

**PENGARUH BENTUK KERING DAN LAMA PENYIMPANAN
TERHADAP ANTIOKSIDAN DAN KONTAMINASI
MIKROBA PADA JAHE HITAM
(*Kaempferia parviflora*)**

SKRIPSI

Oleh :

**RIDWAN ANSORI SITEPU
NPM : 2004310006
TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

PENGARUH BENTUK KERING DAN LAMA PENYIMPANAN
TERHADAP ANTIOKSIDAN DAN KONTAMINASI
MIKROBA PADA JAHE HITAM
(*Kaempferia parviflora*)

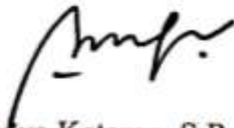
SKRIPSI

Oleh :

RIDWAN ANSORI SITEPU
2004310006
TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN

Disusun sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan Studi Strata I (S1)
pada Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Komisi Pembimbing



Bunga Raya Ketaren, S.P., M.Sc., Ph.D.
Ketua

Disahkan Oleh:
Dekan



Assoc. Prof. Dr. Dedi Mawar Tarigan, S.P., M.Si

Tanggal Lulus : 16 September 2025

PERNYATAAN

Dengan ini saya :

Nama : Ridwan Ansori Sitepu

NPM : 2004310006

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi dengan judul Pengaruh Bentuk Kering dan Lama Penyimpan terhadap Antioksidan dan Kontaminasi Mikroba pada Jahe Hitam (*Kaempferia parviflora*) adalah berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari diri 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,

Yang Menyatakan



Ridwan Ansori Sitepu

RINGKASAN

Penelitian ini berjudul “Pengaruh Bentuk Kering dan Lama Penyimpanan terhadap Antioksidan dan Kontaminasi Mikroba pada Jahe Hitam (*Kaempferia parviflora*)” dibimbing oleh Ibu Bunga Raya Ketaren, S.P., M.Sc., Ph.D.

Jahe hitam atau yang biasa di sebut dengan *Black ginger* yang memiliki nama spesies *Kaempferia parviflora*, termasuk ke dalam family *Zingiberaceae* berasal dari Thailand dan dikenal dengan sebutan “*krachai dum*”. Jahe hitam ini memiliki berbagai khasiat, seperti meningkatkan sistem imun, mengurangi peradangan, dan sebagai sumber antioksidan yang efektif. Sebelumnya belum banyak yang mengetahui mengenai tanaman ini namun setelah adanya penelitian tanaman ini mulai banyak ditanami, Jahe hitam ini sama seperti tanaman rimpang lainnya yang terbilang cukup mudah untuk dibudidaya menurut data yang saya kumpulkan harga rimpangnya pernah menyentuh diharga 250.000 per 100 gram, Namun tanaman ini banyak dikenal dengan kunyit hitam padahal kalau dilihat secara harfiah tanaman ini bernama latin *Kaempferia parviflora* yang mana memiliki warna khas pada dalam rimpangnya yang berwarna ungu kehitaman, per 2024 tanaman ini berharga 40.000 per 100 gram penurunan yang cukup signifikan dari tahun sebelumnya ada beberapa faktor yang mempengaruhinya termasuk mudahnya dibudidaya dan kurangnya peminat sampai hari ini jahe hitam hanya diolah untuk dijadikan minuman herbal dan pengolahannya hanya sebatas pengeringan dan kurang banyaknya peminat membuat tanaman ini menjadi masalah bagi petani jahe hitam dalam hal penyimpanan.

Oleh karena itu penelitian ini menggunakan variasi bentuk kering dan lama penyimpanan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya perbandingan dan penurunan terhadap kandungan antioksidan pada variasi bentuk kering dan adanya kontaminasi mikroba selama penyimpanan berlangsung. Untuk sampel peneliti membeli dan memesan lewat Online Shop yang mana sampel diperoleh dari petani jahe hitam yang berada di pulau Jawa tepatnya di Jawa Barat kabupaten Garut dan untuk mengujinya dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial dengan (3) ulangan. Faktor I adalah bentuk kering jahe hitam dengan sandi (P) yang terdiri atas 3 taraf yaitu : P_1 = Chip, P_2 = Parut, P_3 = Bubuk. Faktor II adalah lama penyimpanan jahe hitam dengan sandi (M) yang terdiri dari 3 taraf yaitu : M_1 = 0 bulan, M_2 = 6 bulan, M_3 = 12 bulan. Parameter yang diamati meliputi kadar air, antioksidan, kontaminasi mikroba, warna L, a^* , b^* . Hasil menunjukkan bahwa hubungan bentuk kering dan lama penyimpanan memberikan pengaruh interaksi berbeda sangat nyata ($P<0,01$) terhadap kadar air, warna L, a^* , antioksidan dan total mikroba, namun memberikan pengaruh tidak nyata terhadap warna b^* pada jahe hitam. Dan untuk perlakuan terbaik yaitu pada perlakuan bentuk kering chip dengan lama penyimpanan 0 bulan.

SUMMURY

This research entitled "The Effect of Dry Form and Storage Time on Antioxidants and Microbial Contamination in Black Ginger (*Kaempferia parviflora*)" was supervised by Mrs. Bunga Raya Ketaren, S.P., M.Sc., Ph.D.

Black ginger, also known as *Kaempferia parviflora*, belongs to the Zingiberaceae family and is native to Thailand and is known as "krachai dum." Black ginger has various benefits, including boosting the immune system, reducing inflammation, and serving as an effective source of antioxidants. Previously, not many people knew about this plant, but after research, this plant began to be widely planted. This black ginger is the same as other rhizome plants which are quite easy to cultivate according to the data I collected. The price of the rhizome has reached 250,000 per 100 grams. However, this plant is widely known as black turmeric, even though if you look at it literally, this plant has the Latin name *Kaempferia parviflora* which has a distinctive color in its blackish purple rhizome. As of 2024, this plant is worth 40,000 per 100 grams, a significant decrease from the previous year. There are several factors that influence it, including the ease of cultivation and the lack of interest. Until today, black ginger is only processed to make herbal drinks and the processing is only limited to drying and the lack of interest makes this plant a problem for black ginger farmers in terms of storage.

Therefore, this study uses variations in dry form and storage duration. This study aims to determine the comparison and decrease in antioxidant content in variations in dry form and the presence of microbial contamination during storage. For samples, researchers purchased and ordered through an Online Shop where samples were obtained from black ginger farmers on the island of Java, precisely in West Java, Garut district, and to test it was carried out at the Agricultural Product Technology Laboratory, Faculty of Agriculture, Muhammadiyah University of North Sumatra. This study used a Factorial Completely Randomized Design (CRD) with (3) replications. Factor I is the dry form of black ginger with code (P) consisting of 3 levels, namely: P_1 = Chip, P_2 = Grated, P_3 = Powder. Factor II is the storage duration of black ginger with code (M) consisting of 3 levels, namely: M_1 = 0 months, M_2 = 6 months, M_3 = 12 months. The parameters observed include water content, antioxidants, microbial contamination, color L, a^* , b^* . The results showed that the relationship between dry form and storage duration had a very significant interaction effect ($P < 0.01$) on water content, L color, a^* , antioxidants, and total microbes, but had no significant effect on b^* color in black ginger. And the best treatment was the dry chip form treatment with a storage duration of 0 months.

RIWAYAT HIDUP

Ridwan Ansori Sitepu, dilahirkan di Bandar Klippa, pada tanggal 25 Desember 2002, anak pertama dari 3 bersaudara dari Bapak Rahmat Sitepu dan Ibu Ngadinem.

Adapun pendidikan formal yang pernah ditempuh Penulis adalah :

1. Sekolah Dasar (SD) Negeri 106812 Bandar Klippa (2008-2014).
2. Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 2 Percut Sei Tuan (2014-2017).
3. Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Negeri 1 Percut Sei Tuan (2017-2020).
4. Mahasiswa Fakultas Pertanian Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (2020-2025).

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

1. Mengikuti Pengenalan Kehidupan Kampus Mahasiswa Baru (PKKMB) tahun 2020.
2. Mengikuti Masa Ta'aruf (MASTA) Pimpinan Komisariat Ikatan Mahasiswa Muhammadiyah Fakultas Pertanian UMSU tahun 2020.
3. Mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian (HIMALOGISTA) Tahun 2020.
4. Melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Ujung Rambe, Kecamatan Bangun Purba, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara yang dimulai pada tanggal 13-23 September 2023.
5. Melakukan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PT. PP. London Sumatera Indonesia, Tbk Unit Usaha Begerpang di desa Begerpang, Kecamatan Galang, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara yang dilaksanakan pada

tanggal 28 Agustus– 13 September 2023.

6. Melaksanakan Penelitian dan Praktik skripsi ini di Lakukan diLaboratorium Fakultas Pertanian Umiversitas Muhammadiyah Sumatera Deli Serdang, Sumatera Utara Penelitian ini dilaksanakan bulan Mei Sampai Selesai.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wata'ala serta Sholawat beiring dengan salam kepada Nabi Muhammad Shallahu Alaihi Wassalam atas selesainya Skripsi ini dengan judul, **“Pengaruh Bentuk Kering dan Lama Penyimpanan Terhadap Antioksidan dan Kontaminasi Mikroba pada Jahe Hitam (*Kaempferia parviflora*)”**. Skripsi ini disusun dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Strata 1 (S1) pada program studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Ibu Assoc. Prof. Dr. Dafni Mawar Tarigan, S.P., M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Misril Fuadi, S.P., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Ibu Dr. Andini Hanif, S.Si., M.Si., selaku Sekretaris Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Ibu Bunga Raya Ketaren, S.P., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Komisi Pembimbing yang selalu mendukung dan memberi arahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Kepada Biro Administrasi dan pegawai Laboratorium Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

6. Seluruh Dosen Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberi ilmu pengetahuan dan serta nasihat kepada penulis selama masa perkuliahan.
 7. Terimakasih sebesar-besarnya kepada kedua orang tua tercinta Ayahanda Rahmat Sitepu dan Ibunda Ngadinem yang telah memberikan do'a dan dukungan yang tulus berupa moril maupun materil.
 8. Terimakasih kepada kedua saudara kandung Adinda Rafidah Sitepu dan Adinda Rasid Sitepu serta keluarga besar yang tidak dapat penulis sebutkan yang telah memberikan motivasi dan do'a.
 9. Teman – teman seperjuangan Teknologi Hasil Pertanian Stambuk 2020 yang selama ini memotivasi dan mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
- Harapan penulis semoga skripsi ini dapat menambah pengetahuan dan pengalaman bagi para pembaca. Karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman penulis, penulis yakin masih ada kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini sehingga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Medan, September 2025

Ridwan Ansori Sitepu

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMURY	ii
RIWAYAT HIDUP	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Tujuan Penelitian	3
Hipotesis Penelitian.....	3
TINJAUAN PUSTAKA.....	4
Jahe Hitam (<i>Kaempferia parviflora</i>)	4
Manfaat dan Kandungan Jahe Hitam	5
Bentuk Kering (ukuran partikel)	7
Aktivitas Antioksidan	8
Lama Penyimpanan	8
Kontaminasi Mikroba.....	8
BAHAN DAN METODE	9
Tempat dan Waktu Penelitian	9
Bahan Penelitian.....	9
Alat Penelitian	9
Metode Penelitian.....	9
Pelaksanaan Penelitian	10
Parameter Penelitian.....	10
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	15
Kadar Air.....	16
Warna L*	22
Warna a*	26

Warna b*	31
Antioksidan	37
Total Mikroba	43
KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
DAFTAR PUSTAKA	51

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Komposisi Kimia per 100 gram Rimpang Jahe Kering	6
2. Kandungan Rimpang Jahe Hitam.....	6
3. Pengaruh bentuk kering Terhadap Parameter Jahe Hitam	15
4. Pengaruh Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Jahe Hitam.....	16
5. Hasil Uji Beda Rata Rata Pengaruh Bentuk Kering Terhadap Parameter Kadar Air.....	16
6. Hasil Uji Beda Rata Rata Pengaruh Lama penyimpanan Terhadap Parameter Kadar Air.....	18
7. Interaksi Antara Bentuk Kering Dan Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Kadar Air.....	20
8. Hasil Uji Beda Rata Rata Pengaruh Bentuk Kering Terhadap Parameter Warna L*.....	22
9. Interaksi Antara Bentuk Kering Dan Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Warna L*.....	24
10. Hasil Uji Beda Rata Rata Pengaruh Bentuk Kering Terhadap Parameter Warna a*	26
11. Hasil Uji Beda Rata Rata Pengaruh Lama penyimpanan Terhadap Parameter Warna a*	28
12. Interaksi Antara Bentuk Kering Dan Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Warna a*.	29
13. Hasil Uji Beda Rata Rata Pengaruh Bentuk Kering terhadap Parameter Warna b*	31
14. Hasil Uji Beda Rata Rata Pengaruh Lama Penyimpanan terhadap Parameter Warna b*	33
15. Interaksi Antara Bentuk Kering Dan Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Warna b*.	35
16. Hasil Uji Beda Rata Rata Pengaruh Bentuk Kering Terhadap Parameter Antioksidan	37

17.	Hasil Uji Beda Rata Rata Pengaruh Lama penyimpanan Terhadap Parameter Antioksidan	39
18.	Interaksi Antara Bentuk Kering Dan Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Antioksidan.	41
19.	Hasil Uji Beda Rata Rata Pengaruh Bentuk Kering terhadap Parameter Total Mikroba.....	43
20.	Hasil Uji Beda Rata Rata Pengaruh Lama Penyimpanan terhadap Parameter Total Mikroba.....	45
21.	Interaksi Antara Bentuk Kering dan Lama Penyimpanan terhadap Parameter Total Mikroba.....	47

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Jahe Hitam (<i>Kaempferia parviflora</i>)	4
2. Diagram Alir Bentuk Kering dan Penyimpanan Jahe Hitam	14
3. Pengaruh Bentuk Kering Terhadap Parameter Kadar Air.....	17
4. Pengaruh lama penyimpanan terhadap parameter kadar air.....	18
5. Hubungan Pengaruh Interaksi Antara Bentuk Kering Dan Lama penyimpanan terhadap parameter kadar air ... Error! Bookmark not defined.	
6. Pengaruh Bentuk Kering Terhadap Parameter Warna L*	22
7. Hubungan Pengaruh Interaksi Antara Bentuk Kering Dan Lama Penyimpanan Terhadap Parameter warna L*	25
8. Pengaruh Bentuk Kering Terhadap Parameter Warna a*	26
9. Pengaruh Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Warna a*	28
10. Hubungan Pengaruh Interaksi Antara Bentuk Kering Dan Lama Penyimpanan Terhadap Parameter warna a*	30
11. Pengaruh Bentuk Kering Terhadap Parameter Warna b*	32
12. Pengaruh Lama Penyimpanan terhadap Parameter Warna b*	34
13. Hubungan Pengaruh Interaksi Antara Bentuk Kering Dan Lama Penyimpanan terhadap Parameter warna b*	36
14. Pengaruh Bentuk Kering Terhadap Parameter Antioksidan	38
15. Pengaruh Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Antioksidan	40
16. Hubungan Pengaruh Interaksi Antara Bentuk Kering Dan Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Antioksidan	42
17. Pengaruh Bentuk Kering Terhadap Parameter Total Mikroba.....	44
18. Pengaruh Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Total Mikroba	46
19. Hubungan Pengaruh Interaksi Antara Bentuk Kering dan Lama Penyimpanan terhadap Parameter Total Mikroba	48

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul	Halaman
1.	Tabel Data Rataan Kadar Air Jahe Hitam.....	55
2.	Tabel Data Rataan Warna L Jahe Hitam.....	56
3.	Tabel Data Rataan Warna a* Jahe Hitam.....	57
4.	Tabel Data Rataan Warna b* Jahe Hitam	58
5.	Tabel Data Rataan Antioksidan Jahe Hitam	59
6.	Tabel Data Rataan Total Mikroba Jahe Hitam.....	60

Nomor

Halaman

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang kaya akan keanekaragaman tanaman hayati terutama hasil pertanian termasuk rempah-rempah dan tanaman rimpang. Rimpang merupakan salah satu bahan obat tradisional yang sering dijumpai di sekitar kita. Rimpang sering digunakan sebagai bumbu rempah dan sebagai komponen dalam produksi obat-obatan, khususnya obat tradisional. Keanekaragaman jenis dan khasiatnya sangat menjanjikan sehingga berpotensi menjadi obat herbal. Salah satu rimpang tersebut adalah jahe hitam atau yang biasa di sebut dengan *Black ginger* yang memiliki nama spesies *Kaempferia parviflora*, termasuk ke dalam family *Zingiberaceae* berasal dari Thailand dan dikenal dengan sebutan “*krachai dum*”.

