukuran menggunakan alat yang lama. Berdasarkan perbandingan total waktu pengambilan data terdapat penurunan waktu sebesar 32% untuk data antropometri posisi berdiri dan 11% untuk data antropometri posisi duduk.

Kata kunci: antropometri; alat ukur; digital; portabel

PENDAHULUAN

Antropometri berasal dari dua kata Yunani yaitu *antropos* yang berarti manusia dan *metrikos* yang berarti pengukuran (Iridiastadi & Yassierli, 2014). Menurut Nurmianto (1996), antropometri merupakan suatu ilmu yang berhubungan dengan ukuran tubuh manusia yang digunakan untuk menentukan beberapa aspek seperti gerakan, kecepatan, dan kekuatan yang ideal saat melakukan suatu kegiatan kerja.

Kegunaan data antropometri sangat beragam dan dapat dijumpai pada berbagai aspek dalam kehidupan. Beberapa contoh penggunaan data antropometri adalah untuk membandingkan ukuran tubuh manusia berdasarkan suku bangsa atau ras (Zetli, Fajrah dan Paramita, 2019; Chuan, Hartono & Kumar, 2010) serta untuk merancang alat bantu kerja (Anjani et al, 2021) dan merancang tempat kerja (Widodo, Aritanti & Kurniawan, 2018).

Tempat kerja yang dirancang sesuai dengan data antropometri operator dapat menghasilkan tempat kerja yang lebih nyaman, aman, dan ergonomis. Selain itu penggunaan data antropometri untuk merancang sebuah produk dapat menghasilkan produk yang ergonomis untuk konsumen yang dituju. Semakin presisi data antropometri yang digunakan untuk perancangan tempat kerja dan

produk, maka hasil rancangan diharapkan dapat memberikan kenyamanan yang terbaik untuk pengguna karena semakin sesuai dengan dimensi tubuh.

Terdapat sejumlah alat ukur antropometri yang dapat digunakan untuk mengukur dimensi tubuh seperti antropometer, *caliper*, *pelvimeter*, *thoracometer*, *small height rod*, *sliding caliper* dan pita meteran (Kopecký, Krejčovský dan Švarc, 2014). Tiap alat ukur dimensi tubuh memiliki fungsi yang berbeda tergantung kebutuhan dimensi tubuh yang diukur. Alat ukur antropometri merupakan salah satu alat yang berfungsi untuk memperoleh data dimensi tubuh manusia secara vertikal, horizontal, maupun lateral termasuk dalam posisi duduk maupun berdiri.

Pada laboratorium Analisis Perancangan Kerja (APK) Universitas Pelita Harapan, terdapat 2 alat ukur antropometri yang dibuat oleh Christiani, Kristina, Ishak & Pratama (2009) pada tahun 2008 (Gambar 1). Alat ukur antropometri tersebut dibuat sesuai dengan kebutuhan konsumen serta spesifikasi teknis yang telah ditetapkan. Alat ukur antropometri tersebut hingga kini digunakan untuk menunjang praktikum ergonomi. Seiring berjalannya waktu, ditemukan sejumlah permasalahan pada alat ukur antropometri tersebut.



Gambar 1. Alat ukur antropometri posisi berdiri dan posisi duduk

Hasil pengukuran menggunakan alat ukur antropometri tersebut dapat dilihat pada angka penggaris/mistar yang ditunjukkan oleh sebuah pointer. Hasil pengukuran data antropometri yang didapatkan dari pembacaan skala tersebut dapat menyebabkan terjadinya *reading error* yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti kesalahan baca oleh pengamat, angka yang ditunjukkan oleh pointer tidak presisi karena posisi alat tidak lurus atau miring, dan sebagainya. Selain itu, alat ukur antropometri tersebut berukuran besar sehingga sulit dipindahkan serta terdapat beberapa bagian alat yang memerlukan penyetelan terlebih dahulu untuk mengukur dimensi tubuh manusia dengan tinggi yang bervariasi. Hal ini menyebabkan pengukuran memerlukan waktu yang lebih lama dan pengamat/pengambil data yang lebih banyak. Oleh karena itu maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk merancang dan membuat alat ukur

antropometri baru yang bersifat digital dan portabel. Alat ukur tersebut diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengukuran data antropometri.

VCSEL (*Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser*) adalah jenis laser dioda semikonduktor yang memancarkan cahaya tegak lurus ke permukaan *wafer* semikonduktor (AZoM, 2021). VCSEL terdiri dari lapisan bahan semikonduktor yang ditanam *wafer* individual. Setiap dioda VCSEL menghasilkan cahaya antara dua lapisan cermin *Bragg* yang sejajar dengan permukaan *wafer*, membentuk daerah atau rongga resonator dengan banyak sumur kuantum. Pengoperasian VCSEL didasarkan pada prinsip penguatan optik melalui emisi foton yang terstimulasi.

Teknologi *ultrasonic ranging* merupakan sensor ultrasonik yang mengukur jarak suatu benda dengan menggunakan gelombang suara ultrasonik, yaitu gelombang dengan frekuensi diatas 20.000 Hz (Utama, 2020). Sensor beroperasi berdasarkan pada pemantulan gelombang yang dikeluarkan dengan objek yang terdeteksi, dimana frekuensi kerja pada daerah frekuensi gelombang dari 40 KHz hingga 400 KHz. Sensor ultrasonik menggunakan transduser untuk mengirim dan menerima gelombang ultrasonik. Sensor menentukan jarak ke target dengan

mengukur selang waktu yang dibutuhkan gelombang untuk mengirim dan menerima gelombang ultrasonik yang dipantulkan kembali.

METODE PENELITIAN

Tahap pertama dari pengumpulan data adalah evaluasi alat ukur antropometri lama. Evaluasi dilakukan dengan cara observasi dan pengumpulan data beberapa dimensi tubuh sekelompok mahasiswa beserta lamanya waktu pengukuran, dan waktu penyetelan alat. Berikutnya dilakukan tahap pengembangan alat antropometri baru dengan cara mengidentifikasi kebutuhan pengguna. Identifikasi kebutuhan dilakukan berdasarkan hasil evaluasi alat ukur antropometri lama dan wawancara dengan kepala laboratorium APK. Berdasarkan identifikasi kebutuhan, dilakukan pengembangan alternatif konsep alat. Selanjutnya dilakukan evaluasi konsep alternatif untuk menentukan alternatif rancangan yang akan digunakan.

Setelah dilakukan pemilihan alternatif rancangan, proses berikutnya adalah pembuatan prototipe alat serta dilakukan evaluasi ulang terhadap prototipe alat sebelum alat sesungguhnya dibuat. Evaluasi diperlukan untuk mengidentifikasi kekurangan dari rancangan dan perbaikan yang dibutuhkan.

Berdasarkan hasil uji coba prototipe, dibuatlah alat ukur antropometri yang baru. Alat antropometri baru yang sudah dibuat diuji dengan mengukur kembali dimensi tubuh subyek beserta waktu pengambilan data seperti yang sudah dilakukan pada pengambilan data menggunakan alat antropometri lama.

Tahap terakhir merupakan evaluasi dari alat antropometri baru dengan cara melakukan pengukuran dimensi tubuh dan membandingkan hasilnya dengan hasil pengukuran menggunakan alat antropometri lama. Data yang telah diperoleh dari pengukuran menggunakan alat antropometri lama dan alat antropometri baru diuji menggunakan *paired t-test* setelah data terbukti berdistribusi normal. Berdasarkan hasil uji statistik akan dianalisis tingkat ketelitian (% *error*) serta efisiensi waktu penggunaan alat ukur yang baru.

Paired t test adalah uji beda dua sampel berpasangan, dimana sampel berpasangan berarti subjek sampel sama tetapi mengalami perlakuan yang berbeda. *Paired t-test* merupakan salah satu metode untuk menganalisis keefektifan suatu perlakuan, dinilai dari ada atau tidaknya perbedaan rata-rata sebelum dan rata – rata sesudah diberi perlakuan (Widiyanto, 2013).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi Alat Ukur Antropometri Lama

Pengambilan data dilakukan dengan mengukur lima dimensi tubuh posisi berdiri dan lima dimensi tubuh posisi duduk dari 6 mahasiswa Teknik Industri Angkatan 2021, beserta waktu yang dibutuhkan saat pengambilan data. Pada alat antropometri posisi berdiri, dimensi tubuh yang diukur adalah; tinggi badan tegak (B2), panjang jangkauan (B9),

bahu ke lantai (B10), punggung ke dada (B15), dan lebar tubuh maksimal (B16). Untuk alat antropometri posisi duduk, dimensi tubuh yang diukur adalah; tinggi kepala duduk (D1), tinggi bahu duduk (D4), pantat ke lutut (D5), siku ke ujung jari (D9), dan lebar bahu (D13). Tabel 1 dan Tabel 2 merupakan hasil pengukuran dimensi tubuh beserta waktu pengambilan data menggunakan alat antropometri lama posisi berdiri dan posisi duduk.

Tabel 1. Data antropometri dan waktu pengukuran alat antropometri lama posisi berdiri

No.	B2		B9		B10		B15		B16	
	p (cm)	t (s)	p (cm)	t (s)	p (cm)	t (s)	p (cm)	t (s)	p (cm)	t (s)
1	171,7	15,40	85,3	11,44	144,9	11,12	22,5	11,99	47,7	8,05
2	164,8	8,87	80,0	9,29	138,5	12,37	24,5	15,98	45,9	5,69
3	170,7	10,79	87,2	12,77	144,4	22,01	23,5	9,17	48,2	13,22
4	154,5	10,47	77,8	9,02	130,8	15,30	24,5	11,89	43,5	6,37
5	159,5	9,82	76,5	10,67	131,4	16,44	23,3	7,91	43,3	5,93
6	172,3	13,82	89,5	12,43	138,8	13,12	23,8	10,58	47,5	9,07
Total		69,17		65,62		90,36		67,52		48,33
Rata-rata		11,53		10,94		15,06		11,25		8,06

Tabel 2. Data antropometri dan waktu pengukuran alat antropometri lama posisi duduk

No.	(D1)		(D4)		(D5)		(D9)		(D13)	
	p (cm)	t (s)	p (cm)	t (s)	p (cm)	t (s)	p (cm)	t (s)	p (cm)	t (s)
1	90,2	7,69	60,9	7,87	59,1	6,06	47,2	8,09	43,5	9,03
2	87,0	10,43	58,5	6,11	59,0	10,87	43,2	4,59	42,3	17,04
3	86,8	8,13	55,5	6,44	64,7	8,35	46,9	6,66	48,5	11,37
4	82,0	10,22	57,0	10,01	55,6	8,76	42,3	7,77	39,9	18,71
5	85,5	16,43	54,2	9,84	57,5	8,42	42,0	13,69	40,3	11,64
6	87,3	10,37	52,7	9,81	60,1	7,55	43,7	5,43	42,6	6,98
Total		63,27		50,08		50,01		46,23		74,77
Rata - rata		10,55		8,35		8,34		7,71		12,46

Penyetelan bagian horisontal dari alat ukur antropometri posisi berdiri dilakukan untuk mengukur dimensi panjang jangkauan (B9), punggung ke dada (B15), dan lebar tubuh maksimal (B16). Demikian juga pada alat

antropometri posisi duduk, penyetelan bagian horizontal alat dilakukan saat mengukur dimensi siku ke ujung jari (D9) dan lebar bahu (D13). Tabel 3 menunjukkan jumlah penyetelan alat dan total waktu penyetelan yang dibutuhkan.

Tabel 3. Waktu penyetelan alat antropometri lama posisi berdiri dan duduk

Dimensi	Jumlah	Total Waktu (s)
Posisi Berdiri		
Tinggi Badan Tegak (B2)	0	0
Panjang Jangkauan (B9)	3	74,44
Bahu Ke Lantai (B10)	0	0
Punggung Ke Dada (B15)	3	18,79
Lebar Tubuh Maksimal (B16)	4	40,70
Total	10	133,93
Posisi Duduk		
Tinggi Kepala Duduk (D1)	0	0
Tinggi Bahu Duduk (D4)	0	0
Pantat Ke Lutut (D5)	0	0
Siku Ke Ujung Jari (D9)	3	16,17
Lebar Bahu (D13)	6	22,26
Total	9	38,43

Penyetelan alat antropometri posisi berdiri dilakukan sebanyak tiga kali saat mengukur panjang jangkauan dengan menyesuaikan meteran horizontal pada tinggi bahu subyek yang diamati. Waktu yang dibutuhkan untuk penyetelan selama 74,44 detik. Posisi mula – mula meteran horizontal tidak berada dalam posisi yang tepat untuk mengukur subyek, sehingga pengamat harus mengendurkan empat buah baut yang menahan meteran horizontal. Tahap ini hanya perlu dilakukan satu kali pada saat memulai pengambilan data. Setelah baut dikendurkan, meteran horizontal dapat digerakkan dengan mudah. Penyetelan kemudian dilakukan kembali saat mengukur jarak punggung ke dada sebanyak tiga kali dengan durasi total 18,79 detik. Penyetelan terakhir dilakukan saat mengukur lebar tubuh maksimal sebanyak empat kali dengan durasi total 40,70 detik. Pada tahap pengambilan data

terakhir menggunakan alat antropometri posisi berdiri, pengamat kembali menyesuaikan tinggi meteran horizontal ke posisi semula sehingga pengamat kembali mengencangkan empat buah baut yang menahan meteran horizontal.

Penyetelan alat antropometri posisi duduk dilakukan sebanyak tiga kali saat mengukur panjang siku ke ujung jari dengan menyesuaikan tinggi meteran horizontal pada tinggi siku duduk subyek. Waktu yang dibutuhkan untuk penyetelan selama 16,17 detik. Berbeda dengan alat antropometri posisi berdiri, meteran horizontal alat antropometri posisi duduk tidak memerlukan tahap pengenduran baut karena posisi awal berada di atas rangka kursi. Penyetelan kemudian dilakukan kembali saat mengukur lebar bahu sebanyak enam kali dengan menyesuaikan meteran horizontal pada tinggi bahu duduk subyek. Waktu yang dibutuhkan untuk penyetelan selama 22,16 detik. Diketahui bahwa penyetelan alat untuk posisi berdiri membutuhkan waktu 133,93 detik (28,2% dari waktu total pengukuran) sedangkan penyetelan alat untuk posisi duduk membutuhkan waktu 38,43 detik (11,9% dari waktu total).

Proses Pengembangan Alat Antropometri Baru

Berdasarkan hasil evaluasi alat ukur antropometri yang lama, diketahui

bahwa alat tersebut memiliki ukuran yang cukup besar dan berat sehingga sulit untuk dipindahkan. Kemudian, pembacaan hasil pengukuran masih menggunakan penggaris besi tradisional sehingga keakuratan data sangat tergantung pada ketelitian pengamat. Selain itu, terdapat beberapa bagian pada alat yang menampilkan hasil ukuran dengan cara menggabungkan dua penggaris besi yang berbeda sehingga memerlukan waktu tambahan untuk menjumlahkan angka yang tertera pada kedua penggaris.

Pada kedua alat antropometri lama, terdapat batang meteran horizontal berbahan alumunium. Bagian tersebut digunakan untuk mengukur dimensi lebar dan tebal tubuh seperti lebar tubuh maksimal, jarak punggung ke dada, lebar bahu, serta pengukuran siku ke ujung jari. Permasalahan dengan mekanisme alat antropometri lama ini terdapat dalam penyesuaian tinggi meteran horizontal karena tinggi orang yang diamati beragam, sehingga memerlukan dua orang untuk menyesuaikan ketinggian alat dengan dimensi tubuh yang hendak diamati.

Setelah dilakukan wawancara dengan kepala laboratorium APK, pembuatan alat antropometri baru diperlukan untuk memenuhi kebutuhan pada laboratorium. Alat antropometri baru bertujuan untuk menggantikan fungsi alat

antropometri lama, dirancang untuk mengatasi permasalahan pada alat lama. Berdasarkan hasil evaluasi alat antropometri lama, kebutuhan rancangan alat ukur antropometri baru adalah alat ukur yang portabel, mudah digunakan, dapat menampilkan hasil pengukuran yang presisi secara digital.

Pengembangan alternatif konsep alat ukur antropometri baru dilakukan melalui studi literatur, pencarian informasi melalui internet serta diskusi dengan tim peneliti. Beberapa alternatif konsep alat antropometri baru yakni penggunaan modul sensor jarak dengan teknologi VCSEL (*Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser*), dan alat ukur Gea HT721. Percobaan pertama dilakukan pada sensor jarak model VL53L0X *Distance Laser Sonar Lidar Arduino GY-510 ToF* yang memiliki teknologi VCSEL. Hasil yang diperoleh menggunakan modul sensor jarak dan penggaris tidak sesuai dengan ekspektasi. Pengukuran menggunakan modul sensor jarak cenderung tidak stabil karena hasil yang ditampilkan berubah-ubah. Selain itu, pengukuran alat tidak sesuai dengan ekspektasi sehingga diputuskan untuk tidak menggunakan modul sensor jarak. Percobaan kedua menggunakan alternatif konsep alat Gea HT721 *wireless body height meter* yang menggunakan teknologi *ultrasonic*

ranging. Alat Gea HT721 diuji dengan cara mengukur enam buah obyek. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan

dengan pengukuran menggunakan meteran. Perbandingan hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan hasil pengukuran obyek

Alat Ukur	Tinggi Obyek (cm)						Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	
Gea HT721	31,5	65,9	76,7	139,0	20,1	99,7	-
Meteran	31,1	66,4	76,1	138,5	20,0	99,2	-
Measuring Error	1,29%	0,75%	0,79%	0,36%	0,50%	0,50%	0,70%

Diketahui bahwa rata – rata kesalahan pengukuran jarak menggunakan alat Gea HT721 sebesar 0,70%. Oleh karena itu, alat ini cukup presisi untuk digunakan dalam pengukuran data antropometri. Berdasarkan evaluasi alat, diputuskan untuk membuat alat pendukung dengan tujuan menjaga stabilitas alat Gea HT721 agar tetap menghasilkan nilai yang presisi ketika mengukur dimensi ketebalan dan lebar tubuh. Selain itu, dibuat kursi berdasarkan data antropometri masyarakat Indonesia untuk mendukung proses pengambilan data pada posisi duduk.

Pembuatan Prototipe dan Alat Baru

Pembuatan prototipe alat pendukung mula – mula dilakukan dengan riset mengenai bahan – bahan yang diperlukan terutama pada mekanisme gerak seperti pada prinsip jangka sorong. Berdasarkan riset yang telah dilakukan, bahan yang dipilih untuk membuat prototipe alat adalah penyangga mikrofon

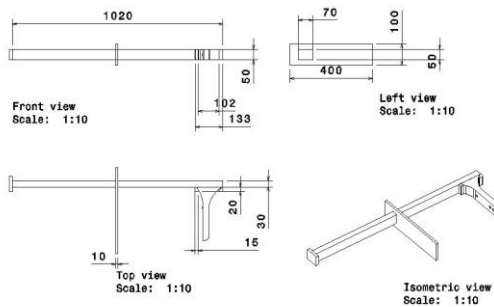
berbahan besi, karton, pipa plastik kecil, dan beberapa sambungan pipa (Gambar 2).



Gambar 2. Prototipe alat ukur portable digital

Prototipe yang telah dibuat tidak dapat digunakan karena pada saat penghubung mikrofon dikendurkan untuk menyesuaikan papan dengan dimensi yang diukur, penghubung sangat tidak stabil bahkan bisa berputar 360 derajat karena badan pipa besi berbentuk silinder. Oleh karena itu, pembuatan alat selanjutnya menggunakan bentuk persegi agar bagian papan gerak tidak dapat berputar.

Tahap berikutnya adalah pembuatan alat pendukung. Alat pendukung dibuat dari bahan kayu dengan bantuan tukang kayu. Rancangan alat pendukung dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rancangan dan ukuran alat pendukung

Sebelum menambahkan komponen lain, ditemukan permasalahan pada lubang papan. Ukuran lubang pada papan sedikit lebih besar dari badan alat menyebabkan papan tidak stabil atau goyang saat digerakkan. Setelah dilakukan pencarian metode alternatif pembuatan papan dengan lubang, akhirnya metode yang dipilih adalah menggunakan *laser cutting*. Penggunaan metode *laser cutting* mampu menghasilkan potongan papan yang lebih presisi. Tahap berikut yang dilakukan adalah merakit komponen – komponen pelengkap yaitu siku, penyumbat, dan menempel meteran besi. Gambar 4 menunjukkan alat antropometri baru dengan alat pendukung.

Evaluasi Alat Antropometri Baru

Evaluasi alat antropometri baru mula – mula dilakukan dengan cara

menguji tingkat presisi hasil pengukuran dengan cara membandingkan ukuran yang tertera pada meteran dengan ukuran yang ditunjukkan pada alat Gea HT721. Tabel 5 merupakan hasil perbandingan ukuran.

Alat Gea HT721 memiliki rata – rata persentase kesalahan pengukuran yang relatif kecil yaitu 0,58% sehingga alat ini dianggap cukup presisi dan dapat digunakan untuk penelitian ini. Selanjutnya dilakukan kembali pengambilan data dimensi tubuh seperti yang sudah dilakukan pada tahap evaluasi alat antropometri lama dengan menggunakan alat antropometri baru beserta alat pendukung. Tabel 6 dan 7 menunjukkan hasil pengukuran dimensi tubuh untuk posisi berdiri dan duduk beserta waktu pengambilan data menggunakan alat antropometri baru.



Gambar 4. Alat antropometri baru dengan alat pendukung

Tabel 5. Hasil perbandingan ukuran menggunakan alat Gea HT721 dengan meteran pada alat dukung

Nilai pada Meteran (cm)	Pengukuran Alat Gea Ht721						Rata - rata Error
	1		2		3		
	Hasil (cm)	Error	Hasil (cm)	Error	Hasil (cm)	Error	
20,0	20,4	2,00%	20,2	1,00%	20,1	0,50%	1,17%
30,0	30,4	1,33%	30,4	1,33%	30,2	0,67%	1,11%
40,0	40	0,00%	40,4	1,00%	39,8	0,50%	0,50%
50,0	49,6	0,80%	50,2	0,40%	50,2	0,40%	0,53%
60,0	59,7	0,50%	60,3	0,50%	60,3	0,50%	0,50%
70,0	70,4	0,57%	70,2	0,29%	70,4	0,57%	0,48%
80,0	80,2	0,25%	80,1	0,12%	80,4	0,50%	0,29%
89,9	90	0,11%	89,9	0,00%	90	0,11%	0,07%
Rata - rata							0,58%

Tabel 6. Data antropometri dan waktu pengukuran alat antropometri baru posisi berdiri

No.	(B2)		(B9)		(B10)		(B15)		(B16)	
	p (cm)	t (s)	p (cm)	t (s)	p (cm)	t (s)	p (cm)	t (s)	p (cm)	t (s)
1	172,0	8,92	85,6	7,67	144,8	9,82	22,8	10,44	47,6	8,80
2	165,2	6,88	79,8	6,96	139,0	9,14	24,6	9,92	46,4	7,24
3	171,2	7,19	87,4	7,71	144,9	8,05	24,0	9,64	47,9	7,55
4	155,1	8,05	77,5	8,22	131,5	9,41	24,3	8,59	43,2	7,52
5	159,4	6,41	76,7	9,38	129,8	6,27	23,3	8,15	43,6	8,45
6	172,2	9,81	89,3	12,89	138,7	12,59	24,0	12,81	47,3	7,12
Total		47,26		52,83		55,28		59,55		46,68
Rata - rata		7,88		8,81		9,21		9,93		7,78

Tabel 7. Data antropometri dan waktu pengukuran alat antropometri baru posisi duduk

No.	Tinggi Kepala Duduk (D1)		Tinggi Bahu Duduk (D4)		Pantat Ke Lutut (D5)		Siku Ke Ujung Jari (D9)		Lebar Bahu (D13)	
	p (cm)	t (s)	p (cm)	t (s)	p (cm)	t (s)	p (cm)	t (s)	p (cm)	t (s)
1	90,8	9,18	60,3	9,09	59,0	9,36	47,0	8,65	43,6	7,62
2	87,7	10,51	58,5	10,34	59,3	5,52	43,5	6,83	42,4	10,10
3	87,3	8,23	55,0	8,43	64,8	8,76	47,0	5,88	48,6	5,48
4	81,6	10,31	56,4	6,28	55,3	10,27	42,0	6,73	40,2	12,34
5	85,6	11,52	54,2	13,69	57,5	12,99	41,7	9,79	40,1	10,39
6	87,3	9,02	52,5	8,57	59,5	7,85	43,8	6,45	42,6	8,67
Total		58,77		56,40		54,75		44,33		54,60
Rata - rata		9,80		9,40		9,13		7,39		9,10

Perbandingan Hasil Pengukuran Alat Antropometri Lama dan Baru

Perbandingan hasil pengukuran dilakukan dengan uji statistik yaitu *paired t- test*. Sebelum data diuji menggunakan *paired t test*, maka dilakukan uji distribusi

normal. Uji distribusi yang digunakan adalah metode *Shapiro-Wilk* karena jumlah sampel sebanyak $6 < 50$ sampel (Prabhaker et al, 2019). Setelah uji distribusi normal dilakukan, diketahui bahwa seluruh data kelompok berpasangan memiliki distribusi

normal sehingga memenuhi kriteria untuk dilakukan uji *paired t-test* (Kasim, 2008). Hasil *paired t-test* untuk kelompok data antropometri dan waktu pengambilan data dapat dilihat pada Tabel 8 dan 9.

Tabel 8. Hasil *paired t-test* data antropometri

Posisi	Dimensi	<i>p-value</i>	Keterangan
Berdiri	Tinggi Badan Tegak (B2)	0,082	Terima H0
	Panjang Jangkauan (B9)	1,000	Terima H0
	Bahu Ke Lantai (B10)	0,963	Terima H0
	Punggung Ke Dada (B15)	0,191	Terima H0
	Lebar Tubuh Maksimal (B16)	0,908	Terima H0
Duduk	Tinggi Kepala Duduk (D1)	0,207	Terima H0
	Tinggi Bahu Duduk (D4)	0,042	Tolak H0
	Pantat Ke Lutut (D5)	0,474	Terima H0
	Siku Ke Ujung Jari (D9)	0,675	Terima H0
	Lebar Bahu (D13)	0,363	Terima H0

Tabel 9. Hasil *paired t-test* waktu pengambilan data

Posisi	Dimensi	<i>p-value</i>	Keterangan
Berdiri	Tinggi Badan Tegak (B2)	0,002	Tolak H0
	Panjang Jangkauan (B9)	0,049	Tolak H0
	Bahu Ke Lantai (B10)	0,043	Tolak H0
	Punggung Ke Dada (B15)	0,326	Terima H0
	Lebar Tubuh Maksimal (B16)	0,833	Terima H0
Duduk	Tinggi Kepala Duduk (D1)	0,844	Terima H0
	Tinggi Bahu Duduk (D4)	0,438	Terima H0
	Pantat Ke Lutut (D5)	0,598	Terima H0
	Siku Ke Ujung Jari (D9)	0,731	Terima H0
	Lebar Bahu (D13)	0,067	Terima H0

Berdasarkan Tabel 8, hampir semua data antropometri dalam penelitian ini memiliki nilai *p-value* lebih besar dari 0,05, kecuali dimensi tinggi bahu duduk yang memiliki *p-value* sebesar 0,042. Hal ini berarti tidak terdapat perbedaan signifikan antara rata-rata data

antropometri yang diukur menggunakan alat antropometri lama dan baru, kecuali pada dimensi tinggi bahu duduk. Perbedaan rata-rata pada dimensi tinggi bahu duduk mungkin terjadi akibat kesalahan acuan pengukuran. Bentuk bahu cenderung miring sehingga dapat menimbulkan perbedaan hasil pengukuran tinggi bahu apabila tidak dilakukan dari titik pengukuran yang sama.

Berdasarkan Tabel 9, tiga dimensi antropometri memiliki nilai *p-value* lebih kecil dari 0,05 yang berarti terdapat perbedaan signifikan antara rata-rata waktu pengambilan data menggunakan alat ukur antropometri lama dan baru. Dimensi antropometri yang dimaksud adalah tinggi badan tegak, panjang jangkauan, dan bahu ke lantai. Selebihnya untuk rata-rata waktu pengukuran dimensi lain tidak ditemukan perbedaan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa waktu pengukuran sebenarnya tidak jauh berbeda, namun karena ada penyetelan yang harus dilakukan pada alat ukur antropometri yang lama, akhirnya mempengaruhi waktu pengambilan data secara keseluruhan.

Perbandingan waktu pengambilan data menggunakan alat antropometri lama dan baru dilakukan untuk membuktikan apakah pengambilan data dengan alat antropometri baru lebih cepat (Tabel 10).

Tabel 10. Perbandingan waktu pengambilan data alat antropometri lama dan baru

Evaluasi Alat Berdasarkan Waktu Pengambilan Data	Alat Antropometri Lama		Alat Antropometri Baru	
	Posisi Berdiri	Posisi Duduk	Posisi Berdiri	Posisi Duduk
Jumlah Pengambilan Data	30	30	30	30
Total Waktu Pengambilan Data (s)	341,00	284,36	261,60	286,85
Total Waktu Setel Alat (s)	133,93	38,43	0,00	0,00
Total Waktu Keseluruhan (s)	474,93	322,79	261,60	286,85

Berdasarkan hasil perbandingan, dapat dilihat bahwa total waktu yang dibutuhkan untuk pengambilan data antropometri posisi berdiri menggunakan alat antropometri lama adalah 474,93 detik, sedangkan menggunakan alat antropometri baru hanya 261,60 detik. Dengan demikian diketahui bahwa terdapat percepatan durasi pengambilan data sebesar 32% apabila menggunakan alat antropometri baru.

Pada pengambilan data antropometri posisi duduk menggunakan alat antropometri lama, total waktu yang dibutuhkan adalah 322,79 detik, sedangkan menggunakan alat antropometri baru hanya memakan waktu 286,85 detik. Dengan demikian diketahui bahwa terdapat percepatan durasi pengambilan data sebesar 11%. Hal ini membuktikan bahwa pengambilan data antropometri dapat dilakukan lebih efisien dengan menggunakan alat antropometri baru karena pada alat antropometri baru tidak dibutuhkan waktu tambahan untuk penyetelan alat.

KESIMPULAN

Perancangan dan pembuatan alat antropometri dilakukan untuk memenuhi kebutuhan pengukuran data antropometri yang lebih efisien. Jenis alat baru antropometri yang digunakan adalah alat ukur Gea HT721 beserta alat pendukung yang berukuran 104 cm x 6 cm x 3 cm dengan bobot 1300 gram. Alat antropometri baru bersifat portabel dan dapat menampilkan hasil pengukuran secara digital. Berdasarkan hasil pengujian, ditemukan rata-rata persen error pengukuran adalah 0,58%. Terbukti bahwa alat antropometri baru cukup presisi dan dapat digunakan untuk pengambilan data antropometri.

Berdasarkan uji statistik menggunakan *paired t-test*, didapati bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara rata-rata hasil pengukuran dimensi tubuh menggunakan alat ukur antropometri baru dengan alat ukur antropometri lama, sehingga dapat disimpulkan alat antropometri baru memiliki hasil pengukuran yang sama dengan alat ukur lama. Berdasarkan perbandingan total

waktu pengambilan data menggunakan alat antropometri baru dengan alat antropometri lama, diketahui bahwa penggunaan alat antropometri baru dapat mengurangi waktu pengambilan data sebesar 32% untuk data antropometri posisi berdiri, dan 11% untuk data antropometri posisi duduk. Hal ini disebabkan karena penyetulan alat seperti yang harus dilakukan pada alat antropometri lama dapat dieliminasi dengan menggunakan alat yang baru.

DAFTAR PUSTAKA

- Anjani, R. D., Nugraha, A. E., Sari, R. P., & Santoso, D. T. (2021). Perancangan alat bantu kerja dengan menggunakan metode antropometri dan material selection pada industri sepatu. *Jurnal Teknologi*, 13(1), 15-24.
- AZoM (2021). *How 3D Sensing applications rely on VCSEL accuracy and performance*. Retrieved July 7, 2023 from <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=20877>
- Christiani, A, Kristina, H. J., Ishak, & Pratama, A. (2009). Pembuatan alat ukur antropometri. In *Proceeding National Conference on Applied Ergonomics (CAE)* (pp.36-41). Jurusan Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada.
- Chuan, T. K., Hartono, M., & Kumar, N. (2010). Anthropometry of the Singaporean and Indonesian populations. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40(4), 757-766. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ergon.2010.05.001>.
- Iridiastadi, H. & Yassierli (2014). *Ergonomi: Suatu Pengantar*. Penerbit PT Remaja Rosdakarya.
- Kasim, F. (2008). *Metodologi Penelitian Biomedis* (2nd ed.). Penerbit Danamartha Sejahtera Utama.
- Kopecky, M., Krejcovsky, L., & Svarc, M. (2014). *Anthropometric measuring tools and methodology for the measurement of anthropometric parameters*. Palacky University.
- Prabhaker, M., Pandey, C. M., Singh, U., Gupta, A., Sahu, C. & Keshri, A. (2019). Descriptive statistics and normality tests for statistical data. *Annals of Cardiac Anaesthesia*, 22(1), 67-72. https://doi.org/10.4103%2Faca.ACA157_18
- Utama, I. C. (2020). *Sistem navigasi robot pembantu orang cacat pada mode serve* [skripsi], Universitas Komputer Indonesia, Bandung.
- Widodo, L., Aritanti, S., & Kurniawan, F.A. (2018). Perancangan stasiun kerja ergonomis pada stasiun kerja printing CV. Karyamitra Lestari. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 6(1), 29-34. <https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v6i1.3021>
- Widiyanto, A. M. (2013). *Statistika Terapan. Konsep dan aplikasi dalam penelitian bidang pendidikan, psikologi dan ilmu sosial lainnya*. Penerbit PT Elex Media Komputindo.
- Zetli, S., Fajrah, N. & Paramita, M. (2019). Perbandingan data antropometri berdasarkan suku di Indonesia. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 5(1), 23-34. <https://doi.org/10.33884/jrsi.v5i1.1390>

**OPTIMASI DAN FORMULASI EKSTRAK ETANOL UMBI WORTEL
(*Daucus carota* L.) SEBAGAI FACE SERUM**

**[OPTIMIZATION AND FORMULATION OF CARROT ETHANOL EXTRACT
(*Daucus carota* L.) AS A FACE SERUM]**

Karnelasatri^{1*}, Jessica Trisina², Rossa Maranatha Purba³

^{1,2,3}Program Studi DIII Farmasi, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia

*Korespondensi penulis: karnelasatri@uph.edu

ABSTRACT

*Carrot bulbs are known to contain secondary metabolite compounds that can act as antibacterials due to their activity, which suppresses the synthesis of nucleic acid, cytoplasmic membrane function, and energy metabolism in bacteria. This research was carried out using laboratory experimental methods through the determination of the plant, production of simplicia, extraction by ethanol (96% as solvent) with the maceration method, phytochemical screening, antibacterial assay, optimization of the base formula, formulation of carrot extract, physical evaluation of the products, and hedonic testing. The yield of 96% ethanol extract of the carrot bulbs was 53.29%, and the water content of the extract was 16.14%. Furthermore, the antibacterial activity of the extract (500.000 ppm) against *Staphylococcus aureus* showed an inhibitory zone of 5.1 ± 3.42 mm. The carrot extract serum formulas F1, F2, and F3 meet the organoleptic and homogeneity criteria; however, the F2 formula does not meet the pH and viscosity criteria. Based on the hedonic statistical test, no significant difference was found in each formula; nevertheless, based on the average value of the respondents, it was known that the F1 formula had the highest preference.*

Keywords: antibacterial; face serum; *Staphylococcus aureus*; carrot

ABSTRAK

Umbi wortel dapat berperan sebagai antibakteri karena mengandung senyawa metabolit sekunder yang dapat menekan sintesis asam nukleat, fungsi membran sitoplasma, dan metabolisme energi pada bakteri. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental laboratorium yang dilakukan dengan determinasi tumbuhan, pembuatan simplisia serta ekstraksi dengan pelarut etanol 96% dengan metode maserasi, skrining fitokimia, uji antibakteri ekstrak, optimasi basis sediaan, formulasi sediaan, evaluasi fisik sediaan, dan uji hedonik sediaan. Rendemen ekstrak etanol 96% umbi wortel yang diperoleh adalah sebesar 53,29% dan kadar air ekstrak adalah 16,14%. Aktivitas antibakteri dari ekstrak (500.000 ppm) terhadap *Staphylococcus aureus* menunjukkan zona hambat sebesar $5,9 \pm 0,49$ mm. Sediaan serum ekstrak umbi wortel F1, F2, dan F3 memenuhi syarat organoleptik dan homogenitas, namun sediaan F2 tidak memenuhi syarat pH dan viskositas sediaan. Berdasarkan uji statistik hedonik sediaan, tidak ditemukan perbedaan signifikan pada tiap sediaan, namun berdasarkan nilai rata-rata responden diketahui bahwa sediaan F1 menjadi preferensi tertinggi.

