

**PENGERINGAN VAKUM BAHAN ENKAPSULAN EKSTRAK
BUAH MURBEI HITAM (*Morus nigra L.*) DALAM
PEMBUATAN SERBUK PEWARNA ALAMI**

S K R I P S I

Oleh:

RIZA WARDAYANI

NPM : 1704310004

Program Studi : Teknologi Hasil Pertanian



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**

**PENGERINGAN VAKUM BAHAN ENKAPSULAN EKSTRAK
BUAH MURBEI HITAM (*Morus nigra L.*) DALAM
PEMBUATAN SERBUK PEWARNA ALAMI**

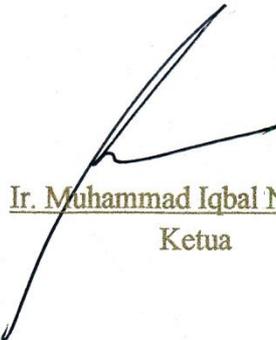
SKRIPSI

Oleh:

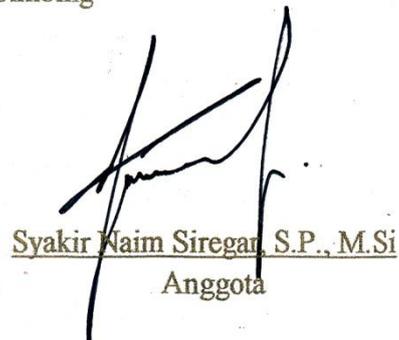
RIZA WARDAYANI
1704310004
Teknologi Hasil Pertanian

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan Strata 1 (S1) pada
Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Komisi Pembimbing



Ir. Muhammad Iqbal Nusa, M.P
Ketua



Syakir Naim Siregar, S.P., M.Si
Anggota

Disahkan Oleh :

Dekan



Dr. Dafni Mawar Farigan, S.P., M.Si

Tanggal Lulus : 5 Oktober 2022

PERNYATAAN

Dengan ini saya :

Nama : Riza Wardayani
NPM : 1704310004

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi dengan judul Pengeringan Vakum Bahan Enkapsulan Ekstrak Buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) Dalam Pembuatan Serbuk Pewarna Alami adalah berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya penjiplakan (plagiarisme), maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Medan, 10 Oktober 2022

Yang Menyatakan



Riza Wardayani

RINGKASAN

Pewarna alami merupakan pewarna yang digunakan untuk memberikan warna pada produk pangan yang didapatkan dari tumbuhan maupun hewan. Warna yang didapatkan berasal dari bagian buah tanaman murbei hitam yang mengandung senyawa antosianin yang bermanfaat untuk melindungi lambung, menghambat sel tumor dan meningkatkan kemampuan penglihatan mata. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi maltodekstrin sebagai bahan enkapsulasi terhadap mutu serbuk perwarna alami buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*), (2) mengetahui pengaruh kombinasi suhu pengeringan dan tekanan vakum terhadap mutu serbuk pewarna alami buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) yang nantinya dihasilkan, (3) mengetahui penambahan konsentrasi maltodekstrin dan kondisi pengeringan vakum yang tepat pada pembuatan serbuk pewarna alami buah murbei hitam (*Morus nigra L.*). Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial yang terdiri dari dua faktor yaitu Faktor I adalah Konsentrasi Maltodekstrin (M) terdiri atas 4 taraf : $M_1 = 10\%$, $M_2 = 15\%$, $M_3 = 20\%$, $M_4 = 25\%$. Faktor II adalah Suhu dan Tekanan Vakum (V) terdiri atas 3 taraf yaitu : $V_1 = 50^\circ\text{C} : 60\text{ Kpa}$, $V_2 = 55^\circ\text{C} : 55\text{ Kpa}$, $V_3 = 60^\circ\text{C} : 50\text{ Kpa}$. Parameter yang diamati yaitu Kadar Air, Kadar Abu, Rendemen, Kadar Antosianin dan Organoleptik Warna. Konsentrasi Maltodekstrin memberikan pengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap semua parameter, sama halnya dengan Suhu dan Tekanan Vakum memberikan pengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap semua parameter. Pengaruh hubungan interaksi memberikan pengaruh sangat nyata pada ($p < 0,01$) pada uji organoleptik warna dan berbeda tidak nyata ($p < 0,05$) terhadap uji kadar air, kadar abu, rendemen dan kadar antosianin.

Berdasarkan seluruh parameter yang diuji serbuk pewarna alami terbaik terdapat pada perlakuan M_1V_1 yaitu konsentrasi maltodekstrin 10% dengan suhu dan tekanan vakum $50^\circ\text{C} : 60\text{ Kpa}$. Disarankan untuk peneliti selanjutnya agar memperpanjang lama pengeringan vakum agar parameter yang diamati sesuai dengan SNI.

SUMMARY

Natural dyes are dyes used to give color to food products obtained from plants and animals. The color obtained comes from the fruit part of the black mulberry plant which contains anthocyanin compounds that are useful for protecting the stomach, inhibiting tumor cells and improving the ability to see the eyes. This study aims to (1) determine the effect of adding maltodextrin concentrations as encapsulation material on the quality of the natural coloring powder of Black Mulberry fruit (*Morus nigra* L.), (2) knowing the effect of the combination of drying temperature and vacuum pressure on the quality of the black mulberry fruit natural dye powder (*Morus nigra* L.) which will be produced, (3) knowing the addition of maltodextrin concentration and proper vacuum drying conditions in the manufacture of the natural coloring powder of black mulberry fruit (*Morus nigra* L.). This research was carried out at the Agricultural Product Technology Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Muhammadiyah, North Sumatra. This study used a factorial Complete Randomized Design (CRD) method consisting of two factors, namely Factor I is Maltodextrin Concentration (M) consisting of 4 levels: $M_1 = 10\%$, $M_2 = 15\%$, $M_3 = 20\%$, $M_4 = 25\%$. Factor II is Vacuum Temperature and Pressure (V) consists of 3 levels, namely: $V_1 = 50^\circ\text{C} : 60\text{ Kpa}$, $V_2 = 55^\circ\text{C} : 55\text{ Kpa}$, $V_3 = 60^\circ\text{C} : 50\text{ Kpa}$. The parameters observed were Water Content, Ash Content, Amendment, Anthocyanin Content and Color Organoleptics. Maltodextrin concentration exerts a very noticeable influence ($p < 0,01$) on all parameters, just as Vacuum Temperature and Pressure exert a very noticeable influence ($p < 0,01$) on all parameters. The effect of the interaction relationship had a very noticeable influence on ($p < 0,01$) on the color organoleptic assay and the unreal difference ($p < 0,05$) on the test of water content, ash content, amendment and anthocyanin levels.

Based on all the parameters tested, the best natural dye powder is found in the M_1V_1 treatment, namely a maltodextrin concentration of 10% with a vacuum temperature and pressure of $50^\circ\text{C} : 60\text{ Kpa}$. It is recommended for subsequent researchers to extend the length of vacuum drying so that the observed parameters are in accordance with SNI.

RIWAYAT HIDUP

Riza Wardayani, lahir di Tanjung Anom, pada tanggal 2 April 1999, anak pertama dari dua bersaudara dari Bapak Julianto Rumpoko dan Ibu Minar Arafah. Bertempat tinggal di Jl. Pancasila Gg. Pancasila 1 No. 104 Tanjung Anom Kec. Pancur Batu Kab. Deli Serdang.

Adapun pendidikan formal yang pernah ditempuh Penulis adalah :

1. Sekolah Dasar Negeri (SDN) 104219 Tanjung Anom, Kec. Pancur Batu, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara Tahun (2005-2011).
2. Sekolah Menengah Pertama (SMP) Swasta Muhammadiyah 03 Medan Selayang, Kota Medan, Sumatera Utara Tahun (2011-2014).
3. Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 15 Medan Tahun (2014-2017).
4. Diterima sebagai mahasiswi Fakultas Pertanian Program Studi Teknologi Hasil Pertanian pada Tahun (2017-2022).

Adapun kegiatan dan pengalaman Penulis yang pernah diikuti selama menjadi mahasiswa antara lain :

1. Mengikuti Pengenalan Kehidupan Kampus Mahasiswa Baru (PKKMB) di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara pada tahun 2017.
2. Mengikuti kegiatan Masa Ta'aruf (MASTA) di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara pada Tahun 2017.
3. Mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Teknologi Hasil Pertanian (HIMALOGISTA) sebagai anggota bidang eksternal dan internal pada tahun 2017.
4. Mengikuti organisasi Himpunan Teknologi Hasil Pertanian (HIMALOGISTA) sebagai Wakil Bendahara II pada tahun 2018.

5. Melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Tanjung Anom, Kec. Pancur Batu, Kab. Deli Serdang pada Tahun 2020.
6. Melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Dinas Katahanan Pangan dan Pertanian Kota Tebing Tinggi pada Tahun 2020.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Alhamdulillahirobbil'alamin, segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya kepada kita, serta tak lupa pula sholawat beriring salam penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengeringan Vakum Bahan Encapsulan Ekstrak Buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) Dalam Pembuatan Serbuk Pewarna Alami”**.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan strata 1 (S1) di Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam penyusunan serta penyelesaian skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penyusunan serta penyelesaian skripsi ini. Penulis banyak mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT dan Nabi besar Muhammad SAW yang telah memberikan berkah dan ridho-Nya kepada penulis untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini. Bapak Prof. Dr. Agussani, M.AP. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Ibu Dr. Dafni Mawar Tarigan, S.P., M.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Bapak Misril Fuadi, S.P., M.Sc. selaku ketua Program Studi Teknologi Hasil Pertanian. Bapak Ir. Muhammad Iqbal Nusa, M.P. selaku ketua pembimbing dan Bapak Syakir Naim Siregar, S.P., M.Si. selaku anggota pembimbing. Dosen-dosen beserta seluruh staf biro dan pegawai Laboratorium Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Ayahanda dan ibunda yang telah mengasuh, mendidik, memberikan kasih

sayang, do'a serta semangat baik secara moril dan materil sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Strata 1 (S1). Sahabatku Anggia Irhamna, Icha Dwi Miranda, Dwi Sartika Hasibuan, Mitha Amelia, Tri Widyanita, Dian Arsita Fitri, Mahriza Hany dan Atikah Sibarani yang selalu membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Teman-teman seperjuangan THP 2017 yang telah bekerjasama untuk saling membantu serta memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan. Oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan skripsi ini. Serta besar harapan penulis agar skripsi ini dapat bermanfaat untuk semua pihak.

Wassalamua'alaikum Wr.Wb

Medan, Juni 2022

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
RIWAYAT HIDUP	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Tujuan Penelitian	4
Hipotesa Penelitian	5
Kegunaan Penelitian	5
TINJAUAN PUSTAKA	6
Murbei Hitam (<i>Morus nigra L.</i>)	6
Antosianin	9
Asam Citrus	11
Maltodekstrin	12
Tween 80	13
Metode Enkapsulasi	14
Pengeringan Vakum	15
Syarat Mutu Serbuk	17
BAHAN DAN METODE	18
Tempat dan Waktu Penelitian	18
Bahan Penelitian	18
Alat Penelitian	18
Metode Penelitian	18
Model Rancangan Percobaan	19
Pelaksanaan Penelitian	20
Parameter Pengamatan	21

HASIL DAN PEMBAHASAN	27
Kadar Air	28
Pengaruh Konsentrasi maltodekstrin	28
Pengaruh Suhu dan Tekanan Vakum	30
Pengaruh Interaksi Antara Konsentrasi Maltodekstrin dengan Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Kadar Air	32
Kadar Abu	32
Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin	32
Pengaruh Suhu dan Tekanan Vakum	33
Pengaruh Interaksi Antara Konsentrasi Maltodekstrin dengan Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Kadar Abu	35
Rendemen	36
Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin	36
Pengaruh Suhu dan Tekanan Vakum	38
Pengaruh Interaksi Antara Konsentrasi Maltodekstrin dengan Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Rendemen	40
Kadar Antosianin	40
Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin	40
Pengaruh Suhu dan Tekanan Vakum	42
Pengaruh Interaksi Antara Konsentrasi Maltodekstrin dengan Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Kadar Antosianin	44
Organoleptik Warna	44
Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin	44
Pengaruh Suhu dan Tekanan Vakum	46
Pengaruh Interaksi Antara Konsentrasi Matodekstrin dengan Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Organoleptik Warna	48
KESIMPULAN DAN SARAN	52
Kesimpulan	52
Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	59

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
1.	Kandungan Zat Gizi dalam Buah Murbei Segar per 100 g	9
2.	Syarat Mutu Serbuk Berdasarkan SNI 01-4320-1996	17
3.	Skala Uji Terhadap Warna	24
4.	Data Hasil Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Parameter yang Diamati	27
5.	Data Hasil Pengaruh Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Parameter yang Diamati	27
6.	Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Maltodekstrin Terhadap Kadar Air	28
7.	Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Kadar Air	30
8.	Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Maltodekstrin Terhadap Kadar Abu	32
9.	Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Kadar Abu	34
10.	Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Maltodekstrin Terhadap Rendemen	36
11.	Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Rendemen	38
12.	Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Maltodekstrin Terhadap Kadar Antosianin	40
13.	Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Kadar Antosianin	42
14.	Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Maltodekstrin Terhadap Organoleptik Warna	45
15.	Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Organoleptik Warna	47
16.	Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Interaksi Maltodekstrin dengan Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Uji Organoleptik Warna	49

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Halaman
1.	Buah Murbei Hitam (<i>Morus nigra L.</i>)	7
2.	Struktur Kimia Antosianin	10
3.	Struktur Kimia Maltodekstrin	12
4.	Diagram Alir Pembuatan Ekstrak Buah Murbei Hitam (<i>Morus nigra L.</i>)	25
5.	Diagram Alir Pembuatan Serbuk Pewarna Alami Murbei Hitam (<i>Morus nigra L.</i>) dengan Metode Enkapsulasi	26
6.	Hubungan Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Kadar Air	29
7.	Hubungan Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Kadar Air	31
8.	Hubungan Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Kadar Abu	33
9.	Hubungan Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Kadar Abu	34
10.	Hubungan Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Rendemen	37
11.	Hubungan Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Rendemen	39
12.	Hubungan Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Kadar Antosianin	41
13.	Hubungan Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Kadar Antosianin	43
14.	Hubungan Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Organoleptik Warna	45
15.	Hubungan Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Organoleptik Warna	47
16.	Hubungan Interaksi Konsentrasi Maltodekstrin dengan Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Organoleptik Warna	50

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul	Halaman
1.	Data Hasil Pengamatan Kadar Air dan Analisa Sidik Ragam Kadar Air	59
2.	Data Hasil Pengamatan Kadar Abu dan Analisa Sidik Ragam Kadar Abu	60
3.	Data Hasil Pengamatan Rendemen dan Analisa Sidik Ragam Rendemen	61
4.	Data Hasil Pengamatan Kadar Antosianin dan Analisa Sidik Ragam Kadar Antosianin	62
5.	Data Hasil Pengamatan Organoleptik Warna dan Analisa Sidik Ragam Organoleptik Warna	63
6.	Lampiran Dokumentasi Kegiatan Penelitian	64

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Di Indonesia penggunaan bahan tambahan pangan telah dikenal di masyarakat secara luas. Salah satu bahan tambahan pangan yang sering digunakan adalah pewarna. Zat warna menurut asalnya terbagi dua yaitu zat warna alami dan zat warna sintetik. Penggunaan zat warna terutama dalam makanan dan minuman dilakukan untuk memberikan atau memperbaiki warna makanan dan minuman serta memberikan daya tarik bagi konsumen (Winarti *dkk.*, 2008). Dengan tingginya penggunaan pewarna sintesis dimasyarakat membuat produksi dari pewarna sintesis juga semakin tinggi. Sehingga penggunaan pewarna alami kurang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat, hal ini dikarenakan pewarna sintesis lebih mudah dicari dan lebih praktis digunakan. Penggunaan pewarna sintesis dapat menimbulkan masalah kesehatan dan lingkungan. Penggunaan pewarna sintesis seperti *Rhodamin B*, *Methanyl Yellow* dan *Amaranth* pada makanan dan minuman sangat berbahaya karena dapat memicu terjadinya kanker serta kerusakan ginjal dan hati (Reysa, 2013).

Pewarna alami merupakan pewarna yang biasanya digunakan untuk memberikan warna pada makanan dan minuman yang lebih aman untuk diberikan kepada produk pangan, karena tidak mengandung senyawa yang berbahaya dan bisa didapatkan dari tumbuhan maupun hewan (Downham dan Collins, 2000). Pada umumnya pewarna alami dapat dimanfaatkan dari daun pandan suji, ubi ungu dan buah naga sebagai warna yang sering ditambahkan kedalam bahan makanan dan minuman.

Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) adalah tanaman yang dapat berbuah sepanjang tahun (Rahmasari *dkk.*, 2014). Di Medan khususnya yang bukan daerah penghasil tekstil sutera, Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) hanya dimanfaatkan sebagai tanaman kebun. Bagian tanaman Murbei yang banyak dimanfaatkan adalah bagian daunnya, karena daun tersebut merupakan pakan dari ulat sutera sehingga buah Murbei kurang termanfaatkan (Sartono, 2011). Dilihat dari segi buahnya bahwa buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) memiliki manfaat mencegah penyakit anemia, karena buah kehitaman ini kaya akan zat besi yang penting bagi pertumbuhan sel darah merah (Dalimartha, 2002). Dilihat dari karakter fisiknya bahwa buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) adalah buah berwarna merah hingga kehitaman yang mengandung antosianin hingga 1993 mg/100 g (Astawan, 2008).