Jahe hitam (*Kaempferia parviflora*) memiliki berbagai khasiat, seperti meningkatkan sistem imun, mengurangi peradangan, dan sebagai sumber antioksidan yang efektif (Sinha *et al.*, 2015). Kandungan bioaktif yang terdapat dalam jahe hitam, seperti flavonoid dan kurkumin, telah terbukti memiliki potensi dalam mencegah berbagai penyakit degeneratif (Jiang *et al.*, 2020). Secara tradisional jahe hitam digunakan sebagai obat untuk berbagai macam penyakit, termasuk radang, bisul, asam urat, gangguan kolik, abses, alergi, dan osteoarthritis (Song *et al.*, 2021). Beberapa penelitian mengungkap aktivitasnya sebagai antikanker, relaksasi vaskular, kardioprotektif, peningkatan seksual, neuroprotektif, antialergi, antiinflamasi, antiosteoarthritis, dan antimikroorganisme (Saokaew *et al.*, 2018).

Namun, meskipun jahe hitam memiliki manfaat yang signifikan, tantangan dalam penyimpanan dan pengolahan tetap menjadi perhatian. Bentuk kering jahe hitam sering digunakan dalam industri herbal karena memiliki masa simpan yang lebih lama dan lebih mudah dalam transportasi (Bishop *et al.*, 2018). Namun, pengolahan menjadi bentuk kering dapat mempengaruhi kadar antioksidan. Penelitian oleh Tontul *et al.* (2017) menunjukkan bahwa pengeringan dapat menurunkan kadar senyawa bioaktif dalam jahe, sehingga penting untuk mengevaluasi pengaruh bentuk kering terhadap kualitas jahe hitam secara menyeluruh.

Selain itu, lama penyimpanan jahe hitam juga menjadi faktor penting yang harus diperhatikan. Selama proses penyimpanan, ada kemungkinan terjadinya penurunan kualitas baik dari segi kandungan antioksidan maupun meningkatnya risiko kontaminasi mikroba. Penelitian menunjukkan bahwa kontaminasi mikroba, seperti jamur dan bakteri, dapat mempengaruhi keamanan dan kualitas produk herbal (Nguyen *et al.*, 2019). Oleh karena itu, penting untuk memahami pengaruh lama penyimpanan terhadap potensi kontaminasi mikroba dalam jahe hitam.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh bentuk kering dan lama penyimpanan terhadap kadar antioksidan dan kontaminasi mikroba pada jahe hitam (*Kaempferia parviflora*). Dengan memahami faktor-faktor ini, diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna dalam pengolahan dan penyimpanan jahe hitam untuk mempertahankan kualitas dan keamanannya.

Tujuan Penelitian

1. Untuk menganalisis pengaruh bentuk kering terhadap kandungan antioksidan dan kontaminasi mikroba pada jahe hitam.
2. Untuk menganalisis pengaruh lama penyimpanan terhadap kandungan antioksidan dan kontaminasi mikroba pada jahe hitam.
3. Untuk mengidentifikasi interaksi antara bentuk kering dan lama penyimpanan terhadap antioksidan dan kontaminasi mikroba pada jahe hitam.

Hipotesis Penelitian

1. Adanya pengaruh bentuk kering terhadap kandungan antioksidan dan kontaminasi mikroba pada jahe hitam.
2. Adanya pengaruh lama penyimpanan terhadap kandungan antioksidan dan kontaminasi mikroba pada jahe hitam.
3. Adanya interaksi antara bentuk kering dan lama penyimpanan terhadap kandungan antioksidan dan kontaminasi mikroba pada jahe hitam.

Kegunaan Penelitian

1. Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Studi Strata Satu (S1) pada program studi Teknnologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Sebagai sumber informasi mengenai pengaruh bentuk kering dan lama penyimpanan terhadap kualitas jahe hitam, khususnya dalam hal aktivitas antioksidan dan kontaminasi mikroba.
3. Sebagai referensi bagi industri pengolahan herbal dalam menentukan metode pengeringan dan penyimpanan yang optimal untuk mempertahankan kualitas jahe hitam.

TINJAUAN PUSTAKA

Jahe Hitam (*Kaempferia parviflora*)

Jahe hitam atau yang biasa di sebut dengan *Black ginger* yang memiliki nama spesies *Kaempferia parviflora*, termasuk ke dalam family *Zingiberaceae* berasal dari Thailand dan dikenal dengan sebutan “*krachai dum*”. Tanaman ini populer sebagai jamu penambah energi. Secara tradisional, bagian rimpangnya telah digunakan sebagai ramuan obat untuk berbagai keperluan pengobatan di Thailand, selain itu jahe hitam juga digunakan dalam kegiatan spiritual oleh masyarakat Thailand.

Klasifikasi *Kaempferia parviflora* sebagai berikut :

- Kingdom* : *Plantae*
Division : *Tracheophyta*
Class : *Liliopsida*
Ordo : *Zingiberales*
Family : *Zingiberaceae*
Genus : *Kaempferia*
Species : *Kaempferia parviflora* Wall. ex Baker



Gambar 1. Jahe Hitam (*Kaempferia parviflora*)

Tumbuhan ini berpotensi untuk dikembangkan karena *Kaempferia parviflora* mudah beradaptasi di Indonesia. Pengembangan yang meluas menuntut bahan tanam yang tepat. Rimpang musim sebelumnya dipanen untuk menyediakan bahan tanam untuk perbanyakan di lapangan. Penelitian menunjukkan bahwa dibutuhkan waktu delapan bulan setelah tanam untuk memperoleh rimpang (Zulfa, 2012). Menurut penelitian Karim *et al.*, (2014), *Kaempferia parviflora* hanya dapat tumbuh kembali 50 sampai 55 hari setelah dipanen. Untuk menyediakan bahan tanam yang unggul, perlu dilakukan penelitian lanjut.

Jahe hitam memiliki tinggi tanaman mencapai 20 cm. Daunnya 1 sampai beberapa helai, berbentuk bulat telur atau lonjong atau pipih, sisi sedikit tidak sama, puncak lancip, pangkal subkordata, permukaan adaksial hijau kuning, permukaan abaksial hijau, tangkai daun 17 x 0,5 cm, sisik daun panjang 7 cm, tepi bergelombang dan berwarna merah. Rimpang adalah subglobose dengan beberapa akar sukulen di fasikula. Daging bagian dalamnya berwarna ungu dengan bagian luar kulitnya berwarna kecoklatan. Perbungaannya diapit oleh dua pelepah daun terdalam (Catherine., 2014).

Manfaat dan Kandungan Jahe Hitam

Jahe hitam atau rimpang *Kaempferia parviflora* (Zingiberaceae), secara tradisional telah digunakan sebagai makanan dan obat tradisional selama lebih dari 1000 tahun. Rimpang kering umumnya dihaluskan dan dijadikan teh celup. Sebagai suplemen makanan, telah dibuat menjadi berbagai olahan seperti minuman herbal, obat atau minuman yang ditambah madu, pil (bubuk rimpang dengan madu), kapsul dan tablet. Dalam pengobatan tradisional, jahe hitam diklaim dapat menyembuhkan alergi, asma, impotensi, asam urat, diare, disentri, tukak lambung, dan diabetes.

Sejumlah besar penelitian terbaru telah menunjukkan aktivitas biologis ekstrak jahe hitam dan polimetoksiflavon termasuk aktivitas anti-oksidatif, dll (Kusirisin *dkk.*, 2019)

Table 1. Komposisi Kimia per 100 gram Rimpang Jahe Kering

Komponen	Kadar (g/100g)
Kadar air	9,29 ± 0,46
Minyak atsiri	0,028 ± 0,003
Ekstrak etanol	5,14 ± 0,09
Ekstrak larut air	8,25 ± 0,19
5,7Dimetoksiflavon(DMF)	1,96 - 22,15
Total flavonoid	23,86 - 60,98 mg/g

Sumber : Pitakpawasutthi *dkk.*, (2018)

Jahe hitam atau *Kaempferia parviflora* adalah salah satu jenis tanaman jahe yang memiliki kandungan senyawa bioaktif seperti flavonoid, minyak atsiri, dan kurkuminoid. Senyawa-senyawa ini memiliki berbagai manfaat kesehatan, terutama sebagai antioksidan dan antimikroba. Flavonoid dalam jahe hitam diketahui memiliki kemampuan untuk menangkal radikal bebas, sehingga dapat mencegah kerusakan sel yang disebabkan oleh oksidasi. Penelitian yang dilakukan oleh Sulaiman (2012) menunjukkan bahwa ekstrak jahe hitam memiliki aktivitas antioksidan yang cukup tinggi.

Table 2. Kandungan Rimpang Jahe Hitam

Senyawa	Fungsi Utama	Referensi
Polimetoksiflavon	Antioksidan, antiinflamasi	Elshamy, A. I., et al.(2019). Chaisuwan, T.,et al(2022).
Fenolik total	Antioksidan, Proteksi sel	Chokchaichamnankit, D.,et al(2007)
Minyak atsiri	Antimikroba, Antiinflamasi	Song et al., (2021)
Antosianin	Pewarna alami, Antioksidan	Elshamy, A. I., et al.(2019).
Terpenoid dan sterol	Menstabilkan Membran, antiinflamasi	Elshamy, A. I., et al.(2019).

Bentuk Kering (ukuran partikel)

Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas herbal adalah ukuran partikel atau mesh. Menurut Kumar (2014), herbal yang dijadikan serbuk lebih mudah dispersi rasa dalam produk akhir. Ukuran spesifik adalah menurut jenis herbal dengan menggunakan standar nasional dan manca negara. Roshanak *et al* (2016) menyatakan bahwa *Thymus vulgaris L.* Bahan serbuk atau kasar stabil dan tidak kehilangan senyawa sementara pada tanaman herbal lain yang partikel dalam bentuk bubuk cenderung melepaskan senyawa aktif lebih cepat. Ukuran partikel juga dapat mempengaruhi ekstraksi fisikokimia dan sifat antioksidan.

Herbal yang dikeringkan dalam bentuk chip dilindungi oleh pericarp dan senyawa antioksidan alami masih utuh berbanding dengan parut kering dan bubuk. Serbuk rempah-rempah seperti bawang dan bawang putih mengandung senyawa sulfur yang sangat mudah hilang (volatile) dan membutuhkan perlindungan yang ketat dari hilangnya / penyerapan rasa. Namun, peningkatan signifikan dalam anthocyanin yang diekstrak, karotenoid dan kapasitas absorbansi radikal oksigen (ORAC) nilai tercatat karena distribusi ukuran partikel menurun. Herbal telah disimpan dalam berbagai bentuk sesuai dengan kesesuaian dan permintaan. Biasanya, di pasar Indonesia dan manca negara stok bahan baku produksi jahe hitam dalam bentuk kering. studi tentang bubuk teh hijau yang terkait dengan karakteristik partikel di mana teh hijau bubuk sulit ditangani di pabrik atau fasilitas manufaktur karena ukuran partikel kecil dan kepadatan rendah (Obloh *et al*, 2014). Namun, berbagai bentuk partikel mempengaruhi tingkat infus kafein, di mana kafein dalam bentuk bubuk larut jauh lebih cepat karena area permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan bentuk utuh Demikian pula, bentuk partikel dan suhu

memiliki pengaruh pada kualitas fisik dari *Ocimum basilicum* (Roshanak *et al*, 2016).

Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan dapat diukur melalui berbagai metode, salah satunya menggunakan DPPH (*2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl*). Jahe hitam kaya akan senyawa fenolik dan flavonoid yang berperan sebagai donor electron untuk menetralkan radikal bebas. Kandungan senyawa seperti *5,7-dimethoxyflavone*, pinostrobin, dan panduratin A memiliki kontribusi terhadap potensi antioksidan yang kuat (Khanaviaturrizki, 2024). Bentuk pengolahan dan penyimpanan akan menentukan efektivitas senyawa ini dalam mengikat radikal bebas.

Lama Penyimpanan

Penyimpanan jahe kering dalam jangka waktu lama dapat menyebabkan dedgradasi senyawa bioaktif seperti flavonoid dan minyak atsiri. Penurunan kandungan antioksidan pada bahan herbal yang disimpan selama berbulan-bulan (Raya *et al*, 2015). Menurut penelitian oleh Shukla *et al.* (2019), penyimpanan jahe yang tidak tepat dapat mengurangi kandungan senyawa aktif dan menurunkan aktivitas antioksidan.

Kontaminasi Mikroba

Kontaminasi mikroba pada jahe kering merupakan masalah yang perlu diperhatikan, karena dapat mempengaruhi kualitas dan keamanan produk. Penelitian oleh Rafiq *et al.* (2018) menunjukkan bahwa jahe kering rentan terhadap kontaminasi jamur dan bakteri, terutama jika disimpan dalam kondisi lembab atau tidak higienis. Kontaminasi mikroba dapat menyebabkan penurunan kualitas dan menurunkan manfaat terapeutik dari jahe tersebut.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara pada bulan Mei 2025 sampai dengan selesai.

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada pelaksanaan penelitian ini adalah rimpang jahe hitam segar, DPPH (*2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl*), Aquadest, Alkohol, Larutan NaCl, media NA(*Nutrient Agar*), Plastik seal, Plastik PE, Aluminium foil, Tisu, Kertas saring

Alat Penelitian

Alat yang dipergunakan dalam penelitian diantaranya adalah Pisau, Nampan, Parutan Sayur, Oven Pengering, Blender, Saringan, Beaker Glass, Gelas Ukur, Erlenmeyer, Spatula, Alo dan Mortal, Hot Plate, Timbangan Analitik, Tabung Reaksi, Inkubator, Autoklaf, Spektrofotometer UV-Vis, Orbital Shaker, Colorimeter.

Metode Penelitian

Rancangan yang digunakan dalam penelitian adalah Rancangan Acak lengkap (RAL) Faktorial dengan dua faktor yang diteliti :

Faktor I : Perlakuan Bentuk Kering (ukuran partikel) Jahe Hitam (P)

P1 = Chip

P3 = Bubuk

P2 = Parut

Faktor II : Masa Penyimpanan (M)

M1 = 0 bulan

M3 = 12 bulan

M2 = 6 bulan

Banyaknya kombinasi perlakuan (T_c) adalah $3 \times 3 = 9$, maka jumlah ulangan (n) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T_c (n-1) &\geq 18 \\ 9 (n-1) &\geq 18 \\ 9n - 9 &\geq 18 \\ 9n &\geq 27 \\ n &\geq \frac{27}{9} \\ n &\geq 3 \end{aligned}$$

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

Pelaksanaan Penelitian

1. Disiapkan alat dan bahan yang akan digunakan
2. Membersihkan jahe hitam lalu tiriskan
3. Perlakuan jahe hitam dengan bentuk chip, parut, dan serbuk
4. Keringkan jahe pada oven dengan suhu 55°C selama 24 jam
5. Lalu jahe kering dibungkus dengan plastic PE
6. Setelah itu disimpan pada suhu ruang atau 25°C
7. Tunggu lama penyimpanan yaitu 0 bulan, 6 bulan, dan 12 bulan.
8. Uji parameter penelitian.

Parameter Penelitian

Pengamatan dan analisa parameter meliputi kadar air, warna, antioksidan dan kontaminasi bakteri.

Kadar Air

Penentuan kadar air dilakukan dengan cara menimbang 5 gr sampel ke dalam cawan aluminium kemudian dimasukkan sampel dalam oven pada suhu 105°C selama 3 jam, lalu didinginkan dengan cara dimasukkan ke dalam desikator

selama 10 menit. Kemudian berat sampel ditimbang kadar air dalam bahan dapat dihitung dengan rumus :

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

Uji Warna (Bentelu *et al.*, 2023)

Uji untuk menentukan warna pada jahe hitam yang ditentukan berdasarkan alat yang digunakan bernama kolorimetri, dalam teori ini terdapat pengalihan sinyal antara reseptor cahaya dalam retina dan saraf optik yang mengantarkan sinyal ke otak menggunakan sistem warna hunter L a b. Pada sistem ini penilaian terdiri atas tiga parameter yaitu L, a dan b. Lokasi warna pada sistem ini ditentukan dengan koordinat L*, a* dan b*. Notasi L*: 0 (hitam); 100 (putih) menyatakan cahaya pantul yang menghasilkan warna akromatik putih, abu-abu dan hitam. Notasi a*: warna kromatik campuran merah-hijau dengan nilai +a* (positif) dari 0 sampai +80 untuk warna merah dan nilai -a* (negatif) dari 0 sampai -80 untuk warna hijau. Notasi b*: warna kromatik campuran biru-kuning dengan nilai +b* (positif) dari 0 sampai +70 untuk warna kuning dan nilai -b* (negatif) dari 0 sampai -70 untuk warna biru.