Kata kunci: antibakteri; face serum; *Staphylococcus aureus*; wortel

PENDAHULUAN

Face serum merupakan produk kosmetik yang belakangan ini mengalami

perkembangan pesat. Serum wajah memiliki banyak manfaat karena bahan aktifnya yang tinggi. Dengan viskositas

yang rendah, serum diserap oleh kulit lebih cepat, sehingga lebih efektif dan nyaman. Produk ini menjadi pilihan yang menarik untuk meningkatkan perawatan kulit dengan hasil terbaik. (Wahyuningsih *et al.*, 2021). Dalam perawatan jerawat yang salah satu penyebabnya adalah infeksi bakteri, dibutuhkan kosmetik dari bahan alam dengan kandungan zat aktif antibakteri. Umbi wortel adalah salah satu bahan alam yang memiliki zat aktif antibakteri selain kelembapan tinggi, kandungan antioksidan, serta kandungan nutrisi lainnya (Boadi *et al.*, 2021).

Sebagaimana diungkapkan oleh Febri dan Rosa (2022), umbi wortel mengandung banyak senyawa metabolit sekunder, termasuk flavonoid, tanin, alkaloid, dan saponin. Karena kandungan flavonoidnya, bagian tumbuhan ini telah terbukti memiliki sifat antibakteri yang melawan berbagai jenis bakteri gram positif dan negatif. Flavonoid, metabolit sekunder umum tumbuhan, adalah turunan polifenol. Arifin dan Ibrahim (2018) menyatakan bahwa flavonoid dapat berfungsi sebagai antibakteri. Oleh karena itu, ekstrak umbi wortel yang memiliki kandungan flavonoid dapat menghentikan pertumbuhan bakteri, termasuk bakteri yang menyebabkan jerawat.

Menurut penelitian Sirait *et al.* (2016), sifat antibakteri pada kategori lemah dimiliki oleh ekstrak etanol 96% dari umbi

wortel dalam melawan bakteri *Staphylococcus aureus*. Konsentrasi ekstrak berkisar antara 5-80%, dan zona hambat yang dihasilkan memiliki diameter 3,17-4,33 mm. Selain itu, penelitian antibakteri ekstrak etanol umbi wortel dengan etanol 70% terhadap *Streptococcus mutans*, menyatakan terdapat aktivitas antibakteri ekstrak dengan kategori lemah hingga sedang (Putri *et al.*, 2022).

Fokus penelitian ini adalah untuk menggunakan ekstrak etanol umbi wortel sebagai bahan aktif sediaan *face serum* dengan optimasi basis sediaan berdasarkan beberapa jenis dan konsentrasi *gelling agent*. *Gelling agent* yang digunakan meliputi xanthan gum, carbopol, dan CMC-Na. Penelitian sebelumnya mengenai formulasi sediaan *face serum* antibakteri dengan memformulasikan ekstrak tumbuhan dan mengoptimalkan basis sediaan dilakukan oleh Hasrawati *et al.* (2020). *Gelling agent* merupakan salah satu komponen penting dalam sediaan serum yang sangat berpengaruh pada sifat fisik dan stabilitas sediaan sehingga jika *gelling agent* yang digunakan bervariasi, maka hasil fisik dan stabilitas sediaan akan berbeda. Sifat fisik sediaan yang dipengaruhi *gelling agent*, meliputi organoleptis, pH, daya sebar, serta pH, dan stabilitas yang dipengaruhi *gelling agent* adalah perubahan terhadap sifat fisik sediaan (Tsabitah *et al.*, 2020).

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Penelitian ini menggunakan alat gelas laboratorium, *grinder*, *vacuum rotary evaporator*, oven, bejana maserasi, kertas saring, dan viskometer Brookfield, pH meter, *aluminium foil*, timbangan analitik, *plastic wrap*, *hotplate magnetic stirrer*, lemari pendingin, *Laminar Air Flow* (LAF), dan wadah serum. Bahan yang digunakan adalah umbi wortel, etanol 96%, xanthan gum, CMC-Na, carbopol, akuades, NaCl 0,9% steril, larutan H₂SO₄, propilenglikol, BHT, metilparaben, propilparaben, larutan HCl pekat, serbuk Mg, kloroform, pereaksi mayer, reagen dragendorff, *nutrient agar*, *Muller Hinton Agar*, dan kultur *Staphylococcus aureus*.

Metode Penelitian

Determinasi, Pembuatan Simplisia dan Ekstrak Etanol 96% Umbi Wortel

Determinasi tumbuhan umbi wortel dilakukan oleh Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Cibinong, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Simplisia segar umbi wortel (*Daucus carota* L.) sebanyak ± 4 kg disiapkan hingga didapatkan simplisia kering berbentuk serbuk. Serbuk sebanyak 150 g dimaserasi dengan pelarut etanol 96%. Ekstrak cair yang diperoleh dipekatkan menjadi ekstrak kental menggunakan *rotary evaporator* dan oven suhu 46 °C. Selanjutnya, persentase rendemen ekstrak dihitung.

Skrining Fitokimia dan Uji Kadar Air

Metode skrining fitokimia digunakan untuk menentukan metabolit sekunder pada ekstrak etanol umbi wortel. Skrining fitokimia meliputi pengujian flavonoid, alkaloid, saponin, tanin, dan fenol. Reagen ditambahkan sesuai dengan prosedur yang sebelumnya dilakukan (Febri & Rosa, 2022; Depkes RI, 2000).

Uji kadar air ekstrak dilakukan dengan menimbang cawan porselen kosong, kemudian cawan diisi dengan ekstrak sebanyak ± 1 g. Setelah itu, cawan berisi ekstrak dipanaskan pada suhu 105°C selama 5 jam menggunakan oven. Selanjutnya, cawan berisi ekstrak yang telah dipanaskan ditimbang beratnya, kemudian panaskan lagi tiap satu jam hingga diperoleh berat yang konstan.

Uji Antibakteri

Sebelum melakukan uji antibakteri, bakteri *Staphylococcus aureus* diinokulasikan terlebih dahulu pada cawan petri dengan metode *pour plate* menggunakan media agar cair MHA (*Mueller Hinton Agar*). Kemudian pengujian aktivitas antibakteri ekstrak etanol 96% umbi wortel (*Daucus carota* L.) dilakukan pada konsentrasi 100.000 ppm, 250.000 ppm, dan 500.000 ppm menggunakan metode *well diffusion*. Bakteri dan media agar cair dikombinasikan dalam erlenmeyer, lalu dimasukkan ke dalam cawan petri dan

dibiarkan hingga media agar memadat. Kemudian, dengan menggunakan pangkal pipet, media yang padat dilubangi secara aseptik untuk membentuk beberapa sumur. Larutan yang mengandung kontrol positif, kontrol negatif, dan variasi konsentrasi sampel ekstrak ditetesi ke dalam sumur. Setelah itu, cawan petri diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37° C. Setelah itu, zona hambat yang terbentuk diukur.

Optimasi Basis dan Formulasi Sediaan Face Serum

Formula basis yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan dalam 2 tahap. Tahap pertama adalah melakukan optimasi pada variasi jenis dan konsentrasi *gelling agent* sebagai bentuk modifikasi dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hasrawati *et al* (2020). *Gelling agent* yang ditambahkan adalah carbopol (Fc), xanthan gum (Fx) dan CMC Na (Fn). Optimasi dengan penyesuaian konsentrasi *gelling agent* ditunjukkan pada Tabel 1.

Selanjutnya, tahap 2 formulasi dilakukan dengan penambahan zat aktif

yaitu ekstrak etanol 96% umbi wortel dalam bentuk ekstrak kental dengan konsentrasi sebesar 0,5% ke dalam masing-masing basis optimal. *Gelling agent* dikembangkan dengan 20 bagian akuades panas dalam gelas beaker berisi *magnetic stirrer* di atas *hotplate*. Selanjutnya, propilenglikol digunakan untuk melarutkan metilparaben, propilparaben, dan BHT dalam sebuah gelas beaker. Pada gelas beaker lainnya, ekstrak dilarutkan pada dengan sedikit akuades panas. Kedua larutan dalam kedua gelas beaker tersebut kemudian dicampurkan hingga homogen. Tahap akhir merupakan penambahan akuades hingga sediaan menjadi 100% b/v.

Evaluasi Sediaan Face Serum dan Analisis Data

Uji sediaan yang dilakukan yaitu uji organoleptik, uji pH, uji homogenitas, uji viskositas, uji daya sebar, dan uji hedonik. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan statistika dengan menguji normalitas, homogenitas dan *Post Hoc*.

Tabel 1. Optimasi basis sediaan *face serum*

Bahan	Fungsi	Konsentrasi (%)		
		Fc	Fx	Fn
Carbopol	<i>Gelling agent</i> (dioptimasi per jenis dan kadar)	0,25; 0,5; 1	0	0
Xanthan gum		0	0,5; 0,7; 1	0
CMC Na		0	0	1; 1,5; 2
Propilenglikol	Humektan		15	
BHT	Antioksidan		0,1	
Metilparaben	Pengawet		0,18	
Propilparaben	Pengawet		0,02	
Akuades	Pembawa		ad 100	

Keterangan: Fx = basis dengan *xanthan gum*, Fc = basis dengan carbopol, Fn = basis dengan CMC-Na

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen, Kadar Air dan Skrining Fitokimia

Hasil rendemen dan nilai kadar air ekstrak ditunjukkan pada Tabel 2, sementara hasil skrining fitokimia ditunjukkan pada Tabel 3. Berdasarkan hasil tersebut, diperoleh hasil rendemen ekstrak yang sangat tinggi dengan persentase 53%. Hal ini menunjukkan bahwa pelarut etanol 96% dapat menarik senyawa-senyawa yang terkandung dalam simplisia umbi wortel dengan sangat baik. Disamping itu, nilai kadar air yang diperoleh menunjukkan bahwa kadar air yang diperoleh telah memenuhi syarat kadar air ekstrak kental yaitu 5-30% (Voight, 1994). Untuk keperluan formulasi

face serum, nilai kadar air ekstrak kental telah sesuai yang diharapkan. Serum merupakan sediaan kosmetik yang zat aktifnya terkonsentrasi dalam fasa air dan minyaknya. Selain itu, kadar air yang cukup memiliki efek melembabkan dan mampu meningkatkan efek sediaan (Aulifa, 2020).

Tabel 2. Rendemen ekstrak

Serbuk Simplisia	Ekstrak Kental	Rendemen Ekstrak	Kadar Air
150 g	81 g	53,29 %	16,14 %

Sesuai hasil skrining fitokimia, ekstrak positif mengandung flavonoid, saponin, tanin dan fenol. metabolit sekunder ini diketahui memiliki sifat antibakteri dengan berbagai mekanisme.

Tabel 3. Hasil skrining fitokimia

Kandungan	Pereaksi	Hasil	Keterangan
Flavonoid	Serbuk Mg + HCl pekat + amil alkohol	Warna jingga pada larutan amil alkohol	+
Alkaloid	Dragendorff	Tidak terbentuk endapan merah bata	-
	Mayer	Tidak terbentuk endapan putih	-
Saponin	Akuades panas	Busa stabil	+
	HCl 2 N	Busa stabil	+
Tanin	FeCl ₃ 1%	Warna hijau	+
Fenol	FeCl ₃	Warna hijau	+

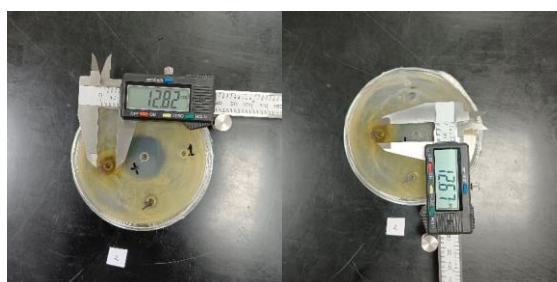
Uji Antibakteri

Berdasarkan hasil uji antibakteri pada Tabel 4, zona hambat tertinggi dari ekstrak wortel terhadap *Staphylococcus aureus* ditunjukkan pada konsentrasi 500.000 ppm dengan hasil rata-rata $5,9 \pm$

0,49 mm sehingga dapat dikategorikan sebagai *resistant*. Zona hambat ekstrak umbi wortel terhadap pada salah satu data perulangan pada konsentrasi 500.000 ppm ditunjukkan pada Gambar 1 dimana diameter lubang sumuran adalah 6,36 mm.

Tabel 4. Pengukuran zona hambat

Sampel (ppm)	Pengulangan	Zona Hambat (mm)	Kategori Daya Hambat (CLSI, 2020)
(+) 100.000	1	22,395	<i>Susceptible</i>
	2	22,020	<i>Susceptible</i>
	3	22,395	<i>Susceptible</i>
	4	22,020	<i>Susceptible</i>
	5	22,395	<i>Susceptible</i>
(-) 100.000	1	0	<i>Resistant</i>
	2	0	<i>Resistant</i>
	3	0	<i>Resistant</i>
	4	0	<i>Resistant</i>
	5	0	<i>Resistant</i>
250.000	1	0	<i>Resistant</i>
	2	0	<i>Resistant</i>
	3	0	<i>Resistant</i>
	4	0	<i>Resistant</i>
	5	0	<i>Resistant</i>
500.000	1	0	<i>Resistant</i>
	2	0	<i>Resistant</i>
	3	0	<i>Resistant</i>
	4	0	<i>Resistant</i>
	5	0	<i>Resistant</i>

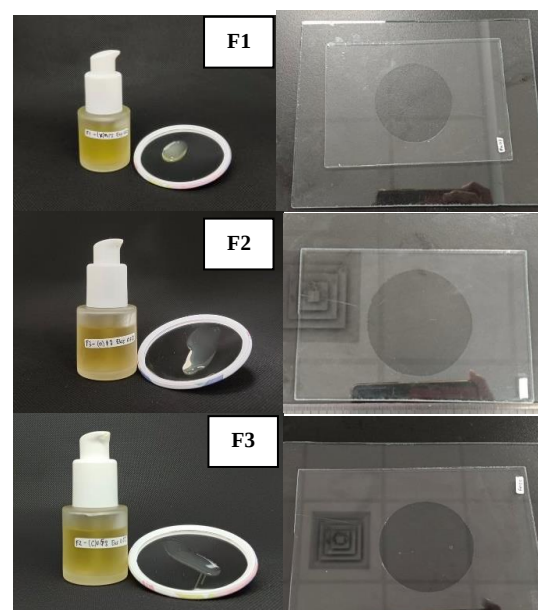


Gambar 1. Zona hambat ekstrak terhadap bakteri terhadap *Staphylococcus aureus*

Hasil Formulasi

Optimasi basis sediaan *face serum* ekstrak etanol 96% umbi wortel dilakukan dengan memvariasikan penggunaan jenis dan konsentrasi beberapa *gelling agent*,

meliputi *xanthan gum*, carbopol, dan CMC-Na sesuai dengan Tabel 1. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Tsabitah *et al.* (2020), variasi *gelling agent* dapat mempengaruhi perubahan terhadap sifat fisik sediaan, meliputi organoleptis, pH, daya sebar, serta pH, dan stabilitas. Hasil optimasi basis sediaan serum yang dipilih adalah basis dengan *xanthan gum* 0,7% (Fx), carbopol 0,5% (Fc), dan CMC-Na 1% (Fn) karena hasil formulasi basis tersebut sesuai dengan kriteria serum yang diharapkan yaitu memiliki tekstur semi kental, tidak terlalu cair dan tidak terlalu kental menyerupai gel. Konsentrasi ekstrak yang ditambahkan pada basis optimal adalah 0,5%. Adapun hasil formulasi berupa pencampuran basis optimal yaitu Fx, Fc, Fn dengan ekstrak umbi wortel menghasilkan formulasi serum yaitu F1, F2 dan F3 yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil formulasi dan uji homogenitas sediaan F1, F2 dan F3

Hasil Evaluasi Sediaan Face Serum

Evaluasi terhadap sediaan basis dan formulasi dilakukan dengan berbagai uji mutu fisik antara lain uji organoleptik, uji pH sediaan, uji daya sebar, uji viskositas dan uji hedonik. Masig-masing data evaluasi mutu fisik sediaan ditunjukkan pada Tabel 5-9 secara berurutan. Hasil uji organoleptik sediaan ditunjukkan pada Tabel 5. Berdasarkan hasil pengamatan, warna dan bau sediaan transparan dan berbau lemah tidak terlalu mencolok sehingga menyerupai sediaan serum umumnya yang ada dipasaran. Namun, sediaan Fc dan F2 memiliki tekstur cair. Hal tersebut disebabkan karena F2 menggunakan carbopol sebagai *gelling agent* yang memiliki sifat rekat yang rendah (Ariyani & Supriyatna, 2013).

Tabel 5. Hasil uji organoleptik

Sampel	Warna	Tekstur	Bau
Fx	jernih	agak kental	lemah
Fc	jernih	cair	lemah
Fn	jernih	kental	lemah
F1	kuning transparan	agak kental	lemah
F2	kuning transparan	cair	lemah
F3	kuning transparan	kental	lemah

Keterangan: Fx = basis dengan *xanthan gum*, Fc = basis dengan carbopol, Fn = basis dengan CMC-Na, F1 = sediaan dengan *xanthan gum*, F2 = sediaan dengan carbopol, F3 = sediaan dengan CMC-Na

Sementara itu, hasil uji homogenitas ditunjukkan pada Gambar 2 bersamaan dengan gambar formulasi. Hasil uji homogenitas menunjukkan bahwa semua sediaan homogen dan tidak ditemukan

adanya partikel visibel pada semua sediaan basis maupun serum. Sediaan serum yang berhasil dibuat dapat digolongkan sebagai sediaan serum yang baik karena homogen serta bebas partikel ataupun gumpalan (Khaira *et al.*, 2022).

Hasil uji pH sediaan ditunjukkan pada Tabel 6. Sediaan topikal yang baik harus memiliki pH yang sesuai dengan pH alami kulit, yaitu pada rentang pH 4,5-6,5 (Rumanti *et al.*, 2022). Berdasarkan hal tersebut, basis sampel Fc dan F2 tidak memenuhi standar rentang pH yang harus dipenuhi. Hal tersebut disebabkan karena sediaan basis Fc dan serum F2 diformulasikan menggunakan *gelling agent* yaitu carbopol bersifat asam dengan rentang pH 2,5-4 (Rowe *et al.*, 2009).

Tabel 6. Hasil uji pH sediaan *face serum*

Sampel	pH	Keterangan
Fx	6,5967 ± 0,0802	+
Fc	3,8033 ± 0,0208	-
Fn	6,0667 ± 0,1914	+
F1	5,4867 ± 0,3507	+
F2	3,8700 ± 0,0246	-
F3	5,6800 ± 0,1153	+

Keterangan: + = sesuai, - = tidak sesuai

Hasil daya sebar dan hasil viskositas dapat dilihat pada Tabel 7 dan 8. Tekstur cair pada Fc dan F2 sejalan dengan nilai daya serbarnya yang hampir semua >10 cm serta nilai viskositasnya <500 cPs. Sediaan serum dapat dikatakan memenuhi syarat viskositas apabila nilai viskositas berada pada rentang 800-3000 cPs (Septiyanti *et al.*, 2019).

Tabel 7. Hasil uji daya sebar sediaan

Sampel	Beban (g)	Hasil (cm)
Fx	50	6,700 ± 0,6083
	100	7,150 ± 0,9124
	150	7,533 ± 1,1547
Fc	50	9,683 ± 0,8005
	100	10,582 ± 0,8578
	150	11,000 ± 1,0000
Fn	50	7,167 ± 0,6788
	100	8,167 ± 0,5965
	150	8,717 ± 0,6331
F1	50	6,900 ± 0,6500
	100	7,400 ± 0,6928
	150	7,767 ± 0,6825
F2	50	10,583 ± 1,1273
	100	11,550 ± 1,0000
	150	11,833 ± 0,6292
F3	50	7,217 ± 0,7911
	100	8,150 ± 1,0689
	150	8,600 ± 1,2490

Keterangan: Fx = basis dengan *xanthan gum*, Fc = basis dengan carbopol, Fn = basis dengan CMC-Na, F1 = sediaan dengan *xanthan gum*, F2 = sediaan dengan carbopol, F3 = sediaan dengan CMC-Na

Tabel 8. Hasil uji viskositas

Sampel	Hasil (cPs)	Keterangan
Fx0	1074,67 ± 152,70	+
Fc0	464 ± 132,18	-
Fn0	1320 ± 409,4	+
F1	2413,33 ± 1285,19	+
F2	492 ± 93,72	-
F3	1280 ± 230,61	+

Keterangan: Fx = basis dengan *xanthan gum*, Fc = basis dengan carbopol, Fn = basis dengan CMC-Na, F1 = sediaan dengan *xanthan gum*, F2 = sediaan dengan carbopol, F3 = sediaan dengan CMC-Na, + = sesuai, - = tidak sesuai

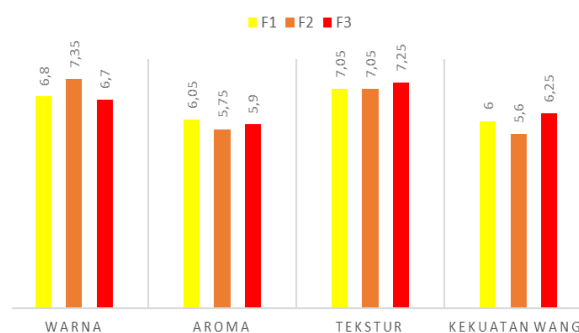
Berdasarkan Tabel 8, diketahui bahwa Fx, Fn, F1 dan F3 memenuhi syarat viskositas sediaan serum pada kecepatan 50 rpm, sedangkan Fc dan F2 tidak memenuhi syarat. Viskositas sediaan serum diharapkan tidak terlalu tinggi ataupun terlalu rendah agar sediaan dapat

dikeluarkan dari wadah dengan mudah dan penyebaran zat aktif di kulit cukup luas. Namun demikian, sediaan serum juga diharapkan serum tidak mudah tumpah ataupun mengalir pada saat diaplikasikan (Rasyadi *et al.*, 2019).

Sementra itu, hasil uji hedonik sediaan dilakukan terhadap 20 responden dengan berbagai parameter seperti yang ditunjukkan pada Tabel 9 dan Gambar 3. Berdasarkan aroma dan tekstur, F1 adalah formulasi yang paling disukai oleh responden, sedangkan berdasarkan kekuatan wangi, maka formulasi F3 yang lebih menjadi preferensi. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan pada tiap variasi formulasi sediaan *face serum* berdasarkan hasil uji hedoniknya.

Tabel 92. Hasil uji hedonik sediaan serum

Parameter	Sampel		
	F1	F2	F3
Warna	6,8	7,35	6,7
Aroma	6,05	5,75	5,9
Tekstur	7,05	7,05	7,25
Kekuatan Wangi	6	5,6	6,25
Rata-rata	6,475	6,4375	6,525



Gambar 3. Hasil uji hedonik sediaan

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa ekstrak etanol 96% umbi wortel (*Daucus carota* L.) memiliki aktivitas antibakteri kategori lemah terhadap *Staphylococcus aureus* dengan zona hambat $5,9 \pm 0,49$ mm pada konsentrasi ekstrak 500.000 ppm (50%). Sediaan *face serum* diformulasikan dengan basis optimal *xanthan gum* 0,7% (Fx), carbopol 0,5% (Fc), dan CMC-Na 1% (Fn) dengan konsentrasi ekstrak 0,5% menjadi serum F1, F2 dan F3 secara berurutan. Hasil uji organoleptik dan homogenitas sediaan menyatakan F1, F2, dan F3 memenuhi syarat evaluasi. Namun, hasil uji pH dan viskositas menunjukkan hanya sediaan F1 dan F3 yang memenuhi syarat evaluasi, sehingga berdasarkan evaluasi fisik ini, hanya sediaan pada F1 dan F3 yang memenuhi syarat evaluasi. Berdasarkan hasil uji statistik hedonik sediaan, tidak ditemukan perbedaan signifikan pada tiap sediaan, namun F1 menjadi sediaan yang disukai responden.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada LPPM Universitas Pelita Harapan yang mendanai penelitian ini dengan nomor P-32-FIKes/I/2023. Selain itu, ucapan diberikan kepada Fakultas Ilmu Kesehatan yang mendukung penelitian dalam penyediaan prasarana, peralatan dan fasilitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, B., & Ibrahim, S. (2018). Struktur, bioaktivitas dan antioksidan flavonoid. *Jurnal Zarah*, 6(1), 21–29. <https://doi.org/10.31629/zarah.v6i1.313>
- Ariyani, S. B., & Supriyatna, N. (2013). Perbandingan karbopol dan karboksimetil selulosa sebagai pengental pada pembuatan bioetanol gel. *Biopropal Industri*, 4(2), 59–64.
- Aulifa, D. L., Caroline, M., Tristiyanti, D., & Budiman, A. (2020). Formulation of the serum gel containing green coffee bean (*Coffea robusta* L) extract as an antioxidant and tyrosinase enzyme inhibitor. *Rasayan Journal of Chemistry*, 13(4), 2346-2351. <http://dx.doi.org/10.31788/RJC.2020.1345866>
- Boadi, N. O., Badu, M., Kortei, N. K., Saah, S. A., Annor, B., Mensah, M. B., Okyere, H., & Fiebor. A. (2021). Nutritional composition and antioxidant properties of three varieties of carrot (*Daucus carota*). *Scientific African*, 12, e00801. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00801>
- CLSI. (2020). *CLSI M100-ED30: 2020 Performance standards for antimicrobial susceptibility testing* (30th ed.). Clinical and Laboratory Standard Institute.
- Depkes. (2000). *Parameter standar umum ekstrak tumbuhan obat*. Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Febri, R., & Rosa, Y. (2022). Aktivitas metabolit sekunder ekstrak etanol umbi wortel (*Daucus carota* L.) terhadap jamur *Candida albicans*. *Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, 12(1), 34–40. <https://doi.org/10.52395/jkjims.v12i01.341>

- Hasrawati, A., Hardianti, H., Qama, A., & Wais, M. (2020). Pengembangan ekstrak etanol limbah biji pepaya (*Carica papaya* L.) sebagai serum antijerawat. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*, 7(1), 1–8. <https://doi.org/10.33096/jffi.v7i1.458>
- Khaira, Z., Monica, E., & Yoedistira, C. D. (2022). Formulasi dan uji mutu fisik sediaan serum mikroemulsi ekstrak biji melinjo (*Gnenteum gnemon* L.). *Sainsbertek Jurnal Ilmiah Sains & Teknologi*, 3(1), 299-309. <https://doi.org/10.33479/sb.v3i1.197>
- Putri, B. T., Chusniasih, D., & Nofita. (2022). Perbandingan aktivitas antibakteri ekstrak etanol dan aseton umbi wortel (*Daucus carota* L.) terhadap *Streptococcus mutans* secara in vitro. *Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan*, 9(4), 1190–1197. <https://doi.org/10.33024/jikk.v9i4.8600>
- Rasyadi, Y., Yenti, R., & Jasril, A. P. (2019). Formulasi dan uji stabilitas fisik sabun mandi cair ekstrak etanol buah kapulaga (*Amomum compactum* Sol. ex Maton). *PHARMACY: Jurnal Farmasi Indonesia*, 16(2), 188–198. <https://doi.org/10.30595/pharmacy.v16i2.5675>
- Rowe, R. C., Sheskey, P. J., & Quinn, M. E. (2009). *Handbook of pharmaceutical excipients* (6th ed.). Pharmaceutical Press.
- Rumanti, R. M., Fitri, K., Kumala, R., Leny, & Hafiz, I. (2022). Pembuatan krim antiaging dari ekstrak etanol daun pagoda (*Clerodendrum paniculatum* L.). *Majalah Farmasetika*, 7(4), 288–304. <https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v7i4.38491>
- Septiyanti, M., Liana, L., Sutriningsih, Kumayanti, B., & Meliana, Y. (2019). Formulation and evaluation of serum from red, brown and green algae extract for anti-aging base material. In *AIP Conference Proceedings*. International Symposium on Applied Chemistry. <https://doi.org/10.1063/1.5134642>
- Singh, R., Shushni, M. A. M., & Belkheir, A. (2015). Antibacterial and antioxidant activities of *Mentha piperita* L. *Arabian Journal of Chemistry*, 8(3), 322-328. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2011.01.019>
- Sirait, A. Y., Pelealu, N. C., & Yamlean, P. V. Y. (2016). Uji daya antibakteri ekstrak etanol umbi wortel (*Daucus carota* L.) terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* secara in vitro. *Pharmakon Jurnal Ilmiah Farmasi*, 5(4), 145–154. <https://doi.org/10.35799/pha.5.2016.13985>
- Tsabitah, A. F., Zulkarnain, A. K., Wahyuningsih, M. S. H., & Nugrahaningsih, D. A. A. (2020). Optimasi carbomer, propilen glikol, dan trietanolamin dalam formulasi sediaan gel ekstrak etanol daun kembang bulan (*Tithonia diversifolia*). *Majalah Farmaseutik*, 16(2), 111–118. <https://doi.org/10.22146/farmaseutik.v16i2.45666>
- Voight, R. (1994). *Buku Pengantar Teknologi Farmasi* (pp. 572-574). Universitas Gadjah Mada Press.
- Wahyuningsih, S., Bachri, N., Awaluddin, N., & Andriani, I. (2021). Serum wajah fraksi etil asetat daun beluntas (*Pluchea indica* L.) sebagai antibakteri. *Jurnal Katalisator*, 6(2), 270–283. <https://doi.org/10.22216/katalisator.v6i2.684>

PENGOMPOSAN SAMPAH ORGANIK DAN ISOLASI BAKTERI TERMOFIL DARI KOMPOS

[COMPOSTING ORGANIC WASTE AND ISOLATING OF THERMOPHIL BACTERIA FROM COMPOST]

Tjie Jan Tan^{1#}, Juan Daniel^{2#}, Hans Victor³, Marcelia Sugata^{4*}
^{1,2,3,4}Program Studi Biologi, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia

*Korespondensi penulis: marcelia.sugata@uph.edu

#Status kontribusi yang sama

ABSTRACT

Composting is one of the methods to sustainably minimize the accumulation of waste in the environment. Compost is made through the decomposition process of organic waste with the help of microorganisms. The process of making compost goes through several phases, one of the most important phases is the thermophilic phase. In this research, an evaluation was carried out on the effect of temperature, humidity, pH and aeration on the success of composting from leaves and twigs and braches of trembesi tree (Albizia saman). In addition, isolation and identification of thermophilic bacteria which play an important role in the composting process were carried out. Isolation of thermophilic bacteria is carried out when the compost making process is in the thermophilic phase. To support the growth of thermophilic bacteria, incubation during the isolation and purification process was carried out at a temperature of as high as 55-60 °C. Subsequently, thermophilic bacterial isolates were identified based on morphology and biochemical activity tests. The characterization results based on Bergey's Manual Systematic Bacteriology Second Edition Volume Three the Firmicutes indicated that the isolates obtained belonged to the genus Bacillus.

Keywords: *Bacillus*; trembesi tree; leaves; twigs/branches

ABSTRAK

Pembuatan kompos merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meminimalisasi penumpukan sampah di lingkungan secara berkelanjutan. Kompos dibuat melalui proses dekomposisi sampah organik dengan bantuan mikroorganisme. Proses pembuatan kompos melalui beberapa fase, salah satu fase terpenting adalah fase termofilik. Pada penelitian ini, dilakukan evaluasi pengaruh suhu, kelembapan, pH dan aerasi terhadap keberhasilan pembuatan kompos dari daun dan ranting serta dahan pohon trembesi (*Albizia saman*) Selain itu, dilakukan isolasi dan identifikasi bakteri termofilik yang berperan penting dalam proses pengomposan. Isolasi bakteri termofilik dilakukan saat proses pembuatan kompos berada pada fase termofilik. Untuk mendukung pertumbuhan bakteri termofil, inkubasi selama proses isolasi dan purifikasi dilakukan pada suhu 55-60 °C. Selanjutnya, isolat bakteri termofil diidentifikasi berdasarkan morfologi dan uji aktivitas biokimia. Hasil karakterisasi yang dicocokkan dengan *Bergey's Manual Systematic Bacteriology Second Edition Volume Three the Firmicutes* mengindikasikan bahwa isolat yang diperoleh berasal dari genus *Bacillus*.

Kata kunci: *Bacillus*; daun; pohon trembesi; ranting

PENDAHULUAN

Penumpukan sampah merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang cukup serius. Menurut Agung *et al.* (2021), kuantitas sampah yang menumpuk berbanding lurus dengan jumlah penduduk. Penumpukan sampah umumnya terjadi akibat pengelolaan yang kurang baik dari sampah yang dihasilkan oleh kegiatan manusia. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK, 2020) melaporkan bahwa penumpukan sampah dari 270 juta penduduk di Indonesia mencapai 67,8 juta ton pada tahun 2020. Sebanyak 57% sampah tersebut merupakan sampah organik yang berasal dari sisa makanan, kayu, daun, dan ranting.

Penumpukan sampah yang dibiarkan terus menerus akan mengakibatkan gangguan pada kesehatan manusia dan penurunan kualitas hidup manusia. Selain itu, produksi gas metana dan bau busuk dari sampah dapat menyebabkan polusi udara dan merusak lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode untuk mengelola sampah, khususnya sampah organik, sehingga penumpukan sampah dapat dikurangi dan kondisi lingkungan dapat diperbaiki (Setiawan, 2021).

Salah satu cara mengelola sampah organik adalah dengan melakukan

komposting (Azim *et al.*, 2017). Kompos merupakan pupuk hasil pembusukan sampah organik dengan kandungan karbon dan nitrogen yang tinggi. Sampah organik mengalami pembusukan dan penguraian yang dibantu oleh mikroorganisme dalam tanah seperti jamur, bakteri, ragi, dan lainnya. Mikroorganisme tersebut dapat menghasilkan enzim-enzim yang dibutuhkan dalam proses penguraian sampah organik hingga diperoleh kompos yang dapat digunakan kembali sebagai pupuk (Rebollido *et al.*, 2008).

Penguraian sampah organik oleh mikroorganisme dapat berlangsung jika kebutuhan nutrisi dan kondisi lingkungan mendukung pertumbuhan mikroorganisme. Beberapa faktor yang mempengaruhi proses pembuatan kompos antara lain jenis mikroorganisme yang terlibat, rasio C/N, suhu, pH, kelembapan, dan kadar oksigen (Palaniveloo *et al.*, 2020).

Pada penelitian ini, dilakukan pembuatan kompos menggunakan sampah organik berupa daun dan ranting dari pohon trembesi. Selama proses pengomposan, dilakukan pemantauan secara berkala terhadap beberapa parameter, seperti suhu, pH, kelembapan dan aerasi. Selain itu, dilakukan pula isolasi mikroorganisme yang berperan dalam proses pengomposan saat kompos berada pada fase termofil.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sekop, garukan, timbangan gantung, ayakan, batu bata hebel, batu bata merah, *three-way* soil meter, termometer, papan kayu, sendok semen, inkubator, Erlenmeyer, cawan Petri kaca, tabung reaksi, rak tabung reaksi, *hot plate*, *magnetic stirrer*, oven, lampu Spiritus, *spreader*, spatula, jarum ose, gelas ukur, vial, aluminium *foil*, *plastic wrap*, *laminar air flow*, *microtube*, *disposable syringe*, *filter syringe*, autoklaf, mikroskop cahaya, kaca preparat, mikropipet dan tips, alu, mortar, korek api, vortex, dan *sprayer*.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah semen hebel (Mortar Utama, Indonesia), pasir, *Nutrient Agar* (Merck, Jerman), *Nutrient Broth* (Merck, Jerman), *Phosphate Buffered Saline* (PBS) pH 7,4, *Nitrate Broth* (Himedia, India), Pati (Merck, Jerman), agar (Himedia, India), *Simmons Citrate agar* (Himedia, India), *Sulfide Indole Motility* agar (Himedia, India), MR-VP broth (Himedia, India), akuades (Amidis, Indonesia), kristal violet (Merck, Jerman), lugol (Merck, Jerman), dekoloran (Merck, Jerman), safranin (Merck, Jerman), malakit hijau (Merck, Jerman), pepton (Himedia, India), Natrium klorida (Merck,

Jerman), *beef extract* (Himedia, India), fenol merah (Himedia, India), glukosa (Merck, Jerman), manitol (Merck, Jerman), alkohol 70%, hidrogen peroksida, metanol, dan kertas saring.

