

Volume 25, Nomor 2, Oktober 2020

P-ISSN : 1412-3991

E-ISSN : 2528-7036

JURNAL PENELITIAN

Saintek

JURNAL PENELITIAN SAINTEK

Volume 25, Nomor 2, Oktober 2020

LPPM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

Saintek

SAINTEK

Volume
25

Nomor
2

Halaman
103 - 213

YOGYAKARTA

P-ISSN : 1412-3991
E-ISSN : 2528-7036

JURNAL PENELITIAN **Saintek**

Penerbit:

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Universitas Negeri Yogyakarta

Pemimpin Umum/Penanggung Jawab:

Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Universitas Negeri Yogyakarta

Redaksi:

Penanggung Jawab : Ketua LPPM
Ketua : Prof. Dr. Sri Atun
Sekretaris : Retno Arianingrum, M.Si
Anggota Redaksi : Dr. Heru Kuswanto
Dr. Agus Budiman
Dr. Sri Handayani
M. Khairudin, Ph.D.
Dr. Suyanta
Sativa, M.T.
Dr. Pramudi Utomo
Sunar Rochmadi, M.S.
Sekretariat : Poni Pujiati, M.Pd
Setting dan Tata Letak : Rini Astuti, S.I.P.

Alamat Redaksi/Tata Usaha:

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM)
Universitas Negeri Yogyakarta
Gg. Guru, Kampus Karangmalang, Yogyakarta 55281
Telepon (0274) 550840, Fax. (0274) 550839
Website: <https://journal.uny.ac.id/index.php/saintek>
Email: saintek@uny.ac.id

Jurnal Penelitian Saintek merupakan lanjutan dari Jurnal Penelitian Iptek dan Humaniora
Frekuensi terbit: setiap bulan April dan Oktober

Semua tulisan yang ada dalam Jurnal Penelitian Saintek bukan merupakan cerminan sikap dan/atau pendapat Dewan Redaksi. Tanggung jawab terhadap isi dan/atau akibat dari tulisan tetap terletak pada penulis.

Daftar Isi	i
Prediksi Total Padatan Terlarut Buah Melon Golden Menggunakan Vis-SWNIRS dan Analisis Multivariat <i>(Prediction of Total Soluble Solids of Golden Melon Using Vis-SWNIRS and Multivariate Analysis)</i> Yuda Hadiwijaya, Kusumiyati, dan Agus Arip Munawar	103 - 114
Sintesis Hidrogen Peroksida pada Pengolahan Air Kolam Renang Menggunakan Metode Elektrodisefektan <i>(The Synthesis of Hydrogen Peroxide in Swimming Pool Water Treatment Using Electrodisinfectant Method)</i> Suyanta dan Fika Deni Utari	115 - 123
Pemanfaatan Ekstrak Daun <i>Urtica Dioica</i> L. sebagai Anti-Aging Alami dalam Sediaan Krim <i>(The Utilization of Urtica Dioica L. Leaves Extract as a Natural Anti-Aging in Cream Preparation)</i> Siti Maimunah, Zuhairiah Nasution, dan Amila	124 - 134
Studi Awal Distribusi Temperatur Elemen Bahan Bakar Reaktor Cepat Berpendingin Gas <i>(Preliminary Study of The Element Temperature Distribution of Gas-Cooled Fast Reactor)</i> Balya Lutviana Laila Saro, Fiber Monado, dan Menik Ariani	135 - 142
Aktivitas Antidiabetes Metabolit Sekunder Bakteri Endofit asal Kulit Kayu Manis <i>(Antidiabetic Activity from Secondary Metabolim Endophytic Bacteria Bark)</i> Purbowatiningrum Ria Sarjono, Hendra Dwipa Rifky Mahardika, Nies S. Mulyani, Ngadiwiyana, Nor Basid Adi Prasetyawibowo, dan Ismiyanto	143 - 156
Optimasi Media Kultur <i>In Vitro</i> Anggrek <i>Dendrobium nobile</i> Berbasis Pupuk <i>(Optimization Fertilizer Based In Vitro Culture for Dendrobium nobile)</i> Ayu Purnamasari, Ratnawati, Suyitno Aloysius, Lili Sugiyarto, dan Ixora S. Mercuriani	157 - 172

Analisis Keseragaman Pendinginan Produk Plastik Injeksi <i>Molding</i> dengan Variasi Sistem Pendingin (<i>Simultaneous Cooling Analysis of Injection Molding Plastic Products with Cooling System Variations</i>) Angger Bagus Prasetyo, Fauzun, Azhim Azyratul Azmi, Rizqi Ilmal Yaqin, dan Sigit Haryo Pranoto	173 - 183
Analisis pada Sistem Informasi Akademik Mahasiswa Menggunakan Metode <i>System Usability Scale</i> (<i>The Analysis on Students 'Academic Information System Using Usability Scale System</i>) Wresni Anggraini, Nofirza, Reski Mai Candra, dan Widad Ulfika Sari	184 - 194
Sintesis Analog Kurkumin 2,6-bis-((e)-4-hidroksi-3-metoksi Benzilidin)-sikloheksa-1-on Berbahan Dasar Vanilin dengan Katalis Hcl (<i>The Synthesis of Curcumine Analogue 2,6-bis-((e)-4-hidroksi-3-metoksi Benzilidin)-sikloheksa-i-on from Vanilin With Hydrochloride Acid Catalyst</i>) Rahma Diyan Martha, Tutik Dwi Wahyuningsih, dan Chairil Anwar	195 - 204
Aplikasi Sistem Informasi Pelayanan Haji dan Umrah Berbasis <i>Augmented Reality/Virtual Reality</i> (<i>The Application of Augmented Reality/Virtual Reality-based Hajj and Umrah Services</i>) Ali Anton Senoaji, Winih Wicaksono, dan Endah Kusumaningrum	205 - 213

**PREDIKSI TOTAL PADATAN TERLARUT BUAH MELON GOLDEN
MENGUNAKAN Vis-SWNIRS DAN ANALISIS MULTIVARIAT*****(PREDICTION OF TOTAL SOLUBLE SOLIDS OF GOLDEN MELON
USING Vis-SWNIRS AND MULTIVARIATE ANALYSIS)*****Yuda Hadiwijaya^{1*}, Kusumiyati¹, dan Agus Arip Munawar²**¹Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran²Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala¹Jl. Raya Bandung Sumedang KM.21 Sumedang Jawa Barat 45363email: yuda09001@mail.unpad.ac.id**Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi total padatan terlarut buah melon golden (*Cucumis melo* L.) menggunakan Vis-SWNIRS dan analisis multivariat. Terdapat 82 sampel buah melon golden dipilih untuk dianalisis di Laboratorium Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Nirvana AG410 spektrometer dengan rentang panjang gelombang 300 sampai 1050 nm digunakan untuk pengambilan data spektra pada sampel buah melon utuh. Metode koreksi spektra yang digunakan yaitu *Standard Normal Variate (SNV)*, *Multiplicative Scatter Correction (MSC)*, dan *Orthogonal Signal Correction (OSC)*. Pemodelan kalibrasi dilakukan menggunakan *Partial Least Squares Regression (PLSR)*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan metode koreksi spektra OSC menampilkan model kalibrasi terbaik dibandingkan spektra original dan 2 spektra lainnya yang telah dikoreksi. Koefisien determinasi pada spektra OSC memperlihatkan nilai R² tertinggi yaitu 0,99. Di samping itu, nilai *Ratio Performance To Deviation (RPD)* yang diperoleh sebesar 3,40. Hal ini membuktikan total padatan terlarut buah melon golden dapat diprediksi dengan akurasi yang tinggi menggunakan Vis-SWNIRS dan analisis multivariat.

Kata kunci: *melon golden, Vis-SWNIRS, analisis multivariat***Abstract**

This study was aimed at predicting the total dissolved solids of golden melon (*Cucumis melo* L.) using Vis-SWNIRS and multivariate analysis. There were 82 golden melon fruit samples selected for analysis at the Horticulture Laboratory, Faculty of Agriculture, Padjadjaran University. Nirvana AG410 spectrometer with a wavelength range of 300 to 1050 nm was used to collect spectral data on intact melon fruit samples. The spectra correction methods used were *Standard Normal Variate (SNV)*, *Multiplicative Scatter Correction (MSC)*, and *Orthogonal Signal Correction (OSC)*. Calibration modeling was carried out using *Partial Least Squares Regression (PLSR)*. The results show that the use of the OSC spectra correction method presents the best calibration model compared to the original spectra and 2 other corrected spectra. The coefficient of determination on the OSC spectra shows the highest R² value, namely 0.99, besides that the ratio performance to deviation (RPD) value obtained is 3.40. This proves that the total dissolved solids of golden melon can be predicted with high accuracy using Vis-SWNIRS and multivariate analysis.

Keywords: *golden melon, Vis-SWNIRS, multivariate analysis*

PENDAHULUAN

Buah melon merupakan komoditas yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat karena rasanya yang enak, menyegarkan, dan mengandung berbagai manfaat bagi kesehatan tubuh manusia. Produksi buah melon di Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun guna memenuhi permintaan konsumen. Total produksi buah melon pada tahun 2009 yaitu sebesar 85.861 ton, kemudian pada tahun 2014 meningkat menjadi 150.347 ton (Direktorat Jenderal Hortikultura, 2015). Berdasarkan data tersebut, terjadi peningkatan yang cukup tinggi dari tahun 2009 hingga 2014. Namun, peningkatan produksi melon di Indonesia belum diimbangi dengan *monitoring* kualitas yang baik.

Umumnya, penentuan *grade* buah melon berdasarkan tampilan fisik luarnya saja seperti warna kulit, ada tidaknya cacat fisik/luka, dan sebagainya. Akibatnya seringkali didapati buah melon yang tampilan fisiknya baik namun rasanya tidak sebaik tampilan fisiknya. Hal ini dikarenakan kualitas eksternal (fisik) tidak bisa dijadikan patokan untuk menentukan kualitas internal buah melon. Oleh karena itu diperlukan suatu metode nondestruktif yang dapat mengetahui kualitas internal buah melon, sehingga buah melon masih tetap dapat dipasarkan setelah dianalisis.

Near Infrared Spectroscopy (NIRS) merupakan salah satu teknologi pengukuran

secara nondestruktif yang telah digunakan untuk mengontrol kualitas pada berbagai buah-buahan dan sayuran (Maniwara *et al.*, 2014; Sánchez *et al.*, 2012; Torres, Pérez-Marín, De la Haba, & Sánchez, 2015; Vitale *et al.*, 2013). Kemunculan teknologi NIRS juga didorong oleh ekspektasi konsumen yang tinggi akan kualitas buah dan sayuran salah satunya yaitu total padatan terlarut yang sering diartikan sebagai tingkat kemanisan dari suatu produk.

Banyak penelitian yang dilakukan untuk memprediksi kualitas internal buah tanpa merusak bagian permukaan. Namun, NIRS paling menarik bagi para peneliti untuk mengembangkannya lebih lanjut. NIRS memiliki berbagai kelebihan di antaranya pengukurannya cepat, tanpa menggunakan bahan kimia, dan ramah lingkungan (Blanco & Villarroya, 2002). Selain itu, dalam sekali pengujian dapat diperoleh banyak parameter kualitas sekaligus.

Teknik NIRS didasarkan pada pengukuran cahaya dengan berbagai panjang gelombang yang dicerahkan pada sampel. Bahan organik yang tercerahkan oleh cahaya inframerah akan mengalami vibrasi pada ikatan atom O-H, C-H, dan N-H. Cahaya tersebut dapat dipantulkan, diserap, ditransmisikan, atau dihamburkan oleh sampel. Kemudian, cahaya pantulan dari sampel dikumpulkan oleh detektor dan ditransformasikan ke dalam sebuah

spektrum yang selanjutnya akan tersimpan pada spektrometer.

Tiap jenis buah-buahan memiliki karakteristik dan senyawa berbeda-beda yang terkandung di dalamnya sehingga spektrum yang diperoleh dari hasil pengukuran cahayanya akan berbeda-beda pula (Kusumiyati, Hadiwijaya, Putri, & Mubarak, 2019). *Visible-Short Wavelength Near Infrared Spectroscopy (Vis-SWNIRS)* merupakan penggunaan radiasi *visible-near infrared* pada panjang gelombang 300-1050 nm untuk memperoleh informasi mengenai kandungan kimia pada bahan organik.

Total padatan terlarut (TPT) merupakan kandungan bahan yang larut air seperti glukosa, sukrosa, fruktosa, dan pektin. TPT seringkali dijadikan indikator kemanisan pada buah. Informasi mengenai tingkat kemanisan buah merupakan hal yang penting untuk diketahui terutama pada buah melon golden, karena hal ini berkaitan dengan penerimaan konsumen terhadap produk tersebut. Berbagai penelitian tentang penggunaan Vis-SWNIRS untuk memprediksi total padatan terlarut buah telah dilakukan pada sawo (Kusumiyati *et al.*, 2018), pisang (Zude, 2003), apel (Pissard *et al.*, 2012), murbei hitam (Soltanikazemi *et al.*, 2017), jeruk (Jamshidi, Minaei, Mohajerani, & Ghassemian, 2012), jambu (Kusumiyati *et al.*, 2020).

Analisis multivariat diperlukan untuk menerjemahkan spektrum-spektrum

hasil pemindaian data spektra pada buah melon golden melalui pemodelan kalibrasi sehingga akan diperoleh nilai prediksi parameter kualitas sampel, dalam hal ini yaitu TPT. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi kandungan TPT buah melon golden menggunakan Vis-SWNIRS dan analisis multivariat. Sebagai tambahan, pada penelitian ini diaplikasikan beberapa metode koreksi spektra dengan tujuan memperoleh model kalibrasi terbaik untuk memprediksi TPT buah melon golden.

METODE PENELITIAN

Penanaman melon golden dilakukan di Kebun Hidroponik, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Tanaman melon ditanam di dalam *screen house* pada ketinggian tempat yang berkisar 750 mdpl. Kultivar melon golden yang digunakan yaitu Mekarsari SH-1. Sampel buah melon dipanen sebanyak 82 sampel untuk dilakukan analisis di Laboratorium Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran.

Instrumen Vis-SWNIRS yang digunakan adalah Nirvana AG410 yang memiliki rentang panjang gelombang 300-1050 nm dengan interval 3 nm. Pengambilan data spektra dilakukan pada sampel buah melon utuh. Masing-masing sampel buah melon diradiasi sebanyak enam kali yang mewakili bagian pangkal, tengah, dan ujung buah. Data spektra yang diambil merupakan

spektra *absorbency*. Setelah pengambilan data spektra selesai dilakukan, sampel buah melon didestruksi. Air saripati hasil parutan sampel buah melon diukur menggunakan refraktometer (Atago, Japan) untuk memperoleh nilai total padatan terlarut yang diekspresikan dengan nilai % Brix. Sebelum dilakukan pemodelan kalibrasi, data spektra terlebih dahulu dikoreksi dengan tujuan untuk mengurangi efek *noise* pada spektra sehingga diperoleh suatu model kalibrasi yang dapat lebih diandalkan.

Standard normal variate (SNV) merupakan salah satu metode koreksi spektra yang banyak digunakan untuk memperbaiki spektra. SNV bertujuan mengurangi efek hamburan akibat pengambilan data spektra. *Multiplicative scatter correction (MSC)* digunakan untuk mengoreksi keragaman spektra yang diakibatkan oleh pengaruh multiplikatif. *Orthogonal signal correction (OSC)* adalah metode koreksi spektra yang baru-baru ini dikembangkan. OSC memperbaiki matriks data X (data spektra) dengan membuang informasi pada spektra yang secara ortogonal tidak berkorelasi dengan matriks data Y (parameter kualitas yang diinginkan). Penggunaan ketiga metode koreksi spektra ini diharapkan dapat meningkatkan keakuratan model kalibrasi dibandingkan dengan spektra original.

Partial least squares regression (PLSR) merupakan metode kalibrasi yang paling

sering digunakan untuk menginterpretasikan data spektra. PLSR menggunakan variabel X (data spektra) dan Y (parameter kualitas yang diinginkan) untuk mengembangkan model kalibrasi untuk menemukan variabel laten (tersembunyi) pada X yang dapat memprediksi variabel laten pada Y.

Validasi dilakukan untuk menguji kemampuan model kalibrasi untuk memprediksi sampel yang baru. Validasi silang berguna untuk menghindari *overfitting* yang mengakibatkan model kalibrasi gagal untuk memprediksi sampel yang baru. Metode validasi silang yang digunakan pada penelitian ini adalah *K-Fold Cross Validation*. Keseluruhan sampel secara acak dibagi ke dalam 20 *segment*. Masing-masing *segment* terdiri atas 4-5 sampel. Dua puluh *segment* tersebut dikelompokkan menjadi 19 *segment* sebagai *train set* dan 1 *segment* sebagai *test set*. Sembilanbelas *segment* pada *train set* digunakan untuk memprediksi *test set*. Model kalibrasi dievaluasi menggunakan validasi silang dan koefisien determinasi (R^2), *root mean squares error of calibration (RMSEC)*, *root mean squares error of cross validation (RMSECV)*, dan *ratio performance to deviation (RPD)*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada teknik spektroskopi Vis-SWNIR, data spektra yang diperoleh dari sampel tidak hanya berisi informasi mengenai kandungan kimia pada sampel, namun mengandung

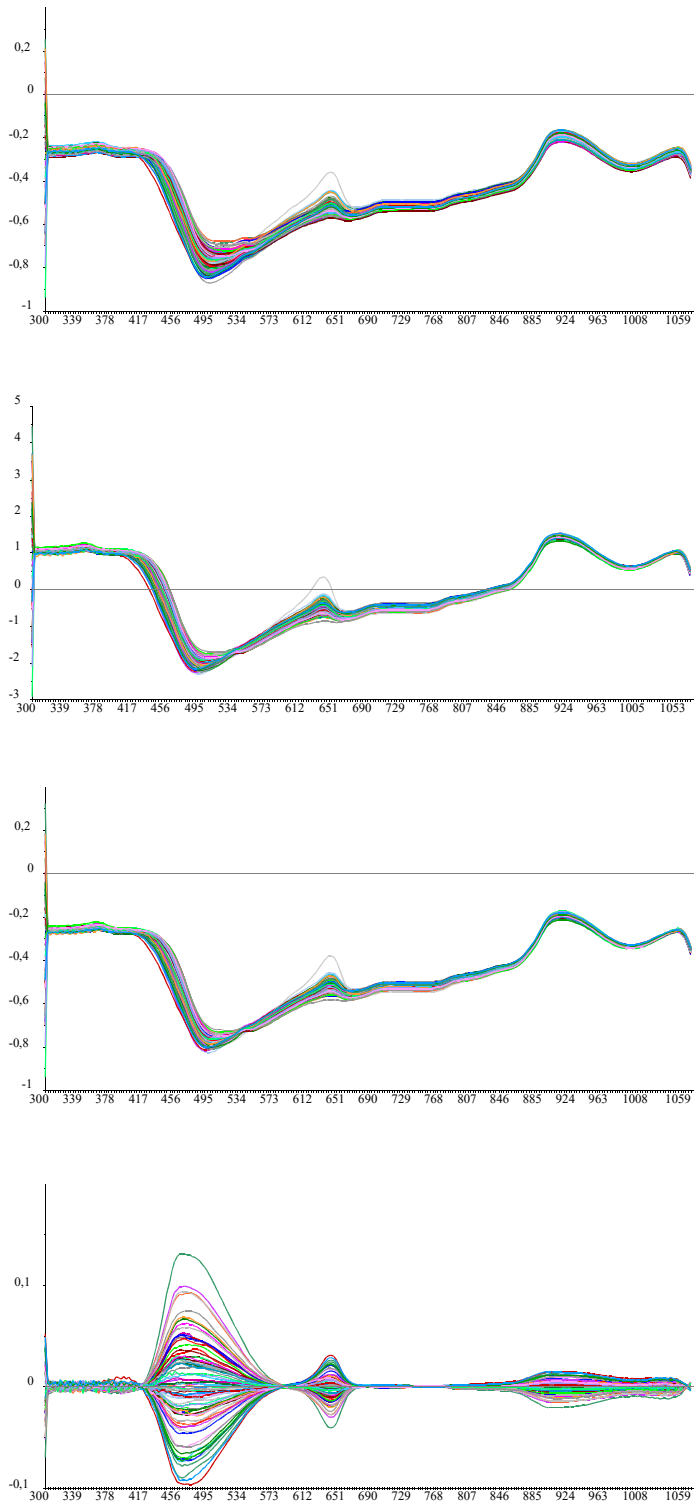
pula informasi latarbelakang (*background information*) dan *noise* (Cen & He, 2007). Koreksi spektra dapat mengurangi keragaman spektra akibat emisi cahaya dan nonlinieritas (Rinnan, Van Den Berg, & Engelsen, 2009). Oleh karena itu, diperlukan koreksi spektra untuk meningkatkan akurasi dari model kalibrasi (Kusumiyati *et al.*, 2019). Metode koreksi spektra SNV, MSC, dan OSC masing-masing diaplikasikan pada spektra original (Gambar 1) Metode SNV mereduksi efek pembauran yang terdapat pada spektra original dengan menetapkan skala spektrum individual tanpa memerlukan spektrum referensi. Penerapan metode koreksi spektra SNV mengurangi sebagian besar variasi pada spektra original (Gambar 1b). Pada dasarnya, SNV mengubah *offset* ke nilai 0, kemudian menstandarisasi nilai rata-rata spektrum. Hasil koreksi spektra dengan metode SNV menunjukkan rentang nilai *absorbance* kira-kira dari -2 hingga 2. Metode MSC mengoreksi masing-masing spektrum berdasarkan spektrum rujukannya dengan memanfaatkan hasil perhitungan regresi linier sederhana. sehingga keragaman data akibat dari emisi cahaya dapat direduksi. Metode koreksi spektra MSC umumnya menampilkan hasil yang mirip dengan metode SNV. Namun, metode MSC (Gambar 1c) tidak mengubah rentang nilai *absorbance* dari data spektra original (Gambar 1a). Metode koreksi spektra OSC

(Gambar 1d) mengoreksi spektra original berdasarkan data referensi (nilai referensi TPT) dengan mereduksi variabel-variabel yang tidak berkorelasi dengan data referensi. Hal ini dilakukan untuk menghindari hilangnya informasi penting saat pemodelan kalibrasi (Cen & He, 2007).

Pengukuran nilai Total Padatan Terlarut (TPT) menggunakan refraktometer bertujuan untuk mengukur total gula secara kasar. Dengan asumsi semakin tinggi nilai TPT buah melon, semakin tinggi pula tingkat kemanisan buah melon tersebut. Sebagai tambahan, nilai TPT biasanya dijadikan indikator tingkat kematangan, rasa pada buah dan sayuran untuk membantu dalam mengatur waktu panen, penjualan, dan pengolahan.

Pada dasarnya TPT merupakan gula (sukrosa dan fruktosa) dan berbagai senyawa lainnya seperti asam organik, asam amino larut, lemak, mineral, dan lain-lain. Refraktometer mengukur TPT berdasarkan indeks biasnya. Nilai indeks bias diperoleh dari kecepatan cahaya pada ruang hampa dibandingkan dengan ketika cahaya menembus sampel. Ketika cahaya menembus sampel, kecepatannya akan berkurang. Hal ini dikarenakan adanya padatan terlarut yang terdapat pada sampel tersebut. Semakin tinggi konsentrasi padatan terlarut sampel, semakin tinggi pula indeks biasnya. Hal tersebut juga berlaku sebaliknya. Nilai TPT

Gambar 1. Spektra original dan spektra yang telah dikoreksi



buah melon golden kultivar Mekarsari SH-1 yang diperoleh pada penelitian ini berkisar antara 3,95-12,4% Brix (Tabel 1).

Tabel 1
Hasil Pengukuran Total Padatan Terlarut

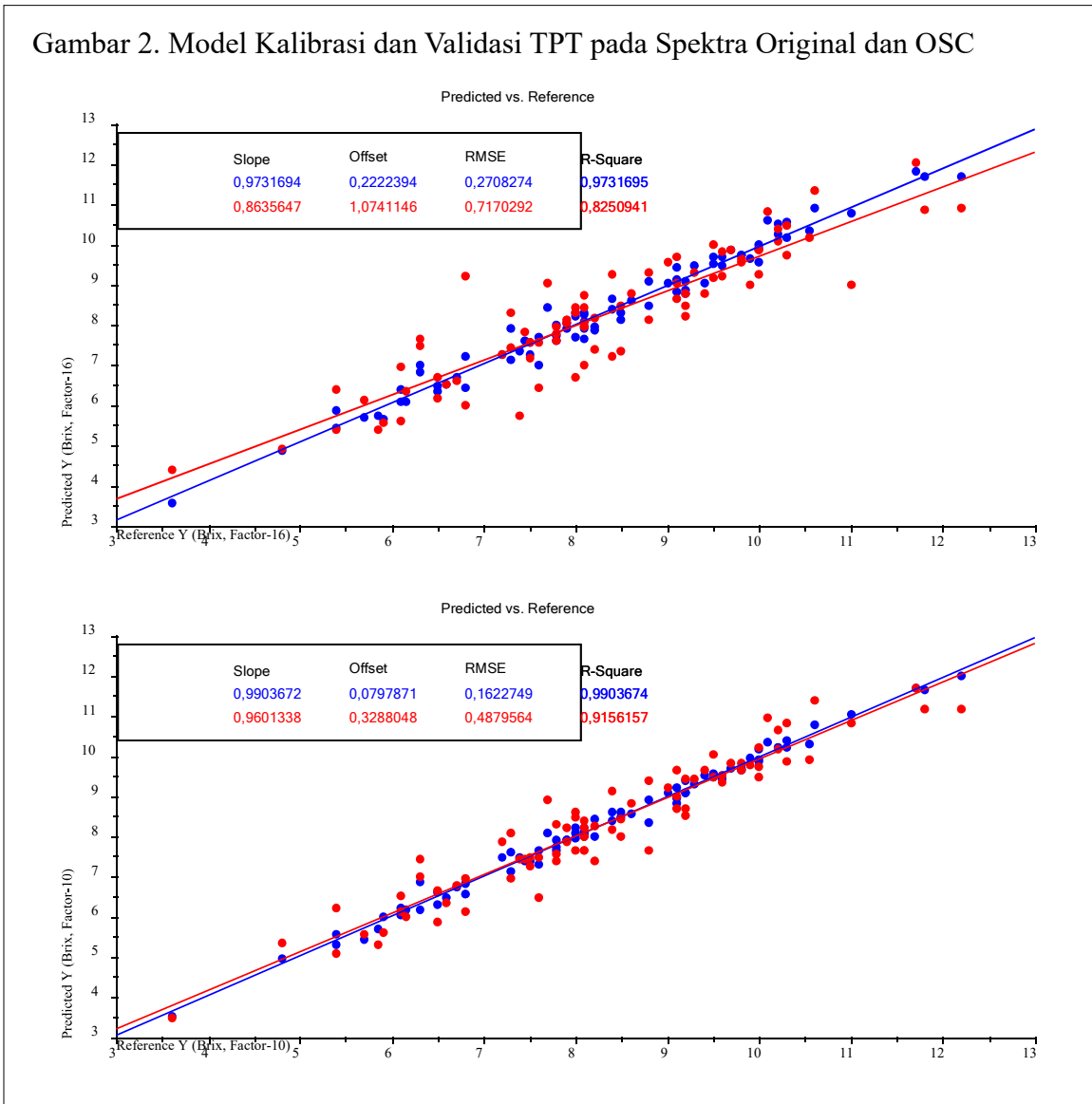
Jumlah Sampel	Min.	Maks.	Rerata	Standar Deviasi
82	3,95	12,4	8,35	1,78

Pemodelan kalibrasi pada teknik spektroskopi Vis-SWNIR melibatkan data spektra sampel dan data referensi yang merupakan hasil pengujian lab. Metode regresi yang digunakan yaitu PLSR dengan tujuan untuk menguji linieritas antara nilai dugaan TPT berdasarkan spektra Vis-SWNIR dan nilai referensi TPT. Koreksi pada spektra original berfungsi untuk mendapatkan linieritas terbaik antara kedua matriks tersebut. PLSR merupakan metode kalibrasi multivariat yang dapat menangani masalah multikolinieritas. Metode regresi PLSR dapat menentukan jumlah faktor yang optimal tanpa menyebabkan *overfitting* pada model kalibrasi (Sharabian *et al.*, 2014). Penggunaan regresi PLSR dan Vis-SWNIR menghasilkan nilai koefisien korelasi sebesar 0,85 untuk pendugaan nilai TPT pada buah tomat (Huang *et al.*, 2018).

Gambar 2 menunjukkan model kalibrasi dan validasi TPT pada spektra original dan OSC. Garis regresi dan titik-titik berwarna biru menunjukkan regresi

dan sebaran data untuk model kalibrasi yang telah dibuat, sedangkan yang berwarna merah merupakan hasil validasi silang dari model kalibrasi. Sumbu x menampilkan data referensi hasil pengukuran nilai TPT menggunakan refraktometer, sedangkan sumbu y menerangkan nilai TPT prediksi Vis-SWNIRS. Dari keempat model kalibrasi yang telah dibangun, model kalibrasi dari spektra OSC menampilkan sebaran data yang paling dekat dengan garis regresi dibandingkan dengan ketiga model kalibrasi lainnya. Semakin dekat titik-titik sebaran data dengan garis regresi, maka semakin kuat hubungan linier antara data referensi dan nilai prediksi TPT buah melon golden. Sebaliknya, semakin jauh dengan garis regresi, maka semakin lemah pula hubungan liniernya. Jarak antara garis regresi dan titik-titik sebaran data dihitung sebagai nilai *error*.

Nilai koefisien determinasi model kalibrasi tertinggi diperoleh pada koreksi spektra dengan metode OSC yaitu sebesar 0,99 dan nilai validasi sebesar 0,91 (Tabel 2). Selain itu, nilai RMSEC dan RMSECV metode OSC mendapatkan nilai terendah yaitu sebesar 0,16 dan 0,48. Semakin kecil nilai error yang diperoleh, semakin baik model kalibrasi yang telah dibangun. Nilai RPD dari spektra OSC tercatat sebagai nilai tertinggi sebesar 3,40 disusul dengan spektra MSC, SNV, dan original. Nicolai *et al.* (2007) menjelaskan



Tabel 2
Evaluasi Model Kalibrasi dan Validasi TPT Buah Melon Golden pada Spektra Original dan 3 Spektra yang telah Dikoreksi

Spektra	Faktor	Kalibrasi (R ²)	Validasi (R ²)	RMSEC	RMSECV	RPD
Original	16	0,97	0,82	0,27	0,71	2,32
SNV	16	0,96	0,82	0,30	0,70	2,36
MSC	16	0,96	0,84	0,28	0,67	2,45
OSC	10	0,99	0,91	0,16	0,48	3,40

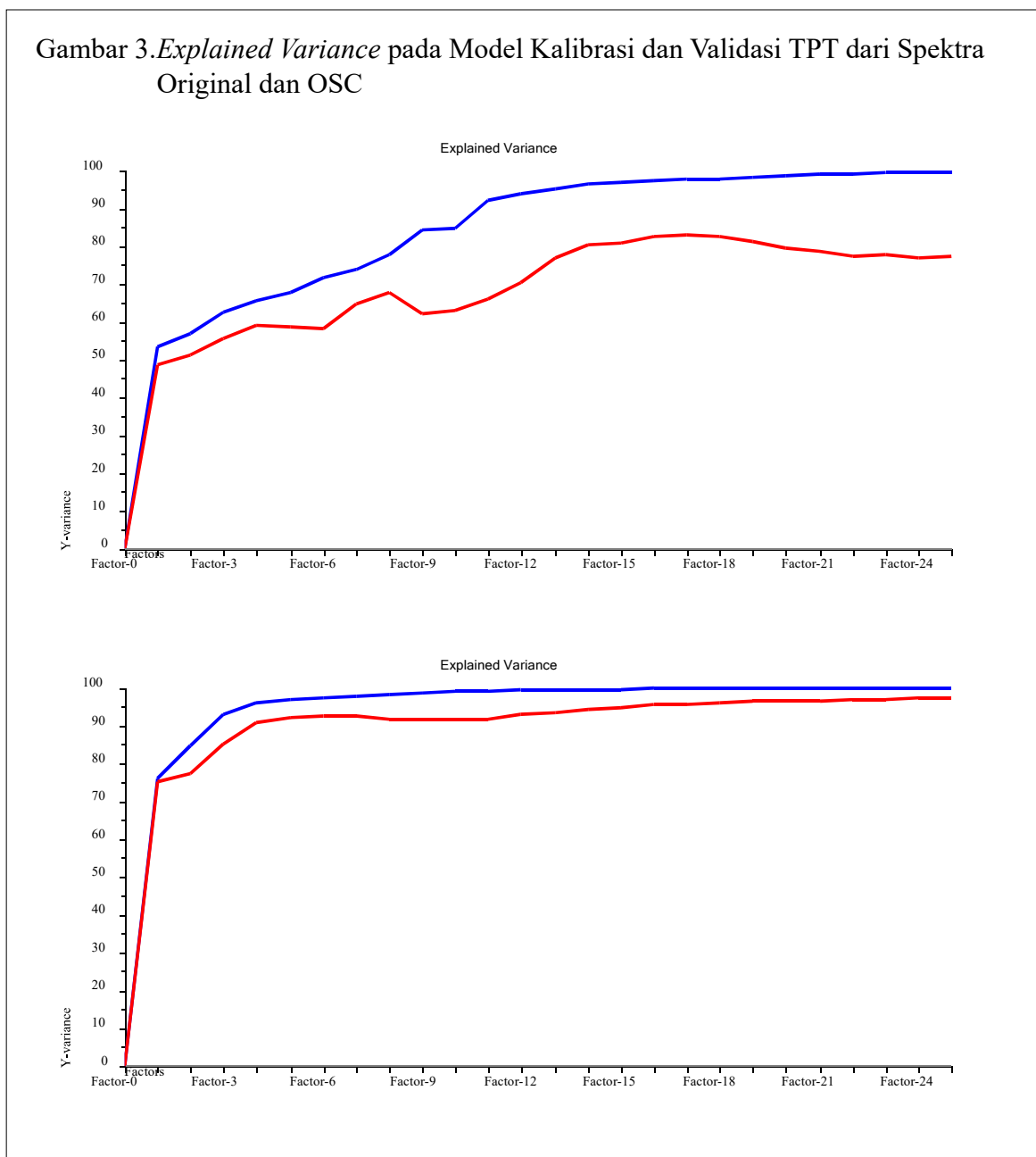
bahwa dengan nilai RPD di atas 3,0 mengindikasikan model kalibrasi tersebut

memiliki kemampuan prediksi yang sangat baik. Pada penelitian lain, Saad *et al.* (2014)

menggunakan Vis-SWNIR dan metode koreksi spektra OSC untuk memprediksi TPT pada tomat, nilai R^2 model kalibrasi yang diperoleh sebesar 0,99 dibandingkan spektra original yang hanya memperoleh nilai R^2 sebesar 0,89. Hal ini sejalan dengan penelitian Gardana *et al.* (2018) yang

menyimpulkan bahwa koreksi pada spektra original dapat meningkatkan linieritas pada model kalibrasi.

Explained variance menjelaskan seberapa besar variasi dari variabel Y yang dapat dijelaskan oleh variabel X pada suatu faktor tertentu (Gambar 3). Garis berwarna



biru merupakan *explained variance* pada model kalibrasi, sedangkan yang berwarna merah yaitu validasi. Semakin tinggi nilai *explained variance* pada suatu model kalibrasi, maka semakin baik pula linieritas model kalibrasi tersebut. Model kalibrasi yang diharapkan yaitu memiliki nilai *explained variance* yang tinggi dengan jumlah faktor yang rendah. Menurut Jankovská & Šustová (2003) jumlah faktor yang tinggi mendefinisikan tingginya gangguan pada spektra tersebut. Berdasarkan Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode koreksi spektra OSC (3b) mampu mereduksi jumlah faktor pada variabel X dan memperoleh nilai *explained variance* yang tinggi. Pada spektra OSC, nilai linieritas sebesar 99% (0,99) dapat dicapai dengan jumlah faktor sebanyak 10. Namun, pada spektra original dengan jumlah faktor sebanyak 16 hanya memperoleh nilai linieritas sebesar 97% (0,97). Berdasarkan beberapa evaluasi model kalibrasi yang telah dilakukan, penggunaan metode koreksi spektra OSC memperlihatkan performa terbaik dalam memprediksi TPT pada buah melon golden.

SIMPULAN

Hasil penelitian menampilkan bahwa Vis-SWNIRS dan analisis multivariat dapat memprediksi TPT buah melon golden dengan nilai akurasi yang tinggi. Metode

koreksi spektra yang diaplikasikan pada penelitian ini memberikan pengaruh terhadap model kalibrasi yang diperoleh. Model kalibrasi terbaik ditunjukkan pada spektra yang dikoreksi menggunakan metode OSC dengan nilai R^2 kalibrasi, validasi, RMSEC, RMSECV, dan RPD berturut-turut sebesar 0,99, 0,91, 0,16, 0,48, dan 3,40.

DAFTAR PUSTAKA

- Blanco, M., & Villarroya, I. (2002). NIR spectroscopy: A rapid-response analytical tool. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 21(4), 240-250. [https://doi.org/10.1016/S0165-9936\(02\)00404-1](https://doi.org/10.1016/S0165-9936(02)00404-1).
- Cen, H., & He, Y. (2007). Theory and application of near infrared reflectance spectroscopy in determination of food quality. *Trends in Food Science & Technology*, 18(2), 72-83. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.09.003>.
- Direktorat Jenderal Hortikultura. (2015). *Statistik produksi hortikultura tahun 2014*. Diunduh dari <http://www.hortikultura.pertanian.go.id>
- Gardana, C., Scialpi, A., Fachechi, C., & Simonetti, P. (2018). Near-infrared spectroscopy and chemometrics for the routine detection of bilberry extract adulteration and quantitative determination of the anthocyanins. *Journal of Spectroscopy*, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2018/4751247>
- Huang, Y., Lu, R., & Chen, K. (2018). Assessment of tomato soluble solids content and pH by spatially-resolved and conventional Vis/NIR spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 236(3), 19–28. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.05.008>.
- Jamshidi, B., Minaei, S., Mohajerani, E., & Ghassemian, H. (2012). Reflectance vis/

- NIR spectroscopy for nondestructive taste characterization of Valencia oranges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 85, 64–69. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2012.03.008>
- Jankovská, R., & Šustová, K. (2003). Analysis of cow milk by near-infrared spectroscopy. *Czech Journal of Food Sciences*, 21(4), 123–128. <https://doi.org/10.17221/3488-cjfs>
- Kusumiyati, Hadiwijaya, Y., & Putri, I. E. (2019). Non-destructive classification of fruits based on vis-NIR spectroscopy and principal component analysis. *Jurnal Biodjati*, 4(1), 89–95. <https://doi.org/10.15575/biodjati.v4i1.4389>
- Kusumiyati, Hadiwijaya, Y., Putri, I. E., & Mubarak, S. (2019). Water content prediction of crystal guava using visible-near infrared spectroscopy and chemometrics approach. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/393/1/012099>.
- Kusumiyati, Hadiwijaya, Y., Putri, I. E., Mubarak, S., & Hamdani, J. S. (2020, February). Rapid and non-destructive prediction of total soluble solids of guava fruits at various storage periods using handheld near-infrared instrument. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 458(1), p. 012022. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/458/1/012022>.
- Kusumiyati, Mubarak, S., Hamdani, J. S., Farida., Sutari, W., Hadiwijaya, Y., Putri, I. E., & Mutiarawati, T. (2018). Evaluation of saposilla fruit quality using near-infrared spectroscopy. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 16(1), 49-53.
- Maniwara, P., Nakano, K., Boonyakiat, D., Ohashi, S., Hiroi, M., & Tohyama, T. (2014). The use of visible and near infrared spectroscopy for evaluating passion fruit postharvest quality. *Journal of Food Engineering*, 143, 33-43. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.06.028>.
- Nicolai, B. M., Beullens, K., Bobelyn, E., Peirs, A., Saeys, W., Theron, K. I., & Lammertyn, J. (2007). Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review. *Postharvest Biology and Technology*, 46(2), 99-118. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.06.024>
- Pissard, A., Baeten, V., Romnée, J. M., Dupont, P., Mouteau, A., & Lateur, M. (2012). Classical and NIR measurements of the quality and nutritional parameters of apples: A methodological study of intra-fruit variability. *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment*, 16(3), 294-306.
- Rinnan, Å., Van Den Berg, F., & Engelsen, S. B. (2009). Review of the most common pre-processing techniques for near-infrared spectra. *Trends in Analytical Chemistry*, 28(10), 1201-1222. <https://doi.org/10.1016/J.TRAC.2009.07.007>.
- Saad, A. G., Jaiswal, P., & Jha, S. N. (2014). Non-destructive quality evaluation of intact tomato using VIS-NIR spectroscopy. *International Journal of Advanced Research*, 2(12), 632–639.
- Sánchez, M. T., De La Haba, M. J., Benítez-López, M., Fernández-Novales, J., Garrido-Varo, A., & Pérez-Marín, D. (2012). Non-destructive characterization and quality control of intact strawberries based on NIR spectral data. *Journal of Food Engineering*, 110(1), 102-108. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.12.003>.
- Sharabian, V. R., Noguchi, N., & Ishi, K. (2014). Significant wavelengths for prediction of winter wheat growth status and grain yield using multivariate analysis. *Engineering in*

- Agriculture, Environment and Food*, 7(1), 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.eaef.2013.12.003>
- Soltanikazemi, M., Mehdizadeh, S. A., & Heydari, M. (2017). Non-destructive evaluation of the internal fruit quality of black mulberry (*Morus nigra* L.) using visible-infrared spectroscopy and genetic algorithm. *International Journal of Food Properties*, 20(11), 2437–2447. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1238930>
- Torres, I., Pérez-Marín, D., De la Haba, M. J., & Sánchez, M. T. (2015). Fast and accurate quality assessment of Raf tomatoes using NIRS technology. *Postharvest Biology and Technology*, 107, 9-15. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.04.004>
- Vitale, R., Bevilacqua, M., Bucci, R., Magri, A. D., Magri, A. L., & Marini, F. (2013). A rapid and non-invasive method for authenticating the origin of pistachio samples by NIR spectroscopy and chemometrics. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 121, 90-99. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2012.11.019>
- Zude, M. (2003). Non-destructive prediction of banana fruit quality using VIS/NIR spectroscopy. *Fruits*, 58(3), 135-142. <https://doi.org/10.1051/fruits:2003001>

**SINTESIS HIDROGEN PEROKSIDA PADA PENGOLAHAN AIR KOLAM RENANG
MENGUNAKAN METODE ELEKTRODISINFECTAN*****(THE SYNTHESIS OF HYDROGEN PEROXIDE IN SWIMMING POOL WATER
TREATMENT USING ELECTRODISINFECTANT METHOD)*****Suyanta dan Fika Deni Utari**

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta

Jl. Colombo No. 1 Yogyakarta 55281

email: suyanta@uny.ac.id**Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensial dan waktu optimum proses elektrodisisinfektan air kolam renang serta mengetahui kualitas air kolam renang berdasarkan parameter kadar hidrogen peroksida, pH dan TDS setelah proses elektrodisisinfektan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32/MENKES/PER/VI/2017. Optimasi potensial listrik menggunakan variasi 2, 4, 6, 8, dan 10 volt. Optimasi waktu yang digunakan adalah variasi 0,5; 1; 2; 3; dan 4 jam. Sampel dianalisis untuk mengetahui kadar hidrogen peroksida, pH, dan TDS air kolam renang berturut-turut menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis, pH meter, dan TDS meter. Berdasarkan penelitian potensial optimum proses elektrodisisinfektan sebesar 10 volt, sedangkan waktu optimum selama 4 jam dengan hidrogen peroksida yang dihasilkan sebesar 68,05 mg/L. Kualitas air kolam renang berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI dikatakan baik karena memenuhi standar kualitas air kolam renang yaitu kadar hidrogen peroksida kurang dari 0,3%; pH antara 7-7,8; dan nilai TDS air kolam renang turun dari 219 menjadi 216.