Uji Antioksidan

Pengujian aktivitas antioksidan diperlukan untuk mengetahui aktivitas antioksidan dalam suatu sampel. Berbagai metode pengujian aktivitas antioksidan dapat menentukan karakteristik dari antioksidan pada sampel, sehingga dapat diketahui mekanisme kerja dari setiap antioksidan (Ropiqa *et al.*, 2020).

Pengujian aktivitas antioksidan non-enzimatik seperti polifenol dapat dilakukan berdasarkan perbedaan, diantaranya yaitu reaksi reduksi dengan radikal bebas atau dengan pengkhelatan ion radikal bebas melalui reaksi pembentukan

kompleks (Hasyim *et al*, 2017).

Menguji aktivitas antioksidan digunakan metode radikal DPPH (2,2-*diphenyl-1-picrylhydrazyl*). DPPH merupakan radikal bebas yang stabil pada suhu kamar dan sering digunakan untuk menilai aktivitas antioksidan beberapa senyawa atau ekstrak bahan alam. Interaksi antioksidan dengan DPPH baik secara transfer elektron atau radikal hidrogen pada DPPH akan menetralkan karakter radikal bebas dari DPPH (Irda *et al.*, 2015).

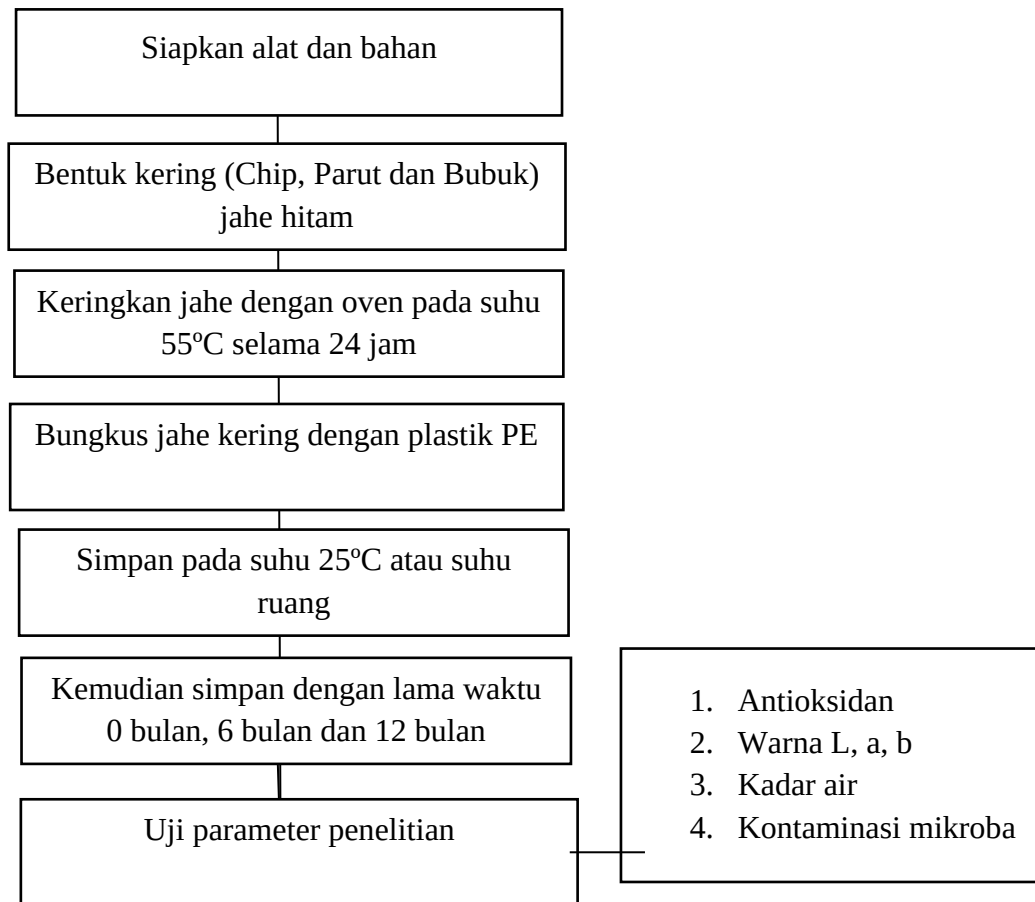
Beberapa keuntungan dengan menggunakan metode ini yaitu pengerjaannya cepat, sederhana dan membutuhkan peralatan yang cukup sederhana. Semakin rendah nilai IC dari uji aktivitas antioksidan metode DPPH maka zat/bahan tersebut akan semakin mempunyai sifat antioksidan yang tinggi (Irda *et al*, 2015).

Uji Kontaminasi Mikroba

Uji kontaminasi mikroba dilakukan dengan metode penanaman pada media agar. Prosedurnya meliputi:

- a. Siapkan alat dan bahan penelitian
- b. Sterilisasi alat penelitian
- c. Membuat larutan fisiologis yang dimasukkan ke dalam elenmeyer 250 ml sebanyak 90 ml, membuat aquades steril yang akan dipakai untuk pengenceran sebanyak 9 ml dalam tabung reaksi sebanyak sempel yang akan diencerkan dan di seal, kemudian di sterelisasi dengan menggunakan autoklave selama 30 menit dengan suhu 121°C.
- d. Membuat media NA dengan menimbang NA sebanyak 20 gram dalam 1 liter aquades dan dipanaskan sampai homogen dan bening, kemudian disterilkan menggunakan autoklave pada suhu 121°C selama 30 menit.

- e. Sampel jahe hitam ditimbang sebanyak 10 gram dan dimasukkan ke dalam larutan fisiologis kemudian di shaker selama 2 jam dengan kecepatan 200 rpm.
- f. Dipipet secara hati-hati 1 mL larutan jahe hitam dari erlenmeyer tersebut dan dimasukkan kedalam tabung reaksi yang berisi 9 ml aquades steril, selanjutnya diencerkan sampai tingkat pengenceran yang diinginkan yaitu 10^{-3} .
- g. Diambil 1 ml larutan sampel jahe hitam dari serial pengenceran 10^{-2} sampai 10^{-3} untuk menghitung total bakteri dan serial pengenceran.
- h. Dimasukkan ke dalam cawan petri steril tanpa media.
- i. Dari 3 pengenceran terakhir diplanting (ditanam), tuang lebih kurang 10 – 12 ml media biakan yang bertemperatur $45^{\circ} - 50^{\circ} \text{C}$
- j. Inkubasi pada suhu 30°C selama 1 x 24 jam.
- k. Setelah tumbuh, koloni dihitung.



Gambar 2. Diagram Alir Bentuk Kering dan Penyimpanan Jahe Hitam

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian dan uji statistik pengaruh bentuk kering, secara umum menunjukkan bahwa bentuk kering memberikan pengaruh terhadap parameter. Data rata- rata hasil pengamatan pengaruh bentuk kering terhadap masing masing parameter dapat di lihat pada tabel 3.

Table 3. Pengaruh bentuk kering Terhadap Parameter Jahe Hitam

Bentuk Kering	Kadar Air (%)	Antioksidan (%)	Total Mikroba (CFU/mL)	Warna		
				L*	a*	b*
P1 = Chip	4.59	25.35	4.43	30.00	8.86	1.51
P2 = Parut	5.06	35.52	8.73	27.41	5.60	1.36
P3= Bubuk	8.96	21.08	2.67	33.46	9.07	1.20

Berdasarkan tabel 3. Dapat di lihat bahwa setiap perlakuan bentuk kering memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap seluruh parameter yaitu kadar air, warna L*, a*, b*, antioksidan dan total mikroba. Untuk perlakuan bentuk bubuk memiliki kadar air lebih tinggi dikarenakan ukuran partikel yang terlalu kecil sehingga lebih mudah menyerap kelembaban selama masa penyimpanan. Untuk antioksidan tertinggi terdapat dalam bentuk parut hal ini disebabkan karena bentuk parut minim mengalami kerusakan dibandingkan bentuk chip dan bubuk.

Dari hasil penelitian dan uji statistik pengaruh lama penyimpanan, secara umum menunjukkan bahwa lama penyimpanan memberikan pengaruh terhadap parameter. Data rata- rata hasil pengamatan pengaruh lama penyimpanan terhadap masing masing parameter dapat di lihat pada tabel 4.

Table 4. Pengaruh Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Jahe Hitam

Lama Penyimpanan (Bulan)	Kadar Air (%)	Antioksidan (%)	Total Mikroba (CFU/mL)	Warna		
				L	a	b
M1 = 0	5.33	30.04	4.02	29.87	8.14	1.96
M2 = 6	6.06	27.65	5.13	30.37	8.13	1.29
M3= 12	7.21	24.26	6.68	30.74	7.25	0.82

Berdasarkan tabel 4. dapat di lihat bahwa lama penyimpanan memberikan pengaruh nyata terhadap parameter kadar air, warna a*, b*, antioksidan dan total mikroba sedangkan pada parameter warna L* memberikan hasil pengaruh yang berbeda tidak nyata. Dapat di lihat juga kandungan antioksidan pada jahe hitam semakin lama di simpan semakin mengalami penurunan sedangkan untuk kadar airnya semakin meningkat.

Pengujian dan pembahasan masing masing parameter yang telah di amati selanjutnya akan di bahas satu persatu:

Kadar Air

Pengaruh Bentuk Kering

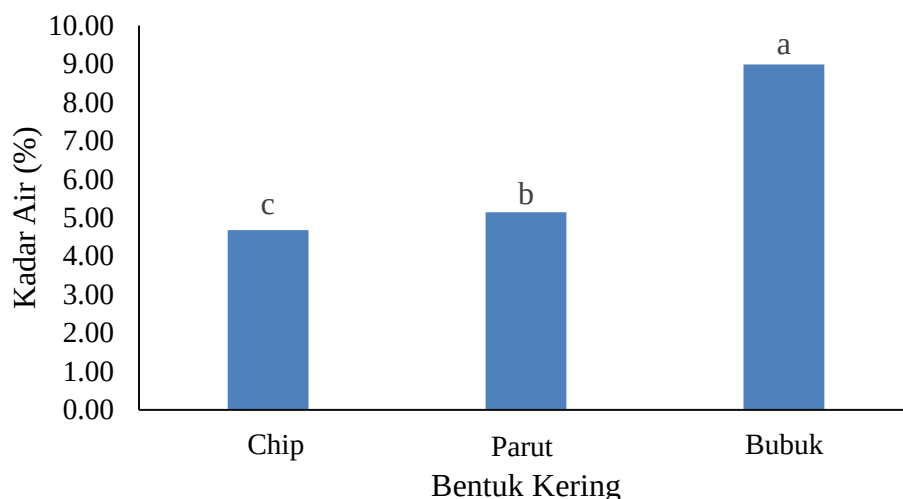
Table 5. Hasil Uji Beda Rata Rata Pengaruh Bentuk Kering Terhadap Parameter Kadar Air

Bentuk kering	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
P1 = Chip	4.59	-	-	-	c	C
P2 = Parut	5.06	2	0.209	0.288	b	B
P3 = Bubuk	8.96	3	0.220	0.303	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 5 Dapat di lihat bahwa perlakuan P1 berbeda sangat nyata Berdasarkan tabel 5 Dapat di lihat bahwa perlakuan P1 berbeda sangat nyata dengan P2 dan P3. Perlakuan P2 berbeda sangat nyata dengan P3. Pada perlakuan P3

memiliki hasil kadar air tertinggi dengan rata-rata 8,96% dan perlakuan P1 memiliki hasil kadar air paling rendah dari semua perlakuan dengan rata-rata 4,59%.



Gambar 3. Pengaruh Bentuk Kering Terhadap Parameter Kadar Air

Berdasarkan Gambar 3, kadar air jahe hitam menunjukkan perbedaan yang signifikan antar bentuk kering. Bentuk bubuk memiliki kadar air tertinggi dibandingkan parut dan chip. Hal ini disebabkan oleh luas permukaan bubuk yang lebih besar dan porositas yang lebih tinggi sehingga memungkinkan penyerapan uap air lebih cepat dan retensi air lebih kuat. Chip, sebaliknya, memiliki struktur yang lebih padat sehingga mengurangi difusi uap air ke dalam bahan, sedangkan parut berada di antara keduanya. Temuan ini sesuai dengan pernyataan Song *et al.* (2021) bahwa partikel herbal yang lebih halus memiliki kemampuan menyerap kelembapan lebih tinggi karena kontak permukaan dengan udara menjadi lebih luas.

Secara khusus, bentuk chip cenderung memiliki kadar air paling rendah karena ukuran partikel yang lebih besar dan kompak membuat permukaan kontak dengan udara lebih kecil. Kondisi ini menurunkan kemampuan bahan menyerap dan mempertahankan uap air selama penyimpanan. Selain itu, ketebalan chip dapat

memperlambat proses penyerapan air dari lingkungan, sehingga kadar airnya lebih stabil dibandingkan bubuk maupun parut. Dengan demikian, bentuk chip dinilai lebih tahan terhadap perubahan kelembapan selama penyimpanan, yang berpotensi memperpanjang umur simpan produk kering.

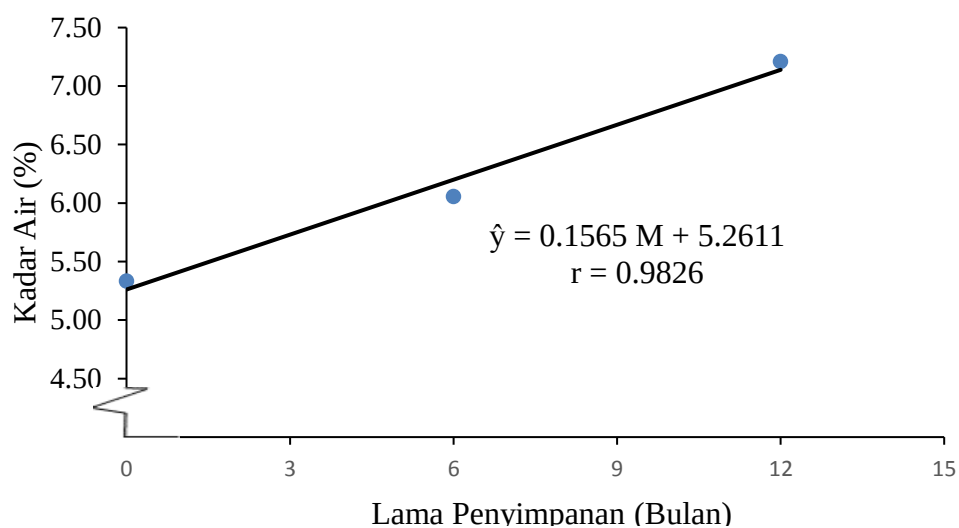
Pengaruh Lama Penyimpanan

Table 6. Hasil Uji Beda Rata Rata Pengaruh Lama penyimpanan Terhadap Parameter Kadar Air

Lama Penyimpanan (Bulan)	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
M1 = 0	5.33	-	-	-	c	C
M2 = 6	6.06	2	0.209	0.288	b	B
M3 = 12	7.21	3	0.220	0.303	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 Dapat di lihat bahwa perlakuan M1 berbeda sangat nyata dengan M2 dan M3. Perlakuan M2 berbeda sangat nyata dengan M3. Pada perlakuan M3 memiliki hasil kadar air tertinggi dengan rataaan 7,21% dan perlakuan M1 memiliki hasil kadar air paling rendah dari semua perlakuan dengan rataaan 5,33%.



Gambar 4. Pengaruh lama penyimpanan terhadap parameter kadar air

Pada Gambar 4 terlihat bahwa kadar air jahe hitam meningkat seiring dengan bertambahnya lama penyimpanan. Fenomena ini umum terjadi pada bahan kering yang disimpan pada kelembapan relatif (RH) tinggi atau tidak terkontrol, di mana terjadi proses adsorpsi uap air dari udara ke dalam bahan. Peningkatan ini lebih nyata pada bentuk bubuk karena strukturnya yang lebih terbuka. Huang *et al.* (2024) menyatakan bahwa herbal kering yang tidak disimpan pada kondisi kelembapan rendah lebih rentan mengalami peningkatan kadar air karena uap air berdifusi ke dalam pori-pori partikel, terutama bila ukuran partikelnya halus. Bentuk chip menunjukkan kecenderungan peningkatan kadar air yang lebih lambat dibandingkan bubuk maupun parut. Hal ini disebabkan oleh ukuran partikel yang lebih besar dan struktur yang relatif padat, sehingga luas permukaan yang berinteraksi dengan uap air lebih kecil. Kondisi ini membatasi laju adsorpsi air selama penyimpanan. Dengan demikian, bentuk chip dapat dianggap lebih stabil dalam menyerap kelembapan, sehingga kadar airnya tidak meningkat setajam bentuk bubuk. Stabilitas ini menjadikan chip lebih unggul dalam mempertahankan kualitas fisik bahan selama penyimpanan jangka panjang.