Sampel yang digunakan pada adalah daun dan ranting trembesi.

Metode Penelitian

Persiapan pengomposan

Daun dan ranting dikumpulkan dari lingkungan UPH dan dibersihkan dari partikel-partikel seperti batu, pasir, dan lainnya (Gambar 2). Jika daun dan ranting masih berukuran terlalu besar, dapat dilakukan pemotongan menjadi ukuran yang lebih sedang atau kecil agar proses pengomposan dapat berjalan dengan lebih cepat. Pengomposan dilakukan pada skala 100 kg.



Gambar 2. Sampel daun (A) dan ranting (B)

Pengomposan dilakukan dalam ruang yang dibuat dari 22 buah batu bata hebel yang disusun dengan ukuran 0,8 x 0,6 x 1,2 m (p x l x t) dengan volume sebesar 0,576 m³. Pada sisi kiri dan kanan disusun 3 batu bata hebel dan 12 batu bata merah yang diberikan jarak sebesar 5 cm untuk aerasi/ventilasi udara. Untuk sisi depan dan belakang disusun batu bata

hebel tanpa adanya jarak untuk aerasi/ventilasi udara. Pada bagian sisi depan, susunan batu bata hebel dapat digeser untuk keluar masuk sampah, pengadukan dan penyiraman (Gambar 3).

Pemantauan Parameter Pengomposan

Selama proses pengomposan, dilakukan pemantauan beberapa parameter seperti suhu, pH, kelembapan. Selain itu, dilakukan juga pengadukan secara berkala. Suhu dicek dengan termometer yang ditancapkan pada tumpukan kompos hingga mencapai kedalaman 30-40 cm. pH dan kelembapan pada tumpukan kompos dicek dengan alat *three-way soil meter*. Setelah alat dinyalakan, ujung sensor pada alat ukur ditancapkan pada tumpukan kompos hingga mencapai kedalaman 15 cm, lalu nilai yang tertera dicatat.



Gambar 3. Tempat pengomposan dari sisi atas (A), sisi depan (B), sisi kiri (C) dan sisi kanan (D)

Pengadukan dilakukan dengan mengeluarkan tumpukan kompos dari tempat pengomposan. Setelah itu, dilakukan pengadukan dengan sekop atau

garukan secara merata. Selama diaduk, dapat dilakukan pemberian air agar kelembapan tumpukan kompos dapat terjaga. Setelah diaduk dan disiram, kompos dimasukkan kembali dalam tempat pengomposan. Pengadukan dapat dilakukan 2-3 kali dalam seminggu.

Isolasi Bakteri Termofilik dari Kompos

Sampel kompos pada fase termofil diambil sebanyak 10 gram kemudian dihaluskan menggunakan alu dan mortar. Sampel dicampur dengan medium 100 ml *Nutrient Broth* secara aseptik. Setelah bercampur, sampel disaring, lalu filtrat diencerkan secara bertingkat menggunakan PBS steril. Hasil dilusi diinokulasikan dengan metode sebar pada medium *Nutrient Agar*, lalu diinkubasi pada suhu 55°C selama 24 jam. Koloni yang tumbuh selanjutnya dimurnikan dengan metode *streaking* 4 kuadran hingga diperoleh isolat murni.

Identifikasi Bakteri Termofilik

Identifikasi isolat murni yang diperoleh dilakukan berdasarkan morfologi koloni (bentuk, elevasi, margin, warna, dan ukuran) pada medium NA dan morfologi sel (pewarnaan Gram, pewarnaan endospora) di bawah mikroskop. Selain itu, dilakukan pula uji biokimia dan uji lainnya seperti uji motilitas, uji katalase, uji Voges Proskauer, uji sitrat, uji reduksi nitrat, uji

fermentasi karbohidrat (glukosa dan manitol), uji hidrolisis pati dan uji hidrolisis selulosa.

Uji Pertumbuhan Bakteri Termofil

Uji pertumbuhan isolat bakteri termofil dilakukan pada berbagai konsentrasi NaCl (2%, 5%, 7%) dan pH (6, 7, 8). Pengujian dilakukan secara kualitatif dengan mengamati pertumbuhan isolat bakteri termofil pada medium NB yang telah ditambahkan berbagai konsentrasi NaCl dan diatur pH-nya.

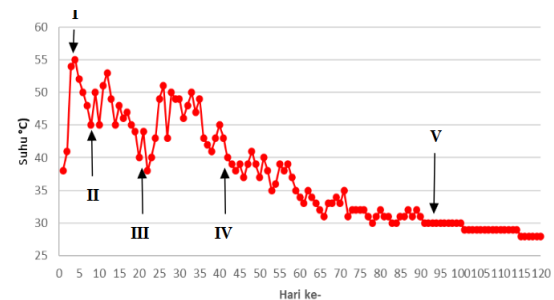
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Kompos

Kandungan rasio C/N dari sampel daun dan ranting dicek terlebih dahulu. Berdasarkan hasil analisis dari Laboratorium Sucofindo, rasio C/N dari daun dan ranting masing-masing sebesar 17/1 dan 15/1. Oleh karena itu, pengomposan pada skala 100 kg menggunakan 85 kg daun dan 15 kg ranting (rasio C/N akhir sebesar 16/1). Pengomposan dilakukan selama 4 bulan dengan pengecekan berkala untuk berbagai parameter.

Berdasarkan Gambar 4, tumpukan sampah organik mencapai suhu di atas 50°C (I) pada hari ke-3. Kemudian hari ke-5 suhu mulai menurun menjadi suhu 45°C (II) hari ke-8. Kemudian suhu berfluktuasi hingga mencapai suhu awal, yaitu 30-40

°C (III) pada hari ke-20. Pada hari ke-39 hingga hari ke-60, suhu cenderung menurun hingga mencapai suhu di bawah 40°C (IV). Setelah 90 hari, suhu kompos stabil di sekitar 30°C (V).



Gambar 4. Perubahan suhu selama pengomposan

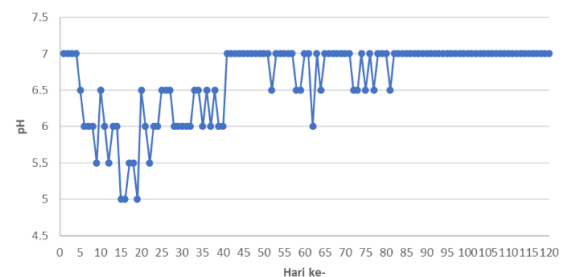
Peningkatan suhu pada tahap I dan II terjadi karena aktivitas mikroorganisme seperti bakteri termofilik yang mulai aktif bekerja untuk mengurai sampah organik. Saat mikroorganisme termofilik bekerja, terjadi aktivitas metabolisme yang menghasilkan panas dari hasil penggunaan oksigen dan dapat membunuh mikroorganisme lain dalam tumpukan kompos (Sayara *et al.*, 2020). Fase ini dapat disebut sebagai fase sterilisasi. Suhu pada tahap III cenderung menurun, tetapi masih terdapat aktivitas bakteri termofil yang menandakan degradasi sampah organik masih berlangsung. Menurut Backhus (2011), aktivitas bakteri termofil pada fase I-III cenderung membutuhkan waktu lama. Setelah fase termofilik selesai, suhu pada tumpukan kompos secara perlahan menurun hingga mencapai fase mesofilik sampai pada fase pematangan (Antunes *et al.*, 2016)

Mikroorganisme termofilik pada sampah organik bekerja optimal pada kondisi netral hingga asam, dengan pH berkisar antara 5,5 hingga 8. Selama tahap awal pengomposan, sampah organik akan terurai dan menghasilkan asam organik. Kondisi asam sangat baik untuk pertumbuhan jamur serta proses pemecahan lignin dan selulosa. Saat pengomposan berlangsung, asam organik menjadi netral dan aktivitas penguraian bahan organik mulai menurun. Kompos yang sudah matang umumnya memiliki pH antara 6 sampai 8. Pengukuran pH pada kompos skala dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5 menunjukkan bahwa sampah organik awalnya memiliki pH netral (pH 7). Pada hari ke-5 hingga hari ke-16 terjadi penurunan pH hingga pH menjadi asam (pH 5). Pada hari ke-17 hingga hari ke-40 terjadi fluktuasi pH (5,5-6,0). Pada hari ke-41 hingga hari ke-80, fluktuasi pH masih terjadi di sekitar angka 6,5. Pada hari ke-81 hingga seterusnya, pH meningkat hingga mendekati pH awal pengomposan, yaitu netral, dan tetap stabil sampai memasuki fase maturasi. Menurut Backus (2011), pH sampah organik selama proses pengomposan menyesuaikan dengan aktivitas mikroorganisme di dalamnya.

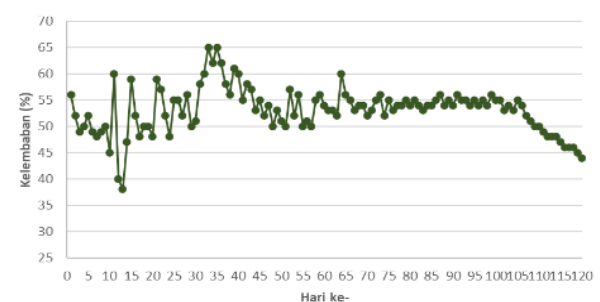
Kandungan air yang mendukung proses penguraian sampah organik oleh

mikroorganisme berkisar antara 40-60%. Jika kelembapan terlalu tinggi, air akan menutup ruang ventilasi udara dalam tumpukan kompos sehingga menciptakan kondisi anaerobik dan menghasilkan aroma tidak sedap. Jika kelembapan terlalu rendah, mikroorganisme tidak dapat bekerja optimal.



Gambar 5. Perubahan pH selama pengomposan

Gambar 6 menunjukkan perubahan kelembapan selama pengomposan. Pada awalnya kelembapan sampah organik adalah 56%. Pada hari ke-2 hingga hari ke-7 terjadi penurunan tingkat kelembapan, pada hari ke-8 hingga hari ke-40 terjadi fluktuasi kelembapan, dan kelembapan sampah organik menjadi stabil (50-55%) setelah hari ke-40 (Richard *et al.*, 2002). Menurut Backus (2011), kelembapan dapat dikontrol dengan penambahan air dengan jumlah tertentu pada saat pengadukan.



Gambar 6. Perubahan kelembapan selama pengomposan

Isolasi dan Identifikasi Bakteri Termofil dari Kompos

Mikroorganisme, khususnya bakteri, memainkan peran penting selama pengomposan sehingga pengetahuan mengenai bakteri yang berperan dalam proses pengomposan akan memberikan wawasan baru mengenai pengembangan pengomposan yang memiliki banyak manfaat (Kong *et al.*, 2020). Dari hasil isolasi dan pemurnian, didapatkan 5 isolat bakteri termofil. Kelima isolat

diidentifikasi berdasarkan pengamatan morfologi koloni dan sel, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1, kelima isolat bakteri termofil memiliki morfologi koloni yang sama pada medium *Nutrient Agar*, yaitu berbentuk circular, elevasi flat, margin entire, berwarna putih dan berukuran kecil. Selain itu, kelima isolat juga menunjukkan morfologi sel yang sama yaitu berbentuk batang, Gram negatif dan menghasilkan endospora.

Tabel 1. Hasil pengamatan morfologi koloni dan sel pada isolat bakteri dari kompos

		JD102	JD103	JD104	JD501	JD503
Morfologi koloni	Bentuk	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular
	Elevasi	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat
	Margin	Entire	Entire	Entire	Entire	Entire
	Warna	Putih	Putih	Putih	Putih	Putih
	Ukuran	Kecil	Kecil	Kecil	Kecil	Kecil
Morfologi sel	Bentuk	Batang	Batang	Batang	Batang	Batang
	Gram	Positif	Positif	Positif	Positif	Positif
	Endospora	+	+	+	+	+

Keterangan: tanda (+) menandakan adanya endospora

Tabel 2. Hasil uji biokimia dan uji lainnya terhadap isolat bakteri dari kompos

Uji		JD102	JD103	JD104	JD501	JD503
Motilitas		+	+	+	+	+
Katalase		+	+	+	+	+
<i>Voges Proskauer</i>		-	-	-	-	-
Metabolisme sitrat		-	-	-	-	-
Reduksi nitrat		+	-	-	-	+
Fermentasi karbohidrat (asam/gas)	Glukosa	+/-	-/-	+/-	-/-	-/-
	Manitol	-/-	-/-	+/-	-/-	-/-
Hidrolisis pati		+	+	+	-	-
Hidrolisis selulosa		-	-	-	+	-

Keterangan: tanda (+) menunjukkan hasil positif, tanda (-) menunjukkan hasil negatif. Hasil uji fermentasi karbohidrat berupa pengamatan produksi asam dan gas.

Meskipun memiliki morfologi koloni dan sel yang sama, terdapat perbedaan aktivitas biokimia dari kelima isolat. (Tabel 2). Selanjutnya, dilakukan uji pertumbuhan secara kualitatif pada berbagai konsentrasi NaCl (2%, 5%, 7%) dan pH (6, 7, 8). Kelima isolat tidak dapat tumbuh dengan keberadaan NaCl, namun dapat tumbuh pada pH 6, 7 dan 8 (data tidak ditampilkan). Berdasarkan *Bergey's Manual Systematic Bacteriology Second Edition Volume Three the Firmicutes*, kelima isolat diduga berasal dari genus *Bacillus*. Menurut López *et al.* (2021), bakteri termofilik yang biasa diisolasi dari tanah dan kompos antara lain *Bacillus schlegelii*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus circulans*, dan *Bacillus sphaericus* (2021). Menurut Bhattacharya & Pletschke (2014), mikroorganisme yang paling sering ditemukan pada fase termofilik berasal dari genus *Bacillus*, yaitu bakteri Gram positif berbentuk batang, serta dapat menghasilkan endospora.

KESIMPULAN

Pembuatan kompos dari 100 kg sampah organik telah berhasil dilakukan dalam waktu 4 bulan dengan suhu, pH dan kelembapan yang terpantau dengan baik. Dari proses isolasi bakteri termofilik pada kompos diperoleh lima isolat yang diduga berasal dari genus *Bacillus*.

SARAN

Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan identifikasi isolat bakteri termofil secara molekuler dengan analisis 16s rRNA.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biologi Dasar (B203) dan Lanjutan (B407), Program Studi Biologi, Universitas Pelita Harapan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, K., Juita, E., & Zuriyani, E. (2021). Analisis pengelolaan sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Desa Sido Makmur Kecamatan Sipora Utara. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Geografi*, 6(2), 115-124. <https://doi.org/10.21067/jpig.v6i2.5936>
- Antunes, L. P., Martins, L. F., Pereira, R. V., Thomas, A. M., Barbosa, D., Lemos, L. N., Silva, G. M. M., Moura, L. M. S., Epamino, G. W. C., Digiampietri, L. A., Lombardi, K. C., Ramos, P. L., Quaggio, R. B., de Oliveira, J. C. F., Pascon, R. C., da Cruz, J. B., da Silva, A. M., Setubal, J. C. (2016). Microbial community structure and dynamics in thermophilic composting viewed through metagenomics and metatranscriptomics. *Scientific Reports*, 6(1), 38915. <https://doi.org/10.1038/srep38915>
- Azim, K., Soudi, B., Boukhari, S. Perissol, C. Roussos, S., & Alami, I. T. (2017). Composting parameters and compost quality: a literature review. *Organic Agriculture*, 8, 141–158.

- <https://doi.org/10.1007/s13165-017-0180-z>
- Bhattacharya, A., & Pletschke, B. I. (2014). Thermophilic *Bacilli* and their enzymes in composting. In: Maheshwari, D. (eds) *Composting for Sustainable Agriculture. Sustainable Development and Biodiversity* (pp 103–124), vol 3. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08004-8_6
- Backhus. (2011). *Buku pedoman untuk professional pengomposan*. Edwecht: Tim Backhus GmbH Eco Engineers.
- Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). (2020) *Indonesia memasuki era baru pengelolaan sampah*. Retrieved July 20, 2021 from http://ppid.menlhk.go.id/siaran_pers/browse/2329
- Kong, Z., Wang, X., Wang, M., Chai, L., Wang, X., Liu, D., & Shen, Q. (2020). Bacterial ecosystem functioning in organic matter biodegradation of different composting at the thermophilic phase. *Bioresource Technology*, 317, 123990. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123990>
- Lopez, M. J., Jurado, M. M., López-González, J. A., Estrella-González, M. J., Martínez-Gallardo, M. R., Toribio, A., & Suárez-Estrella, F. (2021). Characterization of thermophilic lignocellulolytic microorganisms in composting. *Frontiers in Microbiology*, 12, 697480. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.697480>
- Palaniveloo, K., Amran, M. A., Norhashim, N. A., Mohamad-Fauzi, N., Fang, Peng-Hui, F., Hui-Wen, L., Kai-Lin, Y., Jiale, L., Chian-Yee, M. G., Jing-Yi, L., Gunasekaran, B., & Razak, S. A. (2020). Food waste composting and microbial community structure profiling. *Processes*, 8(6), 723. <https://doi.org/10.3390/pr8060723>
- Rebollido, R., Martinez, J., Aguilera, Y., Melchor, K., Koerner, I., & Stegmann, R. (2008). Microbial populations during composting process of organic fraction of municipal solid waste. *Applied Ecology and Environmental Research*, 6(3), 61-67. https://doi.org/10.15666/aeer/0603_061067
- Richard, T. L., Hamelers, H. V. M., Veeken, A., & Silva, T. (2002). Moisture relationships in composting processes, compost science & utilization, 10(4), 286-302. <http://dx.doi.org/10.1080/1065657X.2002.10702093>
- Sayara, T., Basheer-Salimia, R., Hawamde, F., & Sanchez, A. (2020). Recycling of organic wastes through composting: Process performance and compost application in agriculture. *Agronomy*, 10, 1838. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy10111838>
- Setiawan, A. (2021). *Membenahi tata kelola sampah nasional*. Retrieved May 21, 2022 from <https://indonesia.go.id/kategori/indonesia-dalam-angka/2533/membenahi-tata-kelola-sampah-nasional>

PEMBUATAN TAHU SUSU MENGGUNAKAN KOAGULAN DARI BONGGOL NANAS (*Ananas comosus* L.)

[MANUFACTURING MILK TOFU USING COAGULANT FROM PINEAPPLES HUMPS (*Ananas comosus* L.)]

Ryan Pratama¹, Ratna Handayani^{2*}

^{1,2}Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia

*Korespondensi penulis: ratna.handayani@uph.edu

ABSTRACT

Bromelain enzyme is a protease enzyme that can coagulate casein in milk. The use of pineapple waste, namely pineapple humps, can be used as a coagulant in making milk tofu. This research aimed to determine the best bromelain enzymes from two types of pineapple humps based on protein content and enzyme activity, as well as to analyzed the effect of bromelain enzyme crude extract concentration as a coagulant in making tofu with different heating temperatures. In phase I of the research, crude extract of bromelain enzymes was isolated and analyzed by yield, protein content, and enzyme activity. In phase II, milk tofu was made using a crude enzyme extract concentration of 0.50%; 1.00%; and 1.50% with a clotting temperature of 60 °C and 80 °C which were then analyzed by yield, water content, fat content, ash content, protein content, color and texture. The results of phase I analysis showed that the best type of humps was Queen pineapple humps with protein content of $0.12 \pm 0.007 \mu\text{g/ml}$ and activity of $76.27 \pm 4.43 \text{ U/ml}$, subsequently the humps were used for phase II analysis. The best treatment from phase II research was a crude enzyme extract concentration of 1.0% and a clotting temperature of 80°C with a yield value of $24.27 \pm 0.01\%$, a moisture content of $68.89 \pm 3.30\%$ and a protein content of $4.64 \pm 0.008\%$.

Keywords: pineapple humps; bromelain enzyme; coagulant; milk tofu

ABSTRAK

Enzim bromelin merupakan enzim protease yang dapat menggumpalkan kasein pada susu. Penggunaan limbah nanas yaitu bonggol nanas dapat digunakan sebagai koagulan dalam pembuatan tahu susu. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan ekstrak kasar enzim bromelin terbaik dari dua jenis bonggol nanas berdasarkan kadar protein dan aktivitas enzimnya, serta untuk menganalisis pengaruh konsentrasi ekstrak kasar enzim bromelin sebagai koagulan dalam pembuatan tahu dengan suhu pemanasan yang berbeda. Pada penelitian tahap I dilakukan ekstrak kasar enzim bromelin diisolasi dan dianalisis secara rendemen, kadar protein, dan aktivitas enzim. Pada tahap II dilakukan pembuatan tahu susu menggunakan konsentrasi ekstrak kasar enzim 0,50%; 1,00%; dan 1,50% dengan suhu penggumpalan 60 °C dan 80 °C yang selanjutnya dianalisis secara rendemen, kadar air, kadar lemak, kadar abu, kadar protein, warna dan tekstur. Hasil analisis tahap I menunjukkan bahwa jenis bonggol terbaik adalah bonggol nanas *Queen* dengan kadar protein $0,12 \pm 0,007 \mu\text{g/ml}$ dan aktivitas $76,27 \pm 4,43 \text{ U/ml}$, selanjutnya bonggol tersebut digunakan untuk analisis tahap II. Perlakuan terbaik dari penelitian tahap II adalah konsentrasi enzim 1,0% dengan suhu penggumpalan 80 °C dengan nilai rendemen $24,27 \pm 0,01\%$, nilai kadar air $68,89 \pm 3,30\%$ dan nilai kadar protein $4,65 \pm 0,008\%$.

Kata kunci: bonggol nanas; enzim bromelin; koagulan; tahu susu

PENDAHULUAN

Tahu merupakan makanan berbasis kedelai yang merupakan salah satu sumber protein nabati yang dibutuhkan masyarakat Indonesia. Kedelai sebagai bahan baku pembuatan tahu diambil karena kandungan protein 7S dan 11S yang berkontribusi dalam pembentukan *curd*. Rata-rata kebutuhan kedelai dalam negeri kurang lebih 2,9 juta ton per tahun, namun 2,5 juta ton dipenuhi dari impor (Sekarmurti *et al.*, 2018). Oleh karena itu susu sapi segar dapat dipergunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan tahu (Anggraini *et al.*, 2013). Rata-rata produktivitas susu sapi segar di Indonesia mencapai 968.980,14 ton pada tahun 2022 (BPS, 2023).

Bagian-bagian dari nanas adalah kulit buah, daging buah dan bonggol nanas. Bonggol nanas merupakan bagian paling dalam dari buah nanas yang mempunyai tekstur keras dan sering tidak dikonsumsi, padahal bonggol merupakan bagian nanas yang paling banyak mengandung enzim bromelin dibandingkan bagian nanas yang lain. Enzim bromelin dari bonggol nanas diharapkan dapat menjadi koagulan yang tepat untuk menggumpalkan kasein dalam susu sapi segar dalam proses pembuatan tahu susu (Santi *et al.*, 2017). Prinsip pengolahannya tahu susu adalah menggumpalkan kasein yang merupakan protein dalam susu dengan menambahkan

enzim bromelin dari bonggol nanas. Enzim bromelin yang bersifat proteolitik, berfungsi untuk mendenaturasi protein pada susu yaitu kasein sehingga sistem emulsi menjadi tidak stabil dan bahan lainnya dapat terpisah dari sistem emulsi (Santi *et al.*, 2017). Penggunaan susu sapi segar sebagai substitusi kacang kedelai diharapkan dapat meningkatkan asupan nutrisi konsumen. Pemanfaatan bonggol nanas sebagai sumber enzim bromelin juga diharapkan menjadi alternatif koagulan, khususnya dalam membuat tahu dari susu sapi segar.

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat tahu dari susu sapi segar dengan memanfaatkan enzim bromelin dari bonggol nanas sebagai koagulan, menentukan konsentrasi ekstrak kasar enzim bromelin terbaik berdasarkan kadar protein dan aktivitas enzimnya, serta menganalisis pengaruh konsentrasi ekstrak kasar enzim bromelin dan suhu penggumpalan dalam pembuatan tahu susu.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu bonggol nanas varietas *Queen* dan *Cayenne* yang diperoleh dari pasar tradisional di Tangerang, susu sapi segarlarutan gelatin, buffer asam fosfat H_2PO_4^- 1 M (pH 6,5), aquades,

$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, CH_3COONa 0,1 M, amonium sulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 70%, reagen *Bradford*, etanol 95%, NaOH, kasein bubuk, K_2HPO_4 , KH_2PO_4 , BSA, *bromocresol green* 0,1%, L-tirosin, trikloroacid, asam fosforik 85%, *Crystal Methileneblue* 0,1% metil merah 0,1% alkohol 95%, HCl 0,02 N, H_2BO_3 3%, indikator campuran, Na_2CO_3 0,5 M, HCl 0,02 N, HCl 25%, heksana.

Alat yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu blender “*FOMAC*”, mikro pipet, neraca analitik, timbangan, cetakan tahu, labu *Kjeldahl*, tabung *Soxhlet*, alat destilasi, tanur, spektrofotometer UV-VIS “*DLAB SP-V1000*”, *texture analyzer* “*TA.TX.PLUS*”, dan kromameter “*MINOLTA*”, pH meter “*Metrohm*”

Metode Penelitian

Isolasi Ekstrak Kasar Enzim Bromelin

Prosedur penelitian tahap pertama yaitu proses ekstraksi enzim dari bonggol nanas yang dilakukan berdasarkan (Masri, 2013). Prosedur ekstrak enzim bromelin dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama yaitu memperoleh ekstrak kasar dari bonggol nanas. Bonggol nanas dicuci dengan aquades kemudian ditimbang sebanyak 750 gram. Selanjutnya bonggol dalam 100 ml larutan buffer natrium asetat pH 6,5 dihancurkan dengan *blender*, lalu disaring menggunakan kertas saring. Filtrat hasil penyaringan selanjutnya disentrifugasi

selama 25 menit pada 3.500 rpm dan suhu 4°C. Tahap kedua yaitu presipitasi ekstrak kasar pada tahap pertama. Amonium sulfat $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ 70% ditambahkan ke dalam filtrat, dan diinkubasi 12 jam di dalam kulkas. Selanjutnya, campuran disentrifugasi pada 3.500 rpm selama 25 menit. Endapan hasil sentrifugasi dicuci dengan 10 ml buffer natrium asetat 0,1 M pada kisaran pH 6-6,5 dan dilakukan sebanyak 3 kali pencucian. Hasil pencucian merupakan ekstrak kasar enzim bromelin yang digunakan untuk tahap selanjutnya.

Pembuatan Tahu Susu

Pembuatan tahu susu dilakukan berdasarkan metode dari Yosalfa (2016). Susu sapi segar yang langsung diambil dari peternak dipasteurisasi pada suhu 72°C selama 15 menit. Setelah pasteurisasi, dilakukan penambahan koagulan sesuai perlakuan suhu. Pada penambahan koagulan di suhu 60 °C, susu didinginkan sampai 60 °C sedangkan pada penambahan koagulan di suhu 80 °C, susu dipanaskan menggunakan *heater*. Koagulan yang merupakan ekstrak kasar enzim bromelin dengan konsentrasi 0,5%, 1,0%, 1,5% ditambahkan ke dalam susu pada suhu 60 °C dan 80 °C, lalu didiamkan selama 30 menit hingga terbentuk *curd*. Konsentrasi ekstrak kasar enzim dan suhu ditentukan berdasarkan penggunaan koagulan alami pada penelitian sebelumnya. Tahap terakhir

pembuatan tahu susu adalah pencetakan, yaitu *curd* tahu yang sudah terbentuk dicetak dalam cetakan ukuran 14 x 10,5 x 9 cm yang telah diberi alas kain cetak dan diberi pemberat (± 1000 g) agar terbentuk tahu susu. *Curd* tahu yang dicetak tetap diberikan pemberat selama 30 menit hingga terbentuk *curd* padat dan kompak.

Analisis Tekstur

Analisis tekstur tahu meliputi pengukuran kekenyalan (*springiness*) dan kepadatan (*cohesiveness*). Pengukuran tekstur dilakukan menggunakan *texture analyzer* dengan *probe* 40° Cone Perspex. Tahu disimpan pada bidang pengukuran tepat di tengah *probe*. Jarak *probe* diatur hingga *probe* menyentuh permukaan tahu. *Probe* menekan tahu sedalam 1 cm hingga tahu pecah. Gambar yang dihasilkan akan menunjukkan tingkat kekerasan tahu.

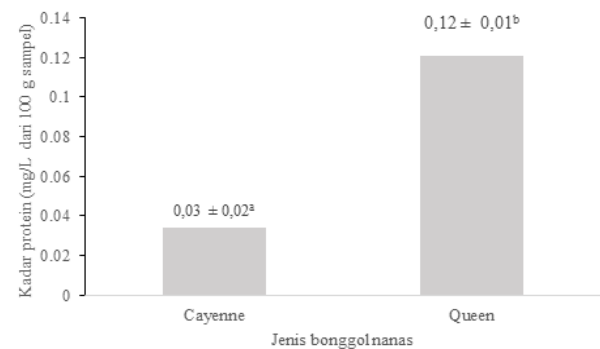
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian Tahap I

Rendemen dan Kadar Protein Ekstrak Kasar Enzim Bromelin

Rendemen ekstrak kasar enzim bromelin dari nanas jenis *Queen* dan *Cayenne* tidak menunjukkan perbedaan ($p > 0,05$), namun jenis bonggol nanas yang digunakan berpengaruh secara signifikan ($p \leq 0,05$) terhadap kadar protein enzim yang diperoleh (Gambar 1).

Ekstrak kasar enzim bromelin merupakan enzim protease yang berupa glikoprotein. Adanya glikosida membuat ekstrak kasar enzim bromelin dapat diendapkan dengan mengurangi air bebas (Salahudin, 2011). Dari data diduga ekstrak kasar enzim bromelin dari jenis nanas *Queen* mempunyai lebih banyak ikatan glikosida yang dapat mengikat ammonium sulfat dan membebaskan zat larut air lebih banyak dibanding jenis nanas *Cayenne*.

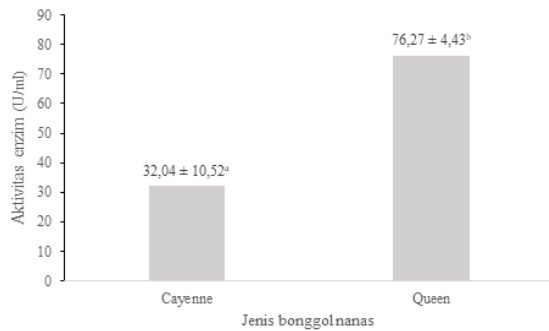


Gambar 1. Kadar protein ekstrak enzim bromelin pada variasi jenis nanas

Keterangan: Notasi huruf *superscript* yang berbeda pada diagram batang menunjukkan beda nyata ($p \leq 0,05$)

Aktivitas Ekstrak Kasar Enzim

Berdasarkan hasil analisis statistik, jenis bonggol nanas yang digunakan berpengaruh secara signifikan ($p \leq 0,05$) terhadap aktivitas enzim yang diperoleh (Gambar 2). Aktivitas enzim ditentukan berdasarkan kemampuan enzim protease untuk menghidrolisis substrat kasein. Aktivitas enzim dari bonggol jenis nanas *Queen* (76,27 U/ml) lebih tinggi daripada jenis *Cayenne* (32,04 U/ml).



Gambar 2. Aktivitas ekstrak kasar enzim bromelin dengan variasi jenis bonggol nanas
Keterangan: Notasi huruf *superscript* yang berbeda pada diagram batang menunjukkan beda nyata ($p \leq 0,05$)

Menurut Said (2012), aktivitas enzim dipengaruhi oleh konsentrasi atau kadar protein yang diperoleh. Konsentrasi enzim yang tinggi akan menghasilkan aktivitas enzim yang tinggi pula. Aktivitas enzim pada bonggol nanas *Queen* menunjukkan hasil yang tinggi karena kadar protein enzim yang tinggi. Buah nanas yang semakin matang memiliki aktivitas enzim bromelin yang semakin berkurang (Wulandari, 2008). Hal ini disebabkan pada waktu proses pematangan buah, terjadi pembentukan senyawa eim sehingga sebagian struktur enzim mengalami kerusakan dan akibatnya aktivitasnya berkurang (Wulandari, 2008).

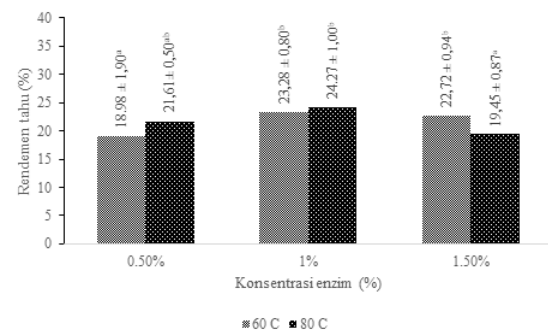
Penelitian Tahap II

Berdasarkan hasil penelitian tahap I, bonggol dari nanas variasi *Queen* terpilih sebagai koagulan untuk penelitian tahap II.

Rendemen Tahu Susu

Pembuatan tahu susu dilakukan dengan berbagai konsentrasi ekstrak kasar

enzim bromelin dan suhu penggumpalan. Gambar 3 menunjukkan bahwa suhu penggumpalan tidak berpengaruh secara signifikan ($p > 0,05$), namun konsentrasi enzim berpengaruh secara signifikan ($p \leq 0,05$) terhadap rendemen tahu susu yang dihasilkan. Selain itu, interaksi antara suhu penggumpalan dan konsentrasi enzim berpengaruh signifikan ($p \leq 0,05$) terhadap rendemen tahu susu.



Gambar 3. Pengaruh konsentrasi ekstrak kasar enzim dan suhu terhadap rendemen tahu susu

Keterangan: Notasi huruf *superscript* yang berbeda pada diagram batang menunjukkan beda nyata ($p \leq 0,05$)

Rendemen tahu susu terbaik diperoleh dari perlakuan konsentrasi enzim 1,0% dengan suhu penggumpalan 80 °C, yaitu 24,27%. Tahu yang dihasilkan menghasilkan *curd* yang lebih padat daripada perlakuan lainnya sehingga didapatkan berat tahu yang paling tinggi. Hal tersebut dikarenakan pada saat penambahan konsentrasi ekstrak kasar enzim bromelin dari bonggol nanas dengan konsentrasi 1,0%, asam yang terkandung dalam ekstrak nanas semakin tinggi dan menyebabkan terjadinya pelepasan *whey*

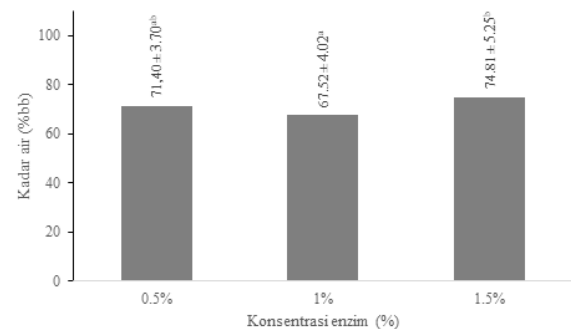
yang lebih cepat sehingga molekul kasein membentuk gumpalan-gumpalan kasein lebih banyak (Anggraini *et al.*, 2013).

Susu sapi segar umumnya memiliki pH 6,5 – 6,7, pada pH di atas titik isoelektriknya kasein bermuatan negatif, sebaliknya pada pH di bawah titik isoelektrik kasein bermuatan positif. Pada pH enzim dengan buffer fosfat 6,5 kasein tidak mengalami proses hidrasi sehingga mudah sekali diendapkan (Manfaati & Bintang, 2011). Level konsentrasi enzim 1,0% adalah level paling baik untuk menggumpalkan susu dibandingkan konsentrasi enzim yang lebih tinggi yaitu pada level 1,5%. Hal ini diduga terjadi karena titik isoelektrik susu telah terlampaui sehingga dihasilkan patahan yang membuat *curd* tidak solid dan pelepasan *whey* serta komponen lainnya dari *curd* semakin mudah. Menurut Nurhidajah & Suyanto (2012), suhu terbaik untuk menggumpalkan kasein yaitu pada kisaran 65 °C – 72 °C. Suhu yang digunakan merupakan titik isoelektrik dari susu. Jika suhu yang digunakan lebih dari 72°C maka penggumpalan menjadi tidak sempurna. Oleh karena itu, suhu yang terlalu tinggi menyebabkan terjadinya kerusakan protein.