Antosianin adalah pigmen berwarna merah, biru dan ungu yang dapat larut dalam air dan banyak terdapat dalam buah dan sayuran yang juga berperan sebagai antioksidan (Soeroso *dkk.*, 2017). Manfaat positif antosianin untuk manusia adalah untuk melindungi lambung dari kerusakan, menghambat sel tumor dan meningkatkan kemampuan penglihatan mata (Agustin dan Ismiyati, 2015).

Pada pembuatan pewarna alami buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) metode yang digunakan adalah metode enkapsulasi. Enkapsulasi merupakan suatu proses untuk menangkap senyawa aktif didalam senyawa atau campuran lain sebagai bahan penyalut (Nedovic, 2011). Tujuan dari enkapsulasi adalah mempermudah penanganan bahan dengan berubah bentuk dari cair ke bubuk. Perubahan bentuk dari cair ke bubuk akan meningkatkan kestabilan selama proses

pengolahan sampai ke produk akhir, sehingga akan mengurangi reaksi dengan senyawa lainnya yang bersifat merusak bahan (Wijaya dan Suharta, 2019). Nantinya lapisan akan terbentuk selama proses pengeringan dan menyalut inti. Partikel yang dihasilkan kecil dan *flavor* akan terlepas dengan proses pelarutan (Zuidam dan Heinrich, 2010). Bahan penyalut yang digunakan dalam enkapsulasi sari buah Murbei Hitam (*Morus nigra L*) adalah maltodekstrin. Maltodekstrin dapat melapisi komponen dari *flavor*, total padatan dapat ditingkatkan jumlahnya dan mengurangi kerusakan dari bahan yang dikeringkan. Maltodekstrin juga dapat berfungsi untuk melindungi senyawa penting dalam bahan seperti antioksidan, karena maltodekstrin memiliki daya ikat yang kuat terhadap bahan yang disalut (Oktaviana, 2012).

Pengeringan adalah suatu proses pengurangan kadar air pada suatu bahan dengan menggunakan energi panas yang nantinya akan menghasilkan produk dalam bentuk kering. Dalam penelitian ini dilakukan pengeringan bahan dengan menggunakan oven vakum. Suhu yang digunakan pada pengeringan vakum yaitu menggunakan suhu rendah. Dimana pada bahan yang digunakan dalam pembuatan pewarna alami ini terdapat kandungan pigmen antosianin yang sangat sensitif terhadap suhu panas. Selain itu suhu pemanasan yang tinggi akan merubah warna alami dari pigmen antosianin tersebut. Oven vakum juga dikenal untuk mengeringkan serbuk dengan alasan menghindari panas yang berlebih sehingga akan mempengaruhi kualitas produk dan keamanannya.

Melihat buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) yang kurang dimanfaatkan oleh masyarakat dan jumlah penggunaan pewarna sintesis yang juga tinggi, sehingga dilakukanlah pembuatan pewarna alami dari buah Murbei Hitam (*Morus*

nigra L) dalam bentuk serbuk, dikarenakan apabila pewarna alami dibuat dalam bentuk serbuk maka pewarna alami tersebut memiliki kelebihan kadar air yang rendah, umur simpan yang lebih lama, praktis dalam penggunaan dan penyimpanan (Permatasari *dkk.*, 2020).

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas maka penulis berkeinginan untuk melakukan sebuah penelitian dengan judul **“PENGERINGAN VAKUM BAHAN ENKAPSULAN EKSTRAK BUAH MURBEI HITAM (*Morus nigra L.*) DALAM PEMBUATAN SERBUK PEWARNA ALAMI”**.

Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi maltodekstrin sebagai bahan enkapsulasi terhadap mutu serbuk perwarna alami buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*).
2. Untuk mengetahui pengaruh kombinasi suhu pengeringan dan tekanan vakum terhadap mutu serbuk pewarna alami buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) yang nantinya dihasilkan.
3. Untuk mengetahui penambahan konsentrasi maltodekstrin dan kondisi pengeringan vakum yang tepat pada pembuatan serbuk pewarna alami buah murbei hitam (*Morus nigra L.*).

Hipotesa Penelitian

1. Adanya pengaruh penambahan konsentrasi maltodekstrin terhadap mutu serbuk pewarna alami buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*).
2. Adanya pengaruh kombinasi suhu pengeringan dan tekanan vakum terhadap mutu serbuk pewarna buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) yang dihasilkan.
3. Adanya pengaruh hubungan interaksi konsentrasi maltodekstrin, dengan kombinasi suhu dan tekanan vakum terhadap mutu serbuk pewarna alami buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) yang dihasilkan.

Kegunaan Penelitian

1. Sebagai sumber informasi dan pengetahuan dalam hal teknologi pengolahan buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) sebagai serbuk pewarna alami.
2. Sebagai peningkatan nilai tambah buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) sebagai produk untuk dijadikan pewarna alami.
3. Sebagai sumber pengetahuan bagi masyarakat untuk dapat memanfaatkan buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*).
4. Sebagai persyaratan untuk menyelesaikan tugas akhir pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

TINJAUAN PUSTAKA

Murbei Hitam (*Morus nigra* L.)

Murbei hitam (*Morus nigra* L.) merupakan salah satu spesies dari genus *Morus* dan termasuk ke dalam famili *Moraceae* (Ferlinahayati dkk., 2012). Tanaman Murbei memiliki sebutan dari beberapa negara di dunia yaitu *Gelsa* (Italia), *Maymon, tam* (Vietnam), *Murles* (Prancis), *Mourbei* (Belanda), *Sangye* (Cina), serta *Murberry* (Inggris). Di Indonesia murbei memiliki berbagai macam sebutan seperti *Murbai, besaran* (Jawa Tengah, Jawa Timur dan Bali), *Kerta, kitau* (Sumatera), *Gertu* (Sulawesi) dan *Kitau* (Lampung) (Dalimartha, 2000).

Tanaman Murbei memiliki persebaran yang cukup luas, mulai dari daerah sub tropis sampai dengan daerah tropis. Tanaman Murbei Hitam (*Morus nigra* L.) berbentuk semak (perdu) yang tingginya 5-6 meter, dapat juga berbentuk pohon yang tingginya dapat mencapai 20-25 meter. Curah hujan yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman murbei hitam (*Morus nigra* L.) antara 635-2500 mm/tahun dengan suhu optimal antara 23,9°C dan 26,6°C, tetapi pada umumnya tanaman Murbei Hitam (*Morus nigra* L.) dapat tumbuh dengan baik pada suhu minimum 13°C dan suhu maksimum 38°C. (Atmosoedarjo, 2000).

Setiap tahunnya dalam 1 Ha Murbei dapat menghasilkan 15-20 ton sehingga dapat dikalkulasikan jumlah produksi murbei setiap tahunnya yang tersedia di Jawa Barat sebanyak 37.500 ton (Departemen Kehutanan, 2009). Saat ini terdapat 45.085,5 Ha lahan Murbei di Indonesia dan sekitar 9.000 hektar diantaranya terdapat di Jawa Barat (Utomo, 2013).



Gambar 1. Buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*)

Menurut Sunanto (1997) tanaman Murbei Hitam (*Morus nigra L.*)

memiliki klasifikasi sebagai berikut :

- Kingdom : Plantae
- Divisi : Spermatophyta
- Subdivisi : Angiospermae
- Kelas : Dicotyledoneae
- Ordo : Urticales
- Famili : Moraceae
- Genus : *Morus*
- Spesies : *Morus nigra L.*

Tanaman Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) adalah salah satu tanaman yang kaya akan senyawa fenolik. Pada bagian buah murbei hitam memiliki kandungan kimia yang tinggi antosianin, fenolik, flavonoid dan komponen asam lemak (Khaira dan Ramadhania, 2018). Selain itu buah murbei hitam (*Morus nigra L.*) memiliki kandungan gula pereduksi, total fenolik, total antosianin, total flavonik, total karotenoid dan kapasitas antioksidan total (Aljane and Sdiri, 2016).

Buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) memiliki zat aktif antosianin yang berperan sebagai antioksidan. Ditinjau dari komposisi kimiawi buahnya, tanaman Murbei memiliki senyawa-senyawa penting yang menguntungkan bagi kesehatan manusia. Diantaranya adalah kandungan cyanidin yang berperan sebagai antosianin, inositol, sakarida, asam linoleat, asam stearat, asam oleat dan vitamin (karotin, B1, B2, C). Keunggulan yang dimiliki tersebut menjadikan tanaman ini berpotensi untuk diolah menjadi produk pangan fungsional yang memiliki nilai tambah di masyarakat (Utomo, 2013).

Manfaat buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) adalah menurunkan tekanan darah tinggi (hipertensi), mengurangi jantung berdebar (palpitasi), mengobati susah tidur (insomnia), mengobati batuk berdahak, telinga berdenging (tinnitus), mengobati tuli, sakit kepala (vertigo), sembelit pada orang tua, kurang darah (anemia), sakit otot dan persendian, sakit tenggorokan, rambut beruban dan sakit otot (Wirani, 2017).

Menurut Yuliawati (2019) bahwa zat gizi utama Murbei adalah mineral-mineral seperti kalsium, pottasium, magnesium, dan fosfor. Selain itu terdapat pula vitamin C, vitamin A serta folat. Kandungan zat gizi dalam buah Murbei segar setiap 100 gram dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Kandungan Zat Gizi dalam Buah Murbei Segar per 100 g

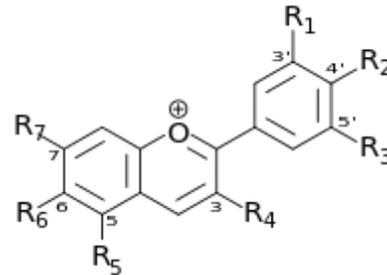
Kandungan Gizi	Proporsi
Proksimat	
Air	87,68 g
Energi	43 kkal
Protein	1,44 g
Lemak Total	0,39 g
Karbohidrat	9,80 g
Serat	1,7 g
Gula Total	8,10 g
Mineral	
Kalsium	39 mg
Besi	1,85 mg
Magnesium	18 mg
Fosfor	38 mg
Kalium	194 mg
Natrium	10 mg
Seng	0,12 mg
Vitamin	
Vitamin C	36,4 mg
Thiamin	0,029 mg
Riboflavin	0,101 mg
Niasin	0,620 mg
Vitamin B6	0,050 mg
Asam folat	6 µg
Vitamin A, RAE ^b	6 µg
Vitamin A, IU ^a	1 µg
Vitamin E (alfa-tokoferol)	0,87 mg
Vitamin K	7,8 µg
Lemak	
Asam lemak jenuh	0,027 mg
Asam lemak tak jenuh tunggal	0,041 mg
Asam lemak tak jenuh ganda	0,207 mg

Sumber : USDA (2016) dalam Wirani (2017).

Antosianin

Antosianin merupakan golongan senyawa fenolik yang dapat larut dalam pelarut polar, serta bertanggung jawab dalam memberikan warna oranye, merah, ungu, biru, hingga hitam pada tumbuhan tingkat tinggi seperti bunga, buah-buahan, biji-bijian, sayuran dan umbi-umbian (Priska *dkk.*, 2018). Antosianin termasuk kedalam golongan flavonoid, yang memiliki fungsi sebagai antioksidan yang diyakini dapat menyembuhkan penyakit degeneratif (Anggraeni *dkk.*, 2018).

Senyawa antosianin yang banyak ditemukan yaitu pelargonidin, peonidin, sianidin, malvidin, petunidin dan delphinidin (Agustin dan Ismiyati, 2015).



Gambar 2. Struktur Kimia Antosianin

Faktor yang mempengaruhi stabilitas antosianin tidak hanya pada suhu pemanasan dan proses pengolahan saja, namun dipengaruhi juga oleh faktor intrinsik dan ekstrinsik dalam produk, seperti pH, suhu penyimpanan, struktur kimia dan konsentrasi antosianin, keberadaan cahaya, oksigen, enzim, protein dan ion logam (Suhartatik, 2013).

Kestabilan antosianin dalam air maupun pelarut polar yang bersifat netral atau basa akan lebih baik dengan penambahan asam organik seperti asam asetat, asam sitrat atau asam klorida. Kombinasi pelarut polar dengan asam organik yang tepat akan mendapatkan kondisi pH yang sangat asam (pH 1-2) dan dapat lebih memantapkan kestabilan antosianin dalam bentuk kation flavium merah, apabila pelarut dikombinasikan dengan asam lemah maka perubahan warna antosianin akan berubah menjadi warna merah memudar pada pH 3, merah keunguan pada pH 4, ungu pada pH 5-6 dan ungu biru pada pH 7 (Priska *dkk.*, 2018).

Salah satu fungsi antosianin adalah sebagai antioksidan di dalam tubuh sehingga dapat mencegah terjadinya aterosklerosis, penyakit penyumbatan pembuluh darah, melalui oksidasi lemak jahat dalam tubuh, yaitu lipoprotein densitas rendah. Kemudian antosianin juga melindungi integritas sel endotel

dengan melapisi dinding pembuluh darah, sehingga tidak terjadi kerusakan. Kerusakan sel endotel merupakan awal mula pembentukan aterosklerosis sehingga harus dihindari. Selain itu, antosianin juga merelaksasi pembuluh darah untuk mencegah aterosklerosis dan penyakit kardiovaskuler lainnya. Berbagai manfaat positif dari antosianin untuk kesehatan manusia adalah untuk melindungi lambung dari kerusakan, menghambat sel tumor, meningkatkan kemampuan penglihatan mata, serta berfungsi sebagai senyawa anti-inflamasi yang melindungi otak dari kerusakan. Selain itu, beberapa studi juga menyebutkan bahwa senyawa tersebut mampu mencegah obesitas dan diabetes, meningkatkan kemampuan memori otak dan mencegah penyakit neurologis, serta menangkal radikal bebas dalam tubuh (Agustin dan Ismiyati, 2015).

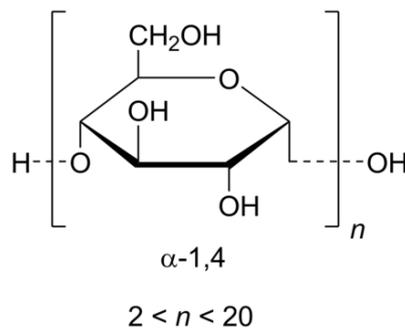
Asam Citrus

Asam Citrus (2-hydroxy-1,2,3-propanetricarboxylic acid) merupakan asam organik lemah yang terdapat pada daun dan buah tumbuhan genus *Citrus* (jeruk-jerukan) (Widyorini, 2012). Senyawa ini merupakan bahan pengawet alami yang baik dan dapat juga dipakai untuk mengatur tingkat kemasaman pada berbagai pengolahan makanan dan minuman ringan. Penggunaan asam citrus kedalam makanan cenderung aman karena mudah dimetabolisme dan dikeluarkan oleh tubuh (Surest *dkk.*, 2013).

Asam citrus sering digunakan pada industri makanan dan minuman karena sifat asam citrus menguntungkan dalam pencampuran. Kegunaan lain, yaitu sebagai pengawet, pencegah kerusakan warna dan aroma, menjaga turbiditas, penghambat oksidasi, penginvert sukrosa, penghasil warna gelap pada kembang gula, jam, jelly dan pengatur pH (Sasmitaloka, 2017).

Maltodekstrin

Maltodekstrin merupakan produk hidrolisis pati yang mengandung unit α -D-glukosa yang sebagian besar terikat melalui ikatan 1,4 glikosidik dengan DE kurang dari 20. Maltodekstrin merupakan campuran dari glukosa, maltosa, oligosakarida dan dekstrin. Maltodekstrin biasanya dideskripsikan oleh DE (Dextrose Equivalent). Maltodekstrin dengan DE yang rendah bersifat non-higroskopis, sedangkan maltodekstrin dengan DE tinggi cenderung menyerap air. Maltodekstrin merupakan larutan terkonsentrasi dari sakarida yang diperoleh dari hidrolisa pati dengan penambahan asam atau enzim. Kebanyakan produk ini ada dalam bentuk kering dan hampir tak berasa. Maltodekstrin sangat banyak aplikasinya seperti bahan pengental sekaligus dapat dipakai sebagai emulsifier (Srihari *dkk.*, 2010).



Gambar 3. Struktur Kimia Maltodekstrin

Sifat yang dimiliki maltodekstrin antara lain mengalami dispersi cepat, memiliki sifat daya larut yang tinggi serta maupun membentuk film, memiliki sifat higroskopis rendah, mampu membentuk body, sifat browning yang rendah, mampu menghambat kristalisasi dan memiliki daya ikat yang kuat. Kelebihan yang dimiliki maltodekstrin yaitu mudah larut dalam air dingin. Aplikasi penggunaan maltodekstrin contohnya pada minuman susu bubuk, minuman sereal

berenergi dan minuman prebiotik (Srihari *dkk.*, 2010). Tujuan penambahan maltodekstrin yaitu untuk melapisi komponen flavor, memperbesar volume, mempercepat proses pengeringan, mencegah kerusakan bahan akibat panas serta meningkatkan daya kelarutan dan karakteristik organoleptik serbuk pewarna alami buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) (Yuliawaty dan Susanto, 2015).