Kata kunci: *elektrodisisinfektan, hidrogen peroksida, pH, TDS, elektroda titanium dan grafit*

Abstract

This study was aimed at determining the potential and the optimum time for the electrodisinfectant process of swimming pool water and determining the quality of swimming pool water based on the parameters of hydrogen peroxide, pH, and TDS levels after the electrodisinfectant process based on the Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia Nomor 32/MENKES/PER/VI/2017. The electric potential optimizations used were 2, 4, 6, 8, and 10 volts. The time optimizations used were 0.5, 1, 2, 3, and 4 hours. The samples were analyzed using UV-Vis spectrophotometric methods, pH meter, and TDS meter to determine hydrogen peroxide levels, pH, and TDS of swimming pool water. The result shows that the optimum potential for the electrodisinfectant process is 10 volts, while the optimum time for 4 hours with hydrogen peroxide is 68.05 mg/L. The quality of swimming pool water based on the Minister of Health Regulation is categorized as good quality. The quality of the water meets the swimming pool water quality standards. The hydrogen peroxide level is less than 0.3%, the pH is between 7-7.8, and the TDS value of swimming pool water drops from 219 to 216.

Keyword: *electrodisinfection, hydrogen peroxide, pH, TDS, titanium and graphite electrodes*

PENDAHULUAN

Air merupakan bahan alam yang diperlukan untuk kehidupan manusia, hewan dan tanaman yaitu sebagai media pengangkutan zat-zat makanan, juga merupakan sumber energi serta berbagai keperluan lainnya (Sasongko, Widyastuti, & Priyono, 2014). Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416 Tahun 1990 menyebutkan bahwa yang dimaksud air kolam renang adalah air di dalam kolam renang yang digunakan untuk olah raga renang dan kualitasnya memenuhi syarat kesehatan.

Effendi (2003) menyatakan bahwa kualitas air yang tersedia saat ini masih kurang memenuhi syarat kualitas air bersih, salah satunya berdasarkan syarat mikrobiologis air kolam renang masih mengandung bakteri patogen. Salah satu upaya pengawasan kualitas air kolam renang secara kimiawi adalah pemberian senyawa klor berupa kaporit yang berfungsi untuk mereduksi zat organik, mengoksidasi logam, dan sebagai desinfeksi terhadap mikroorganisme. Namun, penggunaan kaporit juga harus sesuai dengan batas aman yang ada. Penggunaan kaporit dalam konsentrasi yang kurang dapat menyebabkan mikroorganisme yang ada di kolam renang tidak terdesinfeksi dengan baik. Sedangkan penggunaan kaporit dengan konsentrasi yang berlebih dapat meninggalkan sisa klor yang menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan (Cita & Adriyani, 2013).

Polutan yang terkandung dalam air kolam renang juga dapat berasal dari orang-orang yang berenang di dalamnya, yaitu berasal dari keringat, ludah, urin, dan lain-lain. Jika melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416/MEN.KES/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Menteri Kesehatan RI, hal tersebut dapat membahayakan kesehatan manusia (Nugroho & Suyanta, 2016).

Menelan hanya sedikit air yang mengandung kuman dapat mengakibatkan penyakit. Penyakit akibat aktivitas berenang dikenal pula dengan sebutan *Recreational Water Illness (RWIs)*. RWIs dapat disebabkan oleh bahan kimia dalam air atau bahan kimia yang menguap dari air. Keluhan yang paling sering dilaporkan adalah diare (Talita, Nurjazuli, & Dangiran, 2016).

Kualitas air kolam renang harus cukup terpelihara secara teratur dan terus menerus sehingga air bebas dari pencemaran. Kondisi ini dapat menahan atau mengurangi penularan penyakit yang dapat ditularkan melalui air. Maka diperlukan pengolahan air kolam renang yang aman. Salah satu cara pengolahan air kolam renang yang aman adalah dengan cara elektrokimia.

Saat ini teknologi elektrokimia telah diterapkan dalam pengolahan air dan air limbah. Elektroagulasi dan elektrodesinfektan memiliki potensi besar dalam

pengolahan air minum, air limbah, kolam renang, dan air industri (Nugorho & Suyanta, 2016).

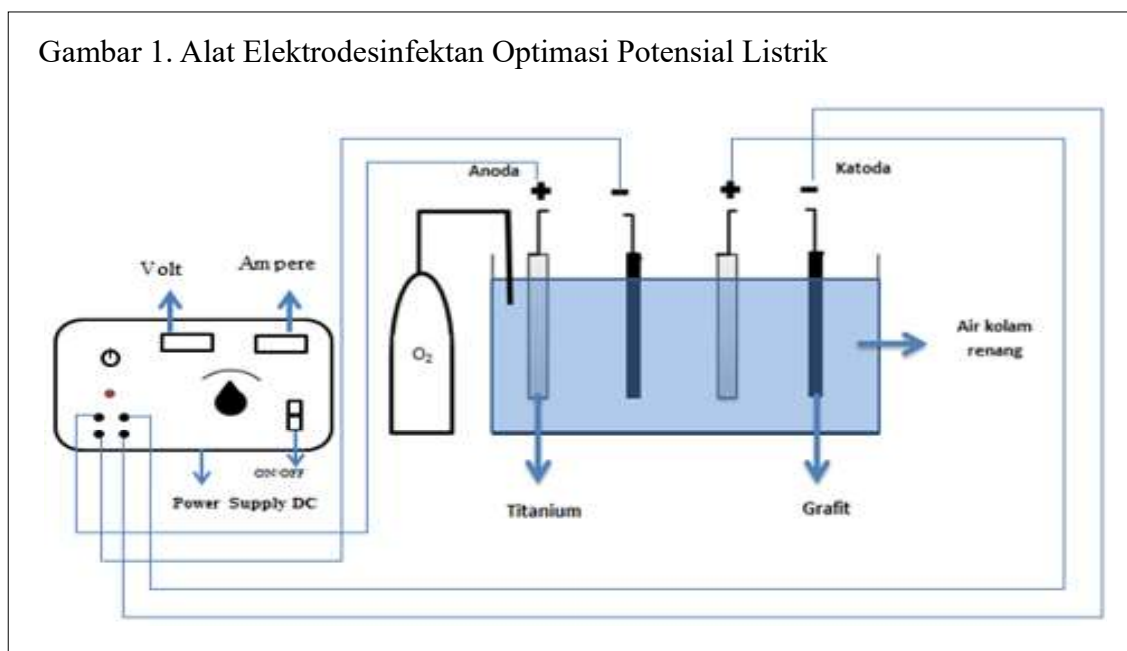
Berdasarkan uraian diatas, perlu dilakukan pengolahan air kolam renang menggunakan metode elektrodisinfektan dengan elektroda titanium dan grafit yang diharapkan dapat menghasilkan hidrogen peroksida yang dapat mendesinfeksi bakteri pada kolam renang sehingga kualitas air kolam renang sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32/MENKES/PER/VI/2017.

METODE PENELITIAN

Rangkaian alat elektrodisinfektan disajikan seperti pada Gambar 1. Optimasi potensial listrik dilakukan dengan cara sebagai berikut. Sampel air kolam renang

sebanyak 10 liter dimasukan ke dalam bak kaca berukuran 50 x 30 x 30 cm. Sumber arus DC dihidupkan pada tegangan 2 volt. Oksigen dalirkan dengan laju alir sebesar 2,5 L/menit. Proses elektrodisinfektan dilakukan selama 1 jam. Air hasil elektrodisinfektan dimasukan ke dalam botol sampel untuk dianalisis kadar hidrogen peroksidanya. Nilai pH diukur menggunakan pH meter digital. TDS diukur menggunakan TDS meter digital. Prosedur yang sama dilakukan kembali dengan mengganti potensial listrik 4, 6, 8, dan 10 volt. Perlakuan sama diulangi dengan waktu 1, 2, 3, dan 4 jam untuk mendapatkan optimasi waktu elektrodisinfektan.

Analisis H_2O_2 dengan spektrofotometer UV-Vis. Larutan induk hidrogen peroksida dibuat dengan melarutkan 1,7 ml larutan



hidrogen peroksida 30% dengan akuades hingga volume 1 liter. Larutan standar hidrogen peroksida 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 60, 80, dan 100 mg/L dibuat dari larutan hidrogen peroksida 500 mg/L.

Kurva standar hidrogen peroksida dibuat dengan memasukkan masing-masing larutan standar hidrogen peroksida sebanyak 50 mikroliter ke dalam tabung reaksi. Kemudian masing-masing ditambahkan 10 mL larutan HCl, 1 mL larutan KI, 1 mL larutan ammonium molibdat dalam H_2SO_4 , dan 1 mL larutan amilum. Dua puluh menit setelah menambahkan KI, masing-masing larutan diukur absorbansinya pada 561,8 nm.

Sampel air kolam renang dianalisis dengan memasukkan 50 mikroliter air kolam renang ke dalam tabung reaksi. Kemudian ditambahkan 10 mL larutan HCl, 1 mL larutan KI, 1 mL larutan ammonium molibdat dalam H_2SO_4 , dan 1 mL larutan amilum. Dua puluh menit setelah

menambahkan KI, masing-masing larutan diukur absorbansinya pada 561,8 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

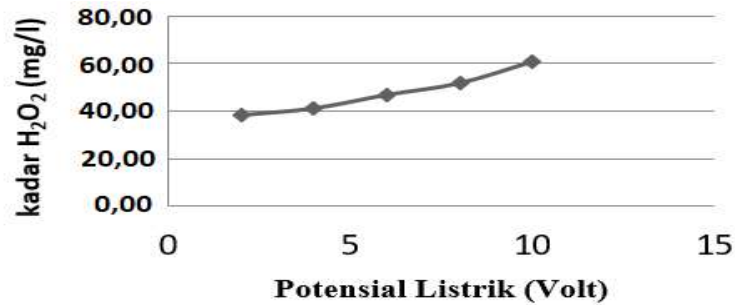
Optimasi Potensial Listrik. Kadar hidrogen peroksida pada sampel dianalisis dengan metode spektrofotometri UV-Vis. Pengukuran dilakukan sebelum dan sesudah proses elektrodisinfektan. Hasil pengukuran kadar hidrogen peroksida dalam air kolam renang sebelum dan sesudah elektrodisinfektan dengan variasi potensial dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan data tersebut dapat dibuat grafik hubungan potensial listrik dengan hidrogen peroksida yang dihasilkan (Gambar 2).

Potensial optimum 10 volt dengan kadar hidrogen peroksida sebesar 60,91 mg/L. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode elektrodisinfektan dapat menghasilkan hidrogen peroksida yang pada umumnya digunakan sebagai desinfektan.

Tabel 1
Data Hidrogen Peroksida Sebelum dan Sesudah Proses Elektrodesinfektan dengan Variasi Potensial

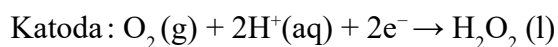
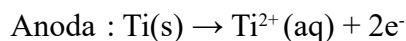
Voltase	Arus	Kadar H_2O_2 (mg/L)		H_2O_2 Hasil Elektrolisis (mg/L)
		Awal	Akhir	
2	3	32,48	70,78	38,30
4	11	32,48	73,65	41,17
6	23	32,48	79,36	46,88
8	36	32,48	84,27	51,79
10	58	32,48	93,39	60,91

Gambar 2. Grafik Hubungan Potensial Listrik dengan Kadar Hidrogen Peroksida



Lim dan Hoffmann (2019) menjelaskan bahwa ada dua jalur untuk menghasilkan H₂O₂ dengan elektrokimia untuk yaitu reduksi O₂ pada katoda sesuai persamaan $O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O_2$ dan oksidasi air pada bahan anoda yang cocok (misalnya anoda dengan potensial tinggi) sesuai persamaan $2H_2O \rightarrow H_2O_2 + 2H^+ + 2e^-$.

Reaksi yang terjadi pada proses elektrodisefektan adalah sebagai berikut:



Hidrogen peroksida lebih aman digunakan sebagai disinfektan karena tidak meninggalkan residu yang berbahaya. Adanya ion-ion logam yang umumnya terdapat dalam sitoplasma sel menyebabkan terbentuknya radikal superoksida (O_2^-) yang selama pembentukan oksigen akan bereaksi dengan gugus bermuatan negatif dalam protein dan akan menonaktifkan sistem enzim yang penting (Setiawan, Sibarani, & Suprihatin, 2013).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara besar potensial listrik dengan perubahan nilai pH air kolam renang. Proses elektrodisefektan dengan potensial listrik 2, 4, 6, 8, dan 10 volt dapat menaikkan pH berturut-turut menjadi 6,4; 6,4; 6,6; 6,6; dan 6,7. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin besar potensial listrik yang digunakan maka pH akan semakin tinggi. Peningkatan pH disebabkan oleh ion hidroksil yang dihasilkan dari proses reduksi H₂O di katoda lebih banyak dibanding ion H⁺ yang terbentuk di anoda sehingga larutan bersifat basa. Proses evolusi hidrogen di katoda saat proses elektrolisis menyebabkan terjadinya kenaikan pH. Evolusi hidrogen merupakan proses produksi hidrogen melalui reaksi elektrolisis air (Astuti, 2016).

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa terdapat hubungan antara potensial listrik dengan nilai TDS. Pada proses elektrodisefektan dengan potensial listrik 2, 4, 6, 8, dan 10 volt mampu menurunkan

TDS air kolam renang dengan nilai TDS berturut-turut sebesar 218, 217, 217, 216, dan 216. Hal ini menunjukkan semakin besar potensial listrik yang digunakan, nilai TDS air kolam renang semakin berkurang.

Penurunan nilai TDS setelah proses elektrolisis terjadi karena polutan-polutan yang ada di dalam air kolam renang ikut mengendap bersama flok dan elektroda (anoda dan katoda). Analisa total padatan terlarut digunakan sebagai indikator untuk menentukan kualitas umum dari air. Sumber padatan terlarut total dapat mencakup semua kation dan anion terlarut. Total zat padat terlarut biasanya terdiri atas zat organik, garam anorganik, dan gas terlarut (Jannah, 2019).

Optimasi waktu proses elektrodiseinfektan. Hasil pengukurankadar hidrogen peroksida pada variasi waktu proses elektrodiseinfektan dapat dilihat pada Tabel 2.

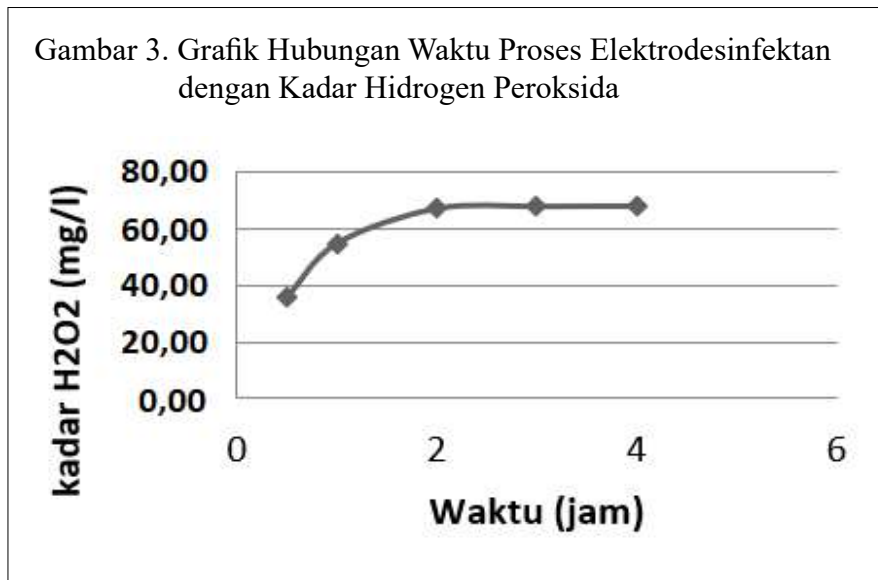
Data tersebut kemudian dibuat grafik hubungan waktu proses elektrodiseinfektan

dengan kadar hidrogen peroksida seperti pada Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin lama proses elektrodiseinfektan maka hidrogen peroksida yang dihasilkan juga semakin bertambah.

Berdasarkan penelitian, waktu optimum elektrodiseinfektan menggunakan elektroda titanium dan grafit adalah 4 jam dengan kemampuan menghasilkan hidrogen peroksida sebesar 68,05 mg/L. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa nilai pH semakin bertambah seiring dengan bertambahnya waktu proses elektrodiseinfektan. Pada proses elektrodiseinfektan diketahui bahwa dengan waktu 0,5; 1; 2; 3; dan 4 jam mampu menaikkan nilai pH dari 6,4 berturut-turut menjadi 6,6; 6,8; 6,8; 6,8; dan 7,0. Peningkatan pH ini disebabkan oleh proses reduksi air pada katoda yang meningkatkan kadar ion OH⁻ pada proses elektrolisis. Kenaikan nilai pH ini adalah faktor penting dalam menunjukkan performa selama proses elektrolisis (Fakhrudin, 2018).

Tabel 2
Data Hidrogen Peroksida Sebelum dan Sesudah Proses Elektrodiseinfektan dengan Variasi Waktu

Waktu (jam)	Voltase (Volt)	Kadar Hidrogen Peroksida (mg/l)		Hidrogen Peroksida Hasil Elektrolisis (Mg/L)
		awal	akhir	
0,5	10	32,48	68,04	35,56
1,0	10	32,48	87,24	54,76
2,0	10	32,48	99,70	67,22
3,0	10	32,48	100,43	67,95
4,0	10	32,48	100,53	68,05



Nilai pH pada potensial 10 volt dengan waktu optimum yaitu 4 jam dapat mencapai nilai 7. Nilai tersebut memenuhi syarat nilai pH menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32/MENKES/PER/VI/2017 bahwa pH untuk air kolam renang antara 7-7,8.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara waktu elektrodiesinfektan dengan efisiensi penurunan nilai TDS air kolam renang. Pada proses elektrodiesinfektan dengan waktu 0,5; 1; 2; 3; dan 4 jam dapat menurunkan nilai TDS dengan nilai berturut-turut sebesar 217, 217, 215, 215, dan 214. Semakin lama proses elektrodiesinfektan nilai TDS semakin turun. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses elektrodiesinfektan dapat meningkatkan kualitas air kolam renang.

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa metode elektrodiesinfektan menggunakan elektroda titanium dan grafit dapat menghasilkan hidrogen peroksida yang dapat membunuh bakteri patogen dalam air kolam renang. Selain itu, metode elektrodiesinfektan juga dapat menaikkan pH air dan menurunkan nilai TDS dalam air seiring dengan bertambahnya potensial dan waktu proses elektrodiesinfektan. Hal ini dapat membuktikan bahwa kualitas air kolam renang setelah proses elektrodiesinfektan menjadi lebih baik dari sebelum dilakukannya proses elektrodiesinfektan karena nilai TDS air kolam renang semakin menurun, selain itu air kolam renang memenuhi syarat berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32/MENKES/PER/VI/2017 yaitu hidrogen peroksida kurang dari 0,3%; pH antara 7-7,8; dan TDS turun dari 219 menjadi 216.

SIMPULAN

Potensial optimum dan waktu optimum proses elektrodisefektan menggunakan elektroda titanium dan grafit untuk menghasilkan hidrogen peroksida pada air kolam renang adalah 10 volt dan 4 jam dengan hidrogen peroksida yang dihasilkan sebesar 68,5 mg/L. Kualitas air kolam renang berdasarkan parameter hidrogen peroksida, pH dan TDS setelah dilakukan proses elektrodisefektan menggunakan elektroda titanium dan grafit menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32/MENKES/PER/VI/2017 dapat dikatakan baik karena memenuhi syarat kualitas air kolam renang yaitu hidrogen peroksida kurang dari 0,3%; pH 7-7,8 serta nilai TDS air kolam renang turun dari 219 menjadi 217.

DAFTAR PUSTAKA

- Arizona, F. (2017). *Pengurangan ion logam Ca²⁺ pada air kolam renang menggunakan metode elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium-grafit* (Skripsi tidak diterbitkan). Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Astuti, Y. A. (2016). *Reaksi evolusi hidrogen menggunakan media tepung mocaf dengan elektroda stainless steel/fe-co-ni secara elektrolisis* (Skripsi tidak diterbitkan). Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Cita, D. W., & Adriyani, R. (2013). Kualitas air dan keluhan kesehatan pengguna kolam renang di Sidoarjo. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 7(1), 26-31.
- Effendi, H. (2003). *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fakhrudin, Nurdiana, J., & Wijayanti, D. W. (2018, Januari). Analisis penurunan kadar Cr (chromium), Fe (besi) dan Mn (mangan) pada limbah cair laboratorium teknologi lingkungan fakultas teknik universitas mulawarman samarinda dengan menggunakan metode elektrolisis. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi, Inovasi dan Aplikasi di Lingkungan Tropis*, 1(1), 10-15.
- Jannah, M. (2019). *Penurunan bakteri escherichia coli pada air kolam renang menggunakan metode elektrodisefektan dengan elektroda titanium-grafit* (Skripsi tidak diterbitkan). Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Lim, J., & Hoffmann, M. R. (2019). Substrate oxidation enhances the electrochemical production of hydrogen peroxide. *Chemical Engineering Journal*, 374, 958-964.
- Menteri Kesehatan. (1990). *Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air*. Jakarta: Departemen Kesehatan.
- Menteri Kesehatan. (2017). *Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32/MENKES/PER/VI/2017*. Jakarta: Departemen Kesehatan.
- Nugroho, R., & Suyanta. (2016). Pengolahan air kolam renang menggunakan metode elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium-grafit. *Jurnal Kimia Dasar*, 5(6), 1-9.
- Sasongko, E. B., Widyastuti, E., & Priyono, R. E. (2014). Kajian kualitas air dan penggunaan sumur gali oleh masyarakat di sekitar Sungai Kaliyasa Kabupaten Cilacap. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 12(2), 72-82.

Setiawan, D., Sibarani, J., & Suprihatin, I. E. (2013). Perbandingan efektifitas disinfektan kaporit, hidrogen peroksida, dan perekasi fenton (H_2O_2/Fe^{2+}). *Cakra Kimia*, 1(2), 16-24.

Talita, S., Nurjazuli, N., & Dangiran, H. L. (2016). Studi kualitas bakteriologis air kolam renang dan faktor-faktor yang mempengaruhinya di kolam renang Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(5), 196-203.

**PEMANFAATAN EKSTRAK DAUN *URTICA DIOICA L.*
SEBAGAI ANTI-AGING ALAMI DALAM SEDIAAN KRIM**

**(THE UTILIZATION OF *URTICA DIOICA L.* LEAVES EXTRACT AS A NATURAL
ANTI-AGING IN CREAM PREPARATION)**

Siti Maimunah, Zuhairiah Nasution, dan Amila

Fakultas Farmasi dan Ilmu Kesehatan, Universitas Sari Mutiara Indonesia

Jl. Kapten Muslim No.79. Medan, 20123, Indonesia

email: siti_mai09@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memformulasikan ekstrak daun jelatang dalam sediaan krim dan menguji efektivitas *anti-aging*-nya. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Farmasi Universitas Sari Mutiara Indonesia pada bulan Juni-Agustus 2020. Alat yang digunakan adalah *skin analyzer* dan *moisture checker*. Sampel daun jelatang diperoleh dari Hutan Sibolangit, Sumatera Utara. Uji iritasi terhadap enam orang sukarelawan menggunakan krim ekstrak jelatang dengan konsentrasi tertinggi yaitu 0,5%. Pengujian aktivitas *anti-aging* menggunakan 18 sukarelawan wanita berusia 19-22 tahun. Parameter yang diukur meliputi kadar air, jumlah pori dan kerutan. Distribusi data dianalisis dengan *Shapiro-Wilk Test* dan dilanjutkan dengan *Kruskal-Wallis Test* dan *Mann-Whitney Test*. Hasil penelitian ekstrak etanol daun Jelatang dapat diformulasikan dalam bentuk sediaan krim tipe A/M yang homogen, dengan pH 6, viskositas 28.000 cps, tidak menimbulkan iritasi dan stabil dalam penyimpanan selama 28 hari. Hasil analisis dengan *skin analyzer* menunjukkan perubahan kondisi kulit menjadi lebih baik yaitu kadar air bertambah, pori dan kerutan berkurang. Sediaan krim dengan konsentrasi 0,5% menunjukkan efektivitas *anti-aging* terbaik.

Kata kunci: *anti-aging, daun Jelatang, Urtica dioica L.*

Abstract

This study was aimed at formulating Nettle leaf extract in a cream formulation and testing its anti-aging effectiveness. This research was conducted at the Pharmaceutical Chemistry Laboratory of Sari Mutiara Indonesia University in June-August 2020. The tools used were skin analyzer and moisture checker. Nettle leaf samples were obtained from the Sibolangit Forest, North Sumatra. The irritation test of six volunteers used nettle extract cream with the highest concentration of 0.5%. The anti-aging activity test used 18 female volunteers aged 19-22 years. Parameters measured include moisture content, number of pores and wrinkles. The data distribution was analyzed using the Shapiro-Wilk Test and followed by the Kruskal-Wallis Test and the Mann-Whitney Test. The results show that the ethanol extract of Nettle leaves can be formulated in a homogeneous type A / M cream dosage form, with a pH of 6, a viscosity of 28,000 cps, non-irritating and stable in storage for 28 days. The results of the analysis with the skin analyzer showed that the skin condition changed for the better, namely increased water content, reduced pores and wrinkles. Cream preparations with a concentration of 0.5% show the best anti-aging effectiveness.

Keywords: *anti-aging, Nettle leaves, Urtica dioica L.*

PENDAHULUAN

Penuaan merupakan suatu proses yang sangat kompleks. Beberapa teori menjelaskan bahwa manifestasi seluler proses terjadinya penuaan juga dipengaruhi oleh faktor *Reactive Oxygen Species (ROS)* yang dihasilkan dalam sel. Jika terjadi ketidakseimbangan antara oksidan dan antioksidan dalam tubuh karena peningkatan ROS dan penurunan antioksidan dari dalam tubuh, menyebabkan kerusakan sel dan mempengaruhi penuaan pada kulit.

Dengan peningkatan efek insiden kerusakan suatu kulit oleh faktor pemicu terjadinya penuaan, perlu dilakukan strategi kemoprevensi dan pengembangan terapi dengan memanfaatkan ekstrak bahan alam. Mekanisme ekstrak bahan alam dalam melindungi kulit terdapat beberapa cara seperti reduksi reaktivitas dari ROS, menghambat proses oksidasi, menyerap sinar UV, mereduksi pembentukan kerutan pada kulit, dan melindungi kulit dari *aging*. Beberapa ekstrak tumbuhan dan antioksidan yang diperoleh dari sumber alami mampu mencegah penuaan dan meningkatkan kesehatan kulit (Pareetha & Karthika, 2009).

Salah satu bahan alam yang dapat dikembangkan adalah tanaman jelatang (*Urtica dioica* L.). Ekstrak daunnya memiliki aktivitas antioksidan yang kuat (Saad & Said, 2011) sehingga dapat digunakan lebih lanjut untuk membantu

perawatan *anti-aging* kulit (Ferguson, 2011, p. 1).

Daun jelatang mengandung klorofil; protein; karotenoid seperti lutein, β karoten, dan isomernya; mineral di antaranya zat besi, fosfor, magnesium, kalsium, potasium, sodium; vitamin B C, dan K (Zeipiņa, Alsiņa, & Lepse, 2014); flavonoid seperti isokuersetin dan rutin, tannin, histamine, serotonin, asam format, asam resin, glukokinin (Jain, Singh, Parashar, & Gupta, 2017); asam linoleat asam ursolik, neoxanthin, violaxanthin, likopen (Shailajan, Hande, Singh, & Tiwari, 2014). Polisakarida, vitamin C, karoten serta flavonoid *quercetin*, *rutin*, *kaempferol*, dan beta-sitosterol (Rodriguez-Fragoso, Reyes-Esparza, Burchiel, Herrera-Ruiz, & Torres, 2008). Daun Jelatang mengandung 14,4 mg/100 g tokoferol; 0,23 mg/100 g riboflavin; 13 mg/100 g besi; 0,95 mg/100 g seng; 873 mg/100 g kalsium; 75mg/100 g fosfor; dan 532 mg/100 g kalium (Aksu & Kaya, 2004). Ekstrak daunnya memiliki aktivitas antioksidan yang kuat (Saad & Said, 2011) sehingga dapat digunakan lebih lanjut untuk membantu perawatan *anti-aging* kulit (Ferguson, 2011, p. 1).

Penelitian ini memiliki tujuan khusus mengetahui ekstrak daun jelatang yang diformulasikan sebagai krim *anti-aging*, konsentrasi terbaik dari krim ekstrak daun jelatang yang dapat memberikan efek *anti-aging* yang stabil dalam penyimpanan.

Gambar 1. Daun Jelatang



Urgensi penelitian ini adalah menurunkan ketergantungan terhadap bahan baku impor untuk produk kosmetika melalui pengembangan tanaman herbal, mengubah *mindset* masyarakat tentang tanaman jelatang yang dianggap beracun dengan membasmi tanaman jelatang padahal memiliki manfaat dibidang kesehatan dan pangan, mengembangkan variasi antioksidan dari sumber alami untuk mencegah penuaan dan meningkatkan kesehatan kulit.

Anti-aging adalah sediaan yang berfungsi yang menghambat proses kerusakan pada kulit (degeneratif) sehingga mampu menghambat timbulnya tanda-tanda penuaan pada kulit beberapa bahan yang terdapat pada produk *anti-aging*: Peptida, anti oksidan, vitamin C, vitamin E (Muliyan & Suriana, 2013, pp. 16-17).

Skin analyzer merupakan sebuah perangkat yang dirancang untuk mendiagnosis keadaan kulit. Tambahan rangkaian sensor kamera yang terpasang pada *skin analyzer*

menampilkan hasil dengan cepat dan akurat (Aramo, 2012, p. 24).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Farmasi Universitas Sari Mutiara Indonesia pada bulan Juni-Agustus 2020. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *skin analyzer and moisture checker* (Aram Huvis API-100), lumpang porselin, stamfer, cawan porselin, alat-alat gelas, spatula, pipet tetes, penangas air, pH indikator, dan neraca analitik (Dickson), *rotary evaporator* (Stuart), oven, viskometer Brookfield.

Bahan pembuatan krim adalah asam stearat, setil alkohol, natrium hidroksida, trietanolamin, nipagin, air suling, gliserin, ekstrak daun jelatang, metil biru, larutan dapar pH asam (4,01), larutan pH netral (7,01), dan etanol 96%. Sampel daun jelatang yang digunakan dalam penelitian ini diambil secara *purposive*. Sampel daun jelatang diperoleh dari Hutan Sibolangit, Sumatera Utara. Identifikasi tumbuhan dilakukan di *Herbarium Medanense*.

Daun jelatang segar dibersihkan dari partikel asing, direndam dalam air, diangin-anginkan, dikeringkan menggunakan lemari pengering, setelah kering sampel dihaluskan menggunakan blender hingga menjadi serbuk diayak dengan ayakan 61 mesh. Serbuk daun jelatang yang diperoleh

diekstraksi menggunakan pelarut etanol 96% (1:10) selama 4 hari dengan pengadukan 1x24 jam. Ekstrak diuapkan menggunakan *rotary evaporator* pada 47°C dan 60 rpm. Penguapan filtrat disempurnakan kembali menggunakan oven dengan 70°C hingga diperoleh ekstrak kental (Mustikawati, 2017, p. 429).

Formula pembuatan dasar krim sebagai berikut: R/Asam stearat 20 g, Setil alkohol 0.5 g, Trietanolamin 1 g, Natrium Hidroksida 0.2 g, Gliserin 8 g, Nipagin 0.1 g, aquadest ad. Cara pembuatan krim adalah sebagai berikut. Asam stearat dan setil alkohol dimasukkan ke dalam cawan penguap dan dilebur di atas penangas air pada suhu 70°C (massa I). Natrium Hidroksida, gliserin, nipagin dan TEA dilarutkan di dalam air panas yang telah ditakar pada 70°C (massa II). Dimasukkan massa I ke dalam lumpang panas dan ditambahkan massa II ke dalamnya, gerus sampai terbentuk massa krim. Pada lumpang lain dimasukkan ekstrak daun jelatang, ditambahkan dasar krim gerus sampai homogen. Pemeriksaan terhadap sediaan krim meliputi: pemeriksaan Homogenitas, penentuan pH sediaan dilakukan menggunakan pH indikator, penentuan tipe emulsi sediaan dengan penambahan sedikit biru metil ke dalam sediaan dan pengamatan stabilitas sediaan.

Uji iritasi terhadap enam orang sukarelawan menggunakan krim ekstrak

jelatang dengan konsentrasi tertinggi yaitu 0,5% dengan cara sediaan krim dioleskan di kulit punggung tangan membentuk lingkaran, lalu biarkan selama 24 jam, diamati setiap 4 jam sekali apakah terjadi iritasi kulit atau tidak.

Pengujian aktivitas *anti-aging* menggunakan sukarelawan sebanyak 18 orang, dengan kriteria adalah wanita usia 19-22 tahun, tidak memiliki riwayat berkaitan dengan alergi kulit, bersedia dan menandatangani surat persetujuan ikut penelitian sampai selesai. Sukarelawan dibagi menjadi enam kelompok dengan masing-masing kelompok terdiri atas tiga orang sukarelawan yaitu kelompok I (Kelompok A), kelompok II (Krim B), kelompok III (Krim C), Kelompok IV (Krim D), Kelompok V (Krim E), dan kelompok VI (Krim F).

Uji efektivitas *anti-aging* diawali dengan pengukuran kondisi kulit awal sukarelawan. Perawatan dilakukan pengolesan krim hingga merata seluas area yang ditandai, krim dioleskan berdasarkan kelompok yang ditetapkan di atas, pengolesan dilakukan sebanyak 2 kali sehari selama 4 minggu. Perubahan kondisi kulit diukur setiap minggu selama 4 minggu menggunakan *skin analyzer*. Parameter yang diukur meliputi kadar air, jumlah pori dan kerutan. Data yang diperoleh lalu dianalisa menggunakan aplikasi SPSS. Distribusi data dianalisis dengan *Shapiro-Wilk Test* dan

dilanjutkan dengan *Kruskal-Wallis Test* dan *Mann-Whitney Test*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi sampel dilakukan di Herbarium Medanense (MEDA), Universitas Sumatera Utara. Hasilnya menunjukkan bahwa sampel yang digunakan adalah benar merupakan daun jelatang.

Hasil ekstraksi menggunakan pelarut ethanol 96% untuk menarik senyawa yang terdapat dalam simplisia. Hasil ekstraksi dari 500 gram serbuk simplisia *Urtica dioica* L. diperoleh ekstrak ethanol daun jelatang 60,85 gram dengan hasil rendemen ekstrak sebesar 12,17%.

Pengamatan organoleptis sediaan krim ekstrak ethanol daun jelatang meliputi warna, bau, dan konsistensi yang diamati secara visual. Sediaan dinyatakan stabil apabila warna, bau, dan konsistensi tidak

berubah secara visual selama penyimpanan dan juga tidak ditumbuhi jamur dari hari pertama sampai 28 hari. Hasil pengamatan organoleptis sediaan krim ekstrak ethanol daun jelatang menunjukkan bahwa semua sediaan krim tidak mengalami perubahan yang berarti dari segi penampilan baik warna, bau, dan konsistensinya selama penyimpanan 28 hari. Hal ini menunjukkan sediaan krim ekstrak ethanol daun jelatang stabil. Hasil pengamatan organoleptis sediaan krim ekstrak ethanol daun Jelatang dapat di lihat pada Gambar 3 dan Tabel 1.

Uji homogenitas bertujuan untuk melihat keseragaman partikel dalam sediaan krim. Untuk memenuhi syarat homogenitas parameteranya adalah sebaran warna merata dan pemisahan fase tidak terjadi. Hasil pengamatan homogenitas dapat dilihat pada Gambar 4. Hasilnya menunjukkan bahwa semua sediaan krim homogen.



Gambar 3. (A) Krim (Basis Dasar atau Blanko), (B) Krim yang Sudah Ditambah Ekstrak Daun Jalatang, (C) Krim yang Sudah Ditambahkan Ekstrak Daun Jelatang 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5%

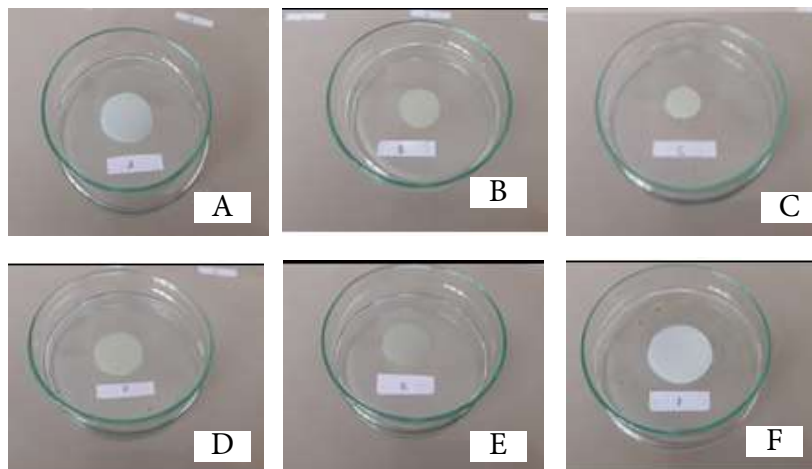


Tabel 1
Hasil Pengamatan Organoleptis Sediaan Krim

Pengamatan	Krim A	Krim B	Krim C	Krim D	Krim E	Krim F
Warna	Putih	Hijau Terang	Hijau Terang	Hijau Muda	Hijau Muda	Putih
Bau	Tidak berbau	Berbau khas	Berbau khas	Berbau khas	Berbau khas	Berbau wangi
Konsistensi	Semi solid	Semi solid	Semi solid	Semi solid	Semi solid	Semi solid
Homogenitas	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen
pH	6	6	6	6	6	6
Tipe Emulsi	A/M	A/M	A/M	A/M	A/M	A/M

Keterangan: (A) Basis krim (blanko), (B), (C), (D), dan (E) Sediaan krim ekstrak etanol daun Jelatang dengan Konsenterasi Berturut-turut 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5%; (F) Pembanding yang beredar di pasaran.

Gambar 4. Hasil Uji Homogenitas Sediaan Krim Ekstrak Jelatang: Blanko (A), B (0,2%), C (0,3%), D 0,4%), E (0,5%), dan F (Krim *anti-aging* yang Dijual di Pasaran)



Penentuan pH sediaan dilakukan menggunakan alat pH indikator dengan tiga kali pengulangan. Berdasarkan hasil pengukuran pH yang diperoleh dari masing-masing pH sediaan krim formula basis krim (A), B (0,2%), C (0,3%), D (0,4%), E (0,5%), dan F (Pembanding yang beredar dipasaran) adalah 6, pH sediaan krim yang dibuat masih memenuhi batas pH fisiologis kulit.

Pemeriksaan viskositas krim menggunakan viskometer *brookfield*. Hasil pengujian viskositas untuk semua sediaan krim berada pada rentang 28.000-34.000 cps. Viskositas krim yang baik berkisar antara 2000-50000 (Martin, Awabrick, & Cmmarat, 2012). Hal ini berarti viskositas sediaan krim yang diuji berada pada rentang viskositas yang baik.

Viskositas sediaan semi padat menjadi salah satu faktor yang perlu diperhatikan karena berkaitan dengan kenyamanan penggunaan. Krim harus mudah dioleskan dan dapat menempel pada kulit. Krim tidak boleh terlalu keras dan terlalu encer karena berkaitan dengan efek terapi yang diinginkan serta kenyamanan penggunaan (Shofyana & Zulkarnain, 2013).

Sediaan krim yang dihasilkan diuji tipe emulsinya dengan menambahkan metilen biru. Hasilnya terlihat bahwa warna metilen biru tidak dapat tersebar merata pada krim sehingga dapat disimpulkan bahwa sediaan krim berjenis A/M. krim A/M adalah krim

yang fase luarnya adalah minyak. Krim berjenis ini memiliki beberapa keunggulan, diantaranya daya lekat yang lebih lama daripada krim tipe M/A dan pada umumnya orang lebih menyukai krim tipe A/M, karena penyebarannya lebih baik, walaupun sedikit berminyak tetapi penguapan airnya dapat mengurangi rasa panas di kulit (Rahmawati, Sukmawati, & Indrayudha, 2015).

Krim pada penelitian ini menggunakan bahan aktif dari ekstrak daun jelatang. Salah satu kandungan metabolit sekunder pada ekstrak daun jelatang adalah flavonoid. Flavonoid merupakan senyawa yang mudah bercampur dengan basis air dalam minyak (A/M) karena tipe krim A/M merupakan sistem penghantar optimal untuk senyawa sekunder flavonoid (Juwita, Yamlean, & Edy, 2013).

Pengujian efektivitas *anti-aging* dengan menggunakan *skin analyzer* Aram Huvis API-100. Parameter uji meliputi: pengukuran kelembaban, besar pori, dan pengukuran keriput. Pengukuran aktivitas *anti-aging* dimulai dengan mengukur kondisi kulit awal sebelum dilakukan perawatan. Hal ini dilakukan agar dapat melihat pengaruh krim yang digunakan dalam memulihkan kulit. Data hasil penelitian dianalisis dengan menggunakan program *Statistical Product and Service Smirnov (SPSS)*. Data dianalisis dengan menggunakan metode *Kruskal-Wallis* lalu dilanjutkan dengan uji

Mann-Whitney untuk melihat perbedaan antarformula. Pengujian ini dilakukan terhadap semua perlakuan yang diperiksa setiap minggunya selama 28 hari.