Kadar Air Tahu Susu

Gambar 4 menunjukkan faktor suhu penggumpalan tidak berpengaruh secara signifikan ($p>0,05$), faktor konsentrasi

enzim berpengaruh secara signifikan ($p\leq 0,05$), serta interaksi diantara keduanya tidak berpengaruh signifikan ($p>0,05$) terhadap kadar air tahu susu.



Gambar 4. Pengaruh konsentrasi ekstrak kasar enzim dan suhu terhadap kadar air tahu susu

Keterangan: Notasi huruf *superscript* yang berbeda pada diagram batang menunjukkan beda nyata ($p\leq 0,05$)

Konsentrasi ekstrak kasar enzim yang menghasilkan tahu dengan kadar air terendah adalah 1%, sehingga pembentukan *curd* tahu lebih padat dan sedikit larutan susu yang terdispersi. Proses terjadinya *curd* yaitu pada penggumpalan akibat adanya stadium presipitasi isoelektrik, yang mula-mula disebabkan distribusi ukuran partikel dan komposisi akhir kasein pada *curd*, karenanya maka perubahan distribusi kasein terjadi (Malaka *et al.*, 2015).

Kadar Lemak Tahu Susu

Analisis statistik menunjukkan faktor suhu penggumpalan dan konsentrasi enzim tidak berpengaruh secara signifikan ($p>0,05$), dan interaksi diantara keduanya tidak berpengaruh signifikan ($p>0,05$) terhadap kadar lemak tahu susu.

Kadar Abu Tahu Susu

Analisis statistik menunjukkan faktor suhu penggumpalan dan konsentrasi ekstrak kasar enzim bromelin tidak berpengaruh secara signifikan ($p>0,05$), dan interaksi diantara keduanya tidak berpengaruh signifikan ($p>0,05$) terhadap kadar abu pada tahu susu.

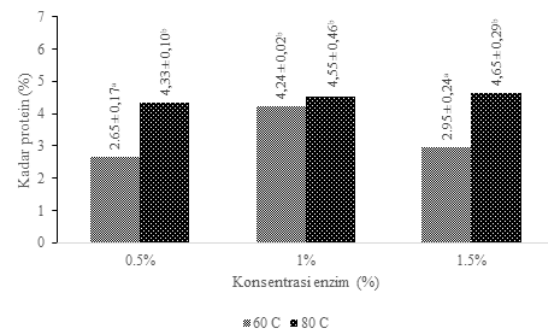
Konsentrasi ekstrak kasar enzim bromelin semakin tinggi sehingga kadar abu yang diperoleh juga semakin tinggi. Semakin tinggi suhu penggumpalan maka semakin tinggi kadar abu yang diperoleh.

Kadar Protein Tahu Susu

Analisis statistik menunjukkan suhu penggumpalan dan konsentrasi enzim tidak berpengaruh secara signifikan ($p>0,05$), namun interaksi diantara keduanya berpengaruh signifikan ($p\leq 0,05$) terhadap kadar protein tahu susu (Gambar 5).

Semakin tinggi suhu semakin tinggi kadar protein yang didapat begitu pula konsentrasi enzim yang semakin tinggi semakin tinggi kadar proteinnya. Kadar protein yang meningkat karena penambahan enzim, reaksi enzim terhadap susu juga efektif menghancurkan protein dengan reaksi hidrolisis (Maryam, 2009). Oleh karena itu, semakin tinggi konsentrasi enzim yang ditambahkan, maka kecepatan reaksi akan semakin tinggi sehingga semakin banyak ikatan peptida yang terhidrolisis, akibatnya semakin banyak

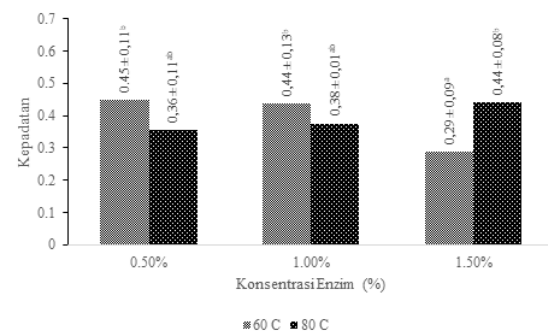
pula protein yang terhidrolisis menjadi asam amino (Purwaningsih, 2017).



Gambar 5. Pengaruh konsentrasi ekstrak kasar enzim dan suhu terhadap kadar protein tahu susu
Keterangan: Notasi huruf *superscript* yang berbeda pada diagram batang menunjukkan beda nyata ($p\leq 0,05$)

Kepadatan (*Cohesiveness*) Tahu Susu

Analisis statistik menunjukkan suhu penggumpalan dan konsentrasi enzim tidak berpengaruh secara signifikan ($p>0,05$), namun interaksi diantara keduanya berpengaruh signifikan ($p\leq 0,05$) terhadap kepadatan (*cohesiveness*) tahu susu.



Gambar 6. Pengaruh konsentrasi ekstrak kasar enzim dan suhu terhadap *cohesiveness* tahu susu

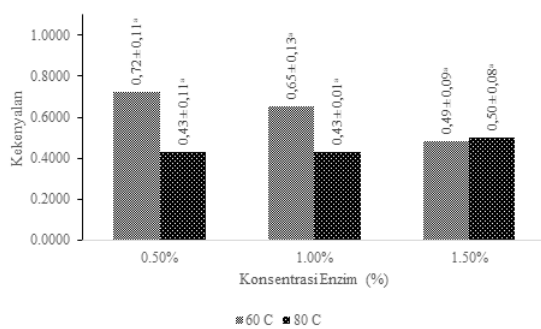
Keterangan: Notasi huruf *superscript* yang berbeda pada diagram batang menunjukkan beda nyata ($p\leq 0,05$)

Cohesiveness yang semakin tinggi menyebabkan tahu tersebut semakin padat. Kepadatan pada tahu susu ditentukan dari *curd* yang terbentuk dan angka untuk menggambarkan seberapa kuat ikatan

peptida dapat diputuskan sehingga terbentuk *curd* pada protein susu. Tahu dengan perlakuan konsentrasi enzim 0,5% dan suhu penggumpalan 60 °C menghasilkan tahu dengan angka kepadatan tertinggi yaitu $0,45 \pm 0,11\%$ sementara konsentrasi enzim 1,5% dengan suhu penggumpalan 60 °C menghasilkan angka kepadatan terendah yaitu $0,29 \pm 0,09\%$.

Kekenyalan (*Springiness*) Tahu Susu

Berdasarkan hasil analisis statistik, konsentrasi enzim dan suhu tidak berpengaruh secara signifikan ($p>0,05$), dan interaksi diantara keduanya tidak berpengaruh signifikan ($p>0,05$) terhadap kekenyalan (*springiness*) tahu susu (Gambar 7).



Gambar 7. Pengaruh konsentrasi ekstrak kasar enzim dan suhu terhadap *springiness* tahu susu

Keterangan: Notasi huruf *superscript* yang berbeda pada diagram batang menunjukkan beda nyata ($p \leq 0,05$)

Rata-rata angka kekenyalan tahu susu dari perlakuan suhu penggumpalan 80 °C tergolong lebih rendah dibandingkan perlakuan suhu penggumpalan 60 °C. Kekenyalan suatu produk erat kaitannya

dengan kadar air. Hal ini dapat dilihat pada parameter kadar air dimana kadar air yang tinggi menghasilkan kekenyalan (*springiness*) yang rendah.

KESIMPULAN

Ekstrak kasar enzim bromelin dari jenis bonggol nanas *Queen* memiliki tingkat aktivitas ($0,12 \pm 0,007$ mg/L) dan kadar protein ($76,26 \pm 4,43$ U/ml) yang lebih tinggi dibandingkan bonggol nanas *Cayenne*. Konsentrasi ekstrak kasar enzim serta suhu penggumpalan yang digunakan pada pembuatan tahu susu mempengaruhi rendemen, kadar protein, dan kepadatan (*cohesiveness*) tahu susu yang dihasilkan. Konsentrasi enzim memiliki pengaruh terhadap kadar air tahu susu. Perlakuan konsentrasi ekstrak kasar enzim 1,0% dan suhu penggumpalan 80 °C menghasilkan rendemen $24,27 \pm 0,01\%$, kadar air $68,89 \pm 3,30\%$, dan kadar protein $4,65 \pm 0,01\%$. Hasil uji fisik menunjukkan tahu susu memiliki kekenyalan (*springiness*) sebesar $0,43 \pm 0,01$ dan kepadatan (*cohesiveness*) sebesar $0,38 \pm 0,04$.

DAFTAR PUSTAKA

Anggraini, R. P., Rahardjo, A. H. D., & Santosa, S. S. (2013). Pengaruh level enzim bromelin dari nanas masak dalam pembuatan tahu susu terhadap rendemen dan kekenyalan tahu susu. *Jurnal Ilmiah Peternakan*, 1(2), 507-513.

- Badan Pusat Statistik (BPS). (2023). *Produksi Susu Segar*. Retrieved November 9, 2023 from <https://www.bps.go.id/indicator/24/49/3/1/produksi-susu-segar-menurut-provinsi.html>
- Malaka, R., Baco, S., & Prahesti, K. I. (2015). Karakteristik dan mekanisme gelatinasi *curd* dangke melalui analisis fisiko kimia dan mikrostruktur. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan*, 4(2), 56-62.
- Manfaati, R., & Bintang I. M. (2011). Pembuatan keju lunak dengan *lemon juice* sebagai koagulan. *SIGMA-Mu*, 3(1), 73-78.
- Maryam, S. (2009). *Ekstrak enzim bromelin dari buah nanas (Ananas sativus Schult.) dan pemanfaatannya pada isolasi DNA*. [Bachelor Thesis]. Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Nurhidajah, Suyanto, A. (2012). Kadar kalsium dan sifat organoleptik tahu susu dengan variasi jenis bahan penggumpal. *Jurnal Pangan dan Gizi*, 3(2), 39-48.
- Purwaningsih, I. (2017). Potensi enzim bromelin sari buah nanas (*Ananas comosus* L.) dalam meningkatkan kadar protein pada tahu. *Jurnal Teknologi Laboratorium*, 6(1), 39-46. <https://doi.org/10.29238/teknolabjournal.v6i1.86>
- Said, M. I. (2012). Isolasi enzim bromelin dari buah nanas serta pengaruhnya terhadap perubahan struktur jaringan daging sapi. *Jurnal Agriplus*, 22(1), 20-25.
- Santi, F., Restuhadi F., & Ibrahim, A. (2017). Potensi ekstrak kasar enzim bromelin pada bonggol nanas (*Ananas comosus*) sebagai koagulan alami lateks (*Hevea brasiliensis*). *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau*, 4(1), 1-13.
- Salahudin, F. (2011). Pengaruh bahan pengendap pada isolasi enzim bromelin dari bonggol nanas. *Biopropal Industri*, 2(1), 27-31.
- Sekarmurti, P. K., Prastiwi, W. D., & Roessali, W. (2018). Preferensi penggunaan kedelai pada industri tempe dan tahu di Kabupaten Pati. *Jurnal Sungkai*, 6(1), 97-109.
- Wulandari, F. (2008). *Uji kadar protein tape singkong (Manihot utilissima) dengan penambahan sari buah nanas (Ananas comosus)*. [Bachelor Thesis]. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Yosalfa, A. (2016). Karakteristik fisik, kimia, dan organoleptik tahu edamame (*Glycine max* (L.) Merrill). [Bachelor Thesis]. Universitas Padjajaran, Jatinangor.

IMPLEMENTASI MACHINE LEARNING UNTUK MEMBUAT IMAGE SEARCH ENGINE BERDASARKAN ANALISIS SIMILARITAS

[IMPLEMENTATION OF MACHINE LEARNING TO CREATE AN IMAGE SEARCH ENGINE BASED ON SIMILARITY ANALYSIS]

Austin Darian Pratama¹, Junita^{2*}

^{1,2}Departemen Teknik Elektro, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia

*Korespondensi penulis: junita.fti@uph.edu

ABSTRACT

The development of technology makes it easier to search for something on the internet. Based on data in 2022, there will be more than 1 billion Google users worldwide. This data proves the importance of search engines for internet users. However, in general, search engine searches use keywords. This research aimed to produce image search engines for searching. The image search engine utilizes a Convolutional Neural Network, namely VGG-16, which would compare the similarity of the input image to all images in the database by comparing the neurons in the image. Image search engine performance was measured based on the accuracy and sequence of image output. Accuracy was obtained with a weighting system from 5 search result images produced by the image search engine. Mobile phone applications were used to improve the quality of images used for searching. The application would capture images or take images through the gallery then upload them to Firebase and be used to search by image search engines. From the research conducted, it was found that changing the angle had the greatest impact on decreasing accuracy values when compared to 3 other factors: color, background and image quality. The decrease in accuracy due to the influence of angle, color, background, and image quality was 96.25%, 0%, 22.5%, and 68.75%, respectively. The images from cellphone application were proven to have higher accuracy (95.32%) than the images captured with webcam (86.67%). The increase in accuracy emphasizes that the influence of image quality and the angle of the image used to search influences search results. The specifications of the cellphone camera are 64 Megapixels, while the webcam camera is 2 Megapixels.

Keywords: *convolutional neural network; firebase; image search engine; image similarity; mobile application*

ABSTRAK

Berkembangnya teknologi memberikan kemudahan untuk mencari sesuatu dalam internet. Berdasarkan data pada tahun 2022 lebih dari 1 miliar pengguna google di seluruh dunia. Data tersebut membuktikan bahwa pentingnya *search engine* bagi pengguna internet. Namun pada umumnya, pencarian *search engine* memanfaatkan kata kunci. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan *image search engine* untuk pencarian. *Image search engine* memanfaatkan *Convolutional Neural Network* yaitu VGG-16 yang membandingkan kemiripan gambar *input* dengan semua gambar pada *database* dengan membandingkan neuron-neuron pada gambar. Performa *image search engine* diukur berdasarkan akurasi dan urutan keluaran gambar. Akurasi didapatkan dengan sistem pembobotan dari 5 gambar hasil pencarian yang dihasilkan oleh *image search engine*. Aplikasi handphone dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas gambar yang digunakan untuk pencarian. Aplikasi akan menangkap gambar atau mengambil gambar melalui *gallery* kemudian diunggah ke *firebase* dan digunakan untuk mencari oleh *image search engine*. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan bahwa perubahan *angle* memberikan dampak yang paling besar terhadap

penurunan nilai akurasi jika dibandingkan dengan 3 faktor lainnya: warna, background, dan kualitas gambar. Penurunan akurasi yang didapatkan akibat pengaruh *angle*, warna, *bakcground*, dan kualitas gambar masing-masing sebesar 96,25%; 0%, 22,5%; dan 68,75%. Gambar dari aplikasi *handphone* terbukti memiliki akurasi lebih tinggi (95.32%) dari gambar hasil tangkapan webcam (86,67%). Peningkatan akurasi ini mempertegas bahwa pengaruh kualitas gambar dan *angle* pada gambar yang digunakan untuk mencari mempengaruhi hasil pencarian. Spesifikasi dari kamera *handphone* adalah 64 Megapixels, sedangkan kamera webcam 2 Megapixels.

Kata kunci: *cConvolutional neural network*; *firebase*; mesin pencari gambar; kesamaan gambar; aplikasi seluler

PENDAHULUAN

Berkembangnya teknologi mendatangkan kemudahan bagi manusia. Salah satu manfaat yang dapat dirasakan adalah kemudahan untuk mendapatkan informasi yang relevan dengan menggunakan *search engine*. *Search engine* dapat berguna apabila informasi sesuai yang dihasilkan dengan preferensi pengguna. Berdasarkan data yang didapatkan, pada tahun 2022 lebih dari 1 miliar pengguna google membuktikan pentingnya *search engine* bagi pengguna internet. Data dari Pew Internet memperlihatkan bahwa 91% dari pengguna program pencari Google menyatakan bahwa mereka selalu mendapatkan hal yang mereka cari dan 73% dari pengguna menyatakan bahwa informasi yang mereka dapatkan dapat dipercaya (Purcell *et al.*, 2012). *Image search engine* merupakan salah satu jenis *search engine* yang digunakan untuk mencari informasi mengenai suatu objek dengan cara

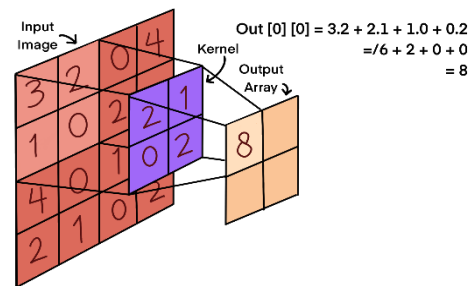
menangkap gambar dari objek yang ingin dicari. Salah satu keuntungan yang didapatkan adalah *image search engine* memberi kemudahan untuk tidak perlu mengetahui serta mengenal objek yang ingin dicari. Dari objek yang dilihat, pengguna dapat langsung melakukan pengambilan gambar untuk mengetahui serta mengenal objek yang dicari. Jadi peran penting *image search engine* adalah untuk menghasilkan informasi yang relevan bagi pengguna sesuai dengan gambar yang digunakan untuk mencari (Sini & Ata, 2013).

Pada penelitian ini dibuat *search engine* yang memanfaatkan gambar untuk mencari atau *image search engine*. *Image search engine* ini dirancang untuk dapat memberikan atau menampilkan gambar yang serupa dengan objek yang dicari. Dengan membandingkan neuron-neuron gambar, *image search engine* yang dirancang mencari kemiripan antara gambar dari objek yang dicari dengan semua gambar yang tersimpan pada

database. *Image search engine* memanfaatkan VGG-16 yang merupakan *convolutional neural network* yang sudah melewati proses *training*. Disebut VGG-16 dikarenakan memiliki 16 *layers* yang mengandung *weight* (Ganesh, 2020). *Weight* adalah sebuah nilai yang dikaitkan dengan *features* di mana nilai tersebut mewakili atau menunjukkan seberapa penting *features* tersebut (Dongare *et al.*, 2012). *Features* bisa juga dikatakan sebagai informasi, untuk kasus ini informasi pada gambar. Untuk mendapatkan *convolutional layer* diperlukan *Kernel Filter*. *Kernel Filter* merupakan sebuah filter yang berfungsi untuk melihat informasi secara lokal atau pada area tertentu. Filter ini mengandung nilai *weight* yang disusun dalam bentuk matriks. Hasilnya akan membentuk *convolutional layer* dengan dimensi informasi yang lebih kecil namun mewakili informasi dari input atau disebut ekstrak (Hijazi *et al.*, 2015). Namun perlu diingat bahwa *convolutional layer* tidak mengurangi dimensi dari layer, maka perlu dilakukan *padding* untuk menjaga agar ukuran layer tetap sama. Contoh dari proses *feature extraction* dapat dilihat pada Gambar 1.

Tujuan dari *feature extraction* adalah mengurangi beban dari mesin untuk melakukan komputasi tanpa mengurangi

kualitas informasi yang dibawa. Cara lainnya adalah menggunakan *pooling layer*, yang juga digunakan pada VGG-16. Terdapat 2 jenis *pooling layer*, yaitu *maximum pooling layer* dan *average pooling layer* (Zafar *et al.*, 2022). Pada VGG-16 digunakan *maximum pooling layer*, dimana akan mengambil nilai informasi terpenting pada suatu lokal.



Gambar 1. Contoh dari proses *feature extraction*

Program ini dibuat dengan bahasa pemrograman Python karena Python merupakan *high level programming language* yang menitikberatkan pada keterbacaan kode sehingga mudah dipahami (Srinath, 2017). Selain itu, *packages* yang tersedia pada Python juga menunjang *image search engine* yang hendak dibuat seperti seperti Numpy, Scikit-learn, Matplotlib, Sci-py, dan OpenCV. Python juga menyediakan fitur PIP atau *Python Package Manager* dimana *programmer* mampu melakukan instalasi *package* yang diinginkan (Bogdanchikov *et al.*, 2013). Python juga disebut *portable code* yang artinya kodenya dapat dijalankan di

operating systems atau mesin yang berbeda seperti contohnya Mac atau Linux (Gowrishankar & Veena, 2018).

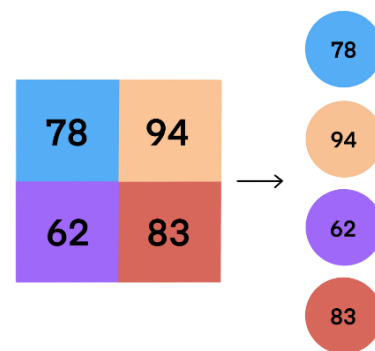
Pada penelitian ini juga dilakukan analisis performa dari program. Analisis performa dilakukan dengan melihat pengaruh gambar *input* terhadap hasil pencarian. Gambar *input* yang digunakan bervariasi dari *angle*, kualitas gambar, warna, dan *background*. Selain itu, pada penelitian ini, penulis juga membuat aplikasi telepon genggam yang digunakan untuk mengambil gambar serta mengunggah gambar yang ditangkap menuju *firebase*. *Firestore* mendukung integrasi fitur *cloud-based* pada aplikasi *mobile* yang memungkinkan *user* untuk menyimpan data secara *real-time* (Smyth, 2017). Gambar yang ditangkap oleh aplikasi digunakan sebagai gambar referensi untuk pencarian.

BAHAN DAN METODE

Metode Penelitian

Pertama, dibentuk program pencari gambar. Penelitian ini memanfaatkan VGG-16 yang merupakan CNN dari library Keras. Kemudian, digunakan *google colab* untuk menjalankan program pencari gambar yang memiliki bahasa pemrograman Python versi 3.8. Untuk melihat kemiripan antara gambar akan dilakukan perbandingan hasil *feature*

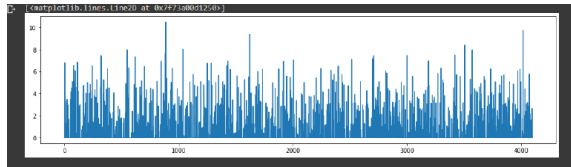
extraction dari layer *fc2*. Layer *fc2* merupakan lapisan *fully connected layer*. *Fully connected layer* pada CNN digunakan untuk proses klasifikasi. Hal ini dikarenakan operasi perkalian matriks yang akhirnya akan menghasilkan sebuah *output* dari *fully connected layer* yang merepresentasikan semua *input*-nya. Contohn dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 2. *Flattened input vector*

Dari Gambar 2, *input vector* yang diterima dari *convolutional layer* menuju *fully connected layer* berbentuk matriks 2 x 2. Matriks tersebut diratakan menjadi matriks 1 x 4. Matriks 1 x 4 tersebut dikalikan dengan matriks *weight* yang nilainya didapatkan melalui hasil *training*. VGG-16 merupakan *pre-trained CNN* sehingga *weight* pada matriks beban sudah terdapat nilainya tanpa diperlukan *training* ulang pada penelitian ini. Bentuk dari matriks beban apabila memanfaatkan *input vector* dari Gambar 2 adalah 4 x 4096, sehingga hasil dari *fc2* adalah matriks 1 x 4096. *Output* dari *fc2* tersebut digunakan untuk membandingkan gambar *input*

dengan gambar pada *database*. Hasil *feature extraction* yang telah di-plot dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil *feature extraction*

Hasil ini disederhanakan dengan *principal component analysis*, sehingga 4096 *features* mampu disederhanakan menjadi 300 *features*. Mengoperasikan lebih dari 4096 elemen tidak efisien dalam hal kebutuhan ruang atau memori dan kecepatan prosesor, oleh karena itu digunakan PCA untuk mengurangi panjang vektor namun tetap mempertahankan representasi efektif yang sama.

Selanjutnya adalah menyediakan *database* gambar yang menjadi tempat penampungan gambar. *Database* terdiri dari 445 gambar (Gambar 4).



Gambar 4. *Database* gambar

Gambar dari objek yang hendak dicari akan diproses oleh program pencari gambar sehingga dihasilkan hasil *feature extraction*-nya. Lalu, hasil *feature extraction* dari gambar objek dibandingkan dengan semua hasil *feature extraction* pada

masing-masing gambar. Gambar dengan kemiripan yang tinggi ditampilkan sebagai hasil (Gambar 5).



Gambar 5. Contoh hasil pencarian

Gambar objek yang hendak dicari yaitu pisang ditampilkan sebagai *query image* dan 5 gambar pisang lainnya ditampilkan sebagai hasil pencarian. Gambar paling kiri dari lima gambar yang ditampilkan sebagai *result images* memiliki tingkat kemiripan paling tinggi diantara lima gambar yang ditampilkan. Oleh karena itu, untuk perhitungan akurasi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Simulasi perhitungan akurasi

Skor yang didapatkan dibagi 5 untuk mendapatkan nilai akurasi pada

setiap pencarian. Pada penelitian kali ini dilakukan analisis performa dari *image search engine*. Analisis memperhatikan beberapa faktor. Pertama, *angle* objek pada gambar. Tujuannya adalah untuk memperhatikan pengaruh *angle* terhadap hasil pencarian. Kedua, adalah warna dari objek pada gambar yang bertujuan untuk memperhatikan pengaruh warna objek yang digunakan sebagai bahan untuk pencarian pada hasil pencarian. Ketiga, pengaruh dari background atau keberadaan objek lain dari objek yang digunakan sebagai bahan untuk pencarian pada hasil pencarian. Keempat, adalah percobaan melihat pengaruh kualitas gambar yang digunakan untuk mencari pada akurasi. Kualitas gambar dibuat bervariasi dengan cara kompresi pada gambar yang digunakan untuk mencari. Kelima, diperlihatkan perbedaan memanfaatkan gambar *input* dari aplikasi *handphone* dengan gambar *input* hasil tangkapan *webcam*. Bagian kelima berkaitan dengan bagian keempat yaitu kualitas gambar *input* yang digunakan untuk mencari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertama, untuk faktor *angle* pada objek yang dicari. *Angle* yang buruk dapat mengakibatkan objek yang tertangkap kamera terlihat seperti objek yang berbeda dari *database*. Dicoba kepada 4 objek

dengan 4 *angle* yang berbeda. *Angle* pertama dari *angle* normal, kedua dari *angle* kanan atau kiri, ketiga serong dari objek, dan terakhir dari atas objek. Tabel 1 memperlihatkan bahwa akurasi turun sebesar 96,25% dari akurasi maksimal yang dapat dicapai pada *angle* normal. *Angle* kanan atau kiri dari objek memberikan dampak paling besar pada penurunan akurasi akibat *angle*.

Tabel 1. Pengaruh *angle* pada akurasi hasil pencarian

Objek	Akurasi				Selisih
	1	2	3	4	
Objek 1	100	25	40	15	85
Objek 2	100	0	85	0	100
Objek 3	100	0	0	35	100
Objek 4	90	15	0	0	100
Rata - rata					96,25

Kedua, adalah faktor warna. Pada *database* gambar tersedia gambar objek yang sama namun memiliki variasi warna. Percobaan kali ini ingin melihat apakah terdapat pengaruh perbedaan warna pada objek yang dicari pada hasil pencarian.

Tabel 2. Pengaruh perbedaan warna pada objek pada hasil pencarian

Objek	Akurasi				Selisih
	1	2	3		
Objek 1	100	100	100		0
Objek 2	100	100	100		0
Objek 3	100	100	100		0
Objek 4	100	100	100		0
Rata - rata					0

Tabel 2 menunjukkan bahwa perbedaan warna dari objek yang digunakan untuk mencari dengan warna dari objek pada *database* tidak mempengaruhi hasil pencarian.

Ketiga, adalah faktor *background*. *Background* gambar pada objek mempengaruhi hasil pencarian. *Background* diibaratkan sebagai *noise* atau gangguan pada hasil pencarian. *Background* yang penuh dengan objek lain akan menurunkan akurasi dari hasil pencarian. Pengaruh *background* yang memiliki objek lain di luar objek yang sedang dicari mampu menurunkan akurasi dari program pencari sebesar 22,5% (Tabel 3).

Tabel 3. Pengaruh *background* pada hasil pencarian

Objek	Akurasi			Selisih
	1	2	3	
Objek 1	100	90	100	10
Objek 2	100	100	100	0
Objek 3	100	60	70	40
Objek 4	90	50	70	40
Rata - rata				22.5

Keempat, adalah faktor kualitas gambar *input*. Penelitian dilakukan dengan memakai gambar yang sama sebagai gambar *input* namun dilakukan degradasi kualitas gambar yang digunakan untuk pencarian. Penurunan kualitas gambar dilakukan dengan metode kompresi yang diterapkan pada gambar. Semakin buruk kualitas gambar atau semakin tinggi kompresi yang dilakukan maka semakin menurun akurasinya, hingga mencapai 68,75% (Tabel 4). Semakin besar kompresi yang dilakukan semakin buruk akurasi dari program pencari gambar. Artinya semakin buruk kualitas gambar yang digunakan

untuk mencari, maka hasil pencarian semakin tidak akurat.

Dari keempat faktor yang diuji, Faktor yang mempengaruhi penurunan akurasi terbesar adalah faktor *angle* dan kualitas gambar. Maka dari itu, dimanfaatkan aplikasi telepon genggam yang dikembangkan sendiri dengan fitur menangkap gambar dan mengunggah gambar ke *firebase*. Keuntungan yang didapatkan adalah kualitas gambar yang dihasilkan jauh lebih baik dibandingkan dengan gambar tangkapan *webcam* dan *angle* gambar dari objek dapat disesuaikan. Hasil akurasi program pencari gambar setelah memanfaatkan hasil tangkapan *mobile application* sebagai *input* meningkat jika dibandingkan dengan hasil akurasi program pencari gambar ketika memanfaatkan hasil tangkapan dari *webcam*. Akurasi yang dihasilkan meningkat dari 86,67% menjadi 95,33% (Tabel 5). Hal ini dikarenakan kualitas gambar dan *angle* gambar objek dari *mobile application* lebih baik dibandingkan gambar dari *webcam*.

Tabel 4. Pengaruh kualitas gambar yang dikompresi pada hasil pencarian

	Akurasi			Selisih
	0%	50%	90%	
Objek 1	100	35	25	75
Objek 2	100	35	20	80
Objek 3	100	70	45	55
Objek 4	100	55	35	65
Rata - rata				68,75

Tabel 5. Perbandingan hasil akurasi *mobile application* dan *webcam*

Mobile Application								Webcam			
No.	Objek	Akurasi (%)	Waktu Proses (detik)	No.	Objek	Akurasi (%)	Waktu Proses (detik)	No	Objek	Akurasi (%)	Waktu Proses (detik)
1.	Monitor	100	0.890	24.	Sabun	100	2.647	1.	Handphone	80	0.89
2.	Gagang pintu	100	1.953	25.	Dispenser selotip	100	1.223	2.	Hard disk	85	2.561
3.	Baju	100	2.203	26.	Sapu	100	0.976	3.	Pulpen	100	1.51
4.	Botol	100	1.742	27.	Tanaman	100	2.931	4.	Mouse	100	1.774
5.	Cukuran	100	1.283	28.	Tas	100	2.390	5.	Baju	70	2.05
6.	Dispenser	70	1.387	29.	Tempat sampah	70	1.328	6.	Sikat gigi	25	3.052
7.	Sabun cuci muka	100	1.379	30.	Toilet	60	1.707	7.	Handphone	75	1.274
8.	Galon	100	1.710	31.	Wastafel	100	0.936	8.	Tempat sampah	100	1.95
9.	Guling	55	2.005	32.	Tote bag	100	0.999	9.	Pisang	100	1.825
10.	Handphone	85	1.557	33.	Baygon	100	1.274	10.	Tanaman	100	2.21
11.	Hard disk	90	0.900	34.	Celana	100	1.617	11.	Kipas angin	100	1.3
12.	Keyboard	100	1.462	35.	Kuas	100	1.990	12.	Sapu	100	1.44
13.	Kipas angin	100	1.733	36.	Barbel	100	1.017	13.	Kursi kantor	75	1.36
14.	Kunci	100	1.377	37.	Kabel roll	100	1.579	14.	Sabun cuci muka	100	2.52
15.	Kursi	100	1.421	38.	Jeruk	100	2.064	15.	Speaker	100	2.33
16.	Pisang	100	1.529	39.	Sendal	100	1.834	16.	Keyboard	100	1.66
17.	Speaker	100	1.209	40.	Sapu lidi	55	1.721	17.	Remote tv	65	1.94
18.	Sofa tidur	100	1.352	41.	Teflon	100	1.972	18.	Galon	100	1.35
19.	Monitor	100	0.983	42.	Piring	100	2.040	19.	Cukuran	80	1.29
20.	Mouse	100	1.833	43.	Kursi roda	100	2.162	20.	Tumbler	65	1.843
21.	Printer	100	3.215	44.	Remote tv	100	1.201	21.	Sendal	100	0.92
22.	Saklar	100	2.089	45.	Sofa	100	1.485				
23.	Pulpen	100	1.036	46.	Sepatu	100	1.340				
Average						95.326	1.624	Average		86.667	1.764

DAFTAR PUSTAKA

- Bogdanchikov, A., Zhaparov, M., & Suliyev, R. (2013). Python to learn programming. *Journal of Physics: Conference Series*, 423(1), 012027. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/423/1/012027>
- Dongare, A., Kharde, R. R., & Kachare A. D. (2012). Introduction to artificial neural networks. *International Journal of Engineering and Innovative Technology*, 2(1), 189-194.
- Ganesh, K. S. (2020). *What's the role of weights and bias in a neural network?* Retrieved July 25, 2022 from <https://towardsdatascience.com/whats-the-role-of-weights-and-bias-in-a-neural-network-4cf7e9888a0f>
- Gowrishankar, S., & Veena, A. (2018). *Introduction to python programming*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351013239>
- Hijazi, S., Kumar, R., & Rowen, C. (2015). *Using convolutional neural networks for image recognition*. Retrieved October 20, 2022 from https://site.eet-china.com/webinar/pdf/Cadence_0425_webinar_WP.pdf
- Purcell, K., Brenner, J., & Rainie, L. (2012). *Search engine use 2012*. Retrieved May 25, 2022, from https://www.ris.org/uploadi/editor/1341041853PIP_Search_Engine_Use_2012.pdf
- Sini, M. A., & Abuata, B. A. (2013). Web image search engine evaluation. *International Arab Journal of Information Technology*, 3(2), 90-98.
- Smyth, N. (2017). *Firestore essentials - Android edition*. Payload Media.
- Srinath, K. R. (2017). Python—the fastest growing programming language. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4(12), 354-357.
- Zafar, A., Aamir, M., Nawli, N. M., Arshad, A., Riaz, S., Alruban, A., Dutta, A. K., & Almotairi, S. (2022). A comparison of pooling methods for convolutional neural networks. *Applied Sciences*, 12(17), 8643. <https://doi.org/10.3390/app12178643>

**FORMULASI SEDIAAN SERUM EKSTRAK ETANOL 96% DAUN TEKELAN
(*Chromolaena odorata* (L) R.M. King & H. Rob) DAN UJI ANTIOKSIDAN**

**[FORMULATION OF 96% ETHANOL EXTRACT SERUM PREPARATION OF
TEKELAN LEAVES (*Chromolaena odorata* (L) R.M. King & H. Rob) AND
ANTIOXIDANT TEST]**

Andriyani^{1*}, Jessica Trisina¹, Grace Sani Naitasi², Sri Wahyu Ningsih Munthe³

^{1,2,3}Diploma III Farmasi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Pelita Harapan

* Korespondensi penulis: andriyani.fikes@uph.edu

ABSTRACT

Tekelan leaves are known to have antioxidant activity therefore they can be developed into cosmetic products. The objective of this study was to develop a serum formulation from tekelan leaves extract and antioxidant test. Tekelan leaves extract was prepared by maceration with 96% ethanol. The 96% ethanol extract of tekelan leaves extract was made into 3 formulations with a variety of emollient ingredients, namely squalene, dimethicone and almond oil. Evaluation carried out on serum preparations included organoleptic, homogeneity, pH, viscosity, specific gravity, adhesion and stability tests. The extract yield was 25.40%. Testing for phytochemical content showed that the extract contained alkaloids, flavanoids, phenols, tannins, saponins and steroids. Evaluation results of the three serum formulas meet physical quality test requirement such as organoleptic, homogeneity, pH, specific weight and viscosity but did not meet the adhesion test requirements. In addition, all three serum formulas showed very weak antioxidant activity.

Keywords: antioxidant; tekelan leave; serum.