Interaksi Antara Bentuk Kering Dan Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Kadar Air.

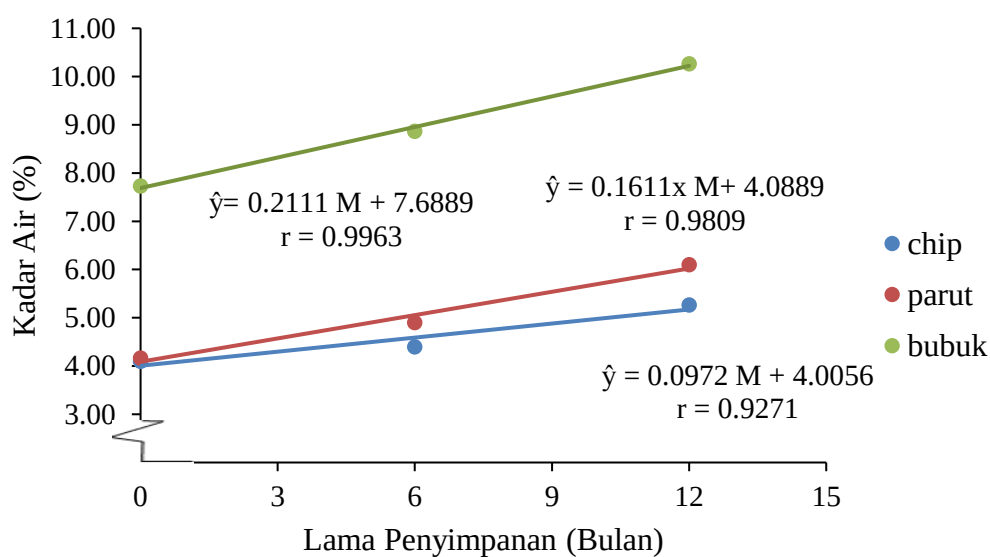
Berdasarkan analisa sidik ragam (Lampiran 1) diketahui antara bentuk kering dan lama penyimpanan memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap parameter kadar air. Tingkat perbedaan tersebut telah diuji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada Tabel 7.

Table 7. Interaksi Antara Bentuk Kering Dan Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Kadar Air.

Perlakuan	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
P1M1	4.10	-	-	-	g	G
P1M2	4.40	2	0.30	0.41	f	F
P1M3	5.27	3	0.31	0.43	e	E
P2M1	4.17	4	0.32	0.44	g	G
P2M2	4.90	5	0.33	0.45	e	E
P2M3	6.10	6	0.33	0.45	d	D
P3M1	7.73	7	0.33	0.46	c	C
P3M2	8.87	8	0.33	0.47	b	B
P3M3	10.27	9	0.34	0.47	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 dapat di lihat bahwa rataan tertinggi terdapat pada perlakuan P3M3 dengan rataan yaitu 10,27 dan yang terendah pada perlakuan P1M1 dengan rataan 4,10. Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada gambar berikut.



Gambar 5. Hubungan Pengaruh Interaksi Antara Bentuk Kering dan Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Kadar Air

Berdasarkan Gambar 5, kadar air jahe hitam menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya lama penyimpanan pada semua bentuk kering, dengan laju peningkatan berbeda sesuai dengan bentuknya. Bentuk bubuk memiliki

kecenderungan menyerap uap air lebih besar dibandingkan chip dan parut karena luas permukaannya yang lebih tinggi, sehingga proses adsorpsi kelembapan lebih intensif. Kondisi ini semakin jelas apabila penyimpanan dilakukan pada kelembapan relatif (RH) yang tidak terkendali. Huang *et al.* (2024) menjelaskan bahwa bahan herbal dengan porositas lebih tinggi dan ukuran partikel lebih halus lebih rentan menyerap uap air dari udara selama penyimpanan, yang berdampak pada perubahan kadar air dan kestabilan mutu bahan.

Bentuk chip cenderung memiliki peningkatan kadar air paling lambat karena ukuran partikel yang besar dan struktur yang lebih padat membatasi kontak dengan udara. Hal ini membuat chip relatif lebih stabil terhadap fluktuasi kelembapan selama penyimpanan. Sebaliknya, bentuk parut memiliki kadar air yang berada di antara chip dan bubuk. Parut memiliki ukuran partikel yang lebih kecil daripada chip, sehingga lebih mudah menyerap uap air, namun karena strukturnya tidak sehalus bubuk, laju penyerapan kelembapannya masih lebih rendah dibanding bubuk. Adapun bentuk bubuk menunjukkan peningkatan kadar air paling tinggi, sejalan dengan luas permukaan kontak yang besar dan porositas tinggi, yang memungkinkan difusi uap air lebih cepat ke dalam partikel. Dengan demikian, urutan kestabilan kadar air dari yang paling stabil hingga paling rentan terhadap kelembapan adalah chip > parut > bubuk.

Warna L*

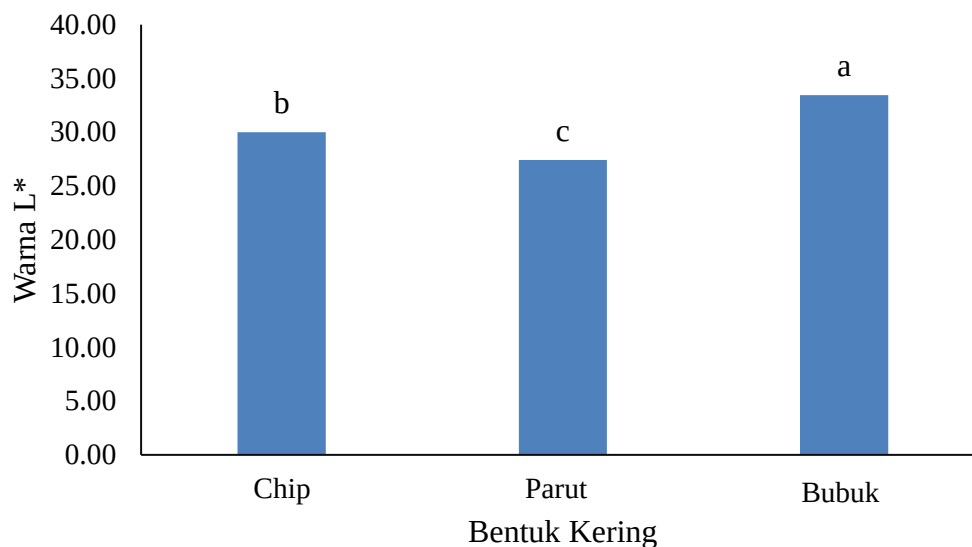
Pengaruh Bentuk Kering

Table 8. Hasil Uji Beda Rata Rata Pengaruh Bentuk Kering Terhadap Parameter Warna L*

Bentuk kering	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
P1 = chip	30.00	-	-	-	b	B
p2 = parut	27.41	2	0.900	1.239	c	C
p3 = bubuk	33.46	3	0.945	1.302	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 Dapat di lihat bahwa perlakuan P1 berbeda sangat nyata dengan P2 dan P3. Perlakuan P2 berbeda sangat nyata dengan P3. Pada perlakuan P3 memiliki hasil warna L* tertinggi dengan rataan 32,33 dan perlakuan P2 memiliki hasil warna L* paling rendah dari semua perlakuan dengan rataan 27,86.



Gambar 6. Pengaruh Bentuk Kering Terhadap Parameter Warna L*

Berdasarkan Gambar 6, bentuk bubuk jahe hitam memiliki nilai L* tertinggi (32,79), diikuti chip (30,33) dan parut (27,86). Semakin halus bentuk keringnya, semakin cerah warna yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena proses penggilingan menyebabkan distribusi pigmen menjadi lebih merata dan permukaan partikel lebih

mampu memantulkan cahaya. Song *et al.* (2021) menjelaskan bahwa pigmen lipofilik pada jahe hitam, termasuk karotenoid dan fenolik, berkontribusi terhadap kecerahan, di mana semakin luas paparan pigmen terhadap cahaya, semakin tinggi nilai L^* yang terukur.

bentuk chip menunjukkan nilai L^* menengah karena permukaan potongannya relatif halus namun masih memiliki struktur padat dan ukuran partikel besar. Kondisi ini membatasi penyebaran cahaya di permukaan, sehingga tingkat kecerahannya lebih rendah dibanding bubuk, tetapi lebih tinggi dibanding parut. Bentuk parut, di sisi lain, memperlihatkan nilai L^* terendah karena permukaannya tidak rata dan cenderung kasar. Ketidak rataan ini menyebabkan difusi cahaya tidak merata serta meningkatkan bayangan mikro di permukaan, yang menurunkan kecerahan visual bahan. Selain itu, proses pamarutan dapat mempercepat oksidasi pigmen karena kontak yang lebih besar dengan udara, sehingga warna menjadi sedikit lebih gelap.

Dengan demikian, urutan tingkat kecerahan warna (nilai L^*) dari yang tertinggi hingga terendah adalah bubuk > chip > parut, di mana perbedaan ini terutama dipengaruhi oleh tingkat kehalusan partikel, distribusi pigmen, dan kemampuan permukaan bahan dalam memantulkan cahaya.

Pengaruh Lama Penyimpanan

Berdasarkan analisa sidik ragam (Lampiran 2) diketahui bahwa lama penyimpanan memberikan pengaruh yang berbeda tidak nyata dengan ($p < 0,05$) terhadap warna L^* sehingga pengujian selanjutnya tidak dilanjutkan.

Interaksi Antara Bentuk Kering Dan Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Warna L*.

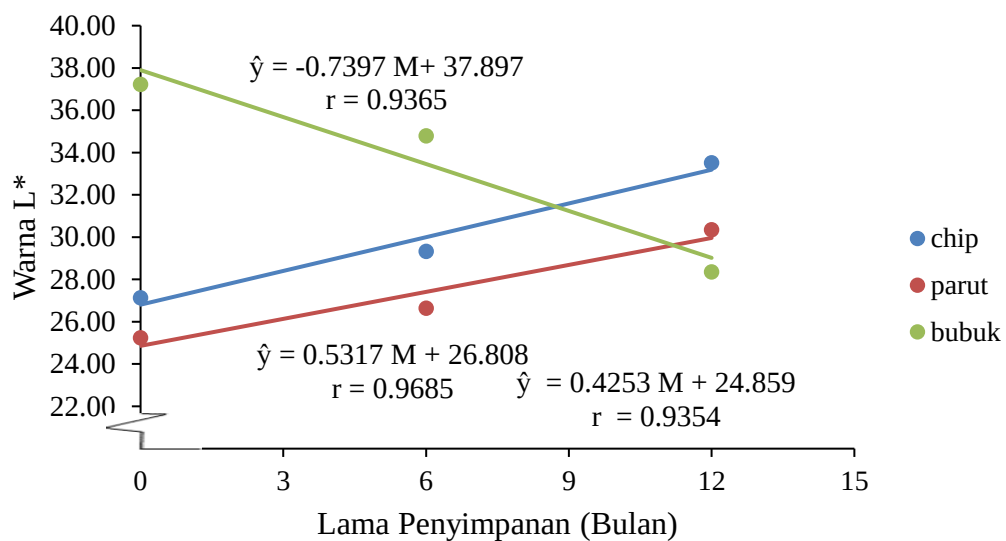
Berdasarkan analisa sidik ragam (Lampiran 1) diketahui antara bentuk ($p < 0,01$) terhadap parameter warna L*. Tingkat perbedaan tersebut telah diuji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada Tabel 9.

Table 9. Interaksi Antara Bentuk Kering Dan Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Warna L*.

Perlakuan	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
P1M1	27.14	-	-	-	d	C
P1M2	29.33	2	1.27	1.75	bc	BC
P1M3	33.52	3	1.34	1.84	ab	AB
P2M1	25.25	4	1.37	1.89	d	C
P2M2	26.64	5	1.40	1.93	cd	C
P2M3	30.35	6	1.42	1.95	bc	BC
P3M1	37.23	7	1.43	1.98	a	A
P3M2	34.79	8	1.44	2.00	ab	AB
P3M3	28.35	9	1.45	2.02	cd	C

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 dapat dilihat bahwa rata-rata tertinggi terdapat pada perlakuan P3M3 dengan rata-rata yaitu 10,27 dan yang terendah pada perlakuan P1M1 dengan rata-rata 4,10. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 7. Hubungan Pengaruh Interaksi Antara Bentuk Kering Dan Lama Penyimpanan Terhadap Parameter warna L*

Berdasarkan Gambar 7, nilai L* (kecerahan) pada bentuk bubuk jahe hitam menunjukkan kecenderungan menurun secara signifikan seiring bertambahnya lama penyimpanan, yang mengindikasikan bubuk menjadi semakin gelap. Penurunan kecerahan ini kemungkinan disebabkan oleh proses oksidasi senyawa bioaktif seperti methoxyflavones dan polifenol yang lebih cepat terjadi pada bubuk karena luas permukaan yang lebih besar sehingga meningkatkan paparan terhadap oksigen. Huang *et al.* (2024) melaporkan bahwa senyawa fenolik pada jahe hitam rentan terhadap degradasi oksidatif ketika penyimpanan dilakukan dalam kondisi terbuka atau dengan kelembapan tidak terkontrol.

Sebaliknya, bentuk chip dan parut menunjukkan kecenderungan peningkatan nilai L* selama penyimpanan. Peningkatan kecerahan ini dapat diakibatkan oleh penurunan kadar air yang memengaruhi sifat reflektansi cahaya pada permukaan bahan serta terjadinya degradasi pigmen alami yang menyebabkan warna tampak lebih cerah. Hal ini sejalan dengan mekanisme perubahan warna

bahan herbal kali menyebabkan peningkatan pantulan cahaya dan perubahan intensitas warna.

Warna a*

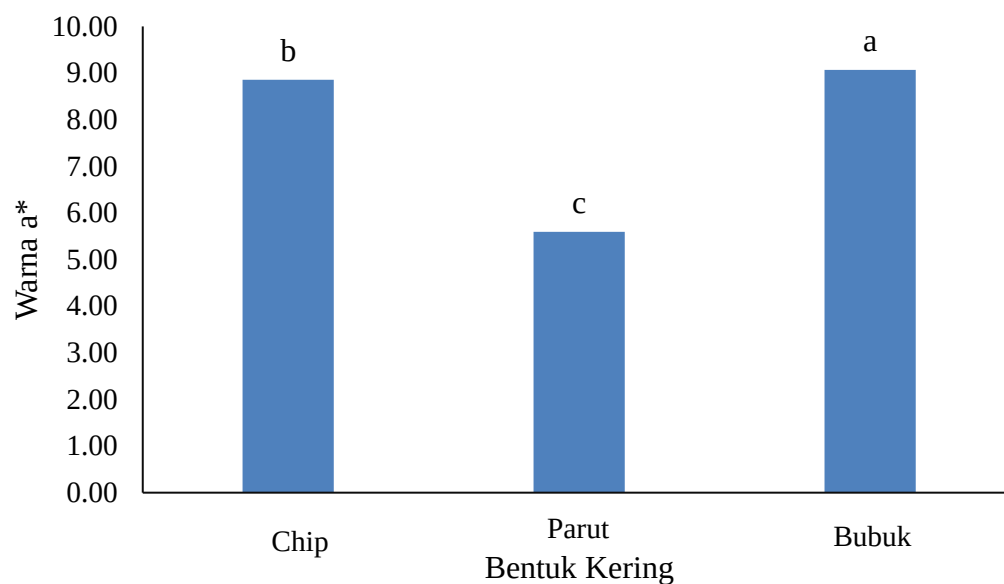
Pengaruh Bentuk Kering

Table 10. Hasil Uji Beda Rata Rata Pengaruh Bentuk Kering Terhadap Parameter Warna a*

Bentuk Kering	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
P1 = Chip	8.86	-	-	-	b	B
P2 = Parut	5.60	2	0.529	0.728	c	C
P3 = Bubuk	9.07	3	0.555	0.765	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 Dapat di lihat bahwa perlakuan P1 berbeda sangat nyata terhadap P2 dan berbeda tidak nyata terhadap P3. Perlakuan P2 berbeda sangat nyata dengan P3. Pada perlakuan P3 memiliki hasil warna a* tertinggi dengan rataan 9,09 dan perlakuan P2 memiliki hasil warna a* paling rendah dari semua perlakuan dengan rataan 5,59.