Tween 80

Tween 80 dengan rumus kimia $C_6H_{12}O_6$ memiliki karakteristik cairan berwarna kuning yang kental seperti minyak pada suhu $25^{\circ}C$, memiliki bau yang khas, tidak menimbulkan alergi, memberikan sensasi hangat pada kulit, serta berasa pahit, larut dalam etanol dan air tetapi tidak larut dalam minyak dan mineral serta memiliki tingkat toksinitas yang rendah. Penggunaan tween 80 pada konsentrasi 20 hingga 40% bobot formula dapat membentuk sediaan nanoemulsi tipe O/W dengan ukuran tetesan (Rowe *et al.*, 2009).

Tween 80 berperan sebagai *emulsifying agent*. Tween 80 yang dicampurkan pada bahan baku akan membentuk campuran emulsi. Tween 80 mempunyai kemampuan viskositas fase pendispersi serta menciptakan lapisan tipis yang kuat untuk mencegah terjadinya penggabungan fase terdispersi sehingga tidak akan mengalami endapan. Penambahan Tween 80 akan mendorong pembentukan *foam* (busa). *Foam* (busa) yang terbentuk akan mempermudah penyerapan air saat pengocokan dan pencampuran sebelum dikeringkan (Suryanto, 2018).

Metode Enkapsulasi

Enkapsulasi merupakan teknik penyalutan suatu bahan aktif yang semula berbentuk cair menjadi bentuk padatan yang dilapisi oleh bahan penyalut. Enkapsulasi dapat melindungi stabilitas senyawa kimia yang terkandung dalam bahan dan melindungi senyawa aktif dari degradasi yang dapat membentuk senyawa beracun dan memperpanjang umur simpan (Anal dan Singh, 2007).

Mikroenkapsulasi adalah proses di mana membran membungkus partikel kecil padat, cair atau gas yang membentuk mikrokapsul (Jyothi *et al.*, 2012). Teknik ini diterapkan terutama untuk melindungi inti bernilai tinggi bahan dari kondisi yang keras seperti cahaya, kelembaban, oksigen dan interaksi dengan senyawa lain (Tonon *et al.*, 2011). Mikroenkapsulasi juga dapat meningkatkan karakteristik produk akhir, seperti sebagai stabilitas, kelarutan dan peningkatan umur produk, serta membantu pelepasan terkontrol dari enkapsulasi bahan dalam kondisi tertentu (Pereira *dkk.*, 2018).

Jenis bahan penyalut yang digunakan pada proses enkapsulasi yaitu maltodekstrin. Maltodekstrin memiliki kemampuan untuk membentuk emulsi dan memiliki viskositas yang rendah. Penambahan maltodekstrin dapat mempercepat proses pengeringan, meningkatkan total padatan, mencegah kerusakan akibat panas selama pengeringan, melapisi komponen *flavor* dan memperbesar volume (Mulyani *dkk.*, 2014). Menurut Gharshalloui (2007) bahwa bahan pengisi yang ditambahkan akan menjadi mikroenkapsulan yang berfungsi sebagai lapisan pelindung dan dinding luar bahan yang akan dikeringkan, sehingga bahan tersebut terlindung dari denaturasi dan hilangnya komponen senyawa kimia.

Prinsip kerja enkapsulasi adalah adanya gabungan fase air, fase zat inti dan fase bahan pengisi sehingga menghasilkan emulsifier yang stabil dengan cara menempelnya bahan pelapis pada permukaan bahan inti dan dapat memperkecil ukuran partikel-partikel saat proses berlangsung. Tujuannya dapat menjaga kestabilan daya larut suatu bahan, menghasilkan partikel padatan dari bahan pengisi yang digunakan dan meminimalisir kehilangan nutrisi (Dubey, 2009).

Pada enkapsulasi terdapat langkah-langkah yang dilakukan untuk membuat serbuk Murbei Hitam (*Morus nigra L.*). Langkah-langkah yang dilakukan yaitu menyiapkan bahan yang disalut. Dalam hal ini bahan yang disalut yaitu ekstrak Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) yang kemudian ditambahkan maltodektrin (bahan penyalut) kedalam ekstrak, langkah selanjutnya yaitu maltodektrin dan ekstrak akan menyatu dan membentuk emulsifikasi sehingga terjadinya proses emulsi pada suatu campuran yang berfungsi sebagai fase kontiniu. Ekstrak ditambahkan dengan tween 80 yang kemudian dihomogenkan. Sehingga tidak terjadinya penggabungan antara fase terdispersi dan fase kontiniu. Nantinya bahan yang telah dihomogenkan akan tercampur terhadap bahan tersalut dengan bahan yang disalut. Kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven vakum.

Pengeringan Vakum

Pengering vakum merupakan pengering yang dapat bekerja pada suhu dan tekanan yang rendah. Prinsip dari pengering vakum adalah mengkondisikan tekanan vakum pada ruang pengeringan sehingga bahan dapat dikeringkan pada suhu rendah. Pengeringan digunakan untuk mendapatkan produk dengan kualitas tinggi, meminimalisir terbuangnya aroma, zat aktif dan volatil (mudah menguap),

serta memperkecil kerusakan nutrisi pada bahan, seperti denaturasi protein, browning (pencoklatan bahan) dan reaksi enzimatik (Widyanti *dkk.*, 2019).

Keunggulan penggunaan metode vakum dalam pengeringan dibandingkan dengan metode pengeringan konvensional adalah proses pengeringan yang berlangsung relatif cepat serta mampu menurunkan titik didih air, sehingga dapat mengeluarkan air dari bahan yang dikeringkan lebih cepat walaupun pada suhu yang lebih rendah. Menurut Histifarina dan Musaddad (2004) dan Perumal (2007), dengan tekanan vakum yang lebih rendah dari tekanan atmosfer, maka air pada bahan dapat menguap pada suhu yang lebih rendah (titik didih air kurang dari 100°C). Hal ini menyebabkan produk yang dikeringkan memiliki kualitas yang lebih baik, karena tekstur, citarasa, dan kandungan gizi yang terkandung di dalamnya tidak rusak akibat suhu pengeringan yang tinggi (Kutovoy *et al.* 2004).

Syarat Mutu Serbuk

Berikut syarat mutu SNI dari produk Serbuk yang terdapat pada tabel 2.

Tabel 2. Syarat Mutu Serbuk Berdasarkan SNI 01-4320-1996

Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
Warna		normal
Bau		normal, khas rempah
Rasa		normal, khas rempah
Kadar air, b/b	%	3,0 - 5,0
Kadar abu, b/b	%	maksimal 1,5
Cemaran logam		
Timbal (Pb)	mg/kg	maksimal 0,2
Tembaga (Cu)	mg/kg	maksimal 2,0
Seng (Zn)	mg/kg	maksimal 50
Timah (Sn)	mg/kg	maksimal 40
Merkuri (Hg)	mg/kg	tidak boleh ada
Cemaran arsen (As)	mg/kg	maksimal 0,1
Cemaran mikroba		
Angka lempengan total	Koloni/g	3×10^3
Coliform	APM/g	< 3

Sumber : BSN-SNI No. 4320-1996 dalam (Fransisca, 2017).

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2021 sampai dengan Desember 2021.

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan adalah buah murbei hitam (*Morus nigra L.*), maltodekstrin, aquades, tween 80, natrium asetat, jeruk nipis, KCl dan HCl 0,02.

Alat Penelitian

Alat yang digunakan adalah pisau, wajan, panci, kompor, pipet tetes, magnetik stirer, timbangan analitik, gelas beker, cawan petridis, ayakan, aluminium foil, cawan porselin, spektrofotometer uv-visible, tanur pengabuan, pH meter dan oven vakum.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 2 faktor yaitu :

Faktor 1 : Konsentrasi Maltodekstrin (M) terdiri dari 4 taraf yaitu :

$$M_1 = 10\%$$

$$M_3 = 20\%$$

$$M_2 = 15\%$$

$$M_4 = 25\%$$

Faktor 2 : Kondisi Pengeringan Vakum (Suhu dan Tekanan Pengeringan) (V)

terdiri dari 3 taraf yaitu :

$$V_1 = 50^\circ\text{C} : 60 \text{ Kpa}$$

$$V_3 = 60^\circ\text{C} : 50 \text{ Kpa}$$

$$V_2 = 55^\circ\text{C} : 55 \text{ Kpa}$$

Banyaknya kombinasi perlakuan (T_c) adalah $4 \times 3 = 12$, maka jumlah ulangan percobaan (n) dapat dihitung sebagai berikut :

$$T_c (n-1) \geq 15$$

$$9 (n-1) \geq 15$$

$$12 n - 16 \geq 15$$

$$12 n \geq 27$$

$$N \geq 2,25 \dots \dots \dots \text{dibulatkan menjadi } n = 3$$

Maka untuk ketelitian penelitian, dilakukan ulangan sebanyak 3 (tiga) kali.

Model Rancangan Percobaan

Penelitian dilakukan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan model:

$$\tilde{Y}_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dimana :

\tilde{Y}_{ijk} : Pengamatan dari faktor M dari taraf ke-I dan faktor V pada taraf ke-j dengan ulangan ke-k.

μ : Efek nilai tengah

α_i : Efek dari faktor M pada taraf ke-i.

β_j : Efek dari faktor V pada taraf ke-j.

$(\alpha\beta)_{ij}$: Efek interaksi faktor M pada taraf ke-I dan faktor V pada taraf ke-j.

ϵ_{ijk} : Efek galat dari faktor M pada taraf ke-i dan faktor V pada taraf ke-j dalam ulangan ke-k.

Pelaksanaan Penelitian

Pengambilan Sari Buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*)

Pada proses pengambilan sari buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) tahap awal yang dilakukan adalah menyiapkan bahan dan alat yang digunakan, kemudian sortasi buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) untuk menghindari buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) yang rusak, lalu buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) ditimbang sebanyak 2 kg, lalu buah murbei hitam dicuci dengan air mengalir untuk memisahkan kotoran dari buah. Tahap selanjutnya adalah buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) dihaluskan. Lalu direndam dengan jeruk nipis 200 ml dan aquades 2 liter (1:10 v/v) selama 24 jam, lalu ambillah ekstrak yang telah direndam dengan cara disaring dengan kain kasa.

Pembuatan Larutan Enkapsulan

Setelah ekstrak disaring masukkanlah ekstrak tersebut kedalam beaker glass sebanyak 200 ml disetiap perlakukannya. Tambahkan maltodekstrin kedalam beaker glass yang berisi ekstrak Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) sesuai perlakuan konsentrasi. Agar ekstrak Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) dan maltodekstrin tercampur rata, maka aduklah campuran larutan tersebut. Lalu tambahkan tween 80 sebanyak 1%. Kemudian agar larutan tercampur dengan rata maka aduklah larutan tersebut dengan menggunakan magnetik stirer selama 60 menit. Selanjutnya yaitu tahap pengeringan dengan *thin layer drying* dengan ketebalan 1 mm diatas cawan petridis sesuai perlakuan. Lembaran yang telah kering dikeluarkan dari cawan petridis dan dihaluskan menggunakan mortal. Serbuk yang telah dihaluskan kemudian disaring dengan menggunakan ayakan 60 mesh. Lalu serbuk buah Murbei yang telah disaring maka siap untuk dianalisis.

Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain penentuan kadar air, kadar abu, rendemen, kadar antosianin dan organoleptik.

1. Kadar Air (Muchtadi, 2010)

Penentuan kadar air didasarkan atas perbedaan berat sampel sebelum dikeringkan dengan berat sampel setelah dikeringkan dengan oven. Cawan dikeringkan pada suhu 105°C selama 1 jam dan didinginkan didalam desikator. Sampel sebanyak 1 g ditimbang dan dimasukkan kedalam cawan yang telah dikeringkan. Sampel beserta cawan dikeringkan dalam oven selama 3 jam pada suhu 105°C. Kemudian cawan didinginkan dengan cara dimasukkan kedalam desikator dan setelah dingin cawan ditimbang, kemudian dimasukkan kembali ke dalam oven beberapa menit dan dimasukkan ke dalam desikator kembali untuk didinginkan, setelah itu ditimbang. Tahap ini dilakukan berulang sampai didapatkan berat konstan dari sampel. Kadar air sampel dihitung dengan rumus :

$$\text{Kadar air (\% berat basah)} = \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$$

2. Kadar Abu (Sudarmadji, 1997)

Pada uji kadar abu maka hal awal yang dilakukan adalah cawan porselen kosong ditimbang terlebih dahulu (Berat A), kemudian sampel ditimbang sebanyak 1 g (berat B). Sampel tersebut dikeringkan dengan tanur pada suhu 500°C-600°C selama 3 sampai 5 jam. Setelah itu tanur dimatikan dan ditunggu sampai dingin dan ditimbang berat akhirnya (berat C). Kadar abu sampel dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{\text{Berat akhir} - \text{Berat cawan}}{\text{Berat sampel}} \times 100\%$$

3. Rendemen (AOAC, 1995)

Rendemen adalah hasil bagi dari berat akhir produk yang didapatkan dengan berat awal bahan dikali 100%. Penentuan rendemen diawali dengan menimbang berat awal bahan, kemudian dilakukan proses pembuatan produk. Berat dari produk ditimbang sebagai berat akhir produk. Penentuan rendemen produk dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat akhir produk}}{\text{Berat awal bahan}} \times 100\%$$

4. Kadar Antosianin Total Metode pH (Khairiyah, 2019).

Penetapan antosianin dilakukan dengan metode pH yaitu pH 1,0 dan pH 4,5. Pada pH 1,0 antosianin berbentuk senyawa oxonium dan pada pH 4,5 berbentuk karbinol yang tidak berwarna. Hal tersebut dapat dilakukan dengan membuat suatu alikuot larutan antosianin dalam air yang pH-nya 1,0 dan 4,5 untuk kemudian diukur absorpsinya.

a. Pembuatan Larutan pH 1,0 dan pH 4,5

Pada saat membuat larutan pH 1,0 digunakan KCl 1,490 gram yang dicampur aquades 100 ml dalam tabung volumetrik diatur pH-nya hingga mencapai 1 dengan menggunakan HCl 0,2 N. Kemudian larutan dipindahkan kedalam labu ukur 1 L. Selanjutnya larutkan sampel kedalam buffer KCl pH 1,0.

Pada saat membuat larutan pH 4,5 digunakan Natrium asetat 1,640 gram yang dilarutkan dengan aquades dalam tabung volumetrik. Tambahkan larutan HCl 0,2 N sampai pH 4,5. Selanjutnya larutkan sampel kedalam buffer Natrium asetat pH 4,5.

Selanjutnya kedua labu ukur yang telah diisi letakkan diruang atau tempat yang gelap selama 1 jam. Sinar dari setiap larutan apabila sudah mencapai kesetimbangan maka diukur dengan menggunakan spektrofotometri uv-visible.

b. Perhitungan Kosentrasi Antosianin Total (Tensiska, 2007)

Dua larutan sampel disiapkan, pada sampel yang pertama gunakan buffer KCl dengan pH 1,0 dan untuk sampel kedua gunakan Natrium asetat dengan pH 4,5. Masing-masing sampel dilarutkan dengan larutan buffer berdasarkan DF (faktor pengencer) yang sudah ditentukan sebelumnya. Sampel yang dilarutkan menggunakan buffer pH 1 dibiarkan selama 15 menit sebelum diukur, sedangkan untuk sampel yang dilarutkan dengan buffer pH 4,5 siap diukur setelah dibiarkan bercampur selama 5 menit. Absorbansi dari setiap larutan pada panjang gelombang 510 dan 700 nm diukur dengan buffer pH 1 dan pH 4,5 sebagai blankonya. Absorbansi dari sampel yang telah dilarutkan (A) ditentukan dengan rumus :

$$A = (A_{510} - A_{700})_{pH1,0} - (A_{510} - A_{700})_{pH4,5}$$

Konsentrasi antosianin pada sampel dihitung dengan rumus :

$$\text{Konsentrasi antosianin (mg/L)} = \frac{A \times \text{BM} \times \text{DF} \times 1000}{\epsilon \times L}$$

Keterangan :

A = Absorbansi

BM = Berat molekul Sianidin-3-glukosida = 449,2 g/mol

ϵ = absorptivitas molar Sianidin-3-glukosida = 26900 L/(mol.cm)

L = lebar kuvet = 1 cm

DF = faktor pengencer

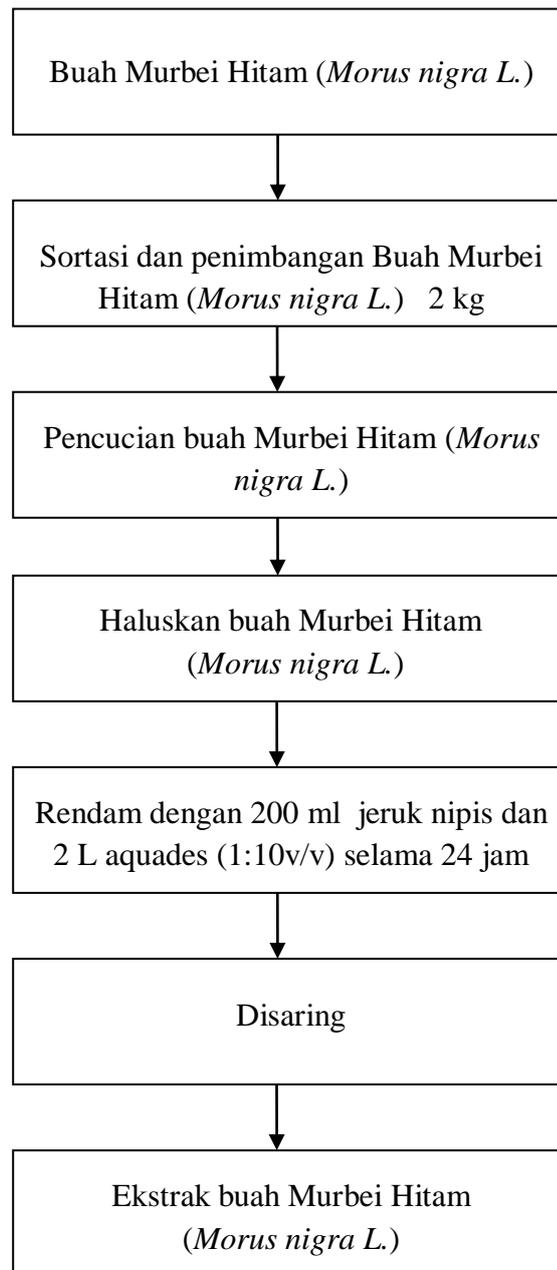
5. Uji Organoleptik

Uji Organoleptik Warna (Soekarto, 1982)