ABSTRAK

Daun tekelan diketahui mempunyai aktivitas antioksidan sehingga dapat dibuat menjadi sediaan kosmetik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat formulasi sediaan serum dari daun tekelan dan pengujian aktivitas antioksidan serum. Ekstrak daun tekelan dibuat dengan maserasi menggunakan etanol 96%. Ekstrak etanol 96% daun tekelan dibuat menjadi 3 formulasi dengan variasi bahan emolien yaitu *squalene*, *dimethicone* dan *almond oil*. Evaluasi yang dilakukan terhadap sediaan serum meliputi uji organoleptik, homogenitas, pH, viskositas, bobot jenis, daya lekat dan stabilitas. Hasil ekstrak yang diperoleh sebanyak 25,40%. Pengujian kandungan fitokimia menunjukkan bahwa ekstrak mengandung alkaloid, flavanoid, fenol, tanin, saponin dan steroid. Hasil evaluasi ketiga formula sediaan serum memenuhi persyaratan uji mutu fisik yaitu organoleptik, homogenitas, pH, bobot jenis dan viskositas tetapi tidak memenuhi syarat uji daya lekat. Selain itu, ketiga sediaan serum menunjukkan aktivitas antioksidan yang sangat lemah.

Kata kunci: antioksidan.; daun tekelan.; serum.

PENDAHULUAN

Radiasi sinar ultraviolet (UV) dapat menyebabkan kerusakan sel tubuh karena

sinar UV bersifat oksidatif sehingga menghasilkan senyawa radikal bebas. Kerusakan pada kulit seperti kulit menjadi gelap, berjerawat, penuaan dini dan kerutan

dapat disebabkan oleh radikal bebas (Siahaan *et al.*, 2017). Penangkalan radikal bebas dapat dilakukan menggunakan antioksidan yang berasal dari mineral, vitamin dan metabolit sekunder pada tanaman. Tekelan (*Chromolaena odorata* (L) R.M. King & H. Rob) merupakan salah satu tanaman yang mempunyai aktivitas antioksidan (Ariyanti *et al.*, 2020).

Aktivitas antioksidan daun tekelan berasal dari senyawa flavonoid (Handayany *et al.*, 2018). Berdasarkan pengujian menggunakan metode 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH), daun tekelan memiliki aktivitas yang antioksidan sangat kuat, dengan nilai IC_{50} sebesar 15,5067 ppm (Saputra *et al.*, 2017). Menurut Tjahjani *et al.* (2021), kadar flavonoid ekstrak etanol 96% daun tekelan adalah 246,63 mg/g. Kedua penelitian tersebut mengindikasikan bahwa daun tekelan dapat dimanfaatkan untuk pembuatan sediaan kosmetika topikal, salah satunya adalah sediaan serum. Serum dapat dirancang untuk membawa bahan aktif yang mempunyai aktivitas antioksidan (Febrya, 2016).

Sediaan serum dapat mengatasi permasalahan kulit wajah seperti penuaan dini karena serum mempunyai komponen kecil yang mudah diabsorpsi oleh kulit dan kekentalannya rendah sehingga dapat menghantarkan senyawa aktif ke permukaan kulit dengan membentuk

lapisan film tipis (Cahya & Fitri, 2020). Selain itu, serum dapat diaplikasikan dengan mudah dengan cara cairan serum diteteskan 1-2 tetes ke telapak tangan, lalu dioleskan wajah dan leher (Harjanti & Nilawati, 2020). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membuat formulasi sediaan serum dari daun tekelan dan pengujian aktivitas antioksidan serum.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ekstrak etanol 96% daun tekelan yang berwarna hijau keunguan dengan bentuk bundar telur dan bergerigi pada bagian tepi yang diambil dari daerah Baumata, Kupang, Nusa Tenggara Timur, natrosol, HCl pekat, pereaksi dragendorf, pereaksi mayer, NaOH 10%, $FeCl_3$ 1%, asetat anhidrat, H_2SO_4 pekat, *squalene*, *dimethicone* dan *almond oil*, gliserin, optiphen plus, trietanolamin (TEA), air mawar, larutan DPPH, etanol *pro analysis* dan vitamin C (asam askorbat). Alat yang digunakan adalah *rotary vacuum evaporator* Heidolph dan spektrofotometer UV-Vis Thermo Scientific.

Metode Penelitian

Pembuatan Simplisia Daun Tekelan

Daun yang telah dikumpulkan disortir, dirajang kecil-kecil, dikering-anginkan dan dihaluskan sampai menjadi

serbuk (Saputra *et al.*, 2017). Determinasi tanaman dilakukan di Pusat Riset Biosistemika dan Evolusi (BRIN), Cibinong, Kabupaten Bogor.

Pembuatan Ekstrak Daun Tekelan

Serbuk simplisia diekstraksi dengan maserasi menggunakan pelarut etanol 96% selama 3 x 24 jam dan tiap 24 jam dilakukan penggantian pelarut. Hasil maserasi disaring dan filtratnya dipekatkan dengan *rotary evaporator* dan dikeringkan dengan oven suhu 45-50°C sampai diperoleh ekstrak kental (Saputra *et al.*, 2017).

Perhitungan Rendemen Ekstrak

Perhitungan rendemen ekstrak dilakukan dengan menghitung persentase berat ekstrak kental dibandingkan dengan berat serbuk simplisia yang diekstraksi.

Penapisan Fitokimia

Uji Alkaloid

Ekstrak kental sebanyak 0,5 g ditambahkan dengan 4 mL amonia 10% dan 4 mL kloroform, dikocok dan didiamkan sampai terbentuk 2 lapisan. Lapisan paling atas diambil menggunakan pipet dan ditambahkan 1 mL HCl 2N, lalu dikocok dan didiamkan beberapa saat. Pada uji alkaloid digunakan pereaksi dragendorf dan mayer. Hasil positif berupa terbentuknya endapan coklat jingga atau merah saat pereaksi dragendorf ditambahkan dan endapan putih kekuningan/keruh saat pereaksi mayer ditambahkan.

Uji Flavanoid

Ekstrak kental sebanyak 50 mg dilarutkan dalam 10 mL etanol 96%, kemudian diencerkan dengan mencampurkan 1 mL ekstrak dengan 10 mL etanol 96%. Sebanyak 5 mL larutan dimasukkan ke tabung reaksi dan didiamkan dalam wadah berisi akuades panas selama 3 menit, lalu 25 mg magnesium dan 5 tetes HCl pekat ditambahkan. Warna kuning jingga menunjukkan adanya kandungan flavonoid.

Uji Fenol

Sebanyak 50 mg ekstrak kental dilarutkan dengan 10 mL etanol 96% kemudian 2-3 tetes diletakkan pada plat tetes dan ditambahkan NaOH 10% sebanyak 1-2 tetes. Apabila ekstrak kental mengandung fenol maka akan terbentuk warna merah jingga.

Uji Tanin

Sebanyak 50 mg ekstrak kental dilarutkan dengan 10 mL etanol 96%, diambil 2-3 tetes dan diletakkan pada plat tetes serta ditambahkan 3 tetes FeCl₃ 1%. Hasil positif uji tanin ditunjukkan dengan terbentuknya larutan hijau kehitaman.

Uji Saponin

Ekstrak kental sebanyak 50 mg dilarutkan dengan 10 mL akuades, kemudian dipanaskan di atas *hot plate* dengan suhu 125⁰ C, selama 5 menit, dikocok kuat secara vertikal, lalu

didiamkan dan diamati busa yang terbentuk. Hasil positif ditunjukkan dengan terbentuknya busa selama 15 menit.

Uji Steroid dan Triterpenoid

Ekstrak kental sebanyak 50 mg dilarutkan dalam 10 mL etanol 96%. Larutan diencerkan dengan mencampurkan 5 mL larutan ekstrak pekat dengan 10 mL etanol 96%. Larutan dimasukkan ke tabung reaksi lalu ditambahkan asam asetat anhidrat sebanyak 3 tetes, dan H₂SO₄ pekat 3 tetes. Apabila ekstrak kental mengandung steroid maka akan terbentuk warna biru atau hijau biru., apabila mengandung triterpenoid akan terbentuk warna merah jingga atau ungu.

Uji Aktivitas Antioksidan

Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Larutan DPPH 0,15 mM setelah dihomogenkan sebanyak 1,2 mL dimasukkan ke kuvet dan ditambahkan 0,6 mL etanol *pro analysis* dan diukur panjang gelombangnya pada 400-600 nm untuk memperoleh panjang gelombang maksimal dengan nilai absorbansinya mendekati 1.

Pengukuran Serapan Vitamin C Sebagai Pembanding

Larutan stok vitamin C 100 µg/mL diencerkan dan dibuat ke dalam 5 seri konsentrasi yaitu 5 µg/mL; 7,5 µg/mL; 10 µg/mL; 12,5 µg/mL, 15 µg/mL. Lima seri konsentrasi dimasukkan ke dalam tabung

reaksi dan ditambahkan etanol *pro analysis* dan DPPH 0,15 mM. Larutan dihomogenkan dengan vortex dan diinkubasi selama 30 menit pada ruangan gelap dan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis.

Preparasi Ekstrak Etanol 96% Daun Tekelan

Preparasi ekstrak etanol 96% daun tekelan dilakukan dengan membuat larutan induk stok 2000 µg/mL dan dibuat lima seri konsentrasi ekstrak yaitu 50, 100, 150, 200, 250 µg/mL.

Preparasi Larutan Uji Sediaan Serum

Larutan uji sediaan serum dengan larutan stok 10.000 µg/mL untuk setiap formula dan dibuat lima seri konsentrasi sediaan serum yaitu 2000, 3500, 5000, 6500, 8000 µg/mL.

Pengukuran Absorbansi

Seri konsentrasi ekstrak dan sediaan serum ditambahkan larutan DPPH 0,15 mM sebanyak 1,2 mL dengan perbandingan 1:2 (Febrianti *et al.*, 2021). Larutan dihomogenkan dengan vortex dan dilakukan inkubasi 30 menit pada ruangan gelap dan diukur serapannya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm.

Pembuatan Sediaan Serum

Konsentrasi larutan ekstrak yang digunakan untuk pembuatan sediaan serum adalah 3%. Natrosol sebanyak 1,5 g

dilarutkan pada air mawar $\pm 221,5$ mL di atas *hot plate* pada suhu 70°C . Campuran dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* hingga terbentuk massa serum. Kemudian, ditambahkan gliserin, *squalene* (formula 1), *dimetikon* (formula 2), *almond oil* (formula 3) dan *optiphen plus* (Tabel 1). Setelah basis serum homogen, ditambahkan 50 mL ekstrak daun tekelan, lalu dicampur kembali hingga homogen menggunakan *magnetic stirrer*. pH sediaan diukur dan dilakukan penyesuaian pH dengan menambahkan trietanolamin hingga diperoleh pH sediaan sesuai dengan pH kulit yaitu 5,0 - 6,5 Setelah itu, sediaan serum dikemas dalam botol kaca serum berpipet 20 mL berwarna bening

Tabel 1. Formulasi sediaan serum ekstrak etanol 96% daun tekelan

Bahan	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Ekstrak kental daun tekelan	3%	3%	3%
Natrosol	0,5%	0,5%	0,5%
<i>Squalane</i>	0,5%	-	-
<i>Dimethicone</i>	-	0,5%	-
<i>Almond oil</i>	-	-	0,5%
Gliserin	5%	5%	5%
Trietanolamin	ad pH 5,0-6,5	ad pH 5,0-6,5	ad pH 5,0-6,5
<i>Optiphen plus</i>	0,5%	0,5%	0,5%
Air mawar	ad 300 mL	ad 300 mL	ad 300 mL

Uji Mutu Fisik

Uji mutu fisik yang dilakukan adalah organoleptik, homogenitas, pH, bobot jenis, daya lekat dan viskositas. Uji organoleptik dilakukan dengan cara mengamati

perubahan yang terjadi secara visual terhadap warna, bau dan tekstur sediaan.

Uji homogenitas dilakukan dengan mengoleskan 1-2 tetes sediaan serum pada kaca objek dan dilakukan pengamatan sebaran partikel sediaan. Sediaan memenuhi syarat apabila terlihat homogen, tanpa adanya partikel kasar dan gumpalan (Harjanti & Nilawati, 2020).

Uji pH dilakukan dengan cara 20 mL sediaan serum dimasukkan dalam gelas piala 50 mL dan diukur pH-nya dengan pH meter hingga diperoleh nilai pH yang stabil. Pengukuran dilakukan secara duplo. Syarat pH sediaan serum adalah sama dengan pH kulit normal yaitu 5,0-6,5 (Sartiah, 2015)

Uji bobot jenis dilakukan menggunakan piknometer. Pengukuran dilakukan terlebih dahulu dengan menimbang piknometer kosong yang bersih pada suhu ruang. Kemudian, piknometer diisi dengan air dan ditimbang, setelah itu air dikeluarkan dan piknometer dibersihkan. Selanjutnya, sediaan serum dimasukkan ke dalam piknometer dan ditimbang. Setelah dilakukan perhitungan bobot jenisnya.

Uji daya lekat dilakukan dengan meletakkan 0,5 g sediaan serum di atas gelas objek pada alat uji daya lekat, lalu ditekan dengan beban 200 g selama 5 menit. Setelah itu, beban diangkat dan waktu pelepasan sediaan serum dicatat.

Uji viskositas dilakukan menggunakan viskometer brookfield dengan spindel nomor 64. Sediaan sebanyak 150 mL dimasukkan dalam gelas piala dan spindel dimasukkan ke dalam sediaan. Pengukuran viskositas dilakukan pada kecepatan 100, 60, 50 dan 30 rpm.

Analisis Data

Data pada penelitian adalah data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif digunakan untuk penapisan fitokimia, organoleptik dan homogenitas. Data kuantitatif digunakan untuk uji aktivitas antioksidan, pH, daya lekat, bobot jenis dan viskositas. Analisis aktivitas antioksidan menggunakan persamaan regresi yaitu $y = ax + b$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Determinasi tanaman di BRIN menunjukkan bahwa tanaman yang digunakan adalah *Chromolaena odorata* (L) R.M. King & H. Rob. Sebanyak 700 g serbuk simplisia daun tekelan diekstraksi dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 96% sebanyak 4 L, dengan perbandingan antara sampel dan pelarut yaitu 1:5, menghasilkan ekstrak kental sebanyak 177,78 g (rendemen = 25,40%).

Penapisan fitokimia merupakan metode sederhana yang dilakukan untuk menganalisis secara kualitatif kandungan senyawa yang terdapat dalam tumbuhan.

Penapisan senyawa alkaloid memerlukan asam klorida karena alkaloid merupakan senyawa yang memiliki atom nitrogen dan bersifat basa, sehingga perlu mengekstraknya dengan larutan yang bersifat asam (Fransworth, 1996).

Penapisan senyawa flavonoid menunjukkan warna merah jingga, karena senyawa flavonoid akan tereduksi saat ditambahkan dengan pereaksi yang digunakan yaitu serbuk magnesium dan HCl pekat (Harborne, 1987). Hasil penapisan senyawa tanin menghasilkan hijau kehitaman/biru tua saat ditambahkan dengan FeCl_3 1%. Perubahan warna yang terjadi disebabkan karena tanin merupakan suatu senyawa yang bersifat polar karena memiliki gugus OH dan adanya reaksi reduksi dari FeCl_3 dengan gugus fenol dalam tanin yang berubah menjadi FeCl_2 (Robinson & Perkins, 1995). Ekstrak etanol 96% daun tekelan juga mengandung flavanoid, tanin, saponin dan steroid dengan terbentuknya warna merah jingga dengan pereaksi magnesium dan HCl pekat, terbentuk buih selama 15 menit pada penambahan akuades dan warna hijau/biru dengan pereaksi Lieberman burchard. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Siregar & Mambang (2021).

Pengujian aktivitas antioksidan dilakukan dengan metode DPPH, karena sederhana, mudah dilakukan dan

membutuhkan sedikit sampel. Penentuan aktivitas antioksidan dilakukan dengan pembuatan larutan stok DPPH 0,15 mM yang memiliki absorbansi ≤ 1 dan menentukan panjang gelombang maksimum DPPH dengan menggunakan rentang 400-600 nm. Pada penelitian ini diperoleh panjang gelombang maksimum DPPH adalah 517 nm. Pembanding dalam uji aktivitas antioksidan adalah asam askorbat (vitamin C) karena merupakan antioksidan sekunder yang dapat menghambat reaksi oksidasi pada radikal bebas dan berperan sebagai substansi untuk memberikan elektron pada radikal bebas sehingga dapat menghambat kerusakan sel. Selain itu, vitamin C merupakan antioksidan alami dengan aktivitas antioksidan sangat kuat (Williams & Wilkins, 2011).

Pengujian aktivitas antioksidan ekstrak daun tekelan I dan II menunjukkan IC_{50} 114 $\mu\text{g/mL}$ dan 107 $\mu\text{g/mL}$ (Tabel 2 dan Tabel 3), yang termasuk antioksidan lemah. Hasil penelitian ini tidak sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan ekstrak etanol 96% daun tekelan mempunyai aktivitas antioksidan kuat dengan IC_{50} 15,5067 $\mu\text{g/mL}$ (Saputra *et al.*, 2017). Kemungkinan faktor yang dapat menyebabkan perbedaan hasil pengujian aktivitas antioksidan ini antara lain perbandingan konsentrasi DPPH dan larutan uji yang digunakan tetapi pada

penelitian sebelumnya tidak disebutkan perbandingan konsentrasi, sedangkan pada penelitian ini menggunakan perbandingan konsentrasi DPPH dan larutan uji 2:1. Selain itu pada penelitian ini pada tahap pembuatan ekstrak kental terjadi proses pengeringan yang cukup lama di oven sehingga aktivitas antioksidan menurun.

Tabel 2. Hasil uji aktivitas antioksidan ekstrak daun tekelan (I)

Konsentrasi ($\mu\text{g/mL}$)	Absorbansi	Persen inhibisi	IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$)
50	$0,649 \pm 0,000$	34,167	114
100	$0,504 \pm 0,000$	48,868	
150	$0,403 \pm 0,002$	59,175	
200	$0,300 \pm 0,000$	69,551	
250	$0,227 \pm 0,000$	76,952	
Kontrol	$0,986 \pm 0,000$	-	

Tabel 3. Hasil uji aktivitas antioksidan ekstrak daun tekelan (II)

Konsentrasi ($\mu\text{g/mL}$)	Absorbansi	Persen inhibisi	IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$)
50	$0,659 \pm 0,001$	34,275	107
100	$0,499 \pm 0,000$	50,266	
150	$0,364 \pm 0,001$	63,697	
200	$0,302 \pm 0,000$	69,847	
250	$0,211 \pm 0,000$	78,989	
Kontrol	$1,003 \pm 0,002$	-	

Pengujian aktivitas antioksidan sediaan serum formula 1, 2 dan 3 menunjukkan aktivitas antioksidan lemah. Hasil uji aktivitas antioksidan ketiga formula memiliki nilai IC_{50} yang lebih dari 250 $\mu\text{g/mL}$ (tabel 4, Tabel 5, Tabel 6) sehingga dikategorikan ke dalam antioksidan sangat lemah (Phongpaichit *et al.*, 2007). Hasil uji pendahuluan juga melaporkan aktivitas antioksidan ekstrak daun tekelan lemah, dengan rerata nilai IC_{50} yang diperoleh sebesar 110 $\mu\text{g/mL}$.

Tabel 4. Hasil uji aktivitas antioksidan sediaan serum ekstrak etanol 96% daun tekelan formula 1

Konsentrasi (µg/mL)	Absorbansi	Persen inhibisi	IC50 (µg/mL)
2000	0,848 ± 0,001	14,083	12.148
3500	0,786 ± 0,000	20,365	
5000	0,739 ± 0,000	25,093	
6500	0,681 ± 0,000	31,003	
8000	0,639 ± 0,000	35,292	
Kontrol	0,987 ± 0,001	-	

Tabel 5. Hasil uji aktivitas antioksidan sediaan serum ekstrak etanol 96% daun tekelan formula 2

Konsentrasi (µg/mL)	Absorbansi	Persen inhibisi	IC50 (µg/mL)
2000	0,893 ± 0,001	13,669	12.424
3500	0,854 ± 0,000	17,376	
5000	0,804 ± 0,000	22,276	
6500	0,764 ± 0,001	26,112	
8000	0,712 ± 0,000	31,109	
Kontrol	0,987 ± 0,001	-	

Tabel 6. Hasil uji aktivitas antioksidan sediaan serum ekstrak etanol 96% daun tekelan formula 3

Konsentrasi (µg/mL)	Absorbansi	Persen inhibisi	IC50 (µg/mL)
2000	0,893 ± 0,000	9,001	14.631
3500	0,826 ± 0,000	15,829	
5000	0,778 ± 0,001	20,686	
6500	0,716 ± 0,001	27,004	
8000	0,661 ± 0,003	32,643	
Kontrol	1,034 ± 0,000		

Hasil uji mutu fisik sediaan meliputi organoleptik, homogenitas, pH, bobot jenis, dan daya lekat. Secara organoleptik, sediaan serum pada formula 1, 2 dan 3 berwarna kuning jingga, yang dihasilkan dari ekstrak daun tekelan. Ketiga formula memiliki bau yang khas, memiliki tekstur serum, terlihat homogen dan tidak ditemukan adanya partikel kasar, serta mempunyai pH $\leq 5,0$. Pengujian bobot jenis menunjukkan ketiga formula mempunyai bobot jenis > 1 g/mL dan daya lekat dengan

waktu 1 detik. Hasil daya lekat ini masih kurang baik karena daya lekat yang baik untuk serum seharusnya lebih dari 4 detik (Hikmah *et al.*, 2023).

KESIMPULAN

Hasil ekstrak daun tekelan yang diperoleh sebanyak 25,40%. Ekstrak daun tekelan mengandung alkaloid, flavanoid, fenol, tanin, saponin dan steroid. Ketiga formula sediaan serum memenuhi persyaratan uji mutu fisik yaitu organoleptik, homogenitas, pH, bobot jenis dan viskositas, tetapi tidak memenuhi syarat uji daya lekat. Aktivitas antioksidan sediaan serum ekstrak daun tekelan tergolong sangat lemah.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanti, E. L., Handayani, R. P., & Yanto, E. S. (2020). Formulasi sediaan serum antioksidan dari ekstrak sari tomat (*Solanum lycopersicum* L) dan ekstrak kayu manis (*Cinnamomum burmannii*) sebagai perawatan kulit. *Journal of Holistic and Health Sciences*, 4(1), 50-57.
<https://doi.org/10.51873/jhhs.v4i1.80>
- Cahya, A., & Fitri, N. (2020). Formulasi dan uji antioksidan serum wajah berbasis minyak jintan hitam (*Nigella sativa* L.) menggunakan metode DPPH. *Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 5(3), 44-53.
- Farnsworth, N. R. (1966). Biological dan phytochemical screening of plant. *Journal of Pharmaceutical Sciences*,

- 55(3), 225-276.
<https://doi.org/10.1002/jps.2600550302>
- Febrianti, D., Ariani, N., & Niah, R. (2021). Antioksidan daun kumpai mahung (*Eupatorium inulifolium* H.B&K). *Jurnal Pharmascience*, 8(1), 94-100. <https://doi.org/10.20527/jps.v8i1.9108>
- Febrya, I. W. V. (2016). Penggunaan *green cosmetic* dalam mewujudkan perilaku kesadaran lingkungan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 10(2), 199-203.
- Handayany, G., Umar, I., & Ismail, I. (2018). Formulasi dan uji efektivitas antioksidan krim ekstrak etanol daun botto'-botto' (*Chromolaena Odorata* L.) dengan metode DPPH. *Jurnal Kesehatan*, 11(2), 86-90. <https://doi.org/10.24252/kesehatan.v11i2.5944>
- Harjanti, R., & Nilawati, A. (2020). Aktivitas antioksidan dan potensi tabir surya serum ekstrak terpurifikasi daun wangen (*Olex psittacorum* Willd Vahl.). *Jurnal Farmasi Indonesia*, 17(1), 18-28. <http://dx.doi.org/10.31001/jfi.v17i1.779>
- Harborne, J. B. (1987). *Metode fitokimia penuntun cara modern menganalisis tumbuhan*. ITB Press.
- Hikmah, F. N., Malahayati, S., & Nilawati, A., Nugraha, D. F. (2023). Formulasi dan evaluasi sediaan serum gel ekstrak bunga melati (*Jasminum sambac* L.). *Journal of Pharmaceutical Care and Sciences*, 3(2), 93-108. <https://doi.org/10.33859/jpcs.v3i2.248>
- Ilmu gizi menjadi sangat mudah* (2nd ed., L. Dwijayanthi. Trans.) (2011). Jakarta: EGC.
- Phongpaichit, S., Nikom, J., Rungjindamai, N., Sakayaroj, J., Hutadilok-Towatana, N., Rukachaisirikul, V., & Kirtikara, K. (2007) Biological activities of extracts from endophytic fungi isolated from garcinia plants. *FEMS Immunology & Medical Microbiology*, 51(3), 517-525. <https://doi.org/10.1111/j.1574-695x.2007.00331.x>
- Robinson, M. K., & Perkins, M.A. (2002). A Strategy for skin irritation testing. *American Journal of Contact Dermatitis*, 13(1), 21-29. <https://doi.org/10.1053/ajcd.2002.30471>
- Saputra, A., Gani, A., Erlidawati. (2017). Uji aktivitas antioksidan daun gulma siam (*Chromolaena Odorata* L.) dengan metode 1,1-difenil-2 pikrilhidrazil. *Jurnal IPA dan Pembelajaran IPA*, 1(2), 131-142. <https://doi.org/10.24815/jipi.v1i2.9687>
- Sartiah, M. B. (2015). Pengaruh penggunaan masker buah aprikot (*Prunus armeniaca*) kering terhadap kelembapan kulit wajah kering. *Jurnal Tata Rias*, 4(1), 24-30.
- Siahaan, E., Pangkahila, W., & Wiraguna, A A. G. P. (2017). Krim ekstrak kulit delima merah (*Punica granatum*) menghambat peningkatan jumlah melanin sama efektifnya dengan krim hidrokuinon pada kulit marmut (*Cavia porcellus*) betina yang dipapar sinar uvb. *Jurnal Biomedik*, 9(1), 7-13. <https://doi.org/10.35790/jbm.9.1.2017.15313>
- Tjahjani, N. P., Chairunnisa, A., & Helmiana, T. V. (2021). Penapisan kandungan fitokimia dan penetapan kadar total flavonoid ekstrak etanolik daun tekelan. *Jurnal Farmasetis*, 10(2), 113-122.

PEMANFAATAN SEMANGKA DAN OKRA DALAM PEMBUATAN JELI STIK DENGAN VARIASI JENIS HIDROKOLOID

[USE OF WATERMELON AND OCRA IN MAKING JELLY STICKS WITH VARIOUS TYPES OF HYDROCOLOIDS]

Nathania Putri Alfian, Titri Siratantri Mastuti*

Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia

*Korespondensi penulis: titri.mastuti@uph.edu

ABSTRACT

Jelly is food product in semi-solid form derived from fruit or vegetable juices with the addition of gelling agent. Jelly sticks are easy to eat, carry around and loved by the public. In this research, watermelon and okra were used as jelly's ingredients because these two ingredients have many health benefits. The use of watermelon can also mask the unpleasant aroma and taste of okra. The type of hydrocolloid as gelling agent is an important factor in making jelly stick because it can influence the texture of jelly. The aim of this research was to determine the organoleptic, physic and chemical characteristics of the best jelly stick based on selected ratio of watermelon:okra and type of gelling agent. The treatment factors of jelly included ratio of water melon and okra (60:40, 50:50, 40:60) and the types of gelling agent (carrageenan, carrageenan:konjac, carrageenan:pectin). The best jelly stick was jelly made from a ratio of watermelon and okra 60:40 with a carrageenan:konjac as gelling agent. This jelly had the closest texture to jelly stick commercial with springiness of $0,95 \pm 0,01$ and cohesiveness of $0,70 \pm 0,02$. It had °Hue value $22,34 \pm 0,97$ as a red color, chewy texture, slightly preferred color and neutral overall preference from the panelist. The best jelly stick also had IC_{50} value of $82226,96 \pm 6297,9$ ppm, total phenolics of $0,157 \pm 0,01$ mg GAE/ml, total flavonoids of $0,022 \pm 0,000$ mg QE /ml and food fiber content 2,885g/100g.

Keywords: carrageenan; konjac; okra; pectin; watermelon

ABSTRAK

Jeli merupakan produk pangan dalam bentuk semi padat yang berasal dari sari buah atau sayur dengan penambahan bahan pembentuk gel. Jeli stik mudah untuk dikonsumsi, dibawa bepergian serta banyak disukai masyarakat. Pada penelitian ini digunakan semangka dan okra sebagai bahan baku karena kedua bahan ini memiliki banyak manfaat kesehatan. Penggunaan buah semangka juga dapat menutupi aroma dan rasa khas okra yang kurang disukai. Jenis hidrokoloid sebagai *gelling agent* merupakan faktor penting dalam pembuatan jeli karena mempengaruhi teksturnya. Tujuan penelitian ini adalah menentukan karakteristik organoleptik, fisik, kimia jeli stik terbaik berdasarkan rasio semangka:okra dan jenis *gelling agent* terpilih. Faktor perlakuan pada jeli adalah rasio semangka dan okra (60:40, 50:50, 40:60) serta jenis *gelling agent* (karagenan, karagenan:konjak, dan karagenan:pektin). Jeli stik terbaik adalah jeli dengan rasio semangka dan okra 60:40 dengan jenis *gelling agent* karagenan:konjak. Jeli ini memiliki tekstur paling mendekati jeli stik komersial dengan *springiness* sebesar $0,95 \pm 0,01$ dan *cohesiveness* sebesar $0,70 \pm 0,02$. Jeli ini memiliki nilai °Hue sebesar $22,34 \pm 0,97$ sebagai warna merah, tekstur kenyal, warna yang agak disukai dan kesukaan keseluruhan yang netral dari panelis. Jeli stik terbaik juga memiliki nilai IC_{50} sebesar $82226,96 \pm 6297,9$ ppm, total fenolik sebesar $0,157 \pm 0,01$ mg GAE/ml, total flavonoid sebesar $0,022 \pm 0,000$ mg QE /ml dan kadar serat pangan 2,885g/100g.

Kata kunci: karagenan; konjak; okra; pektin; semangka

PENDAHULUAN

Jeli merupakan produk pangan dalam bentuk semi padat yang berasal dari ekstrak buah-buahan dengan penambahan gula, agen pembentuk gel (*gelling agent*) dan juga asam (Thakre & Barse, 2018). Jeli banyak disukai oleh masyarakat dari semua golongan karena mudah dikonsumsi serta teksturnya yang kenyal dan rasa yang khas. Proses pembuatan serta jenis *gelling agent* menghasilkan variasi jenis dan bentuk jeli seperti permen jeli, minuman jeli, jeli mini, jeli bentuk stik.

Salah satu varian jeli adalah jeli stik. Terdapat berbagai produk jeli stik yang dapat ditemui secara komersial. Salah satunya adalah jeli stik produk impor dari Korea yang memiliki ciri khas tekstur kekenyalan yang agak berbeda dengan jeli stik umumnya. Jeli ini kokoh dan tidak mudah patah saat dipegang namun meleleh dengan lembut saat dimakan. Jeli ini mudah untuk dikonsumsi dan tidak mudah mengalami sineresis.

Indonesia memiliki kekayaan alam yang melimpah khususnya untuk sayur dan buah-buahan, seperti semangka dan juga okra hijau yang memiliki banyak manfaat bagi tubuh. Semangka (*Citrullus lanatus*) merupakan buah musiman yang banyak disukai masyarakat karena rasanya yang manis dengan tekstur dan aroma yang khas. Semangka mengandung banyak

vitamin, mineral dan zat gizi lainnya. Semangka memiliki kapasitas antioksidan dengan IC_{50} 16,619 ppm dan serat 0,4g/100g. Semangka dapat dikonsumsi secara langsung atau diolah menjadi produk pangan seperti jeli, jus, selai dan lainnya (Mariani *et al.*, 2018).

Okra (*Abelmoschus esculentus*) atau *lady's finger* atau bendi merupakan tanaman tropis dan subtropis yang kaya nutrisi. Okra hijau paling banyak dijumpai di pasaran dibandingkan dengan okra merah. Kandungan fenol pada okra dapat berfungsi sebagai antioksidan yang baik bagi tubuh. Okra dapat dikonsumsi mentah maupun matang dengan perebusan dan penggorengan. Okra memiliki nilai sensori yang kurang karena menghasilkan aroma langu serta teksturnya yang cenderung berlendir dan lengket, sehingga perlu ditambahkan bahan pangan lain seperti pada pembuatan minuman okra, yoghurt, nugget (Azni *et al.*, 2019). Menurut Faisal (2019), ekstrak okra memiliki kapasitas antioksidan dengan kategori sangat kuat yaitu IC_{50} sebesar 27,15 ppm. Okra juga memiliki kandungan serat yang cukup tinggi, yaitu 3,2 gram/100 gram.

Karakteristik jeli dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya hidrokoloid sebagai *gelling agent*. Jenis hidrokoloid yang digunakan akan mempengaruhi gel yang dihasilkan. Karakteristik hidrokoloid

yang berbeda ini dipengaruhi oleh struktur dasar atau gugus fungsional. Hidrokolid juga dapat dikombinasikan dengan hidrokolid lainnya berdasarkan sinergisitasnya (Herawati, 2018). *Gelling agent* sangat dibutuhkan dalam pembuatan jeli karena perannya dalam membentuk tekstur produk jeli yang spesifik. *Gelling agent* yang biasa digunakan adalah agar, karagenan, pektin, gelatin, dan konjak.

Pemanfaatan dan nilai jual semangka merah dan okra hijau dapat ditingkatkan dengan mengolahnya menjadi produk pangan fungsional yang menarik dan mudah dikonsumsi seperti jeli stik. Penambahan semangka juga dapat menghilangkan aroma langu dari okra serta menambah nilai warna. Penelitian ini bertujuan menentukan karakteristik organoleptik, fisik, kimia jeli stik terbaik berdasarkan rasio semangka:okra dan jenis *gelling agent* terpilih.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah semangka merah matang tanpa biji yang diperoleh dari Pasar Kelapa Dua, Tangerang, okra hijau yang diperoleh dari Sepatan Timur, Tangerang, kappa karagenan, tepung konjak, *Low Methoxyl Pectin* (LM-101 AS) dari CP Kelco, asam sitrat dari

Weifang Ensign, gula pasir premium “Gulaku”, kalium sitrat *food grade*, jeli stik komersial (*Korean Red Gingseng Jelly Stick*), air destilasi “Amidis”, larutan DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) 0,2mM, larutan standar asam galat, larutan standar quercetin, pelarut etanol pro-analysis, larutan Folin-Ciocalteu 10%, larutan Na₂CO₃ 2%, larutan AlCl₃, selenium, K₂SO₄, H₂SO₄, H₂O₂, larutan asam borat 4%, larutan NaOH 35%, *mixed indicator*, HCl 0,2N, heksana pro-analysis.

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah *stirrer* dan *heater* “Cimarec Barnstead”, timbangan meja “Mettler Toledo PL3002”, timbangan analitik “Ohaus”, *blender* “Philips”, kain saring, wadah pencetak, *texture analyzer* “Stable Micro System TA.XT Plus”, *chromameter* “Konica Minolta CR-400/410”, spektrofotometer Viz “DLab SP-V1000”, kuvet quartz, vortex “Thermolyne type 37600 Mixer, refraktometer “Atago”, *Kjeldahl speed digester* “Buchi K-425”, *Kjeldahl distillation unit* “Buchi-355”, *rotary evaporator* “Buchi Rotavapor R-210”, *centrifuge* “Hermle”, *centrifuge* “Hettich EBA 20” dan peralatan gelas.

Metode

Pembuatan Sari Semangka dan Okra

Proses pembuatan sari semangka adalah semangka dicuci, diambil daging buahnya berwarna merah, lalu

ditambahkan air dengan perbandingan 1:1 lalu dilumatkan dengan blender, disaring dengan kain saring hingga dihasilkan sari semangka (Novidahlia *et al.*, 2019 dengan modifikasi). Proses pembuatan sari okra dimulai dengan pemilihan buah okra hijau, dicuci, dipotong (kurang lebih 1 cm), diblansir pada suhu 80 °C selama 5 menit, didinginkan dalam air es selama 5 menit, ditiriskan, buah ditambahkan air dengan perbandingan 1:1 lalu dilumatkan dengan blender, disaring dengan kain saring hingga diperoleh sari okra hijau (Azni *et al.*, 2019 dengan modifikasi).

Pembuatan Jeli Stik Semangka dan Okra

Proses pembuatan jeli stik semangka dan okra sesuai formulasi pada Tabel 1. Campuran gula, kalium sitrat, *gelling agent*, sari semangka dan sari okra dipanaskan sambil diaduk pada suhu 85 °C. Setelah suhu diturunkan hingga 75 °C, larutan ditambah asam sitrat, diaduk dan segera dituang ke dalam cetakan dan didiamkan pada suhu ruang hingga memadat dan dihasilkan jeli stik (Eveline *et al.*, 2011, Thakre & Barse, 2018).