Tabel 2 menunjukkan peningkatan kadar air, pengecilan pori-pori, dan pengurangan keriput. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan uji *Kruskal Wallis* dan diperoleh (nilai $p < 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa adanya perbedaan yang signifikan antara formula dalam

meningkatkan kelembaban, mengecilkan pori-pori, dan mengurangi keriput pada kulit punggung tangan sukarelawan setelah pemakaian krim ekstrak etanol daun jelatang. Kandungan air kulit sehat minimal 60% agar kulit kenyal, cerah, membuat sel cukup nutrisi sehingga kulit tetap lembut dan berfungsi baik (Lonnie & Jeffery, 2007, p. 173). Penelitian sebelumnya menggunakan daun jelatang sebagai formulasi *anti-aging* dalam bentuk sediaan gel. Hasil penelitian

Tabel 2
Hasil Pengukuran Nilai Rata-rata Kadar Air, Pori, dan Keriput pada Kulit Punggung Tangan Sukarelawan Masing-masing 3 Sukarelawan dengan Jumlah 18 Sukarelawan

Formula	Kelembaban					Pemulihan %
	Kondisi Awal	7 Hari	14 Hari	21 Hari	28 Hari	
A	19,3	19,7	19,7	20,0	20,0	3,4
B	22,0	22,0	22,7	23,3	23,3	6,0
C	28,3	28,7	29,3	29,7	30,3	7,1
D	30,7	31,3	32,7	33,3	34,0	10,9
E	33,3	33,7	35,5	36,0	37,3	12,1
F	19,7	20,7	21,3	22,3	23,0	17,2
Pori						
A	23	23,0	22,7	22,7	22,0	4,4
B	25	24,7	23,7	23,3	22,7	9,3
C	30	29,0	28,0	27,3	26,3	12,3
D	31	30,0	28,7	27,0	26,3	15,0
E	31	29,3	28,3	27,0	26,0	16,1
F	32	31,3	30,0	28,7	27,3	14,6
Keriput						
A	23	23,0	23,0	22,3	22,3	2,9
B	27,7	27,7	26,7	26,0	25,3	8,4
C	31	30,7	29,7	28,7	27,3	11,8
D	33	32	30,7	29,3	28,0	15,2
E	34	32,7	30,3	29,3	28,0	17,7
F	33	31,3	30,3	28,7	27,0	18,2

Keterangan: A (Basis Krim atau Blanko), B, C, D, dan E Sediaan Krim Ekstrak Etanol Daun Jelatang Dengan Konsentersasi Berturut-turut 0,2%; 0,3%; 0,4%; dan 0,5% serta F: Pembanding (Krim *anti-aging* yang Beredar di Pasaran).

didapatkan bahwa ekstrak etil asetat daun jelatang dapat diformulasikan dalam bentuk sediaan gel yang homogen, dengan pH 4,8-5,3; viskositas 2000-2450 cps; stabil dalam penyimpanan selama 28 hari (Risnanto, 2018).

Formulasi sediaan dibuat berupa krim ditujukan agar krim dapat menyampaikan zat aktif dengan baik dan efisien yang berada di dalam sediaan dapat meresapnya ke dalam kulit (Lephart, 2016). Semakin kecil nilai *pore*, semakin bagus kualitas kulitnya. Semakin kecil nilai *spot*, kulit semakin baik yaitu pada skala 0-19. Kulit yang baik memiliki nilai *wrinkle* pada skala antara 0-19. Semakin kecil nilai *wrinkle*, kualitas kulit semakin baik (Aramo, 2012, p. 24). Jika kulit sering terkena sinar matahari secara terus menerus, dapat membuat pori-pori semakin membesar karena sel-sel kulit mati menumpuk (Bogadenta, 2012, p. 15). Kolagen sangat berkaitan erat dengan timbulnya kerutan atau *wrinkle* (Ali, Akhtar, & Chowdhary, 2014).

Pada kulit kering distribusi air dalam stratum korneum berubah dibandingkan dengan kulit sehat terutama kadar air menurun dipermukaan kulit (Quan, 2016, p. 82). Umumnya bercak-bercak hitam muncul pada bagian tubuh yang sering terpapar sinar matahari (Bogadenta, 2012, p. 15) sehingga pembentukan melanin pada kulit semakin aktif (Sumaryati, 2012, pp, 34-

36). Selain sinar matahari, noda hitam dapat terjadi akibat pemakaian obat hormonal, contohnya kontrasepsi, kosmetik yang mengandung merkuri, dan asam salisilat, antibiotik, antiepilepsi, dan antiperadangan (Malahayati, 2010, p. 106).

Kemampuan krim dalam memberikan efek *anti-aging* karena ada bahan aktif yang berasal dari ekstrak daun jelatang yaitu senyawa fenolik dan flavonoid. Kedua senyawa ini dikenal sebagai senyawa yang bersifat antioksidan. Yang pernah dilakukan oleh peneliti lainnya menggunakan ekstrak daun jelatang, kadar flavonoid dan fenolik total ekstrak daun jelatang sebanyak $133,916 \pm 12,006$ mgQE/g dan $322,941 \pm 11,811$ mg/g. Ekstrak daun jelatang merupakan sumber antioksidan yang baik (Fattahi *et al.*, 2014).

SIMPULAN

Ekstrak etanol daun jelatang dapat diformulasikan dalam bentuk sediaan krim yang homogen dengan pH 6, tipe emulsi A/M, viskositas 28.000-34.000 cps, tidak menimbulkan iritasi, dan stabil pada penyimpanan selama 28 hari. Ekstrak daun jelatang yang diformulasikan dalam sediaan krim mampu memberikan efek *anti-aging* pada konsentrasi terbaik yaitu pada konsentrasi 0,5% dengan meningkatkan kelembaban kulit 12,1%; pori semakin kecil 16,1%; dan mengurangi keriput 17,7%.

DAFTAR PUSTAKA

- Aksu, M. İ., & Kaya, M. (2004). Effect of usage *Urtica dioica* L. on microbiological properties of sucuk, a Turkish dry-fermented sausage. *Food Control*, 15(8), 591-595.
- Ali, A., Akhtar, N., & Chowdhary, F. (2014). Enhancement of human skin facial revitalization by moringa leaf extract cream. *Postępy Dermatol Alergol*, 31(2), 71-76.
- Aramo. (2012). *Skin and hair diagnostic system*. Sungnam: Aram Huvis Korea.
- Bogadenta, A. (2012). *Antisipasi gejala penuaan dini dengan kesaktian rumah herbal*. Jogjakarta: Buku Biru.
- Fattahi, S., Zabihi, E., Abedian, Z., Pourbagher, R., Ardekani, A. M., Mostafazadeh, A., & Akhavan-Niaki, H. (2014). Total phenolic and flavonoid contents of aqueous extract of stinging nettle and in vitro antiproliferative effect on hela and BT-474 Cell lines. *International journal of molecular and cellular medicine*, 3(2), 102-107.
- Ferguson, S. (2011). *Eastern European beauty secrets and skin care techniques: A practical manual for skin care professionals*. Pennsylvania: RoseDog Books.
- Jain, S., Singh, K., Parashar, A., & Gupta, D. (2017). A drug: *Urtica dioica*. *Journal of Drug Discovery and Therapeutics*, 5(2), 17-22.
- Juwita, A. P., Yamlean, P. V., & Edy, H. J. (2013). Formulasi krim ekstrak etanol daun lamun (*Syringodium isoetifolium*). *Pharmacon*, 2(2).
- Lephart, E. D. (2016). Skin aging and oxidative stress: Equol's anti-aging effects via biochemical and molecular mechanisms. *Ageing Research Reviews*, 31, 36-54.
- Lonnie, D. B., & Jeffrey, L. W. (2007). *System analysis and design for the global enterprise* (7th ed.). New York: McGrawHill.
- Malahayati. (2010). *Solusi murah untuk cantik sehat energik*. Yogyakarta: Great Publisher.
- Martin, A., Awabrick, J., & Cmmarat, A. (2012). *Farmasi fisik dasar-dasar farmasi fisik dalam ilmu farmasetik*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Muliyawan, D., & Suriana, N. (2013). *A-Z tentang kosmetik*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- Mustikawati. (2017). *Anatomi dan fisiologi untuk keperawatan*. Jakarta: CV. Trans Info Media.
- Pareetha, J. P., & Karthika, K. (2009). Cosmeceuticals-an evolution. *International Journal of ChemTech Research*, 1(4), 1217-1223.
- Quan, T. (2016). *Molecular mechanisms of skin aging and age-related diseases*. USA: CRC Press.
- Rahmawati, D., Sukmawati, A., & Indrayudha, P. (2015). Formulasi krim minyak atsiri rimpang temu giring (*Curcuma heyneana* val & zipp): Uji sifat fisik dan daya antijamur terhadap candida albicans secara in vitro. *Majalah Obat Tradisional*, 15(2), 56-63.
- Risnanto. (2018). *Formulasi gel anti-aging ekstrak etil asetat daun jelatang (Urtica dioica L.)* (Skripsi tidak diterbitkan). Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Rodriguez-Fragoso, L., Reyes-Esparza, J., Burchiel, S. W., Herrera-Ruiz, D., & Torres, E. (2008). Risks and benefits of commonly used herbal medicines in Mexico. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 227(1), 125-135.
- Saad, B., & Said, O. (2011). *Greco-Arab and Islamic herbal medicine: Traditional system, ethics, safety, efficacy, and regulatory issues*. New Jersey: John Wiley & Sons.

- Shailajan, S., Hande, H., Singh, D., & Tiwari, B. (2014). Estimation of ursolic acid from *Urtica dioica* L. using validated HPTLC method. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 4(5), 92.
- Shofyana, & Zulkarnain. (2013). Stabilitas fisik dan aktivitas krim W/O ekstrak etanolik buah Mahkota Dewa [*Phaleria macrocarph*(scheff.) Boerl] sebagai tabir surya. *Traditional Medicine Journal*, 18(2), 109-117.
- Sumaryati, E. (2012). *Senam kecantikan dan antipenuaan*. Yogyakarta: Citra Media.
- Swatika, A., Mufrod, & Purwanto. (2013). Antioksidan activity of cream dosage from of tomato extract (*Solanum lycopersicum* L). *Traditional Medicine Journal*, 18(3), 132-140.
- Zeipiņa, S., Alsīņa, I., & Lapse, L. (2014). Stinging nettle—the source of biologically active compounds as sustainable daily diet supplement. *Research for Rural Development*, 20, 34-38.

**STUDI AWAL DISTRIBUSI TEMPERATUR ELEMEN BAHAN BAKAR
REAKTOR CEPAT BERPENDINGIN GAS*****(PRELIMINARY STUDY OF THE ELEMENT TEMPERATURE DISTRIBUTION OF
GAS-COOLED FAST REACTOR)*****Balya Lutviana Laila Saro, Fiber Monado, dan Menik Ariani**

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya

Jl. Palembang-Prabumulih KM. 32 Indralaya (OI) 30662

Koresponding email: fibermonado@unsri.ac.id**Abstrak**

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis desain reaktor berdasarkan aspek termalhidrolik dan melakukan perhitungan distribusi temperatur elemen bahan bakar pada kondisi tunak. Perhitungan dilakukan secara komputasi dengan menggunakan MATLAB (MATrix LABoratory). Metode yang digunakan ialah studi literatur dan perhitungan komputasi. Studi awal distribusi temperatur elemen menggunakan bahan bakar reaktor cepat berpendingin gas atau *Gas-cooled Fast Reactor (GFR)*. GFR ini didesain dengan bahan bakar uranium metal (U-10%wtZr), pendingin Helium (He), kelongsong stainless steel 316 (SS316), dan daya 500 MWt. Untuk menghitung distribusi temperatur elemen bahan bakar digunakan dengan asumsi distribusi kerapatan daya di dalam bahan bakar merata ke segala arah baik untuk arah radial maupun aksial dan transfer panas berlangsung pada keadaan tunak untuk 1 kanal pendingin. Perhitungan distribusi temperatur elemen bahan bakar pada kondisi tunak dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan yang diadaptasi dari Duderstadt dan Hamilton. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa reaktor berada dalam batas aman dengan temperatur maksimum berada di bawah nilai titik leleh bahan bakar sehingga dari keadaan ini dapat menunjang keamanan pengoperasian reaktor.

Kata kunci: *distribusi temperatur; elemen bahan bakar; GFR, MATLAB***Abstract**

This study was aimed at analyzing the reactor design based on the thermal-hydraulic aspects and calculating the temperature distribution of the fuel elements in steady-state conditions. The computation was performed computationally using MATLAB (MATrix Laboratory). The methods used were literature study and computational calculations. The initial study of element temperature distribution was using the Gas-cooled Fast Reactor (GFR). This GFR was designed with uranium metal fuel (U-10% wtZr), Helium cooler (He), 316 stainless steel cladding (SS316), and 500 MWt power. To calculate the temperature distribution of the fuel element, it took the assumption that the power density distribution in the fuel. The fuel was evenly distributed in all directions for both radial and axial directions and heat transfer took place at a steady state for 1 cooling channel. The calculation of the temperature distribution of the fuel elements under steady conditions was carried out using equations adapted from Duderstadt and Hamilton. The results of this study indicate that the reactor is within safe limits with the maximum temperature being below the melting point value of the fuel. From this state, it can support the safety of reactor operation.

Keywords: *temperature distribution, fuel element, GFR, MATLAB*

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang penting bagi kehidupan manusia saat ini. Kebutuhan energi listrik di Indonesia meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral menyatakan bahwa sumber energi listrik di Indonesia saat ini masih terfokus pada energi fosil yaitu minyak bumi, gas alam, dan batubara sehingga untuk beberapa tahun kedepan ketersediaan energi fosil akan semakin berkurang dan diperkirakan akan segera habis (BPPT, 2018).

Untuk mengatasi kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat dan menipisnya persediaan bahan bakar fosil, diperlukan sumber energi alternatif. Salah satunya adalah pemanfaatan energi nuklir sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN). PLTN telah banyak dikembangkan di negara-negara maju seperti Amerika, Jepang, Prancis, dan beberapa negara lainnya. PLTN ini memiliki keunggulan yaitu biaya operasi murah, aman, dan tidak mencemari lingkungan. *International Atomic Energy Agency (IAEA)* menyatakan bahwa keseluruhan energi listrik yang dihasilkan reaktor nuklir sampai tahun 2019 telah mencapai 10% dari total energi listrik yang dipakai di dunia (IAEA, 2019).

Dalam perkembangan teknologi nuklir saat ini telah dan akan dikembangkan

reaktor generasi maju yang inovatif dengan keselamatan tinggi, menggantikan reaktor (Gen III/Gen-III+) dengan reaktor (Gen-IV). Reaktor (Gen-IV) memiliki 6 jenis kandidat reaktor yang potensial dan layak dibangun pada tahun 2030 salah satunya yaitu *Gas-cooled Fast Reactor (GFR)*. GFR merupakan pembangkit listrik yang menggunakan gas sebagai pendingin dengan siklus bahan bakar tertutup. Reaktor ini didesain memiliki temperatur keluaran sebesar 850°C yang memungkinkan untuk menghasilkan hidrogen atau memproses panas dengan efisiensi konversi yang tinggi (Suwoto & Zuhair, 2012).

Hal pertama yang harus dilakukan sebelum membangun PLTN adalah proses perancangan teras. Perancangan ini bertujuan untuk melakukan studi atau analisis awal terhadap PLTN tersebut, di antaranya analisis neutronik, termal hidrolis, dan termodinamik. Analisis neutronik bertujuan untuk menghitung nilai fluks neutron dan pola distribusinya di dalam teras reaktor. Analisis termal hidrolis bertujuan untuk menghitung temperatur bahan bakar dari hasil reaksi fisi. Analisis termodinamik bertujuan untuk menghitung efisiensi dan daya listrik yang dapat dihasilkan dari PLTN tersebut (Drajat, 2011).

Penelitian ini difokuskan pada analisis termal hidrolis yang memiliki peran yang sangat penting dalam pengoperasian reaktor.

Proses perpindahan panas hasil reaksi fisi dalam teras reaktor dibatasi oleh daya yang telah ditetapkan sesuai dengan batasan keselamatan. Parameter yang perlu diketahui adalah distribusi temperatur elemen bahan bakar pada kondisi tunak. Analisis dilakukan pada desain reaktor cepat tipe GFR dengan bahan bakar uranium metal (U-10%wtZr), pendingin Helium (He), kelongsong *stainless steel* 316 (SS316), dan daya 500 MWt (Monita, 2015).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan laptop dengan sistem operasi *windows* 10 dan program MATLAB. Metode yang digunakan ialah studi literatur dan perhitungan komputasi. Data karakteristik teras dan elemen bahan bakar yang digunakan dalam perhitungan ditunjukkan pada Tabel 1.

Untuk menghitung distribusi temperatur elemen bahan bakar maka akan digunakan beberapa asumsi yaitu: distribusi kerapatan

Tabel 1
Data Karakteristik Teras dan Elemen Bahan Bakar

Parameter	Nilai
Desain teras reaktor (GFR)	
Daya termal	500 MWt
Kerapatan daya	434,873 W/cm ³
Geometri teras	Silinder-RZ
Tinggi teras aktif	200 cm
Diameter teras aktif	210 cm
Tebal reflektor	50 cm
Diameter <i>pin pitch</i>	1,4 cm
Jari-jari <i>fuel</i>	0,56437 cm
Tebal <i>cladding</i>	0.04186 cm
Tebal <i>gap</i>	0,005 cm
Temperatur masukan	380°C
Laju aliran massa pendingin	330 kg/s
Bahan bakar : Uranium metal (U-10wt%Zr)	
Titik leleh	1233,85°C
Konduktivitas panas	0,4232 W/cm°C
Kelongsong : Stainless Stell 316 (SS316)	
Konduktivitas panas	14,103 W/cm°C
Pendingin : Helium (He)	
Koefisien transfer panas	0,5 (W/cm ² .°C)
Kapasitas panas	5,193 (J/kg°C)

daya di dalam bahan bakar merata ke segala arah baik untuk arah radial maupun aksial dan transfer panas berlangsung pada keadaan tunak untuk 1 kanal pendingin. Gambar 1 menampilkan penampang kanal pendingin untuk bentuk sel persegi.

Berdasarkan Gambar 1, perhitungan distribusi temperatur elemen bahan bakar pada kondisi tunak dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan (1) s.d. (7) (Duderstadt & Hamilton, 1976).

$$\nabla \cdot k \nabla T(r) = q''' \quad (1)$$

Untuk mendapatkan profil distribusi temperatur arah radial digunakan persamaan:

$$q' = \pi r_F^2 q''' \quad (2)$$

$$\Delta T_{FUEL} = T_{CL} - T_F = \frac{q''' r_F^2}{4k_F} \quad (3)$$

$$\Delta T_{GAP} = T_F - T_C = \frac{q''' r_F}{2h_G} \quad (4)$$

$$\Delta T_{CLAD} = T_C - T_S = \frac{q''' r_F t_C}{2 k_C} \quad (5)$$

$$\Delta T_{COOL} = T_S - T_E = \frac{q''}{h_s} = \frac{q''' r_F^2}{h_s 2(r_F + t_C)} \quad (6)$$

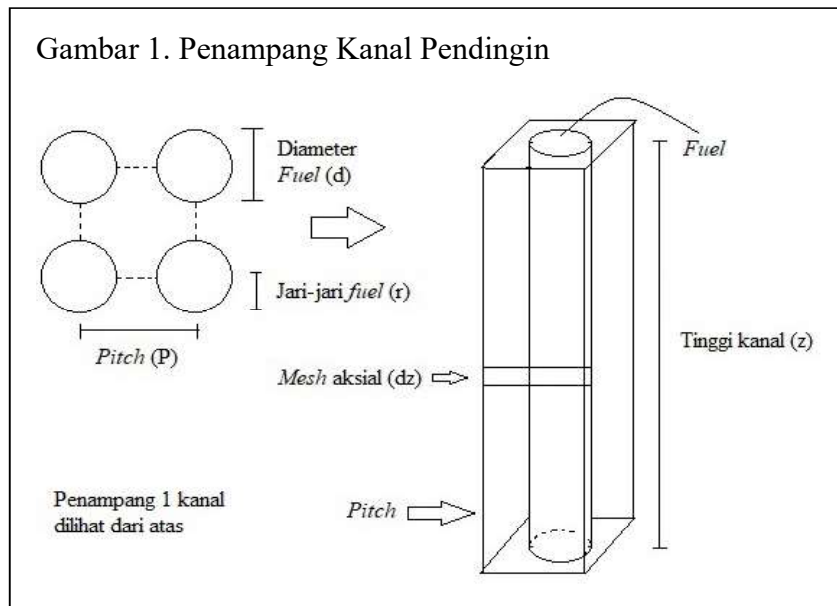
Untuk mendapatkan profil distribusi temperatur arah aksial digunakan persamaan:

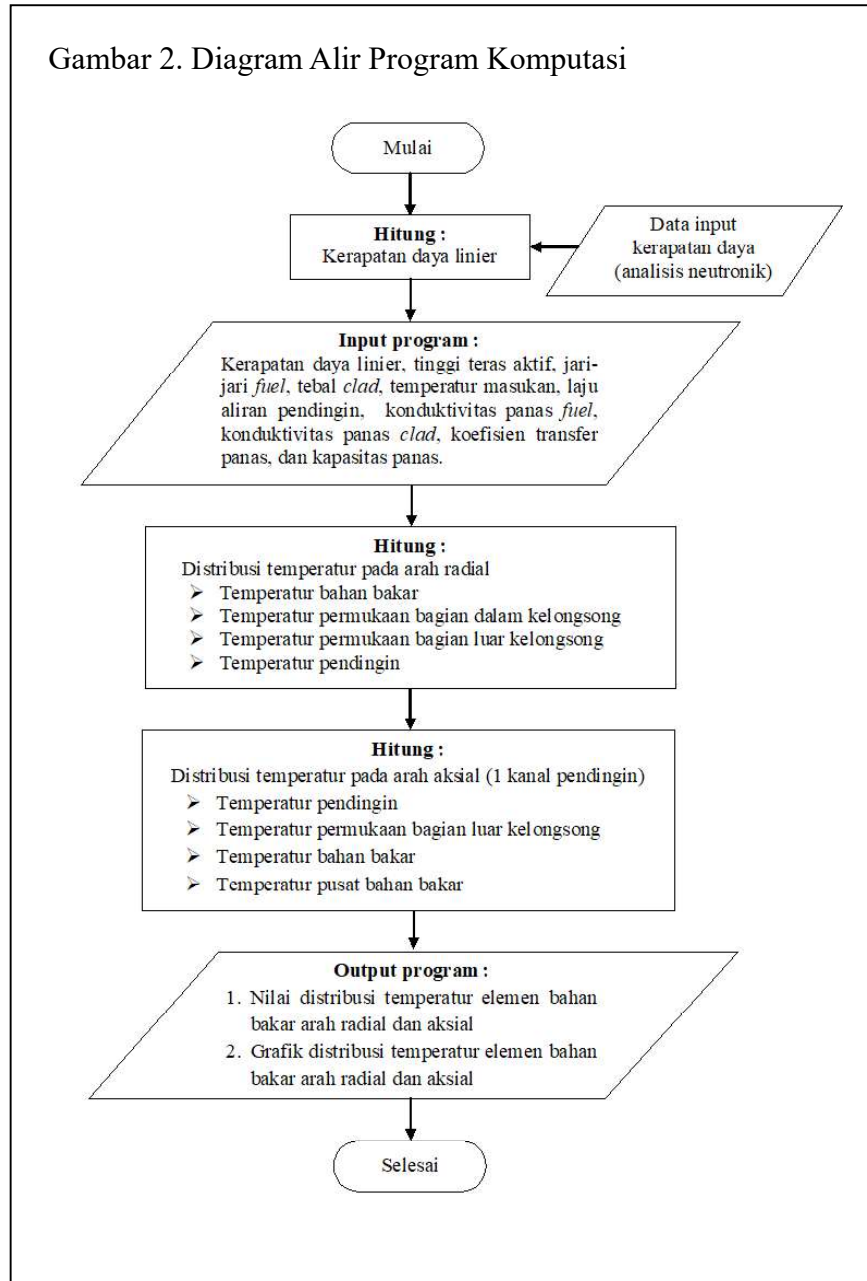
$$T_{FL}(z) = T_{in} + \frac{q'''_{max} \pi r_F^2 H}{\pi W C_p} \left(1 + \sin \left(\frac{\pi z}{H} \right) \right) \quad (7)$$

Perhitungan dilakukan secara komputasi menggunakan MATLAB. Diagram alir program komputasi dapat ditunjukkan pada Gambar 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data karakteristik teras reaktor dan elemen bahan bakar pada Tabel 1, titik leleh uranium metal (U-10%wtZr) diketahui sebesar 1233,85°C. Temperatur



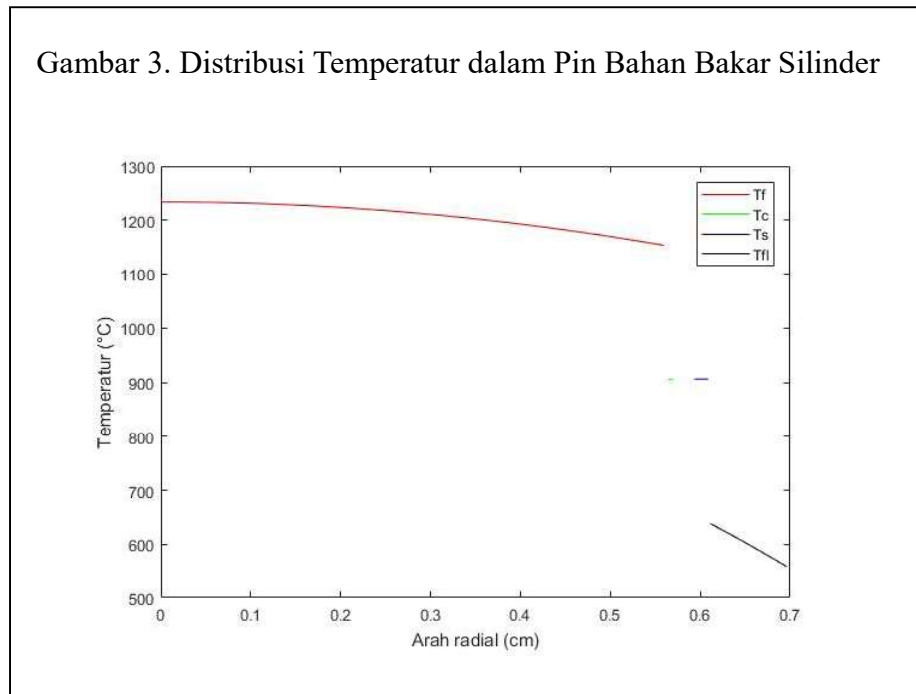


tersebut digunakan sebagai titik awal dari perhitungan sehingga dapat mengetahui distribusi temperatur bahan bakar, permukaan bagian dalam maupun luar kelongsong, dan pendingin. Data masukan kerapatan daya pada perhitungan distribusi temperatur arah radial sebesar $434,873 \text{ W/cm}^3$. Untuk

menghitung distribusi temperatur arah radial digunakan persamaan (3), (4), (5) dan (6). Hasil perhitungan temperatur arah radial pada kondisi tunak ditunjukkan pada Gambar 3.

Gambar 3 menunjukkan penurunan temperatur secara bertahap dari pusat bahan bakar ke pendingin. Hal ini terjadi karena

Gambar 3. Distribusi Temperatur dalam Pin Bahan Bakar Silinder

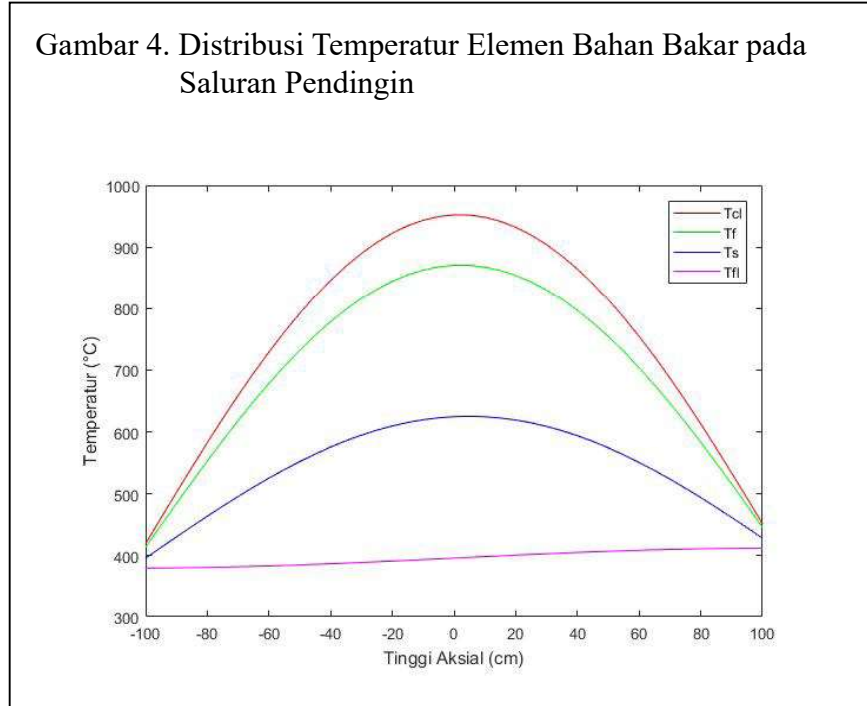


adanya proses perpindahan panas secara konduksi pada bahan bakar, konveksi pada *gap*, konduksi pada kelongsong, dan konveksi paksa pada pendingin. Nilai temperatur pada bahan bakar, permukaan bagian dalam maupun luar kelongsong, dan pendingin masing-masing sebesar 1153, 904,4; 906,2; dan 558,5°C.

Perhitungan distribusi temperatur ketika melalui saluran pendingin digunakan persamaan (7). Data masukan kerapatan daya arah aksial sebesar 434,873 W/cm³ dengan laju aliran pendingin sebesar 330 kg/s. Hasil perhitungan distribusi temperatur arah aksial pada satu kanal pendingin ditunjukkan pada Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan distribusi temperatur elemen bahan bakar pada

saluran pendingin. Temperatur pendingin saat memasuki teras reaktor sebesar 380°C, seiring dengan bertambahnya ketinggian teras reaktor, temperatur semakin meningkat. Hal ini terjadi karena panas yang diserap dari bahan bakar terakumulasi maksimal sehingga temperatur pendingin yang keluar dari teras reaktor mencapai 412,3°C. Adapun untuk temperatur permukaan kelongsong, bahan bakar, dan pusat bahan bakar mengalami kenaikan yang stabil sampai titik maksimum masing-masing sebesar 624,6°C; 870,4°C; dan 952,2°C. Kemudian turun pada temperatur tertentu. Bentuk grafiknya hiperbolik dan trennya mengikuti (Gambar 4) distribusi kerapatan daya di mana daya maksimum berada di titik pusat elemen bahan bakar.



Dari hasil perhitungan distribusi temperatur elemen bahan bakar pada kondisi tunak yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4 dapat diamati bahwa temperatur maksimum berada di bawah nilai titik leleh bahan bakar. Keadaan ini dapat menunjang keamanan pengoperasian reaktor (BPTN, 2009).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa desain reaktor berada dalam batas aman dengan temperatur maksimum berada di bawah titik leleh bahan bakar sehingga dari keadaan ini dapat menunjang keamanan pengoperasian reaktor.

DAFTAR PUSTAKA

- BPPT. (2018). *Outlook energi Indonesia 2018: Energi berkelanjutan untuk transportasi darat*. Tangerang Selatan: Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi.
- BPTN. (2009). *Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir. Nomor 3 Tahun 2009 Tentang Batasan, Kondisi Operasi dan Prosedur Operasi Reaktor Daya*. Tangerang: BATAN.
- Drajat, R. Z. (2011). *Analisis termalhidrolik gas-cooled fast reactor (GCFR)* (Skripsi tidak dipublikasikan). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Duderstadt, J. J., & Hamilton, L. J. (1976). *Nuclear reactor analysis*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- IAEA (2019). *The Database on Nuclear Power Reactors*. (online) tersedia <http://pris.iaea.org/PRIS/home.aspx>. Diakses pada tanggal 28 Januari 2019, pukul 20.30 WIB.

Monita, N. (2015). *Studi awal desain konseptual reaktor cepat tipe GFR dengan uranium metal sebagai input bahan bakar* (Skripsi tidak diterbitkan). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sriwijaya. Palembang.

Suwoto, & Zuhair. (2012). Studi dan observasi awal kebutuhan data nuklir untuk reaktor generasi IV (Gen-IV). *SIMETRI, Jurnal Ilmu Fisika Indonesia*, 1(1B), 18-25.

**AKTIVITAS ANTIDIABETES METABOLIT SEKUNDER BAKTERI ENDOFIT
ASAL KULIT KAYU MANIS*****(ANTIDIABETIC ACTIVITY FROM SECONDARY METABOLIM
ENDOPHYTIC BACTERIA BARK)*****Purbowatiningrum Ria Sarjono, Hendra Dwipa Rifky Mahardika, Nies S. Mulyani,
Ngadiwiyana., Nor Basid Adi Prasetyawibowo, dan Ismiyanto**

Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto SH., Tembalang, Semarang 50275

Coressponding author: ismiyarto@live.undip.ac.id**Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi bakteri endofit yang bersimbiosis dengan kulit kayu manis, mendapatkan data kemampuan inhibisi enzim α -glukosidase dari metabolit sekunder isolat bakteri endofit yang didapatkan, serta mendapatkan informasi mengenai kandungan kimia dari metabolit sekunder isolat bakteri endofit yang didapat. Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas sampel kulit kayu manis (*Cinnamomum burmanii*) yang didapatkan dari daerah Kopeng, Kabupaten Semarang. Metode yang digunakan dalam sterilisasi adalah metode klorin. Pengamatan morfologi koloni dilakukan dengan pewarnaan gram sedangkan Uji Inhibisi α -glukosidase dari metabolit menggunakan metode dari Sancheti. Aktivitas antidiabetes diuji menggunakan metode penghambatan enzim α -glukosidase. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah lima isolat bakteri memiliki yang bentuk beragam yakni *streptobacillus* (isolat C1, isolat C4, dan isolat C5), *diplobacillus* (isolat C2), dan *diplococcus* (isolat C3). Kemampuan inhibisi α -glukosidase tertinggi dihasilkan oleh metabolit sekunder isolat C5 yakni sebesar 45,634% pada konsentrasi 100 ppm. Penapisan fitokimia pada penelitian ini menunjukkan bahwa metabolit sekunder isolat C5 yang memiliki daya inhibisi tertinggi mengandung senyawa flavonoid, tanin, kuinon dan saponin.

Kata kunci: *kulit kayu manis, bakteri endofit, metabolit sekunder, enzim α -glukosidase*

Abstract

This study was aimed at isolating endophytic bacteria symbiotic with cinnamon bark, obtaining data on the inhibition ability of α -glucosidase enzymes from secondary metabolites of endophytic bacterial isolates obtained, and obtaining information on the chemical content of secondary metabolites of endophytic bacterial isolates obtained. The materials used in this study consisted of the samples of cinnamon bark (*Cinnamomum burmanii*) obtained from Kopeng, Semarang. The method used in sterilization was the chlorine method. Colony morphological observations were carried out by using gram staining, while the α -glucosidase inhibition test of metabolites used the Sancheti method. The antidiabetic activity was tested using the α -glucosidase enzyme inhibition method. The results show that five bacterial isolates had various forms, namely *streptobacillus* (isolate C1, isolate C4, and isolate C5), *diplobacillus* (isolate C2), and *diplococcus* (isolate C3). The highest α -glucosidase inhibition ability was produced by secondary metabolites of isolate C5, namely 45.634% at a concentration of 100 ppm. Phytochemical screening in this study showed that the secondary metabolites of isolate C5 which had the highest inhibitory power contained flavonoids, tannins, quinones and saponins.

Keywords: *cinnamon bark, endophyte bacteria, secondary metabolites, α -glucosidase enzyme*

PENDAHULUAN

Diabetes mellitus (DM) merupakan suatu kelainan metabolisme karbohidrat kronis serius yang memiliki dampak signifikan terhadap kesehatan seseorang. DM terjadi ketika konsentrasi glukosa dalam darah secara kronis lebih tinggi daripada nilai normal (hiperglikemia) akibat tubuh kekurangan insulin atau fungsi insulin tidak efektif (Subroto, 2006). Salah satu metode pengobatan penyakit diabetes mellitus yang sedang berkembang saat ini adalah penghambatan aktivitas enzim α -glukosidase dengan suatu senyawa inhibitor α -glukosidase. Inhibitor α -glukosidase digambarkan sebagai yang paling efektif dalam mengurangi hiperglikemia pasca-prandial (PPHG) dari semua obat anti-diabetes yang tersedia yang digunakan dalam pengelolaan diabetes mellitus tipe 2. Saat ini, beberapa obat oral digunakan seperti vogli-bose, acarbose, dan miglitol untuk menghambat aktivitas α -glukosidase (Proença *et al.*, 2017). Glucobay adalah contoh obat di pasaran yang mengandung akarbose sebagai senyawa inhibitor α -glukosidase.

Inhibitor α -glukosidase adalah senyawa yang mampu menghambat metabolisme karbohidrat kompleks menjadi glukosa dalam usus kecil. Aktivitas dari senyawa inhibitor α -glukosidase akan mengurangi jumlah glukosa yang masuk dari usus ke darah. Dengan aktivitas tersebut, senyawa ini mam-

pu mengurangi peningkatan kadar glukosa darah pada penderita diabetes (Depkes RI, 2005). Senyawa inhibitor α -glukosidase bisa diisolasi dari tumbuhan maupun mikroba endofit yang bersimbiosis dengan tumbuhan tersebut (Pujiyanto, Lestari, Suwanto, Budiarti, & Darusman, 2012).

Bakteri endofit merupakan bakteri yang hidup secara simbiosis di dalam jaringan tanaman inangnya dan tidak memberikan efek negatif terhadap tanaman tersebut (Anjum, Ansari, Naquvi, & Arora, 2013). Sebagaimana inangnya, populasi bakteri endofit juga sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan lokasi tanaman inang tumbuh. Simbiosis mutualisme antara bakteri endofit dan tanaman inang memungkinkan bakteri endofit menghasilkan senyawa bioaktif serupa seperti tanaman inangnya (Guo, Wang, Sun, & Tang, 2008) yang berguna untuk pertumbuhan dan perlindungan diri bakteri tersebut serta melindungi tanaman inang terhadap ancaman kondisi lingkungan disekitar (Nair & Padmavathy, 2014). Senyawa bioaktif dari bakteri endofit sangat berpotensi untuk dikembangkan dalam bidang medis, industri dan pertanian (Pimentel-Elardo *et al.*, 2011).

Tanaman kayu manis (*Cinnamomum burmanii*) merupakan tanaman penghasil senyawa inhibitor α -glukosidase (Vangalapati, Satya, Prakash, & Avanigadda, 2012). Penelitian Ngadiwiyana, Ismiyanto, Prasetya,

dan Purbowatiningrum (2011) menunjukkan bahwa senyawa sinamaldehyd yang diisolasi dari minyak kayu manis perdagangan dengan konsentrasi 50 ppm menghasilkan daya inhibisi sebesar 93,29% terhadap enzim α -glukosidase. Penelitian Ping, Zhang, dan Ren (2010) dengan menggunakan tikus diabetes, menemukan bahwa pemberian minyak kayu manis secara oral dengan dosis 100mg/kg selama 35 hari dapat menurunkan kadar glukosa dalam darah tikus secara signifikan yakni 2 mmol/L. Penelitian-penelitian tersebut telah memberikan bukti bahwa tanaman kayu manis dapat berfungsi sebagai obat antidiabetes.

Penelitian ini bertujuan mengisolasi bakteri endofit yang bersimbiosis dengan kulit kayu manis, mendapatkan data kemampuan inhibisi enzim α -glukosidase dari metabolit sekunder isolat bakteri endofit yang didapatkan, serta mendapatkan informasi mengenai kandungan kimia dari metabolit sekunder isolat bakteri endofit yang didapat.

Diharapkan melalui metode ini dapat diperoleh metabolit sekunder dari bakteri endofit yang mempunyai aktifitas antidiabetes. Selain itu metode ini akan membantu pelestarian tanaman kayu manis dan mempersingkat waktu produksi komponen bioaktif yang sama dengan kayu manis sebagai obat antidiabetes.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas erlenmeyer 250 mL (Pyrex), gelas ukur 100 mL (Pyrex), gelas beker 1000 mL (Herma), 500 mL (Pyrex), 50 mL (Pyrex), neraca analitik, inkubator, spirtus, pengaduk, kaca arloji, kawat ose, mikro pipet, shaker, inkas, sentrifuge (*Hettich Zentrifugen Micro 200R*), dan autoklaf (*Clinical Autoclave Prestige Medical Series 2100*).

Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas sampel kulit kayu manis, media *Yeast Malt Agar* (YMA), pepton, dan *soluble starch*. Enzim α -glukosidase (Sigma; USA), Na_2CO_3 , DMSO, Bufer fosfat (Larutan A NaH_2PO_4 dan B Na_2HPO_4), Acarbose (Glucobay), HCl, *Safranin*, alkohol aseton, lugol iodine, pewarna kristal ungu violet, metanol, HCl, asam klorida 2N, amoniak 25%, kloroform, pereaksi Dragendorff (bismut nitrat dan merkuri klorida dalam nitrit berair), pereaksi Meyer (kalium iodida dan merkuri klorida), serbuk magnesium, asam klorida pekat, besi (III) klorida, gelatin, anhidrida asam asetat, amil alkohol, eter, asam sulfat pekat, dan p-nitrofenil α -D glukopiranosida.

Preparasi dan Sterilisasi Sampel. Bahan baku berupa kulit kayu manis yang masih segar dan belum dikeringkan, sehingga masih terdapat mikroba endofitik yang hidup di dalamnya. Pohon kayu manis

tersebut didapatkan dari daerah Kopeng, Kabupaten Semarang.

Metode yang digunakan dalam sterilisasi adalah metode klorin (Nurkanto, Rahmansyah, & Kanti, 2008). Sampel disterilisasi permukaan dengan cara merendamnya dalam akuades steril selama 2 menit dan digojog, kemudian dilanjutkan dengan perendaman pada alkohol 70% selama 60 detik.

Langkah berikutnya adalah pencucian kembali dengan akuades steril kemudian dilanjutkan dengan perendaman dalam CaOCl 5.25% selama 3 menit. Sterilisasi diakhiri dengan pembilasan menggunakan akuades steril. Kulit kayu manis yang telah steril permukaannya lalu ditumbuk menggunakan mortar steril untuk mendapatkan ekstrak dari kulit kayu manis tersebut.

Isolasi Bakteri Endofit. Ekstrak kulit kayu manis yang telah didapat selanjutnya ditanam pada permukaan media YMA secara aseptik. Media yang telah berisi sampel tersebut kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama tiga hari. Koloni bakteri yang tumbuh kemudian dipisahkan menurut kenampakan morfologisnya. Isolat bakteri yang telah dipisahkan selanjutnya diuji dengan pewarnaan gram dan ditanam pada media cair untuk diproduksi metabolit sekundernya.

Perwarnaan Gram Isolat. Pengamatan morfologi koloni dilakukan dengan pewarnaan gram (Cappuccino & Shermann, 1992).

Satu ose isolat bakteri endofit disuspensikan ke dalam akuades steril dan difiksasi di atas kaca benda bersih. Olesan bakteri diberi 2-3 tetes pewarna Kristal violet (gram A) dan dibiarkan selama 1 menit. Zat warna berlebih dicuci dengan air mengalir dan dikeringanginkan. Olesan bakteri digenangi dengan 2 tetes larutan lugol iodine (gram B), dibiarkan selama 1 menit. Zat warna berlebih dicuci dengan air mengalir dan dikeringanginkan. Olesan dicuci dengan larutan alkohol aseton (gram C) selama 30 detik. Zat pewarna berlebih dibilas dengan air mengalir dan dikeringanginkan. Olesan diberi cat safranin (gram D) selama 2 menit, dicuci dengan air mengalir dan dikeringanginkan. Preparat diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran kuat (1000x) menggunakan minyak emersi.