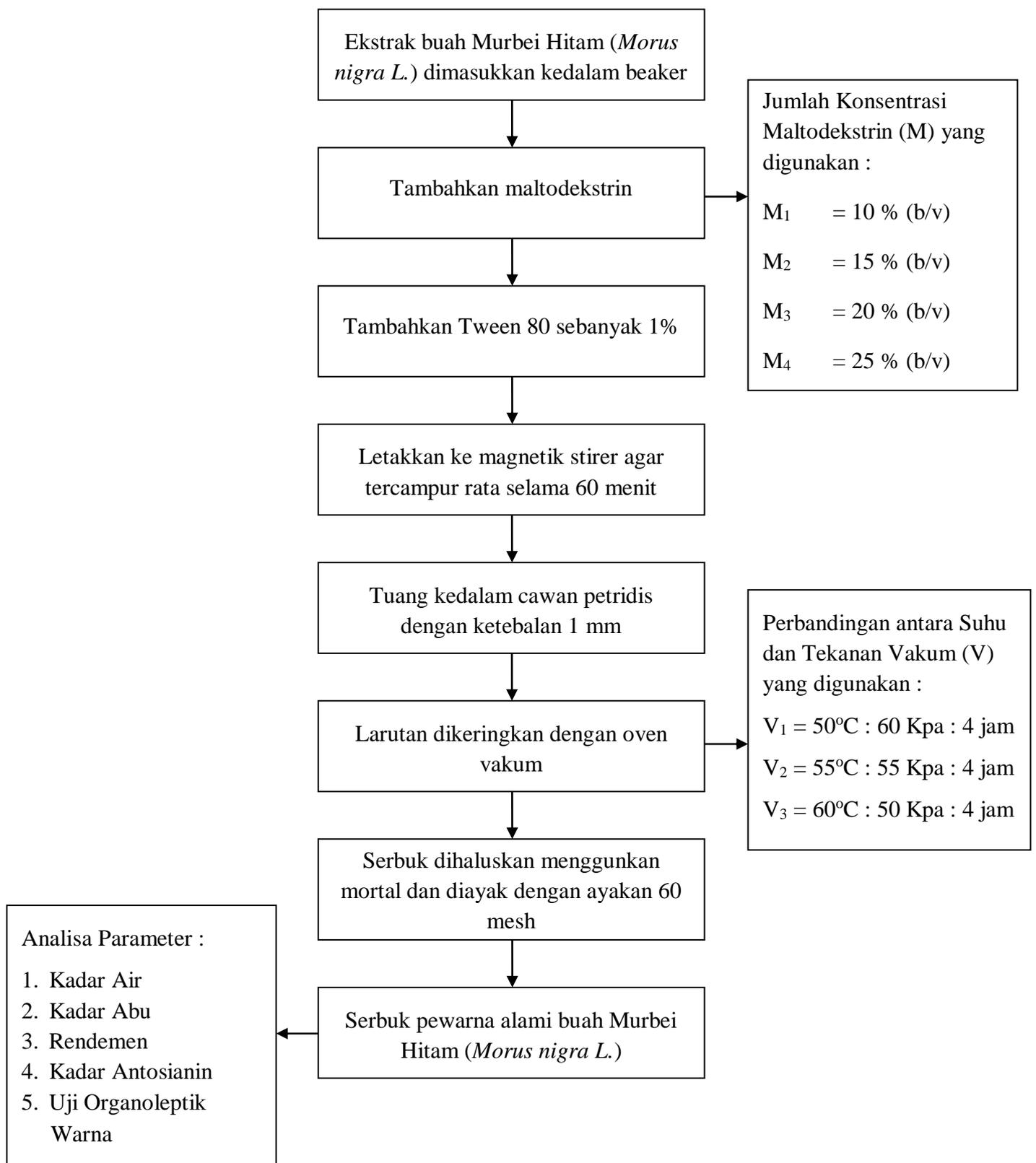
Pada penentuan organoleptik warna terdapat hal yang harus dilakukan sebelum dilakukannya pengeringan dan uji organoleptik warna. Hal tersebut adalah pengukuran pH ekstrak murbei hitam sebelum ditambahkan maltodekstrin. Hal tersebut dilakukan untuk menstabilkan pH pada ekstrak murbei hitam, sehingga warna asli ekstrak tetap terjaga. pH 4 ditetapkan sebagai warna asli pada murbei hitam yaitu merah keunguan. Kemudian dilakukan uji organoleptik terhadap warna dari pewarna alami buah murbei hitam yang ditentukan dengan uji kesukaan oleh 10 orang panelis dengan menggunakan skala hedonik dan numerik yang terdapat pada tabel 1.

Tabel 3. Skala Uji Terhadap Warna

Skala hedonik	Skala numerik
Sangat Merah Keunguan	4
Merah Keunguan	3
Kurang Merah Keunguan	2
Tidak Merah Keunguan	1



Gambar 4. Diagram Alir Pembuatan Ekstrak Buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*)



Gambar 5. Diagram Alir Pembuatan Serbuk Pewarna Alami Buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) dengan Metode Enkapsulasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dan uji statistik secara umum menunjukkan bahwa konsentrasi maltodekstrin dengan suhu dan tekanan vakum berpengaruh terhadap parameter yang diamati. Data rata-rata hasil pengamatan terhadap pengaruh perbandingan konsentrasi maltodekstrin dengan suhu dan tekanan vakum pada masing-masing parameter yang diamati dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Data Hasil Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Parameter yang diamati

Konsentrasi Maltodekstrin (%)	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Rendemen (%)	Kadar Antosinin (mg/L)	Organoleptik Warna
M ₁ = 10	9,84	10,43	19,13	170,07	3,78
M ₂ = 15	10,98	11,39	21,60	161,77	3,57
M ₃ = 20	10,97	12,21	22,37	155,14	3,41
M ₄ = 25	11,53	13,12	23,92	149,93	2,88

Dari Tabel 4 diatas menunjukkan bahwa konsentrasi maltodekstrin memiliki hasil yang berbeda-beda pada masing-masing parameter. Semakin banyak konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan maka kadar air, kadar abu, rendemen semakin meningkat. Sedangkan untuk parameter kadar antosianin dan organoleptik warna semakin menurun.

Tabel 5. Data Hasil Pengaruh Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Parameter yang diamati

Suhu dan Tekanan Vakum (V)	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Rendemen (%)	Kadar Antosinin (mg/L)	Organoleptik Warna
V ₁ = 50°C : 60 Kpa	11,39	10,88	24,25	169,44	3,61
V ₂ = 55°C : 55 Kpa	11,06	11,82	21,67	159,50	3,39
V ₃ = 60°C : 50 Kpa	10,03	12,67	19,35	148,74	3,23

Dari Tabel 5 diatas menunjukkan bahwa suhu dan tekanan vakum memiliki hasil yang berbeda-beda pada masing-masing parameter. Semakin meningkat suhu pengeringan dan turunnya tekanan vakum maka kadar air,

rendemen, kadar antosianin dan organoleptik warna semakin menurun. Sedangkan semakin rendah suhu pengeringan dan meningkatnya tekanan vakum maka kadar abu semakin meningkat. Pengujian dan pembahasan masing-masing parameter yang diamati selanjutnya akan dibahas satu persatu:

Kadar Air

Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin

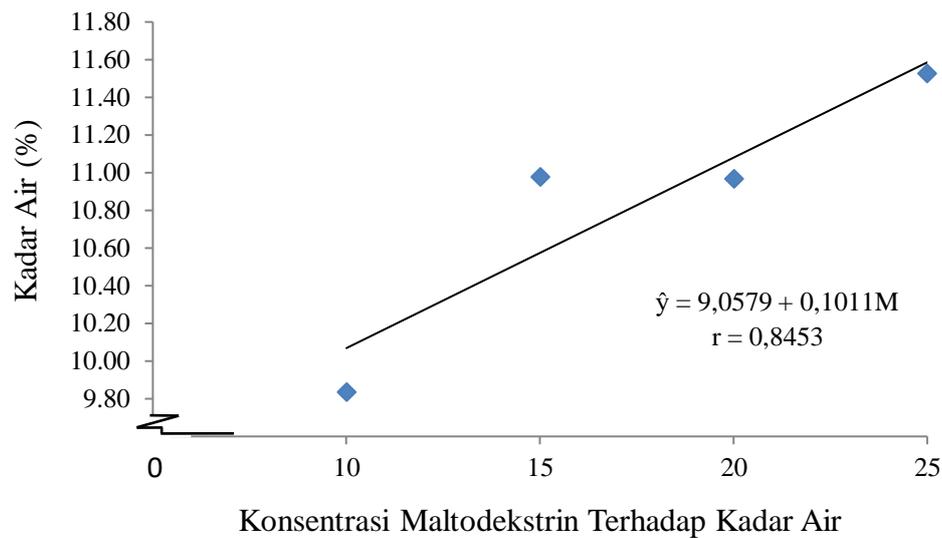
Berdasarkan analisa sidik ragam (Lampiran 1) menunjukkan bahwa konsentrasi maltodekstrin memberikan pengaruh berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap kadar air. Tingkat perbedaan tersebut telah diuji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Kadar Air

Konsentrasi Maltodekstrin M (%)	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
M ₁ = 10	9,84	-	-	-	d	D
M ₂ = 15	10,98	2,00	0,44	0,61	b	B
M ₃ = 20	10,97	3,00	0,46	0,64	c	C
M ₄ = 25	11,53	4,00	0,47	0,65	a	A

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom notasi menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf $p < 0,05$ dan berbeda sangat nyata pada taraf $p < 0,01$.

Berdasarkan Tabel 6 menunjukkan bahwa kadar air mengalami kenaikan seiring banyaknya konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan. Dimana M₁ berbeda sangat nyata dengan M₂, M₃ dan M₄. M₂ berbeda sangat nyata dengan M₃ dan M₄. M₃ berbeda sangat nyata dengan M₄. Kadar air tertinggi berada pada perlakuan M₄ yaitu sebesar 11,53 % dan kadar air terendah berada pada perlakuan M₁ yaitu sebesar 9,84 %. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Kadar Air

Berdasarkan Gambar 6 menunjukkan bahwa dengan penambahan konsentrasi maltodekstrin yang semakin banyak maka kadar air pada serbuk pewarna alami buah murbei hitam semakin meningkat. Hal ini dikarenakan maltodekstrin bersifat higroskopis (kemampuan menyerap air) sehingga kadar air menjadi meningkat seiring dengan penambahan maltodekstrin Ummah, *dkk* (2021). Menurut penelitian Yuliawaty, *dkk* (2015) yang menyatakan bahwa banyaknya konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan maka penyerapan uap air semakin bertambah. Hal ini disebabkan oleh gugus dari maltodekstrin yaitu hidrofilik (kemampuan mengikat air) pada permukaan produk serbuk murbei hitam, sehingga kemampuan mengikat air dari udara akan cepat karena adanya lapisan dari maltodekstrin. Oleh karena itu dengan penambahan konsentrasi maltodekstrin yang semakin banyak akan meningkatkan kadar air pada serbuk murbei hitam.

Pengaruh Suhu dan Tekanan Vakum

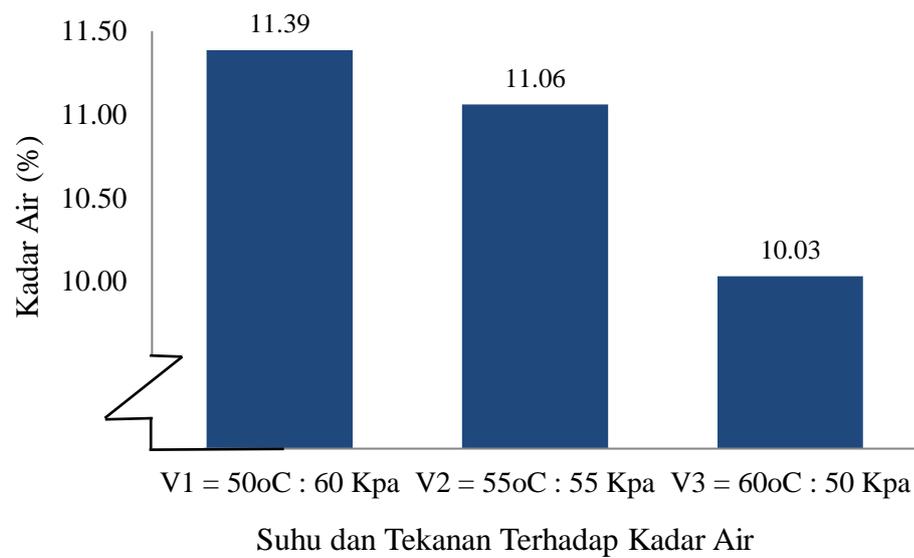
Berdasarkan analisa sidik ragam (Lampiran 1) yang menunjukkan bahwa Suhu dan Tekanan Vakum akan memberikan pengaruh berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap kadar air. Tingkat perbedaan tersebut telah diuji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Kadar Air

Suhu dan Tekanan Vakum V (°C : Kpa)	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
V ₁ = 50°C : 60 Kpa	11,39	-	-	-	c	C
V ₂ = 55°C : 55 Kpa	11,06	2,00	0,44	0,61	b	B
V ₃ = 60°C : 50 Kpa	10,03	3,00	0,46	0,64	a	A

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom notasi menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf $p < 0,05$ dan berbeda sangat nyata pada taraf $p < 0,01$.

Berdasarkan Tabel 7 menunjukkan bahwa kadar air mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya suhu dan menurunnya tekanan vakum. V₁ berbeda sangat nyata dengan V₂ dan V₃. V₂ berbeda sangat nyata dengan V₃. Kadar air tertinggi terdapat pada perlakuan V₁ yaitu sebesar 11,39 % dan kadar air terendah terdapat pada perlakuan V₃ yaitu sebesar 10,03 %. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Kadar Air

Berdasarkan Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin meningkat suhu pengeringan dan menurunnya tekanan vakum maka kadar air pada serbuk murbei hitam cenderung menurun. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Utomo (2013) yang menyatakan bahwa semakin tingginya suhu pengeringan menyebabkan kadar air dalam bahan mengalami penguapan, dengan semakin banyak air yang diuapkan maka kadar air dari suatu bahan semakin rendah.

Menurut Rachmawan (2001) bahwa dengan semakin tinggi suhu dan kecepatan aliran udara pengeringan, maka proses pengeringan akan berlangsung secara cepat. Semakin tinggi suhu udara pengeringan, maka semakin besar energi panas yang dibawa udara sehingga semakin banyak jumlah massa cairan yang diuapkan dari permukaan bahan yang dikeringkan. Apabila kecepatan aliran udara pengering semakin tinggi maka semakin cepat massa uap air yang dipindahkan dari bahan ke atmosfer. Sehingga dengan suhu pengeringan yang semakin tinggi membuat kadar air pada serbuk buah murbei hitam menjadi menurun.

Pengaruh Interaksi Antara Konsentrasi Maltodekstrin dengan Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Kadar Air

Berdasarkan analisis sidik ragam (Lampiran 1) menunjukkan bahwa interaksi konsentrasi maltodekstrin dengan suhu dan tekanan vakum berpengaruh tidak nyata ($p>0,05$) terhadap uji kadar air sehingga pengujian selanjutnya tidak dilanjutkan.

Kadar Abu

Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin

Berdasarkan analisa sidik ragam (Lampiran 2) yang menunjukkan bahwa konsentrasi maltodekstrin akan memberikan pengaruh berbeda sangat nyata ($p<0,01$) terhadap kadar abu. Tingkat perbedaan tersebut telah diuji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada Tabel 8.

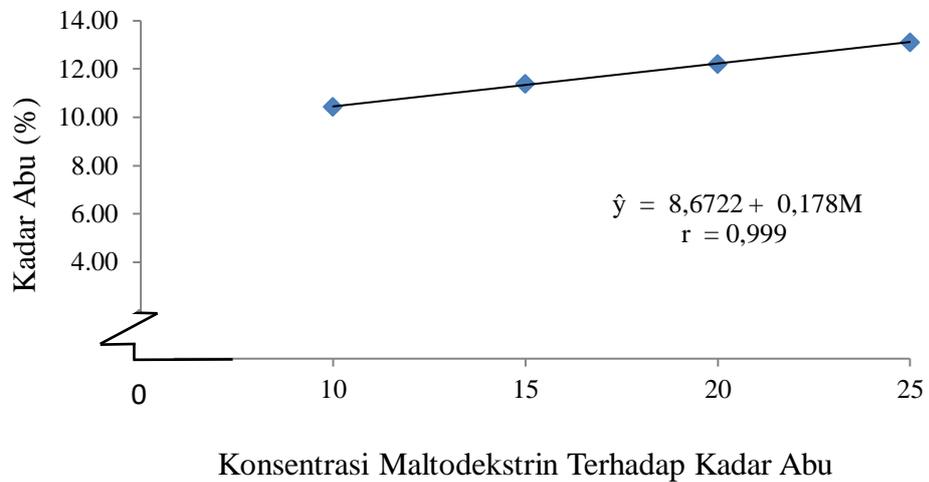
Tabel 8. Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Maltodekstrin Terhadap Kadar Abu

Konsentrasi Maltodekstrin M (%)	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
M1 = 10	10,43	-	-	-	d	D
M2 = 15	11,39	2,00	0,43	0,59	c	C
M3 = 20	12,21	3,00	0,45	0,62	b	B
M4 = 25	13,12	4,00	0,46	0,64	a	A

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom notasi menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf $p<0,05$ dan berbeda sangat nyata pada taraf $p<0,01$.