Tabel 1. Formulasi jeli stik

Bahan	Jumlah (%)
Sari (semangka:okra)	77,35
<i>Gelling agent</i>	2,00
Gula pasir	20,00
Asam sitrat	0,30
Kalium sitrat	0,35
Keterangan: <i>gelling agent</i> dapat berupa karagenan, karagenan:konjak, karagenan:pektin.	

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) dua faktor yaitu rasio semangka dan okra serta jenis *gelling agent*. Rasio semangka dan okra yaitu 60:40, 50:50, 40:60 dan jenis *gelling agent* adalah karagenan, karagenan:konjak, dan karagenan:pektin. Percobaan dilakukan dengan tiga kali pengulangan.

Parameter Analisis

Analisis yang dilakukan pada jeli stik adalah tekstur yang meliputi *hardness*, *springiness*, *cohesiveness*, *gumminess*, *chewiness* (Rubio-Arrea *et al.*, 2018 dengan modifikasi), sineresis (Kuncari *et al.*, 2014), warna (Swandari *et al.*, 2017; Rulaningtyas *et al.*, 2015), organoleptik hedonik (skor 1-5) dan skoring (skor 1-6) dengan 30 panelis (Hasanah *et al.*, 2019; Amerine *et al.*, 2013).

Jeli stik terbaik dianalisis lebih lanjut kapasitas antioksidan (Salim *et al.*, 2017; Purwanto *et al.*, 2017), total fenol (Ahmed *et al.*, 2019), flavonoid (Senet *et al.*, 2018), kadar air (AOAC, 2005), kadar abu (AOAC, 2005), kadar lemak (AOAC, 2005), kadar protein (AOAC, 2005), kadar karbohidrat (AOAC, 2005), dan total serat pangannya (AOAC, 2005).

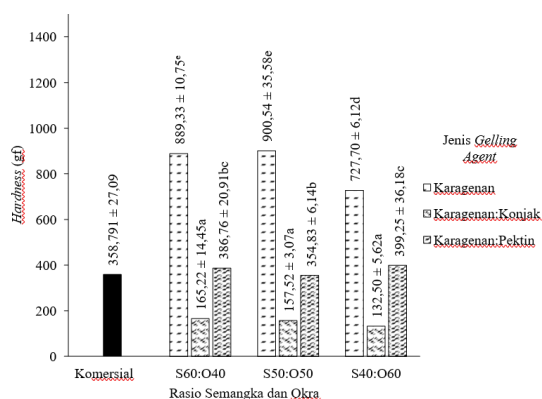
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Tekstur

Pada penelitian ini dilakukan pengujian tekstur jeli stik semangka dan okra dengan faktor rasio dan beberapa jenis *gelling agent*, serta jeli stik komersial dengan menggunakan *texture analyzer*. Jeli stik komersial mencantumkan SH gel (karagenan dan pektin teramidasi) sebagai *gelling agent*.

Hardness

Interaksi antara rasio semangka:okra dan jenis *gelling agent* berpengaruh ($p \leq 0,05$) terhadap nilai *hardness* jeli stik. *Hardness* dari jeli stik dengan *gelling agent* karagenan pada tiga rasio semangka dan okra yang berbeda lebih tinggi nilainya dibandingkan dengan penggunaan *gelling agent* karagenan:konjak dan karagenan:pektin (Gambar 1).



Gambar 1. Nilai *hardness* jeli stik komersial serta jeli stik semangka dan okra berdasarkan rasio dan jenis *gelling agent*

Keterangan: Notasi huruf berbeda menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($P \leq 0,05$)

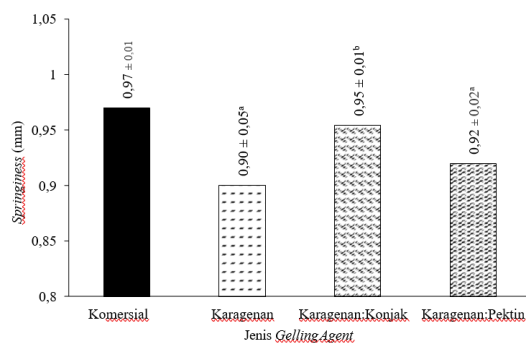
Jeli stik yang hanya terbuat dari karagenan akan meningkatkan kekuatan

gel lebih tinggi dibandingkan jenis *gelling agent* lainnya, sehingga nilai *hardness* semakin besar (Kaya *et al.*, 2015). Nilai *hardness* yang paling mendekati jeli stik komersial terdapat pada jeli stik karagenan:pektin dengan rasio semangka dan okra 50:50 yang memiliki nilai $354,83 \pm 6,14$ gf. Pektin yang digunakan pada penelitian ini adalah *partly amidated low methoxyl pectin* sehingga nilai *hardness* dapat mendekati jeli komersial yang menggunakan campuran karagenan dan pektin teramidasi. Menurut Herawati (2018), kombinasi karagenan dengan pektin dapat membentuk struktur yang cukup kuat dan elastis.

Springiness

Springiness merupakan tinggi sampel yang kembali dalam rentang waktu antara akhir gigitan pertama dan awal gigitan kedua atau kemampuan saat sampel yang ditekan kembali ke bentuk awalnya setelah gaya tidak diberikan (Garrido *et al.*, 2014). *Springiness* jeli stik hanya dipengaruhi ($p \leq 0,05$) oleh jenis *gelling agent*. Jeli stik karagenan:konjak memiliki nilai *springiness* yang paling mendekati jeli stik komersial dan dengan nilai lebih tinggi dibandingkan jeli stik karagenan serta karagenan:pektin. Menurut Chrisella *et al.* (2016), jeli stik yang terbuat dari karagenan menghasilkan gel dengan elastisitas yang lebih rendah

dibandingkan jika ditambahkan konjak. Hal ini dikarenakan keberadaan konjak meningkatkan *springiness* dari jeli stik, yang berakibat pada penurunan nilai *hardness*. Konjak akan menurunkan kekakuan gel karagenan dengan membuat larutan menjadi kental dan mempengaruhi interaksi antara karagenan serta konjak (Akesowan, 2014).

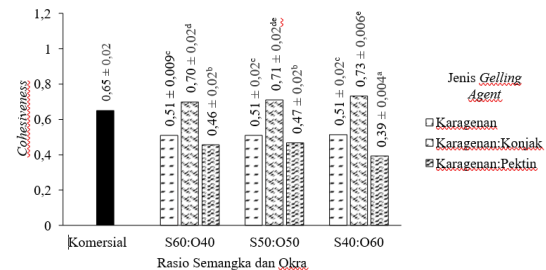


Gambar 2. Nilai *springiness* jeli stik komersial serta jeli stik semangka dan okra berdasarkan jenis *gelling agent*
Keterangan: Notasi huruf berbeda menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($P \leq 0,05$)

Cohesiveness

Interaksi antara rasio semangka: okra dan jenis *gelling agent* berpengaruh ($p \leq 0,05$) terhadap nilai *cohesiveness* jeli stik. Nilai *cohesiveness* yang dihasilkan oleh karagenan:konjak pada tiga rasio semangka dan okra lebih tinggi nilainya dibandingkan dengan penggunaan *gelling agent* karagenan dan karagenan:pektin (Gambar 2). Hal ini dikarenakan karagenan dan konjak dapat bekerja sinergis menghasilkan gel dengan tekstur yang padat, kompak dan elastis (Kaya *et al.*, 2015). Nilai *cohesiveness* yang paling

mendekati jeli stik komersial didapatkan pada jeli stik karagenan:konjak dengan rasio semangka dan okra 60:40 yang memiliki nilai $0,70 \pm 0,02$.



Gambar 3. Nilai *cohesiveness* jeli stik komersial serta jeli stik semangka dan okra berdasarkan rasio dan jenis *gelling agent*

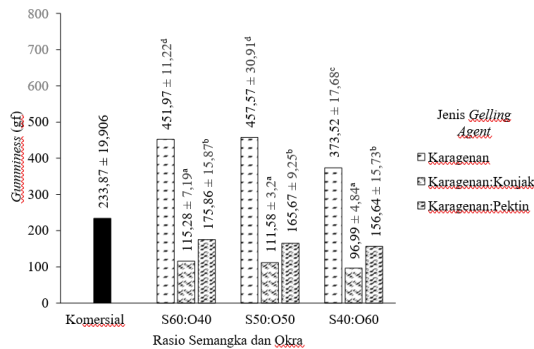
Keterangan: Notasi huruf berbeda menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($P \leq 0,05$)

Gumminess

Interaksi antara rasio semangka:okra dan jenis *gelling agent* berpengaruh ($p \leq 0,05$) terhadap nilai *gumminess* jeli stik. Nilai *gumminess* yang dihasilkan oleh karagenan pada tiga rasio semangka dan okra lebih tinggi nilainya dibandingkan dengan penggunaan *gelling agent* karagenan:konjak dan karagenan:pektin (Gambar 3). Jeli stik yang hanya terbuat dari karagenan akan memiliki kekuatan gel lebih tinggi dibandingkan jenis *gelling agent* lainnya, sehingga nilai *gumminess* semakin besar karena dibutuhkan energi yang lebih besar (Utomo *et al.*, 2014).

Nilai *gumminess* jeli stik semangka dan okra tidak ada yang mendekati nilai *gumminess* dari jeli stik komersial. Hal ini

dikarenakan perbedaan komposisi bahan baku jeli stik dimana ada beberapa bahan tambahan pada jeli stik komersial yang tidak disebutkan dengan rinci.

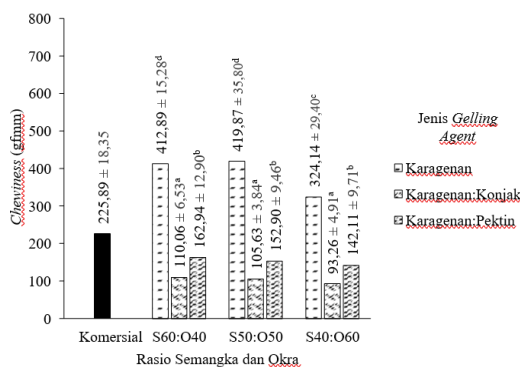


Gambar 4. Nilai *gumminess* jeli stik komersial serta jeli stik semangka dan okra berdasarkan rasio dan jenis *gelling agent*

Keterangan: Notasi huruf berbeda menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($P \leq 0,05$)

Chewiness

Interaksi antara rasio semangka:okra dan jenis *gelling agent* berpengaruh ($p \leq 0,05$) terhadap nilai *chewiness* jeli stik. Nilai *chewiness* paling tinggi dihasilkan pada penggunaan karagenan pada semua rasio semangka:okra.



Gambar 5. Nilai *chewiness* jeli stik komersial serta jeli stik semangka dan okra berdasarkan rasio dan jenis *gelling agent*

Keterangan: notasi huruf berbeda menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($P \leq 0,05$)

Nilai *chewiness* jeli stik tidak ada yang sama dengan nilai *chewiness* dari jeli stik komersial. Namun jeli dengan karagenan:pektin memiliki nilai paling mendekati komersial. Perbedaan derajat metilasi dapat menghasilkan kekuatan gel yang berbeda (Gawkowska *et al.*, 2018).

Sineresis

Sineresis dapat mempengaruhi tekstur dan penerimaan konsumen terhadap produk jeli. Interaksi antara rasio semangka:okra dan jenis *gelling agent* berpengaruh ($p \leq 0,05$) terhadap nilai sineresis jeli stik. Nilai sineresis jeli stik semangka dan okra pada masing-masing lama penyimpanan 24, 48 dan 72 jam yang dibuat menggunakan karagenan pada tiga rasio semangka:okra, berbeda signifikan lebih tinggi nilainya dibandingkan dengan penggunaan *gelling agent* karagenan:konjak dan karagenan:pektin.

Karagenan memiliki sifat gel yang kokoh dan kuat namun rapuh dan mudah mengalami sineresis (Phillips & Williams, 2009). *Gelling agent* yang menghasilkan sineresis paling rendah adalah kombinasi karagenan dan konjak (Tabel 1). Konjak memiliki sifat seperti serat yang dapat menyerap air dengan sangat banyak sehingga konjak dapat menurunkan tegangan permukaan dari karagenan pada *junction zone* sehingga nilai sineresis berkurang (Kaya *et al.*, 2009).

Tabel 1. Kadar sineresis jeli stik

Perlakuan jeli	Sineresis (%)		
	24 jam	48 jam	72 jam
S60 : O40 - Karagenan	3,51 ± 0,11 ^f	4,48 ± 0,12 ^d	5,83 ± 0,12 ^f
S60 : O40 - Karagenan-konjak	2,26 ± 0,15 ^{bc}	3,65 ± 0,16 ^c	4,71 ± 0,14 ^c
S60 : O40 - Karagenen-pektin	2,05 ± 0,03 ^{ab}	3,53 ± 0,21 ^c	4,29 ± 0,15 ^b
S50 : O50 - Karagenan	3,31 ± 0,11 ^f	4,48 ± 0,07 ^d	5,19 ± 0,09 ^d
S50 : O50 - Karagenan-konjak	1,91 ± 0,05 ^a	3,18 ± 0,09 ^b	3,89 ± 0,19 ^a
S50 : O50 - Karagenen-pektin	2,51 ± 0,08 ^{de}	3,71 ± 0,29 ^c	5,49 ± 0,32 ^e
S40 : O60 - Karagenan	2,65 ± 0,09 ^e	3,17 ± 0,14 ^b	4,76 ± 0,02 ^c
S40 : O60 - Karagenan-konjak	1,95 ± 0,16 ^a	2,85 ± 0,08 ^a	3,92 ± 0,14 ^a
S40 : O60 - Karagenen-pektin	2,35 ± 0,19 ^{cd}	3,59 ± 0,14 ^c	4,86 ± 0,12 ^c

Keterangan: S = semangka; O = okra; Perbedaan notasi huruf per kolom menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p \leq 0,05$)

Pada perlakuan jeli stik secara keseluruhan terlihat bahwa semakin lama penyimpanan maka semakin meningkat persentase sineresis pada jeli stik (Tabel 1). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian dari Nurmalia (2017), yaitu semakin lama penyimpanan maka semakin meningkat tingkat sineresis pada minuman jeli okra dan stroberi. Menurut Ardiansyah *et al.*, (2019), jeli masih dianggap stabil dan tidak mengalami sineresis pada kisaran 0%-5%. Oleh karena itu, jeli stik semangka dan okra masih dikategorikan sebagai jeli yang baik.

Nilai Warna

Interaksi antara rasio semangka: okra dan jenis *gelling agent* berpengaruh ($p \leq 0,05$) terhadap warna jeli stik yang ditunjukkan dengan nilai *Hue*. Nilai *Hue* paling tinggi dihasilkan oleh jeli stik dengan rasio semangka:okra 40:60 dan karagenan-konjak sebagai *gelling agent*

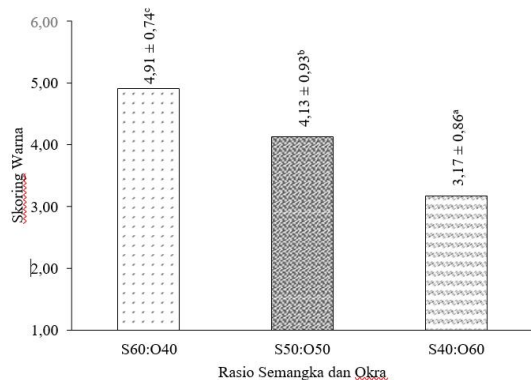
yaitu $29,62 \pm 0,60$. Meskipun demikian nilai *Hue* semua jeli stik memiliki *range* nilai $21,68 \pm 0,23$ hingga $29,62 \pm 0,60$. Menurut Berns (2019), *range* nilai *Hue* 0-30 akan berwarna merah. Semakin besar nilai *Hue* maka warna merah menjadi semakin oranye, semakin kecil nilai *Hue* maka warna semakin merah. Dengan demikian, warna merah dari semangka berkontribusi terhadap warna jeli.

Uji Organoleptik

Skoring Warna

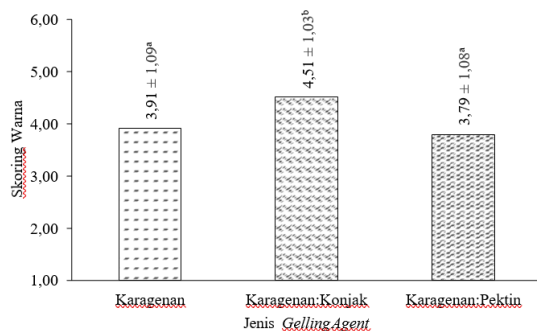
Hasil skoring warna jeli stik menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara rasio semangka:okra dan jenis *gelling agent* ($p > 0,05$). Skoring warna hanya dipengaruhi oleh masing-masing faktor. Jeli stik dengan rasio semangka dan okra 60:40 memiliki nilai skoring warna tertinggi yaitu $4,91 \pm 0,74$ (Gambar 6) yang berarti jeli stik memiliki warna merah menurut panelis. Hal ini

sesuai dengan hasil yang diperoleh melalui penggunaan alat kromameter yang menghasilkan nilai *Hue* pada *range* warna merah. Penggunaan semangka merah yang semakin banyak akan menghasilkan produk jeli yang semakin merah.



Gambar 6. Skoring warna jeli stik semangka dan okra berdasarkan rasio

Keterangan: Notasi huruf berbeda menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($P \leq 0,05$). Skor 1-6: sangat tidak merah – sangat merah



Gambar 7. Skoring warna jeli stik semangka dan okra berdasarkan jenis *gelling agent*

Keterangan: Notasi huruf berbeda menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($P \leq 0,05$). Skor 1-6: sangat tidak merah – sangat merah

Jeli stik dengan jenis *gelling agent* karagenan:konjak memiliki nilai skoring warna $4,51 \pm 1,03$ (Gambar 7), dimana nilai ini berbeda signifikan lebih tinggi daripada jenis *gelling agent* karagenan dan karagenan:pektin. Karagenan memiliki

warna putih kecoklatan dan konjak memiliki warna agak kecoklatan sehingga saat tercampur akan mempengaruhi warna dari jeli stik (Kaya *et al.*, 2015). Selain itu, pektin memiliki warna putih kekuningan yang akan mengurangi warna merah pada jeli stik (Aziz *et al.*, 2018).

Skoring Aroma Semangka

Faktor rasio semangka:okra, jenis *gelling agent* serta interaksi keduanya tidak berpengaruh ($p > 0,05$) terhadap skoring aroma semangka. Nilai uji skoring aroma semangka berkisar antara 3,03-3,67 yang menunjukkan jeli stik agak tidak beraroma semangka. Hal ini dikarenakan jumlah sari semangka yang digunakan sebagai bahan baku jeli maksimal hanya 50% dari total formulasi dan tertutupi oleh aroma asing yang dihasilkan okra dan *gelling agent*. Selain itu, pemanasan saat pengolahan jeli mempengaruhi berkurangnya aroma semangka yang segar.

Skoring Aroma Asing

Interaksi antara rasio semangka dan okra dengan jenis *gelling agent* berpengaruh secara signifikan ($p \leq 0,05$) terhadap nilai aroma asing pada jeli stik. Skor aroma asing paling tinggi terdapat pada jeli stik menggunakan karagenan dengan rasio semangka dan okra 50:50 yaitu $3,70 \pm 1,06$ yang tidak berbeda signifikan dengan dengan rasio semangka dan okra 40:60 yaitu $3,67 \pm 1,03$. Secara

keseluruhan jeli stik agak beraroma asing. Penggunaan okra yang semakin banyak memengaruhi adanya aroma selain semangka yang terdeteksi oleh panelis.

Skoring Rasa

Skoring rasa hanya dipengaruhi oleh jenis *gelling agent* ($p \leq 0,05$) dengan nilai paling tinggi pada penggunaan karagenan-pektin yaitu $3,84 \pm 1,11$ (agak terasa manis). Penggunaan jenis *gelling agent* karagenan atau karagenan-konjak menghasilkan jeli stik yang agak tidak terasa manis. Sari okra cenderung tidak memiliki rasa manis sehingga rasa manis hanya berasal dari sari semangka dan gula.

Skoring Kekenyalan

Skoring kekenyalan hanya dipengaruhi oleh jenis *gelling agent* ($p \leq 0,05$) Jeli stik dengan jenis *gelling agent* karagenan:konjak memiliki nilai skoring kekenyalan $5,11 \pm 1,14$ (Gambar 8), nilai ini lebih tinggi daripada *gelling agent* karagenan dan karagenan: pektin.

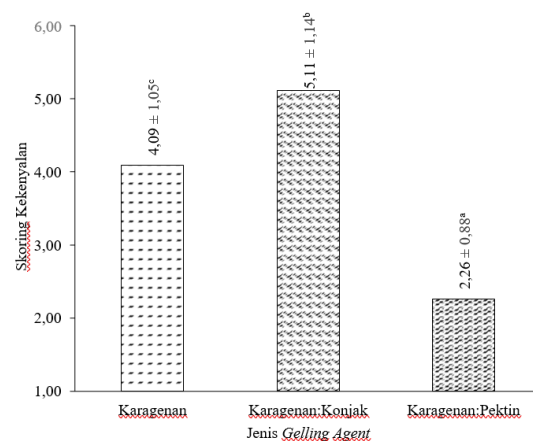
Nilai skor tersebut menunjukkan tekstur kenyal, karena *gelling agent* karagenan:konjak menghasilkan gel yang elastis dan tidak keras. Konjak membentuk *junction zone* yang lemah dalam gel dan membuat ikatan kappa karagenan terputus (Akesowan, 2014).

Hedonik Warna

Rasio semangka dan okra serta jenis *gelling agent* masing-masing

berpengaruh signifikan ($p \leq 0,05$) terhadap hedonik warna jeli stik. Jeli stik dengan rasio semangka dan okra 60:O40 memiliki nilai hedonik warna tertinggi yaitu $4,41 \pm 0,73$. Panelis menyukai warna jeli stik pada rasio 60:40, hal ini dikarenakan lebih banyaknya sari semangka yang digunakan sehingga warna yang dihasilkan lebih merah dan lebih disukai panelis. Warna merah pada semangka berasal dari senyawa likopen (Hamsina *et al.*, 2019).

Jeli stik dengan jenis *gelling agent* karagenan:konjak memiliki nilai hedonik warna paling tinggi yaitu $4,07 \pm 0,93$ agak suka. Penggunaan karagenan maupun kombinasinya akan akan mengurangi warna merah pada jeli sehingga mengurangi kesukaan terhadap warna jeli.



Gambar 8. Skoring kekenyalan jeli stik semangka dan okra berdasarkan jenis *gelling agent*

Keterangan: Notasi huruf berbeda menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($P \leq 0,05$). Skor 1-6: sangat tidak merah – sangat merah

Hedonik Aroma

Rasio semangka:okra dan jenis *gelling agent* serta interaksi keduanya

tidak berpengaruh ($p>0,05$) terhadap nilai kesukaan aroma jeli stik. Nilai uji hedonik aroma berkisar antara 3,03-3,57 yang menunjukkan panelis memilih netral. Hal ini sejalan dengan hasil skoring aroma, dikarenakan tidak adanya perbedaan dari aroma jeli stik semangka dan okra dengan berbagai jenis *gelling agent* dan rasio bahan, sehingga panelis memiliki tingkat kesukaan yang sama terhadap aroma.

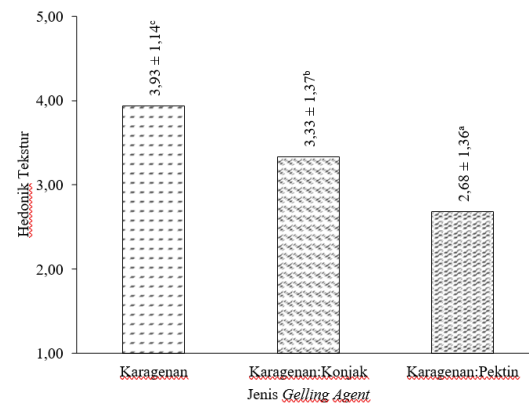
Hedonik Rasa

Rasio semangka:okra dan jenis *gelling agent* serta interaksi keduanya tidak berpengaruh ($p>0,05$) terhadap hedonik rasa jeli stik. Nilai uji hedonik rasa berkisar pada skala 3 yang menunjukkan panelis memilih netral. Hal ini dikarenakan tidak adanya perbedaan dari rasa jeli stik semangka dan okra dengan berbagai jenis *gelling agent*, sehingga panelis memiliki tingkat kesukaan yang sama terhadap rasa. Selain itu, penambahan gula pada pembuatan jeli stik dilakukan dengan jumlah yang sama, serta sari okra cenderung tidak memiliki rasa manis.

Hedonik Tekstur

Nilai kesukaan terhadap tekstur jeli stik hanya dipengaruhi oleh jenis *gelling agent* ($p\leq 0,05$). Jeli stik dengan jenis *gelling agent* karagenan memiliki nilai hedonik tekstur paling tinggi yang berbeda signifikan dengan perlakuan lain yaitu

$3,93 \pm 1,14$ yang berarti agak suka terhadap tekstur jeli (Gambar 9).



Gambar 9. Hedonik tekstur jeli stik semangka dan okra berdasarkan jenis *gelling agent*

Keterangan: Notasi huruf berbeda menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($P\leq 0,05$). Skala 1-5: tidak suka - suka

Meskipun hasil uji skoring menunjukkan penggunaan karagenan: konjak menghasilkan jeli paling kenyal, panelis lebih menyukai jeli dengan tekstur yang tidak terlalu kenyal namun lebih *gummy* dan *chewy* yang berdasarkan uji secara fisik diperoleh dari penggunaan karagenan saja. Panelis kurang menyukai jeli stik dengan *gelling agent* karagenan: pektin karena jeli stik yang dihasilkan lebih mudah hancur akibat kurangnya ion kalsium dalam pembuatan jeli stik. Menurut Han *et al.*, (2017) peningkatan ion kalsium akan membentuk *junction zone* dan membuat gel menjadi lebih kuat.

Hedonik Keseluruhan

Tidak terdapat interaksi antara rasio semangka dan okra dengan jenis *gelling agent* ($p>0,05$) pada penerimaan

secara keseluruhan, namun masing-masing faktor berpengaruh terhadap hedonik keseluruhan. Jeli stik dengan rasio semangka dan okra 60:040 memiliki nilai hedonik keseluruhan paling tinggi yaitu $3,78 \pm 0,91$ yang berbeda signifikan dengan rasio lainnya. Jeli stik dengan jenis *gelling agent* karagenan memiliki nilai hedonik keseluruhan tertinggi $3,68 \pm 0,93$ yang berbeda signifikan dengan jenis *gelling agent* lainnya. Hal ini berarti secara keseluruhan panelis lebih menyukai jeli stik dengan warna, aroma, rasa, dan tekstur saat digunakan rasio semangka:okra 60:40 atau penggunaan *gelling agent* karagenan.

Penentuan Jeli Stik Terbaik

Berdasarkan hasil penelitian pada pembuatan jeli stik semangka dan okra menunjukkan bahwa jeli stik terbaik adalah rasio semangka dan okra (60: 40), serta jenis *gelling agent* karagenan:konjak. Penentuan jeli stik terbaik berdasarkan karakteristik fisik yaitu tekstur yang mendekati jeli stik komersial meliputi *springiness* dan *cohesiveness* serta organoleptik. Selain itu, penentuan jeli stik terbaik juga diperoleh dari presentase sineresis yang kecil.

Jeli stik terbaik memiliki tekstur kenyal, kokoh, tidak mudah putus/patah, aroma netral, warna merah dan memiliki bentuk stik dengan ketebalan 1 cm dengan total padatan terlarut $9,53 \pm 0,32$ °brix.

Karakteristik Kimia Jeli Terbaik

Jeli stik semangka dan okra dengan rasio 60:40 serta penggunaan *gelling agent* karagenan:konjak memiliki kapasitas antioksidan dengan nilai IC_{50} $82.226,96 \pm 6297,9$ ppm, total fenolik $0,157 \pm 0,01$ mg GAE/ml, dan total flavonoid $0,022 \pm 0,000$ mg QE /ml. Berdasarkan penelitian dari Novidahlia *et al.*, (2019), minuman jeli dari semangka dan tomat memiliki nilai IC_{50} 130470 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa jeli stik semangka-okra memiliki kapasitas antioksidan yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan adanya tambahan okra pada jeli stik semangka dan okra yang meningkatkan kapasitas antioksidan.

Jeli stik semangka dan okra dengan rasio 60:40 serta penggunaan *gelling agent* karagenan:konjak memiliki kadar air 70,80%, kadar abu 0,70%, kadar lemak 1,15%, kadar protein 0,72%, kadar karbohidrat 26,% dan kadar serat pangan sebesar 2,8850 g/100g. Jeli stik semangka-okra memiliki kadar serat pangan yang lebih tinggi dibandingkan kadar serat 0,7531g/100g pada minuman jeli okra (Nurlin, 2017).

KESIMPULAN

Jeli stik terbaik diperoleh dari rasio semangka dan okra 60:40 dengan jenis *gelling agent* karagenan:konjak. Jeli stik terbaik memiliki tekstur paling mendekati

jeli stik komersial dengan *springiness* sebesar $0,95 \pm 0,01$ dan *cohesiveness* sebesar $0,70 \pm 0,02$. Jeli ini memiliki nilai $^{\circ}\text{Hue}$ $22,34 \pm 0,97$, berwarna merah, tekstur kenyal, dan kesukaan keseluruhan yang netral dari panelis. Jeli stik terbaik memiliki nilai IC_{50} sebesar $82.226,96 \pm 6297,9$ ppm, total fenolik $0,157 \pm 0,01$ mg GAE/ml, total flavonoid $0,022 \pm 0,000$ mg QE /ml dan kadar serat pangan 2,885%.

SARAN

Optimasi formulasi *gelling agent* karagenan: konjak dapat dilakukan untuk memperoleh jeli stik yang lebih mendekati jeli stik komersial serta untuk meningkatkan penerimaan produk dari sisi rasa, aroma dan kekenyalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiaprana, R., Maz'ruf, W. F., & Anggo, A. D. (2016). Kajian kualitas stabilitas emulsi semi refined carrageenan (src) dan tepung konjak pada sosis ikan nila (*Oreochromis* sp.). *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 5(1), 23-27.
- Agustina, E. (2017). Uji Aktivitas senyawa antioksidan dari ekstrak daun tiin (*Ficus carica* Linn) dengan pelarut air, metanol dan campuran metanol-air. *KLOROFIL: Jurnal Ilmu Biologi dan Terapan*, 1(1), 34-47. <http://dx.doi.org/10.30821/kfl:jibt.v1i1.1240>
- Ahmad, S., Butt, M. S., Pasha, I., & Sameen, A. (2015). Quality of processed cheddar cheese as a function of emulsifying salt replaced by κ -carrageenan. *International Journal of Food Properties*, 19(8), 1874-1883. <https://doi.org/10.1080/10942912.2015.1085396>
- Ahmed, M., Ji, M., Qin, P., Gu, Z., Liu, Y., Sikandar, A., Iqbal, M. F., & Javeed, A. (2019). Phytochemical screening, total phenolic and flavonoids contents and antioxidant activities of *Citrullus colocynthis* L. and *Cannabis sativa* L. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17, 6961-6979. https://doi.org/10.15666/aeer/1703_69616979
- Akesowan, A. (2014). Optimization of textural properties of konjac gels formed with κ -carrageenan or xanthan and xylitol as ingredients in jelly drink processing. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 1735-1743. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12405>
- Amerine, M. A., Pangborn, R. M., & Roessler, E. B. (2013). *Principles of Sensory Evaluation of Food*. Elsevier.
- Ardiansyah, G., Hintono, A., & Pratama, Y. (2019). Karakteristik fisik selai wortel (*Daucus carota* l.) dengan penambahan tepung porang (*Amorphophallus oncophyllus*) sebagai bahan pengental. *Jurnal Teknologi Pangan*, 3(2), 175-180. <https://doi.org/10.14710/jtp.2019.23520>
- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (2005). *Official Method of Analysis* (18th ed). AOAC International. Gaithersburg.

- Aziz, T., Johan, M. E. G., & Sri, D. (2018). Pengaruh jenis pelarut, temperatur, dan waktu terhadap karakterisasi pektin hasil ekstraksi dari kulit buah naga (*Hylocereus polyrhizus*). *Jurnal Teknik Kimia*, 24(1), 17-27. <https://doi.org/10.36706/jtk.v24i1.413>
- Azni, I. N., Amelia, J. R., Andriantini, A., & Rismawati, A. (2019). Karakteristik kimia minuman okra dengan penambahan daun stevia dan ekstrak jahe. *Jurnal Agroindustri Halal*, 5(1), 1-8. <https://doi.org/10.30997/jah.v5i1.1467>
- Berns, R. S. (2019). *Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology* (4th ed.). John Wiley & Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119367314>
- Chrisella, A., Kusumawati, N., & Suseno, T. I. P. (2015). Pengaruh perbedaan penambahan rumput laut eucheuma cottonii dan gelatin dengan berbagai konsentrasi terhadap sifat fisikokimia dan organoleptik permen jelly rumput laut. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi*, 14(1), 38-45.
- CP Kelco. (2011). Product data sheet: GENU pectin type LM-101 AS. CP Kelco U.S., Inc.
- Eveline, Santoso, J., & Widjaja, I. (2011). Kajian konsentrasi dan rasio gelatin dari kulit ikan patin dan kappa karagenan pada pembuatan jeli. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 14(2), 98-105.
- Faisal, H. (2019). Uji Aktivitas antioksidan ekstrak etanol buah okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) dengan metode DPPH (1, 1-difenil-2-pikrilhidrazil) dan metode ABTS (2, 2-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid). *Ready Star*, 2(1), 1-5.
- Garrido, J. I., Lozano, J. E., & Genovese, D. B. (2014). Effect of formulation variables on rheology, texture, colour, and acceptability of apple jelly: Modelling and optimization. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 325-332. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.07.010>
- Hamsina, Hasani R., & Irfan. (2019). Optimasi proses ekstraksi senyawa likopen dari buah semangka dengan menggunakan variasi pelarut. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4, 59-63.
- Han, W., Meng, Y., Hu, C., Dong, G., Qu, Y., Deng, H., & Guo, Y. (2017). Mathematical model of Ca^{2+} concentration, pH, pectin concentration and soluble solids (sucrose) on the gelation of low methoxyl pectin. *Food Hydrocolloids*, 66, 37-48. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.12.011>
- Hasanah, N., Hidayah, I. N., & Muflihati, I. (2019). Karakteristik jelly drink seledri dengan variasi konsentrasi karagenan dan agar. *Journal of Food and Culinary*, 2(1), 17-26. <https://doi.org/10.12928/jfc.v2i1.1436>
- Herawati, H. (2018). Potensi hidrokoloid sebagai bahan tambahan pada produk pangan dan nonpangan bermutu. *Jurnal Litbang Pertanian*, 37(1), 17-25. <https://doi.org/10.21082/jp3.v37n1.2018.p17-25>
- Kaya, A. O. W., Suryani, A., Santoso, J., & Rusli, M. S. (2015). Karakteristik dan struktur mikro gel campuran

- semirefined carrageenan dan glukomanan. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 37(1), 19-28. <http://dx.doi.org/10.24817/jkk.v37i1.1808>
- Kuncari, E. S., Iskandarsyah, & Praptiwi. (2014). Evaluasi, uji stabilitas fisik dan sineresis sediaan gel yang mengandung minoksidil, apigenin, dan perasan herba seledri (*Apium graveolens* L.). *Buletin Penelitian Kesehatan*, 42(4), 213-222.
- Mariani, S., Rahman, N., & Supriadi, S. (2018). Uji aktivitas antioksidan ekstrak buah semangka (*Citrullus lanatus*). *Jurnal Akademika Kimia*, 7(2), 96-101. <https://doi.org/10.22487/j24775185.2018.v7.i2.10401>
- Novidahlia, N., Rohmayanti, T., & Nurmilasari, Y. (2019). Karakteristik fisikokimia jelly drink daging semangka, albedo semangka, dan tomat dengan penambahan karagenan dan tepung porang (*Amorphophallus muelleri* Blume). *Jurnal Agroindustri Halal*, 5(1), 57-66. <https://doi.org/10.30997/jah.v5i1.1694>
- Nurlin, L. A. (2017). Kandungan serat pangan pada minuman jeli okra hijau (*Abelmoschus esculentus*) dan stroberi (*Fragaria ananassa*) [Bachelor's Thesis]. Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia.
- Phillips, G. O., & Williams, P. A. (2009). *Handbook of Hydrocolloids* (2nd ed.). Woodhead Publishing Limited.
- Purwanto, D., Bahri, S., & Ridhay, A. (2017). Uji aktivitas antioksidan ekstrak buah purnajiwa (*Kopsia arborea* Blume.) dengan berbagai pelarut. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 3(1), 24-32.
- <https://doi.org/10.22487/j24775398.2017.v3.i1.8230>
- Rubio-Arreaez, S., Benavent, C., Ortolá, M. D., & Castelló, M. L. (2018). Influence of low glycaemic index sweeteners on antioxidant, sensory, mechanical, and physicochemical properties of a watermelon jelly. *Journal of Food Quality*, 2018, 8412017. <http://dx.doi.org/10.1155/2018/8412017>
- Rulaningtyas, R., Suksmono, A. B., Mengko, T. L. R., & Saptawati, G. A. P. (2015). Segmentasi citra berwarna dengan menggunakan metode clustering berbasis patch untuk identifikasi *Mycobacterium tuberculosis*. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 17(1), 19-25. <https://doi.org/10.20473/jbp.v17i1.2015.19-25>
- Salim, M., Dharma, A., Mardiah, E., & Oktoriza, G. (2017). Pengaruh kandungan antosianin dan antioksidan pada proses pengolahan ubi jalar ungu. *Jurnal Zarah*, 5(2), 7-12. <https://doi.org/10.31629/zarah.v5i2.209>
- Senet, M. R. M., Raharja, I. G. M. A. P., Darma, I. K. T., Prastakarini, K. T., Dewi, N. M. A., & Parwata, I. M. O. A. (2018). Penentuan kandungan total flavonoid dan total fenol dari akar kersen (*Muntingia calabura*) serta aktivitasnya sebagai antioksidan. *Jurnal Kimia*, 12(1), 13-8. <https://doi.org/10.24843/JCHEM.2018.v12.i01.p03>
- Thakre, G., & Barse, A. (2018). Development of herbal jelly (with *Hibiscus rosa sinensis* and rose petals). *Journal of Medicinal Plants Studies*, 6(6), 30-32.