Kultur Pertumbuhan Isolat Bakteri endofit. Isolat bakteri diambil dengan kawat ose steril dan dimasukkan dalam media cair 100 ml. Media cair yang digunakan mengandung pepton, *soluble starch*, *yeast* dan akuades (Chen, Yan, Lin, Zheng, & Zhang, 2004). Inkubasi dilakukan pada suhu ruang menggunakan inkubator bergoyang dengan kecepatan 75 rpm selama 7 hari (Pujiyanto & Ferniah, 2010). Kultur disentrifugasi 4000 rpm pada suhu 4°C selama 15 menit. Filtrat dari kultur ini selanjutnya dipekatkan menggunakan *freeze dryer*. Residu yang diperoleh merupakan

metabolit sekunder yang digunakan untuk menentukan daya hambat larutan tersebut terhadap aktivitas enzim alfa glukosidase.

Uji Inhibisi α -glukosidase dari metabolit sekunder. Uji Inhibisi α -glukosidase dari metabolit menggunakan metode dari Sancheti, Sancheti, dan Seo (2009). Setiap residu hasil pengeringan media cair dibuat larutan induk 100 ppm. Setiap residu diencerkan menjadi 50; 25; 12,5; dan 6,25 ppm. Setiap konsentrasi residu dipipet sebanyak 10 μ L ke dalam *microplate* ditambahkan 25 μ L substrat (*p*-nitrophenil- α -D-glukopiranosida), 50 μ L buffer posfat pH 7.0, dan 25 μ L enzim α -glukosidase, kemudian diinkubasi selama 30 menit pada suhu 37°C. Reaksi enzim dihentikan dengan penambahan 100 μ L Na₂CO₃ dan dibaca absorbansinya pada panjang gelombang 410 nm. Tabel 1 menyajikan sistem reaksi penentuan inhibisi metabolit sekunder bakteri endofit terhadap enzim α -glukosidase.

Aktivitas enzim diukur berdasarkan hasil absorbansi *p*-nitrofenol. Apabila sampel

memiliki kemampuan menghambat aktivitas enzim α -glukosidase, maka *p*-nitrofenol yang dihasilkan akan berkurang. Apabila nilai absorbansi *p*-nitrofenol tinggi, kemampuan inhibisi dari sampel rendah. Sebaliknya, jika nilai absorbansi dari *p*-nitrofenol rendah, kemampuan inhibisi yang dimiliki sampel tinggi. Daya inhibisi dapat dihitung dari persamaan:

$$\% \text{ inhibisi} = \frac{(\text{Absorbansi blanko} - \text{Absorbansi sampel})}{\text{Absorbansi blanko}} \times 100$$

Penapisan Fitokimia. Penapisan fitokimia berdasar metode yang digunakan oleh Farnsworth (1966) dilakukan pada residu pengeringan media cair bakteri endofit kulit kayu manis dan simplisia kulit kayu manis.

Uji Alkaloid. Sebanyak 1 g sampel uji ditambahkan dalam 10 mL kloroform lalu penambahan 5 tetes NH₄OH, campuran disaring dan filtratnya dikocok dengan penambahan 10 tetes H₂SO₄ 2 M. Kemudian lapisan asam (atas) dibagi menjadi dua ke dalam tabung reaksi. Tabung pertama ditetesi dengan pereaksi Dragendorff dan uji positif

Tabel 1
Sistem Reaksi Penentuan Inhibisi Metabolit Sekunder Bakteri Endofit terhadap Enzim α -G,glukosidase

	Blanko (μ L)	Kontrol Negatif (μ L)	Sampel (μ L)
Larutan metabolit sekunder	-	10	10
Buffer	25	25	25
Substrat (<i>p</i> -nitrophenil- α -D-glukopiranosida)	25	25	25
Enzim α -glukosidase	25	-	25
Inkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit			
Na ₂ CO ₃	100	100	100

ditandai dengan terbentuknya warna merah atau jingga. Tabung kedua ditambahkan setetes pereaksi Meyer. Terbentuknya kabut putih hingga endapan putih menunjukkan adanya alkaloid.

Uji Flavonoid. Sebanyak 0,5 g sampel ditambahkan 10 mL metanol dan 10 mL akuades kemudian disaring. Lalu ditambahkan 5 mL eter kemudian dikocok dan didiamkan. Ambil lapisan metanol dan uapkan pada suhu 40°C kemudian larutkan dalam 5 mL etil asetat; penambahan 1 mL etanol; ditambahkan 0,1 g serbuk magnesium; 1 mL asam klorida pekat lalu dikocok kuat-kuat; dan dibiarkan memisah. Adanya flavonoid ditunjukkan dengan timbulnya warna merah, kuning.

Uji Saponin. Sebanyak 0,5 g sampel ditambahkan 10 mL akuades panas dan dididihkan selama 10 menit lalu disaring, kemudian dikocok kuat secara vertikal selama 10 detik. Adanya saponin ditandai dengan terbentuknya busa setinggi 1-10 cm yang stabil sekitar 10 menit dan tidak hilang ketika ditambahkan 1 tetes asam klorida 2N.

Uji Tanin. Sebanyak 1 g sampel ditambahkan 10 mL akuades panas dan dididihkan selama 10 menit lalu di saring, ditambahkan larutan besi (III) klorida 1%. Adanya tanin bebas ditandai dengan terbentuknya warna hijau kehitaman.

Uji Triterpenoid/Steroid. Sebanyak 2 g sampel ditambahkan dengan 5 mL etanol

panas selama 1 jam, kemudian disaring dan residunya di tambahkan eter. Ekstrak ditambahkan 3 tetes anhidrida asam asetat dan 1 tetes asam sulfat pekat ke plat tetes. Adanya steroid ditunjukkan jika terbentuk warna biru atau ungu, sedangkan bila terbentuk warna merah menandakan adanya triterpenoid.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi Bakteri Endofit. Sampel yang digunakan adalah kulit kayu manis yang masih segar. Pemilihan sampel yang masih segar dimaksudkan agar bakteri didapatkan bakteri endofit dalam keadaan hidup. Sterilisasi perlu dilakukan karena ingin mendapatkan bakteri endofit yang berasal dari kayu manis. Langkah-langkah awal adalah sterilisasi, diharapkan dapat mencegah tumbuhnya mikroba yang berasal dari lingkungan. Metode sterilisasi dan penanaman dalam penelitian ini merujuk pada metode yang digunakan oleh Nurkanto dkk (2008); Kafur dan Khan (2011).

Hasil yang diperoleh dari proses ini adalah ekstrak kasar dari kulit kayu manis yang berwarna kecoklatan dan berlendir seperti tampak pada Gambar 1. Ekstrak kayu manis yang didapat selanjutnya digunakan pada tahap berikutnya yaitu isolasi bakteri endofit pada media *Yeast Malt Extract Agar (YMA)*.

Tahap isolasi bakteri endofit bertujuan untuk memperoleh isolat bakteri endofit yang

Gambar 1. Ekstrak kulit kayu manis (*Cinnamomum burmanii*)



berasal dari kulit kayu manis (*Cinnamomum burmannii*). Langkah awal dari tahapan ini adalah pembuatan media YMA sebagai media padat untuk mengisolasi bakteri endofit dari sampel kayu manis. Media ini berisi *yeast extract*, *malt extract*, *dextrose*, dan agar bakteriologi. *Dextrose* dan *malt extract* berfungsi sebagai sumber karbon sedangkan *yeast extract* sebagai sumber nitrogen yang diperlukan mikroba untuk tumbuh. Kontrol negatif yang digunakan hanya berisi media YMA tanpa ekstrak kayu manis.

Bakteri tumbuh pada hari ketiga inkubasi. Pada awal inokulasi bakteri endofit dari kulit kayu manis menghasilkan lima jenis koloni yang berbeda penampakan fisiknya.

Bakteri yang tumbuh selanjutnya dipisahkan berdasar perbedaan penampakan fisiknya. Pemisahan tersebut harus segera dilakukan untuk menghindari tumbuhnya kontaminan. Pemisahan pada awal fase tumbuh juga dimaksudkan agar saat pemindahan ke media yang baru tidak terlalu mendekati fase kematian. Lima jenis koloni yang didapatkan selanjutnya dipisahkan menggunakan media YMA untuk mendapatkan isolat yang berbeda jenis spesiesnya. Isolat yang sudah dipisahkan selanjutnya dilihat karakter morfologisnya dengan pewarnaan gram.

Tujuan dari pewarnaan gram pada penelitian ini adalah memastikan bahwa kelima isolat yang dipilih memiliki bentuk morfologis yang berbeda. Hasil pewarnaan gram dapat dilihat pada Tabel 2.

Pengamatan hasil dari pewarnaan gram dilakukan pada mikroskop dengan perbesaran 1000x. Kelima bakteri endofit yang diperoleh adalah jenis bakteri gram negatif dengan bentuk isolat yang kesemuanya berbeda. Perbedaan bakteri

Tabel 2
Penampakan Morfologis Isolat Bakteri Endofit Kayu Manis

Karakter Koloni	C1	C2	C3	C4	C5
Warna	kecoklatan	putih kekuningan	kekuningan	kecoklatan	putih
Bentuk Koloni	bulat	bulat	lonjong	bulat	lonjong
Elevasi	halus	halus	halus	bergerigi	halus
Bentuk sel	<i>streptobacillus</i>	<i>diplobacillus</i>	<i>diplococcus</i>	<i>streptobacillus</i>	<i>streptobacillus</i>
Jenis Gram Bakteri	negatif	negatif	negatif	negatif	negatif

gram negatif dan bakteri gram positif terletak pada struktur dinding selnya. Bakteri gram negatif memiliki lapisan lipid yang lebih tebal daripada lapisan peptidoglikan pada dinding sel. Lapisan lipid tersebut akan larut saat penambahan alkohol sehingga sampel isolat menjadi tak berwarna. Perubahan tersebut dikarenakan ikatan pada peptidoglikan bakteri gram negatif tidak kuat sehingga setelah lipid larut dengan alkohol pori-pori dari dinding sel mengembang dan zat warna dapat keluar dari dinding sel (Pelczar & Chan, 2008). Isolat berwarna merah setelah ditambahkan safranin untuk pewarnaan sel yang kedua. Warna merah tersebut terbentuk karena safranin menempati pori-pori dinding sel yang sudah terbuka dan tidak terisi oleh pewarna ungu violet. Hasil pewarnaan akan berbeda apabila bakteri yang dianalisis merupakan bakteri gram positif. Bakteri gram negatif memiliki lapisan lipid yang lebih tebal daripada lapisan peptidoglikan pada dinding sel.

Penampakan mikroskopis dari isolat C1, C4, dan C5 memiliki kemiripan pada pola penataan dirinya yakni berbentuk rantai dan tidak bergerombol. Pola penataan tersebut menunjukkan bahwa ketiga isolat tersebut merupakan jenis *streptobacillus*. Penampakan mikroskopis dari isolat C2 mendekati pola penataan dari jenis bakteri *diplobacillus* yakni berpasangan dan hidup secara bergerombol. Pada isolat C3 terlihat

bahwa bakteri berbentuk bulat (kokus). Pola penataan dari isolat C3 menunjukkan adanya bakteri berbentuk bulat berpasangan yang dikenal dengan bakteri jenis *diplococcus*. Hasil penampakan mikroskopis juga menunjukkan bahwa isolat C1, C2, C3, C4, dan C5 memiliki bentuk morfologis yang berbeda sehingga kemungkinan berasal dari spesies yang berbeda pula. Perbedaan spesies akan menyebabkan perbedaan pada aktivitas antidiabetes dari metabolit yang dihasilkan.

Kultur Bakteri Endofit. Tahap kultur pertumbuhan isolat bakteri endofit bertujuan untuk memproduksi metabolit sekunder yang diharapkan memiliki aktivitas inhibitor α -glukosidase. Tahap pengkulturan bakteri endofit kayu manis menggunakan metode dari Chen *et al.* (2004). Media cair yang digunakan mengandung yeast, pepton, *soluble starch*, dan akuades. Yeast dan pepton merupakan sumber nitrogen, sedangkan *soluble starch* berfungsi sebagai sumber karbon yang digunakan mikroba untuk tumbuh. Karbon merupakan senyawa yang digunakan sebagai penyusun utama sel, sedangkan nitrogen digunakan mikroba sebagai bahan untuk mensintesis asam-asam amino.

Kultur isolat bakteri endofit tersebut kemudian disentrifugasi pada kecepatan 4000 rpm selama 20 menit pada suhu 4° C. Proses sentrifugasi bertujuan untuk mendapatkan filtrat yang mengandung senyawa metabolit sekunder dari bakteri endofit kulit kayu

manis. Filtrat kemudian dikeringkan dengan *freeze dryer*. Residu hasil pengeringan merupakan metabolit sekunder isolat bakteri endofit. Pada tahap ini diperoleh metabolit sekunder dari masing-masing bakteri. Tabel 3 menunjukkan bahwa massa yang diperoleh hampir sama untuk metabolit sekunder dari masing-masing bakteri.

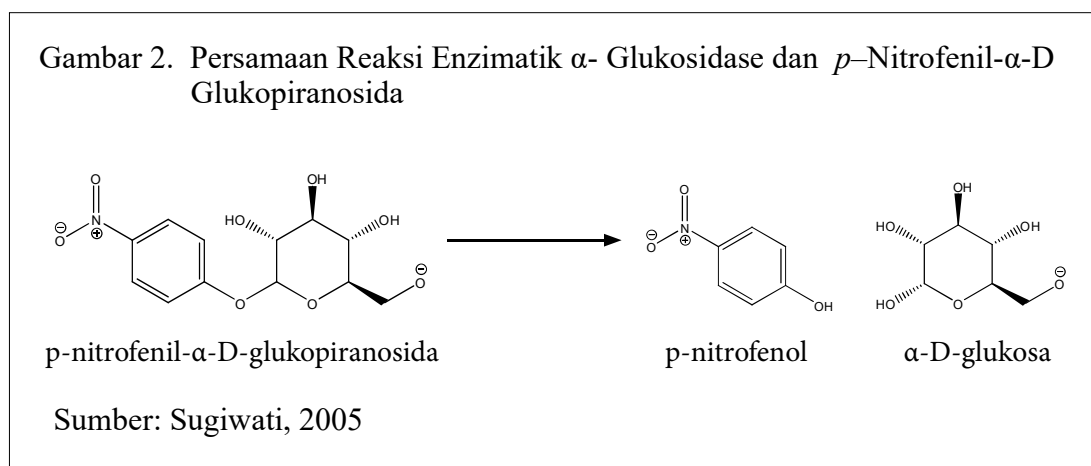
Tabel 3
Massa Metabolit Sekunder Bakteri Endofit Kulit Kayu Manis

Isolat bakteri	Massa Metabolit (gram)
C1	1,56
C2	1,23
C3	1,75
C4	1,33
C5	1,40

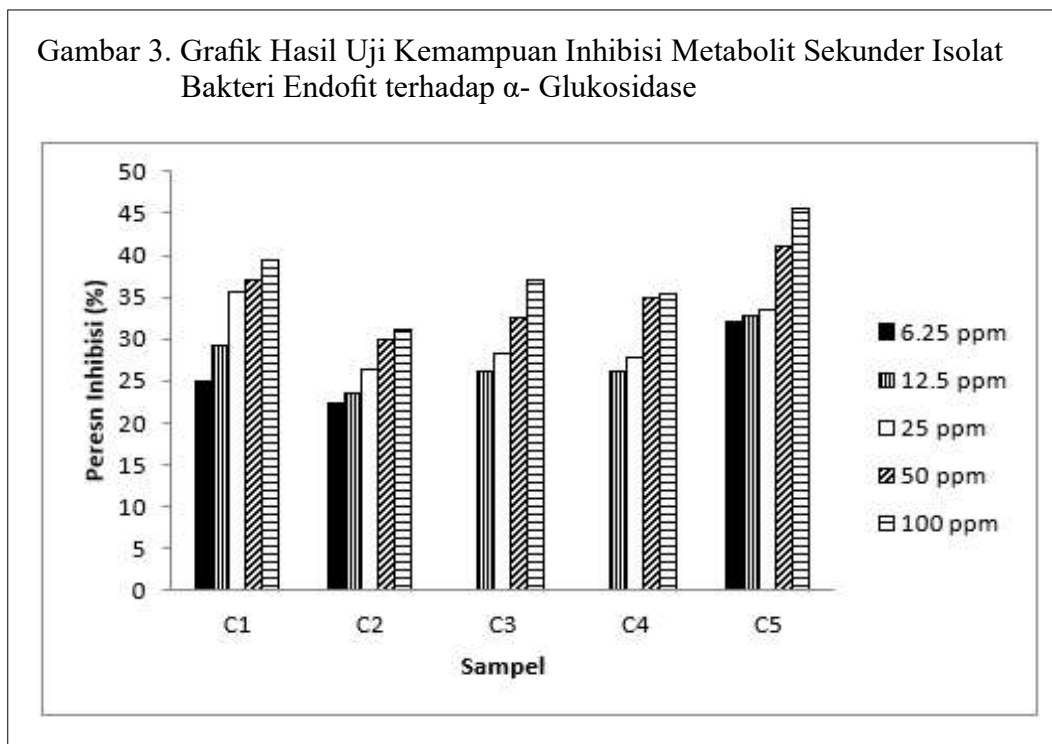
Uji Aktivitas Antidiabetes Metabolit Sekunder Isolat melalui Mekanisme Inhibisi α -Glukosidase. Tahap ini bertujuan untuk mendapatkan data aktivitas antidiabetes metabolit sekunder dari isolat bakteri endofit

yang didapatkan. Metode pengujian dilakukan secara *in vitro* yakni melalui mekanisme inhibisi enzim α -glukosidase terhadap substrat *p*-nitrofenil α -D- glukopiranosida. Mekanisme reaksi dari hidrolisis substrat *p*-nitrofenil α -D- glukopiranosida oleh enzim α -glukosidase dapat dilihat pada Gambar 2.

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa metabolit sekunder bakteri endofit C5 memiliki kemampuan inhibisi α -glukosidase tertinggi yakni sebesar 45,634% pada konsentrasi 100 ppm. Data tersebut menunjukkan bahwa senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh isolat bakteri endofit C5 mampu menginhibisi 45,634% aktivitas dari α -glukosidase. Senyawa yang digunakan sebagai pembanding pada pengujian ini adalah Glucobay. Pada pengujian ini Glucobay memiliki kemampuan inhibisi sebesar 94,831% pada konsentrasi 10 ppm. Perbedaan kemampuan inhibisi dari metabolit sekunder dan Glucobay disebabkan Glucobay mengandung senyawa



Gambar 3. Grafik Hasil Uji Kemampuan Inhibisi Metabolit Sekunder Isolat Bakteri Endofit terhadap α - Glukosidase



murni akarbosa yang telah terbukti dapat menghambat α -glukosidase melalui mekanisme inhibitor kompetitif. Adapun sampel padatan metabolit sekunder untuk uji inhibisi α -glukosidase merupakan hasil pemekatan dari ekstrak kasar yang berupa senyawa campuran sehingga kemampuan inhibisinya kurang optimal.

Gambar 3 menunjukkan bahwa besarnya nilai inhibisi dipengaruhi oleh tingginya konsentrasi senyawa inhibitor. Semakin tinggi konsentrasi senyawa inhibitor akan semakin besar pula kemampuan inhibisinya meskipun tidak dengan kenaikan yang signifikan. Hal ini dikarenakan senyawa inhibitor dari metabolit sekunder dimungkinkan memiliki kemampuan untuk

berkompetisi dengan substrat untuk berikatan dengan enzim sehingga menghambat proses terbentuknya kompleks enzim substrat dan mengakibatkan berkurangnya jumlah produk reaksi enzimatik yang dihasilkan. Mekanisme inhibisi tersebut dinamakan proses inhibisi kompetitif (Poedjiadi, 1994).

Senyawa inhibitor dari metabolit sekunder juga dimungkinkan memiliki kemampuan untuk berikatan dengan enzim atau kompleks enzim substrat. Ikatan tersebut akan mengubah konformasi sisi aktif enzim dan menghambat terbentuknya produk reaksi enzimatik. Mekanisme penghambatan tersebut dinamakan proses inhibisi nonkompetitif dan inkompetitif. (Poedjiadi, 1994). Proses inhibisi kompetitif,

nonkompetitif, dan inkompetitif akan berlangsung optimal apabila konsentrasi inhibitor tinggi, karena konsentrasi inhibitor yang tinggi akan memperbesar peluang inhibitor untuk menutup sisi aktif enzim ataupun berikatan dengan enzim dan kompleks enzim substrat.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa besarnya nilai inhibisi dipengaruhi oleh tingginya konsentrasi senyawa inhibitor. Semakin tinggi konsentrasi senyawa inhibitor akan semakin besar pula kemampuan inhibisinya, meskipun tidak dengan kenaikan yang signifikan. Kenaikan kemampuan inhibisi ini dikarenakan senyawa inhibitor dari metabolit sekunder dimungkinkan memiliki kemampuan untuk menghambat aktivitas enzim secara kompetitif, nonkompetitif, ataupun inkompetitif. Proses inhibisi kompetitif, nonkompetitif, dan inkompetitif akan berlangsung optimal apabila konsentrasi inhibitor tinggi, karena konsentrasi inhibitor yang tinggi akan memperbesar peluang inhibitor untuk menutup sisi aktif enzim ataupun berikatan dengan enzim dan kompleks enzim substrat.

Pada Gambar 3 juga dapat dilihat bahwa kenaikan dari kemampuan inhibisi pada tiap kenaikan konsentrasi tidak linier. Kemampuan inhibisi dari metabolit sekunder isolat C5 pada konsentrasi 6,25 ppm tidak terpaut jauh dengan kemampuan inhibisi

pada konsentrasi 100 ppm. Oleh karena itu dari data kemampuan inhibisi dapat diperoleh informasi bahwa konsentrasi optimal untuk aktivitas inhibisi dari metabolit sekunder isolat C5 adalah 6,25 ppm.

Penapisan Fitokimia. Tujuan dari penapisan fitokimia adalah mengetahui senyawa metabolit sekunder yang berpengaruh pada proses inhibisi enzim α -glukosidase. Senyawa metabolit sekunder ini didapat pada tahap kultur pertumbuhan bakteri endofit kulit kayu manis. Sampel penapisan pada tahap ini adalah hasil dari tahap kultur pertumbuhan bakteri endofit yang telah dikeringkan melalui proses *freeze drying*. Simplisia kulit kayu manis digunakan sebagai pembanding pada tahap penapisan fitokimia ini untuk mengetahui kandungan kimia awal dari kayu manis sampel dan selanjutnya dibandingkan dengan kandungan kimia dari metabolit sekunder bakteri endofit kulit kayu manis. Hasil dari penapisan fitokimia dapat dilihat pada Tabel 4.

Pada hasil penapisan fitokimia penelitian ini terdapat beberapa senyawa dari tumbuhan inang yang tidak mampu dihasilkan oleh isolat mikroba endofit kulit kayu manis. Nofiani, Nurbetty, dan Sapar (2009) menyatakan bahwa terdapat dugaan bahwa isolat tersebut memiliki gen pengkode pembentukan senyawa metabolit sekunder, namun tidak terekspresi pada media produksi yang digunakan. Gen

Tabel 4
 Hasil Penapisan Fitokima Senyawa Metabolit Sekunder
 Isolat Bakteri Endofit Kayu Manis (*Cinnamomun
 burmanii*)

Jenis Uji	Hasil					Simplisia
	C1	C2	C3	C4	C5	
Alkaloid	-	-	-	-	-	-
Flavonoid	+	-	-	-	+	+
Kuinon	+	+	-	-	+	+
Saponin	+	+	-	+	+	+
Terpenoid/Steroid	-	-	-	-	-	+
Tanin	+	+	+	+	+	+

tersebut baru terekspresi ketika diinduksi terlebih dahulu. Pada media produksi yang digunakan kemungkinan tidak ada induser untuk mengekspresikan gen pembentukan senyawa metabolit sekunder.

Senyawa metabolit sekunder dari isolat C5 dan C1 merupakan senyawa dengan penghambatan tertinggi mengandung golongan senyawa flavonoid dan tanin. Senyawa golongan flavonoid dan tanin memiliki kemampuan sebagai penghambat α -glukosidase (Adisakwattana, Lerdsuwankij, Poputtachai, Minipun, & Suparpprom, 2011; Shihabudeen, Priscilla, & Thirumurugan, 2011). Beberapa flavonoid, seperti morin, luteolin, baicalein, kaempferol dan apigenin, telah terbukti menunjukkan efek penghambatan terhadap enzim α -glukosidase. Diduga bahwa gugus polihidroksil yang memiliki peran penting dalam menghambat enzim α -glukosidase (Proença *et al.*, 2017).

SIMPULAN

Diperoleh lima isolat bakteri endofit dari kayu manis (isolat C1, isolat C2, isolat C3, isolat C4, dan isolat C5). Isolat bakteri yang diperoleh memiliki bentuk beragam yakni *streptobacillus* (isolat C1, isolat C4, dan isolat C5), *diplobacillus* (isolat C2), dan *diplococcus* (isolat C3). Adapun kelima isolat bakteri tersebut mampu menghasilkan metabolit sekunder dengan kemampuan sebagai inhibisi α -glukosidase. Penapisan fitokimia pada penelitian ini menunjukkan bahwa metabolit sekunder isolat C5 yang memiliki kemampuan inhibisi tertinggi mengandung senyawa flavonoid, tanin, kuinon, dan saponin.

DAFTAR PUSTAKA

Adisakwattana, S., Lerdsuwankij, O., Poputtachai, U., Minipun, A., & Suparpprom, C. (2011). Inhibitory activity of cinnamon bark species and their combination effect with acarbose against intestinal α -glukosidase and

- pancreatic α -amylase. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66, 143-148.
- Anjum, V., Ansari, S. H., Naquvi, K. J., & Arora, P. A. (2013). Development of quality standards of carica papaya linn leaves. *Der Pharmacia Lettre*, 5(2), 370-376.
- Cappuccino, J. G., & Sherman, N. (1992). *Microbiology a laboratory manual*. New York: The Benjamin/Cumming Publishing Company.
- Chen, H., Yan, X., Lin, W., Zheng, L., & Zhang, W. (2004). A new method for screening α -glucosidase inhibitors and application to marine microorganisms. *Pharmaceutical biology*, 42(6), 416-421.
- Depkes RI. (2005). *Pharmateutical care diabetes mellitus*. Jakarta: Direktorat Jenderal Kefarmasian dan Alat Kesehatan, Departemen Kesehatan RI
- Farnsworth, N. R. (1966). Biological and phytochemical screening of plants. *Journal of pharmaceutical sciences*, 55(3), 225-276.
- Guo, B., Wang, Y., Sun, X., & Tang, K. (2008). Bioactive natural products from endophytes: A review. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 44(2), 136-142.
- Kafur, A., & Khan, A. B. (2011). Isolation of endophytic actinomycetes from *Catharanthus roseus* (L.) G. Don leaves and their antimicrobial activity. *Iranian Journal of Biotechnology*, 9(4), 302-306.
- Kumala, S., Utji, R., Sudarmono, P. P., & Kardono, L. B. (2006). Isolation of endophytic fungi from *Brucea javanica* L.(Merr.) and cytotoxic evaluation of their n-butanol extract from fermentation broth. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9(5), 825-832
- Nurkanto, A., Rahmansyah, M., & Kanti, A. (2008). *Seri panduan teknik isolasi aktinomisetes*. Jakarta: LIPI Press.
- Ngadiwiyana, Ismiyarto, Prasetya, N. B. A., & Purbowatiningrum, R. S. (2011). Potensi sinamaldehyd hasil isolasi minyak kayu manis sebagai senyawa antidiabetes. *Majalah Farmasi Indonesia*, 22(1), 9-14.
- Nofiani, R., Nurbetty, S., & Sapar, A. (2009). Antimicrobial activities of methanol extract from unidentified sponge associated bacteria in Lemukutan Island, Kalimantan Barat. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 1(2), 33-41.
- Nair, D. N., & Padmavathy, S. (2014). Impact of endophytic microorganisms on plants, environment and humans. *The Scientific World Journal*, 2014.
- Pelczar, M. J., & Chan, E. C. S. (2008). *Dasar-dasar mikrobiologi*. (Terj.: Ratna Sari Hadioetomo dkk.). Jakarta : Universitas Indonesia.
- Pimentel-Elardo, S. M., Kozytska, S., Bugni, T. S., Ireland, C. M., Moll, H., & Hentschel, U. (2010). Anti-parasitic compounds from *Streptomyces* sp. strains isolated from Mediterranean sponges. *Marine drugs*, 8(2), 373-380. doi:10.3390/md8020373.
- Ping, H., Zhang, G., & Ren, G. (2010). Antidiabetic effects of cinnamon oil in diabetic KK-Ay mice. *Food and chemical toxicology*, 48(8-9), 2344-2349.
- Poedjiadi, A. (1994). *Dasar-dasar biokimia*. Jakarta: UI-Press.
- Proença, C., Freitas, M., Ribeiro, D., Oliveira, E. F., Sousa, J. L., Tomé, S. M., ... & Fernandes, E. (2017). α -Glucosidase inhibition by flavonoids: an in vitro and in silico structure-activity relationship study. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 32(1), 1216-1228.
- Pujiyanto, S., & Ferniah, R. S. (2010). Aktivitas inhibitor α glukosidase bakteri endofit PR-3 yang diisolasi dari tanaman pare (*Momordica charantia*). *BIOMA*, 12(1), 1-5.
- Pujiyanto, S., Lestari, Y., Suwanto, A., Budiarti, S., & Darusman, L. K. (2012). Alpha-glucosidase inhibitor activity and characterization of endophytic actinomycetes isolated from some

- Indonesian diabetic medicinal plants. *Int J Pharm Pharm Sci*, 4(1), 327-333.
- Radji, M. 2005. Peranan Bioteknologi dan Mikroba Endofit dalam Pengembangan Obat Herbal, *Majalah Ilmu Kefarmasian*, 2:113 –126.
- Sancheti, S., Sancheti, S., & Seo, S. (2009). Chaenomeles sinensis: A potent α - and β -glucosidase inhibitor. *American Journal of Pharmacology and Toxicology*, 4(1), 8-11. doi.org/10.3844/ajptsp.2009.8.11.
- Shihabudeen, H. M. S., Priscilla, D. H., & Thirumurugan, K. (2011). Cinnamon extract inhibits α -glucosidase activity and dampens postprandial glucose excursion in diabetic rats. *Nutrition & Metabolism*, 8(1), 46.
- Strobel, G., & Daisy, B. (2003). Bioprospecting for microbial endophytes and their natural products. *Microbiology and molecular biology reviews*, 67(4), 491-502.
- Subroto, M. A. (2006). *Ramuan herbal untuk diabetes mellitus*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Sugiwati, S., 2005 Aktivitas antihiperglikemik dari ekstrak buah mahkota dewa (Phaleira macrocarpa) sebagai inhibitor alfa-glukosidase, Tesis, Institut Pertaian Bogor
- Vangalapati, M., Satya, N. S., Prakash, D. S., & Avanigadda, S. (2012). A review on pharmacological activities and clinical effects of cinnamon species. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 3(1), 653-663.

**OPTIMASI MEDIA KULTUR *IN VITRO* ANGGREK *Dendrobium nobile*
BERBASIS PUPUK****(OPTIMIZATION FERTILIZER BASED IN VITRO CULTURE FOR *Dendrobium nobile*)**

Ayu Purnamasari, Ratnawati, Suyitno Aloysius, Lili Sugiyarto, dan Ixora S. Mercuriani
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta
Jl. Colombo No. 1 Yogyakarta 55281
email: ixomerc@uny.ac.id

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh kombinasi penambahan air kelapa dan vitamin B1 terhadap pertumbuhan anggrek *Dendrobium nobile* (*D. nobile*) serta mengetahui konsentrasi vitamin B1 yang optimum untuk pertumbuhan anggrek pada media kultur *in vitro* berbasis pupuk. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan menggunakan rancangan tersarang (*nested design*) dimana faktor I adalah perlakuan air kelapa (dengan air kelapa dan tanpa air kelapa) dan faktor II adalah variasi konsentrasi vitamin B1 (0; 0,25; 0,5; dan 1 ml.L⁻¹). Sampel yang digunakan adalah bibit anggrek *D. nobile* umur 11 bulan dalam kultur *in vitro* yang mempunyai keseragaman karakter pertumbuhan. Data penelitian ini dianalisis menggunakan analisis ragam (Anova) metode rancangan tersarang dan uji *Least Significant Difference* (LSD). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan air kelapa memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penambahan diameter batang dan berat basah tanaman sedangkan penambahan vitamin B1 memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penambahan jumlah daun, jumlah akar, dan panjang akar anggrek. Konsentrasi vitamin B1 yang optimum untuk pertumbuhan anggrek adalah 0,5 ml.L⁻¹ baik pada media yang mengandung ataupun tidak mengandung air kelapa.

Kata kunci: *air kelapa, vitamin B1, dendrobium nobile, kultur in vitro*

Abstract

This study was aimed at determining the effect of the coconut water and vitamin B1 as a combination on the growth of *Dendrobium nobile* (*D. nobile*) orchids and determining the optimum concentration of vitamin B1 for orchid growth in fertilizer-based in vitro culture media. This study was an experimental study using a nested design which factor I was the treatment of coconut water (with and without coconut water) and factor II was the variation in the concentration of vitamin B1 (0, 0.25, 0.5, and 1 ml.L⁻¹). The samples used were 11 months old *D. nobile* orchid seeds in in vitro culture which had simultaneous growth characters. The data were analyzed using Anova, nested design method and Least Significant Difference (LSD) test. The results show that the addition of coconut water has a significant effect on the increase in stem diameter and plant wet weight. The addition of vitamin B1 has a significant effect on the increase in the number of leaves, the number of roots, and the length of the orchids. The optimum concentration of vitamin B1 for orchid growth is 0.5 ml.L⁻¹ both in media with or without coconut water.

Keywords: *coconut water, vitamin B1, dendrobium nobile, in vitro culture*

PENDAHULUAN

Spesies anggrek yang ada di Indonesia sangat beranekaragam. Salah satu jenis anggrek yang banyak diminati masyarakat dunia termasuk Indonesia adalah genus anggrek *Dendrobium*. Menurut Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (2007), kebutuhan akan anggrek di Indonesia didominasi oleh jenis *Dendrobium* (34%), diikuti oleh *Oncidium Golden Shower* (26%), *Cattleya* (20%), *Vanda Douglas* (17%), dan anggrek lainnya (3%). *Dendrobium* merupakan genus anggrek terbesar dalam famili *Orchidaceae* yang memiliki jumlah spesies lebih dari 1200 jenis (Adisarwanto dkk., 2012). *Dendrobium* banyak disukai masyarakat karena produktivitasnya tinggi dan memiliki variasi warna dan bentuk bunga yang menarik (Widiastoety, Solvia, & Soedarjo, 2010). *Dendrobium* memiliki kesegaran bunga yang tahan lama, tidak mudah rontok, serta mudah dirangkai sebagai bunga potong (Tuhuteru, Hehanussa, & Raharjo, 2012).

Dendrobium nobile merupakan salah satu anggrek seksi *Eugenanthe* yang terkenal dan banyak digunakan sebagai induk persilangan (Rianawati, 2017). Anggrek tersebut perlu dibudidayakan untuk memenuhi kebutuhan pasar dan menjaganya tetap lestari. Perbanyak bibit anggrek *D. nobile* dapat dilakukan dengan teknik kultur *in vitro*. Beberapa jenis media

instan yang sering digunakan dalam kultur *in vitro*; seperti Murashige & Skoog (MS), Vacin & Went (VW), Knudson C (KC), dan New Phalaenopsis (NP) memiliki kekurangan yaitu harganya relatif mahal dan sulit didapatkan karena harus mengimpor dari luar negeri. Untuk mengatasi masalah tersebut perlu dicari media alternatif dengan harga yang murah dan mudah didapatkan untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman anggrek.

Salah satu sumber nutrisi yang dapat digunakan sebagai penyusun media alternatif dalam kultur *in vitro* adalah pupuk daun. Pupuk Gandasil D merupakan salah satu jenis pupuk daun yang banyak ditemukan di pasaran. Pupuk tersebut mengandung unsur hara makro dan mikro yang baik untuk pertumbuhan vegetatif tanaman; yaitu unsur N 14%, P 12%, K 14%, Mg, Mn, B, Cu, Co, dan Zn (Iswanto, 2002). Penelitian Andalasari, Yafisham, dan Nuraini (2014) menunjukkan bahwa pemberian 2 g.L⁻¹ pupuk Gandasil pada tanaman anggrek *Dendrobium* memberikan hasil yang lebih baik terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, panjang daun, dan lebar daun dibandingkan dengan pemberian pupuk Hyponex.

Beberapa penelitian melaporkan bahwa penggunaan pupuk sebagai media kultur *in vitro* masih kurang efektif bila dibanding dengan media instan yang sudah umum digunakan sehingga dibutuhkan

sumber nutrisi lain untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman (seperti bahan organik dan vitamin). Air kelapa merupakan salah satu bahan organik yang sering ditambahkan dalam media kultur in vitro anggrek. Air kelapa mengandung kinetin, zeatin, auksin, vitamin, mineral dan sumber karbon yang berguna untuk multiplikasi tunas in vitro (Kristina & Syahid, 2012). Pemberian air kelapa dengan konsentrasi 150 ml.L^{-1} sangat efektif meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tunas-tunas samping dan akar pada kultur in vitro anggrek *Dendrobium anosmum* (Tuhuteru *et al.*, 2012).

Tiamin (vitamin B1) merupakan nutrisi yang umum digunakan dalam budidaya anggrek dan terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman. Widiastoety dan Kartikaningrum (2003) menjelaskan bahwa pemberian vitamin B1 ke dalam media kultur dapat merangsang pertumbuhan eksplan dan meningkatkan pertumbuhan akar. Penelitian Arditti dan Ernst (1993) menunjukkan bahwa penambahan vitamin B1 ke dalam media kultur dapat meningkatkan panjang dan jumlah akar *Dendrobium*.

Komposisi media alternatif untuk mendukung pertumbuhan *D. nobile* yang mudah dibuat dan tersedia di pasar dengan harga yang relatif murah belum diketahui. Informasi yang dibutuhkan tersebut dapat diketahui melalui penelitian penggunaan pupuk daun sebagai media kultur dengan

penambahan air kelapa dan variasi konsentrasi vitamin B1. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka penelitian dengan judul “Optimasi Media Kultur In Vitro Anggrek *Dendrobium nobile* Berbasis Pupuk dengan Penambahan Air Kelapa dan Vitamin B1” penting dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kombinasi penambahan air kelapa dan penambahan vitamin B1 terhadap pertumbuhan anggrek *D. nobile* serta mengetahui konsentrasi vitamin B1 yang optimum untuk pertumbuhan anggrek *D. nobile* pada media kultur in vitro berbasis pupuk.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Rancangan penelitian yang digunakan yaitu rancangan pola tersarang (*nested design*) dengan faktor I adalah perlakuan air kelapa (dengan penambahan air kelapa dan tanpa penambahan air kelapa) dan faktor II adalah variasi konsentrasi vitamin B1 (0 ml.L^{-1} ; $0,25 \text{ ml.L}^{-1}$; $0,5 \text{ ml.L}^{-1}$; dan 1 ml.L^{-1}) sehingga diperoleh 8 kombinasi perlakuan. Perlakuan pada penelitian ini sebagai berikut:

A = Media dengan penambahan AK + 0 ml.L^{-1} vitamin B1

B = Media dengan penambahan AK + $0,25 \text{ ml.L}^{-1}$ vitamin B1

C = Media dengan penambahan AK + $0,5 \text{ ml.L}^{-1}$ vitamin B1

D = Media dengan penambahan AK + 1 ml.L⁻¹ vitamin B1

E = Media tanpa penambahan AK + 0 ml.L⁻¹ vitamin B1

F = Media tanpa penambahan AK + 0,25 ml.L⁻¹ vitamin B1

G = Media tanpa penambahan AK + 0,5 ml.L⁻¹ vitamin B1

H = Media tanpa penambahan AK + 1 ml.L⁻¹ vitamin B1

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: timbangan analitik, erlenmeyer, gelas ukur, *beaker glass*, *hot plate magnetic stirrer*, peralatan diseksi, otoklaf, *petridish*, *disposable petridish*, *Laminar Air Flow Cabinet (LAF)*, pembakar spiritus (bunsen), rak penyimpanan kultur, masker, *gloves*, dan jangka sorong. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit anggrek *D. nobile* yang berumur 11 bulan dalam kultur in vitro, pupuk Gandasil-D, vitamin B1, mio-inositol, sukrosa, pH indikator, akuades, air kelapa, agar, larutan 1N HCL, larutan 1N NaOH, alkohol 70%, alkohol 96%, spiritus, aluminium foil, plastic wrap, kertas payung, kertas samson, karet gelang, kertas label, dan kertas tisu.

Populasi dalam penelitian ini yaitu semua tanaman anggrek *D. nobile* yang berumur 11 bulan dalam kultur in vitro di Laboratorium Kultur Jaringan Tumbuhan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan

Alam Universitas Negeri Yogyakarta. Sampel dalam penelitian ini yaitu 72 bibit tanaman anggrek *D. nobile* (umur 11 bulan) dalam kultur in vitro yang mempunyai keseragaman karakter pertumbuhan (jumlah daun dua dan belum memiliki akar).

Tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pembuatan media perlakuan, penanaman bibit anggrek *D. nobile* pada media perlakuan, dan pengamatan serta pengambilan data. Pembuatan 1L media perlakuan dilakukan dengan melarutkan bahan-bahan menggunakan 500 ml akuades. Bahan-bahan tersebut yaitu: 2 gram pupuk Gandasil-D, vitamin B1 (*Grow Quick Plus*) sesuai perlakuan (0; 0,25; 0,5; atau 1 ml.L⁻¹), 100 mg mio-inositol, 20 gram sukrosa, dan 150 ml.L⁻¹ air kelapa (untuk perlakuan media yang ditambah air kelapa). Setelah homogen, dilakukan pengaturan pH media hingga mencapai pH 5,8 kemudian dilakukan penambahan akuades hingga volume larutan mencapai 1L. Agar sebanyak 7 gram ditambahkan, lalu media dihomogenkan dan dipanaskan hingga mendidih. Media disterilkan dengan otoklaf (15 menit, 121°C dan tekanan 1 atm). Masing-masing media perlakuan dituang secara aseptik pada *disposable petridish* (masing-masing ± 15 ml).

Penanaman bibit anggrek *D. nobile* dilakukan dalam kondisi aseptik di dalam *Laminar Air Flow (LAF)*. Setiap media perlakuan dibuat sebanyak tiga ulangan.