Gambar 8. Pengaruh Bentuk Kering Terhadap Parameter Warna a*

Berdasarkan Gambar 8, terlihat bahwa bentuk kering berpengaruh terhadap nilai warna a^* pada jahe hitam. Nilai a^* tertinggi terdapat pada bentuk bubuk (9,09), diikuti chip (8,74), sedangkan nilai terendah pada parut (5,59). Nilai a^* yang lebih tinggi menunjukkan intensitas warna merah yang lebih kuat, sementara nilai yang lebih rendah mendekati spektrum hijau atau warna yang lebih pucat. Tingginya nilai a^* pada bentuk bubuk diduga disebabkan oleh proses penghalusan yang meningkatkan luas permukaan, sehingga pigmen antosianin dan polifenol yang berperan dalam pewarnaan merah-ungu pada jahe hitam menjadi lebih terekspos dan relatif stabil selama penyimpanan. Temuan ini sejalan dengan laporan Kubra & Rao (2012) yang menyebutkan bahwa proses penggilingan dan pengecilan ukuran partikel pada produk jahe dapat meningkatkan paparan pigmen alami, sehingga memperkuat intensitas warna merah-kecokelatan akibat meningkatnya reflektansi cahaya pada permukaan partikel.

bentuk chip menunjukkan nilai a^* yang sedikit lebih rendah dibandingkan bubuk. Hal ini dikarenakan ukuran partikel yang lebih besar dan struktur yang masih utuh membuat pigmen antosianin dan senyawa fenolik tidak sepenuhnya terekspos ke permukaan. Selain itu, permukaan chip yang lebih padat menyebabkan pantulan cahaya lebih terbatas, sehingga intensitas warna merah tampak lebih rendah meskipun pigmennya masih cukup stabil. Sementara itu, bentuk parut memiliki nilai a^* paling rendah karena permukaannya yang tidak rata dan luas kontak dengan udara yang tinggi mempercepat oksidasi pigmen, terutama antosianin, yang mudah terdegradasi oleh oksigen dan cahaya. Akibatnya, warna merah-ungu pada bentuk parut cenderung memudar dan bergeser ke arah warna lebih pucat.

Dengan demikian, perbedaan nilai a^* antar bentuk kering menunjukkan bahwa tingkat kehalusan partikel dan stabilitas pigmen berperan besar dalam menentukan intensitas warna merah pada jahe hitam.

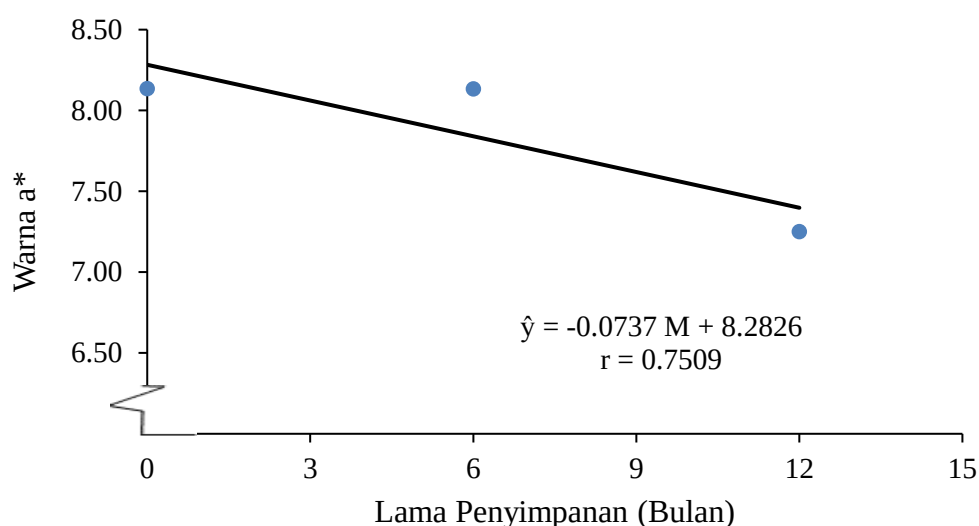
Pengaruh Lama Penyimpanan

Table 11. Hasil Uji Beda Rata Rata Pengaruh Lama penyimpanan Terhadap Parameter Warna a^*

Lama Penyimpanan (Bulan)	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
M1 = 0	8.14	-	-	-	a	a
M2 = 6	8.13	2	0.529	0.728	b	a
M3 = 12	7.25	3	0.555	0.765	b	b

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 Dapat di lihat bahwa perlakuan M1 berbeda sangat nyata dengan M2 dan M3. Perlakuan M2 berbeda tidak nyata dengan M3. Pada perlakuan M1 memiliki hasil warna a^* tertinggi dengan rataan 8,30 dan perlakuan M3 memiliki hasil warna a^* paling rendah dari semua perlakuan dengan rataan 7,27.



Gambar 9. Pengaruh Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Warna a^*

Berdasarkan Gambar 9, terlihat bahwa nilai a^* pada jahe hitam mengalami penurunan selama penyimpanan. Penurunan ini menunjukkan terjadinya perubahan rona warna dari kemerahan menuju arah yang lebih kehijauan, karena nilai a^* positif merepresentasikan warna merah, sedangkan penurunan nilainya mengarah ke spektrum hijau. Degradasi pigmen ini dapat dipicu oleh paparan cahaya, oksigen, serta fluktuasi suhu selama penyimpanan, yang mempercepat proses oksidasi senyawa fenolik. Hal ini sejalan dengan temuan Kubra dan Rao (2012) yang menjelaskan bahwa pigmen fenolik pada jahe bersifat sensitif terhadap oksidasi, terutama pada penyimpanan jangka panjang dengan kondisi kelembapan yang tidak stabil.

Interaksi Antara Bentuk Kering Dan Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Warna a^* .

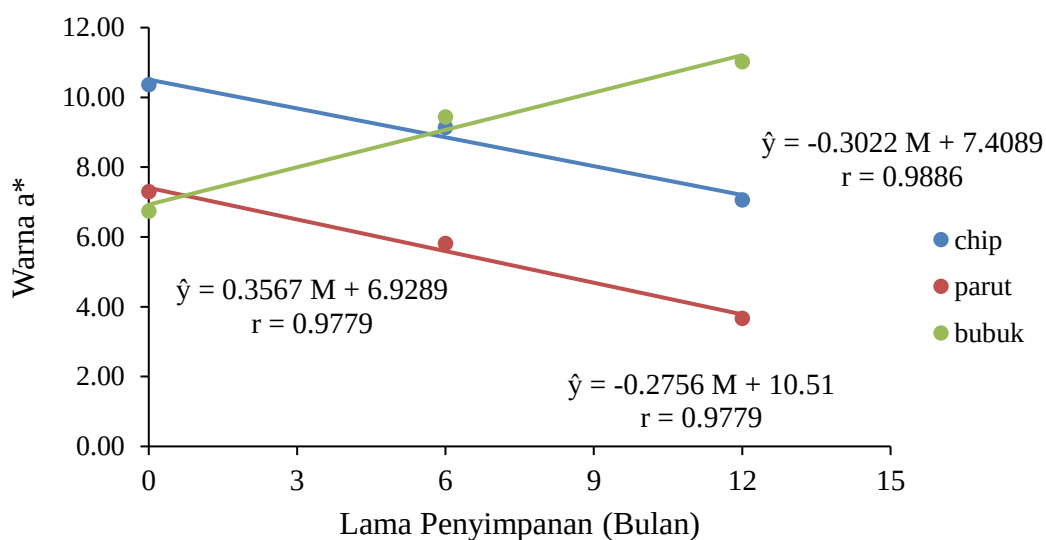
Berdasarkan analisa sidik ragam (Lampiran 3) diketahui antara bentuk kering dan lama penyimpanan memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap parameter warna a^* . Tingkat perbedaan tersebut telah diuji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada Tabel 12.

Table 12. Interaksi Antara Bentuk Kering Dan Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Warna a^* .

Perlakuan	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
P1M1	10.37	-	-	-	d	C
P1M2	9.14	2	0.75	1.03	bc	BC
P1M3	7.06	3	0.79	1.08	ab	AB
P2M1	7.30	4	0.80	1.11	d	C
P2M2	5.82	5	0.82	1.13	cd	C
P2M3	3.67	6	0.83	1.15	bc	BC
P3M1	6.74	7	0.84	1.16	a	A
P3M2	9.44	8	0.84	1.18	ab	AB
P3M3	11.02	9	0.85	1.19	cd	C

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 dapat di lihat bahwa rataan tertinggi terdapat pada perlakuan P3M3 dengan rataan yaitu 10,27 dan yang terendah pada perlakuan P1M1 dengan rataan 4,10. Untuk lebih jelasnya dapat di liha t pada gambar berikut



Gambar 10. Hubungan Pengaruh Interaksi Antara Bentuk Kering Dan Lama Penyimpanan Terhadap Parameter warna a*

Berdasarkan Gambar 10, hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai warna a* pada jahe hitam cenderung mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya lama penyimpanan, meskipun pola perubahan berbeda pada setiap bentuk kering. Pada awal penyimpanan, nilai a* relatif lebih tinggi yang menandakan rona merah lebih pekat, namun seiring waktu terjadi penurunan yang mengarah ke rona kehijauan. Beberapa bentuk kering mengalami penurunan signifikan, sedangkan lainnya hanya menunjukkan perubahan lambat, bahkan pada beberapa kasus terjadi sedikit peningkatan sementara akibat penguapan komponen volatil yang membuat pigmen lebih terkonsentrasi pada permukaan. Perbedaan ini erat kaitannya dengan karakteristik fisik dan kadar air masing-masing bentuk kering, yang memengaruhi stabilitas pigmen antosianin dan polifenol jahe hitam selama penyimpanan.

Senyawa pigmen ini dikenal sensitif terhadap oksidasi, cahaya, dan fluktuasi suhu. Kubra dan Rao (2012) melaporkan bahwa pigmen fenolik pada jahe mudah mengalami degradasi selama penyimpanan jangka panjang, terutama pada kondisi dengan kelembapan tidak stabil dan paparan oksigen yang tinggi.

Secara spesifik, pada bentuk bubuk, nilai a^* justru mengalami peningkatan selama penyimpanan. Hal ini disebabkan oleh penguapan komponen volatil dan air yang menyebabkan pigmen antosianin lebih terkonsentrasi, serta ukuran partikel halus yang membuat pigmen lebih merata dan pantulan cahaya meningkat sehingga warna tampak lebih merah. Pada bentuk chip, nilai a^* mengalami penurunan bertahap. Struktur padat dan ukuran besar membatasi difusi oksigen, sehingga degradasi pigmen berlangsung lambat. Stabilitas warna chip tergolong baik karena kadar air relatif stabil dan reaksi oksidatif minim. Sedangkan bentuk parut menunjukkan penurunan nilai a^* paling nyata akibat permukaan yang tidak rata dan kontak luas dengan udara, yang mempercepat oksidasi antosianin serta degradasi pigmen fenolik. Hal ini membuat warna merah-ungu jahe hitam pada bentuk parut lebih cepat memudar dibandingkan bentuk lainnya.

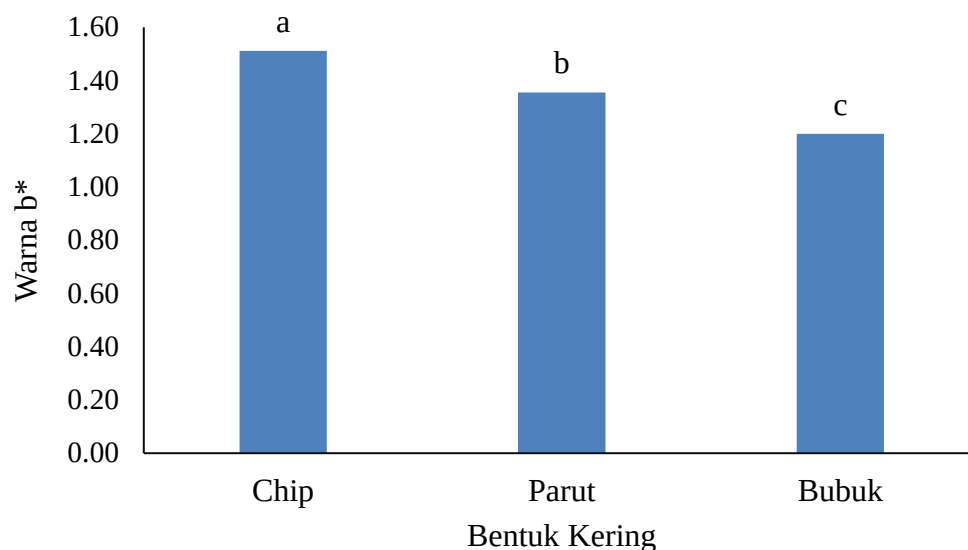
Warna b^*

Pengaruh Bentuk Kering

Table 13. Hasil Uji Beda Rata Rata Pengaruh Bentuk Kering terhadap Parameter Warna b^*

Bentuk Kering	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
P1 = Chip	1.51	-	-	-	a	A
P2 = Parut	1.36	2	0.085	0.117	b	B
P3 = Bubuk	1.20	3	0.089	0.123	c	C

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



Gambar 11. Pengaruh Bentuk Kering Terhadap Parameter Warna b^*

Berdasarkan tabel 13 Dapat di lihat bahwa perlakuan P1 berbeda sangat nyata terhadap P2 dan P3. Perlakuan P2 berbeda sangat nyata dengan P3. Pada perlakuan P1 memiliki hasil warna b^* tertinggi dengan rataan 1,51 dan perlakuan P3 memiliki hasil warna b^* paling rendah dari semua perlakuan dengan rataan 1,20.

Berdasarkan Gambar 11, bentuk kering berpengaruh terhadap nilai warna b^* pada jahe hitam, di mana nilai b^* aslinya berada pada arah negatif (kebiruan), tetapi disajikan dalam bentuk positif untuk keperluan analisis. Nilai b^* tertinggi terdapat pada bentuk chip (1,51), diikuti parut (1,36), dan terendah pada bubuk (1,20). Perbedaan nilai b^* ini menunjukkan bahwa intensitas kekuningan atau kebiruan jahe hitam bervariasi menurut bentuk kering yang digunakan. Penurunan nilai b^* seiring lama penyimpanan dapat disebabkan oleh degradasi senyawa pigmen antosianin dan polifenol yang mendominasi warna ungu-kebiruan khas jahe hitam. Kubra & Rao (2012) melaporkan bahwa komponen fenolik pada jahe mudah mengalami degradasi akibat paparan oksigen, cahaya, dan kelembapan selama penyimpanan. Bentuk serbuk dengan ukuran partikel lebih halus memiliki

kecenderungan menurunkan nilai b^* lebih cepat karena permukaan yang luas mempercepat proses oksidasi, sedangkan bentuk chip cenderung lebih stabil.

Dalam penelitian ini, meskipun nilai b^* asli berada pada arah negatif, data diubah menjadi positif untuk memudahkan analisis varians (ANOVA) tanpa mengubah pola perubahan warna yang terjadi. Pendekatan serupa juga dilakukan oleh Tensiska *et al.* (2018) dalam analisis parameter warna pada bahan pangan herbal.

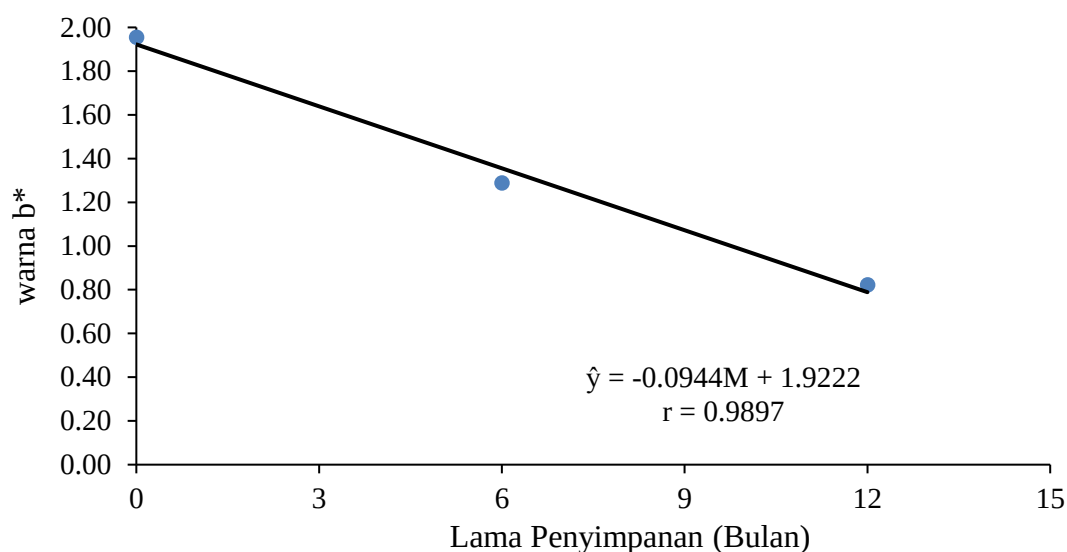
Pengaruh Lama Penyimpanan

Table 14. Hasil Uji Beda Rata Rata Pengaruh Lama Penyimpanan terhadap Parameter Warna b^*

Lama Penyimpanan (Bulan)	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
M1 = 0	1.96	-	-	-	a	A
M2 = 6	1.29	2	0.085	0.117	b	B
M3 = 12	0.82	3	0.089	0.123	c	C

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 Dapat di lihat bahwa perlakuan M1 berbeda sangat nyata dengan M2 dan M3. Perlakuan M2 berbeda tidak nyata dengan M3. Pada perlakuan M1 memiliki hasil warna b^* tertinggi dengan rataan 1,96 dan perlakuan M3 memiliki hasil warna b^* paling rendah dari semua perlakuan dengan rataan 0,82.