Berdasarkan Tabel 8 menunjukkan bahwa kadar abu mengalami peningkatan seiringan dengan banyaknya konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan. Dimana M_1 berbeda sangat nyata dengan M_2 , M_3 dan M_4 . M_2 berbeda sangat nyata dengan M_3 dan M_4 . M_3 berbeda sangat nyata dengan M_4 . Kadar abu tertinggi berada pada perlakuan M_1 yaitu sebesar 10,43% dan kadar

abu terendah berada pada perlakuan M₄ yaitu sebesar 13,12%. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hubungan Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap kadar Abu

Berdasarkan Gambar 8 menunjukkan bahwa kadar abu meningkat seiring banyaknya konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan. Dimana pada M₄ berada pada nilai rata-rata tertinggi yaitu sebesar 13,12 % dan pada M₁ memperoleh nilai rata-rata terendah yaitu 10,43%. Hal ini sesuai dengan literatur Swinkles (1985) dalam Khairiyah (2019) yang menyatakan bahwa pada proses pengabuan, air dan zat organik akan menguap, sedangkan zat anorganik akan tertinggal. Kandungan zat anorganik yang tertinggal pada pati umumnya terdiri atas natrium, potasium, magnesium dan kalsium. Sehingga dengan semakin banyaknya konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan maka terjadi peningkatan kadar abu.

Pengaruh Suhu dan Tekanan Vakum

Berdasarkan analisa sidik ragam (Lampiran 2) yang menunjukkan bahwa Suhu dan Tekanan Vakum akan memberikan pengaruh berbeda sangat nyata

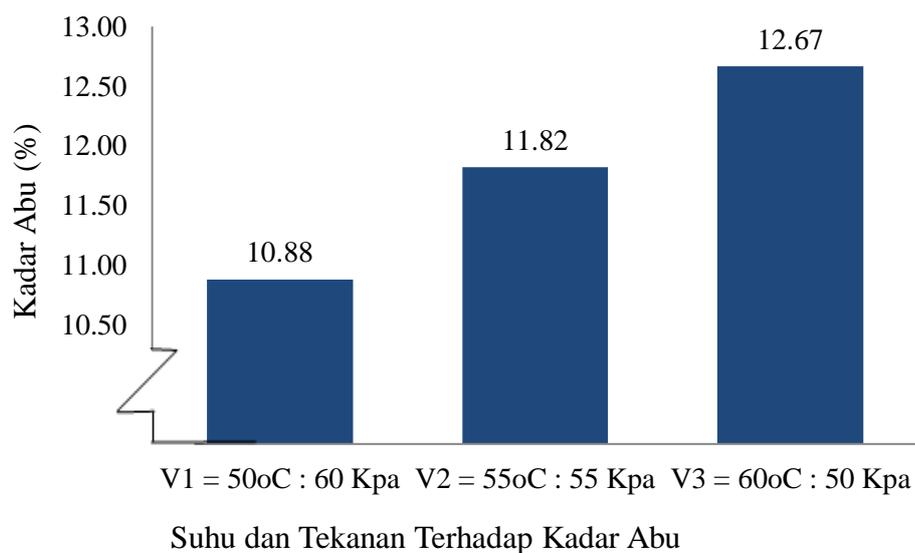
($p < 0,01$) terhadap kadar abu. Tingkat perbedaan tersebut telah diuji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Suhu dan Tekanan Terhadap Kadar Abu

Suhu dan Tekanan Vakum V (°C : Kpa)	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
V ₁ = 50°C : 60 Kpa	10,88	-	-	-	c	C
V ₂ = 55°C : 55 Kpa	11,82	2,00	0,43	0,59	b	B
V ₃ = 60°C : 50 Kpa	12,67	3,00	0,45	0,62	a	A

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom notasi menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf $p < 0,05$ dan berbeda sangat nyata pada taraf $p < 0,01$.

Berdasarkan Tabel 9 menunjukkan bahwa kadar abu mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya suhu pengeringan dan menurunnya tekanan vakum. V₁ berbeda sangat nyata dengan V₂ dan V₃. V₂ berbeda sangat nyata dengan V₃. Kadar abu tertinggi terdapat pada perlakuan V₃ yaitu sebesar 12,67% dan Kadar abu terendah terdapat pada perlakuan V₁ yaitu sebesar 10,88%. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hubungan Suhu dan Tekanan Terhadap kadar Abu

Berdasarkan Gambar 9 menunjukkan bahwa kadar abu meningkat seiring dengan meningkatnya suhu pengeringan dan menurunnya tekanan vakum. Dilihat pada V_3 kadar abu memiliki nilai rata-ran tertinggi yaitu sebesar 12,67 % dan nilai rata-ran terendah terdapat pada perlakuan V_1 yaitu sebesar 10,88%. Kadar abu serbuk murbei hitam dipengaruhi oleh faktor suhu dan tekanan vakum pada saat proses pengeringan. Hal tersebut diduga karena dengan pemakaian suhu pengeringan yang tinggi akan meningkatkan kadar abu, sehingga kadar air yang keluar dari bahan akan semakin besar. Hal ini sesuai dengan pernyataan Erni (2018) yang menyatakan bahwa kadar abu tergantung pada jenis bahan, cara pengabuan, suhu dan tekanan yang digunakan pada saat proses pengeringan. Sehingga dengan semakin tingginya suhu pengeringan yang digunakan maka kadar abu pada serbuk pewarna alami murbei hitam akan cenderung meningkat.

Menurut Lisa, *dkk* (2015) menyatakan bahwa peningkatan suhu pengeringan akan menyebabkan kenaikan kadar abu serbuk pewarna alami murbei hitam. Hal ini dikarenakan kandungan air pada serbuk murbei hitam mengalami penurunan yang lebih tinggi, sehingga bahan-bahan yang tertinggal pada serbuk pewarna alami murbei hitam akan meningkat salah satunya yaitu mineral.

Pengaruh Interaksi Antara Konsentrasi Maltodekstrin dengan Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Kadar Abu

Berdasarkan analisis sidik ragam (Lampiran 2) menunjukkan bahwa interaksi konsentrasi maltodekstrin dengan suhu dan tekanan vakum berpengaruh tidak nyata ($p > 0,05$) terhadap uji kadar abu sehingga pengujian selanjutnya tidak dilanjutkan.

Rendemen

Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin

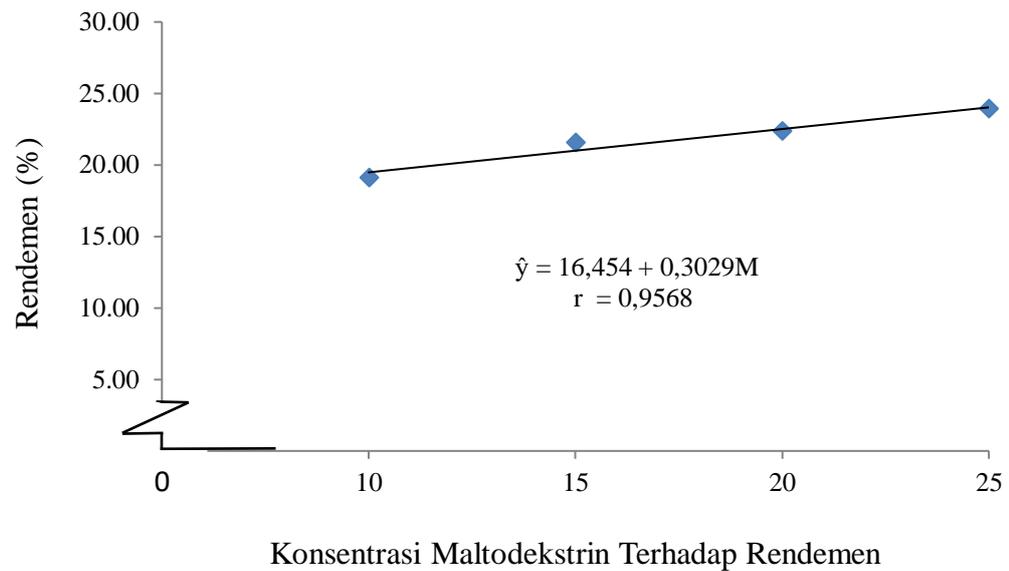
Berdasarkan analisa sidik ragam (Lampiran 3) yang menunjukkan bahwa konsentrasi maltodekstrin akan memberikan pengaruh berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap rendemen. Tingkat perbedaan tersebut telah diuji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Maltodekstrin Terhadap Rendemen

Konsentrasi Maltodekstrin M (%)	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
M ₁ = 10	19,13	-	-	-	d	D
M ₂ = 15	21,60	2,00	2,26	3,11	c	C
M ₃ = 20	22,37	3,00	2,37	3,27	b	B
M ₄ = 25	23,92	4,00	2,43	3,35	a	A

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom notasi menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf $p < 0,05$ dan berbeda sangat nyata pada taraf $p < 0,01$.

Berdasarkan Tabel 10 menunjukkan bahwa rendemen mengalami peningkatan seiring banyaknya konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan. Dimana M₁ berbeda sangat nyata dengan M₂, M₃ dan M₄. M₂ berbeda sangat nyata dengan M₃ dan M₄. M₃ berbeda sangat nyata dengan M₄. Rendemen tertinggi berada pada perlakuan M₄ yaitu sebesar 23,92 % dan rendemen terendah berada pada perlakuan M₁ yaitu sebesar 19,13 %. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Hubungan Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Rendemen

Berdasarkan Gambar 10 menunjukkan bahwa rendemen pada serbuk pewarna alami murbei hitam mengalami peningkatan seiring dengan banyaknya maltodekstrin yang ditambahkan kedalam ekstrak. Hal ini disebabkan dengan penambahan maltodekstri yang semakin banyak yaitu sebanyak 25% maka total padatan pada bahan akan semakin bertambah atau meningkat. Hal tersebut dikarenakan maltodektrin memiliki fungsi sebagai penambah massa pada produk. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sansone *et al* (2011) yang menyatakan bahwa penggunaan maltodekstrin pada pembuatan serbuk pewarna alami murbei hitam dapat berfungsi memperbesar massa produk, sehingga rendemen yang diperoleh semakin tinggi. Konsentrasi maltodekstrin yang semakin tinggi akan menghasilkan rendemen produk yang semakin banyak. Hal tersebut menunjukkan bahwa maltodekstrin memiliki sifat sebagai bahan pengisi yang berfungsi sebagai penambah massa.

Pengaruh Suhu dan Tekanan Vakum

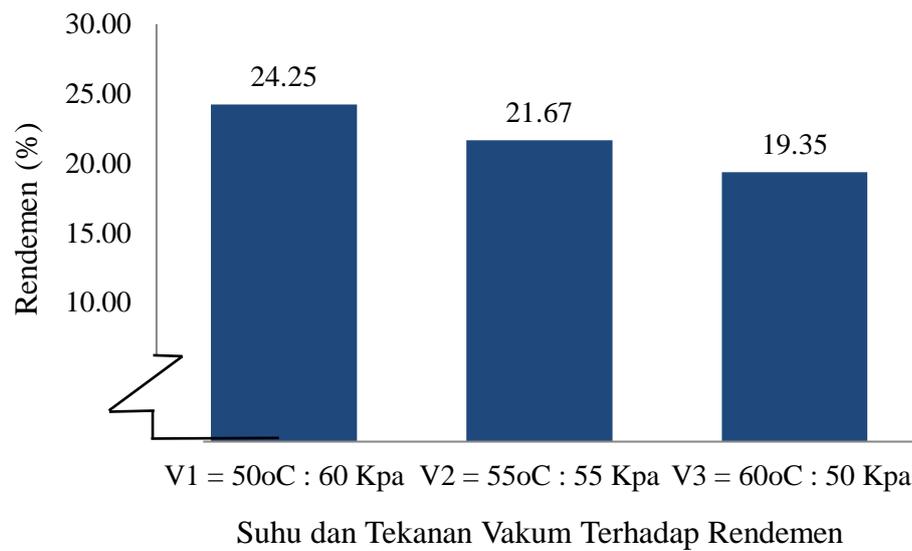
Berdasarkan analisa sidik ragam (Lampiran 3) yang menunjukkan bahwa Suhu dan Tekanan Vakum akan memberikan pengaruh berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap rendemen. Tingkat perbedaan tersebut telah diuji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Rendemen

Suhu dan Tekanan Vakum V (°C : Kpa)	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
V ₁ = 50°C : 60 Kpa	24,25	-	-	-	c	C
V ₂ = 55°C : 55 Kpa	21,67	2,00	2,26	3,11	b	B
V ₃ = 60°C : 50 Kpa	19,35	3,00	2,37	3,27	a	A

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom notasi menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf $p < 0,05$ dan berbeda sangat nyata pada taraf $p < 0,01$.

Berdasarkan Tabel 11 menunjukkan bahwa rendemen mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya suhu pengeringan dan menurunnya tekanan vakum. V₁ berbeda sangat nyata dengan V₂ dan V₃. V₂ berbeda sangat nyata dengan V₃. Rendemen tertinggi terdapat pada perlakuan V₁ yaitu sebesar 24,25 % dan rendemen terendah terdapat pada perlakuan V₃ yaitu sebesar 19,35 %. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 11. Hubungan Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Rendemen

Berdasarkan Gambar 11 menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu pengeringan dan rendahnya tekanan vakum maka rendemen pada serbuk murbei hitam mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena penguapan air yang semakin besar, karena suhu pengeringan serbuk pewarna alami murbei hitam akan memperluas permukaan pemanasan, sehingga air bebas akan mudah untuk keluar. Hal ini sesuai dengan pernyataan Fitriani (2008) yang menyatakan bahwa kemampuan bahan untuk melepaskan air dari permukaan akan semakin besar dengan meningkatnya suhu udara pengeringan yang digunakan, sehingga rendemen yang dihasilkan semakin rendah.

Menurut Utama (2010) dalam Andriani (2013) menjelaskan bahwa besar kecilnya rendemen yang dihasilkan dipengaruhi oleh kadar airnya. Semakin tinggi suhu pengeringan suatu bahan maka akan menghasilkan kadar air yang semakin rendah, sehingga rendemen yang dihasilkan juga semakin rendah karena kandungan air dalam bahan teruapkan yang menyebabkan berat bahan lebih rendah atau menyusut.

Pengaruh Interaksi Antara Konsentrasi Maltodekstrin dengan Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Rendemen

Berdasarkan analisis sidik ragam (Lampiran 3) menunjukkan bahwa interaksi konsentrasi maltodekstrin dengan suhu dan tekanan vakum berpengaruh tidak nyata ($p > 0,05$) terhadap uji rendemen sehingga pengujian selanjutnya tidak dilanjutkan.

Kadar Antosianin

Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin

Berdasarkan analisa sidik ragam (Lampiran 4) yang menunjukkan bahwa konsentrasi maltodekstrin akan memberikan pengaruh berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap kadar antosianin. Tingkat perbedaan tersebut telah diuji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Maltodekstrin Terhadap Kadar Antosianin

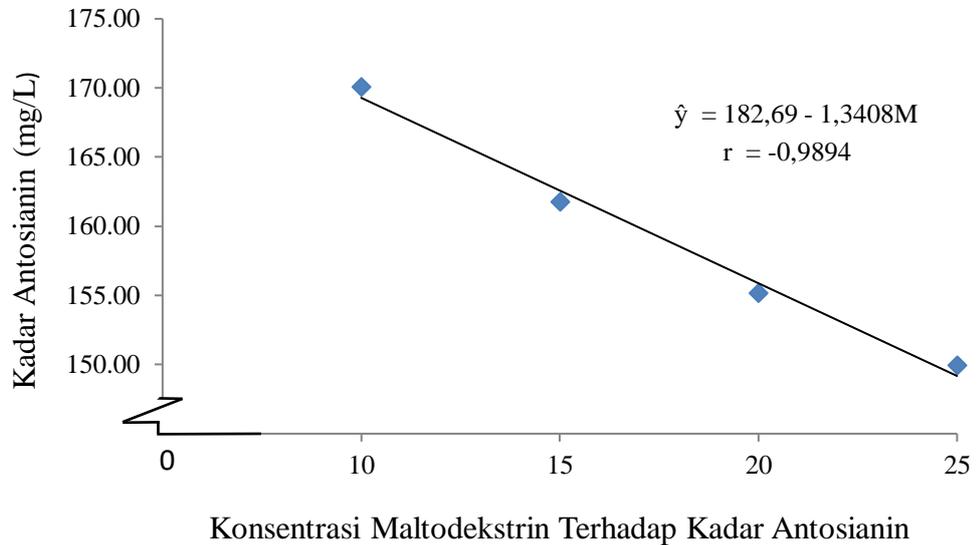
Konsentrasi Maltodekstrin M (%)	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
M ₁ = 10	170,07	-	-	-	d	D
M ₂ = 15	161,77	2,00	10,09	13,89	c	C
M ₃ = 20	155,14	3,00	10,59	14,59	b	B
M ₄ = 25	149,93	4,00	10,86	14,96	a	A

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom notasi menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf $p < 0,05$ dan berbeda sangat nyata pada taraf $p < 0,01$.