Pada setiap disposable petridish ditanam 3 bibit anggrek. Kultur tersebut kemudian diletakkan secara acak pada rak penyimpanan dengan suhu 26°C dan pencahayaan menggunakan lampu TL. Pengamatan terhadap pertumbuhan anggrek *D. nobile* berupa jumlah daun, jumlah akar, jumlah tunas, panjang daun, panjang akar, tinggi tanaman, diameter akar, diameter batang dan berat basah tanaman dilakukan pada minggu ke-10 setelah subkultur. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis ragam (Anova) metode rancangan tersarang (nested design) (Sudjana, 1982), dengan selang kepercayaan 5% dilanjutkan uji lanjut *LSD (Least Significant Difference)* dengan selang kepercayaan 5% guna mengetahui pengaruh beda nyata antarperlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

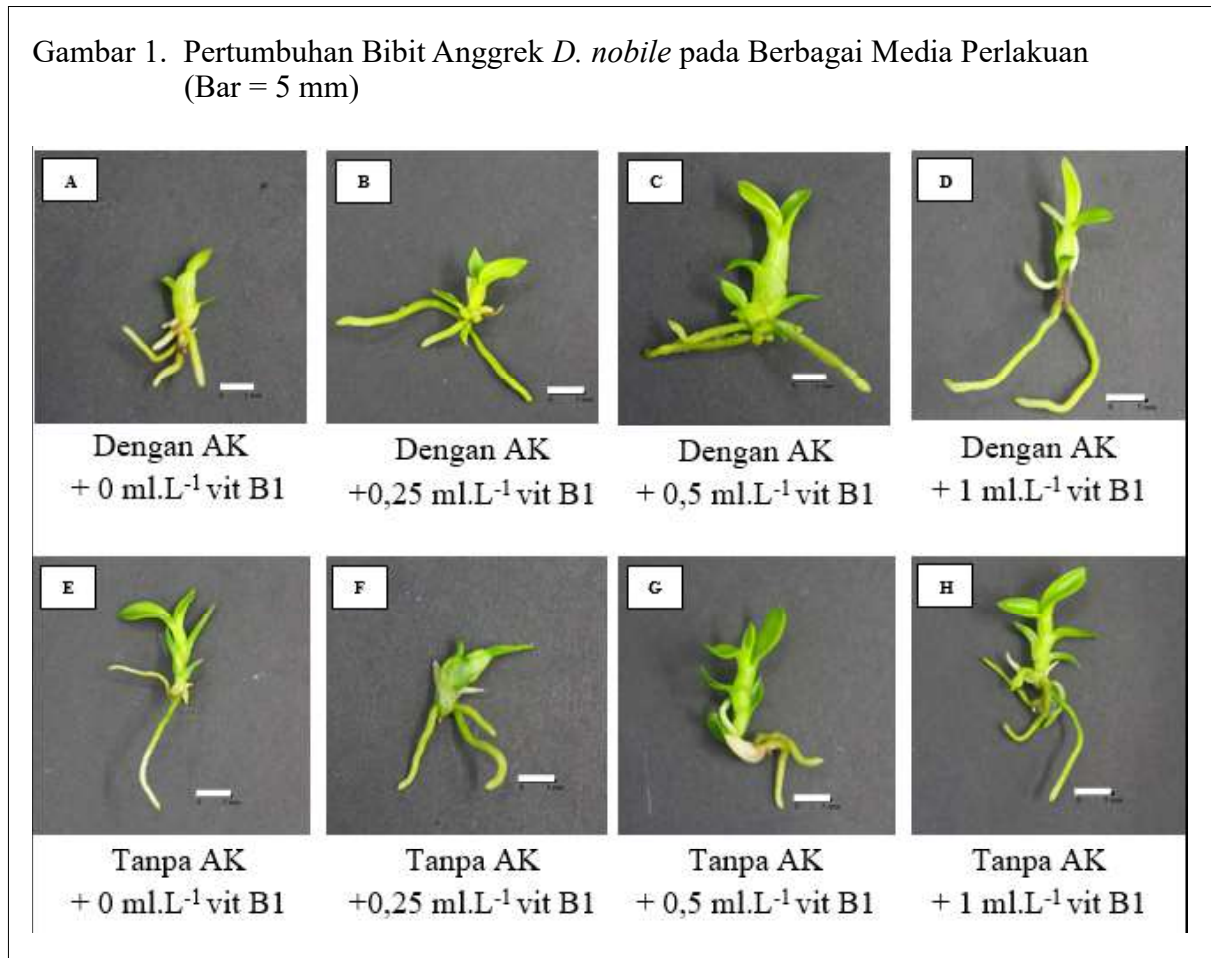
Anggrek *Dendrobium nobile* yang ditumbuhkan pada media kultur in vitro berbasis pupuk dengan perlakuan kombinasi penambahan air kelapa dan penambahan vitamin B1 pada berbagai konsentrasi menunjukkan pertumbuhan yang berbeda-beda dilihat dari jumlah daun, jumlah akar, jumlah tunas, panjang daun, panjang akar, tinggi tanaman, diameter batang, diameter akar, dan berat basah tanaman. Pertumbuhan bibit anggrek *D. nobile* pada berbagai media perlakuan (umur 10 minggu setelah subkultur) dapat dilihat pada Gambar 1.

Hasil uji Anova menunjukkan bahwa penambahan air kelapa tidak berpengaruh secara signifikan terhadap pertambahan jumlah daun, jumlah akar, jumlah tunas, panjang daun, panjang akar, tinggi tanaman, dan diameter akar; tetapi berpengaruh nyata terhadap diameter batang dan berat basah anggrek *D. nobile*. Pertumbuhan tanaman pada media yang diberi air kelapa (A, B, C, D) menunjukkan diameter batang yang cenderung lebih tinggi dibanding tanaman pada media tanpa air kelapa (E, F, G, H) (Tabel 1).

Berdasarkan uji lanjut *LSD*, pertumbuhan *D. nobile* pada perlakuan dengan AK + 0 ml.L⁻¹ vitamin B1 menghasilkan diameter batang yang berbeda nyata dengan perlakuan tanpa AK + 0 ml.L⁻¹ vitamin B1. Hal serupa juga terjadi pada perlakuan dengan AK + 0,5 ml.L⁻¹ dibanding dengan perlakuan tanpa AK + 0,5 ml.L⁻¹ vitamin B1 (Tabel 2) sehingga dengan melihat nilai rata-rata diameter batang dapat diketahui bahwa anggrek *D. nobile* yang ditanam pada media yang ditambah air kelapa memiliki diameter batang yang nyata lebih besar dibandingkan tanaman pada media tanpa air kelapa.

Air kelapa yang dipanaskan dengan suhu 121°C dengan otoklaf mengandung sitokinin (50,09 mg.L⁻¹ kinetin dan 28,65 mg.L⁻¹ zeatin) (Kristina & Syahid, 2012). Sitokinin merupakan zat pengatur tumbuh yang berperan dalam pembelahan sel.

Gambar 1. Pertumbuhan Bibit Anggrek *D. nobile* pada Berbagai Media Perlakuan (Bar = 5 mm)



Tabel 1
Rata-rata Diameter Batang dan Berat Anggrek *D. nobile* pada masing-masing Perlakuan

Perlakuan		Kode Perlakuan	Pertumbuhan	
AK	Vitamin B1		D Batang (cm)	Berat Basah (g)
Dengan AK	0 ml.L ⁻¹	A	0,33	0,141
	0,25 ml.L ⁻¹	B	0,22	0,122
	0,5 ml.L ⁻¹	C	0,25	0,176
	1 ml.L ⁻¹	D	0,24	0,123
Tanpa AK	0 ml.L ⁻¹	E	0,17	0,078
	0,25 ml.L ⁻¹	F	0,21	0,090
	0,5 ml.L ⁻¹	G	0,14	0,103
	1 ml.L ⁻¹	H	0,19	0,122

Keterangan: AK = air kelapa, D = diameter

Tabel 2
Hasil Uji Lanjut LSD Pengaruh Perlakuan Penambahan Air Kelapa terhadap Diameter Batang *D. nobile*

Perlakuan	LSD _(0,05)	Besar Beda	Keterangan
ABCD vs EFGH	0,087	0,081	Tidak berbeda nyata
A vs E	0,087	0,159	Berbeda nyata
B vs F	0,087	0,004	Tidak berbeda nyata
C vs G	0,087	0,108	Berbeda nyata
D vs H	0,087	0,051	Tidak berbeda nyata

Keterangan: vs = versus

Dengan adanya sitokinin (dari air kelapa) maka sel-sel pada batang anggrek *D. nobile* terus membelah sehingga batang mengalami pertumbuhan yang ditunjukkan dengan meningkatnya ukuran diameter batang.

Peran sitokinin dalam pembelahan sel yaitu sitokinin memacu pembelahan sel dalam jaringan tanaman dengan cara me-ningkatkan peralihan proses pembelahan sel dari fase G2 ke fase mitosis. Dalam hal ini sitokinin juga meningkatkan laju sintesis protein di dalam sel. Sitokinin juga memperpendek fase S yaitu dengan cara meningkatkan laju sintesis DNA (Lyndon, 1998).

Air kelapa muda selain mengandung sitokinin, juga mengandung 20,89 mg.L⁻¹ auksin (Kristina & Syahid, 2012). Kandungan auksin dalam air kelapa juga diduga mempengaruhi pertumbuhan batang anggrek *D. nobile*. Auksin berfungsi untuk merangsang pemanjangan sel-sel (Campbell & Reece, 2012). Irwanto (2003) menyatakan bahwa auksin bekerja dengan cara memacu protein tertentu yang ada di membran plasma

sel tumbuhan untuk memompa ion H⁺ ke dinding sel. Ion H⁺ akan mengaktifkan enzim tertentu sehingga memutuskan ikatan silang hidrogen rantai molekul selulosa penyusun dinding sel. Hal tersebut akan menyebabkan terjadinya pengenduran dinding sel. Sel tumbuhan kemudian memanjang akibat air yang masuk secara osmosis ke dalam sel. Setelah pemanjangan tersebut, sel terus tumbuh dan mensintesis kembali material dinding sel dan sitoplasma.

Pertambahan diameter batang juga dipengaruhi karena adanya unsur-unsur dalam air kelapa. Kristina dan Syahid (2012) menyatakan bahwa air kelapa mengandung unsur N, P, K, Mg, Fe, Na, Zn, dan Ca. Nitrogen berperan dalam pembentukan asam amino yang mempunyai banyak fungsi dalam metabolisme tanaman (Campbell, Reece, & Mitchell, 2003). Unsur Ca dan Mg berperan penting untuk pembentukan batang dan mengeraskan batang serta bersama-sama akan memproduksi cadangan makanan (Hendaryono & Wijayani, 1994).

Meningkatnya diameter batang pada akhirnya akan mempengaruhi semakin bertambahnya berat basah tanaman. Hal ini sejalan dengan pernyataan Wattimena (1988) bahwa pemanjangan sel akan diikuti dengan pembesaran sel dan peningkatan bobot basah. Tanaman anggrek *D. nobile* pada media yang ditambah air kelapa (A, B, C, D) menghasilkan berat basah yang cenderung lebih tinggi dibandingkan tanaman pada media tanpa air kelapa (E, F, G, H) (Tabel 1). Hasil uji lanjut LSD menunjukkan bahwa pertumbuhan *D. nobile* pada perlakuan dengan AK + 0,5 ml.L⁻¹ vitamin B1 menghasilkan berat basah yang berbeda nyata dengan perlakuan tanpa AK + 0,5 ml.L⁻¹ vitamin B1 (Tabel 3). Dengan melihat nilai rata-rata berat basah dapat diketahui bahwa anggrek *D. nobile* pada media yang ditambah air kelapa memiliki diameter batang yang nyata lebih besar dibandingkan tanaman pada media tanpa air kelapa.

Peningkatan berat basah anggrek *D. nobile* terjadi karena sel tanaman mengalami

pembelahan sehingga menyebabkan terjadinya peningkatan massa sel. Ketika massa sel dalam tanaman meningkat maka berat basah tanaman juga meningkat. Tercapainya berat basah tanaman anggrek *D. nobile* yang tinggi pada media yang ditambah air kelapa terjadi karena air kelapa mengandung banyak nutrisi untuk mendukung pertumbuhan anggrek; seperti unsur N, P, K, Mg, Fe, Na, Zn dan Ca yang baik untuk pertumbuhan tanaman.

Hasil uji Anova menunjukkan bahwa penambahan vitamin B1 berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan jumlah daun, jumlah akar, dan panjang akar anggrek *D. nobile*, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap parameter pertumbuhan yang lain.

Pertambahan jumlah daun anggrek *D. nobile* pada media yang ditambah vitamin B1 cenderung lebih tinggi dibandingkan tanpa penambahan vitamin B1 (Tabel 4). Hasil uji lanjut LSD menunjukkan bahwa pada media yang ditambah air kelapa, perlakuan C (vitamin B1 0,5 ml.L⁻¹) menghasilkan jumlah daun yang berbeda nyata dengan

Tabel 3
Hasil Uji Lanjut LSD Pengaruh Perlakuan Penambahan Air Kelapa terhadap Berat Basah. D. nobile

Perlakuan	LSD _(0,05)	Besar Beda	Keterangan
ABCD vs EFGH	0,065	0,042	Tidak berbeda nyata
A vs E	0,065	0,063	Tidak berbeda nyata
B vs F	0,065	0,032	Tidak berbeda nyata
C vs G	0,065	0,073	Berbeda nyata
D vs H	0,065	0,001	Tidak berbeda nyata

Keterangan: vs = versus

Tabel 4
Rata-rata Pertambahan Jumlah Daun, Jumlah Tunas, dan Panjang Akar Anggrek *D. nobile* pada masing-masing Perlakuan

Perlakuan		Kode	Pertumbuhan		
AK	Vitamin B1	Perlakuan	Σ Daun	Σ Akar	P Akar (cm)
Dengan AK	0 ml.L ⁻¹	A	2,8	3,8	1,01
	0,25 ml.L ⁻¹	B	2,7	2,1	0,82
	0,5 ml.L ⁻¹	C	4,7	5,5	2,18
	1 ml.L ⁻¹	D	3,7	3,8	1,66
Tanpa AK	0 ml.L ⁻¹	E	3,7	2,8	1,13
	0,25 ml.L ⁻¹	F	3,2	3,2	1,2
	0,5 ml.L ⁻¹	G	4,8	3,3	1,43
	1 ml.L ⁻¹	H	3,9	3,8	1,26

Keterangan: AK = air kelapa, Σ = jumlah, P = panjang

perlakuan A (vitamin B1 0 ml.L⁻¹) dan B (vitamin B1 0,25 ml.L⁻¹). Pada media yang tidak ditambah air kelapa, perlakuan G (vitamin B1 0,5 ml.L⁻¹) menghasilkan jumlah daun yang berbeda nyata dengan perlakuan E (vitamin B1 0 ml.L⁻¹) dan F (vitamin B1 0,25 ml.L⁻¹) (Tabel 5). Dengan demikian diketahui bahwa vitamin B1 pada konsentrasi 0,5 ml.L⁻¹ mampu menghasilkan pertambahan jumlah daun anggrek *D. nobile* yang nyata lebih besar dibandingkan

konsentrasi yang lain. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Widiastoety, Solvia, dan Kartikaningrum (2009) yang menunjukkan bahwa pemberian 0,5-1,0 ppm vitamin B1 ke dalam media kultur mampu meningkatkan jumlah daun anggrek *Oncidium*.

Daun merupakan organ tanaman yang berperan penting sebagai tempat fotosintesis. Jumlah daun yang semakin banyak pada tanaman akan menyebabkan pertumbuhan tanaman semakin baik. Hal tersebut terjadi

Tabel 5
Hasil Uji Lanjut LSD Pengaruh Variasi Konsentrasi Vitamin B1 terhadap Jumlah daun *D. nobile*

Perlakuan	LSD _(0,05)	Besar Beda	Keterangan
C vs B	1.10	2,00	Berbeda nyata
C vs D	1.10	0,94	Tidak berbeda nyata
C vs A	1.10	1,89	Berbeda nyata
G vs F	1.10	1,61	Berbeda nyata
G vs H	1.10	0,94	Tidak berbeda nyata
G vs E	1.10	1,17	Berbeda signifikan

Keterangan: vs = versus

karena semakin banyak jumlah daun maka aktivitas fotosintesis dan fotosintat yang dihasilkan akan semakin besar. Fotosintat yang berupa glukosa akan diubah oleh tanaman menjadi energi dalam bentuk ATP melalui aktivitas metabolisme sel. ATP tersebut digunakan oleh tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangan organ-organ tanaman.

Pertambahan jumlah dan panjang akar anggrek *D. nobile* pada media kultur yang ditambah vitamin B1 cenderung lebih tinggi dibandingkan tanpa penambahan vitamin B1 (Tabel 4). Berdasarkan hasil uji Lanjut

LSD diketahui bahwa penambahan vitamin B1 0,5 ml.L⁻¹ pada media yang mengandung air kelapa menghasilkan jumlah dan panjang akar anggrek *D. nobile* yang berbeda nyata dengan penambahan vitamin B1 pada konsentrasi yang lain (Tabel 6 dan 7) sehingga dengan melihat nilai rata-rata panjang dan jumlah akar dapat diketahui bahwa vitamin B1 dengan konsentrasi 0,5 ml.L⁻¹ mampu menghasilkan pertumbuhan akar yang nyata lebih baik dibandingkan penambahan vitamin B1 pada konsentrasi yang lain.

Pemberian vitamin B1 ke dalam media diketahui dapat meningkatkan pertumbuhan

Tabel 6
Hasil Uji Lanjut LSD Pengaruh Variasi Konsentrasi Vitamin B1 terhadap Jumlah Akar D. nobile

Perlakuan	LSD _(0,05)	Besar Beda	Keterangan
C vs B	0,97	3,39	Berbeda nyata
C vs D	0,97	1,67	Berbeda nyata
C vs A	0,97	2,00	Berbeda nyata
G vs F	0,97	0,11	Tidak berbeda nyata
G vs H	0,97	0,50	Tidak berbeda nyata
G vs E	0,97	0,56	Tidak berbeda nyata

Tabel 7
Hasil Uji Lanjut LSD Pengaruh Variasi Konsentrasi Vitamin B1 terhadap Panjang Akar D. nobile

Perlakuan	LSD _(0,05)	Besar Beda	Keterangan
C vs B	0,80	1,36	Berbeda nyata
C vs D	0,80	0,52	Tidak berbeda nyata
C vs A	0,80	1,17	Berbeda nyata
G vs F	0,80	0,23	Tidak berbeda nyata
G vs H	0,80	0,17	Tidak berbeda nyata
G vs E	0,80	0,29	Tidak berbeda nyata

akar anggrek *D. nobile*. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Arditti dan Ernst (1993) yang menunjukkan bahwa penambahan vitamin B1 ke dalam media kultur dapat meningkatkan panjang dan jumlah akar *Dendrobium*. Akar yang banyak dan panjang akan memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan tanaman karena dapat menjadikan tanaman lebih kokoh dan meningkatkan luas penyerapan unsur hara.

Akar dapat bertambah panjang karena adanya proses pembelahan sel pada meristem ujung akar yang kemudian diikuti oleh proses pemanjangan dan pembesaran sel (Gardner, Pearce, & Mitchell, 1991). Dalam penelitian ini, pertumbuhan akar anggrek *D. nobile* dapat terjadi karena adanya peran vitamin B1 yang ditambahkan ke dalam media

kultur. Garuda, Murniati dan Haring (2015) menyatakan bahwa penambahan vitamin B1 ke dalam media kultur dapat mempercepat pembelahan sel pada meristem akar.

Penambahan air kelapa dan penambahan vitamin B1 tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap jumlah tunas, panjang daun, tinggi tanaman dan diameter akar *D. nobile*. Secara deskriptif, anggrek *D. nobile* cenderung mengalami pertumbuhan paling baik pada penambahan vitamin B1 sebanyak 0,5 ml.L⁻¹. Pertumbuhan tunas, panjang daun, tinggi tanaman, dan diameter akar anggrek *D. nobile* ditampilkan pada Tabel 8.

Hasil rata-rata pertambahan jumlah tunas dan panjang daun anggrek *D. nobile* menunjukkan angka yang hampir sama pada masing-masing perlakuan. Pertumbuhan tunas dan daun tidak hanya dipengaruhi oleh

Tabel 8
Rata-rata Pertambahan Tunas, Panjang Daun, Tinggi Tanaman, dan Diameter Akar Anggrek D. nobile pada masing-masing Perlakuan

Perlakuan		Kode Perlakuan	Pertumbuhan			
AK	Vit B1		∑ Tunas	P Daun (cm)	Tinggi (cm)	D Akar (cm)
Dengan AK	0 ml.L ⁻¹	A	1,1	0,6	0,90	0,103
	0,25 ml.L ⁻¹	B	1,1	0,7	0,77	0,095
	0,5 ml.L ⁻¹	C	1,6	1,1	1,07	0,110
	1 ml.L ⁻¹	D	1,2	0,9	0,74	0,112
Tanpa AK	0 ml.L ⁻¹	E	1,2	0,7	0,82	0,095
	0,25 ml.L ⁻¹	F	1,5	0,8	0,83	0,103
	0,5 ml.L ⁻¹	G	1,2	0,9	0,99	0,110
	1 ml.L ⁻¹	H	1,0	0,8	0,98	0,108

Keterangan: AK = air kelapa, ∑ = jumlah, P = panjang, D = diameter

ZPT eksogen yang ditambahkan ke dalam media melainkan juga dipengaruhi oleh ZPT endogen yang terdapat pada eksplan. Penambahan air kelapa ke dalam media dapat menyebabkan perubahan rasio ZPT eksogen dan endogen dalam kultur *in vitro*. Kemungkinan yang terjadi pada penelitian ini, ZPT endogen yang terdapat pada anggrek *D. nobile* dan ZPT eksogen yang berasal dari air kelapa tidak berada dalam kadar yang tepat dan sesuai sehingga tidak mampu meningkatkan pertumbuhan tunas dan panjang daun anggrek *D. nobile* secara signifikan. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Rodziah, Ahmad, Rokiah, dan Hafzah (2010) yang menyatakan bahwa pemberian auksin eksogen dalam jumlah yang tidak berimbang dengan kandungan auksin endogen akan menghambat pembentukan tunas.

Pertambahan panjang daun terjadi akibat adanya pembelahan sel-sel meristimatis pada daun. Meningkatnya jumlah sel daun akan meningkatkan jumlah kloroplas yang ada pada jaringan daun. Dengan meningkatnya jumlah kloroplas pada daun maka ketersediaan klorofil juga akan meningkat. Kandungan klorofil yang tinggi dapat meningkatkan proses fotosintesis sehingga fotosintat yang dihasilkan akan meningkat. Noggle dan Frits (1983) menjelaskan bahwa fotosintat yang tinggi akan menyebabkan pembesaran sel yang akan berakibat pada

peningkatan tinggi tanaman, luas daun, jumlah akar, dan diameter batang.

Pertumbuhan tinggi tanaman dapat terjadi karena adanya pembelahan sel dan pemanjangan sel-sel pada batang tanaman sehingga batang semakin memanjang. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Gardner, Pearce, dan Mitchell (1985) bahwa pemanjangan batang terjadi karena adanya proses pembelahan, pemanjangan dan pembesaran sel-sel baru yang terjadi pada maristem ujung batang yang mengakibatkan tanaman bertambah tinggi.

Anggrek *D. nobile* pada media kultur (dengan atau tanpa penambahan air kelapa) memiliki ukuran diameter akar yang hampir sama. Rata-rata diameter akar anggrek *D. nobile* berkisar antara 0,095 cm sampai 0,112 cm. Pembentukan akar dapat terjadi karena adanya pembelahan sel yang dirangsang oleh hormon auksin endogen yang terdapat pada tanaman anggrek *D. nobile*. Davies (1995) menyatakan bahwa auksin sangat diperlukan dalam pembentukan akar yakni memacu terjadinya pembelahan sel. Gaba (2005) menjelaskan bahwa auksin endogen berperan dalam proses pembelahan sel. Akar terbentuk karena adanya metabolisme cadangan nutrisi berupa karbohidrat yang menghasilkan energi yang selanjutnya mendorong pembelahan sel dan membentuk sel-sel baru dalam jaringan (Kastono, Sawitri, & Siswandono, 2005).

Hasil pertumbuhan tanaman anggrek *D. nobile* secara keseluruhan menunjukkan bahwa penambahan vitamin B1 pada konsentrasi 0,5 ml.L⁻¹ ke dalam media kultur (yang ditambah air kelapa atau tidak ditambah air kelapa) cenderung menghasilkan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan pemberian vitamin B1 pada konsentrasi yang lain. Penambahan vitamin B1 pada konsentrasi 1 ml.L⁻¹ cenderung menghasilkan pertumbuhan yang tidak lebih baik dari konsentrasi 0,5 ml.L⁻¹ (Tabel 9). Hal ini kemungkinan terjadi karena vitamin B1 0,5 ml.L⁻¹ menyebabkan aktivitas respirasi pada jaringan tanaman anggrek *D. nobile* berlangsung optimal, sedangkan penambahan vitamin B1 dalam konsentrasi yang lebih tinggi dari 0,5 ml.L⁻¹ (dalam hal ini 1 ml.L⁻¹) diduga akan

menyebabkan terakumulasinya vitamin B1 karena melebihi kebutuhan jaringan sehingga proses metabolisme sel kurang maksimal dan pada akhirnya pertumbuhan dan perkembangan organ tanaman menjadi kurang optimal.

Bertambahnya ukuran organ tanaman terjadi karena adanya pembelahan sel sehingga jumlah sel tanaman semakin bertambah yang diikuti dengan pembesaran ukuran sel. Laju pembelahan sel yang terjadi pada jaringan dipengaruhi oleh persediaan bahan makanan, seperti vitamin (Setyati, 1993). Pemberian vitamin B1 pada media kultur menyebabkan aktivitas respirasi dalam jaringan tanaman dapat berjalan secara optimal.

Vitamin B1 atau tiamin akan berperan dalam proses respirasi seluler. Salisbury dan

Tabel 9
Pertumbuhan Total Tanaman Anggrek *D. nobile* dalam Media Kultur *in Vitro* Berbasis Pupuk dengan Penambahan Air Kelapa dan Vitamin B1

No.	Penambahan Vitamin B1 (ml.L ⁻¹)	Parameter yang diamati									Total √
		∑ Daun	p Daun	∑ Akar	p Akar	d Akar	∑ Tunas	Tinggi	d Batang	Berat Basah	
Media Gandasil dengan air kelapa											
1.	0								√		1
2.	0,25										0
3.	0,5	√	√	√	√		√	√		√	7
4.	1					√					1
Media Gandasil tanpa air kelapa											
5.	0										0
6.	0,25						√		√		2
7.	0,5	√	√		√	√		√			5
8.	1			√						√	2

Keterangan: √ = memiliki nilai rata-rata pertumbuhan yang paling tinggi, ∑ = jumlah, p = panjang, d = diameter

Ross (1995) secara umum menerangkan bahwa proses respirasi seluler terjadi sebagai berikut:



Respirasi merupakan proses katabolisme yang merombak gula dan bahan organik lainnya menjadi karbondioksida, air, dan energi. Dalam hal ini, vitamin B1 berfungsi sebagai koenzim sehingga proses respirasi tersebut dapat berjalan optimal.

Vitamin B1 berperan sebagai koenzim dalam reaksi-reaksi yang menghasilkan energi dari karbohidrat (Winarno, 1997). Valevski (2010) menjelaskan bahwa enzim-enzim tersebut di antaranya yaitu piruvat dehidrogenase mitokondria, α -ketoglutarate dehidrogenase kompleks, dan transketolase sitosolik. Enzim piruvat dehidrogenase kompleks merupakan enzim yang berperan mengkatalisis dekarboksilasi oksidatif yaitu pengubahan piruvat menjadi asetil Ko-A (asetil koenzim A), yang kemudian masuk ke dalam siklus Krebs. Enzim α -ketoglutarate dehidrogenase berperan dalam rangkaian siklus kreb yaitu berfungsi mengkatalisis dekarboksilasi oksidatif dari α -ketoglutarat menjadi suksinil-KoA (suksinil koenzim A). Enzim transketolase sitosolik berperan sebagai jalur pentosa fosfat yang merupakan suatu jalur alternatif untuk oksidasi glukosa. Dengan adanya enzim-enzim tersebut yang didukung dengan tiamin

pirofosfat (bentuk aktif vitamin B1) maka laju pemecahan karbohidrat akan semakin cepat dan memungkinkan dihasilkannya energi (ATP) yang semakin banyak. Energi dalam bentuk ATP dari proses katabolisme karbohidrat akan digunakan oleh tanaman untuk mensintesis senyawa esensial (seperti protein, karbohidrat, dan lemak) (Barker, 1999). Senyawa-senyawa tersebut kemudian akan digunakan oleh tanaman untuk proses pembelahan sel, pemanjangan dan perbesaran sel-sel baru sehingga tanaman tanaman dapat mengalami pertumbuhan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penambahan air kelapa memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan diameter batang dan berat basah tanaman anggrek *D. nobile*, sementara itu penambahan vitamin B1 memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan jumlah daun, jumlah akar, dan panjang akar anggrek *D. nobile*. Konsentrasi vitamin B1 yang optimum untuk pertumbuhan anggrek *D. nobile* pada media kultur in vitro berbasis pupuk adalah 0,5 ml.L⁻¹ baik pada media yang mengandung maupun tidak mengandung air kelapa.

DAFTAR PUSTAKA

Adisarwanto, T., Irawati, Handoyo, F., Novianto, D.P., Santoso, D. S., Mintarto, R.T., Rahayu, N., Watiningsih, Sutiwi

- W., Sipayung, L., Erawati, N., Hernita, P.P., Wibowo, A. Y., Yuniardi, O. & Suwarno, E. (2012). *Anggrek spesies Indonesia*. Jakarta: Kementrian Pertanian Republik Indonesia.
- Andalasar, T. D., Yafisham, Y., & Nuraini. (2014). Respon pertumbuhan anggrek *Dendrobium* terhadap jenis media tanam dan pupuk daun. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 14(1), 76-82.
- Arditti, J., & Ernst, R. (1993). *Micropropagation of orchids*. Canada: John Wiley.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. (2007). *Inovasi teknologi pertanian*. Jakarta: Kementrian Pertanian.
- Barker, W.G. (1999). A system of maksimum multiplication of the banana plant. *Trop. Agric*, 36(4), 275-278.
- Campbell, N. A., Reece, J. B., & Mitchell, L. G. (2003). *Biologi*. Jilid 2 (Edisi 5). Jakarta: Erlangga.
- Campbell, N. A., & Reece, J. B. (2012). *Biologi*. Jilid 2 (Edisi 8). Jakarta: Erlangga.
- Hendaryono, D. P. S., & Wijayani, A. (1994). *Teknik dasar kultur jaringan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Davies, P. J. (1995). *Plant hormones: Physiology, biochemistry and molecular biology*. London: Kluwer Academic Publishers.
- Gaba, V. P. (2005). Plant growth regulators in plant tissue culture and development. *Plant development and biotechnology*, 87-99.
- Gardner, F. P., Pearce, R. B., & Mitchell, R. L. (1985). *Physiology of crop plants*. Ames: The Iowa State University Press.
- Gardner, F.P., Pearce, R.B. & R.L. Mitchell. (1991). *Fisiologi tanaman budidaya*. (Terj.: H. Susilo). Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Garuda, S. R., Murniati, D., & Haring, F. (2015). Pengaruh berbagai senyawa organik kompleks terhadap planlet anggrek *Dendrobium*. *Agros*, 17(1), 121-131.
- Irwanto. (2003). *Biologi*. (Terj.: Wasmen Manalu). Jakarta: Erlangga.
- Iswanto, H. (2002). *Petunjuk perawatan anggrek*. Jakarta: Agro Media Pustaka.
- Kastono, D., Sawitri, H., & Siswandono. (2005). Pengaruh nomor ruas stek dan dosis pupuk urea terhadap pertumbuhan dan hasil kumis kucing. *Jurnal Ilmu Pertanian*, 12(1), 56-64.
- Kristina, N. N., & Syahid, F. S. (2012). Pengaruh air kelapa terhadap multiplikasi tunas in vitro, produksi rimpang, dan kandungan xanthorrhizol temulawak di lapangan. *Jurnal Litri*, 18(3), 125-134.
- Lyndon, R. F. (1998). *The shoot apical meristem: Its growth and development*. New York: Cambridge University Press.
- Noggle, G. R., & Fritz, G. J. (1983). *Introductory plant physiology*. Engle-wood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall. Inc.
- Rianawati, S. (2017). Ragam anggrek *Dendrobium* Indonesia yang berpotensi sebagai induk persilangan komersial. *Iptek Hortikultura*, 13, 27-32.
- Rodziah, K., Ahmad, L. L., Rokiah, Z., & Hafzah, J. (2010). Basal media for in vitro Germination of red purple dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). *J. Agrobiotech*, 1(2010), 87-93.
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1995). *Fisiologi tumbuhan*. Jilid 3. (Terj.: Diah R. L. & Sumaryono). Bandung: Penerbit ITB.
- Setyati, S. (1993). *Pengantar agronom*. Jakarta: Gramedia.
- Sudjana. (1982). *Desain dan analisis eksperimen*. Bandung: Tarsito.
- Tuhuteru, S., Hehanussa, M. L., & Raharjo, S. H. T. (2012). Pertumbuhan dan perkembangan anggrek *Dendrobium anosmum* pada media kultur in vitro dengan beberapa konsentrasi air kelapa. *Jurnal Agrologia*, 1(1), 1-12.
- Valevski, A. F. (2010). Thiamine (Vitamin B1). *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*, 16(1), 12-20.
- Wattimena, G. A. (1988). *Bioteknologi tanaman I*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

- Widiastoety, D., & Kartikaningrum, S. (2003). Pemanfaatan ekstrak ragi dalam kultur in vitro plantlet media anggrek. *Jurnal Hortikultura, 13*(2), 82-86.
- Widiastoety, D., Solvia, N., & Kartikaningrum, S. (2009). Pengaruh tiamin terhadap pertumbuhan plantlet anggrek oncidium secara in vitro. *Jurnal Hortikultura, 19*(1), 35-39.
- Widiastoety, D., Solvia, N., & Soedarjo, M. (2010). Potensi anggrek dendrobium dalam meningkatkan variasi dan kualitas anggrek bunga potong. *Jurnal Litbang Pertanian, 29*(3), 101-106.
- Winarno, F. G. (1997). *Kimia pangan dan gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

ANALISIS KESERAGAMAN PENDINGINAN PRODUK PLASTIK INJEKSI *MOLDING* DENGAN VARIASI SISTEM PENDINGIN***(SIMULTANEOUS COOLING ANALYSIS OF INJECTION MOLDING PLASTIC PRODUCTS WITH COOLING SYSTEM VARIATIONS)*****Angger Bagus Prasetyo¹, Fauzun², Azhim Azyratul Azmi³, Rizqi Ilmal Yaqin⁴, dan Sigit Haryo Pranoto⁵**¹Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Yogyakarta²Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada³Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta⁴Program Studi Permesinan Kapal Politeknik Kelautan dan Perikanan Dumai⁵Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur

Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281

email: anggerbprasetyo@gmail.com**Abstrak**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk dapat menganalisis keseragaman pendinginan produk plastik injeksi molding dengan variasi sistem pendingin menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Variasi sistem pendinginan ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh sistem pendingin terhadap keseragaman pendinginan produk plastik. Studi kasus pada penelitian ini menggunakan produk tempat teh *sachet*. Material produk plastik yang digunakan adalah Polypropylene yang dipanaskan dengan suhu 490°K. Pembuatan *Computer-Aided Design (CAD)* produk dilengkapi dengan sistem pendingin pada masing-masing variasi. Desain gambar *mold* disederhanakan menjadi bagian *cavity* dan *core* dengan menggunakan *Software Solidwork 2015*. Fluida pendingin menggunakan air dan *mold*-nya menggunakan material *steel*. *Boundary condition* pada produk plastik menggunakan *pressure inlet*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan metode CFD variasi sistem pendinginan yang diusulkan mampu menganalisis keseragaman pendinginan produk plastik injeksi *molding*. Penggunaan *conformal cooling channel system* dengan menggunakan metode CFD menghasilkan penurunan temperatur yang lebih seragam dibandingkan dengan penurunan temperatur pada *straight cooling channel*. Pada penelitian ini, variasi pendingin *conformal cooling channel* lebih baik dibandingkan dengan *straight cooling channel*.

Kata kunci: *sistem pendinginan, injeksi molding, Computational Fluid Dynamics***Abstract**

This study was aimed at analyzing the simultaneous cooling process of injection molding plastic products with a variety of cooling systems using the Computational Fluid Dynamics (CFD) method. This cooling system variation was intended to determine the effect of the cooling system on simultaneous cooling process of plastic products. This case study used a tea *sachet* product. The plastic product material used was Polypropylene. It heated at a temperature of 490 ° K. The manufacture of Computer-Aided Design (CAD) products was equipped with a cooling system in each variation. The mold drawing design was simplified into cavity and core parts by using Solidwork 2015 Software. Water was used as the cooling fluid while steel material was used as the mold. A pressure inlet was used as a boundary conditions for the plastic products. The simulation results show that the used of CFD method in cooling system is able to analyze the simultaneous cooling of injection molding plastic products. The use of conformal cooling channel system using CFD method produces more simultaneous temperature drop compared to the straight cooling channel. In this study, conformal cooling channel variation is better than straight cooling channel.

Keywords: *cooling channel, injection molding, VOF*

PENDAHULUAN

Pada saat ini, banyak sekali produk-produk berbahan plastik yang beredar di kalangan masyarakat kecil sampai menengah keatas. Hal ini menunjukkan kebutuhan bahan plastik yang sangat besar sehingga membuka peluang bisnis para pengusaha plastik untuk berlomba-lomba membuat berbagai macam produk berbahan plastik. Bahan plastik mempunyai sifat mudah dibentuk, ringan, dan murah. Pengolahan material plastik yang sering kita jumpai dalam dunia industri plastik salah satunya dengan metode injeksi *molding*. Proses pendinginan ini memakan porsi besar dalam siklus produksi sehingga menimbulkan biaya yang tinggi produksi.

Proses injeksi *molding* merupakan proses multifungsi untuk mendapatkan berbagai ukuran dan kompleksitas bentuk produk yang terbuat dari bahan termoplastik dengan temperatur dan tekanan yang tinggi (Zheng, Taner, & Fan, 2011). Proses injeksi *molding* melibatkan proses mekanik dan *thermal* sehingga setiap prosesnya akan berpengaruh terhadap produk yang dihasilkan. Kegagalan atau cacat produk diakibatkan terjadinya proses yang kurang sempurna. Cacat produk meliputi cacat penyusutan (*shrinkage*), *warpage*, *weld-line*, *sink-maks*, dan *residual stress*.

Teknologi yang berkembang dengan pesat dapat mensimulasikan suatu model

desain untuk mencari kegagalan yang terjadi. *Finite element analysis* merupakan salah satu solusi desainer untuk mengetahui umur kelelahan suatu model dan daerah rawan kegagalan pada suatu model (Yaqin, Prasetyo, Pristiyanasyah, Amrullah, & Pakpahan, 2020). Parameter yang mempengaruhi hasil injeksi di antaranya *holding time*, *inject time*, waktu pendinginan, temperatur *molding*, dan lain-lain. Apabila salah satu parameter proses injeksi tersebut diabaikan akan timbul cacat *shrinkage* pada benda hasil cetakan (Santoso, 2014).

Hsu, Wang, Huang, dan Chang (2013) menganalisis cetakan dengan geometri yang tidak beraturan dapat menciptakan panas baru dan cacat produk sehingga mereka menggunakan teknik simulasi 3D untuk memprediksi waktu pendinginan dan membandingkan hasil cetakannya. Penelitian Dang dan Park (2010) mengadopsi algoritma untuk menghitung distribusi suhu dan menyajikan saluran konformal untuk mendapatkan pendinginan yang seragam di seluruh permukaan. Selain itu, mereka memberikan wawasan pengetahuan bahwa penggunaan saluran konformal mampu memberikan pendinginan yang seragam dan dapat mengurangi waktu siklus untuk proses injeksi *molding*. Mereka mendesain bentuk saluran U untuk mendapatkan konfigurasi yang optimal saluran konformal (Dang & Park, 2011). *Cycle time* pada proses injeksi

molding sangat mempengaruhi terhadap kecepatan proses produksi dan kualitas produk yang dihasilkan, sedangkan waktu siklus dapat dikurangi dengan memangkas waktu pendinginan dari pendistribusian suhu yang seragam sehingga membantu pembuangan panas dengan cepat (Khan, Ahmad, & Nizar 2014).

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keseragaman pendinginan produk plastik injeksi *molding* dengan variasi sistem pendingin menggunakan metode CFD.

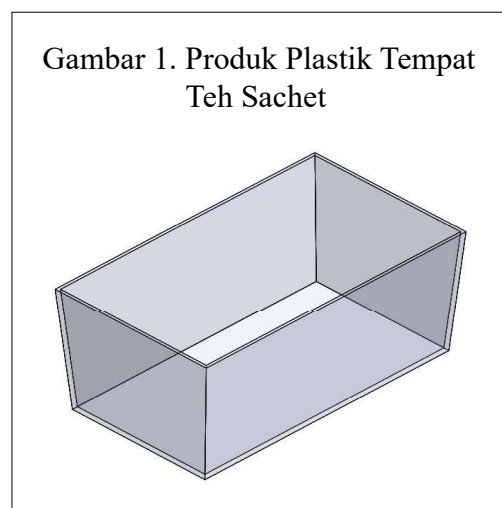
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis keseragaman pendinginan produk plastik injeksi *molding* dengan variasi sistem pendingin menggunakan metode CFD. Variasi sistem pendinginan ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh sistem pendingin terhadap keseragaman pendinginan produk plastik. Studi kasus pada penelitian ini menggunakan produk tempat teh *sachet* dengan dimensi 166 mm x 66 mm x 71 mm, dengan ketebalan produk sebesar 1 mm seperti yang terlihat pada Gambar 1.

Banyak berbagai macam material plastik yang digunakan dalam membuat produk plastik. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah *polypropylene*. Material pendinginnya adalah air sebagaimana yang tercantum pada Tabel 1 dan 2 (Callister, 2007).

Pembuatan desain *CAD* produk dilengkapi dengan sistem pendingin pada masing-masing variasi. Desain gambar *mold* disederhanakan menjadi bagian *cavity* dan *core*. Hal ini dilakukan untuk mempermudah pada saat proses pembagian domain (*meshing*).