Gambar 12. Pengaruh Lama Penyimpanan terhadap Parameter Warna b*

Berdasarkan Gambar 12, terlihat bahwa nilai warna b* pada jahe hitam mengalami penurunan seiring bertambahnya lama penyimpanan. Penurunan ini menunjukkan berkurangnya intensitas rona kekuningan atau kebiruan khas jahe hitam akibat degradasi senyawa pigmen, terutama antosianin dan polifenol yang berperan dalam memberikan warna ungu kebiruan. Proses degradasi tersebut dapat dipicu oleh oksidasi selama penyimpanan, yang terjadi lebih cepat pada kondisi paparan cahaya, oksigen, dan kelembapan tinggi. Penurunan nilai b* seiring waktu juga dilaporkan oleh Kubra & Rao (2012) yang menemukan bahwa pigmen fenolik jahe mengalami degradasi signifikan pada penyimpanan jangka panjang dengan kelembapan yang tidak terkendali. Faktor lingkungan menjadi penentu utama kestabilan warna, di mana penyimpanan dalam kondisi terkontrol dapat memperlambat perubahan warna tersebut.

Interaksi Antara Bentuk Kering Dan Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Warna b*.

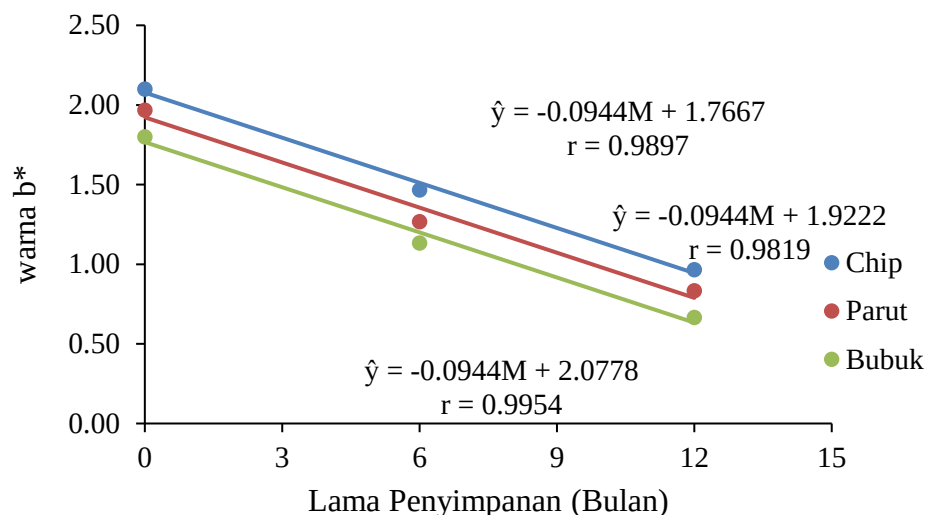
Berdasarkan analisa sidik ragam (Lampiran 4) diketahui antara bentuk kering dan lama penyimpanan memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap parameter warna b*. Tingkat perbedaan tersebut telah diuji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada Tabel 15.

Table 15. Interaksi Antara Bentuk Kering Dan Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Warna b*.

Perlakuan	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
P1M1	2.10	-	-	-	a	A
P1M2	1.47	2	0.12	0.17	c	D
P1M3	0.97	3	0.13	0.17	f	FG
P2M1	1.97	4	0.13	0.18	a	AB
P2M2	1.27	5	0.13	0.18	d	E
P2M3	0.83	6	0.13	0.18	g	GH
P3M1	1.80	7	0.14	0.19	b	BC
P3M2	1.13	8	0.14	0.19	e	EF
P3M3	0.67	9	0.14	0.19	h	H

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 dapat di lihat bahwa rataaan tertinggi terdapat pada perlakuan P1M1 dengan rataaan yaitu 2,10 dan yang terendah pada perlakuan P3M3 dengan rataaan 0,67. Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada gambar berikut.



Gambar 13. Hubungan Pengaruh Interaksi Antara Bentuk Kering dan Lama Penyimpanan terhadap Parameter warna b*

Gambar 13 menunjukkan bahwa nilai b* (komponen kuning) pada jahe hitam menurun seiring bertambahnya lama penyimpanan pada semua bentuk kering, baik chip, parut, maupun bubuk. Penurunan ini menunjukkan berkurangnya intensitas rona kekuningan atau kebiruan khas jahe hitam akibat degradasi pigmen antosianin dan polifenol yang rentan terhadap oksidasi. Bentuk bubuk menunjukkan intensitas awal b* yang lebih rendah dibandingkan chip dan parut karena luas permukaan yang lebih besar mempercepat kontak dengan oksigen dan meningkatkan laju degradasi pigmen selama penyimpanan. Fenomena ini sejalan dengan penelitian Suekawa *et al.* (2016) yang melaporkan bahwa pigmen fenolik pada jahe mengalami penurunan stabilitas warna seiring bertambahnya waktu penyimpanan, terutama pada bentuk serbuk dengan ukuran partikel yang halus. Hal ini terjadi akibat meningkatnya oksidasi senyawa aktif yang mengakibatkan pemudaran warna secara progresif.

bentuk bubuk mengalami penurunan nilai b* paling cepat karena ukuran partikel yang halus mempercepat oksidasi pigmen dan reaksi pencokelatan

nonenzimatik, sehingga warna kekuningan cepat memudar. Bentuk chip menunjukkan penurunan paling lambat karena strukturnya padat dan kontak dengan udara terbatas, membuat pigmen lebih stabil terhadap oksidasi. Sementara bentuk parut berada di antara keduanya, dengan permukaan tidak rata dan porositas sedang yang memungkinkan oksidasi terjadi, tetapi tidak seintens pada bubuk.

Antioksidan

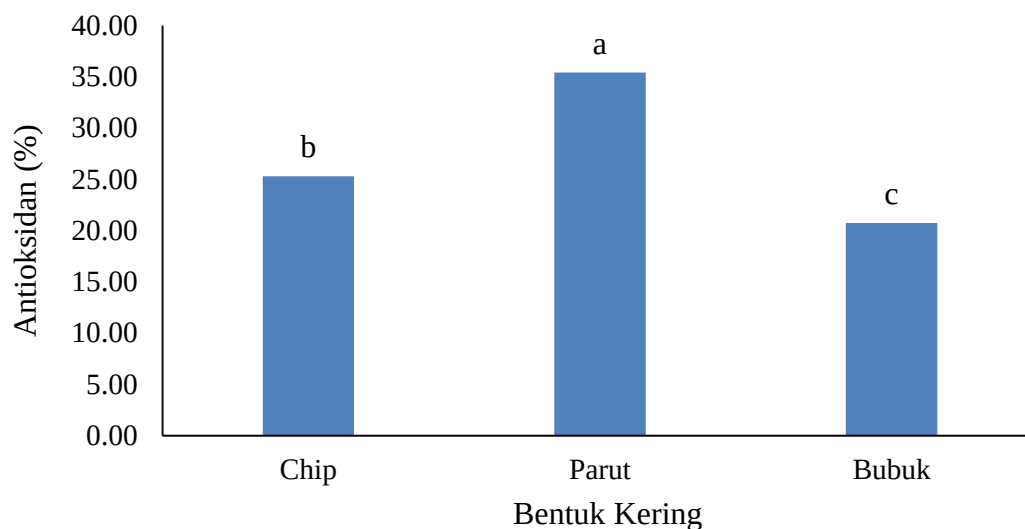
Pengaruh Bentuk Kering

Table 16. Hasil Uji Beda Rata Rata Pengaruh Bentuk Kering Terhadap Parameter Antioksidan

Bentuk Kering	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
P1 = Chip	25.35	-	-	-	b	B
P2 = Parut	35.52	2	0.057	0.078	a	A
P3 = Bubuk	21.08	3	0.059	0.082	c	C

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 Dapat di lihat bahwa perlakuan P1 berbeda sangat nyata terhadap P2 dan P3. Perlakuan P2 berbeda sangat nyata dengan P3. Pada perlakuan P2 memiliki hasil antioksidan tertinggi dengan rataan 35,42 dan perlakuan P3 memiliki hasil antioksidan paling rendah dari semua perlakuan dengan rataan 20,75.



Gambar 14. Pengaruh Bentuk Kering Terhadap Parameter Antioksidan

Gambar 14 menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan tertinggi ditemukan pada bentuk parut, diikuti oleh chip, sedangkan terendah pada bubuk. Hasil ini dapat dijelaskan oleh pengaruh proses penghalusan menjadi bubuk yang meningkatkan luas permukaan partikel, sehingga mempercepat oksidasi senyawa fenolik dan antosianin yang berperan sebagai antioksidan utama pada jahe hitam. Sebaliknya, bentuk parut dengan ukuran partikel yang lebih kasar cenderung mengalami oksidasi lebih lambat dan mempertahankan kandungan bioaktif lebih baik selama penyimpanan. Temuan ini selaras dengan laporan Wang *et al.* (2021) yang menunjukkan bahwa proses pengecilan ukuran partikel herbal dapat menurunkan stabilitas senyawa fenolik akibat peningkatan paparan oksigen dan cahaya. Mereka juga menyatakan bahwa bentuk simplisia atau irisan kasar memiliki aktivitas antioksidan yang lebih terjaga dibanding bentuk bubuk selama penyimpanan.

Bentuk bubuk menunjukkan penurunan aktivitas antioksidan paling besar karena paparan oksigen dan cahaya tinggi mempercepat degradasi fenolik. Bentuk

chip memiliki aktivitas sedang karena strukturnya lebih padat, sehingga laju oksidasi lebih lambat meskipun tetap terjadi pada permukaan luar. Sementara bentuk parut mempertahankan aktivitas antioksidan tertinggi karena ukuran partikel sedang memungkinkan difusi oksigen terbatas namun masih menjaga pelepasan senyawa aktif secara optimal.

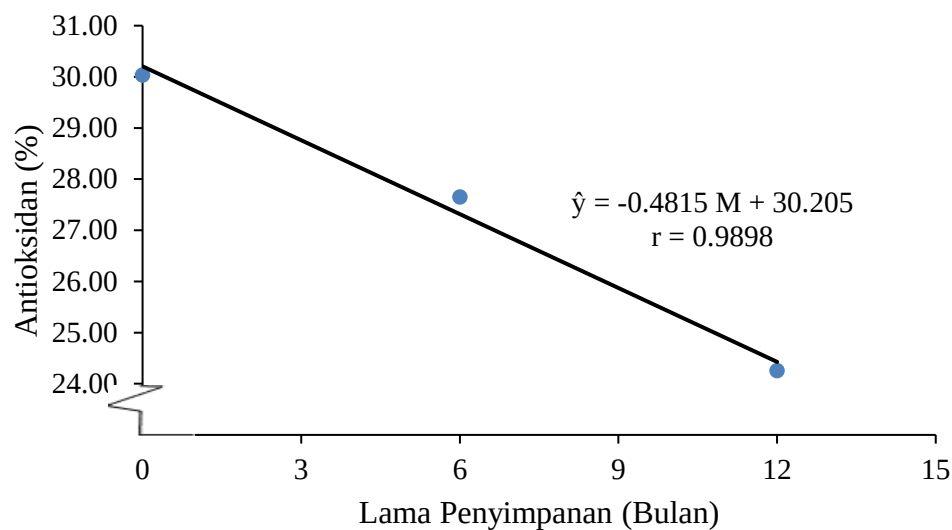
Pengaruh Lama Penyimpanan

Table 17. Hasil Uji Beda Rata Rata Pengaruh Lama penyimpanan Terhadap Parameter Antioksidan

Lama Penyimpanan (Bulan)	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
M1 = 0	30.04	-	-	-	a	A
M2 = 6	27.65	2	0.057	0.078	b	B
M3 = 12	24.26	3	0.059	0.082	c	C

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 17 Dapat di lihat bahwa perlakuan M1 berbeda sangat nyata dengan M2 dan M3. Perlakuan M2 berbeda tidak nyata dengan M3. Pada perlakuan M1 memiliki hasil antioksidan tertinggi dengan rataan 30,05 dan perlakuan M3 memiliki hasil antioksidan paling rendah dari semua perlakuan dengan rataan 24,26



Gambar 15. Pengaruh Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Antioksidan

Gambar 15 menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan pada jahe hitam mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya lama penyimpanan. Penurunan ini menunjukkan berkurangnya kemampuan jahe hitam dalam menghambat radikal bebas, yang erat kaitannya dengan degradasi senyawa bioaktif seperti antosianin, polifenol, dan senyawa fenolik lainnya yang berperan sebagai komponen antioksidan utama. Fenomena serupa dilaporkan oleh Zhang *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa penyimpanan jangka panjang pada produk herbal dapat menyebabkan penurunan signifikan aktivitas antioksidan akibat oksidasi fenolik dan flavonoid, terutama jika penyimpanan dilakukan tanpa kontrol terhadap kelembapan, suhu, dan paparan oksigen. Upaya mempertahankan aktivitas antioksidan dapat dilakukan dengan penyimpanan pada kemasan kedap oksigen, pengendalian suhu, serta meminimalkan paparan cahaya untuk memperlambat proses degradasi.

Bentuk bubuk menunjukkan penurunan paling tajam karena luas permukaan yang besar mempercepat kontak dengan oksigen, sehingga mempercepat reaksi

oksidasi senyawa antioksidan. Bentuk chip mengalami penurunan yang lebih moderat karena struktur padatnya menghambat difusi oksigen, meskipun degradasi tetap terjadi perlahan akibat paparan cahaya dan suhu. Sementara bentuk parut mempertahankan aktivitas antioksidan relatif lebih tinggi pada awal penyimpanan, namun cenderung menurun signifikan setelah periode panjang karena peningkatan kadar air dan luas kontak permukaan yang mempercepat degradasi pigmen.

Interaksi Antara Bentuk Kering Dan Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Antioksidan

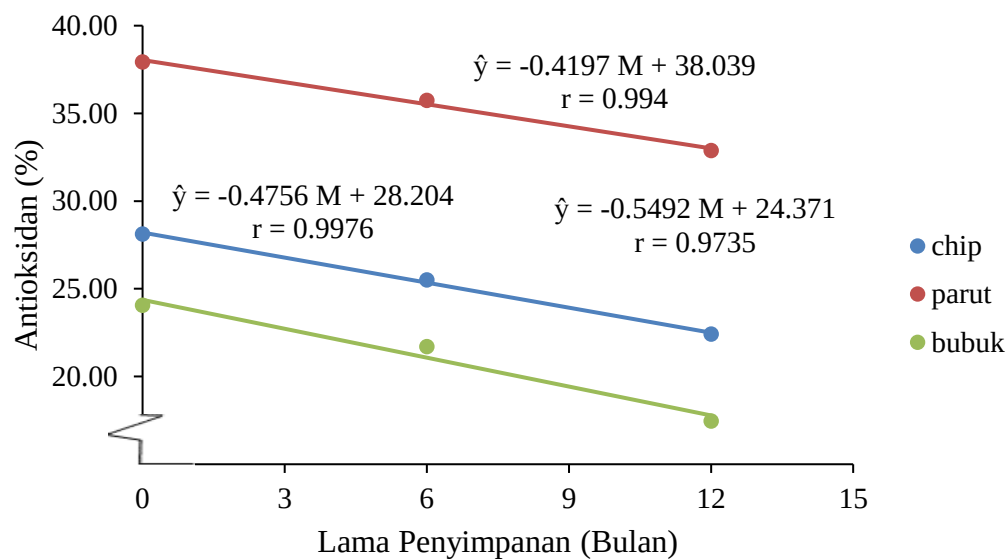
Berdasarkan analisa sidik ragam (Lampiran 5) diketahui antara bentuk kering dan lama penyimpanan memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap parameter antioksidan. Tingkat perbedaan tersebut telah diuji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada Tabel 18.