Berdasarkan Tabel 12 menunjukkan bahwa kadar antosianin mengalami penurunan seiring banyaknya konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan. Dimana M₁ berbeda sangat nyata dengan M₂, M₃ dan M₄. M₂ berbeda sangat nyata dengan M₃ dan M₄. M₃ berbeda sangat nyata dengan M₄. Kadar antosianin tertinggi berada pada perlakuan pada perlakuan M₁ yaitu sebesar 170,07 mg/L dan

kadar antosianin terendah berada pada perlakuan M_4 yaitu sebesar 149,93 mg/L.

Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 12. Hubungan Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Kadar Antosianin

Berdasarkan Gambar 12 menunjukkan bahwa dengan penambahan konsentrasi maltodekstrin yang semakin banyak membuat kadar antosianin dari buah murbei hitam semakin menurun. Dilihat pada M_1 bahwa dengan penambahan maltodekstrin 10% kadar antosianin memiliki rata-rata tertinggi sebesar 170,07 mg/L dan dengan penambahan maltodekstrin yang semakin banyak yaitu pada M_4 memperoleh rata-rata kadar antosianin terendah sebesar 149,93 mg/L. Hal ini diduga karena penggunaan bahan pengisi seperti maltodekstrin dapat menyebabkan degradasi pigmen kemerahan seiring banyaknya maltodekstrin yang ditambahkan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Nugroho (2020) yang menyatakan bahwa maltodekstrin yang ditambahkan kedalam ekstrak tidak meningkatkan kadar antosianin. Penurunan kadar antosianin yang terjadi disebabkan oleh semakin banyaknya total padatan dalam serbuk murbei hitam sehingga kadar antosianin akan semakin rendah. Selain itu

menurunnya pigmen antosianin juga disebabkan oleh semakin bertambahnya maltodekstrin yang digunakan, sehingga total padatan lebih besar dibandingkan kadar antosianin.

Pengaruh Suhu dan Tekanan Vakum

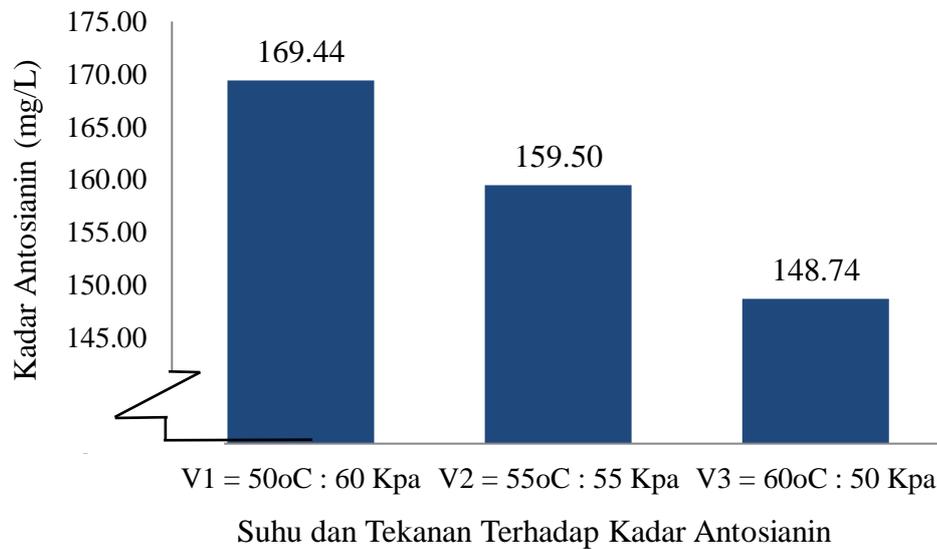
Berdasarkan analisa sidik ragam (Lampiran 4) yang menunjukkan bahwa Suhu dan Tekanan Vakum akan memberikan pengaruh berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap kadar antosianin. Tingkat perbedaan tersebut telah diuji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Suhu dan Tekanan Terhadap Kadar Antosianin

Suhu dan Tekanan Vakum V (°C : Kpa)	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
V ₁ = 50°C : 60 Kpa	169,44	-	-	-	c	C
V ₂ = 55°C : 55 Kpa	159,50	2,00	10,09	13,89	b	B
V ₃ = 60°C : 50 Kpa	148,74	3,00	10,59	14,59	a	A

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom notasi menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf $p < 0,05$ dan berbeda sangat nyata pada taraf $p < 0,01$.

Berdasarkan Tabel 13 menunjukkan bahwa kadar antosianin mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya suhu pengeringan dan menurunnya tekanan vakum. V₁ berbeda sangat nyata dengan V₂ dan V₃. V₂ berbeda sangat nyata dengan V₃. Kadar Antosianin tertinggi terdapat pada perlakuan V₁ yaitu sebesar 169,44 mg/L dan Kadar Antosianin terendah terdapat pada perlakuan V₃ yaitu sebesar 148,74 mg/L. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 13. Hubungan Suhu dan Tekanan Terhadap Kadar Antosianin

Berdasarkan Gambar 13 menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu pengeringan maka kadar antosianin buah murbei hitam semakin menurun, sedangkan dengan suhu dan tekanan vakum yang lebih rendah membuat kadar antosianin buah murbei hitam semakin menurun. Menurunnya kadar antosianin serbuk murbei hitam diakibatkan oleh suhu yang tinggi pada proses pengeringan. Dimana antosianin merupakan salah satu senyawa fenolik yang memiliki tingkat kestabilan yang rendah dan mudah rusak yang disebabkan oleh pemanasan. Hal ini sesuai dengan pendapat Ovando *dkk* (2009) yang menyatakan bahwa perbedaan suhu pengeringan menyebabkan perubahan pada kandungan kimia dan fisik pada serbuk ekstrak antosianin buah murbei hitam. Secara umum antosianin memiliki stabilitas yang rendah. Pada pemanasan yang tinggi, kestabilan dan ketahanan zat warna antosianin akan berubah dan mengakibatkan kerusakan pada warnanya.

Menurut Wijaya (2001) bahwa kestabilan antosianin dipengaruhi oleh suhu pengeringan. Semakin tinggi suhu pengeringan maka semakin besar

terjadinya degradasi antosianin dan kerusakan akan semakin besar dengan suhu pemanasan. Suhu pengeringan menyebabkan terjadinya dekomposisi dan perubahan struktur pigmen sehingga terjadi perubahan warna pada serbuk buah murbei hitam.

Menurut Suhartatik (2013) bahwa stabilitas antosianin tidak hanya dipengaruhi oleh faktor suhu pemanasan dan proses pengolahan saja, akan tetapi kestabilan antosianin dapat dipengaruhi oleh faktor intrinsik dan ekstrinsik dalam produk, seperti pH, suhu penyimpanan, struktur kimia dan konsentrasi antosianin, keberadaan cahaya, oksigen, enzim, protein dan ion logam.

Pengaruh Interaksi Antara Konsentrasi Maltodekstrin dengan Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Kadar Antosianin

Berdasarkan analisis sidik ragam (Lampiran 4) menunjukkan bahwa interaksi konsentrasi maltodekstrin dengan suhu dan tekanan vakum berpengaruh tidak nyata ($p > 0,05$) terhadap uji kadar antosianin sehingga pengujian selanjutnya tidak dilanjutkan.

Organoleptik Warna

Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin

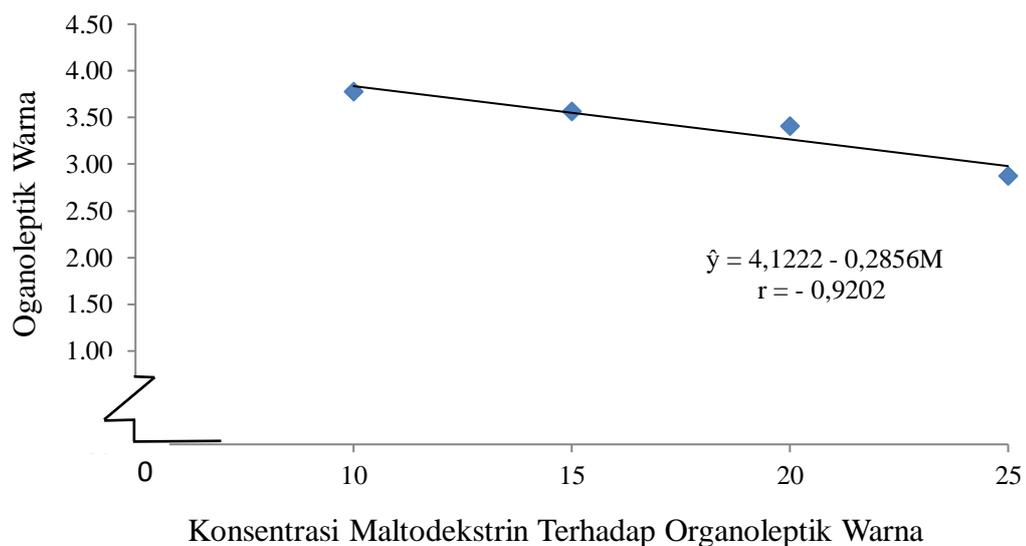
Berdasarkan analisa sidik ragam (Lampiran 5) yang menunjukkan bahwa konsentrasi maltodekstrin akan memberikan pengaruh berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap organoleptik warna. Tingkat perbedaan tersebut telah diuji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Maltodekstrin Terhadap Organoleptik Warna

Konsentrasi Maltodekstrin M (%)	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
M ₁ = 10	3,78	-	-	-	d	D
M ₂ = 15	3,57	2,00	0,11	0,15	c	C
M ₃ = 20	3,41	3,00	0,11	0,16	b	B
M ₄ = 25	2,88	4,00	0,12	0,16	a	A

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom notasi menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf $p < 0,05$ dan berbeda sangat nyata pada taraf $p < 0,01$.

Berdasarkan Tabel 14 menunjukkan bahwa organoleptik warna mengalami penurunan seiring dengan banyaknya konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan. M₁ berbeda sangat nyata dengan M₂, M₃ dan M₄. M₂ berbeda sangat nyata dengan M₃ dan M₄. M₃ berbeda sangat nyata dengan M₄. Organoleptik warna tertinggi terdapat pada perlakuan M₁ yaitu sebesar 3,78 dan organoleptik terendah terdapat pada perlakuan M₄ yaitu sebesar 2,88. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 14. Hubungan Kosentrasi Maltodekstrin Terhadap Organoleptik Warna

Berdasarkan gambar 14 menunjukkan bahwa semakin banyak konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan maka nilai organoleptik warna akan semakin menurun, dilihat dengan penambahan maltodekstrin 10% organoleptik warna memiliki nilai rata-rata tertinggi yaitu sebesar 3,78 dan penambahan maltodekstrin 25% memiliki nilai rata-rata terendah yaitu sebesar 2,88. Maka dengan itu penambahan maltodekstrin yang semakin banyak membuat warna serbuk buah murbei hitam semakin memudar. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Luthana, 2008 dalam Ariyani, 2010) yang menyatakan bahwa penambahan konsentrasi maltodekstrin dalam jumlah yang tinggi menyebabkan penilaian terhadap nilai warna merah keunguan pewarna bubuk dari ekstrak buah murbei hitam menjadi semakin rendah. Hal ini diduga maltodekstrin memiliki warna putih yang cenderung mempengaruhi warna merah keunguan pewarna bubuk dari ekstrak buah murbei hitam, sehingga warna yang dihasilkan menjadi lebih pudar.

Menurut Soekarto (1990) bahwa warna merupakan salah satu komponen yang dapat menentukan mutu dari suatu bahan ataupun produk pangan. Warna dapat memberikan petunjuk mengenai perubahan kimia dalam makanan. Warna juga merupakan salah satu tolak ukur ada atau tidak terjadinya penyimpangan pada produk pangan.

Pengaruh Suhu dan Tekanan Vakum

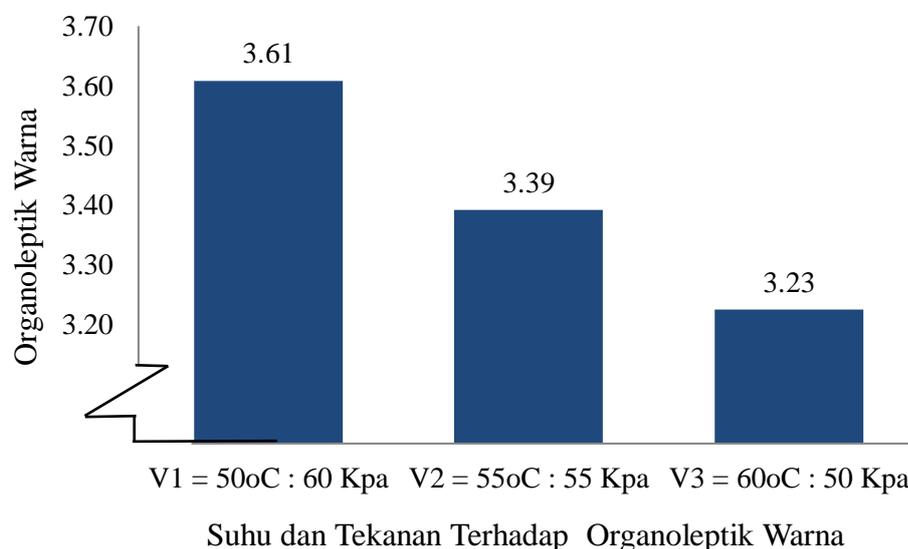
Berdasarkan analisa sidik ragam (Lampiran 5) menunjukkan bahwa suhu dan Tekanan Vakum akan memberikan pengaruh berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap organoleptik warna. Tingkat perbedaan tersebut telah diuji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Suhu dan Tekanan Terhadap Organoleptik Warna

Suhu dan Tekanan Vakum V (°C : Kpa)	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
V ₁ = 50°C : 60 Kpa	3,61	-	-	-	c	C
V ₂ = 55°C : 55 Kpa	3,39	2,00	0,11	0,15	b	B
V ₃ = 60°C : 50 Kpa	3,23	3,00	0,11	0,16	a	A

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom notasi menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf $p < 0,05$ dan berbeda sangat nyata pada taraf $p < 0,01$.

Berdasarkan Tabel 15 menunjukkan bahwa organoleptik warna mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya suhu dan menurunnya tekanan vakum. V₁ berbeda sangat nyata dengan V₂ dan V₃. V₂ berbeda sangat nyata dengan V₃. Organoleptik warna tertinggi terdapat pada perlakuan V₁ yaitu sebesar 3,61 dan organoleptik warna terendah terdapat pada perlakuan V₃ yaitu sebesar 3,23. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Hubungan Suhu dan Tekanan Terhadap Organoleptik Warna

Berdasarkan Gambar 15 menunjukkan bahwa organoleptik warna pada pewarna alami buah murbei cenderung menurun, dimana semakin tinggi suhu dan

menurunnya tekanan vakum yang digunakan maka nilai organoleptik warna akan semakin menurun. Dilihat pada suhu 60°C dan tekanan vakum 50 Kpa nilai organoleptik pada warna memperoleh nilai rata-rata terendah yaitu 3,23 dan pada suhu 50°C dan tekanan 60 Kpa memperoleh nilai tertinggi yaitu 3,61. Hal ini dikarenakan pengeringan dengan suhu yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya perubahan warna terhadap serbuk murbei hitam, sehingga memicu terjadinya penurunan nilai warna dari serbuk murbei hitam. Hal ini sesuai dengan pernyataan Susanto dan Saneto (1994) yang menyatakan bahwa pada proses pengeringan semakin tinggi suhu pengeringan yang digunakan maka semakin banyak pigmen dari buah-buahan yang berubah. Penurunan tingkat kecerahan warna pada serbuk pewarna buah murbei juga disebabkan pada saat proses pengolahan dimana banyak pigmen warna serbuk buah murbei yang berubah.

Menurut Kutovoy *et al.* (2004) bahwa dengan tekanan vakum yang lebih rendah dari tekanan atmosfer, maka air pada bahan dapat menguap pada suhu yang lebih rendah (titik didih air kurang dari 100°C). Hal ini menyebabkan produk yang dikeringkan memiliki kualitas yang lebih baik, karena tekstur, citarasa, dan kandungan gizi yang terkandung di dalamnya tidak rusak akibat suhu pengeringan yang tinggi.