Jahan dan El-Mounayri (2016) memperkenalkan sebuah metode cara mendesain saluran pendinginan konformal pada



Tabel 1

Data Material Polypropylene

No	Sifat Fisik	Nilai	Simbol
1	Temperatur leleh (°K)	409	T_{leleh}
2	Kalor Spesifik (kJ/kg. K)	1881	Cp
3	Massa Jenis (g/cm ³)	0,92	ρ
4	Konduktivitas <i>Thermal</i> (W/k.m)	0,17	k

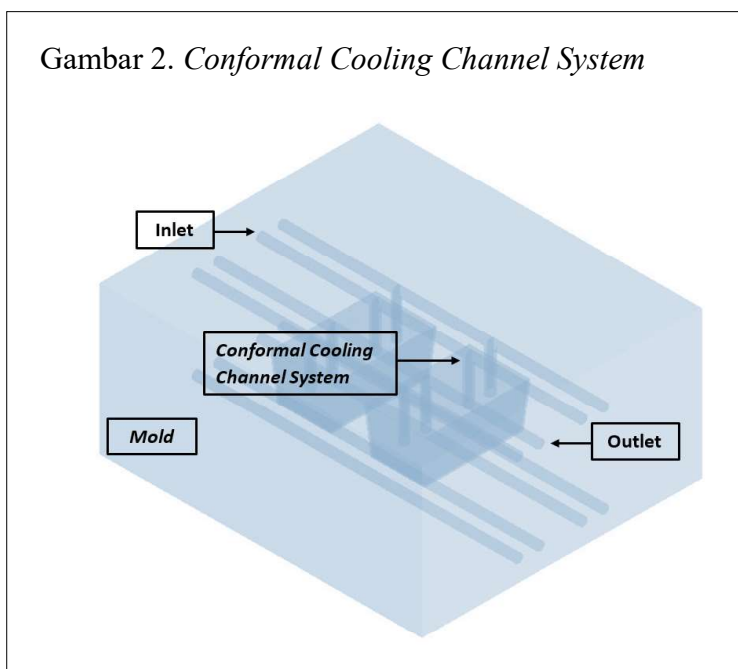
Tabel 2
Data Air Pendingin

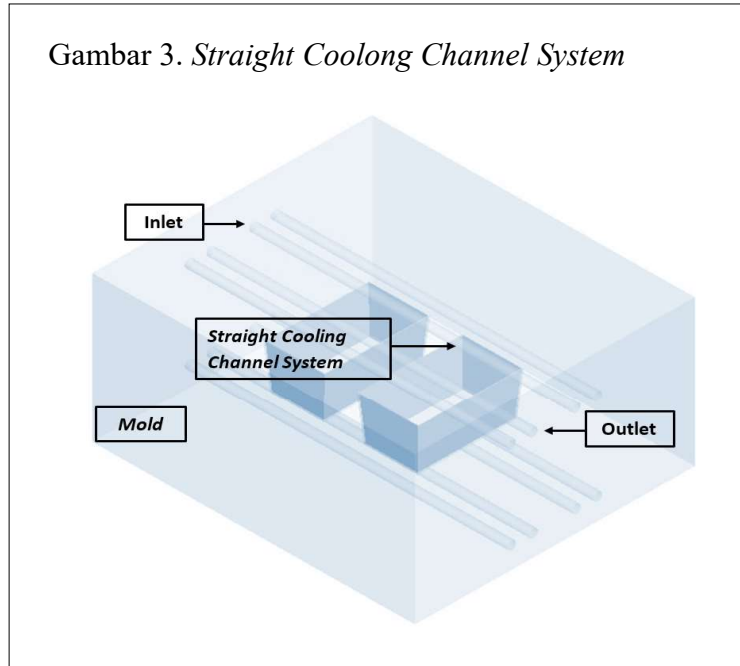
No	Sifat Fisik	Nilai	Simbol
1	Kalor Spesifik (kJ/kg. K)	4,1794	Cp
2	Massa Jenis (kg/m ³)	995,82	ρ
3	Konduktivitas <i>Thermal</i> (W/k.m)	0,617	K
4	Viskositas (kg/m. s)	0,001004	ν

sistem pendinginan dengan menggunakan pendekatan diagram skematik *cavity* dengan konfigurasi saluran pendingin *conformal*. Hasil penelitiannya diharapkan memberikan panduan efektif bagi perancang cetakan untuk memilih saluran pendingin konformal yang optimal. Pembuatan bagian *core* dan *cavity* menggunakan *Software Solidwork 2015* ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3.

Pemilihan penggunaan pendinginan pada *mold* juga berpengaruh terhadap temperatur *mold* . Penelitian Ramadhan,

Diniardi, dan Daroji (2017) menemukan bahwa di antara pendingin *cooling tower*, udara, dan air yang paling baik dalam mendinginkan produk yakni adalah air. Hal tersebut dijelaskan bahwa pendingin *cooling tower* dan udara dapat mengakibatkan temperatur *mold* tidak konstan sehingga penyebaran panas pada *mold* tidak merata dan akan berdampak terhadap penyusutan produk atau *shrinkage*. Beberapa faktor yang berpengaruh ketika mendesain sebuah sistem pendinginan pada *mold* injeksi adalah





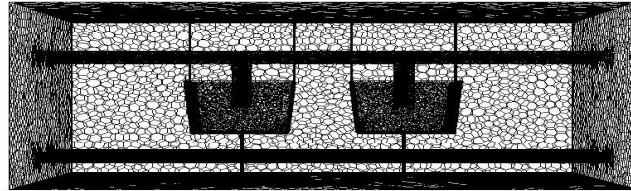
diameter saluran pendingin, jarak dinding cetakan dengan pusat saluran pendingin, dan jarak antarsaluran pendingin (Park & Dang, 2012).

Setelah proses pembuatan desain, dilakukan proses pembentukan *mesh*. *Meshing* merupakan proses pembagian *domain* komputasi menjadi bagian-bagian kecil. Salah satu penentu proses dan hasil akhir dari sebuah simulasi *CFD* terletak pada bentuk dan ukuran *mesh*-nya. Pemilihan *mesh* sangat berpengaruh terhadap konvergensi dan keakuratan. Penggunaan *mesh polyhedral* memiliki keuntungan mampu mengurangi waktu perhitungan (*iteration*), gradien, cepat konvergen, dan stabilitas numerik yang lebih baik daripada menggunakan *mesh tetrahedral* (Sosnowski, Krzywanski, & Gnatowska, 2016; Prasetyo, Fauzun, Azhim, Pamuji, &

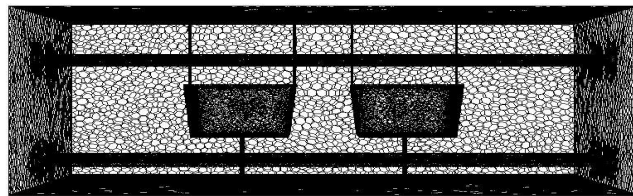
Yaqin, 2018). Pada penelitian ini digunakan *polyhedral meshing* seperti Gambar 4 dan 5.

Pada tahapan *setting* parameter, semua parameter dimasukkan untuk mendukung proses perhitungan simulasi. Pada tahapan *general setup* dilakukan penyekalan *mesh*, tipe *solver*-nya *pressure based* dan *time solver*-nya *steady state*. Model yang digunakan adalah metode *volume of fluid* karena akan mensimulasikan pola aliran fluida, selanjutnya mengaktifkan model *energy*. Hal ini dipilih untuk mengetahui energi panas yang disebarkan plastik cair yang masuk dalam *mold*. Pada *viscous* dengan *k-epsilon* sebagai model *turbulent*. Pemilihan model tersebut karena dalam saluran pendingin akan terjadi yang turbulensi aliran dalam saluran pendingin maupun dalam cetakan plastiknya.

Gambar 4. *Meshing pada Conformal Cooling Channel System*



Gambar 5. *Meshing pada Straight Cooling Channel System*



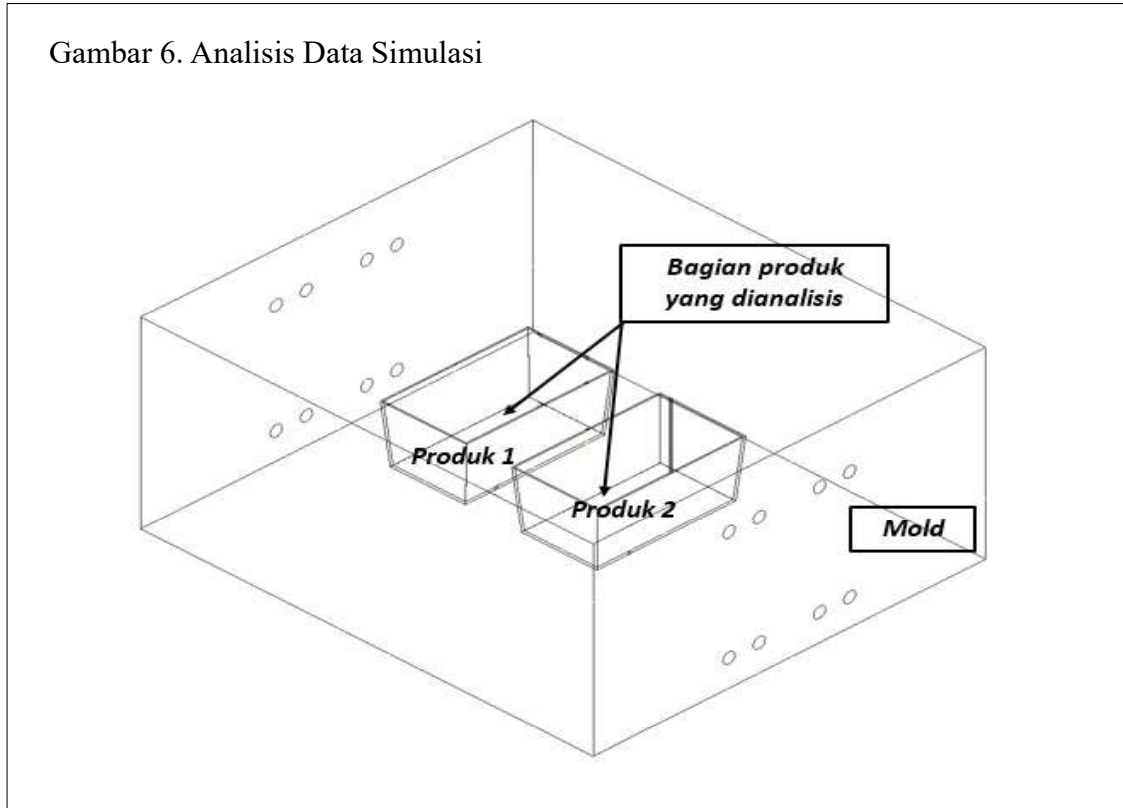
Material produk plastik yang digunakan adalah *Polypropylene* yang dipanaskan dengan suhu 490°K . Fluida pendingin menggunakan air dan *modal*-nya menggunakan material *steel*. *Boundary condition* pada produk plastik menggunakan *pressure inlet*. Pada *inlet* plastik sebesar 930700 pascal searah dengan sumbu *y* lalu pada bagian *thermal* pada *pressure inlet* plastik diberikan suhu sekitar 490°K . Parameter *outlet* menggunakan *pressure outlet* dengan *operating condition* sebesar 101325 pascal . Pada sistem pendingin menggunakan parameter *pressure inlet*. *Pressure inlet* pada *inlet* plastik sebesar 800.000 pascal searah

dengan sumbu *y* lalu pada bagian *thermal* pada *pressure inlet* plastik diberikan suhu sekitar 29°C .

Data dianalisis menggunakan *software CFD-Post*. Pengambilan data analisis keseragaman penurunan produk setiap variasi *cooling channel system* pada penelitian ini, berupa kontur pada masing-masing bagian produk kotak *sachet* seperti yang terlihat pada Gambar 6.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis yang digunakan menggunakan metode CFD pada bagian produk plastik teh *sachet* diperoleh beberapa hasil yang



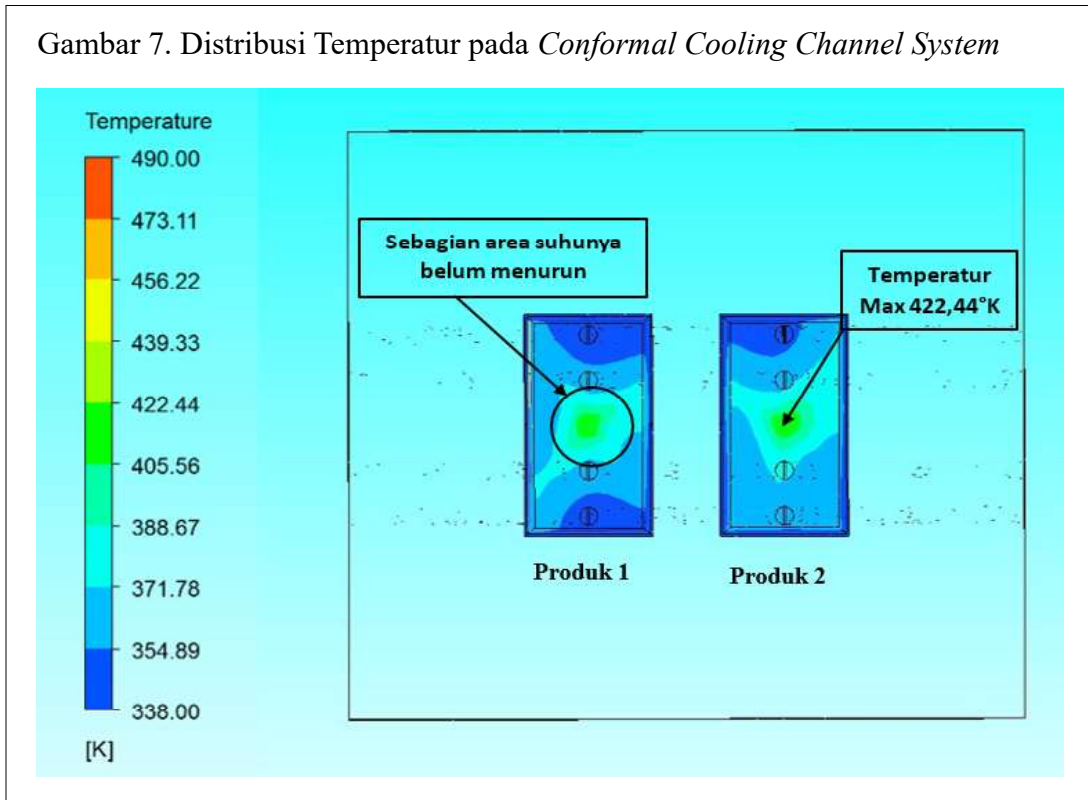
didapatkan. Sasaran penelitian ini yaitu keseragaman pendinginan pada produk plastik pada saat mencapai temperatur ejsksi. Secara teoritis keseragaman pendinginan produk mempresentasikan efektif dan tidaknya suatu sistem pendinginan pada injeksi *molding*, hal ini akan menyebabkan siklus waktu yang terjadi pada mesin injeksi *molding*. Hasil dari simulasi pemodelan *heat transfer* produk plastik masing-masing variasi dapat ditunjukkan pada Gambar 7 dan 8.

Heat transfer hasil simulasi pada variasi *conformal cooling channel system* produk plastik tempat teh *sachet* didapatkan nilai temperatur maksimum pada daerah tengah dari produk plastik dengan nilai 422,44°K

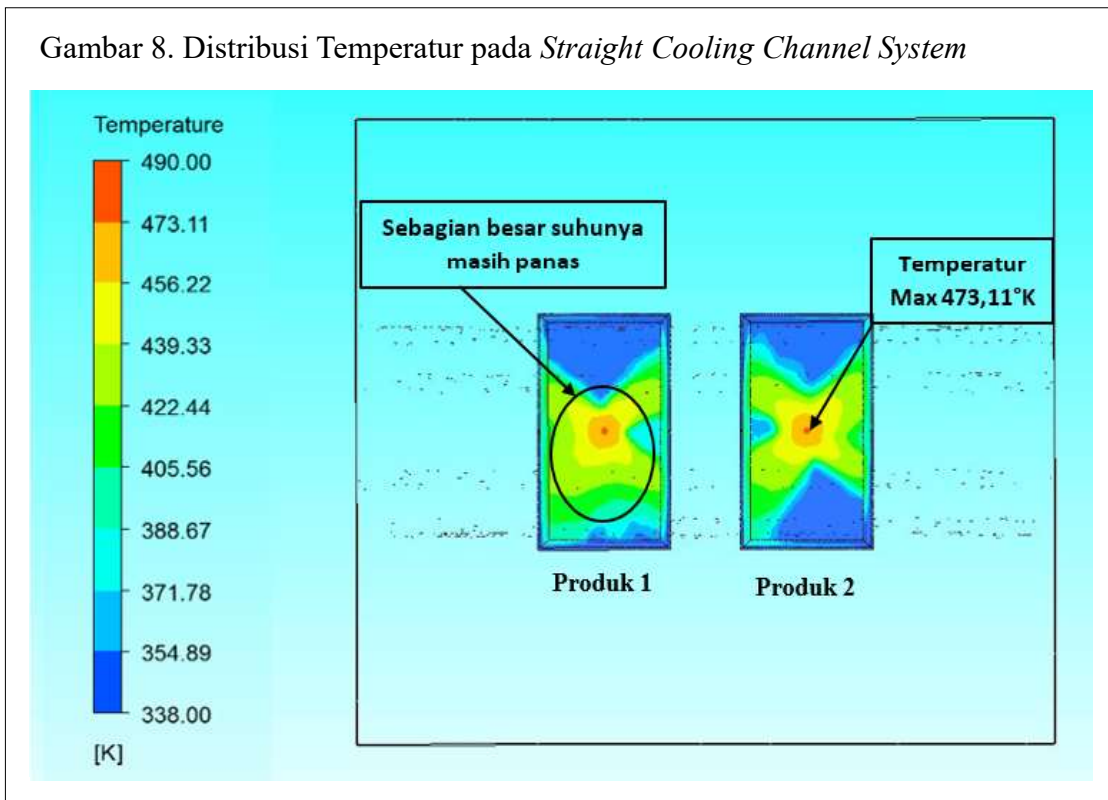
sedangkan temperatur terendah terletak pada bagian sisi-sisi produk sebesar 338,00°K. sedangkan nilai temperatur maksimum pada variasi *straight cooling channel system* sebesar 473,11°K sedangkan temperatur terendah sebesar 338,00°K.

Gambar 7 dan 8 menunjukkan adanya perbedaan kontur distribusi dari *heat transfer* pada setiap variasi *cooling system*. Keseragaman pendinginan produk terbentuk dari desain sistem pendinginan yang menyeluruh. Hal tersebut didukung dengan degradasi warna. Kontur warna biru menunjukkan nilai terendah atau minimum dan warna merah menunjukkan nilai tertinggi atau maksimum (Yaqin *et. al.*,

Gambar 7. Distribusi Temperatur pada *Conformal Cooling Channel System*



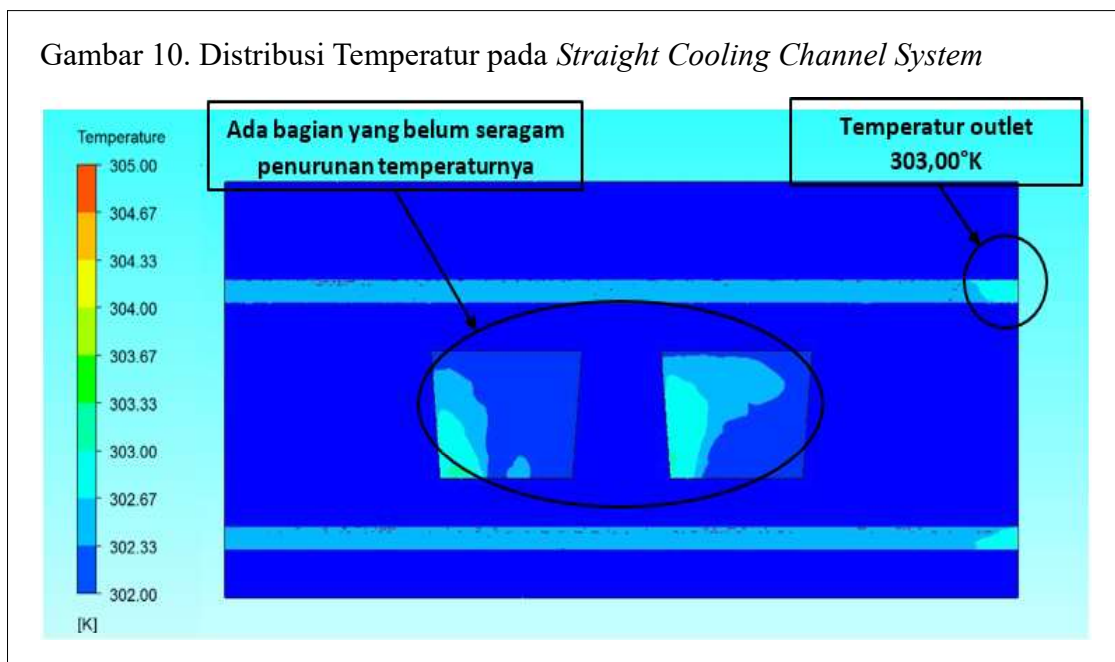
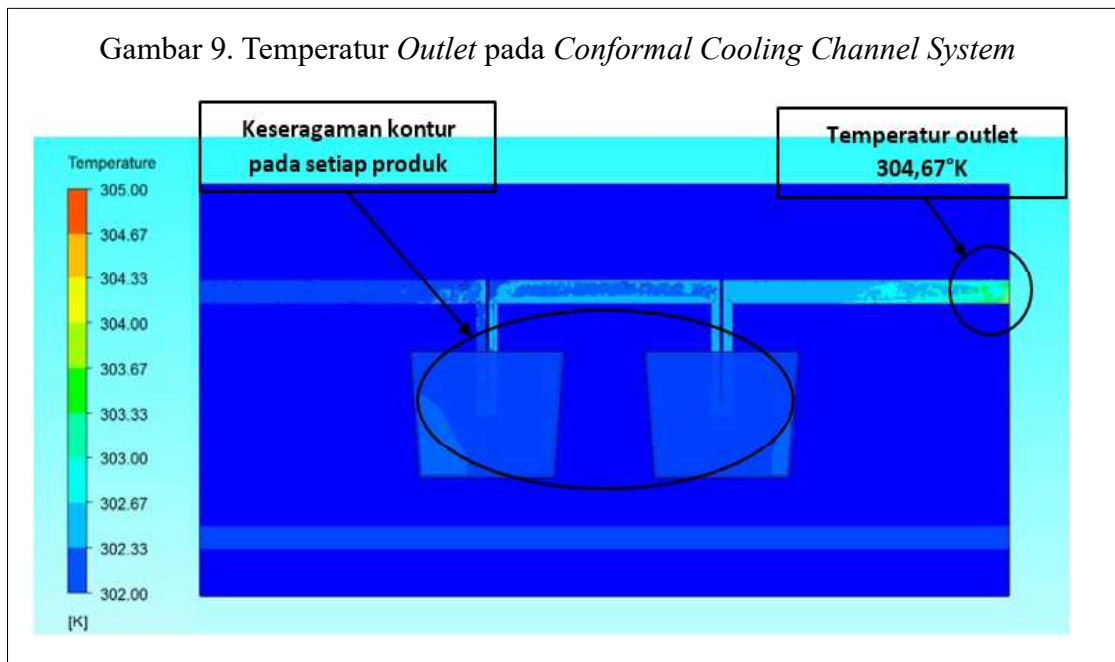
Gambar 8. Distribusi Temperatur pada *Straight Cooling Channel System*



2020). Pengaruh keseragaman produk yang terjadi disebabkan adanya perbedaan bentuk desain sistem pendinginan yang berbeda. Hal tersebut dibuktikan dengan adanya perbedaan warna kontur temperatur pada bagian *outlet* pada masing-masing variasi

sistem pendinginan seperti yang terlihat pada Gambar 9 dan 10.

Penyerapan panas tertinggi bagian *outlet* pada *conformal cooling channel system* sebesar $304,67^{\circ}\text{K}$, hal ini dikarenakan bentuk saluran pendinginan yang mengarah ke



produk sehingga panasnya diserap baik oleh sistem pendinginan, sedangkan penyerapan panas tertinggi bagian *outlet* pada *straight cooling channel system* sebesar 303,00°K, hal ini disebabkan bentuk saluran pendingin yang tidak mengarah ke produk sehingga panas tidak diserap secara langsung.

SIMPULAN

Pada penelitian ini, menganalisis penggunaan variasi sistem pendingin konformal dan sistem pendingin lurus pada analisis pendingin injeksi *molding*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan metode CFD variasi sistem pendinginan yang diusulkan mampu menganalisis keseragaman pendinginan produk plastik injeksi *molding*. Hal tersebut dibuktikan dengan adanya perbedaan kontur hasil di setiap variasi sistem pendinginan. Penggunaan *conformal cooling channel system* pada simulasi menggunakan metode CFD hasilnya lebih seragam penurunan temperatur pada setiap produknya. Hal ini dibuktikan dengan warna kontur mengalami degradasi warna hijau muda pada seluruh sisi produknya. Nilai temperatur maksimal sebesar 422,44°K dan nilai temperatur minimal sebesar 338,00°K. Penggunaan *straight cooling channel system* hasil penurunan temperaturnya tidak seragam. Hal ini dibuktikan dengan nilai dengan warna kontur masih ada yang berwarna orange dengan nilai temperatur

maksimalnya 473,11°K. Pada penelitian ini, variasi pendingin *conformal cooling channel* lebih baik dibandingkan dengan *straight cooling channel*. Analisis keseragaman penurunan temperatur produknya pada *conformal cooling channel* lebih merata dibandingkan dengan penurunan temperatur pada *straight cooling channel*.

DAFTAR PUSTAKA

- Callister, W. D. Jr. (2007). *Materials science and engineering*. Canada: John Willy and Sons Incorporation.
- Hsu, F. H., Wang, K., Huang, C. T., Chang, R. Y. (2013). Investigation on conformal cooling system design in injection molding. *Advance in Production Engineering & Management*, 8(2), 107-115. <http://dx.doi.org/10.14743/apem2013.2.158>.
- Jahan, S. A., & El-Mounayri, H. (2016). Optimal conformal cooling channels in 3D printed dies for plastic injection molding. *Procedia Manufacturing*, 5, 888-900.
- Khan, M., Afaq, S. K., Khan, N. U., & Ahmad, S. (2014). Cycle time reduction in injection molding processes by selection of robust cooling channel design. *ISRN mechanical Engineering*. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/968484>.
- Park, H. S., & Dang, X. P. (2010). Optimization of conformal cooling channels with array of baffles for plastic injection mold. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 11(6), 879-890.
- Park, H. S., & Dang, X. P. (2011). Design of U-shape milled groove conformal cooling channels for plastic injection mold. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 12(1), 73-84.
- Park, H. S., & Dang, X. P. (2012). Design and simulation-based optimization of

- cooling channels for plastic injection mold. *New Technologies-Trends, Innovations and Research*. IntechOpen.
- Prasetyo, A. B., Azmi, A. A., Pamuji, D. S., & Yaqin, R. (2019). Pengaruh perbedaan mesh terstruktur dan mesh tidak terstruktur pada simulasi sistem pendinginan mold injeksi produk plastik. *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi XIV Tahun, 2019*, 400-406.
- Ramadhan, A. I., Dinardi, E., & Daroji, M. (2017). Analysis of plastic depreciation on injection molding process using coolant media of cooling tower and air with polypropylene material. *Jurnal Riset dan Sain Teknologi*, 1(2), 65-74.
- Santoso, S. T. (2014). *Proses produksi dan perawatan mesin injection molding*. Bekasi: Politeknik Gunakarya Indonesia.
- Sosnowski, M., Krzywanski, J., & Gnatowska, R. (2017). Polyhedral meshing as an innovative approach to computational domain discretization of a cyclone in a fluidized bed CLC unit. *E3S Web of Conferences*, 14, 01027. Doi:10.1051/e3sc0nf/20171401027
- Yaqin, R. I., Prasetyo, A. B., Pristiasyah, Amrullah, M. H., & Pakpahan, B. M. T. (2020). Studi numerik umur kelelahan (*Fatigue life*) pada propeller kapal penangkap ikan dengan kapasistas mesin 24 HP. *Jurnal Teknologi Terapan*, 6(1).
- Zheng, R., Tanner, R. I., & Fan, X.-J. (2011). *Injection molding integration of theory and modeling methods*. Springer Science & Business Media.

**ANALISIS PADA SISTEM INFORMASI AKADEMIK MAHASISWA
MENGUNAKAN METODE *SYSTEM USABILITY SCALE***

**(*THE ANALYSIS ON STUDENTS 'ACADEMIC INFORMATION SYSTEM USING
USABILITY SCALE SYSTEM*)**

Wresni Anggraini, Nofirza, Reski Mai Candra, dan Widad Ulfika Sari

Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau,
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Pekanbaru, Indonesia 28293
email: widadulfika1@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan pada Sistem Informasi Akademik Mahasiswa (SIAM), mengetahui tingkat *usability*-nya, dan memberikan rekomendasi perbaikan SIAM. Penelitian ini dilakukan di Universitas Muhammadiyah Riau mulai Februari hingga Juli 2019. Tahap awal pengumpulan data dilakukan dengan melakukan observasi langsung terhadap objek penelitian yaitu Sistem Informasi Akademik Mahasiswa (SIAM) UMRI. Sampel diambil menggunakan metode *random sampling*. Sebanyak 4.623 mahasiswa aktif pengguna SIAM Universitas Muhammadiyah Riau terpilih menjadi sampel dalam penelitian ini. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *System Usability Scale (SUS)* untuk mengetahui tingkat *usability*, mengidentifikasi permasalahan, dan memberi rekomendasi perbaikan SIAM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa SIAM sudah *acceptable* atau dapat diterima oleh penggunaannya dan memiliki skala nilai C+ dan memiliki rating *good*; dan fitur SIAM belum dirancang dengan baik; dan SIAM memiliki banyak inkonsistensi. Beberapa rekomendasi perbaikan dari beberapa pihak diharapkan dapat dijadikan sebagai rujukan bagi tim pengembang sistem dalam melakukan perbaikan *usability system* sehingga SIAM memiliki tingkat *usability* yang tinggi dan dapat mencapai kepuasan pengguna.

Kata kunci: *SIAM, sistem informasi, system usability scale, usability*

Abstract

This study was aimed at identifying the problems in the Student Academic Information System (SAIS), determining the level of usability, and providing recommendations for the improvement of SAIS. This study was conducted at Muhammadiyah Riau University from February to July 2019. The initial stage of data collection was carried out by direct observation of the research object, namely the UMRI SIAS. In determining the sample, from the random sampling, the 4,623 active students were taken a part in SAIS, Muhammadiyah University of Riau. This study was conducted using the System Usability Scale (SUS) method to determine the level of usability, identify problems, and provide recommendations for improvements to SIAS. The results show that SIAS is acceptable and feasible to its users. SIAS got C+ (good) rating scale since its functions and features are not well designed and has many inconsistencies. Some recommendations for improvement from several parties are expected to be used as a reference for the system development team in improving the usability of the system so that SIAS get a higher level of usability and can achieve user satisfaction.

Keywords: *SAIS, information systems, system usability scale, usability*

PENDAHULUAN

Teknologi informasi dan komunikasi saat ini berkembang sangat pesat di segala bidang. Salah satu contoh penggunaan teknologi informasi dan komunikasi adalah penggunaan sistem informasi pada setiap perguruan tinggi. Sistem informasi merupakan salah satu faktor yang sangat penting bagi sebuah perguruan tinggi untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas seluruh kegiatan akademik dan nonakademik sehingga dapat meningkatkan mutu perguruan tinggi tersebut.

Adanya perkembangan yang sangat pesat ini, salah satu perguruan tinggi di Indonesia yaitu Universitas Muhammadiyah Riau juga memiliki sistem informasi yang terintegrasi yang dapat mendukung proses manajemen informasi yang cepat dan *real time*. Sistem informasi akademik, kemahasiswaan sehingga proses pendaftaran mahasiswa baru, seluruhnya sudah diintegrasikan dengan sistem yang *real time* dan *online* serta dapat diakses dimana saja dan kapan saja (umri.ac.id, 2011).

Sistem informasi akademik merupakan salah satu penerapan sistem informasi di perguruan tinggi. Sistem Informasi Akademik adalah sistem yang dirancang dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan institusi pendidikan yang menginginkan layanan pendidikan yang terkomputerisasi untuk meningkatkan kinerja, kualitas pelayanan, kualitas sumber daya manusia,

dan daya saing yang dihasilkannya (Siagian & Effiyaldi, 2018).

Universitas Muhammadiyah Riau menerapkan sistem informasi akademik yang bernama Sistem Informasi Akademik Mahasiswa (SIAM). SIAM merupakan sistem informasi yang berkaitan dengan pengolahan data-data akademik dan dapat mempermudah proses kegiatan akademik mahasiswa seperti mengisi kartu rencana studi (KRS), melihat jadwal perkuliahan, melihat kartu hasil studi dan transkrip nilai, melihat data pembayaran uang kuliah, dan mencetak kartu ujian (umri.ac.id, 2011).

Tidak dapat dipungkiri bahwa sistem informasi akademik sangat mempengaruhi proses berjalannya kegiatan akademik. Kelancaran proses akademik dipengaruhi oleh kualitas sistem informasi yang dimiliki. Kualitas dan tingkat penerimaan suatu sistem tergantung pada kemudahan penggunaan sistem. Suatu sistem informasi dapat dikatakan berhasil, salah satunya jika sistem informasi tersebut dapat digunakan dengan mudah dan dapat memenuhi kebutuhan pengguna (Widiatmoko, Suyanto, & Sofyan, 2015). Tingkat *usability* menentukan sistem tersebut memiliki manfaat, dapat diterima oleh *user*, dan dapat bertahan lama dalam penggunaannya (Aelani & Falahah, 2012).

Kuesioner disebarkan kepada mahasiswa UMRI sebanyak 30 orang untuk melihat penilaian mereka terhadap fungsi-

fungsi SIAM sehingga dapat diketahui permasalahan yang ada. Rekapitulasi hasil kuesioner penilaian fungsi SIAM disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1
Rekapitulasi Kuesioner Fungsi SIAM

Responden	Fungsi SIAM							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	4	4	4	4	4	3	4	2
2	4	4	4	4	4	4	4	3
3	4	4	4	4	4	2	4	2
4	4	4	4	4	4	4	2	2
5	4	4	4	4	4	4	4	2
6	4	4	2	4	4	4	4	2
7	4	4	4	4	4	2	2	2
8	5	4	2	4	4	2	2	4
9	4	4	4	4	4	3	4	2
10	4	4	3	4	3	3	4	2
11	4	4	2	4	4	2	4	2
12	4	4	2	4	4	4	4	2
13	4	4	2	4	2	3	2	3
14	4	4	2	3	3	2	4	3
15	4	4	2	4	4	2	2	3
16	4	4	3	4	4	3	2	3
17	4	4	2	4	4	4	4	3
18	4	4	2	4	2	2	4	3
19	4	4	2	3	3	2	4	3
20	4	4	4	4	4	2	4	2
21	4	4	2	4	2	3	2	3
22	4	4	4	4	4	3	4	2
23	5	5	5	5	5	5	5	5
24	4	4	4	4	4	4	4	2
25	4	4	4	4	4	4	2	3
26	4	4	4	4	4	2	4	4
27	4	4	4	4	4	2	4	3
28	5	5	5	5	5	5	5	3
29	4	4	4	4	4	4	4	4
30	4	4	2	4	4	4	2	4

Tabel 1 menunjukkan penilaian mahasiswa terhadap fungsi SIAM yaitu: melihat informasi data mahasiswa, melihat transkrip nilai, mengisi kartu rencana studi (KRS), melihat kartu hasil studi (KHS), mencetak kartu ujian, melihat jadwal perkuliahan, melihat histori pembayaran uang kuliah, dan fitur menu bantuan. Tabel 1 menunjukkan bahwa mahasiswa masih sering mengalami kendala-kendala yang berhubungan dengan tidak berjalannya fungsi SIAM dengan baik. Berdasarkan kuesioner tersebut, dapat diketahui bahwa terdapat penilaian “tidak baik” terhadap beberapa fungsi SIAM yaitu 40% pada fungsi mengisi KRS; 10% pada fungsi mencetak kartu ujian; 36,67% pada fungsi melihat jadwal perkuliahan; 30% pada fungsi melihat histori pembayaran uang kuliah; dan 43,33% pada fitur menu bantuan.

Pada umumnya dalam pengembangan dan implementasi sebuah sistem informasi atau *software* yang dilakukan oleh banyak pihak, jarang sekali dilakukan pengujian *usability*. Kebanyakan dari sistem informasi langsung diterapkan dan digunakan tanpa pernah diteliti sejauh mana *usability* sistem tersebut menurut penggunaannya (Aelani & Falahah, 2012).

Dengan adanya pernyataan di atas yang menyertai permasalahan-permasalahan pada SIAM, diperlukan adanya pengukuran *usability* terhadap sistem tersebut untuk mengetahui keadaan sistem, evaluasi

yang paling relevan untuk mengetahui kekurangan-kekurangan pada sistem, dan mengetahui tingkat *usability* pada sistem. Mengukur *usability* berarti mengukur tingkat efektifitas, efisiensi, dan kepuasan *user*. Pengukuran *usability* dapat dilakukan dengan menggunakan metode *System Usability Scale (SUS)*.

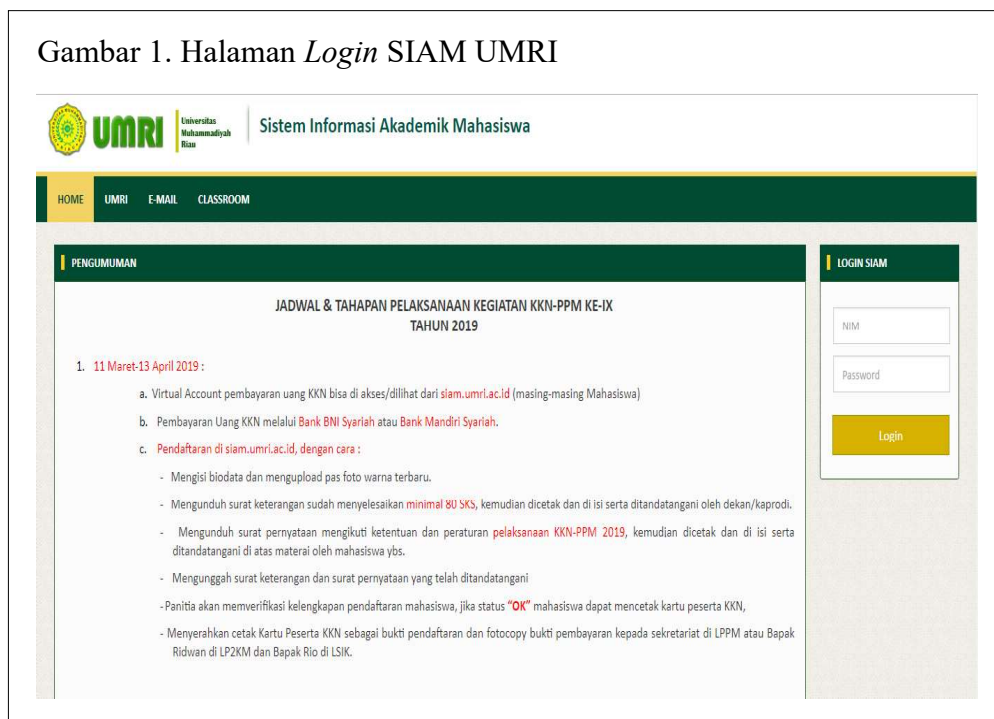
Metode SUS dikembangkan oleh John Brooke sejak 1986 sebagai sebuah pengukuran *usability* yang “*quick and dirty*” (H. N., Santoso, & Ferdiana, 2015). SUS merupakan kuesioner yang dapat digunakan untuk mengukur *usability* sistem komputer menurut sudut pandang subyektif pengguna (Brooke, 2013).

Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran *usability* terhadap SIAM Universitas Muhammadiyah Riau meng-

gunakan metode SUS dengan tujuan untuk mengetahui tingkat *usability*, mengidentifikasi permasalahan, dan memberi rekomendasi perbaikan SIAM. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai tolak ukur bagi tim pengembang dalam melakukan pengembangan SIAM sehingga SIAM dapat memberikan kepuasan terhadap seluruh *user*-nya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Universitas Muhammadiyah Riau mulai Februari hingga Juli 2019. Tahap awal pengumpulan data dilakukan dengan melakukan observasi langsung terhadap objek penelitian yaitu SIAM UMRI. Gambar 1 menunjukkan bentuk halaman depan SIAM.



Kemudian dilakukan wawancara langsung dengan seorang staf TIPD UMRI untuk memperoleh informasi lebih lanjut mengenai permasalahan yang ada pada SIAM. *Flow chart* tahapan-tahapan penelitian ini disajikan pada Gambar 2.

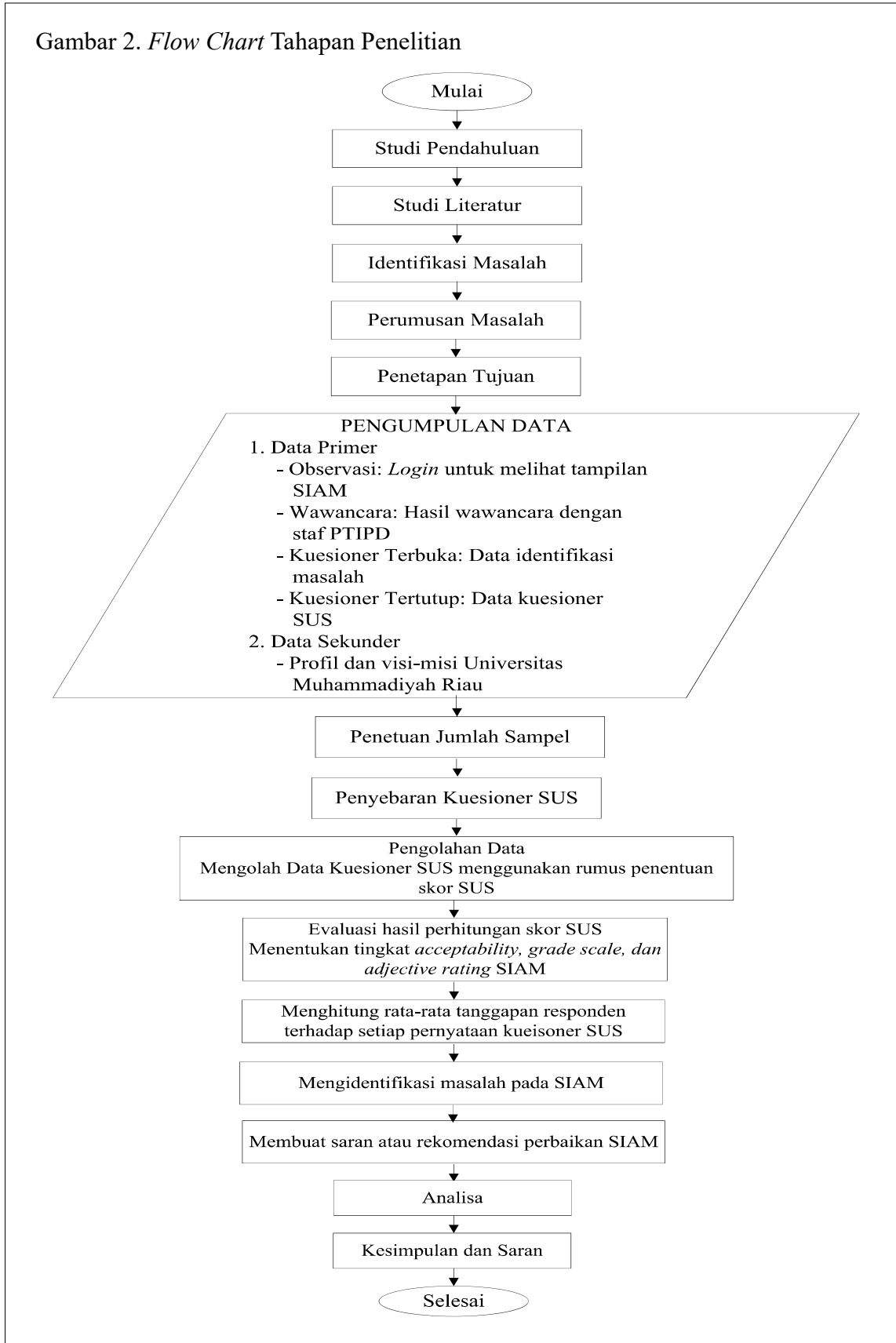
Dalam menentukan sampel, peneliti menggunakan teknik *random sampling* dimana sampel akan diambil secara acak dari seluruh populasi yang ada yaitu 4.623 mahasiswa aktif pengguna SIAM Universitas Muhammadiyah Riau. Jumlah dihitung dengan menggunakan rumus slovin dengan *error tolerance* sebesar 0,05. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh jumlah sampel sebesar 369 mahasiswa aktif Universitas Muhammadiyah Riau.