Table 18. Interaksi Antara Bentuk Kering Dan Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Antioksidan.

Perlakuan	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
P1M1	28.12	-	-	-	c	C
P1M2	25.51	2	0.08	0.11	d	D
P1M3	22.42	3	0.08	0.12	e	E
P2M1	37.93	4	0.09	0.12	a	A
P2M2	35.75	5	0.09	0.12	ab	AB
P2M3	32.89	6	0.09	0.12	b	B
P3M1	24.06	7	0.09	0.12	de	DE
P3M2	21.70	8	0.09	0.13	ef	EF
P3M3	17.47	9	0.09	0.13	f	F

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 18 dapat di lihat bahwa rataan tertinggi terdapat pada perlakuan P2M1 dengan rataan yaitu 37,93 dan yang terendah pada perlakuan P3M3 dengan rataan 17,47. Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada gambar berikut.



Gambar 16. Hubungan Pengaruh Interaksi Antara Bentuk Kering Dan Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Antioksidan

Gambar 16 menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan jahe hitam mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya lama penyimpanan pada semua bentuk kering (parut, chip, dan bubuk). Bentuk parut mempertahankan aktivitas antioksidan tertinggi selama penyimpanan karena karakteristik pengeringannya mampu menjaga lebih banyak senyawa bioaktif seperti fenolik dan antosianin. Bentuk chip berada pada tingkat sedang dengan penurunan yang tidak terlalu tajam, sedangkan bentuk bubuk menunjukkan penurunan paling signifikan. Penurunan yang lebih cepat pada bentuk bubuk dapat disebabkan oleh ukuran partikel yang lebih halus, sehingga meningkatkan luas permukaan kontak dengan oksigen dan mempercepat degradasi senyawa antioksidan. Semakin lama waktu penyimpanan maka flavonoid akan mengalami penurunan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Wang *et al.* (2021) yang menemukan bahwa proses penghalusan herbal meningkatkan laju oksidasi senyawa fenolik karena paparan oksigen dan cahaya yang lebih besar. Mereka juga menyarankan penggunaan teknik

penyimpanan kedap oksigen dan pengendalian suhu untuk memperlambat penurunan aktivitas antioksidan. Menurut penelitian Ketaren *et al.*, (2024) dalam jurnalnya mengatakan bahwa semakin lama waktu penyimpanan jahe maka kadar flavonoid pada jahe akan mengalami penurunan pada penyimpanan 0 bulan sampai 2 bulan.

Total Mikroba

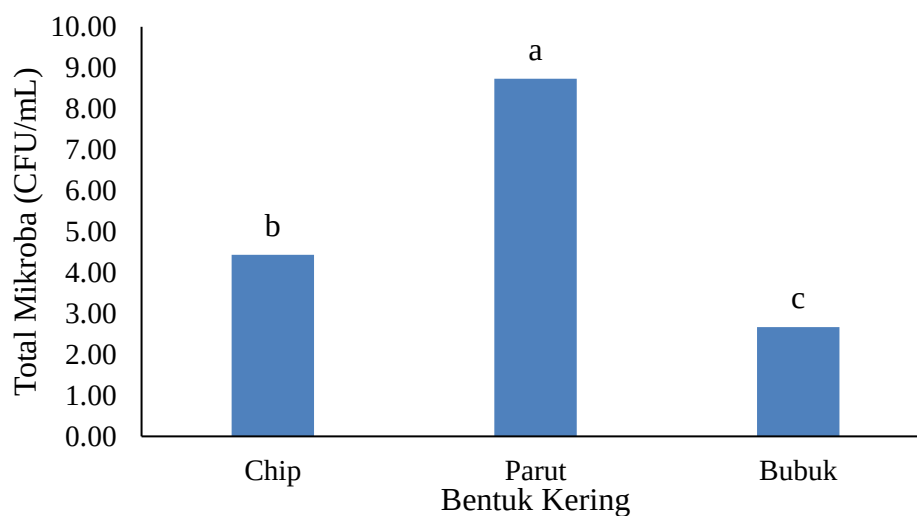
Pengaruh Bentuk Kering

Table 19. Hasil Uji Beda Rata Rata Pengaruh Bentuk Kering terhadap Parameter Total Mikroba

Bentuk Kering	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
P1 = Chip	4.43	-	-	-	b	B
P2 = Parut	8.73	2	0.151	0.208	a	A
P3 = Bubuk	2.67	3	0.158	0.218	c	C

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 19 Dapat di lihat bahwa perlakuan P1 berbeda sangat nyata terhadap P2 dan P3. Perlakuan P2 berbeda sangat nyata dengan P3. Pada perlakuan P2 memiliki hasil total mikroba tertinggi dengan rataan 9,09 dan perlakuan P2 memiliki hasil total mikroba paling rendah dari semua perlakuan dengan rataan 2,67.



Gambar 17. Pengaruh Bentuk Kering Terhadap Parameter Total Mikroba

Gambar 17 menunjukkan bahwa total mikroba pada jahe hitam tertinggi ditemukan pada bentuk parut, diikuti oleh chip, sedangkan bubuk memiliki total mikroba terendah. Hal ini dipengaruhi oleh struktur fisik bahan, di mana bentuk parut dengan luas permukaan lebih besar dan struktur yang lebih berpori cenderung menyerap kelembapan lebih tinggi. Kelembapan ini menciptakan lingkungan yang mendukung pertumbuhan mikroba selama penyimpanan. Sebaliknya, pada bentuk bubuk, ukuran partikel yang lebih halus serta proses pengeringan yang lebih intensif dapat menurunkan aktivitas air (a_w), sehingga menghambat pertumbuhan mikroba.

Bentuk parut menunjukkan populasi mikroba tertinggi karena sifat fisiknya yang mudah menyerap air dan memiliki banyak celah udara yang menjadi tempat berkembangnya mikroorganisme. Bentuk chip memiliki total mikroba sedang karena strukturnya lebih padat dan kadar air relatif stabil, meskipun masih memungkinkan adanya pertumbuhan mikroba pada permukaan irisan. Sementara itu, bentuk bubuk menunjukkan total mikroba terendah akibat proses penghalusan

dan pengeringan yang lebih intensif, yang menurunkan kadar air dan aktivitas air (a_w), sehingga menghambat pertumbuhan mikroorganisme.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Wiranti *et al.*, (2022) yang melaporkan bahwa lama penyimpanan dan kondisi lingkungan secara signifikan memengaruhi pertumbuhan mikroba (Total Plate Count) pada produk herbal serbuk berbasis rimpang, termasuk kunyit. Faktor kelembapan dan aktivitas air menjadi penentu utama keberlangsungan mikroba selama penyimpanan.

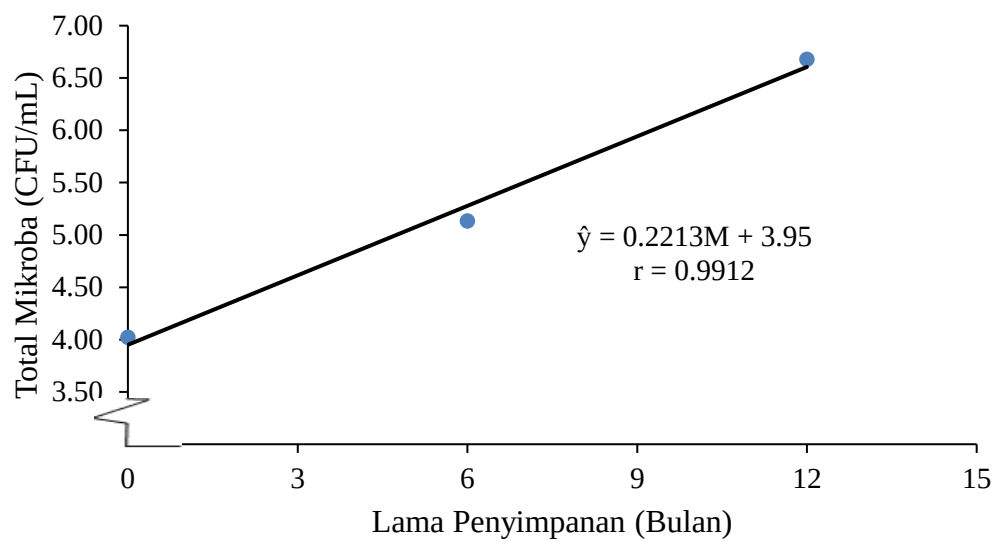
Pengaruh Lama Penyimpanan

Table 20. Hasil Uji Beda Rata Rata Pengaruh Lama Penyimpanan terhadap Parameter Total Mikroba

Lama Penyimpanan (Bulan)	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
M1 = 0	4.02	-	-	-	c	C
M2 = 6	5.13	2	0.151	0.208	b	B
M3 = 12	6.68	3	0.158	0.218	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 20 Dapat di lihat bahwa perlakuan M1 berbeda sangat nyata dengan M2 dan M3. Perlakuan M2 berbeda tidak nyata dengan M3. Pada perlakuan M1 memiliki hasil total mikroba tertinggi dengan rataan 6,68 dan perlakuan M3 memiliki hasil total mikroba paling rendah dari semua perlakuan dengan rataan 4,02



Gambar 18. Pengaruh Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Total Mikroba

Gambar 18 menunjukkan bahwa total mikroba jahe hitam meningkat seiring dengan bertambahnya lama penyimpanan, mulai dari bulan ke-0 hingga bulan ke-12. Meskipun bahan telah melalui proses pengeringan, keberadaan kelembapan residual dan sifat higroskopis jahe hitam menyebabkan kemampuan menyerap uap air dari udara tetap ada. Kondisi ini menciptakan lingkungan yang mendukung pertumbuhan mikroba selama penyimpanan, terutama apabila kemasan tidak kedap udara atau kondisi penyimpanan tidak terkendali. Fenomena ini sejalan dengan penelitian Rusmalina *et al.* (2023) yang melaporkan bahwa serbuk instan berbasis tanaman herbal cenderung mengalami peningkatan jumlah mikroba selama penyimpanan akibat kemampuannya menyerap kelembapan dari lingkungan. Selain itu, Pratiwi (2024) juga menemukan bahwa nanokapsul jus rimpang herbal mengalami kenaikan total plate count selama penyimpanan jika tidak dikemas dengan baik, meskipun masih berada dalam ambang batas aman.

Interaksi Antara Bentuk Kering Dan Lama Penyimpanan Terhadap Parameter Total Mikroba

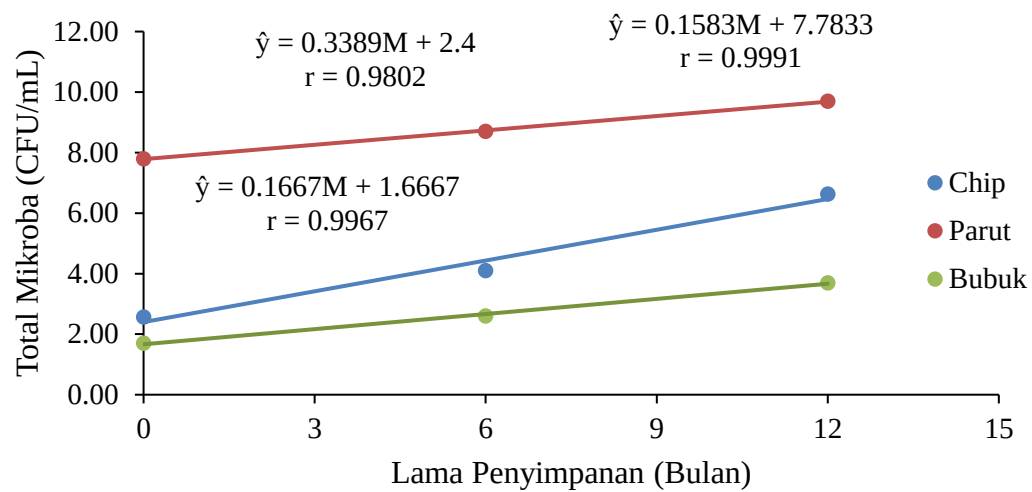
Berdasarkan analisa sidik ragam (Lampiran 6) diketahui antara bentuk kering dan lama penyimpanan memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap parameter total mikroba. Tingkat perbedaan tersebut telah diuji dengan uji beda rata-rata dan dapat dilihat pada Tabel 21.

Table 21. Interaksi Antara Bentuk Kering dan Lama Penyimpanan terhadap Parameter Total Mikroba.

Perlakuan	Rataan	Jarak	LSR		Notasi	
			0,05	0,01	0,05	0,01
P1M1	2.57	-	-	-	e	E
P1M2	4.10	2	0.21	0.29	de	DE
P1M3	6.63	3	0.22	0.31	cd	CD
P2M1	7.80	4	0.23	0.32	bc	BC
P2M2	8.70	5	0.23	0.32	ab	AB
P2M3	9.70	6	0.24	0.33	a	A
P3M1	1.70	7	0.24	0.33	e	E
P3M2	2.60	8	0.24	0.34	e	E
P3M3	3.70	9	0.24	0.34	de	DE

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 21 dapat di lihat bahwa rataan tertinggi terdapat pada perlakuan P2M3 dengan rataan yaitu 9,70 dan yang terendah pada perlakuan P3M1 dengan rataan 1,70. Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada gambar berikut.



Gambar 19. Hubungan Pengaruh Interaksi Antara Bentuk Kering dan Lama Penyimpanan terhadap Parameter Total Mikroba

Gambar 19 menunjukkan bahwa lama penyimpanan selama 0 hingga 12 bulan berpengaruh terhadap peningkatan total mikroba pada semua bentuk kering jahe hitam (chip, parut, dan bubuk). Bentuk parut memiliki jumlah mikroba tertinggi, diikuti oleh chip, sedangkan bubuk memiliki jumlah mikroba terendah. Kondisi ini terjadi karena parut memiliki luas permukaan dan porositas yang lebih tinggi, sehingga lebih mudah menyerap kelembapan dari lingkungan yang kemudian mendukung pertumbuhan mikroba selama penyimpanan jangka panjang. Sebaliknya, bubuk memiliki struktur yang lebih rapat sehingga kadar air bebas lebih rendah, meskipun masih berisiko terjadi pertumbuhan mikroba apabila kemasan tidak kedap atau penyimpanan tidak terkendali. Bentuk parut menunjukkan peningkatan total mikroba paling tajam akibat struktur terbuka dan kemampuan menyerap air yang tinggi, sehingga aktivitas mikroorganisme berlangsung lebih cepat. Bentuk chip mengalami peningkatan sedang karena strukturnya yang lebih padat sedikit menghambat penetrasi air dan oksigen, meskipun tetap

memungkinkan pertumbuhan mikroba pada permukaan irisan. Sementara itu, bentuk bubuk menunjukkan peningkatan paling rendah, karena ukuran partikel halus dan kadar air rendah menghambat pertumbuhan mikroorganisme; namun, jika kemasan tidak kedap udara atau penyimpanan lembap, kontaminasi mikroba masih dapat terjadi. Rusmalina *et al.* (2023) menyatakan bahwa bahan dengan porositas tinggi lebih rentan terhadap penyerapan kelembapan yang dapat meningkatkan aktivitas mikroba selama penyimpanan. Pratiwi (2024) juga melaporkan bahwa penyimpanan jangka panjang tanpa pengendalian kelembapan mempercepat pertumbuhan mikroba pada produk herbal kering, meskipun kadar air awalnya rendah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian yang berjudul Pengaruh Bentuk Kering dan Lama Penyimpanan Terhadap Antioksidan dan Kontaminasi Mikroba pada Jahe Hitam (*Kaempferia parviflora*) dapat di buat kesimpulan sebagai berikut:

1. Bentuk kering memberikan pengaruh yang sangat nyata pada taraf $p < 0,01$ terhadap parameter warna L, a, b , antioksidan, kadar air, dan total mikroba pada jahe hitam.
2. Lama penyimpanan memberikan pengaruh yang sangat nyata pada taraf $p < 0,01$ terhadap parameter warna a, b , antioksidan, kadar air, dan total mikroba, namun memberikan pengaruh tidak nyata $p > 0,05$ terhadap warna L pada jahe hitam.
3. Interaksi antara bentuk kering dengan lama penyimpanan memberikan pengaruh yang sangat nyata pada taraf $p < 0,01$ terhadap parameter kadar air, warna L, a^* , antioksidan dan total mikriba . Namun memberikan pengaruh tidak nyata $p > 0,05$ terhadap parameter warna b pada jahe hitam.
4. Kombinasi perlakuan terbaik yaitu pada perlakuan bentuk kering chip dengan lama penyimpanan 0 bulan.