Utomo, B. S. B., Darmawan, M., Hakim, A. R., & Ardi, D. T. (2014). Sifat fisikokimia dan evaluasi sensori permen jeli yang terbuat dari k-karaginan dan konjak dengan rasio yang berbeda. *Squalen Bulletin of Marine & Fisheries Postharvest & Biotechnology*, 9(1), 25-34. <https://doi.org/10.15578/squalen.93>

PEMODELAN FREKUENSI DAN SIMULASI GETARAN SENAR GITAR BASS LISTRIK DAN GITAR AKUSTIK

[FREQUENCY MODELING AND VIBRATION SIMULATION OF ELECTRIC BASS AND ACOUSTIC GUITAR STRINGS]

Caroline Gunawan¹, Helena Margaretha², Lina Cahyadi^{3*}, Petrus Widjaja⁴
^{1,2,3,4}Program Studi Matematika, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia

*Korespondensi penulis: lina.cahyadi@uph.edu

ABSTRACT

Mathematical equations can represent numerous real-world scenarios, a process known as mathematical modelling. Within this paper, we undertake modelling two musical instruments, specifically the electric bass guitar and the acoustic guitar. Our approach uses partial differential equations (PDEs) to represent these instruments accurately. By establishing the initial condition, we derive the final solution and simulate the frequency using parameters obtained from this solution alongside a frequency formula. The PDE for the electric bass guitar is of non-homogeneous second order, while the PDE for the acoustic guitar is of homogeneous fourth order. The simulation outcomes demonstrate that a lower vibration frequency for the electric bass guitar corresponds to a decreased string density, given a fixed tension. Similarly, this correlation holds for the acoustic guitar. With fixed string tension and Young's Modulus, a lower string density leads to a higher frequency and reduced inertia. Additionally, we provide graphical representations of the analytical solutions for both PDEs.

Keywords: acoustic guitar; electric bass guitar; frequency simulation; partial differential equation

ABSTRAK

Persamaan matematika dapat memodelkan banyak situasi dalam dunia nyata. Proses ini disebut pemodelan matematika. Salah satu contoh yang dapat dimodelkan adalah frekuensi alat musik (gitar bass listrik dan gitar akustik). Kedua alat musik tersebut dimodelkan frekuensinya dengan persamaan diferensial parsial (PDP). Solusi akhir akan diperoleh berdasarkan kondisi awal. Simulasi frekuensi dilakukan berdasarkan parameter yang ditemukan dari solusi akhir dan rumus frekuensi. PDP untuk gitar bass listrik adalah orde dua non-homogen, dan PDP untuk gitar akustik adalah orde empat homogen. Hasil simulasi menunjukkan bahwa untuk gitar bass dengan tegangan tertentu, senar dengan densitas rendah menghasilkan frekuensi getaran yang lebih rendah. Hasil yang konsisten juga ditunjukkan untuk gitar akustik. Pada tegangan senar dan Modulus Young yang diberikan, senar dengan densitas rendah menghasilkan frekuensi yang lebih tinggi dan inersia yang lebih rendah. Beberapa grafik solusi analitik dari kedua PDP tersebut juga ditampilkan dalam artikel ini.

Kata kunci: gitar akustik; gitar bass elektrik; persamaan diferensial parsial; simulasi frekuensi

PENDAHULUAN

Pemodelan matematika merupakan bentuk deskripsi matematis yang digunakan untuk menggambarkan suatu kejadian, misalnya getaran pada berbagai alat music (Wijnand *et al.*, 2020; Kusumastuti *etal.*, 2019; Vinod Kumar & Ganguli, 2011). Dalam pembahasan ini, pemodelan yang dipakai dengan menggunakan persamaan diferensial parsial (PDP) untuk gitar *bass* elektrik (Lambson, 2018) dan gitar akustik (Kobayashi, *et. al.*, 2010; Strauss, 2008).

Dalam artikel ini dipaparkan pengaruh dari parameter-parameter dalam persamaan masing-masing gitar akustik dan gitar *bass* elektrik terhadap frekuensi (f), yaitu tegangan (τ), massa jenis (ρ), inersia (I), amplitudo (α_1 dan α_2 untuk gitar *bass* elektrik, σ_1 dan σ_2 untuk gitar akustik), dan Modulus Young (E). Selain itu, dipaparkan juga model untuk frekuensi gitar akustik dan gitar *bass* elektrik yang diperoleh dari solusi analitik, syarat awal yang terbaik untuk pemodelan frekuensi gitar akustik dan gitar *bass* elektrik.

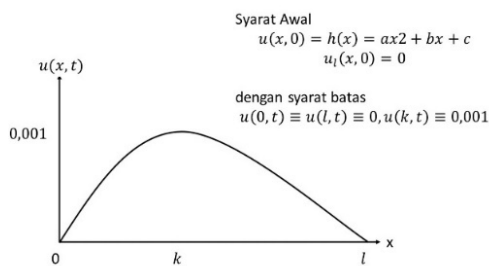
Batasan-batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: jenis dan tegangan pada senar konstan ($\rho(x) = \rho$ dan $\tau(x) = \tau$), senar tidak teredam (*undamped*) pada semua alat musik, posisi petik pada $x = k$ konstan, tegangan (τ) diukur dalam satuan

kilogram, senar gitar terbuat dari perunggu dengan Modulus Young (E) sebesar 96 *GPa*, rumus inersia untuk setiap senar gitar adalah $I = \frac{1}{4} MR^2 + \frac{1}{2} ML^2$, dengan M adalah massa senar, R adalah jari-jari senar (m), L adalah panjang senar dalam (m).

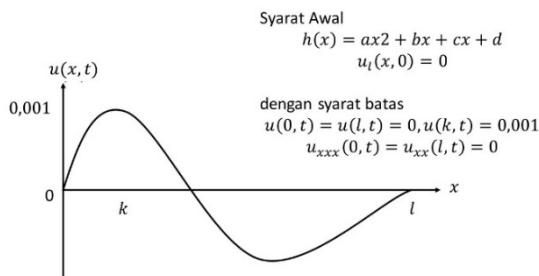
Dari rujukan-rujukan yang ada, telah ditemukan kedua pemodelan untuk gitar *bass* elektrik dan gitar akustik, yaitu PDP orde dua nonhomogen untuk gitar *bass* elektrik dan PDP orde 4 homogen untuk gitar akustik. Namun, dari rujukan-rujukan tersebut hanya ditemukan model persamaan yang masih perlu pengembangan lebih lanjut mengenai frekuensi dan perubahan parameternya, beserta beberapa grafik pendekatan yang digunakan untuk syarat awal pada penelitian ini (Arfken *et al.*, 2013, Brown & Churchill, 2009; Anton & Rorres, 2005).

Grafik syarat awal dan pemodelan gitar dipaparkan dalam Gambar 1-5. Pemodelan pada gitar *bass* elektrik dan gitar akustik untuk syarat awal kuadrat digunakan parameter a , b , dan c untuk menentukan bentuk grafik kuadratnya. Gambar 3 merupakan grafik untuk syarat awal distribusi beta dengan parameter α , β , dan c untuk menentukan bentuk grafik distribusi beta. Grafik ini berguna untuk membandingkan dengan syarat awal kuadrat dan kubik.

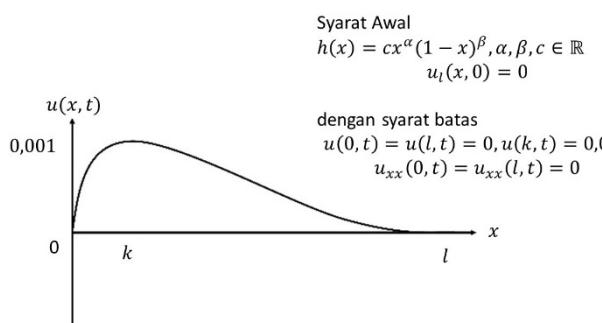
Struktur untuk pemodelan gitar *bass* elektrik dan gitar akustik dapat dilihat pada Gambar 4. Pada Gambar 4, struktur gitar *bass* elektrik, terdapat x adalah posisi pada senar, u adalah amplitudo sebuah senar, l adalah posisi jari untuk menekan senar, k adalah posisi memetik senar, dan $0 < k < l$, di mana $k, l \in \mathbb{R}$.



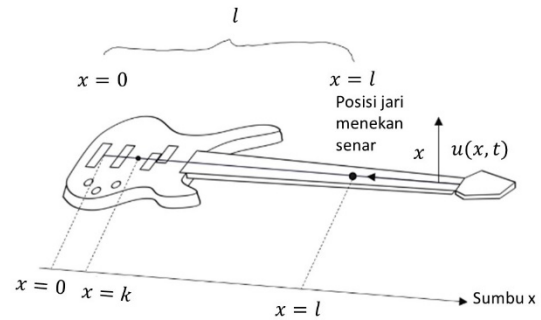
Gambar 1. Grafik syarat awal kuadrat dan syarat batas untuk gitar *bass* elektrik dan gitar akustik



Gambar 1. Grafik syarat awal kubik dan syarat batas untuk gitar *bass* elektrik dan gitar akustik

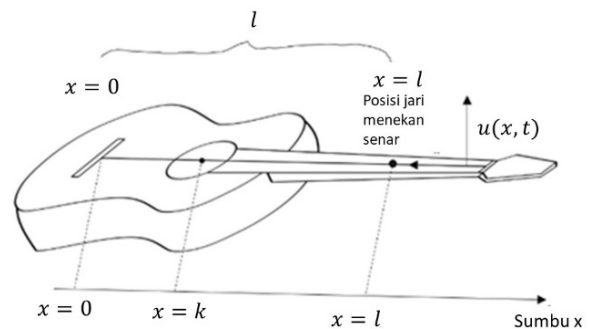


Gambar 3. Syarat awal beta dan syarat batas pada gitar *bass* elektrik dan gitar akustik



Gambar 4. Pemodelan pada gitar *bass* elektrik

Gambar struktur pada gitar akustik juga memiliki struktur yang sama seperti gitar *bass* elektrik. Gambar 5 adalah gambar struktur pada gitar akustik.



Gambar 5. Pemodelan pada gitar akustik

Pada penelitian ini, pemodelan frekuensi gitar *bass* elektrik dan gitar akustik dikembangkan dengan mencari solusi masing-masing PDP yang dipaparkan proses pencarian solusi dengan lebih terperinci, dilanjutkan dengan simulasi parameter-parameter PDP pada masing-masing alat musik yang kemudian dimunculkan pemodelan frekuensi gitar *bass* elektrik dan gitar akustik. Tidak hanya itu, penelitian ini juga menggunakan beberapa syarat awal untuk menentukan pemodelan yang terbaik untuk frekuensi gitar *bass* elektrik dan gitar akustik

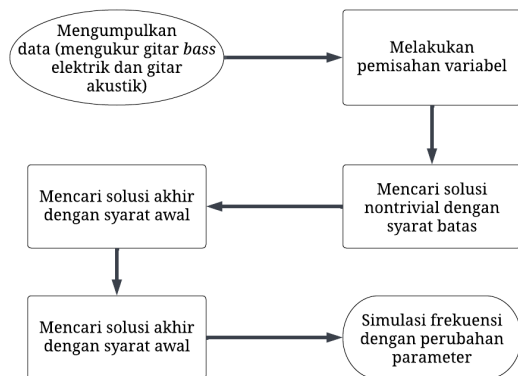
BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Alat yang digunakan adalah gitar *bass* elektrik dan gitar akustik.

Metode Penelitian

Gambaran langkah penelitian yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Flowchart penelitian

Langkah pertama hingga kelima pada Gambar 6 merupakan langkah-langkah penyelesaian PDP pada gitar *bass* elektrik maupun gitar akustik, sementara simulasi frekuensi merupakan tahap akhir untuk penelitian terhadap parameter-parameter yang terdapat pada gitar *bass* elektrik dan gitar akustik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyelesaian PDP Gitar Bass Elektrik

PDP gitar *bass* elektrik (Harmonic Motion, 2022; Kobayashi, 2010)

$$\tau \frac{\partial^2}{\partial x^2} u(x, t) + f(x, t) = \rho \frac{\partial^2}{\partial t^2} u(x, t) \quad (1)$$

dengan syarat awal

$$u(x, 0) = h(x)ax^2 + bx + c$$

$$\text{dan } u_t(x, 0) = 0, \quad (2)$$

dengan

1. x = posisi pada senar dengan $0 < x < l$,
2. u = amplitudo senar,

dan syarat batas

$$u(0, t) = 0 \text{ dan } u(l, t) = 0. \quad (3)$$

dapat diselesaikan dengan metode pemisahan variabel, dengan kombinasi liniernya dari fungsi berikut

$$u_n(x, t) = \alpha_n \sin\left(\frac{n\pi}{l}x\right) \cos\left(\frac{\sqrt{\frac{\tau}{\rho}}n\pi}{l}t\right), \quad (4)$$

dan solusi akhirnya adalah

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n \sin\left(\frac{n\pi}{l}x\right) \cos\left(\frac{\sqrt{\frac{\tau}{\rho}}n\pi}{l}t\right). \quad (5)$$

Dari solusi akhir PDP yang telah didapatkan, pemodelan frekuensi untuk gitar *bass* elektrik adalah

$$f_n = \frac{\sqrt{\frac{\tau}{\rho}}n}{1,73}. \quad (6)$$

Terdapat tiga syarat awal yang digunakan untuk penyelesaian PDP gitar *bass* elektrik, yaitu syarat awal kuadrat dengan bentuk

$$h(x) = ax^2 + bx + c, \quad (7)$$

syarat awal kubik dengan bentuk

$$h(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d, \quad (8)$$

syarat awal distribusi beta dengan bentuk

$$h(x) = cx^\alpha(l-x)^\beta. \quad (9)$$

Dari ketiga syarat awal di atas, ditentukan solusi PDP pada gitar *bass* elektrik dengan syarat awal kuadrat dengan menentukan nilai a , b , dan c dengan $k = 0,095$ dan $l = 0,865$, menggunakan $h(0)$ untuk mencari koefisien c , dengan $c = 0$. Maka dari itu, $h(x)$ yang akan digunakan untuk mencari nilai a dan b adalah

$$h(x) = ax^2 + bx. \quad (10)$$

Kemudian dimasukkan $h(k) = 0,001$ dan $h(l) = 0$ pada persamaan di atas, dan diselesaikan dengan sistem persamaan linier (SPL) dengan $a = -\frac{20}{1.463}$ dan $b = \frac{173}{14.630}$. Maka dari itu, solusi akhir untuk PDP gitar *bass* elektrik dengan syarat awal kuadrat adalah

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n \sin\left(\frac{n\pi}{0,865} x\right) \cos\left(\frac{\sqrt{\frac{\tau}{\rho}} n\pi}{0,865} t\right), \quad (11)$$

dengan

$$\alpha_n = \frac{2}{0,865} \int_0^{\infty} \left(-\frac{20}{1.463} x^2 + \frac{173}{14.630} x\right) \sin\left(\frac{n\pi}{0,865} x\right) dx. \quad (12)$$

Untuk syarat awal kubik, cara yang digunakan sama seperti syarat awal kuadrat tetapi digunakan persamaan

$$h(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d, \quad (13)$$

dengan nilai $a = 0,1261464729$, $b = -0,1347711539$, $c = 0,221911035$ dan $d = 0$, yang didapat dari $h(k) = 0,001$, $h'(k) = 0$ yang didefinisikan sebagai titik puncak pada grafik kubik, dan $h(l) = 0$, dengan menggunakan SPL, solusi akhir untuk PDP gitar *bass* elektrik dengan syarat awal kubik adalah

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n \sin\left(\frac{n\pi}{l} x\right) \cos\left(\frac{\sqrt{\frac{\tau}{\rho}} n\pi}{l} t\right), \quad (14)$$

dengan

$$\alpha_n = \frac{2}{0,865} \int_0^{\infty} (0,1261464729x^3 - 0,1347711539x^2 + 0,221911035x) \sin\left(\frac{n\pi}{0,865} x\right) dx. \quad (15)$$

Untuk syarat awal distribusi beta, dicari β dan c menggunakan program *Maple* dengan memilih $\alpha = 0,3$ sehingga

$$h(x) = cx^{\alpha}(l-x)^{\beta} \quad (16)$$

dengan $h(k) = 0,001$ dan $h(l) = 0$. Selain itu, terdapat satu syarat untuk menentukan apakah nilai α yang dipilih tersebut layak dengan $h''(k) < 0$. Dari syarat tersebut, nilai α yang dipilih layak sehingga dengan *Maple* didapatkan $\beta = 2,431578948$ dan $c = 0,003825512995$. Maka dari itu, solusi PDP gitar *bass* elektrik dengan syarat awal distribusi beta adalah

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n \sin\left(\frac{n\pi}{0,865} x\right) \cos\left(\frac{\sqrt{\frac{\tau}{\rho}} n\pi}{0,865} t\right), \quad (17)$$

dengan

$$\alpha_n = \frac{2}{0,865} \int_0^{\infty} (0,003825512995x^{0,3} (0,865 - x)^{2,431578948}) \sin\left(\frac{n\pi}{0,865} x\right) dx. \quad (18)$$

Simulasi Frekuensi Gitar Bass Elektrik

Amplitudo tertinggi yang dihasilkan oleh gitar bass elektrik dengan syarat awal persamaan kuadrat adalah pada $n = 1$, dengan hasil dari

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \alpha_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{2}{0,865} \int_0^{\infty} \left(-\frac{20}{1.463} x^2 + \frac{173}{14.630} x\right) \sin\left(\frac{n\pi}{0,865} x\right) dx \quad (19)$$

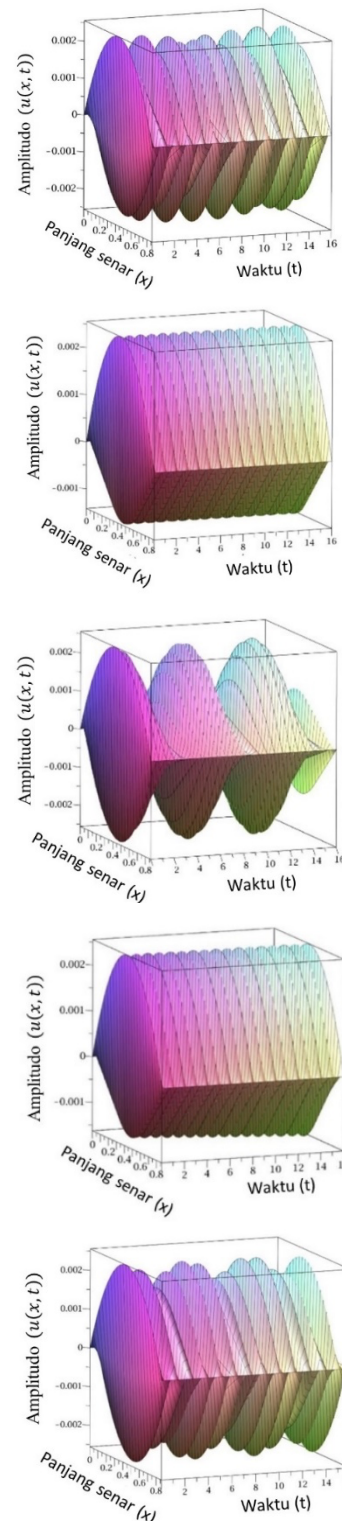
konvergen menuju 0. Simulasi frekuensi gitar bass elektrik dengan syarat awal persamaan kuadrat ada pada Tabel 1. Untuk syarat awal persamaan kuadrat, gitar bass memiliki amplitudo tertinggi sebesar 0,002639114624 m.

Tabel 1. Simulasi frekuensi berdasarkan parameter tegangan (τ), amplitudo maksimum (α_1), dan massa jenis (ρ) pada alat musik gitar bass elektrik

Senar	$f(\text{Hz})$	$\tau(\text{kg})$	$\rho\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$	$\alpha_1(\text{m})$
1	97,999	20,4116	0,000710	0,002639
2	73,416	19,1869	0,001829	0,002639
3	55,000	20,4570	0,002259	0,002639
4	41,203	17,1911	0,003383	0,002639
5	30,868	15,7396	0,005519	0,002639

Gambar 7 adalah grafik pergerakan amplitudo pada gitar bass elektrik dengan

syarat awal persamaan kuadrat masing-masing senar.



Gambar 7. Pergerakan amplitudo pada senar 1-5 untuk gitar bass elektrik

Pada Gambar 7, terlihat bahwa semakin tinggi frekuensi sebuah senar, semakin rendah massa jenis senar yang dimiliki, semakin renggang juga amplop gelombang yang dimiliki pada suatu senar. Senar pertama memiliki amplop gelombang yang paling rapat dan senar kelima memiliki amplop gelombang yang paling renggang. Amplitudo tertinggi yang dihasilkan oleh gitar *bass* elektrik dengan syarat awal persamaan kubik adalah pada $n = 2$, dengan hasil

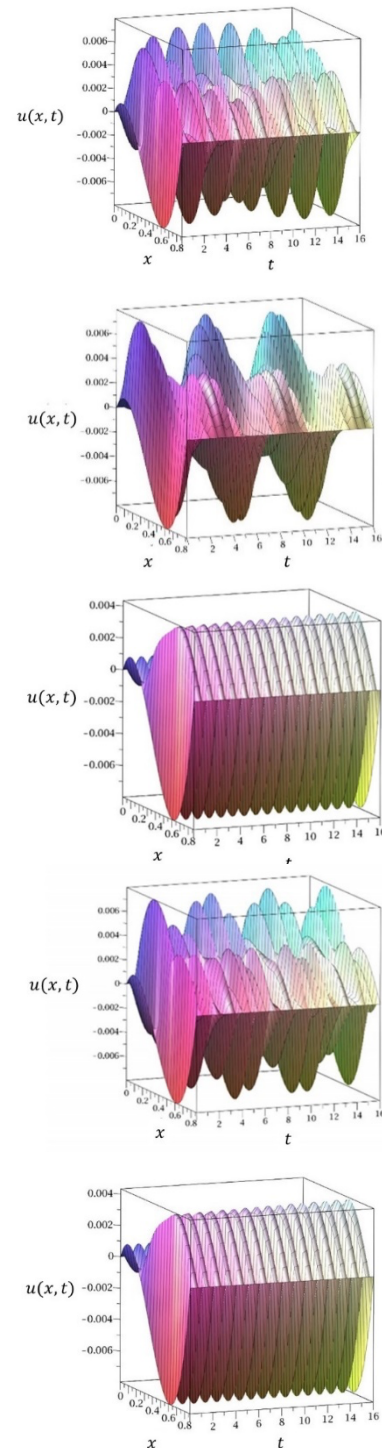
$$\lim_{n \rightarrow \infty} \alpha_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{2}{0,865} \int_0^{\infty} (0,1261464729x^3 - 0,1347711539x^2 + 0,221911035x) \sin\left(\frac{n\pi}{0,865}x\right) dx \quad (20)$$

konvergen menuju 0. Maka dari itu, berikut adalah tabel simulasi frekuensi gitar *bass* elektrik dengan syarat awal persamaan kubik pada Tabel 2. Untuk syarat awal persamaan kubik, gitar *bass* elektrik memiliki amplitudo tertinggi sebesar 0,003949708762 m.

Tabel 2. Tabel simulasi frekuensi berdasarkan parameter tegangan (τ), amplitudo maksimum (α_2), dan massa jenis (ρ) dengan syarat awal persamaan kubik pada alat musik gitar *bass* elektrik

Senar	$f(\text{Hz})$	$\tau(\text{kg})$	$\rho\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$	$\alpha_1(\text{m})$
1	97,999	20,4116	0,000710	0,0039497
2	73,416	19,1869	0,001189	0,0039497
3	55,000	20,4570	0,002259	0,0039497
4	41,203	17,1911	0,003383	0,0039497
5	30,868	15,7396	0,005519	0,0039497

Gambar 8 adalah grafik pergerakan amplitudo pada gitar *bass* elektrik dengan syarat awal persamaan kubik masing-masing senar.



Gambar 8. Grafik senar untuk gitar *bass* elektrik dengan syarat awal persamaan kubik

Pada Gambar 8, terlihat bahwa semakin tinggi frekuensi sebuah senar, semakin rendah massa jenis senar yang dimiliki, semakin renggang juga amplop gelombang yang dimiliki pada suatu senar. Senar pertama memiliki amplop gelombang yang paling rapat dan senar kelima memiliki amplop gelombang yang paling renggang. Amplitudo tertinggi yang dihasilkan oleh gitar *bass* elektrik dengan syarat awal distribusi beta adalah pada $n = 1$, dengan hasil

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \alpha_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{2}{0,865} \int_0^{\infty} (0,003825512995x^{0,3} (0,865 - x)^{2,431578948}) \sin\left(\frac{n\pi}{0,865}x\right) dx \quad (21)$$

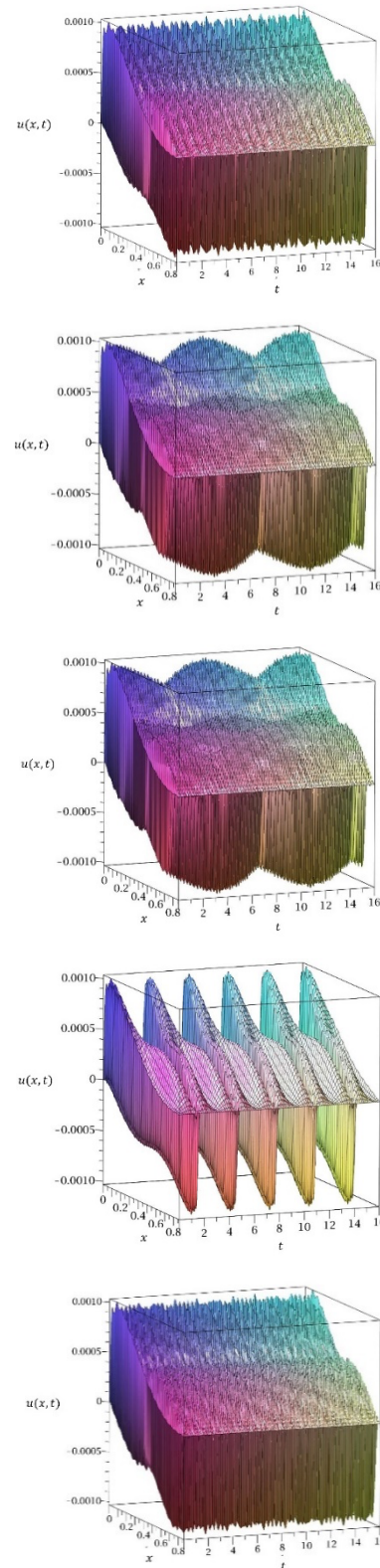
konvergen menuju 0. simulasi frekuensi gitar *bass* elektrik dengan syarat awal distribusi beta dapat dilihat pada Tabel 3. Untuk syarat awal distribusi beta, gitar *bass* elektrik memiliki amplitudo tertinggi sebesar 0,0005522689162 *m*.

Tabel 3. Tabel simulasi frekuensi berdasarkan parameter tegangan (τ), amplitudo maksimum (α_1), dan massa jenis (ρ) dengan syarat awal distribusi beta pada alat musik gitar *bass* elektrik

Senar	$f(Hz)$	$\tau(kg)$	$\rho(\frac{kg}{m^3})$	$\alpha_1(m)$
1	97,999	20,4116	0,000710	0,0005522
2	73,416	19,1869	0,001189	0,0005522
3	55,000	20,4570	0,002259	0,0005522
4	41,203	17,1911	0,003383	0,0005522
5	30,868	15,7396	0,005519	0,0005522

Gambar 9 adalah grafik pergerakan amplitudo pada gitar *bass*

elektrik dengan syarat awal distribusi beta masing-masing senar.



Gambar 9. Grafik senar untuk gitar *bass* elektrik dengan syarat awal distribusi beta

Pada Gambar 9, terlihat bahwa semakin tinggi frekuensi sebuah senar, semakin rendah massa jenis senar yang dimiliki, semakin renggang juga amplop gelombang yang dimiliki pada suatu senar. Senar pertama memiliki amplop gelombang yang paling rapat dan senar kelima memiliki amplop gelombang yang paling renggang.

Penyelesaian PDP Gitar Akustik

PDP gitar akustik (Lambson, 2018)

$$EI \frac{\partial^4}{\partial x^4} u(x, t) - \tau \frac{\partial^2}{\partial x^2} u(x, t) + \rho \frac{\partial^2}{\partial t^2} u(x, t) = 0 \quad (22)$$

dengan syarat awal $(x, 0) = h(x)$ dan $u_t(x, 0) = 0$, dan syarat batas $u(0, t) = 0$, $u(l, t) = 0$, $u_{tt}(0, t) = 0$ dan $u_{tt}(l, t) = 0$, yang dapat diselesaikan dengan metode pemisahan variabel, dengan hasil pemisahan variabelnya untuk $X(x)$ adalah

$$EIX'''' - \tau X'' = \lambda X, \quad (23)$$

dan untuk $T(t)$ adalah

$$-\rho T'' = \lambda T. \quad (24)$$

PDP ini diselesaikan dengan tiga kasus, yaitu kasus pertama ($\lambda = 0$), kasus kedua ($\lambda > 0$), dan kasus ketiga ($\lambda < 0$). Untuk kasus pertama, persamaan karakteristik yang didapatkan adalah

$$EI r^4 - \tau r^2 = 0 \quad (25)$$

dan didapatkan solusi umumnya adalah

$$X(x) = c_1 e^{\frac{\tau}{EI} x} + c_2 e^{-\frac{\tau}{EI} x}. \quad (26)$$

Kemudian dimasukkan syarat batas pada persamaan karakteristik tersebut, solusi yang didapatkan adalah trivial.

Solusi nontrivial didapatkan dari kasus kedua ($\lambda > 0$), dengan persamaan karakteristik

$$EI r^4 - \tau r^2 - \beta^2 = 0, \quad (27)$$

dengan

$$r_1 = \sqrt{\frac{\tau + \sqrt{\tau^2 + 4EI\beta^2}}{2EI}}, \quad r_2 = -\sqrt{\frac{\tau + \sqrt{\tau^2 + 4EI\beta^2}}{2EI}},$$

$$r_3 = \sqrt{\frac{\tau - \sqrt{\tau^2 + 4EI\beta^2}}{2EI}}, \quad r_4 = -\sqrt{\frac{\tau - \sqrt{\tau^2 + 4EI\beta^2}}{2EI}},$$

dengan $\tau - \sqrt{\tau^2 + 4EI\beta^2} = -\kappa$,

nilai r_3 dan r_4 menjadi $r_3 = \frac{\kappa}{2EI} i$ dan

$r_4 = -\frac{\kappa}{2EI} i$, dengan solusi umum

$$X(x) = c_1 e^{r_1 x} + c_2 e^{-r_1 x} + c_3 \cos\left(\frac{\kappa}{2EI} x\right) + c_4 \sin\left(\frac{\kappa}{2EI} x\right) \quad (28)$$

dan

$$X''(x) = r_1^2 c_1 e^{r_1 x} + r_1^2 c_2 e^{-r_1 x} - \left(\frac{\kappa}{2EI}\right)^2 c_3 \cos\left(\frac{\kappa}{2EI} x\right) - \left(\frac{\kappa}{2EI}\right)^2 c_4 \sin\left(\frac{\kappa}{2EI} x\right) \quad (29)$$

Bila dimasukkan syarat batasnya dan diselesaikan dengan SPL, solusi untuk $X(x)$ adalah

$$X_n(x) = \alpha_n \sin\left(\frac{n\pi x}{l}\right) \quad (30)$$

solusi $T(t)$ adalah

$$T_n(t) = c_1 \cos\left(\beta \sqrt{\frac{1}{\rho}} t\right) + c_2 \sin\left(\beta \sqrt{\frac{1}{\rho}} t\right) \quad (31)$$

kombinasi liniernya adalah

$$u_n(x, t) = \sigma_n \sin\left(\frac{n\pi}{l}x\right) \cos\left(\frac{1}{l} \sqrt{\frac{n\pi(Eln\pi + \tau l)}{\rho}} t\right), \quad (32)$$

dan solusi akhirnya adalah

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sigma_n \sin\left(\frac{n\pi}{l}x\right) \cos\left(\frac{1}{l} \sqrt{\frac{n\pi(Eln\pi + \tau l)}{\rho}} t\right). \quad (33)$$

Pada kasus ketiga, dengan membagi kasus lagi, yaitu $z > 0$ dan $z < 0$, dengan persamaan karakteristik

$$Elr^4 - \tau r^2 + \beta^2 = 0,$$

$$\text{dengan } r_1 = \sqrt{\frac{\tau + \sqrt{\tau^2 - 4EI\beta^2}}{2EI}},$$

$$r_2 = -\sqrt{\frac{\tau + \sqrt{\tau^2 - 4EI\beta^2}}{2EI}}, \quad r_3 = \sqrt{\frac{\tau - \sqrt{\tau^2 - 4EI\beta^2}}{2EI}},$$

$$\text{dan } r_4 = -\sqrt{\frac{\tau - \sqrt{\tau^2 - 4EI\beta^2}}{2EI}}, \text{ dengan}$$

$$\tau^2 - 4EI\beta^2 = z. \quad (34)$$

dan solusi umumnya adalah

$$X(x) = c_1 e^{r_1 x} + c_2 e^{r_2 x} + c_3 e^{r_3 x} + c_4 e^{-r_4 x} \quad (35)$$

dan

$$X''(x) = r_1^2 c_1 e^{r_1 x} + r_2^2 c_2 e^{r_2 x} + r_3^2 c_3 e^{r_3 x} + r_4^2 c_4 e^{-r_4 x}. \quad (36)$$

Bila dimasukkan syarat batas pada solusi umum dan diselesaikan menggunakan eliminasi Gauss-Jordan, solusi untuk kasus ketiga trivial.