Pengaruh Interaksi Antara Maltodekstrin dengan Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Organoleptik Warna

Berdasarkan analisa sidik ragam (Lampiran 5) menunjukkan bahwa interaksi konsentrasi maltodekstrin dengan suhu dan tekanan vakum memiliki pengaruh yang berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap organoleptik warna. Hasil

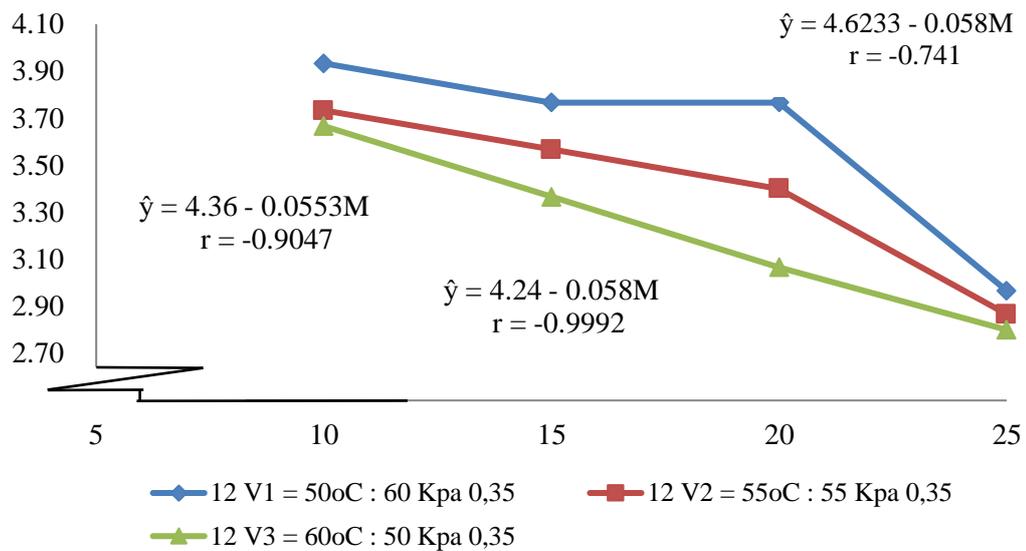
uji beda rata-rata pengaruh interaksi konsentrasi maltodekstrin dengan suhu dan tekanan vakum terhadap organoleptik warna dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengaruh Interaksi Konsentrasi Maltodekstrin dengan Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Organoleptik Warna

Jarak	LSR		Perlakuan	Rataan	Notasi	
	0,05	0,01			0,05	0,01
-	-	-	M ₁ V ₁	3,93	a	A
2	0,22	0,30	M ₁ V ₂	3,73	b	B
3	0,23	0,31	M ₁ V ₃	3,67	d	D
4	0,23	0,32	M ₂ V ₁	3,77	c	C
5	0,24	0,33	M ₂ V ₂	3,57	e	E
6	0,24	0,33	M ₂ V ₃	3,37	ef	EF
7	0,24	0,33	M ₃ V ₁	3,77	g	G
8	0,24	0,34	M ₃ V ₂	3,40	hi	HI
9	0,24	0,34	M ₃ V ₃	3,07	J	J
10	0,25	0,34	M ₄ V ₁	2,97	klm	KLM
11	0,25	0,35	M ₄ V ₂	2,87	klm	KLM
12	0,25	0,35	M ₄ V ₃	2,80	mn	MN

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom notasi menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada taraf $p < 0,05$ dan berbeda sangat nyata pada taraf $p < 0,01$.

Berdasarkan Tabel 16. Menunjukkan bahwa nilai rata-rata tertinggi terdapat pada konsentrasi maltodekstrin 10% (M₁) dan suhu dan tekanan vakum V₁ = 50°C : 60 Kpa (V₁) yaitu 3,93 dan nilai terendah pada konsentrasi maltodekstrin 25% (M₄) dengan suhu dan tekanan vakum V₃ = 60°C : 50 Kpa yaitu 2,80. Hubungan interaksi pengaruh konsentrasi maltodekstrin dengan suhu dan tekanan vakum terhadap organoleptik warna dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Hubungan Interaksi Maltodekstrin dengan Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Organoleptik Warna

Berdasarkan Gambar 16 menunjukkan bahwa pengaruh interaksi konsentrasi maltodekstrin dengan suhu dan tekanan vakum pada organoleptik warna memberikan pengaruh berbeda sangat nyata ($p < 0,01$). Semakin Tinggi suhu pengeringan dan rendahnya tekanan vakum yang digunakan maka organoleptik warna mengalami penurunan. Perlakuan terendah pada organoleptik warna terdapat pada konsentrasi maltodekstrin 25% dengan suhu dan tekanan vakum 60°C : 50 Kpa yaitu 2,80. sedangkan untuk perlakuan tertinggi terdapat pada perlakuan 10 % dengan suhu dan tekanan vakum 50°C : 60 Kpa (V1) yaitu 3,93. Terjadinya penurunan atau perubahan warna pada serbuk murbei hitam disebabkan oleh maltodekstrin serta suhu dan tekanan vakum yang digunakan, sehingga dengan penambahan maltodekstrin yang semakin banyak serta tingginya suhu dan rendahnya tekanan vakum membuat warna serbuk murbei hitam menjadi menurun. Hal ini sesuai dengan pernyataan Munirayati, *dkk* (2017) yang menyatakan bahwa maltodekstrin memiliki karekteristik berwarna putih yang

dapat memudarkan warna serbuk murbei hitam. Dimana dengan semakin banyaknya konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan maka warna serbuk murbei hitam cenderung memudar. Munirayati, *dkk* (2017) juga menjelaskan bahwa serbuk murbei hitam dengan suhu pengeringan yang lebih tinggi juga menghasilkan intensitas warna yang cenderung lebih rendah. Hal tersebut disebabkan karena dengan suhu pengeringan yang lebih tinggi cenderung mendegradasi kadar zat warna didalam bahan yang menyebabkan nilai absorbansi bahan menjadi rendah, sehingga nilai intensitas warna merah keunguan pada serbuk murbei hitam menjadi rendah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan mengenai Pengeringan Vakum Bahan Enkapsulan Ekstrak Buah Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) Dalam Pembuatan Sebuk Pewarna Alami dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Konsentrasi maltodekstrin memberikan pengaruh berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap uji kadar air, kadar abu, rendemen, kadar antosianin dan organoleptik warna.
2. Suhu dan tekanan vakum memberikan pengaruh berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap uji kadar air, kadar abu, rendemen, kadar antosianin dan organoleptik warna.
3. Pengaruh interaksi antara konsentrasi maltodekstrin dengan suhu dan tekanan vakum memberikan pengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap uji organoleptik warna. Sedangkan pada uji kadar air, kadar abu, rendemen dan kadar antosianin memberikan pengaruh berbeda tidak nyata ($p < 0,05$).
4. Hasil penelitian terbaik terdapat pada perlakuan M_1V_1 yaitu konsentrasi maltodekstrin 10% dengan suhu dan tekanan vakum $50^{\circ}\text{C} : 60 \text{ Kpa}$ pada parameter kadar antosianin dan organoleptik warna.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan peneliti menyarankan untuk penelitian selanjutnya agar memperpanjang lama pengeringan vakum agar parameter yang diamati sesuai dengan SNI.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, D. dan Ismiyati. 2015. Pengaruh Konsentrasi Pelarut Pada Proses Ekstraksi Antosianin dari Bunga Kembang Sepatu. *Konversi*. Volume 4 No. 2.
- Aljane, F. and N. Sdiri. 2016. Morphological, Phytochemical and Antioxidant Characteristics of White (*Morus alba* L.), Red (*Morus rubra* L.) and Black (*Morus nigra* L.) Mulberry Fruits Grown in Arid Regions of Tunisia. *Journal of new science Agriculture and Biotechnology*. 35(351), pp.1940-1947.
- Anal, A.K. dan Singh. 2007. Recent Advances in Microencapsulation of Probiotic for Industrial Applications and Targeted Delivery. *J. Trend and Food Science and Tecnology*. (18): 240-251.
- Andriani, M., B.K. Ananditho. dan E. Nurhartadi. 2013. Pengaruh Suhu Pengeringan Terhadap Karakteristik Fisik dan Sensoris Tepung Tempe “Bosok”. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. Vol. VI No. 2.
- Anggraeni, V.J., , L. Ramdanawati. dan W. Ayuantika. 2018. Penetapan Kadar Antosianin Total Beras Merah (*Oryza nivara*). *J.Kartika Kimia*. 1,(1),11-16.
- AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis of The Association of Analytical Chemist*. Washington. US.
- Ariyani. 2010. Formulasi Tepung Campuran Siap Pakai Berbahan Dasar Tapioka-*Mocal* dengan Penambahan Maltodekstrin serta Aplikasinya sebagai Tepung Pelapis Keripik Bayam. Skripsi. Universitas Jendral Soedirman. Purwokerto.
- Astawan, M. 2008. *A-Z Ensiklopedia Gizi Pangan Untuk Keluarga*. Dian Rakyat. Jakarta.
- Atmosoedarjo, S.T. 2000. *Sutera Alam Indah*. Yayasan Sarana Jaya. Jakarta.
- Dalimartha, S. 2000. *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia Jilid 1*. Trubus Agriwidya. Jakarta.
- Dalimartha, S. 2002. *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia Jilid 2*. Trubus Agriwidya. P. 71-4, 76-7. Jakarta.
- Departemen Kehutanan. 2009. *Data Potensi Hutan Rakyat di Indonesia*. Direktorat Jendral Rehabilitasi Lahan dan Perhutan Sosial. Deparetemen Kehutanan. Jakarta.
- Downham, A. dan P. Collins. 2000. Colouring Our Foods in the Last and Next Millennium. *Internasional Journal of Food Science and Technology*. 35 (2):5-22.

- Dubey, R., T.C. Shami. dan K.U.B. Rao. 2009. Microencapsulation Technology and Applications Defence Sci J, 59(1), 82-95. Delhi.
- Erni, N., Kadirman. dan R. Fadilah. 2018. Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Sifat Kimia dan organoleptik Tepung Umbi Talas (*Colocasia esculenta*). Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian. Vol. 4 : 95-105.
- Ferlinahayati., E.H. Hakim., Y.M. Syah. dan L.D. Juliawaty. 2012. Senyawa Morusin dari Tumbuhan Murbei Hitam (*Morus nigra*). Jurnal Penelitian Sains. Vol. 15 No. 2 (C).
- Fitriani, S. 2008. Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Beberapa Mutu Manisan Belimbing Wuluh (*Averrhoabellimbi L.*). Jurnal Sagu. Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Riau. Riau. Vol. 7 No. 1. Hal. 32-37.
- Fransisca, A.Y.D. 2017. Pembuatan Minuman Serbuk Instan Buah Buni (*Antidesma bunius L. Spreng*) Variasi Maltodekstrin. Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang. Palembang.
- Gharshalloui, A., G. Roudat., O. Chambine., A. Volley. dan R. Saurel. 2007. Application of Spray Drying in Mincroencapsulation of food Ingredients : An overview. Dalam Food Research Internasional 40. Hal 1107-1121.
- Histifarina, D. dan D. Musaddad. 2004. Teknik pengeringan dalam oven untuk irisan wortel kering bermutu. J. Hort., vol. 14, no. 2, hlm. 107-12.
- Jyothi, S. S., A. Seethadevi., K.S. Prabha., P. Muthuprasanna. and P. Pavitra. 2012. Microencapsulation: A review. Int. J. Pharm. Biol. Sci. 3: 509-31.
- Khaira, N., Y.Z.M. Ramadhani. 2018. Review Kandungan Senyawa Kimia Murbei Hitam (*Morus nigra L.*) dan Efek Farmakologinya. Fakultas Farmasi. Universitas Padjajaran. Farmaka. Suplemen Vol 16 No. 2.
- Khairiyah, S.N. 2019. Studi Pembuatan Serbuk Pewarna Alami dari Limbah Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) dengan Metode Enkapsulasi. Skripsi. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan.
- Kutovoy, V., L. Nikolaichuk. dan V. Slyesov. 2004. The Theory of Vacuum Drying . Internasional Drying Symposium. Vol. A. Pp. 26627.
- Lisa, M., M. Lutfi. dan B. Susilo. 2015. Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Mutu Tepung Jamur Tiram Putih (*Plaerotus ostreatus*). Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem. Jurusan Keteknikan Pertanian. Fakultas Teknologi Pertannian. Universitas Brawijaya. Malang. Vol. 3 No. 3. 270-279.
- Muchtadi, T. 2010. Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan. Alfabeta. Bogor.

- Mulyani, T., Yulistiani. dan M. Nopriyanti. 2014. Pembuatan Bubuk Sari Buah Markisa dengan Metode “Foam-mat Drying”. *Jurnal Rekapang*. Vol. 8 No. 1. Surabaya.
- Munirayati., R. Moulana. dan N.E. Husna. 2017. Pembautan Serbuk Antosianin Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L.) dengan Variasi Konsentrasi Maltodekstrin dan Suhu Pengeringan. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian Unsyiah*. Program Studi Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Syiah Kuala. Vol. 2 No. 4 : 491-497.
- Nedovic, V., A. Kalusevic., V. Manojlovic., S. Levic. and B. Bugarski. 2011. An Overview of Encapsulation Technologies for Food Aplication. *Procedia Food Science*. 1: 1806-1815.
- Nugroho, P.J. 2020. Pengaruh Konsentrasi Maltodesktrin dan Asam Sitrat Terhadap Karakteristik Fisiko-Kimia Serbuk Pewarna Alami Daun Jati Muda (*Tectona grandis*) dengan Metode Pengeringan Semprot. Skripsi. Program Studi Teknologi Pangan. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Katolik Soegijapranata. Semarang.
- Oktaviana, D. 2012. Kombinasi Maltodekstrin dan Suhu Pemanasan Terhadap Kualitas Serbuk Instan Belimbing Wuluh (*Avverhoa bilimbi Linn.*). Skripsi. UAJY. Yogyakarta.
- Ovando, A.C., M.P. Hernandez., M.E. Hernandez., J.A. Rodriguez. dan C.A. Vidal. 2009. Chemical Studies of Antocyanin. *Journal of Food Chemistri*. 113. 859-871.
- Pereira, K.C., D.C.M. Ferreira., G.F. Alvarenga., M.S.S. Pereira., M.C.S. Barcelos. and J.M.G. Costa. 2018. Microencapsulation and release controlled by the diffusion of food ingredients produced by spray drying: A review. *Braz. J. Food Technol*. 21:e2017083.
- Permatasari, N.A. dan F. Afifah. 2020. Pembuatan dan Pengujian Stabilitas Bubuk Pewarna Alami dari Daun Bayam Merah (*Alternanthera amoena Voss.*). *Jurnal Reayasa dan Manajemen Agroindustri*. Vol. 8, No. 3. 409-422.
- Perumal, R .2007. Comparative performance of solar cabinet, vacuum assisted solar and oven drying method. Thesis. Natural Resources Technology Depostment. University Montreal. Kanada.
- Priska, M., N. Peni., L. Carvallo., Y.D. Ngapa. 2018. Review: Antosianin dan Manfaatnya. *Cakra Kimia (Indonesia E-journal of Applied Chemistry)*. Vol. 6, No. 2.
- Rachmawan, O. 2001. Pengeringan, Pendinginan dan Pengemasan Komoditas Pertanian. *Buletin Departemen Pendidikan Nasional*. Jakarta.

- Rahmasari, H. dan W.H. Susanto. 2014. Ekstraksi Osmosis Pada Pembuatan Sirup Murbei (*Morus alba L.*) Kajian Proporsi Buah : Sukrosa dan Lama Osmosi. Jurnal Jurusan Teknologi Hasil pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Reysa, E. 2013. Rahasia Mengetahui Makanan Berbahaya. Titik Media Publisher. Jakarta.
- Rowe, R.C., P.J. Sheskey. and M.E.Q. 2009. Handbook Of Pharmaceutical Excipients, 6th Ed, The Pharmaceutical Press. USA.
- Sansone, F.T., P. Mencherini., M. Picerno., d'Amore. and MR. Lauro. 2011. Matodextrin/pectin Microparticles by Spray Drying as Carrierfor Nutraceutical Extracts. J. Food Engineering. 105 : 468-476.
- Sartono, M. 2011. Pengaruh Perbedaan Proporsi Ekstrak Murbei Hitam dan Susu UHT Serta Lama Penyimpanan Terhadap Warna dan Kadar Antosianin Yoghurt Murbei Hitam. Skripsi. Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Surabaya.
- Sasmitaloka, K.S. 2017. Produksi Asam Sitrat Oleh *Aspergillus niger* pada Kultivasi Media Cair. Jurnal Integrasi Proses. Vol. 6, No. 3.
- Soekarto, S.T. 1982. Penelitian Organoleptik. Bhratara Karya Aksara. Jakarta.
- Soekarto, S.T. 1990. Dasar-Dasar Pengawasan dan Standarisasi Mutu Pangan. Penerbit PAU Pangan dan Gizi IPB. Bogor.
- Soeroso, E.R., L.N. Lestario. dan Y. Martono. 2017. Penambahan Gula Dapat Meningkatkan Stabilitas Warna Ekstrak Antosianin Buah Murbei Hitam yang Terpapar Cahaya Fluoresens. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan. Vol. 28 (1):62-69.
- Srihari, E., F.S. Lingganingrum., R. Hervita., Helen. dan S. Wijaya. 2010. Pengaruh Penambahan Maltodekstrin Pada Pembuatan Santan Kelapa Bubuk. Seminar Rekayasa Kimia dan Proses. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro Semarang. Semarang.
- Sudarmadji. 1997. Analisa Bahan Makanan dan Pertanian. Liberty. Yogyakarta.
- Suhartatik, N., M. Karyantina., A. Mustofa., M.N. Cahyanto., S. Raharjo. dan E.S. Rahayu. 2013. Stabilitas Esktrak Antosianin Beras Ketan (*Oryza sativa var. Glutinosa*) Hitam Selama Proses Pemanasan dan Penyimpanan. AGRITECH. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. Vol. 33 No. 4. Hal 384-390.
- Sunanto, H. 1997. Budidaya Murbei dan Usaha Pesuteraan Alam. Kanisius. Yogyakarta.