SUS diciptakan sebagai skala yang *quick and dirty* untuk memenuhi kebutuhan akan kuesioner yang singkat dan *reliable* yang dikembangkan oleh John Brooke pada tahun 1986. SUS merupakan kuesioner yang dapat digunakan untuk mengukur *usability* sistem komputer menurut sudut pandang subyektif pengguna. Skala SUS umumnya digunakan setelah responden telah memiliki kesempatan untuk menggunakan sistem yang dievaluasi, tapi sebelum pembekalan atau diskusi berlangsung. Responden harus diminta untuk mencatat tanggapan langsung mereka untuk setiap *item*, daripada berpikir tentang *item* untuk waktu yang lama (Brooke, 1996).

Kuesioner SUS terdiri dari 10 *item* pertanyaan, yaitu: saya akan sering menggunakan atau mengunjungi situs ini, saya menilai situs ini terlalu kompleks (memuat banyak hal yang tidak perlu), saya menilai situs ini mudah dijelajahi, saya membutuhkan bantuan teknis untuk menggunakan atau menjelajahi situs ini, saya menilai fungsi atau fitur yang disediakan pada situs ini dirancang dan disiapkan dengan baik, saya menilai terlalu banyak inkonsistensi pada situs ini, saya merasa kebanyakan orang akan mudah menggunakan atau menjelajahi situs ini dengan cepat, saya menilai situs ini sangat rumit untuk dijelajahi, saya merasa sangat percaya diri menjelajahi situs ini, dan saya perlu belajar banyak hal sebelum saya dapat menjelajahi situs ini dengan baik

Kuesioner SUS menggunakan 5 poin skala *Likert*. Responden diminta untuk memberikan penilaian Sangat Tidak Setuju, Tidak Setuju, Netral, Setuju, dan Sangat Setuju pada 10 *item* pernyataan SUS sesuai dengan penilaian masing-masing responden. Jika responden merasa tidak menemukan skala respon yang tepat, responden harus mengisi titik tengah skala pengujian (Brooke, 1996). Setiap *item* pernyataan memiliki skor kontribusi dalam perhitungan. Setiap skor kontribusi *item* berkisar antara 0 hingga 4. Untuk *item* 1, 3, 5, 7, dan 9 yang berupa pernyataan positif skor kontribusinya

Gambar 2. Flow Chart Tahapan Penelitian



adalah skala dikurangi 1. Untuk item 2, 4, 6, 8, dan 10 yang berupa pernyataan negatif skor kontribusinya adalah 5 dikurangi skala. Jumlah skor kontribusi dikali dengan 2,5 untuk mendapatkan nilai keseluruhan *system usability*. Gambar 3 menyajikan skor SUS berkisar dari 0 hingga 100 (Brooke, 1996). Berikut rumus perhitungan skor SUS:
 Skor SUS = $((R1-1) + (5-R2) + (R3-1) + (5-R4) + (R5-1) + (5-R6) + (R7-1) + (5-R8) + (R9-1) + (5-R10) \times 2.5)$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan skor SUS dilakukan dengan menggunakan rumus skor SUS. Berdasarkan perhitungan skor SUS diperoleh rata-rata skor SUS individual yaitu sebesar 27,27. Nilai SIAM berdasarkan skor SUS yang telah diperoleh adalah sebagai berikut: dalam pengukuran *acceptability* SIAM termasuk kedalam kategori *acceptable* atau dapat diterima oleh penggunanya, dalam pengukuran *grade scale* termasuk ke dalam

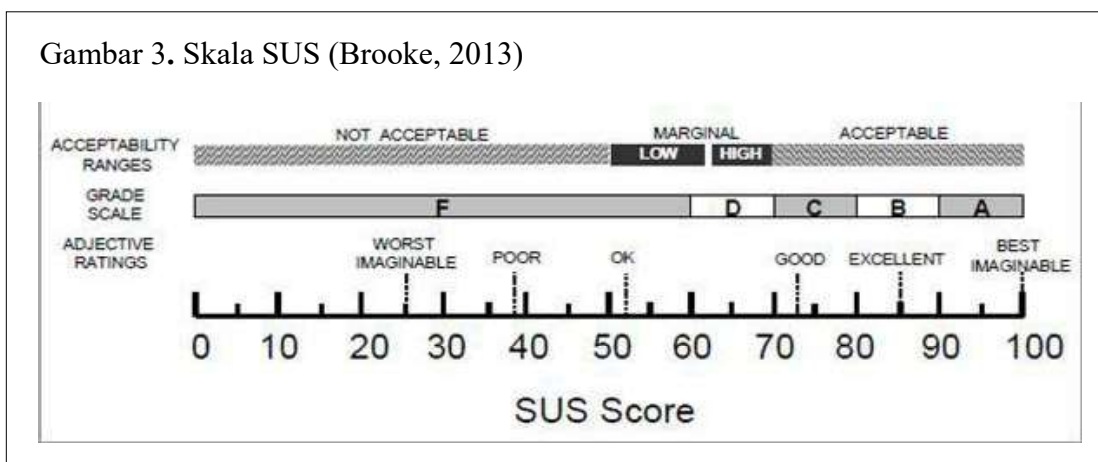
kategori *grade* C+, dalam pengukuran *adjective rating* termasuk kedalam kategori *good*, dan nilai SIAM berdasarkan *percentile ranking* adalah 63,343.

Untuk melakukan identifikasi masalah, terlebih dahulu dilihat rata-rata tanggapan responden terhadap kuesioner. Penentuan kategori rata-rata tanggapan responden dilakukan dengan menghitung interval kelas kemudian dilakukan klasifikasi rata-rata tanggapan responden. Berdasarkan perhitungan diperoleh interval kelas 0,8. Kriteria penilaian rata-rata jawaban responden yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2
Kategori Rata-rata dari Skor Interval

Interval	Kategori
$4,2 < a \leq 5$	Sangat Setuju
$3,4 < a \leq 4,2$	Setuju
$2,6 < a \leq 3,4$	Netral
$1,8 < a \leq 2,6$	Tidak Setuju
$1 < a \leq 1,8$	Sangat Tidak Setuju

Gambar 3. Skala SUS (Brooke, 2013)



Berdasarkan kategori rata-rata pada Tabel 2, tanggapan responden terhadap masing-masing variabel pernyataan di kuesioner SUS disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa rata-rata tanggapan responden terhadap setiap *item* pada kuesioner SUS. Pada pernyataan 5 “Saya menilai fungsi atau fitur yang disediakan pada situs ini dirancang dan disiapkan dengan baik” responden memberikan rata-rata tanggapan “Netral”, dan pada pernyataan 6 “Saya menilai terlalu banyak inkonsistensi pada situs ini” responden memberikan rata-rata tanggapan “Setuju”. Hal ini berarti bahwa sebagian responden tidak setuju jika fungsi dan fitur SIAM telah dirancang dengan baik, dan

lebih dari sebagian responden menilai jika terdapat beberapa inkonsistensi pada SIAM. Dari penilaian responden tersebut, peneliti melakukan identifikasi permasalahan yang menyebabkan adanya penilaian yang tidak diharapkan terhadap SIAM. Adapun permasalahan dan penyebabnya dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5.

Rekomendasi perbaikan SIAM diperoleh berdasarkan tanggapan responden pada kuesioner SUS yang mengacu kepada permasalahan atau kendala yang dialami pengguna SIAM. Setelah mengetahui penyebab dari permasalahan-permasalahan tersebut, dapat diperoleh beberapa rekomendasi atau saran perbaikan yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 3
Rata-rata Tanggapan Responden

Pernyataan	Mean	Kategori
Saya akan sering menggunakan atau mengunjungi situs ini	3,9	Setuju
Saya menilai situs ini terlalu kompleks (memuat banyak hal yang tidak perlu)	1,57	Sangat Tidak Setuju
Saya menilai situs ini mudah dijelajahi	4,1	Setuju
Saya membutuhkan bantuan teknis untuuk menggunakan atau menjelajahi situs ini	1,5	Sangat Tidak Setuju
Saya menilai fungsi atau fitur yang disediakan pada situs ini dirancang dan disiapkan dengan baik	3,37	Netral
Saya menilai terlalu banyak inkonsistensi pada situs ini	3,5	Setuju
Saya merasa kebanyakan orang akan mudah menggunakan atau menjelajahi situs ini dengan cepat	4	Setuju
Saya menilai situs ini sangat rumit untuk dijelajahi	1,5	Sangat Tidak Setuju
Saya merasa sangat percaya diri menjelajahi situs ini	3,9	Setuju
Saya perlu belajar banyak hal sebelum saya dapat menjelajahi situs ini dengan baik	2,4	Tidak Setju

Tabel 4
Identifikasi Permasalahan pada SIAM

Pernyataan	Permasalahan
5	1. <i>Link</i> menu “Bantuan” tidak dapat memberi informasi cara penggunaan SIAM dan membantu mahasiswa ketika terjadi <i>error</i> 2. Kegagalan saat mengisi KRS dan cetak kartu ujian
6	1. Jadwal perkuliahan yang tidak konsisten 2. Mata kuliah yang tiba-tiba hilang 3. Histori pembayaran uang kuliah tidak sinkron

Tabel 5
Penyebab Permasalahan pada SIAM

Permasalahan	Penyebab
<i>Link</i> menu “Bantuan” tidak dapat memberi informasi cara penggunaan SIAM dan membantu mahasiswa ketika terjadi <i>error</i>	<i>Link</i> menu “Bantuan” pada SIAM hanya langsung terkait dengan <i>website</i> UMRI
Kegagalan saat mengisi KRS	<i>Server</i> lambat dikarenakan terlalu banyak yang mengakses SIAM di waktu yang bersamaan
Jadwal perkuliahan yang tidak konsisten	Kaprodi perlu menyesuaikan jadwal dosen jika melibatkan dosen dari luar prodi karena jadwal dosen tersebut sering bentrok dengan jadwal yang sudah disiapkan oleh prodi. Penyesuaian jadwal ini menjadi lebih lama dari jadwal input yang sudah ditetapkan karena SIAM tidak dapat mendeteksi jadwal yang bentrok.
Mata kuliah yang tiba-tiba hilang	1. Adanya perubahan jadwal perkuliahan. 2. Adanya perubahan kelas. Perubahan kelas disebabkan oleh kuota jumlah mahasiswa yang tertera pada SIAM tidak sesuai dengan kapasitas ruang belajar mahasiswa sehingga kaprodi memindahkan jadwal untuk beberapa mahasiswa yang tidak mendapat ruang belajar dengan cara melakukan penambahan kelas.
Histori pembayaran uang kuliah tidak sinkron	Laporan pembayaran uang kuliah tidak otomatis, bank membutuhkan waktu minimal 24 jam untuk mengupload laporan pembayaran

Tabel 6
Saran Perbaikan SIAM

Permasalahan	Saran Perbaikan
Link menu “Bantuan” tidak dapat memberi informasi cara penggunaan SIAM dan membantu mahasiswa ketika terjadi <i>error</i>	Pengembang SIAM diharapkan dapat mengganti penempatan link “Bantuan” tersebut. Seharusnya link “Bantuan” berisi petunjuk penggunaan SIAM dan pertolongan pada <i>user</i> yang mengalami <i>error</i> .
Kegagalan saat mengisi KRS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan pembagian jadwal pengisian KRS yang terstruktur (disarankan untuk fakultas teknik, fakultas ekonomi, fakultas ilmu komputer, dan ilmu komunikasi agar membagi jadwal pengisian KRS per program studi) 2. Disarankan untuk melakukan penambahan <i>bandwidth</i> jaringan sistem
Jadwal perkuliahan yang tidak konsisten	Perlu adanya perbaikan sistem oleh pihak pengembang SIAM sehingga jadwal bentrok dapat terdeteksi.
Mata kuliah yang tiba-tiba hilang	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perbaiki SIAM sehingga dapat mendeteksi jadwal bentrok 2. Pihak prodi perlu melaporkan kapasitas ruang belajar kepada admin SIAM agar admin SIAM dapat menyesuaikan kuota kelas dengan kapasitas ruang belajar sehingga tidak ada lagi mahasiswa yang tidak mendapat kelas.
Histori pembayaran uang kuliah tidak sinkron	Perlu adanya sosialisasi yang jelas oleh pihak fakultas kepada mahasiswa untuk menjelaskan sistematika pembayaran dan status pembayaran uang kuliah agar tidak terjadi kesalahpahaman.

SIMPULAN

Berikut ini adalah kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini. *Pertama*, nilai *usability* yang diperoleh dari perhitungan skor *system usability scale* adalah 72,27. Artinya, bahwa SIAM sudah “*acceptable*” atau dapat diterima oleh pengguna nya dan memiliki skala nilai C+ dan memiliki *rating* “*good*” atau baik serta nilai *percentile rank* berada pada nilai 63,34. *Kedua*, berdasarkan perhitungan rata-rata tanggapan responden

terhadap tiap *item* pernyataan kuesioner SUS dapat diketahui bahwa responden menilai jika fungsi dan fitur SIAM belum dirancang dengan baik dan SIAM memiliki banyak inkonsistensi. Penilaian ini muncul karena terdapat beberapa permasalahan pada SIAM yang disebabkan oleh beberapa hal, seperti *link* menu “Bantuan” pada SIAM hanya langsung terkait dengan *website* UMRI, kegagalan saat mengisi KRS yang disebabkan oleh *server* lambat, jadwal

kuliah tidak konsisten dan mata kuliah sering hilang yang disebabkan oleh SIAM tidak dapat mendeteksi jadwal yang bentrok dan ketidaksesuaian kuota kelas yang tertera pada SIAM dengan kapasitas ruang belajar, dan permasalahan pada laporan pembayaran uang kuliah yang tidak otomatis.

Rekomendasi atau saran perbaikan yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut. *Pertama*, pengembang SIAM diharapkan dapat menyesuaikan *link* “Bantuan” sesuai dengan nama dan tujuan *link* tersebut. *Kedua*, untuk fakultas yang memiliki jumlah mahasiswa banyak agar melakukan pembagian jadwal isi KRS per program studi dan melakukan penambahan *bandwidth* sistem jika diperlukan. *Ketiga*, melakukan pengembangan terhadap SIAM agar dapat mendeteksi jadwal bentrok. *Keempat*, disarankan agar kaprodi dan admin SIAM memiliki koordinasi yang baik dalam berbagi informasi kapasitas ruang belajar. *Kelima*, perlu adanya sosialisasi yang jelas terhadap mahasiswa untuk menjelaskan sistematis pembayaran dan

status pembayaran uang kuliah agar tidak terjadi kesalahpahaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Aelani, K., & Falahah. (2012). Pengukuran usability sistem menggunakan use questionnaire (Studi kasus: Aplikasi perwalian online STMIK “AMIK Bandung”). *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi, 2012*.
- Brooke, J. (1996). SUS: A “quick and dirty” usability scale. Dalam P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & A. L. McClelland (Eds.), *Usability evaluation in industry* (pp. 189-194). London: Taylor and Francis.
- Brooke, J. (2013). SUS: A retrospective. *Journal of Usability Studies, 8*(2).
- H. N., I. A., Santoso, P. I., & Ferdiana, R. (2015). *Pengujian usability website menggunakan system usability scale. IPTEK-KOM, 17*(1), 31-38.
- Siagian, S. H. T., & Effiyaldi, E. (2018). Analisis dan perancangan sistem informasi akademik pada Stikes Prima Jambi. *Jurnal Manajemen Sistem Informasi, 3*(4), 1282-1291.
- Umri.”Universitas Muhammadiyah Riau”. Online diakses pada tanggal 19 September 2018. <http://umri.ac.id/>.2018
- Widiatmoko, M. E., Suyanto, M., & Sofyan, A. F. (2015). Analisis sistem informasi dengan pendekatan usability (Studi Kasus Website STMIK Amikom Yogyakarta). *Jurnal Angkasa, 7*(1).

**SINTESIS ANALOG KURKUMIN
2,6-BIS-((E)-4-HIDROKSI-3-METOKSI BENZILIDIN)-SIKLOHEKSA-1-ON
BERBAHAN DASAR VANILIN DENGAN KATALIS HCl**

***THE SYNTHESIS OF CURCUMINE ANALOGUE
2,6-BIS-((E)-4-HIDROKSI-3-METOKSI BENZILIDIN)-SIKLOHEKSA-1-ON
FROM VANILIN WITH HYDROCHLORIDE ACID CATALYST***

Rahma Diyan Martha¹, Tutik Dwi Wahyuningsih², dan Chairil Anwar²

¹STIKES Karya Putra Bangsa Tulungagung

²Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada

¹Jl. Tulungagung-Blitar KM 4, Sumbergempol-Tulungagung Jawa Timur

email: rahma100291@gmail.com

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk memodifikasi gugus β -diketon sehingga dapat meningkatkan stabilitas dari analog kurkumin. Material yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kualitas pro analisis dari Merck yang meliputi vanilin, asam asetat glacial p.a, KBrO₃, HBr 47%, Na₂SO₃.7H₂O, HCl, etanol p.a, aquades, keton (sikloheksanon). Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sintesis senyawa analog kurkumin berbahan dasar vanillin sebagai sumber benzaldehida dan sikloheksanon sebagai sumber keton dengan katalis asam (HCl). Bahan penelitian kemudian dianalisis dengan KLT dan instrumentasi FTIR, direct-MS, ¹H NMR dan ¹³C NMR. Dari hasil analisis titik leleh, KLT, FTIR, direct-MS, ¹H- dan ¹³C-NMR, bahwa senyawa target telah terbentuk berupa padatan warna kuning kehijauan, memiliki titik leleh 210-212 °C dan rendemen 53,00% serta hasil KLT terdapat spot baru yang berfluorosensi. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa senyawa analog kurkumin (2,6-bis-((E)-4-hidroksi-3-metoksi benzilidin)-sikloheksa-1-on) dapat disintesis melalui kondensasi aldol menggunakan starting material vanilin sebagai sumber benzaldehida dan sikloheksanon sebagai sumber keton dengan katalis asam (HCl).

Kata kunci: *sintesis analog, kurkumin, vanilin, katalis HCl*

Abstract

This study was aimed at modifying the β -diacetone group so that it could increase the stability of the curcumin analog. The materials used in this study have pro-analysis qualities from Merck which include vanillin, p.a glacial acetic acid, KBrO₃, HBr 47%, Na₂SO₃.7H₂O, HCl, ethanol p.a, aquadest, ketones (cyclohexanone). The method used in this research was the synthesis of a curcumin analog compound made from vanillin as a source of benzaldehyde and cyclohexanone as a source of ketones with an acid catalyst (HCl). The research materials were analyzed using TLC and FTIR instrumentation, direct-MS, ¹H NMR, and ¹³C NMR. From the analysis of melting point, TLC, FTIR, direct-MS, ¹H- and ¹³C-NMR, that the target compound has been formed in the form of a greenish-yellow solid, has a melting point of 210-212 °C and a yield of 53.00% and the results of TLC are new fluorescent spot. Thus, it can be concluded that the curcumin analog compound (2,6-bis - ((E) -4-hydroxy-3-methoxy benzyldiene) -cyclohexane-1-on) can be synthesized through aldol condensation using vanillin as a source of benzaldehyde and cyclohexanone. as a source of ketones with an acid catalyst (HCl).

Keywords: *analog synthesis, curcumin, vanillin, HCl*

PENDAHULUAN

Kurkumin merupakan senyawa polifenol yang terdapat dalam rimpang kunyit (*Curcuma longa* Linn) atau turmeric (*Zingiberaceae*) dengan aktivitas biologi sebagai antioksidan, antiinflamasi, kemopreventif dan kemoterapi (Chattopadhyay, Biswas, Bandyopadhyay, & Banerjee, 2014). Di India, Cina, dan negara-negara Asia Tenggara seperti Indonesia, memanfaatkan zat warna kuning dari kurkuma sebagai bahan tambahan makanan, bumbu, maupun obat-obatan, yang tidak berakibat toksik (Meiyanto *et al.*, 2014). *Curcuma longa* Linn telah direkomendasikan sebagai obat tradisional Cina untuk mengobati komplikasi diabetik (Liang, Yuan, Xi, & Zhou, 2009). Suatu senyawa yang mempunyai aktivitas luas akan menimbulkan efek yang tidak spesifik. Oleh karena itu, dilakukan modifikasi struktur kurkumin melalui sintesis. Sintesis dan modifikasi terhadap struktur kurkumin dapat dilakukan dengan mengubah gugus-gugus pada rantai samping dari inti aromatik ataupun pada rantai tengahnya.

Berdasar penelitian sebelumnya modifikasi pada gugus β diketon menjadi suatu analog monoketon siklopentanon pada Pentagamavunon-0 [2,5-bis-(4-hidroksi-3-metoksi-benzilidin)-siklopentanon] yang dikenal dengan PGV-0 menunjukkan aktivitas farmakologi yang lebih baik dari kurkumin (Da'i, Wulandari, & Utami, 2003). Senyawa

analog kurkumin merupakan senyawa α,β tak jenuh yang dapat dihasilkan dari mekanisme dehidrasi suatu β hidroksi karbonil melalui reaksi kondensasi aldol dengan menggunakan katalis basa maupun asam. Penggunaan katalis asam secara umum menghasilkan tingkat rendemen yang lebih memuaskan dibanding penggunaan katalis basa meskipun kurang reaktif (Fessenden & Fessenden, 1999).

Berdasarkan pada penelitian terdahulu yaitu Da'i dkk. (2003) dan pustaka pendukung tersebut dapat dikembangkan sintesis analog kurkumin 2,6-bis-((*E*)-4-hidroksi-3-metoksi benzilidin)-sikloheksa-1-on berbahan dasar vanillin sebagai sumber benzaldehida dan sikloheksanon sebagai sumber keton dengan katalis asam (HCl) untuk mendapatkan senyawa analog kurkumin yang lebih stabil. Sejumlah senyawa analog kurkumin dengan struktur yang lebih stabil dan sifat farmakokinetik yang baik telah banyak disintesis (Liang *et al.*, 2008). Analog kurkumin monoketon menunjukkan sifat anti bakteri dan anti inflamasi yang lebih baik. Senyawa ini secara signifikan menurunkan derajat dan kecepatan metabolisme dari kurkuminoid sehingga memiliki sifat farmakokinetik yang jauh lebih baik dibandingkan dengan kurkumin (Liang *et al.*, 2008). Filtrat kemudian dikristalisasi menggunakan etanol-akuades dan dicuci dengan air panas hingga netral. Produk dikeringkan dalam desikator vakum dan dianalisis

menggunakan *Fourier Transform-Infra Red* (FT-IR), *Chromatography Gas-Spectrometer Massa* (GC-MS), *proton and Carbon Nuclear Magnetic Resonance* (¹H-NMR dan ¹³C-NMR) (Matsjeh, Swasono, Anwar, Solikhah, & Lestari, 2017).

Fokus penelitian ini adalah sintesis turunan kurkumin menggunakan bahan dasar vanillin dan sikloheksanon dengan katalis asam klorida. Karakterisasi dilakukan menggunakan kromatografi lapis tipis, GC-MS dan H-NMR.

METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kualitas pro analisis dari *Merck* yang meliputi vanilin, HCl, etanol p.a, aquades, keton (sikloheksanon). Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu alat-alat gelas laboratorium, satu set alat refluks, *hotplate stirrer*, *Ultrasonic bath* (Julabo USR3 35 kHz), timbangan analitik (Libror EB330 Shimadzu), evaporator Buchii, desikator vakum, alat penentu titik lebur (*Electrothermal 9100*), dan alat gelas laboratorium pada umumnya. Instrumentasi kimia yang digunakan adalah spektrofotometer Inframerah (IR, Shimadzu Prestige 21), dan kromatografi gas-spektrometer massa (GC-MS, Shimadzu-QP2010S). Analisis dengan spektrometer resonansi magnetik inti proton dan karbon (¹H NMR 500 MHz dan ¹³C NMR 125 MHz).

Sintesis analog kurkumin dilakukan dengan bahan dasar turunan aldehida yaitu vanilin sebagai sumber aldehida dan keton yaitu sikloheksanon. Vanilin (10 mmol) ditambahkan 5 mmol sikloheksanon dan larutan di aduk pada suhu 25-30 °C sampai homogen. Kemudian ditambahkan tetes demi tetes asam klorida pekat yang bertujuan untuk memudahkan terbentuknya struktur enol pada turunan kurkumin. Hasil yang diperoleh didiamkan selama 2 hari dan dimaserasi dengan pelarut etanol sampai warna coklat hilang dan diharapkan vanilin yang belum bereaksi dapat terlarut dalam pelarut tersebut, sehingga diperoleh senyawa turunan kurkumin yang murni. Hasil maserasi berupa endapan warna kuning kehijauan dan di keringkan dalam desikator vakum. Hasil ditimbang dan ditentukan titik leburnya serta struktur senyawa dielusidasi dengan spektrometer FTIR, *direct-MS*, ¹H- dan ¹³C-NMR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Senyawa analog kurkumin (2,6-bis-(*E*)-4-hidroksi-3-metoksi benzilidin)-sikloheksa-1-on) dihasilkan dari vanilin sebagai sumber benzaldehida dan sikloheksanon sebagai sumber keton dengan katalis asam (HCl). Hasil sintesis berupa padatan berwarna kuning kehijauan dengan titik leleh 210-212 °C. Adanya perubahan warna tersebut mengindikasikan selama

sintesis terjadi reaksi kondensasi antar *starting material* membentuk ikatan rangkap terkonjugasi yang semakin panjang menjadi senyawa baru. Selanjutnya produk dianalisis dengan KLT, FTIR, *direct-MS*, ^1H - dan ^{13}C -NMR.



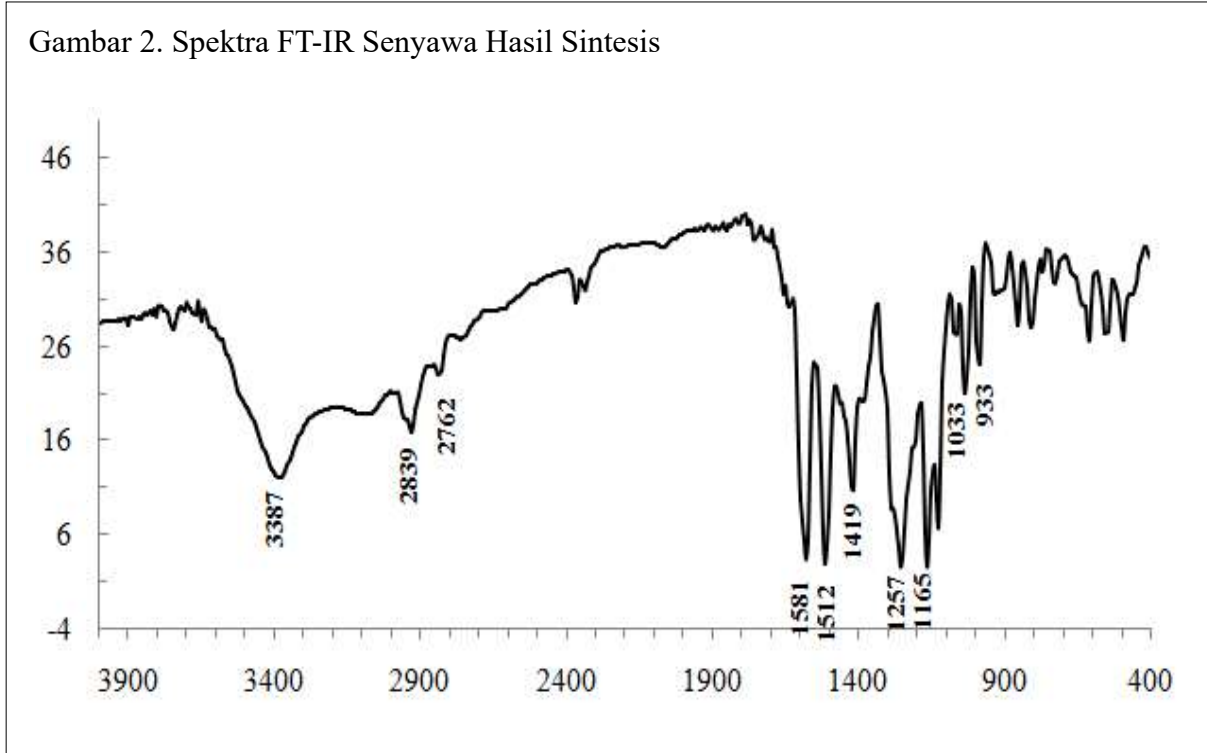
Hasil KLT (Gambar 1) yang diamati pada λ 254 nm dengan eluen etanol menunjukkan adanya dua noda yaitu reaktan

(V) berwarna gelap dan produk (K) berwarna kuning kehijauan dan menunjukkan adanya perbedaan R_f antara vanilin dengan senyawa hasil sintesis, sehingga diperkirakan bahwa senyawa hasil sintesis telah berbeda dengan reaktan awal sintesis.

Elusidasi struktur kemudian dilakukan untuk mengetahui struktur pada senyawa hasil sintesis. Elusidasi struktur yang digunakan yaitu FT-IR, GCMS, ^1H NMR dan ^{13}C NMR. Serapan pada bilangan gelombang 3387 cm^{-1} merupakan serapan dari ikatan O-H hidroksi. Pada bilangan gelombang 1257 cm^{-1} menunjukkan adanya serapan dari C-O aril eter. Kemudian, serapan 1581 dan 1512 cm^{-1} yang semakin tajam merupakan karakteristik serapan ikatan -C=C- senyawa aromatis. Karakteristik C=C aromatis ditunjukkan pada serapan dengan bilangan gelombang 1512 dan 1473 cm^{-1} (Suzana, Rudyanto, Poerwono, & Budiati, 2014). Gugus alkena trans pada bilangan gelombang 933 cm^{-1} memberikan dugaan bahwa gugus α,β -karbonil tidak jenuh pada senyawa analog kurkumin tersebut telah terbentuk. Berdasarkan hasil analisis FT-IR (Gambar 2) tersebut menunjukkan adanya serapan pada bilangan gelombang 3370 - 3371 cm^{-1} yang merupakan serapan vibrasi rentangan dari gugus hidroksi (-OH) (Syam, Abdelwahab, Al-Mamary, & Mohan, 2012).

Setelah menunjukkan indikasi positif terbentuknya analog kurkumin tersebut dari

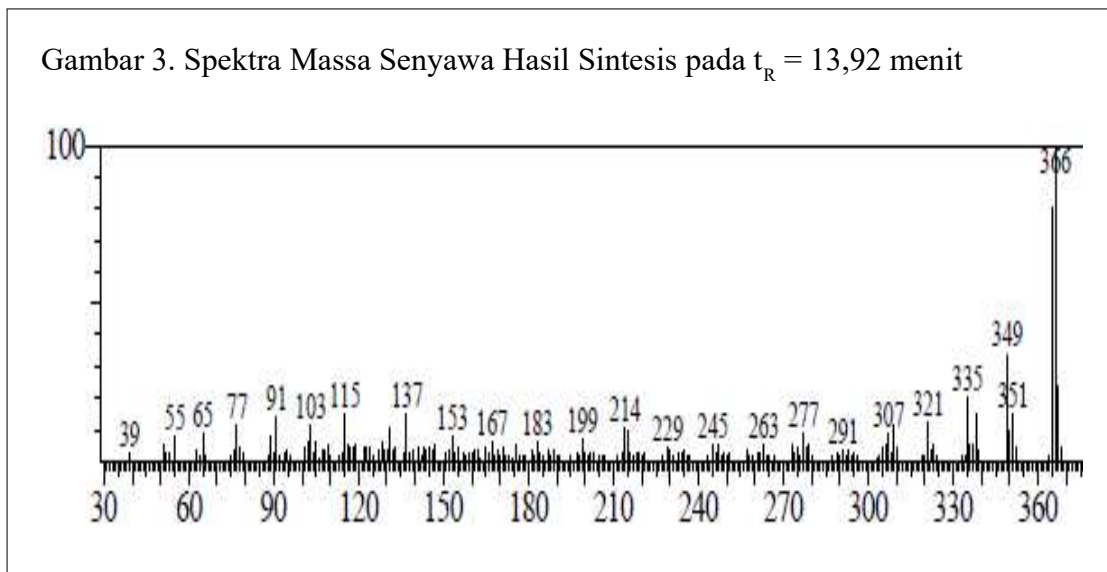
Gambar 2. Spektra FT-IR Senyawa Hasil Sintesis



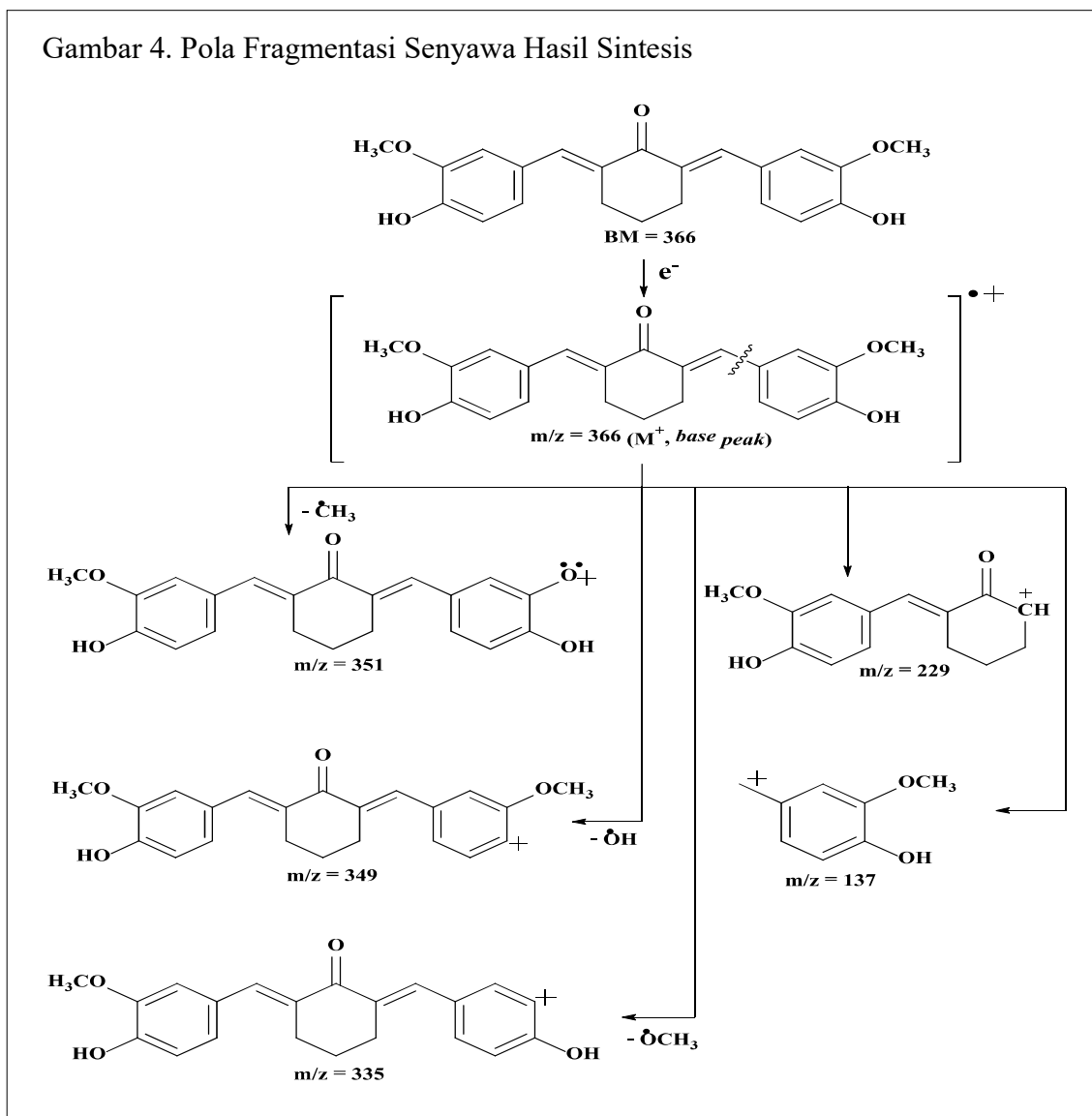
spektra FTIR, produk kemudian dianalisis dengan *direct*-MS. Dari hasil analisis produk hasil sintesis analog kurkumin menggunakan *direct*-MS, didapatkan spektra massa dan pola fragmentasi (Gambar 3 dan 4).

Kebenaran lebih lanjut dari struktur senyawa analog kurkumin hasil sintesis dibuktikan dengan ¹H-NMR (Gambar 5). Spektra ¹H-NMR menunjukkan 8 sinyal proton yang berbeda dan hasil analisis spektra

Gambar 3. Spektra Massa Senyawa Hasil Sintesis pada $t_R = 13,92$ menit



Gambar 4. Pola Fragmentasi Senyawa Hasil Sintesis

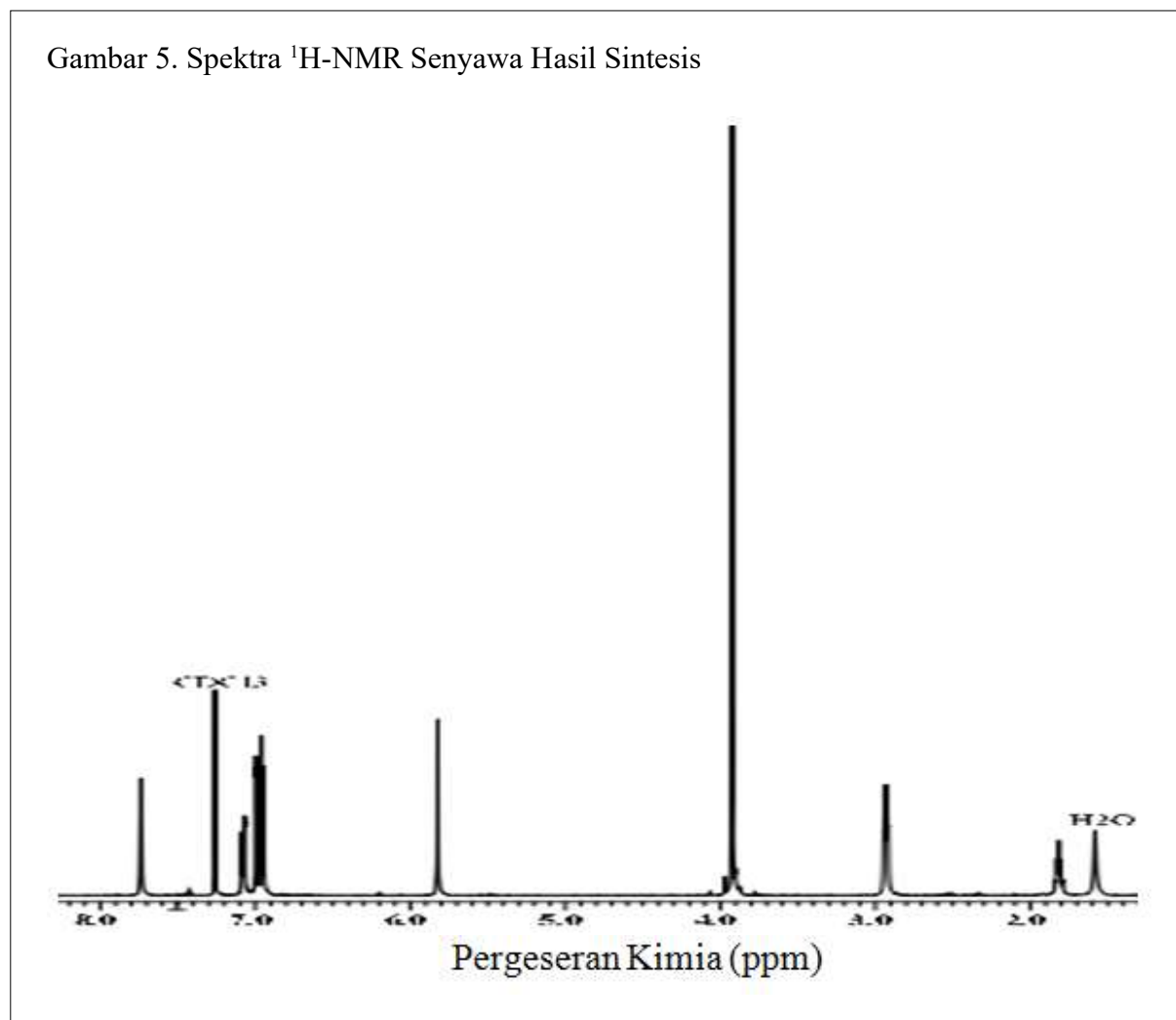


$^1\text{H-NMR}$ disajikan pada Tabel 1. Puncak 1 dengan kenampakan *multiplet* pada δ 1,82 ppm dan terintegrasi 1H merupakan proton pada cincin sikloheksanon terkopling dengan proton 2 yang berada didekatnya. Puncak 2 pada δ 2,93 ppm dengan kenampakan *doublet* memiliki tetapan kopling $J= 5,20$ Hz.