Dari solusi PDP yang telah didapatkan dari kasus kedua, pemodelan frekuensi untuk gitar akustik adalah

$$f_n = \frac{1}{1,3\pi} \sqrt{\frac{n\pi(Eln\pi + \tau 0,65)}{\rho}}. \quad (37)$$

Terdapat tiga syarat awal yang digunakan untuk penyelesaian PDP gitar akustik, yaitu syarat awal kuadrat dengan bentuk

$$h(x) = ax^2 + bx + c, \quad (38)$$

syarat awal kubik dengan bentuk

$$h(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d, \quad (39)$$

dan syarat awal distribusi beta berbentuk

$$h(x) = cx^\alpha(l - x)^\beta. \quad (40)$$

Dari ketiga syarat awal di atas, ditentukan solusi PDP pada gitar *bass* elektrik dengan syarat awal kuadrat dengan menentukan nilai a , b , dan c dengan $k = 0,15$ dan $l = 0,65$, menggunakan $h(0)$ untuk mencari koefisien c , dengan $c = 0$. Maka dari itu, $h(x)$ yang digunakan untuk mencari nilai a dan b adalah

$$h(x) = ax^2 + bx. \quad (41)$$

Kemudian akan dimasukkan $h(k) = 0,001$ dan $h(l) = 0$ pada persamaan di atas, dan diselesaikan dengan sistem persamaan linier (SPL) dengan $a = -\frac{1}{75}$ dan $b = \frac{13}{1.500}$. Maka dari itu, solusi akhir untuk PDP gitar akustik dengan syarat awal kuadrat adalah

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sigma_n \sin\left(\frac{n\pi}{0,65}x\right) \cos\left(\frac{1}{0,65} \sqrt{\frac{n\pi(Eln\pi + \tau 0,65)}{\rho}} t\right), \quad (42)$$

dengan

$$\sigma_n = \frac{2}{0,65} \int_0^\infty \left(-\frac{1}{75} x^2 + \frac{13}{1.500} x \right) \sin\left(\frac{n\pi}{0,65} x\right) dx. \quad (43)$$

Untuk syarat awal kubik, cara yang digunakan sama seperti syarat awal kuadrat tetapi persamaan yang digunakan:

$$h(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d, \quad (44)$$

dengan nilai $a = \frac{14}{225}$, $b = -\frac{71}{1.125}$, $c = \frac{21}{1.500}$ dan $d = 0$, yang didapat dari $h(k) = 0,001$, $h'(k) = 0$ yang didefinisikan sebagai titik puncak pada grafik kubik, dan $h(l) = 0$, dengan menggunakan SPL, solusi akhir untuk PDP gitar akustik dengan syarat awal kubik adalah

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sigma_n \sin\left(\frac{n\pi}{0,65} x\right) \cos\left(\frac{1}{0,65} \sqrt{\frac{n\pi(EI n\pi + \tau 0,65)}{\rho}} t\right), \quad (45)$$

dengan

$$\sigma_n = \frac{2}{0,65} \int_0^\infty \left(\frac{14}{225} x^3 - \frac{71}{1.125} x^2 + \frac{21}{1.500} x \right) \sin\left(\frac{n\pi}{0,65} x\right) dx. \quad (46)$$

Untuk syarat awal distribusi beta, dicari β dan c menggunakan program *Maple* dengan memilih $\alpha = 2$ dan menggunakan

$$h(x) = cx^\alpha(l-x)^\beta \quad (47)$$

dengan $h(k) = 0,001$ dan $h(l) = 0$. Selain itu, terdapat satu syarat untuk menentukan

apakah nilai α yang dipilih tersebut layak dengan $h''(k) < 0$.

Dari syarat tersebut, nilai α yang dipilih layak sehingga dengan *Maple* didapatkan $\beta = \frac{20}{3}$ dan $c = 4,515274103$. Maka dari itu, solusi PDP gitar akustik dengan syarat awal distribusi beta adalah

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sigma_n \sin\left(\frac{n\pi}{0,65} x\right) \cos\left(\frac{1}{0,65} \sqrt{\frac{n\pi(EI n\pi + \tau 0,65)}{\rho}} t\right), \quad (48)$$

dengan

$$\sigma_n = \frac{2}{0,65} \int_0^\infty (4,515274103 x^2 (0,65 - x)^{\frac{20}{3}}) \sin\left(\frac{n\pi}{0,65} x\right) dx. \quad (49)$$

Simulasi Frekuensi Gitar Akustik

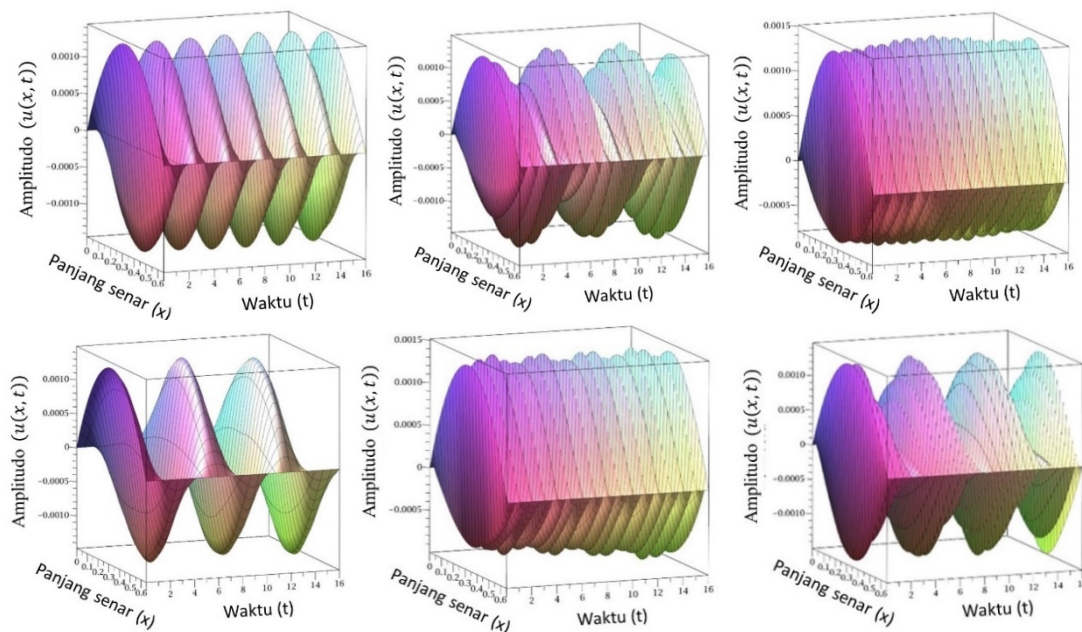
Amplitudo tertinggi yang dihasilkan oleh gitar akustik dengan syarat awal persamaan kuadrat adalah pada $n = 1$, dengan hasil

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sigma_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{2}{0,65} \int_0^\infty \left(-\frac{1}{75} x^2 + \frac{13}{1.500} x \right) \sin\left(\frac{n\pi}{0,65} x\right) dx \quad (50)$$

konvergen menuju 0. Simulasi frekuensi gitar akustik dengan syarat awal persamaan kuadrat ada pada Tabel 4. Untuk syarat awal persamaan kuadrat, gitar akustik memiliki amplitudo tertinggi sebesar 0,001453469152 m. Gambar 10 adalah grafik pergerakan amplitudo pada gitar akustik dengan syarat awal persamaan kuadrat masing-masing senar.

Tabel 4. Simulasi frekuensi berdasarkan parameter tegangan (τ), amplitudo maksimum (σ_1), massa jenis (ρ), inersia (I), dan Modulus Young (E) pada alat musik gitar akustik

Senar	$f(\text{Hz})$	$\tau(\text{kg})$	$\rho(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$	$I(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2})$	$E(\text{GPa})$	$\sigma_1(\text{m})$
1	329,628	11,748042382	0,0000132424	0,0000101470	96	0,001453469152
2	246,942	11,702683146	0,0000235073	0,0000133756	96	0,001453469152
3	195,998	14,242800418	0,0000454254	0,0000232921	96	0,001453469152
4	146,832	14,378878129	0,0000817851	0,0000509659	96	0,001453469152
5	110,000	13,879926522	0,0001408377	0,0000855582	96	0,001453469152
6	82,407	13,199537967	0,0002389456	0,0001176138	96	0,001453469152



Gambar 10. Grafik senar untuk gitar akustik

Pada Gambar 10, terlihat bahwa semakin tinggi frekuensi sebuah senar, semakin rendah massa jenis senar yang dimiliki, semakin renggang juga amplop gelombang yang dimiliki pada suatu senar. Senar pertama memiliki amplop gelombang yang paling rapat dan senar keenam memiliki amplop gelombang yang paling renggang.

Amplitudo tertinggi yang dihasilkan oleh gitar akustik dengan syarat awal persamaan kubik adalah pada $n = 2$, dengan hasil

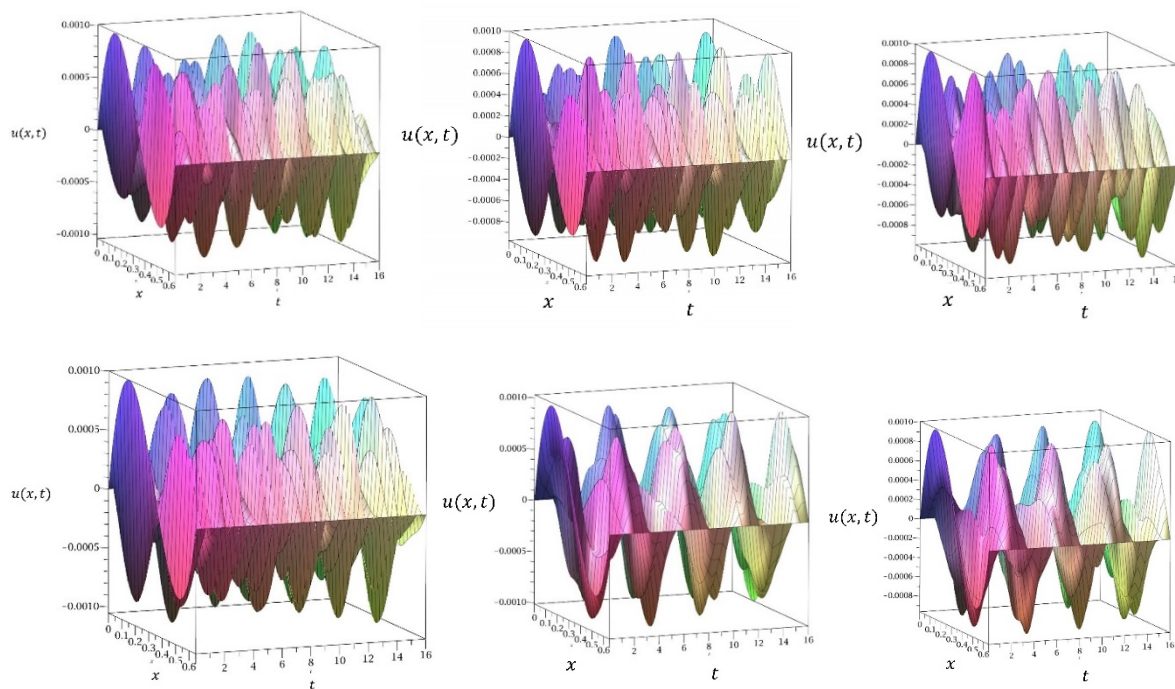
$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sigma_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{2}{0,65} \int_0^{\infty} \left(\frac{14}{225} x^3 - \frac{71}{1.125} x^2 + \frac{21}{1.500} x \right) \sin\left(\frac{n\pi}{0,65} x\right) dx \quad (51)$$

konvergen menuju 0. Simulasi frekuensi gitar akustik dengan syarat awal persamaan kubik ada pada Tabel 5. Untuk syarat awal persamaan kubik, gitar akustik memiliki amplitudo tertinggi sebesar 0,0008266605803 m.

Gambar 11 adalah grafik pergerakan amplitudo pada gitar akustik dengan syarat awal persamaan kubik masing-masing senar.

Tabel 5. Simulasi frekuensi berdasarkan parameter tegangan (τ), amplitudo maksimum (σ_2), massa jenis (ρ), inersia (I), dan Modulus Young (E) dengan syarat awal persamaan publik pada alat musik gitar akustik

Senar	$f(\text{Hz})$	$\tau(\text{kg})$	$\rho(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$	$I(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2})$	$E(\text{GPa})$	$\sigma_1(\text{m})$
1	329,628	11,748042382	0,0001638387	0,0000101470	96	0,0008266605803
2	246,942	11,702683146	0,0002824787	0,0000133756	96	0,0008266605803
3	195,998	14,242800418	0,0004798589	0,0000232921	96	0,0008266605803
4	146,832	14,378878129	0,0033834130	0,0000509659	96	0,0008266605803
5	110,000	13,879926522	0,0055193260	0,0000855582	96	0,0008266605803
6	82,407	13,199537967	0,0002389456	0,0001176138	96	0,0008266605803



Gambar 11. Grafik senar 6 (E2) untuk gitar akustik dengan syarat awal persamaan kubik

Pada Gambar 11, terlihat bahwa semakin tinggi frekuensi sebuah senar, semakin rendah massa jenis senar yang dimiliki, semakin renggang juga amplop gelombang yang dimiliki pada suatu senar. Senar pertama memiliki amplop gelombang yang paling rapat dan senar keenam memiliki amplop gelombang yang paling renggang.

Amplitudo tertinggi yang dihasilkan oleh gitar *bass* elektrik dengan syarat awal

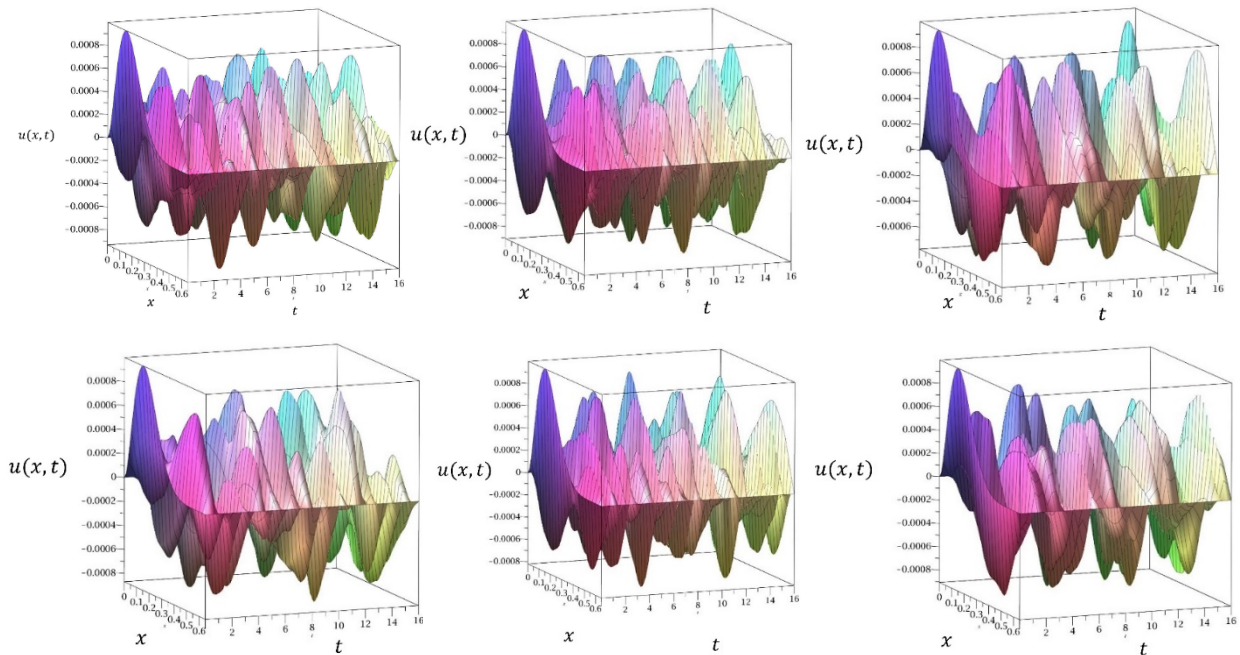
distribusi beta adalah pada $n = 1$, dengan hasil

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sigma_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{2}{0,65} \int_0^{\infty} (4,515274103x^2 (0,65 - x)^{\frac{20}{3}}) \sin(\frac{n\pi}{0,65} x) dx \quad (52)$$

konvergen menuju 0. Maka dari itu, simulasi frekuensi gitar akustik dengan syarat awal distribusi beta pada Tabel 6. Untuk syarat awal distribusi beta, gitar akustik memiliki amplitudo tertinggi sebesar 0,0004746402683 m.

Tabel 6. Simulasi frekuensi berdasarkan parameter tegangan (τ), amplitudo maksimum (α_1), dan massa jenis (ρ), inersia (I), dan Modulus Young (E) dengan syarat awal distribusi beta pada alat musik gitar akustik

Senar	$f(\text{Hz})$	$\tau(\text{kg})$	$\rho(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$	$I(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2})$	$E(\text{GPa})$	$\sigma_1(\text{m})$
1	329,628	11,748042382	0,000710138	0,0000101470	96	0,0004746402683
2	246,942	11,702683146	0,001189412	0,0000133756	96	0,0004746402683
3	195,998	14,242800418	0,002259564	0,0000232921	96	0,0004746402683
4	146,832	14,378878129	0,003383413	0,0000509659	96	0,0004746402683
5	110,000	13,879926522	0,005519326	0,0000855582	96	0,0004746402683
6	82,407	13,199537967	0,000238945	0,0001176138	96	0,0004746402683



Gambar 12. Grafik senar 4 (D3) untuk gitar akustik dengan syarat awal distribusi beta

Gambar 12 adalah grafik pergerakan amplitudo pada gitar akustik dengan syarat awal distribusi beta masing-masing senar. Pada Gambar 12, terlihat bahwa semakin tinggi frekuensi sebuah senar, semakin rendah massa jenis senar yang dimiliki, semakin renggang juga amplop gelombang yang dimiliki pada suatu senar. Senar pertama memiliki amplop gelombang yang paling rapat dan senar keenam memiliki amplop gelombang yang paling renggang.

KESIMPULAN

Untuk gitar *bass* elektrik, persamaan frekuensi yang dihasilkan:

$$f_n = \frac{\sqrt{\frac{\tau}{\rho}} n}{1,73},$$

Sementara untuk gitar akustik, persamaan frekuensi yang dihasilkan:

$$f_n = \frac{1}{1,3\pi} \sqrt{\frac{n\pi(EI n\pi + \tau 0,65)}{\rho}}.$$

Dari simulasi parameter frekuensi yang didapatkan melalui PDP analitik, di dalam gitar bass maupun gitar akustik, setiap senar yang dipetik memiliki parameter-parameter yang mempengaruhi frekuensi suatu senar. Untuk gitar bass, parameter yang digunakan adalah tegangan (τ) dan massa jenis (ρ). Sementara untuk gitar akustik, terdapat parameter yang sama seperti gitar bass dengan tambahan parameter Modulus Young (E) dan inersia senar (I). Untuk bass dengan tegangan (τ) yang diberikan, semakin tinggi frekuensi sebuah senar, semakin rendah massa jenis pada senar (ρ), dan setiap senar memiliki amplitudo (α_1) yang sama untuk semua senar pada alat musik yang sama.

Untuk gitar akustik, sama seperti gitar bass, semakin rendah massa jenis pada senar (ρ), dengan diberikan tegangan (τ) pada masing-masing senar gitar akustik, semakin tinggi frekuensi yang dihasilkan oleh gitar akustik. Tidak hanya itu, terdapat tambahan variabel diberikan Modulus Young (E) yang sama untuk masing-masing senar dan semakin tinggi frekuensi sebuah senar semakin rendah inersia (I) yang dimiliki sebuah senar, serta setiap senar memiliki amplitudo (σ_1) yang sama untuk semua senar pada alat musik yang sama.

Dari ketiga syarat awal, grafik untuk syarat awal kuadrat adalah simetris sehingga itu kurang menunjukkan pemodelan yang titik puncaknya adalah posisi petik ($x = k$). Untuk syarat awal kubik, walaupun puncaknya tepat, bentuknya tidak sesuai yang diharapkan tetapi tetap disimulasikan disini untuk melihat konsistensi dan frekuensi pada masing-masing alat musik. Dari situ terdapat juga syarat awal distribusi beta untuk dibandingkan karena memiliki grafik asimetris dengan posisi petik menjadi puncak. Untuk penelitian pada Skripsi ini, model terbaik yang digunakan adalah syarat awal distribusi beta.

SARAN

Penelitian selanjutnya dapat menggunakan alat musik lain seperti biola, drum, dan lain-lain. Untuk alat musik yang sama, metode lain yang dapat digunakan adalah persamaan diferensial parsial numerik dengan simulasi menggunakan perangkat lunak Python, untuk hasil pemodelan parameter pada frekuensi yang lebih akurat dan penyelesaian nonhomogen dengan syarat batas tak nol. Selain itu, untuk syarat awal $h(x)$ tak nol penyelesaian dapat dilakukan secara numerik dengan metode *cubic spline*.

DAFTAR PUSTAKA

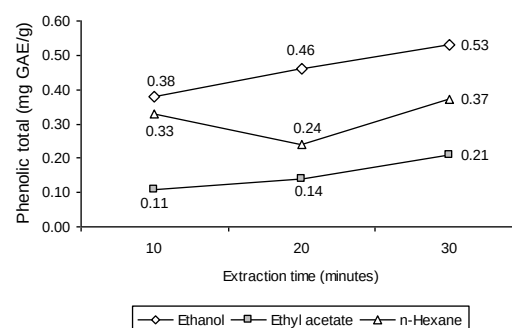
- Anton, H., & Rorres, C. (2005). *Elementary linear algebra* (9th ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Arfken, G. B., Weber, H. J., & Harris, F. E. (2013). *Mathematical methods for physicists* (7th ed.). Elsevier, Inc.
- Brown, J. W., & Churchill, R. V. (2009). *Complex variables and applications* (8th ed.). McGraw-Hill Companies.
- Harmonic Motion. (N.d.) Retrieved July 12, 2022 from https://labs.phys.utk.edu/mbreinig/physics221core/modules/m11/harmonic_motion.html
- Kobayashi, T., Wakatsuki, N., & Mizutani, K. (2010). Inharmonicity of guitar string vibration influenced by body resonance and fingering position. *Proceedings of the International Symposium on Music Acoustics* (1321). Associated Meeting of the International Congress on Acoustics.
- Kusumastuti, A., Jamhuri, M., & Hidayati, N. A. (2019). Analytical solution of the string vibration model on Sasando musical instrument. *Journal of Physics: Conference Series*, 1321, 022088. <http://doi.org/10.1088/1742-6596/1321/2/022088>
- Lambson, O. C. (2018). *The effects of a magnetic pickup on the vibration response of an electric guitar string* [Thesis]. Stellenbosch University, Afrika.
- Strauss, W. A. (2008). *Partial differential equations: an introduction* (2nd ed.). John Wiley & Sons, Ltd.
- Vinod Kumar, A. S., & Ganguli, R. (2011). Violin string shape functions for finite element analysis of rotating Timoshenko beams. *Finite Elements in Analysis and Design*, 47(9):1091-1103. <https://doi.org/10.1016/j.finel.2011.04.002>
- Wijnand, M., d'Andréa-Novel, B., Helie, T., & Roze D. (2020). Active control of the axisymmetric vibration modes of a tom-tom drum using a modal-based observer-regulator. *Forum Acusticum* (pp. 639–646). HAL Open Science. <http://doi.org/10.48465/fa.2020.0439>

PEDOMAN PENULISAN NASKAH

FaST- Jurnal Sains dan Teknologi

Jurnal Sains dan Teknologi merupakan salah satu wadah publikasi ilmiah untuk berbagai bidang ilmu dan teknologi. Pedoman penulisan ini dibuat untuk keseragaman format penulisan dan kemudahan penulis dalam proses penerbitan naskah di jurnal ini.

1. Naskah / artikel yang dimuat adalah artikel asli dari hasil penelitian, ulasan ilmiah (Review), atau komunikasi singkat yang belum pernah diterbitkan dalam media masa lainnya. Apabila pernah dipresentasikan dalam seminar / lokakarya agar diberi keterangan yang lengkap.
2. Naskah dapat ditulis dalam Bahasa Indonesia, diketik menggunakan program MS-word dengan format .docx dan dikirimkan dalam bentuk *soft copy* (CD atau DVD atau flashdisc) kepada Redaksi Jurnal Sains dan Teknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UPH, Lippo Karawaci Tangerang 15811, atau dalam bentuk *soft copy* dikirim lewat email ke redaksi selambat-lambatnya 1 bulan sebelum waktu penerbitan.
3. Ketentuan standar pengetikan naskah:
 - a. Ukuran kertas: A4 (21x 29,7 cm) dan *margin: top 2,5 cm, bottom 2,5 cm, left 2.5 cm, right 2,5 cm*, dan jarak antar kolom 1,0 cm.
 - b. Jenis huruf Times New Roman 12, dengan jarak ketik 1.5 spasi, kecuali untuk Abstract dan Daftar Pustaka dibuat 1 spasi, namun jarak antar pustaka dalam Daftar Pustaka 1.5 spasi.
 - c. Jumlah halaman maksimal 20 halaman
 - d. Gambar diberi nomor serta judul pada posisi bawah gambar. Keterangan gambar (*legend*) ditaruh di bagian bawah gambar (lihat contoh).



- e. Tabel diberi nomor dan judul pada posisi atas tabel, dengan bentuk Tabel lajur, hanya judul tabel dan penutup yang diberi garis seperti contoh berikut.

Tabel 1. Judul

N	.....	.....	.....
0	...	...	...
1	.....	.....	.....
	...	...	...
2	.....	.....	.....
	...	...	...
4	.....	.....	.....
	...	...	...

Keterangan :

- f. Penggunaan istilah asing yang belum lazim digunakan dalam bahasa Indonesia dicetak miring (*Italic*)
 - g. Judul tulisan dan judul bab ditulis huruf besar dan diletakkan pada bagian tengah dari lebar naskah. Judul sub-bab diletakkan pada pinggir kiri naskah.
4. Organisasi /Sistematika penulisan:
 - a. Untuk naskah laporan hasil penelitian, cara penyusunan naskahnya sebagai berikut: **Judul**

- (Huruf cetak, bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris), **Nama penulis** (diberi nomor *superscript*) dan lembaga dan alamat (berdasar nomor *superscript*), **Korespondensi** (alamat email), **Abstrak** dan **Kata kunci**, **Abstract** dan **Key word** (bahasa Inggris), **Pendahuluan**, **Bahan dan Metode**, **Hasil dan Pembahasan**, **Kesimpulan**, **Saran (bila ada)**, **Daftar Pustaka**, dan **Ucapan Terima Kasih** (bila ada). Tabel dan grafik hendaknya dimasukkan dalam naskah dan diberi nomor.
- Untuk naskah karya ilmiah lainnya organisasi penulisannya diserahkan pada penulis tetapi tetap diberi abstrak dalam bahasa Indonesia dan Inggris.
 - Judul Naskah, penulis, dan Abstrak dibuat satu kolom, sedangkan isi naskah dibuat dua kolom. Gambar dan Tabel dapat dibuat satu atau dua kolom tergantung pada besar kecilnya.
5. Kepustakaan
- Pustaka yang disitasi dalam naskah berdasarkan pada pengarang atau penulisnya. Pustaka minimal 60% berasal dari jurnal. Semua pustaka yang disitasi dalam naskah harus terdaftar pada akhir naskah dan disusun secara alfabetik menggunakan sistem *Harvard* sbb:
- Daftar pustaka disusun secara urutan alfabetik (A-Z) berdasarkan nama penulis, diikuti tahun penerbitan, judul, dan sumber publikasinya. Jika terdapat 2 atau lebih artikel dengan penulis yang sama pada tahun yang sama, maka tambahkan huruf a,b,c,dst. setelah tahun.
 - Nama penulis didahului nama famili/nama terakhir diikuti huruf pertama nama kecil / nama pertama, baik untuk penulis pertama, kedua, dan seterusnya.
- Judul karangan untuk buku ditulis dengan huruf besar pada setiap awal kata yang bukan kata sambung, sedangkan untuk jurnal hanya pada awal kalimat.
 - Sumber publikasi untuk buku ditulis Penerbit, untuk Jurnal ditulis Volume (nomor), halaman, untuk bab dalam buku ditulis In nama editor (Eds), Judul buku, (pp. halaman). penerbit, untuk Prosiding ditulis In Nama editor (Eds), Nama prosiding, (pp. halaman). Penyelenggara Seminar, untuk Laporan ditulis Lembaga pembuat laporan, untuk Thesis ditulis [Undergraduate / Doctoral/... Thesis, Universitas, Kota], untuk internet ditulis Retrieved Bulan tanggal, tahun, alamat web.
 - Sitasi dalam teks: Satu penulis ditulis Nama famili, tahun; Dua penulis ditulis Nama famili & Nama famili, tahun; lebih dari dua penulis ditulis Nama famili penulis pertama *et al.*, tahun. Jika lebih dari satu Pustaka memiliki nama famili yang sama namun berbeda nama depan, maka sitasi dalam teks juga mencantumkan inisial dari nama depan penulis tersebut.
6. Redaksi berhak melakukan editing tanpa merubah isi dan makna tulisan. Apabila pada waktu editing terdapat ketidak jelasan isi dan makna pada tulisan, maka tulisan akan dikembalikan kepada penulis untuk diperbaiki. Hasil perbaikan harap segera dikirim kepada redaksi sesuai waktu yang telah ditetapkan.

JUDUL PENELITIAN(dalam Bahasa Indonesia) (TNR 12)

[JUDUL PENELITIAN] (dalam Bahasa Inggris) (1 spasi)

Penulis^{1*}, Penulis², Penulis³

^{1,2}Departemen terkait, Nama Institusi, alamat; ³----- dst

*Korespondensi penulis: alamat email (1 spasi)

ABSTRACT

(dalam Bahasa Inggris)

Article are written in A4 size (21x 29.7 cm) and margins: top 2.5 cm, bottom 2.5 cm, left 2.5 cm, right 2.5 cm, and distance between columns 1.0 cm. Abstracts are written in English using Times New Roman 12 Point Spaces 1. Abstract contains the essence of the article, consisting of introduction, goals, methods, results and discussion, and conclusions. Abstract references are not permitted. Abstracts are written in one paragraph and must not exceed 300 words. The final part of the abstract is included 3-5 keywords and sort alphabetically each word / phrase. (spase 1, max 300 words)

Keywords :;;; (max 5 words, sort alphabetically , italic)

ABSTRAK

(dalam Bahasa Indonesia)

Penulisan artikel ditulis de ngan ukuran A4 (21x 29,7 cm) dan margin : top 2,5 cm, bottom 2,5 cm, left 2.5 cm, right 2,5 cm, dan jarak antar kolom 1,0 cm. Abstrak ditulis dengan bahasa Indonesia, menggunakan Times New Roman 12 Point Spasi 1. Abstrak memuat intisari artikel, berisi pengantar, tujuan, metode, hasil dan pembahasan, dan kesimpulan. Abstrak tidak diperkenankan terdapat rujukan pustaka. Abstrak ditulis dalam bentuk satu paragraf dan tidak boleh melebihi 300 kata. Bagian akhir abstrak dicantumkan 3–5 kata kunci dan urutkan sesuai abjad tiap kata/frasa. (spasi 1, maksimal 300 kata)

Kata kunci :;;; (maksimal 5 kata, urutkan berdasar abjad)

PENDAHULUAN

(Spasi 1.5) Pendahuluan/pengantar berisi uraian tentang latar belakang penelitian Anda dan mengapa penelitian itu dilakukan. Uraian ini didukung dengan kajian pustaka yang berupa data-data dari sumber lain, penelitian sejenis, atau penelitian sebelumnya. Selain itu, dimasukan juga tujuan dari penelitian yang dilakukan.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

(Spasi 1.5) Bagian ini berisi penjelasan bahan dan alat (instrumen) yang digunakan. Bahan yang digunakan jelaskan spesifikasinya. Alat-alat yang sudah umum digunakan tidak perlu diperinci, namun yang harus dicantumkan adalah alat uji, yaitu disebutkan spesifikasinya seperti merk, tipe dan lain-lain.

Metode Penelitian

Metode harus dijelaskan selengkap mungkin agar peneliti lain dapat melakukan verifikasi. Metode analisis parameter yang bersifat spesifik harus dicantumkan, kecuali yang bersifat umum cukup diberikan acuannya (referensi). Cara analisis data (bila ada) perlu dicantumkan. (Spasi 1,5)

Percobaan 1

Percobaan 2

----- dst

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan Pembahasan 1

Hasil berisi paparan temuan penelitian. Data yang disajikan adalah data yang sudah diolah dan siap dibaca untuk menjawab tujuan penelitian (bukan data mentah). Selain itu, untuk memperjelas hasil dapat diberikan ilustrasi berupa gambar dan tabel. Hasil yang telah dijelaskan dengan tabel atau ilustrasi tidak perlu dipaparkan dalam uraian teks secara terperinci. Paparan hasil ditulis dalam bentuk paragraf, tidak dalam bentuk pembagian per subbab/poin.

Hasil dan Pembahasan 2

Persamaan matematis dikemukakan dengan jelas dan diketik menggunakan program untuk formula, misalnya Equation atau Math Type. Angka desimal, ditandai dengan koma (,) untuk bahasa Indonesia dan titik (.) untuk bahasa Inggris. Tabel dan gambar harus dicantumkan, kemudian secara berurutan diberi nomor dan diacu berurutan dalam naskah, judul ditulis dengan singkat dan jelas.

Tabel dibuat dalam bentuk tabel terbuka (yaitu hanya terdapat garis horizontal di kepala tabel dan bagian akhir tabel. Ilustrasi berupa gambar meliputi foto, grafik, peta, dan bagan. Foto harus memiliki resolusi yang tinggi sehingga citra yang dihasilkan tajam dan jelas. Resolusi minimal 300 dpi atau lebih. Gambar sebaiknya ditampilkan dengan *grayscale*, kecuali bila kondisi tidak memungkinkan, maka boleh berwarna.

Nama ilmiah ditulis sesuai kaidah penulisan ilmiah menurut ICZN untuk tata nama hewan, ICBN untuk tata nama tumbuhan, tata nama virus dan bakteri juga harus sesuai dengan aturan yang ada. Satuan pengukuran secara kuantitatif menggunakan Satuan Internasional.

Hasil dan Pembahasan 3

----- dst

KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ditulis secara ringkas dan jelas, dalam bentuk paragraf, bukan poin. Kesimpulan harus sesuai dengan tujuan penelitian.

SARAN

----- (Opsional)

UCAPAN TERIMA KASIH

----- (Opsional)

DAFTAR PUSTAKA

(Pustaka spasi 1,0; jumlah pustaka minimal 10 buah)

Jurnal

Singh, R., Shushni, M. A. M., & Belkheir, A. (2015). Antibacterial and antioxidant activities of *Mentha piperita* L. *Arabian Journal of Chemistry*, 8(3), 322-328. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2011.01.019>

Buku / Monograph

Dalimartha, S. (2005). *Ramuan tradisional untuk pengobatan diabetes mellitus*. Penerbit Penebar Swadaya.

Ranganna, S. (1986). *Analysis and quality control for fruit and vegetable products* (2nd ed.). Tata McGraw-Hill Pub. Co.Ltd.

Bab dalam Buku

Hart, R. J. (1998). Food science and the transport of food. In Heap, R., Kierstan, M., & Ford, G. (Eds). *Food transportation* (pp. 1-21). Thomson Science.

Prosiding

Nurbaeti, S. N., Sari, R., & Pratiwi, L. (2013). Comparison of antibacterial effectivity from Kesum (*Polygonum minus* Huds) methanol extract against methanol fraction. In Sagiman, S., Catur, S., & Zakiatulyaqin (Eds). *Proceeding 6th International Seminar of Indonesian Society for Microbiology* (pp. 30-36). Indonesian Society for Microbiology.

Internet

Food and Drug Administration (FAO). (2000). *Bad bug book – Aflatoxins*. Retrieved March 20, 2020 from <https://www.fda.gov/files/food/publication/Bad-Bug-Book-2nd-Edition-%28PDF%29.pdf>

Laporan

Dianitami, R. (2009). *Efek rumput laut Euchema sp. terhadap kadar glukosa darah dan jumlah trombosit tikus Wistar yang diinduksi aloksan*. Fakultas Kedokteran. Universitas Diponegoro. http://eprints.undip.ac.id/7761/1/ratna_dianitami.pdf

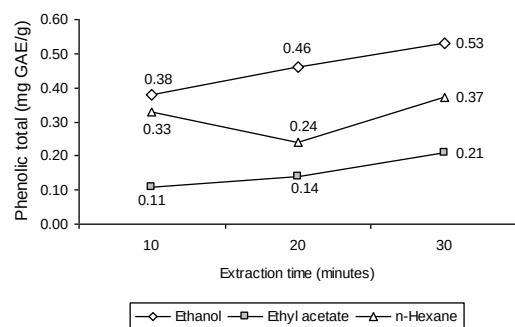
Skripsi/Thesis/Disertasi

Basyuni, M. (2008). *Studies on terpenoid biosynthesis of mangrove tree species* [Doctoral Dissertation]. Kagoshima University, Kagoshima, Japan.

Gambar dan Tabel :

- Gambar dan Tabel masuk dalam teks dan dibuat sbb:
- Jumlah Gambar dan Tabel maksimal 10.

Grafik



Gambar 1.

Keterangan:.....

Tabel

Tabel 1.

No	.....	.....	.....
1	.....	.....	.....
2	.....	.....	.....
4	.....	.....	.....

Keterangan:.....