- Surest, A.H., R. Ovelando.M.A. dan Nabilla. 2013. Fermentasi Buah Markisa (*Passiflora*) Menjadi Asam Sitrat. Jurnal Teknik Kimia. Vol. 19, No. 3.
- Suryanto, R. 2018. Pengaruh Penambahan Dekstrin dan Tween 80 Terhadap Sifat Fisik, Kimia dan Organoleptik Bubuk Sari Buah Jambu Biji Merah (*Psidium Guajava* L.) yang Dibuat dengan Metode Foam-Mat Dying. JISIP. Vol. 2 No. 3.
- Susanto, T. dan B. Saneto. 1994. Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian. Bina Ilmu. Surabaya.
- Tensiska., E. Sukarminah. dan D. Natalia. 2007. Ekstraksi Pewarna Alami dari Buah Arben (*Rubus idaeus* Linn.) dan Aplikasinya pada Sistem pangan. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan. Vol. XVIII No. 1.
- Tonon, R.V., C.R. Grosso. and M.D. Hubinger. 2011. Influence of emulsion composition and inlet air temperature on the microencapsulation of flaxseed oil by spray drying. Food Res. Int. 44: 282-289.
- Ummah, M., B. Kunarto. dan E. Pratiwi. 2021. Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Karakteristik Fisikokimia Serbuk Buah Parijoto (*Medinilla speciosa* Blume). Jurnal Teknologi Pangan Hasil Pertanian. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Semarang. Indonesia. 16 (1).
- Utomo, D. 2013. Pembuatan Serbuk *Effervescent* Murbei (*Morus alba* L.) dengan Kajian Konsentrasi maltodekstrin dan Suhu Pengeringan. Jurnal Teknologi Pangan. Vol. 5 No. 1.
- Widyanti, E.M., E. Kusumawati. dan A.F. Sukmana. 2019. Penentuan Tekanan dan Waktu Optimum dalam Pembuatan Serbuk Telur Menggunakan Oven Vakum. Jurnal Fluid. Volume. 12. No. 2.
- Widyorini, R., T.A. Prayitno., A.P. Yudha., B.A. Setiawan. dan B.H. Wicaksono. 2012. Pengaruh Konsentarsi Asam Sitrat dan Suhu Pengempaan Terhadap Kualitas Papan Partikel dari Pelepah Nipah. Jurnal ilmu Kehutanan. Vol. VI No. 1.
- Wijaya, C.H. dan S. Suharta. 2019. Ragam Enkapsulasi Perisa Pangan. Food Review Indonesia. Vol. XIV/No. 3.
- Wijaya, S.I., B.S. Widjanarko. dan T. Susanto. 2001. Ekstraksi dan Karakterisasi Pigmen dari Kulit Buah Rambutan (*Nephelium lappuceum*) van Binjai. Biosain. Universitas Brawijaya. Malang. Vol. 1 No. 2.
- Winarti, S., U. Sarofah. dan D. Anggrahini. 2008. Ekstraksi dan Stabilitas Warna Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L.) Sebagai Pewarna Alami. Jurnal Teknik Kimia. Vol. 3 No. 1.

- Wirani, R. 2017. Kajian Perbandingan Daun dengan Ampas Buah *Black Mulberry* (*Morus nigra*) Terhadap Karakteristik Teh Celup. Tugas Akhir. Jurusan Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pasundan. Bandung.
- Yuliawati, T. 2019. Pengaruh Konsentrasi *Slurry* Murbei dan Konsentrasi Sukrosa Terhadap Karakteristik Fisik, Kimia dan Organoleptik Es Krim Murbei Hitam (*Morus nigra L.*). Skripsi. Universitas Brawijaya Malang. Malang.
- Yuliawaty, S.T. dan W.H. Susanto. 2015. Pengaruh Lama Pengeringan dan Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Karakteristik Fisik Kimia dan Organoleptik Minuman Instan Daun Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*). Jurnal Pangan dan Agroindustri. Vol. 3 No. 1 p. 41-52.
- Zuidam, N.J. dan E. Heinrich. 2010. *Encapsulation of Aroma*. Active Food Ingrediend and Food Processing. 127-160.

Lampiran 1. Data Hasil Pengamatan Kadar Air

Perlakuan	Ulangan			Total	Rataan
	I	II	III		
M1V1	10.25	10.83	10.38	31.46	10.49
M1V2	10.21	9.34	9.49	29.04	9.68
M1V3	9.45	9.22	9.36	28.03	9.34
M2V1	11.90	11.45	11.24	34.59	11.53
M2V2	11.47	11.35	11.08	33.90	11.30
M2V3	10.16	10.06	10.10	30.32	10.11
M3V1	11.40	11.40	11.41	34.21	11.40
M3V2	10.73	11.15	11.96	33.84	11.28
M3V3	10.45	10.43	9.78	30.66	10.22
M4V1	12.96	11.98	11.45	36.39	12.13
M4V2	11.35	12.31	12.31	35.97	11.99
M4V3	10.00	10.70	10.67	31.37	10.46
Total	130.33	130.22	129.23	389.78	129.93
Rataan	10.86	10.85	10.77	32.48	10.83

Tabel Analisa Sidik Ragam Kadar Air

SK	db	JK	KT	Fhit	Ket	F.05	F.01
FK	1	4,220.213	4,220.213	24,518.205			
Perlakuan	11	26.885	2.444	14.199	**	2.35	3.40
M	3	13.604	4.535	26.346	**	3.24	5.29
Linier	1	11.500	11.500	66.811	**	4.49	8.53
Kuadratik	1	0.768	0.768	4.463	tn	4.49	8.53
V	2	12.022	6.011	34.923	**	3.24	5.29
Linier	1	2,325.187	2,325.187	13,508.657	**	4.49	8.53
Kuadratik	1	1,556.056	1,556.056	9,040.233	**	4.49	8.53
M x V	6	1.258	0.210	1.218	tn	2.54	3.78
Galat	24	4.131	0.172			2.33	3.37
Total	35	31.016	0.886				

FK 4.220

KK 1.28 %

** Sangat Nyata

tn Tidak Nyata

Lampiran 2. Data Hasil Pengamatan Kadar Abu

Perlakuan	Ulangan			Total	Rataan
	I	II	III		
M1V1	9.87	9.43	9.31	28.61	9.54
M1V2	10.05	10.05	10.27	30.37	10.12
M1V3	11.99	11.65	11.21	34.85	11.62
M2V1	10.23	10.25	10.19	30.67	10.22
M2V2	11.75	11.54	11.55	34.84	11.61
M2V3	12.12	12.43	12.48	37.03	12.34
M3V1	11.56	11.31	10.87	33.74	11.25
M3V2	11.90	12.54	12.89	37.33	12.44
M3V3	12.75	12.98	13.09	38.82	12.94
M4V1	13.76	12.01	11.74	37.51	12.50
M4V2	13.12	13.07	13.10	39.29	13.10
M4V3	13.98	13.74	13.56	41.28	13.76
Total	143.08	141.00	140.26	424.34	141.45
Rataan	11.92	11.75	11.69	35.36	11.79

Tabel Analisa Sidik Ragam Kadar Abu

SK	db	JK	KT	Fhit	Ket	F.05	F.01
FK	1	5,001.790	5,001.790	30,610.189			
Perlakuan	11	56.456	5.132	31.409	**	2.35	3.40
Faktor M	3	35.679	11.893	72.783	**	3.24	5.29
Linier	1	35.645	35.645	218.139	**	4.49	8.53
Kuadrat	1	0.008	0.008	0.046	tn	4.49	8.53
Faktor V	2	19.189	9.595	58.718	**	3.24	5.29
Linier	1	3,312.145	3,312.145	20,269.823	**	4.49	8.53
Kuadrat	1	1,419.840	1,419.840	8,689.204	**	4.49	8.53
M Xv	6	1.588	0.265	1.620	tn	2.54	3.78
Galat	24	3.922	0.163			2.33	3.37
Total	35	60.378	1.725				

FK 5.001.79

KK 1.14 %

** Sangat Nyata

tn Tidak Nyata

Lampiran 3. Data Hasil Pengamatan Rendemen

Perlakuan	Ulangan			Total	Rataan
	I	II	III		
M1V1	22.23	22.31	22.34	66.88	22.29
M1V2	21.56	25.59	15.63	62.78	20.93
M1V3	14.08	14.14	14.29	42.51	14.17
M2V1	21.34	24.32	27.39	73.05	24.35
M2V2	19.55	21.57	24.65	65.77	21.92
M2V3	18.50	18.43	18.64	55.57	18.52
M3V1	23.31	25.45	27.41	76.17	25.39
M3V2	20.89	20.94	20.98	62.81	20.94
M3V3	20.74	20.77	20.83	62.34	20.78
M4V1	22.95	24.03	27.91	74.89	24.96
M4V2	22.83	22.89	22.93	68.65	22.88
M4V3	22.52	23.60	25.64	71.76	23.92
Total	250.50	264.04	268.64	783.18	261.06
Rataan	20.88	22.00	22.39	65.27	21.76

Tabel Analisa Sidik Ragam Rendemen

SK	db	JK	KT	Fhit	Ket	F.05	F.01
FK	1	17.038,081	17.038,081	3.758,329			
Perlakuan	11	320,404	29,128	6,425	**	2,35	3,40
Faktor M	3	107,898	35,966	7,934	**	3,24	5,29
Linier	1	103,240	103,240	22,773	**	4,49	8,53
Kuadrat	1	1,886	1,886	0,416	tn	4,49	8,53
Faktor V	2	144,247	72,123	15,909	**	3,24	5,29
Linier	1	8.745,198	8.745,198	1.929,051	**	4,49	8,53
Kuadrat	1	7.056,265	7.056,265	1.556,499	**	4,49	8,53
M x V	6	68,259	11,377	2,509	tn	2,54	3,78
Galat	24	108,802	4,533			2,33	3,37
Total	35	429,21	12,26				

FK 17.038

KK 3,26%

** Sangat Nyata

tn Tidak Nyata

Lampiran 4. Data Hasil Pengamatan Kadar Antosianin

Perlakuan	Ulangan			Total	Rataan
	I	II	III		
M1V1	187.49	167.87	167.11	522.47	174.16
M1V2	173.16	171.87	172.94	517.97	172.66
M1V3	160.89	164.19	165.13	490.21	163.40
M2V1	171.81	170.02	171.17	513.00	171.00
M2V2	160.96	169.43	169.89	500.28	166.76
M2V3	157.72	127.38	157.54	442.64	147.55
M3V1	179.67	168.63	159.41	507.71	169.24
M3V2	158.14	138.02	157.97	454.13	151.38
M3V3	155.21	124.98	154.23	434.42	144.81
M4V1	167.87	155.15	167.11	490.13	163.38
M4V2	140.73	150.52	150.39	441.64	147.21
M4V3	139.34	138.22	140.08	417.64	139.21
Total	1952.99	1846.28	1932.97	5732.24	1910.75
Rataan	162.75	153.86	161.08	477.69	159.23

Tabel Analisa Sidik Ragam Kadar Antosianin

SK	db	JK	KT	Fhit	Ket	F.05	F.01
FK	1	912.738.21	912.738.21	10.093.69			
Perlakuan	11	5.053.00	459.36	5.08	**	2.35	3.40
Faktor M	3	2.044.22	681.41	7.54	**	3.24	5.29
Linier	1	2.022.60	2.022.60	22.37	**	4.49	8.53
Kuadrat	1	21.59	21.59	0.24	tn	4.49	8.53
Faktor V	2	2.572.28	1.286.14	14.22	**	3.24	5.29
Linier	1	501.208.35	501.208.35	5.542.71	**	4.49	8.53
Kuadrat	1	344.529.13	344.529.13	3.810.04	**	4.49	8.53
M x V	6	436.51	72.75	0.80	tn	2.54	3.78
Galat	24	2.170.24	90.43			2.33	3.37
Total	35	7.223.24	206.38				

FK 912.738

KK 1.99 %

** Sangat Nyata

tn Tidak Nyata

Lampiran 5. Data Hasil Pengamatan Organoleptik Warna

Perlakuan	Ulangan			Total	Rataan
	I	II	III		
M1V1	4.00	3.80	4.00	11.80	3.93
M1V2	3.70	3.80	3.70	11.20	3.73
M1V3	3.60	3.70	3.70	11.00	3.67
M2V1	3.80	3.70	3.80	11.30	3.77
M2V2	3.50	3.60	3.60	10.70	3.57
M2V3	3.30	3.30	3.50	10.10	3.37
M3V1	3.80	3.70	3.80	11.30	3.77
M3V2	3.20	3.50	3.50	10.20	3.40
M3V3	3.00	3.00	3.20	9.20	3.07
M4V1	3.00	3.10	2.80	8.90	2.97
M4V2	3.00	2.80	2.80	8.60	2.87
M4V3	2.80	2.80	2.80	8.40	2.80
Total	40.70	40.80	41.20	122.70	40.90
Rataan	3.39	3.40	3.43	10.23	3.41

Tabel Analisa Sidik Ragam Organoleptik Warna

SK	db	JK	KT	Fhit	Ket	F.05	F.01
FK	1	418.2025	418.2025	40,689.9730			
Perlakuan	11	5.1208	0.4655	45.2948	**	2.35	3.40
Faktor M	3	3.9875	1.3292	129.3243	**	3.24	5.29
Linier	1	1.7000	1.7000	165.4054	**	4.49	8.53
Kuadratik	1	1.5600	1.5600	151.7838	**	4.49	8.53
Faktor V	2	0.8867	0.4433	43.1351	**	3.24	5.29
Linier	1	1.2000	1.2000	116.7568	**	4.49	8.53
Kuadratik	1	0.4000	0.4000	38.9189	**	4.49	8.53
M x V	6	0.2467	0.0411	4.0000	**	2.54	3.78
Galat	24	0.2467	0.0103			2.33	3.37
Total	35	5.3675	0.1534				
FK	418.20						
KK	0.99 %						
**	Sangat Nyata						

Lampiran 6. Dokumentasi Kegiatan Penelitian



Gambar 17. Buah Murbei Hitam



Gambar 18. Sortir Buah Murbei Hitam



Gambar 19. Timbang Buah Murbei Hitam



Gambar 20. Cuci Buah Murbei Hitam



Gambar 21. Haluskan Buah Murbei Hitam



Gambar 22. Rendaman ekstrak murbei hitam dan aquades



Gambar 23. Saring Ekstrak Murbei Hitam



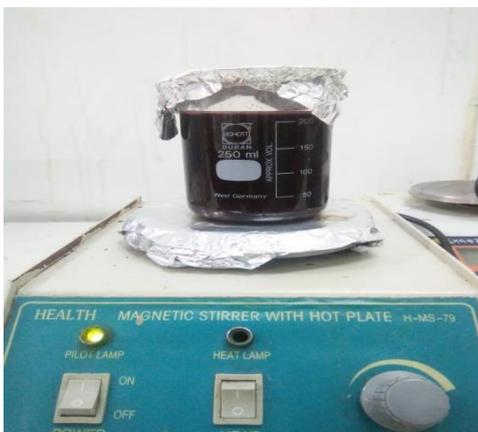
Gambar 24. Ukur pH Ekstrak



Gambar 25. Tambahkan Maltodekstrin



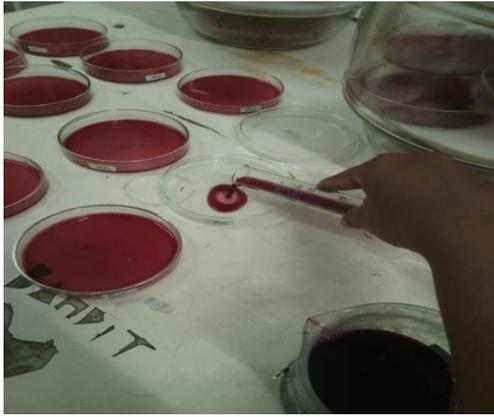
Gambar 26. Tambahkan Tween 80



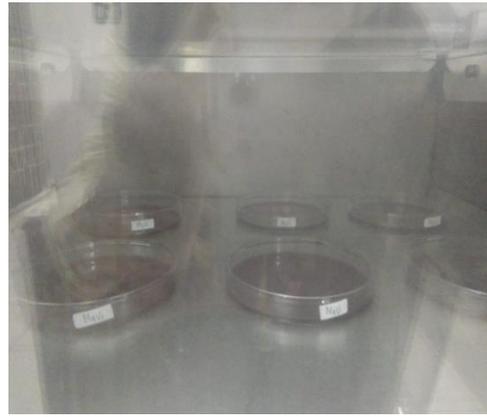
Gambar 27. Aduk Ekstrak



Gambar 28. Enkapsulan Sari Murbei Hitam



Gambar 29. Tuang Enkapsulan ke Cawan Petridis



Gambar 30. Pengeringan dengan Oven Vakum



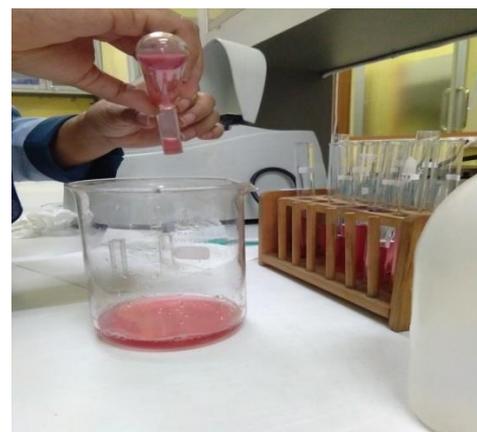
Gambar 31. Serbuk Murbei Hitam



Gambar 32. Uji Kadar Air



Gambar 33. Uji Kadar Abu



Gambar 34. Uji Kadar Antosianin