Struktur analog kurkumin dikonfirmasi lebih lanjut dengan $^{13}\text{C-NMR}$ untuk

memastikan jumlah karbon yang terbentuk sesuai dengan jumlah karbon senyawa target. Spektra $^{13}\text{C-NMR}$ ini disajikan pada Gambar 6 dan hasil analisisnya disajikan pada Tabel 2. Spektra $^{13}\text{C-NMR}$ menunjukkan ada 12 puncak karbon sesuai dengan jumlah karbon yang ada pada analog kurkumin. Pergeseran kimia δ 56,15 ppm teramati sebagai atom C gugus metoksi. Empat atom C pada cincin

Gambar 5. Spektra $^1\text{H-NMR}$ Senyawa Hasil Sintesis

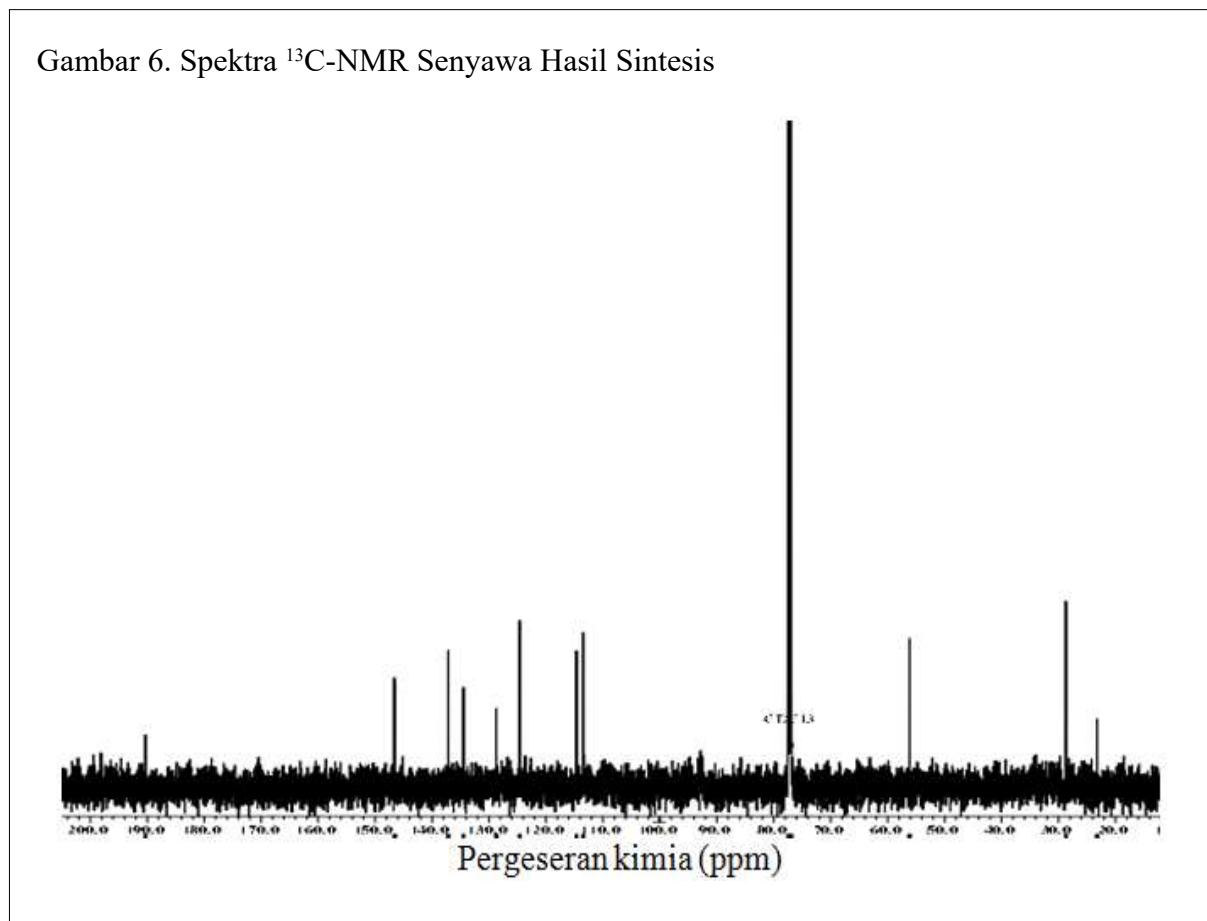


Tabel 1

Analisis Spektra $^1\text{H-NMR}$ Senyawa Hasil Sintesis

Puncak	Pergeseran kimia (δ ,ppm)	Kenampakan, tetapan kopling (J , Hz)	Jumlah dan tipe proton
1	1,82	<i>Multiplet</i>	1 H, $\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2$
2	2,93	<i>Doublet, J= 5,20</i>	2H, -C-CH_2
3	3,92	<i>Singlet</i>	3H, -OCH_3
4	5,82	<i>Singlet</i>	1H, OH
5	6,95	<i>Doublet, J= 8,40</i>	1H, H-Ar
6	6,99	<i>Doublet, J=1,95</i>	1H, H-Ar
7	7,08	<i>Doublet, J= 8,40</i>	1H, H-Ar
8	7,73	<i>Singlet</i>	1H, H_β

Gambar 6. Spektra ^{13}C -NMR Senyawa Hasil Sintesis



Tabel 2
Hasil Analisis ^{13}C -NMR Senyawa Hasil Sintesis

Puncak	Pergeseran Kimia (δ , ppm)	Tipe Karbon
1	23,22	C-H
2	28,70	C-H
3	56,15	-OCH ₃
4	113,47	C _{Ar}
5	114,62	C _{Ar}
6	124,62	C _{Ar}
7	128,73	C _{Ar}
8	134,47	C-H
9	137,15	C-H
10	146,51	C _{Ar} -OH
11	146,63	C _{Ar} -OCH ₃
12	190,31	C=O

aromatis teramati pada pergeseran kimia δ 113,47; 114,62; 124,62 dan 128,73 ppm, yang masing-masing muncul pada puncak 4, 5, 6 dan 7. Karbon 10 merupakan karbon yang paling tidak terlindungi, hal ini terjadi karena karbon 10 ditarik langsung awan elektronnya oleh OH. Puncak 12 muncul pada δ 190,31 ppm diperkirakan sebagai atom karbon dalam gugus karbonil (C=O) yang terletak paling *downfield* akibat adanya atom O yang elektronegatif tinggi terikat langsung pada atom karbon.

Hawaiz dan Omer (2017) telah melakukan sintesis analog kurkumin berbahan dasar 4-benziloksibenzaldehida dan aseton menggunakan katalis basa berupa larutan NaOH 8% dengan metode ultrasound. Senyawa analog kurkumin telah disintesis dari reaksi kondensasi turunan benzaldehida dengan aseton, siklopentanon, dan sikloheksanon menggunakan katalis basa berupa larutan KOH 5% (b/v) dengan metode refluks selama 50 menit (Yuan, Li, Bai, Su, Xiang, & Wang, 2014). Dalam penelitian ini menggunakan vanillin dan sikloheksanon sebagai bahan sintesis pembuatan turunan kurkumin dengan katalis asam.

Senyawa hasil sintesis berhasil didapatkan dengan mereaksikan vanilin dengan sikloheksanon dari reaksi kondensasi aldol menggunakan katalis asam. Faktor yang mempengaruhi reaksi kondensasi aldol salah satunya yaitu kinetika reaksi berupa

sifat dasar pereaksi pada starting material sikloheksanon yaitu sifat keasaman hidrogen alfa terhadap gugus karbonil. Hidrogen alfa tersebut lebih bersifat asam daripada hidrogen yang berikatan pada atom karbon yang menyebabkan karbon alfa menumpuk muatan negatif. Hal ini perlu meningkatkan kecepatan reaksi dengan menurunkan energi aktivasi, sehingga dapat lebih cepat membentuk produk dengan penambahan asam, salah satunya yaitu HCl. Asam klorida digunakan sebagai katalis asam untuk membentuk struktur enol dengan cara H⁺ dari asam klorida akan memprotonasi atom oksigen pada gugus karbonil pada sikloheksanon yang diikuti pelepasan proton dari karbon alfa membentuk enol.

SIMPULAN

Senyawa hasil sintesis telah berhasil didapatkan melalui kondensasi aldol menggunakan vanilin dan sikloheksanon dengan katalis asam klorida. Hasil sintesis diperoleh berupa padatan warna kuning kehijauan, memiliki titik leleh 210-212 °C dan rendemen 53,00%.

DAFTAR PUSTAKA

- Chattopadhyay, I., Biswas, K., Bandyopadhyay, U., & Banerjee, R. K. (2004). Turmeric and curcumin: Biological actions and medicinal applications. *CURRENT SCIENCE-BANGALORE*-, 87, 44-53.
- Da'i, M., Wulandari, R. R., & Utami, W. (2011). Uji aktivitas penangkap

- radikal DPPH analog kurkumin siklik dan N-heterosiklik monoketon, *Pharmacon*, 12(1), 19-25.
- Fessenden, R. J., & Fessenden, S. J. (1999). *Kimia organik* (Jilid 2). (Terj. Pudjaatmaka A. H.). Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Hawaiz, F., & Omer, S.D. (2017). Ultrasound-assisted Synthesis of Some New Curcumin Analogs and Their Corresponding Pyrazoline Derivatives. *ARO-The Scientific Journal of Koya University*, 5(1), 30–35. <https://doi.org/10.14500/aro.10149>.
- Liang, R., Yuan, H., Xi, G., & Zhou, Q. (2009). Synthesis of wheat straw-g-poly (acrylic acid) superabsorbent composites and release of urea from it. *Carbohydrate Polymers*, 77(2), 181-187.
- Liang, G., Yang, S., Jiang, L., Zhao, Y., Shao, L., Xiao, J., Ye, F., ... & Li, X. (2008). Synthesis and anti-bacterial properties of mono-carbonyl analogues of curcumin. *Chemical & Pharmaceutical Bulletin*, 56(2), 162-167. <https://doi.org/10.1248/cpb.56.162>.
- Matsjeh, S., Swasono, R. T., Anwar, C., Solikhah, E. N., & Lestari, E. (2017). Synthesis of 2', 4-dihydroxy-3-methoxychalcone and 2', 4', 4-trihydroxy-3-methoxychalcone as a candidate anticancer against cervical (WiDr), colon (HeLa), and breast (T47D) cancer cell lines in vitro. *AIP Conference Proceedings*, 1823(1), p. 020048.
- Meiyanto, E., Putri, D. D. P., Susidarti, R. A., Murwanti, R., Sardjiman, S., Fitriyani, A., ... & Kawaichi, M. (2014). Curcumin and its analogues (PGV-0 and PGV-1) enhance sensitivity of resistant MCF-7 cells to doxorubicin through inhibition of HER2 and NF- κ B activation. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 15(1), 179-184.
- Suzana, K. A., Rudyanto, M. I. S. M., Poerwono, H., & Budiati, T. (2014). Sintesis khalkon dan derivatnya menurut reaksi kondensasi Claisen Schmidt dengan iradiasi gelombang mikro. *J. Farm. dan Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 1(1), 24-27.
- Syam, S., Abdelwahab, S. I., Al-Mamary, M. A., & Mohan, S. (2012). Synthesis of chalcones with anticancer activities. *Molecules*, 17(6), 6179-6195.
- Yuan, X., Li, H., Bai, H., Su, Z., Xiang, Q., & Wang, C. (2014). Synthesis of novel curcumin analogues for inhibition of properties. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 77, 223-230. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2014.03.012>.

**APLIKASI SISTEM INFORMASI PELAYANAN HAJI DAN UMRAH
BERBASIS *AUGMENTED REALITY/ VIRTUAL REALITY******(THE APPLICATION OF AUGMENTED REALITY/VIRTUAL REALITY-BASED HAJJ
AND UMRAH SERVICES)*****Ali Anton Senoaji, Winih Wicaksono, dan Endah Kusumaningrum**

SMKN 3 Yogyakarta

email: aliantonsenoaji@smkn3jogja.sch.id**Abstrak**

Tujuan dari penelitian yaitu membangun aplikasi sistem informasi dan pelayanan ibadah haji dan umrah yang mampu menciptakan lingkungan virtual yang interaktif dengan basis *Augmented Reality/Virtual Reality (AR/VR)*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis penelitian dan pengembangan (R&D), yaitu mengembangkan Aplikasi Haji Pintar yang dibuat oleh Ditjen. PHU Kementerian Agama Republik Indonesia. Penelitian ini dilaksanakan di Kantor Wilayah Kementerian Agama DIY, pada Bidang Pelayanan Haji dan Umrah. Tingkat kelayakan dan keefektifan fitur baru yang di sematkan pada Aplikasi Haji Pintar diketahui melalui validasi oleh ahli materi (Bidang Pengelolaan Haji dan Umrah Kanwil. Kemenag. DIY) dan ahli media (Amanah Kreatif) untuk memperoleh data kelayakan produk/aplikasi, aplikasi di validasikan biro perjalanan haji umrah kemudian setelah divalidasi aplikasi diujicobakan pada pengguna yaitu calon/jamaah haji dan umrah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa calon/jamaah haji/umrah mengatakan aplikasi AR/VR ini mampu menciptakan lingkungan virtual yang interaktif. Terbukti ada 51% responden termotivasi untuk menunaikan ibadah haji/umrah. Pengembangan aplikasi sistem informasi pelayanan ibadah haji dan umrah dengan basis AR/VR menurut 82% responden mengatakan dalam kategori Layak.

Kata kunci: *Aplikasi Haji Pintar, Augmented Reality, Virtual Reality*

Abstract

The study was aimed at developing an information system application and services for Hajj and Umrah that are able to create interactive virtual environments based on *Augmented Reality/Virtual Reality*. The method used in this research was a type of research and development (R&D), namely developing the Smart Hajj Application made by the Directorate General. Hajj and Umrah Division of the Ministry of Religion of the Republic of Indonesia. This research was conducted at the Regional Office of the Ministry of Religion, Yogyakarta, in the Hajj and Umrah Services Sector. The level of feasibility and effectiveness of the new features embedded in the Smart Hajj Application is known through validation by material experts (Hajj and Umrah Management Division of the Regional Office. Ministry of Religion. Yogyakarta) and media experts (Amanah Kreatif) to obtain product/application feasibility data, the application is validated by the bureau the Umrah pilgrimage trip is then validated after the application is tested on users, namely prospective / pilgrims for Hajj and Umrah. The results showed that the pilgrims said that the AR/VR application was able to create an interactive virtual environment. It is proven that 51% of respondents are motivated to carry out the Hajj/Umrah pilgrimage. The development of information system applications for Hajj and Umrah services based on *Augmented Reality / Virtual Reality* according to 82% of respondents is in eligible.

Keywords: *Smart Hajj Application, Augmented Reality, Virtual Reality*

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara dengan penduduk muslim terbesar di dunia, merupakan negara dengan jumlah jamaah haji terbanyak tiap musimnya. Pesatnya perkembangan teknologi digital dan informasi akan memudahkan masyarakat Indonesia untuk mendapatkan informasi elektronik secara cepat. Ekonomi masyarakat Indonesia yang semakin tinggi menjadikan minat untuk beribadah maupun berlibur semakin tinggi.

Penyelenggaraan ibadah haji oleh Pemerintah Indonesia saat ini telah mengalami kemajuan yang pesat. Ditjen Penyelenggaraan Haji dan Umrah (PHU) Kementerian Agama merilis Aplikasi Haji Pintar, yaitu aplikasi untuk sistem informasi pelayanan ibadah haji, yang sudah terintegrasi dengan sistem Komputerisasi Haji Terpadu (Siskohat) dan dapat dilakukan secara *online* dan *real time* untuk peningkatan pelayanan kepada jamaah haji.

Upaya-upaya pengembangan Aplikasi Haji Pintar selalu dilakukan oleh Ditjen PHU. Namun, upaya-upaya ini juga tidak luput dari kendala-kendala di lapangan, yaitu aplikasi belum banyak dikenal oleh jamaah haji di Indonesia. Aplikasi juga terkendala dengan minimnya pengetahuan/sulitnya jamaah haji khusus orang lanjut usia dalam mengoperasikan *smartphone*. Dari sisi desain/rancangan Aplikasi Haji Pintar telah mampu untuk memberikan info kepada

para jamaah. Aplikasi secara umum tampilan dalam bentuk teks, gambar, dan video sehingga aplikasi ini belum dapat secara optimal memberikan pemahaman informasi/abstraksi pada jamaah untuk menampilkan imajinasi/bayangan lingkungan nyata dan interaktif seperti sedang melaksanakan ritual ibadah haji atau umrah di tanah suci, maka penulis akan berupaya untuk memberikan pengembangan pada aplikasi tersebut.

Di era ini, batas-batas antara dunia digital dan fisik semakin sulit untuk dibedakan. Teknologi *Augmented Reality/Virtual Reality (AR/VR)* dengan cepat memasuki fase baru. AR adalah teknologi dengan konsep menggabungkan dimensi dunia nyata dengan dunia maya yang dapat ditampilkan secara *real-time* (Mahendra, 2016). Dalam implementasinya AR/VR digunakan sebagai penunjang/pendukung aplikasi agar lebih interaktif dan kekinian. Implementasi *Augmented Reality* dilakukan dengan membuat *marker* yang sudah ditentukan untuk menampilkan objek 3D-nya. Teknologi AR akan membawa transformasi yang signifikan ke banyak hal, seperti bidang pendidikan, bidang pariwisata, bidang ekonomi dalam hal produktivitas, daya saing, penyediaan layanan baru dan lebih inovatif untuk klien (jamaah).

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian dan pengembangan ini adalah membangun/mengembangkan aplikasi sis-

Gambar 1. Contoh Penggunaan
Augmented Reality



Sumber: <https://haji.kemenag.go.id/>

tem informasi dan pelayanan ibadah haji dan umrah yang sudah ada, sehingga mampu menciptakan lingkungan virtual yang interaktif dengan basis AR/VR sehingga dapat mendukung aplikasi sebelumnya agar lebih menarik minat dan memudahkan para jamaah memahami materi ibadah haji dan umrah. Seperti Aplikasi Pembelajaran Berbasis AR pada Buku Panduan Wudhu untuk Anak (Jazilah, 2016). Penelitian ini dibangun untuk perangkat *mobile* bersistem operasi Android dengan menampilkan objek 3D wudhu. Tujuan dari penelitian tersebut yaitu memberikan pengalaman yang berbeda dan menarik minat belajar siswa. Penelitian Anshory (2018) tentang Aplikasi AR untuk Pembelajaran Haji di SDIT Muhammadiyah Al-Kautsar. Pada penelitian pengembangan ini, teknologi AR diaplikasikan untuk membawa obyek maya ke dalam lingkungan nyata secara *real-time*.

Kegunaan pengembangan teknologi AR dalam penelitian ini yaitu untuk menarik minat dan memudahkan para jamaah memahami materi ibadah haji dan umrah, serta jamaah akan mendapatkan pengalaman yang berbeda dan gambaran kondisi nyata dalam menjalankan ibadah haji dan umrah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan prosedur penelitian dan pengembangan model (R&D) dari Borg dan Gall, yang pada dasarnya terdiri atas dua tujuan utama, yaitu mengembangkan produk dan menguji keefektifan produk dalam mencapai tujuan (Mantasia & Jaya, 2016). Penelitian dan pengembangan merupakan metode penelitian untuk menghasilkan dan menguji keefektifitasan produk (Sugiyono, 2012). Penelitian dan pengembangan merupakan pendekatan penelitian guna menghasilkan produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada (Sukmadinata, 2006).

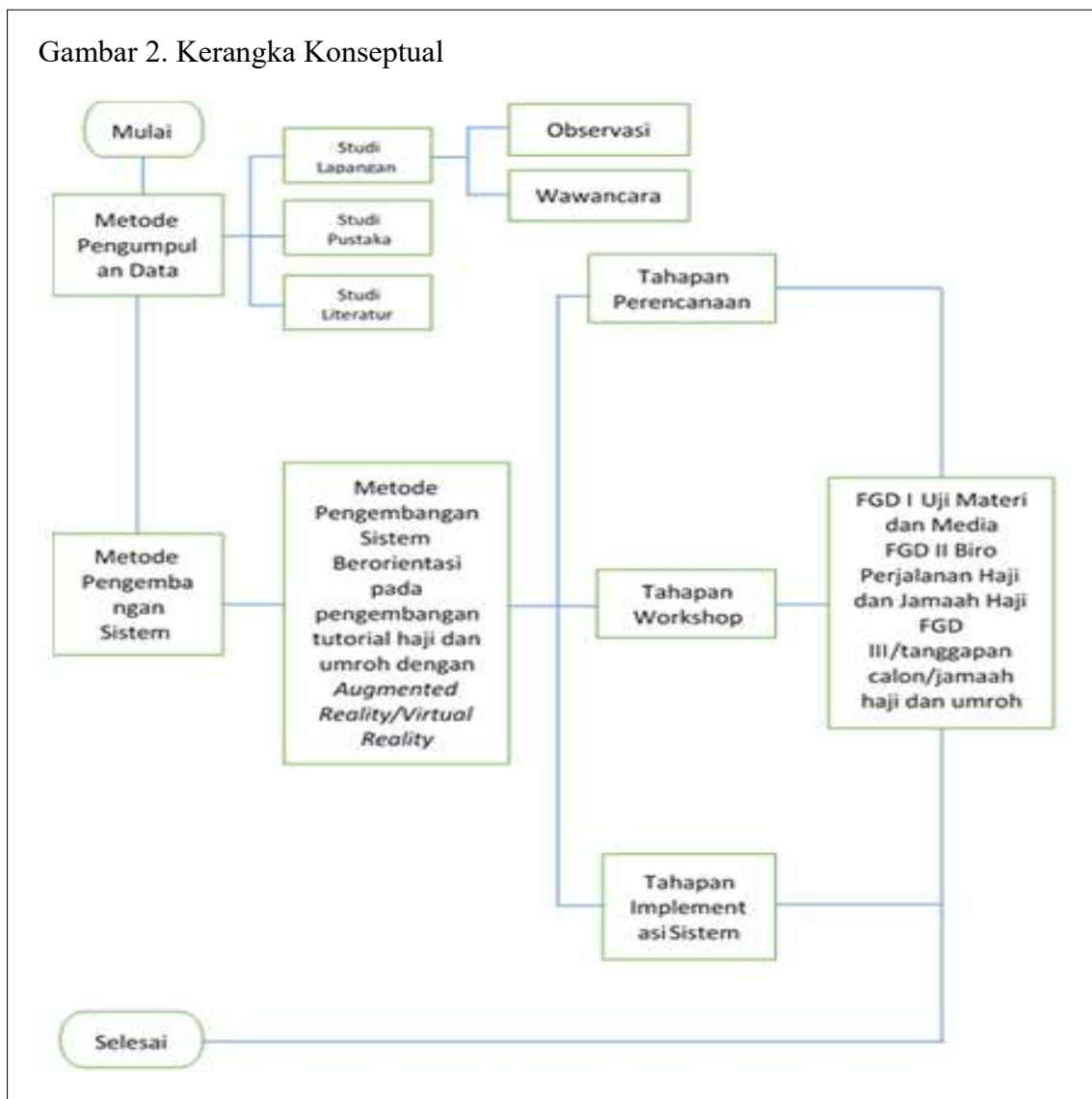
Tahapan penelitian pengembangan yang dikembangkan oleh Borg dan Gall, dijadikan/ dimodifikasi menjadi empat tahapan proses penelitian dan pengembangan, yakni studi pendahuluan yang meliputi studi pustaka dan survei lapangan serta analisis potensi tempat penelitian; pengembangan sistem yang meliputi kegiatan pengembangan produk/aplikasi, uji coba terbatas dan lebih luas; tahapan implementasi yakni uji coba

publik; dan analisis serta validasi produk.

Penelitian ini dilaksanakan di Kantor Wilayah Kementerian Agama DIY pada Bidang Pelayanan Hajidan Umrah. Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan/melengkapi Aplikasi Haji Pintar yang dibuat oleh Direktorat Jenderal Penyelenggaraan Haji dan Umrah Kementerian Agama Republik Indonesia dengan memberikan tambahan fitur baru pada sistem informasi pelayanan

jamaah haji dan umrah. Tingkat kelayakan dan keefektifan fitur baru yang disematkan pada Aplikasi Haji Pintar diketahui melalui validasi oleh ahli materi (Bidang Pengelolaan Haji dan Umrah Kanwil. Kemenag. DIY) dan ahli media (Amanah Kreatif) untuk memperoleh data kelayakan produk/aplikasi, aplikasi divalidasi biro perjalanan haji umrah kemudian setelah divalidasi aplikasi diujicobakan

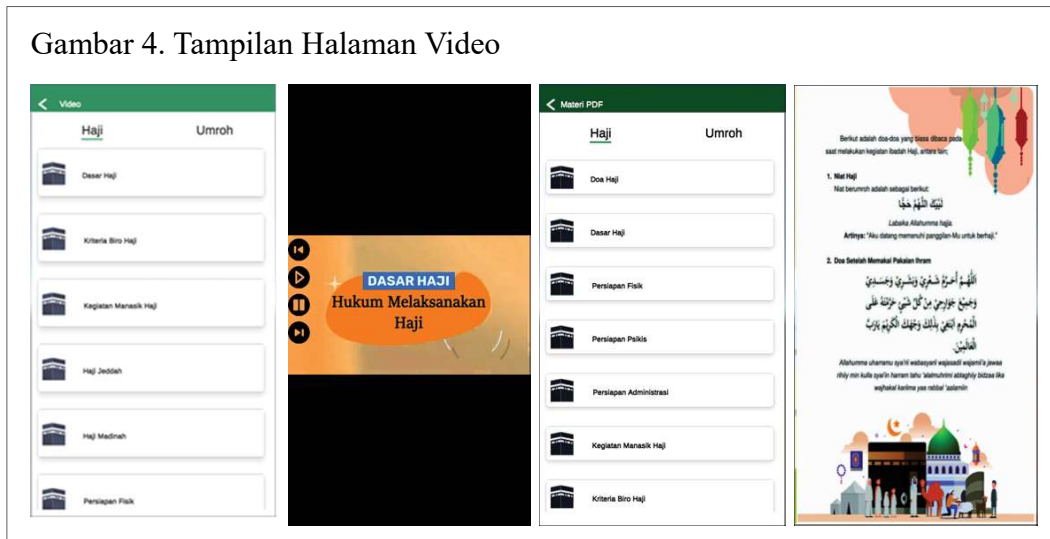
Gambar 2. Kerangka Konseptual



Gambar 3. Tampilan Halaman Pembuka



Gambar 4. Tampilan Halaman Video



pada pengguna yaitu calon/jamaah haji dan umrah. Kerangka konseptual penelitian disajikan pada Gambar 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengembangan rancangan diterjemahkan dalam bahasa mesin/komputer menggunakan bahasa pemrograman unity 3D. Hasil implementasi pengembangan yang

akan ditambahkan dalam sistem informasi pelayanan ibadah haji dan umrah dengan basis AR/VR pada Aplikasi Haji Pintar adalah Tampilan Halaman Pembuka (Gambar 3), Tampilan Halaman Video (Gambar 4), dan Tampilan Fitur *Augmented Reality/Virtual Reality* (Gambar 5).

Data penelitian diperoleh dari kuisioner yang dibagikan kepada ahli materi, ahli

Gambar 5. Tampilan Fitur *Augmented Reality/Virtual Reality*



media, Biro Perjalanan Haji dan Umroh, dan serta mendapat tanggapan oleh calon/jamaah haji umrah. Adapun hasil dari analisis hasil penelitian sebagai berikut.

Pertama, berdasarkan hasil dari penilaian ahli media memperoleh skor 55, sedangkan skor yang diharapkan adalah 65. Hasil perhitungan presentase kelayakan aplikasi sistem informasi pelayanan ibadah haji dan umrah dengan basis AR/VR adalah 85% ahli media mengatakan aplikasi yang dikembangkan dalam kategori Layak.

Kedua, berdasarkan hasil dari penilaian ahli materi memperoleh skor 34, sedangkan skor yang diharapkan adalah 40. Hasil

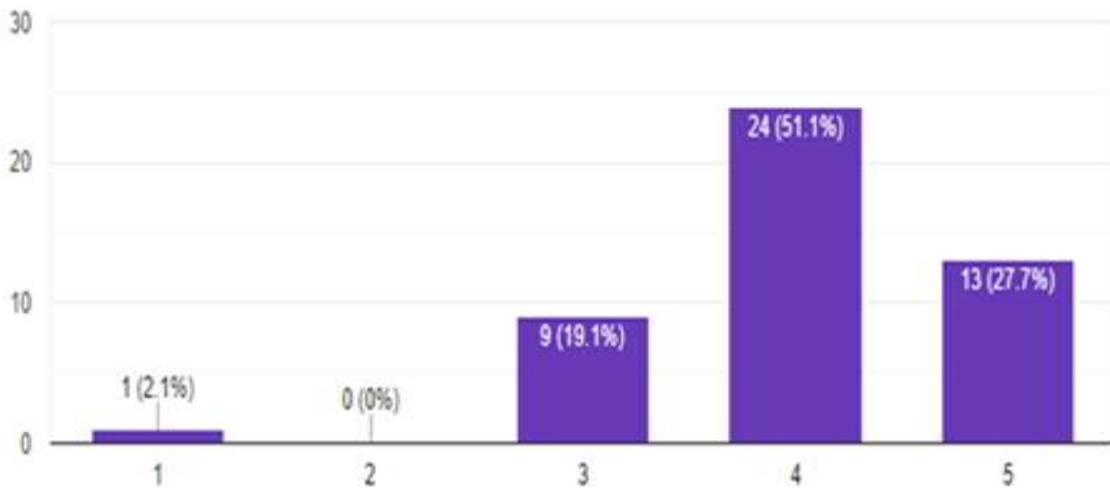
perhitungan presentase kelayakan aplikasi sistem informasi pelayanan ibadah haji dan umrah dengan basis AR/VR adalah 85% ahli materi mengatakan aplikasi yang dikembangkan dalam kategori Layak.

Ketiga, berdasarkan hasil dari penilaian Biro Perjalanan Haji dan Umrah memperoleh skor 26, sedangkan skor yang diharapkan adalah 40. Hasil perhitungan presentase kelayakan aplikasi sistem informasi pelayanan ibadah haji dan umrah dengan basis AR/VR adalah 65% ahli media mengatakan aplikasi yang dikembangkan dalam kategori Cukup Layak. Perlu ada perbaikan kembali.

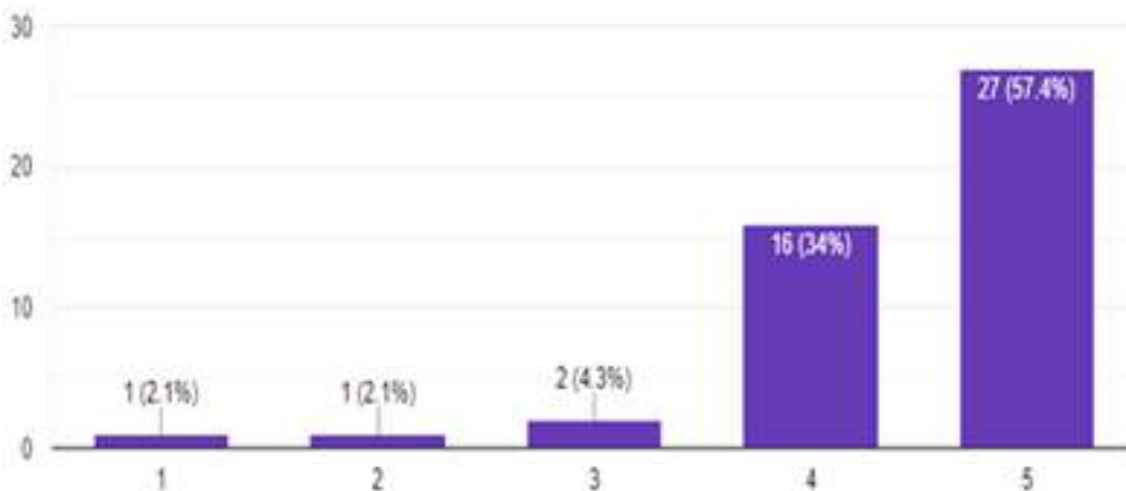
Keempat, berdasarkan hasil dari penilaian/tanggapan dari calon/jamaah haji dan umrah memperoleh skor 2202, sedangkan skor yang diharapkan adalah 2700. Hasil perhitungan presentase kelayakan aplikasi sistem informasi pelayanan ibadah haji

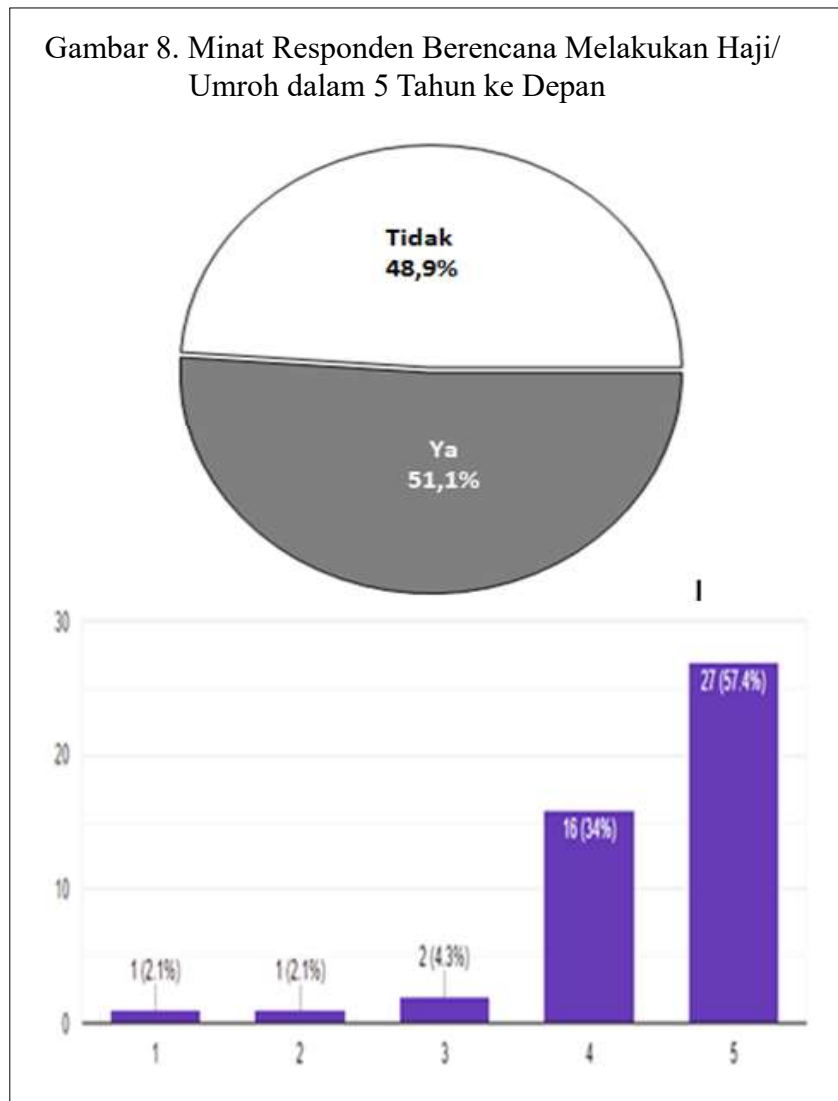
dan umrah dengan basis AR/VR adalah 82% responden mengatakan dalam kategori Layak. Dan menurut perhitungan penilaian dengan skala Likert diperoleh skor rata-rata aplikasi AR/VR interaktif dan bermakna adalah 4,0 sehingga aplikasi

Gambar 6. Grafik Aplikasi AR/VR Interaktif



Gambar 7. Grafik Aplikasi Mudah Dipahami oleh Responden





yang dikembangkan dalam kategori Layak. Sebagian besar responden mengatakan bahwa aplikasi yang dikembangkan AR/VR interaktif dan bermakna. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 6. Aplikasi yang dikembangkan memudahkan responden memahami materi haji dan umrah, dapat ditunjukkan pada Gambar 7. Terdapat 51% responden menjadi termotivasi untuk menunaikan ibadah haji dan umrah. Hal ini dapat ditunjukkan dalam Gambar 8.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwasannya aplikasi sistem informasi pelayanan ibadah haji dan umrah dengan basis AR/VR telah cukup dapat memberikan informasi pada calon/jamaah. *Pertama*, pengembangan sistem Aplikasi Sistem Informasi Pelayanan Haji dan Umrah di Kementerian Agama Republik Indonesia Berbasis AR/VR ini dapat memberikan pengalaman yang

berbeda sehingga akan menambah minat calon/jamaah untuk menunaikan haji dan umrah, karena aplikasi AR/VR ini mampu menciptakan lingkungan virtual yang interaktif. Terbukti ada 51% responden termotivasi untuk menunaikan ibadah haji/umrah. *Kedua*, pengembangan aplikasi sistem informasi pelayanan ibadah haji dan umrah dengan basis AR/VR menurut 82% responden mengatakan dalam kategori Layak. *Ketiga*, aplikasi yang dikembangkan sangat mudah di-*download* dan dijalankan secara *off line* sehingga setelah di-*download* dapat digunakan di manapun tempat, karena tidak terkendala dengan keberadaan wifi, namun aplikasi masih berat. *Keempat*, sistem yang dibuat menggunakan *software* pembuat AR/VR Unity 3D, memiliki keterbatasan *plugin* sehingga *developer* tidak dapat berkreasi terlalu banyak. *Kelima*, AR/VR merupakan 3D Realis dengan jumlah *vertex* yang sangat banyak sehingga membuat aplikasi berat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anshory, U. A. (2018). *Aplikasi augmented reality untuk pembelajaran haji di SDIT Muhammadiyah Al-Kautsar* (Skripsi tidak diterbitkan). Fakultas Komunikasi dan Informatika, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Jazilah, N. (2016). *Aplikasi berbasis augmented reality pada buku panduan wudhu untuk anak* (Skripsi tidak diterbitkan). Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- Mahendra, I. B. M. (2016). Implementasi augmented reality (AR) menggunakan unity 3D dan vuforia SDK. *Jurnal Ilmu Komputer*, 9(1), 1-5. Diunduh dari <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jik/article/view/26341>.
- Mantasia, M., & Jaya, H. (2016). Pengembangan teknologi augmented reality sebagai penguatan dan penunjang metode pembelajaran di SMK untuk implementasi Kurikulum 2013. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 6(3), 281-291.
- Sugiyono. (2012). *Memahami penelitian pendidikan*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Sukmadinata, N. S. (2006). *Metode penelitian pendidikan*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.

INDEKS SUBJEK

Jurnal Penelitian Saintek Volume 25 Nomor 1 dan 2

A

Acarina 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70
Air kelapa 157, 159, 160, 161, 162, 163,
164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171
Amaranthus tricolor 36, 37, 38, 39, 40, 41,
42, 43
Analisis multivariat 103, 105, 112
Anti-aging 124, 125, 126, 127, 129, 130,
131, 132, 133
Antibakteri 11, 12, 13, 14, 15, 20, 21, 22,
23, 53, 55, 56, 57, 58, 59
Aplikasi Haji Pintar 205, 206, 208, 209
Augmented Reality 205, 206, 207, 209, 210

B

Bakteri endofit 143, 144, 145, 146, 147,
148, 149, 150, 151, 153, 154, 155
BAL 53, 54, 58, 59
Barlese Tullgren 62, 64

C

Computational Fluid Dynamics 173
Curcuma (C.) mangga Val 1, 2,3, 4, 5, 6, 7,
8, 9

D

Daun Jelatang 124, 128, 129
Dendrobium nobile (D. nobile) 157, 158,
159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166,
167, 168, 169, 170
Distribusi temperatur 135, 137, 138, 139, 140

E

Electricity production 95
Elektroda titanium dan grafit 115, 117, 120,
121, 122
Elektrodisinfektan 115, 117, 118, 119, 120,
121, 122
Elemen bahan bakar 135
Enzim α -glukosidase 143, 144, 145, 147,
151, 153

F

Fitoremediasi 84, 86, 87, 88, 93
Food waste leachate 95, 96, 97, 98, 101

G

Gaya berat 44, 45, 46, 47, 48
GFR 135, 136, 137, 142

H

Hama 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33,
35
Hidrogen peroksida 115, 117, 118, 120,
121, 122, 123

I

Injeksi molding 173, 174, 175, 179, 182
Inokulan 84, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93

K

Katalis HCl 195
Kitosan 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21,
23
Kompleks basa Schiff 12, 17
Kompos 84, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93
Kulit kayu manis 143, 145, 146, 147, 148,
149, 150, 153
Kultur in vitro 157, 158, 159, 160, 161,
168, 170, 171, 172
Kurkumin 195, 196, 197, 198, 199, 200,
203, 204

L

Lapisan bawah permukaan 44

M

Masker kefir 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60
MATLAB 135, 137, 138
Melon golden 103, 105, 109, 112
Metabolit sekunder 143, 145, 147, 150,
151, 152, 153, 154
Microbial fuel cell 95, 96, 97, 98, 101

Musuh alami 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33

N

NaCl 6, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43

P

Pemodelan 2D 44, 49, 50, 51

pH 115, 117, 119, 120, 121, 122

Produksi pigmen 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80

R

Rami 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93

Rasio substitusi 11, 13

S

Shannon-Wiener 62, 65, 69,

SIAM 184, 185, 186, 187, 188, 190, 191, 192, 193, 194

Sintesis analog 195, 196, 199, 203

Sistem informasi 184, 185, 186, 194

Sistem pendinginan 173, 175, 176, 179, 181, 182, 183

Sitotoksisitas 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9

Staphylococcus epidermidis 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59

System usability scale 184, 193, 194

T

T47D 1, 2, 3, 7, 8, 9

Tanaman barrier 24, 25, 26, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35

TDS 115, 117, 119, 120, 121, 122

U

Urtica dioica L. 124, 125, 128, 133, 134

Usability 184, 185, 186, 187, 188, 190, 193, 194

V

Vanilin 195, 197, 198, 203

Virtualy Reality 205, 206, 209, 210

Vis-SWNIRS 103, 105, 109, 112

Vitamin B1 157, 159, 160, 161, 164, 165, 166, 167, 169, 170

INDEKS PENGARANG
Jurnal Penelitian Saintek Volume 25 Nomor 1 dan 2

A

Amila 124
Aminatun, Tien 24
Anggraini, Wresni 184
Anwar, Chairil 195
Ariani, Menik 135
Azmi, Azhim Azyratul 173

B

Budiwati 24

C

Candra, Reski Mai 184

F

Fadillah, Maria Sarah 72
Fauzun 173

H

Hadiwijaya, Yuda 103
Handiani, Anggun 62
Hidayah, Anisa Setya 24

I

Imtihana, Ema 24
Ismiyarto 1, 143

K

Khikmah, Nur 53
Khumaedi 44
Khusnadiyah, Amin 24
Kusdiyantini, Endang 72
Kusumaningrum 205
Kusumiyati 103

M

Mahardika, Hendra Dwipa Rifky 143
Maimunah, Siti 124
Majid, Akmal Irfan 95
Martha, Rahma Diyan 195

Mercuriani, Ixora S. 157

MM, Teguh 44
Monado, Fiber 135
Mulyani, Nies S. 143
Munawar, Arip 103

N

Nasution, Zuhairiah 124
Ngadiwiyana 11, 143,
Ningsih, Ajeng Desti 53
Nofirza 184
Novari, Sesika 11
Nursyabani, Desvia Diyanti 83

P

Poerwanto, Soenarwan Hery 62
Prabowo, Ian 36
Pranoto, Sigit Haryo 173
Prasetiyo, Angger Bagus 173
Prasetya, Noor Basid Adiwibawa 11, 143
Prasidha, Willie 95
Purnamasari, Ayu 157

R

Rachmawati, Diah 36
Ratnawati 157

S

Sari, Widad Ulfika 184
Sarjono, Purbowatiningrum Ria 11, 143
Saro, Balya Lutfiana Laila 135
Setiawan, Fajar 44
Senoaji, Ali Anton 205
Sudiby, Retno Sunarminingsih 1
Sudirja, Rija 83
Sugiyarto, Lili 24, 157
Supriyadi 44
Suryatmana, Pudjawati 83
Suyanta 115
Suyitno, Aloysius 157

T

Taryono 1

U

Utari, Fika Deni 115

W

Wahyuningsih, Tutik Dwi 195

Wicaksono, Winih 205

Wijanarka 72

Windyaraini, Dila Hening 62

Y

Yaqin, Rizqi Ilmal 173

UCAPAN TERIMA KASIH KEPADA MITRA BESTARI

Dengan hormat, Dewan Redaksi **Jurnal Penelitian Saintek (JPS)** mengucapkan terima kasih atas bantuan Bapak/Ibu yang telah berkenan menjadi mitra bestari **Jurnal Penelitian Saintek** Volume 25 Nomor 1 (April 2020) dan Nomor 2 (Oktober 2020), yaitu:

Dr. I Made Arsana, M.T.
(Universitas Negeri Surabaya)

Prof. Kristian Handoyo Sugiyarto, M. Sc., Ph.D
(Universitas Negeri Yogyakarta)

Prof. Dr. Nunuk Hariani Soekamto
(Universitas Hasanuddin)

Ismiyarto, S.Si., M.Si., Ph.D
(Universitas Diponegoro)

Dr. Ari Widiyantoro, M.Si
(Universitas Tanjungpura)

Sigit Sujatmika, M.Pd
(Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa)

Dr. I Kadek Budi Sandika, S.T., M.Pd.
(STMIK STIKOM Indonesia)