Saran

Disarankan untuk peneliti selanjutnya agar lebih memperhatikan suhu dan tempat penyimpan agar terhindar dari kerusakan bahan pangan, dan disarankan untuk meneliti pengaruh suhu penyimpanan, pengaruh pengemasan biasa dengan pengemasan vakum terhadap antioksidan dan zat antosianinnya (warna).

DAFTAR PUSTAKA

- Badrunanto, Batubara, I., Wahyuni, W. T., & Farid, M. (2024). Komposisi dan Aktivitas Antioksidan Minyak Esensial Jahe Indonesia (*Zingiber officinale*): Studi Varietas dan Masa Simpan Rimpang Berbeda. Institut Pertanian Bogor
- Cancilleri, F., Ciccozzi, M., M, F., & et al. (2018). *A case of methicillin-resistant Staphylococcus aureus wound infection: phylogenetic analysis to establish if nosocomial or community acquired . Clin Case Reports.*
- Catherine, D. L., Thohirah, L. ., Johnson, S., NurAshikin, P. A., & Maheran, A. A. (2014). Morphological Description for Kunyit Hitam (*Kaempferia parviflora*) and Breaking Bud Dormancy with BAP and Ethephon Treatments. *Trans. Malaysian Soc. Plant Physiol.*
- Chaisuwan, V., Dajanta, K., & Srikaeo, K. (2022). Effects of extraction methods on antioxidants and methoxyflavones of *Kaempferia parviflora*. *Food Res*, 6(3), 374-81.
- Chokchaichamnankit, P., Jónsson, K. M., Chulalaksananukul, W., & Phengklai, C. (2007). Karyotypes of *Castanopsis*, *Lithocarpus* and *Quercus* (Fagaceae) from Khun Mae Kuong Forest in Chiang Mai province, northern Thailand. *Thai Forest Bulletin (Botany)*, 38-44.
- Elshamy, A. I., Mohamed, T. A., Essa, A. F., Abd-El Gawad, A. M., Alqahtani, A. S., Shahat, A. A., ... & Hegazy, M. E. F. (2019). Recent advances in *Kaempferia* phytochemistry and biological activity: A comprehensive review. *Nutrients*, 11(10), 2396.
- Hasim Ibroham, M., Jamilatun, S., Dyah Kumalasari, I., Dahlan, A., Ringroad Selatan, J., Banguntapan, K., Bantul, K., & Istimewa Yogyakarta, D. (n.d.)(2017). *A REVIEW: POTENSI TUMBUHAN – TUMBUHAN DI INDONESIA SEBAGAI ANTIOKSIDAN ALAMI.*
- Huang, J., Tong, Y., Wang, S., Tagawa, T., Seki, Y., Ma, S., Zhang, Z., Cao, T., Kobori, H., & Suzuki, K. (2024). 8-Week *Kaempferia parviflora* Extract Administration Improves Submaximal Exercise Capacity in Mice by Enhancing Skeletal Muscle Antioxidant Gene Expression and Plasma Antioxidant Capacity. *Antioxidants*, 13(9), 1147.
- Irda Fidrianny et al. *Antioxidant activities of various fruit extract from three Solanum sp using DPPH and ABTS method and correlation with*

- phenolic, flavonoid and carotenoid content*. J Chem pharm. Res 7(5): 666-672. 2015.
- Jeong, D. (2016). *Antibacterial Effect of Crude Extracts of Kaempferia parviflora (Krachaidam) against Cronobacter spp. and Enterohemorrhagic Escherichia coli (EHEC) in Various Dairy Foods: A Preliminary Study*.
- Karim, M. A., Ardie, S. W., & Khumaida, N. (2014). Pematahan Dormansi Rimpang Kaempferia parviflora Wall. Ex Baker. *Buletin Agrohorti*, 2(1), 104–114.
- Ketaren, B. R., Ardilla, D., Thamrin, M., Novita, A., Julia, H., & Lubis, E. (2025). Effectiveness of Drying Methods on The Quality and Physicochemical Characteristics of Dried Gac Fruit (*Momordica cochinchinensis* Spreng). *JURNAL AGRONOMI TANAMAN TROPIKA (JUATIKA)*, 7(2), 541-547.
- Ketaren, B. R., Hidayat, I. Y., Nusa, M. I., Novita, A., & Julia, H. (2024). *The change in phytochemical content affected by harvesting stages and storage duration of “Gajah” Ginger (Zingiber officinale var officinarum)*. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1413, No. 1, p. 012040). IOP Publishing
- Khanaviaturrizki, U. (2024). Uji Aktivitas Antioksidan dan Antibakteri Ekstrak Jamur Endofit dari Tanaman Kencur Hitam (*Kaempferia parviflora* Well ex. Baker). Skripsi, UIN Sultan Maulana Hasanuddin Banten.
- Kobori, H., Suzuki, K., Tagawa, T., et al. (2024). *Protective effect of polymethoxyflavones isolated from Kaempferia parviflora against TNF- α -induced human dermal fibroblast damage*. PLoS ONE, 19(1), e025933.
- Kubra, I. R., & Rao, L. J. M. (2012). *An impression on current developments in the technology, chemistry, and biological activities of ginger (Zingiber officinale Roscoe)*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 52(8), 651–688.
- Kumar, D. S. (2014). Efficient method of storage of dry herbs. *Journal of Functional Food*, 5(2), 3-5.
- Kusirisin W., Srichairatanakool S., Lerttrakarnnon P., Lailerd N., Suttajit M., Jaikang C., Chaiyasut C. *Aktivitas antioksidan: kandungan polifenol dan efek anti-glikasi dari beberapa tanaman obat Thailand yang secara tradisional digunakan pada pasien diabetes. medis. kimia.* (2019); 5 :139–147.

- Oboh, G., and Akindahunsi, A. A. (2014). Change in the ascorbic acid, total phenol and antioxidant activity of sun-dried commonly consumed green leafy vegetables in Nigeria. *Nutrition and Health*, 18(1), 29-36.
- Pratiwi, R. (2024). *Stabilitas mikrobiologis nanokapsul jus rimpang herbal selama penyimpanan*. Jurnal Teknologi Pangan dan Herbal, 6(2), 48–56.
- Raya, K. B., Ahmad, S. H., Farhana, S. F., Mohammad, M., Tajidin, N. E., & Parves, A. (2015). *Changes in phytochemical content indifferent parts of Clinacanthus nutans (Burm. f.) lindau due to storage duration*. Bragantia, 74(4), 445-452.
- Ropiqa, M., Devi, S., Nugroho, A. K., & Murti, Y. B.(2020). *The effect of Xylitol and Aspartame Composition as Sweetener on The Tablet Formulation of Papaya Leaves Extract*.
- Roshanak, S., Rahimmalek, M., and Goli, S. A. H. (2016). Evaluation of seven different drying treatments in respect to total flavonoid, phenolic, vitamin C content, chlorophyll, antioxidant activity and color of green tea (*Camellia sinensis* or *C. assamica*) leaves. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 721-729.
- Rusmalina, D., Arifin, M., & Lestari, D. (2023). *Pengaruh penyimpanan terhadap kualitas mikrobiologis serbuk minuman herbal instan*. Jurnal Pangan Fungsional Indonesia, 7(1), 22–30.
- Santoso, U., et al. (2016). Pengaruh bentuk pengeringan terhadap kualitas jahe. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 12(1), 45-52.
- Saokaew, S., & Wilairat, P. (2018). Clinical Effects of Krachaidum (*Kaempferia parviflora*): A Systematic Review. *J Evid Based Complementary Altern Med*.
- Song, K., Saini, R. K., Keum, Y. S., & Sivanesan, I. (2021). Analysis of lipophilic antioxidants in the leaves of *kaempferia parviflora* wall. Ex baker using lc–mrm–ms and gc–fid/ms. *Antioxidants*, 10(10).
- Song, K., Saini, R. K., Keum, Y.-S., & Sivanesan, I. (2021). *Analysis of lipophilic antioxidants in the leaves of Kaempferia parviflora Wall. Ex Baker using LC–MRM–MS and GC–FID/MS*. *Antioxidants*, 10(10), 1573.
- Song, Y. R., Lee, C. M., Lee, S. H., & Baik, S. H. (2021). Evaluation of probiotic properties of *Pediococcus acidilactici* M76 producing functional exopolysaccharides and its lactic acid fermentation of black raspberry extract. *Microorganisms*, 9(7), 1364

- Suekawa, M., Ishige, A., Yuasa, K., Sudo, K., Aburada, M., & Hosoya, E. (2016). *Stability of phenolic compounds and color properties in ginger during storage*. *Journal of Food Science*, 81(12), C3021–C3028.
- Sulaiman, M. R., Zakaria, Z. A., Mohamad, A. S., Somchit, M. N., & Israf, D. A. (2012). Phytochemical properties and biological activities of *Kaempferia parviflora*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(2), 107–112
- Tensiska, T., Syafutri, M. I., & Marwati, T. (2018). *Analisis perubahan warna pada bahan pangan herbal selama penyimpanan*. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 29(2), 137–145.
- Wahyuni, S., Kurniawati, D., & Arifin, R. (2023). Morfologi dan identifikasi karakter bioaktif tanaman *Kaempferia parviflora* dari beberapa daerah di Indonesia. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(1), 75–84. (Menganalisis morfologi dan adaptasi jahe hitam di lingkungan tropis)
- Wang, S., Zhang, Y., Li, W., Yang, W., & Zhao, Y. (2021). *Impact of drying and activity of medicinal herbs*. *Food Chemistry*, 345, 128864.
- Wiranti, Hartanti, & Setiowati. (2022). *Pengaruh lama penyimpanan terhadap kualitas mikrobiologis jamu serbuk berbasis rimpang*. *Jurnal Teknologi Pangan dan Kesehatan*, 4(2), 55–62.
- Zhang, L., Wang, Y., Wu, Z., & Chen, Z. (2020). *Effect of storage conditions on the antioxidant activity and phenolic content of herbal products*. *LWT – Food Science and Technology*, 132, 109924
- Zulfa, U. (2012). Application of liquid biofertilizer reduced the need of chemical fertilizer in black galingale (*Kaempferia parviflora*) production. *Skripsi. Institut Pertanian Bogor*. Bogor.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Data Rataan Kadar Air Jahe Hitam

Perlakuan	Ulangan			Total	rataan
	I	II	III		
P1M1	4	4.1	4.2	12.3	4.10
P1M2	4.3	4.4	4.5	13.2	4.40
P1M3	5.1	5.3	5.4	15.8	5.27
P2M1	4	4.1	4.4	12.5	4.17
P2M2	4.8	4.9	5	14.7	4.90
P2M3	6	6.2	6.1	18.3	6.10
P3M1	7.7	7.6	7.9	23.2	7.73
P3M2	8.7	8.9	9	26.6	8.87
P3M3	10	10.3	10.5	30.8	10.27
total	54.6	55.8	57	167.4	55.8
Rataan	6.07	6.20	6.33	18.60	6.20

SK	db	JK	KT	F hit.		0.05	0.01
Perlakuan	8	121.07	15.13	628.62	**	2.51	3.71
P	2	103.49	51.74	2149.34	**	3.55	6.01
P Lin	1	6.03	6.03	250.61	**	4.41	8.29
P Kuad	1	19.89	19.89	826.28	**	4.41	8.29
M	2	16.15	8.07	335.40	**	3.55	6.01
M Lin	1	17.85	17.85	741.49	**	4.41	8.29
M Kuad	1	0.32	0.32	13.16	**	4.41	8.29
S x W	4	1.43	0.36	14.86	**	2.93	4.58
Galat	18	0.43	0.02				
Total	26	121.50	4.67				

Keterangan :

Fk = 1061.5737
 KK = 3%
 ** = sangat nyata
 * = Nyata
 tn = tidak nyata

Lampiran 2. Tabel Data Rataan Warna L Jahe Hitam

Perlakuan	Ulangan			Total	rataan
	I	II	III		
P1M1	28.03	26.63	26.76	81.42	27.14
P1M2	30.45	29.63	27.92	88	29.33
P1M3	34.86	32.63	33.07	100.56	33.52
P2M1	24.25	25.81	25.68	75.74	25.25
P2M2	27.79	26.78	25.34	79.91	26.64
P2M3	30.32	29.74	30.99	91.05	30.35
P3M1	37.4	37.43	36.86	111.69	37.23
P3M2	33.3	34.19	36.89	104.38	34.79
P3M3	28.38	28.94	27.74	85.06	28.35
total	274.78	271.78	271.25	817.81	272.603333
Rataan	30.53	30.20	30.14	90.87	30.29

SK	db	JK	KT	F hit.		0.05	0.01
Perlakuan	8	396.75	49.59	43.44	**	2.51	3.71
P	2	165.74	82.87	72.59	**	3.55	6.01
P Lin	1	3.79	3.79	3.32	tn	4.41	8.29
P Kuad	1	125.81	125.81	110.20	**	4.41	8.29
M	2	3.41	1.71	1.50	tn	3.55	6.01
M Lin	1	3.82	3.82	3.35	tn	4.41	8.29
M Kuad	1	0.02	0.02	0.02	tn	4.41	8.29
S x W	4	227.60	56.90	49.84	**	2.93	4.58
Galat	18	20.55	1.14				
Total	26	417.30	16.05				

Keterangan :

Fk = 24831.4747
 KK = 2%
 ** = sangat nyata
 * = Nyata
 tn = tidak nyata

Lampiran 3. Tabel Data Rataan Warna a* Jahe Hitam

Perlakuan	Ulangan			Total	rataan
	I	II	III		
P1M1	10.02	10.04	11.04	31.1	10.37
P1M2	9.12	9.35	8.96	27.43	9.14
P1M3	7.98	6.49	6.71	21.18	7.06
P2M1	7.54	7.31	7.04	21.89	7.30
P2M2	5.53	5.81	6.12	17.46	5.82
P2M3	3.64	3.55	3.82	11.01	3.67
P3M1	6.94	7.2	6.09	20.23	6.74
P3M2	9.04	9.56	9.72	28.32	9.44
P3M3	10.8	11.21	11.06	33.07	11.02
total	70.61	70.52	70.56	211.69	70.5633333
Rataan	7.85	7.84	7.84	23.52	7.84

SK	db	JK	KT	F hit.		0.05	0.01
Perlakuan	8	133.06	16.63	88.02	**	2.51	3.71
P	2	68.23	34.12	180.55	**	3.55	6.01
P Lin	1	0.01	0.01	0.08	tn	4.41	8.29
P Kuad	1	76.53	76.53	405.04	**	4.41	8.29
M	2	4.69	2.34	12.40	**	3.55	6.01
M Lin	1	3.96	3.96	20.96	**	4.41	8.29
M Kuad	1	1.31	1.31	6.95	*	4.41	8.29
S x W	4	60.14	15.03	79.57	**	2.93	4.58
Galat	18	3.40	0.19				
Total	26	136.46	5.25				

Keterangan :

Fk = 1645.4892
 KK = 6%
 ** = sangat nyata
 * = Nyata
 tn = tidak nyata

Lampiran 4. Tabel Data Rataan Warna b* Jahe Hitam

Perlakuan	Ulangan			Total	rataan
	I	II	III		
P1M1	2.2	2.1	2	6.3	2.10
P1M2	1.5	1.4	1.5	4.4	1.47
P1M3	1	0.9	1	2.9	0.97
P2M1	2	2	1.9	5.9	1.97
P2M2	1.3	1.2	1.3	3.8	1.27
P2M3	0.9	0.8	0.8	2.5	0.83
P3M1	1.8	1.9	1.7	5.4	1.80
P3M2	1.1	1.2	1.1	3.4	1.13
P3M3	0.6	0.7	0.7	2	0.67
total	12.4	12.2	12	36.6	12.2
Rataan	1.38	1.36	1.33	4.07	1.36

SK	db	JK	KT	F hit.		0.05	0.01
Perlakuan	8	6.28	0.79	163.04	**	2.51	3.71
P	2	0.44	0.22	45.23	**	3.55	6.01
P Lin	1	0.03	0.03	6.36	*	4.41	8.29
P Kuad	1	0.00	0.00	0.00	tn	4.41	8.29
M	2	5.84	2.92	606.46	**	3.55	6.01
M Lin	1	6.50	6.50	1350.52	**	4.41	8.29
M Kuad	1	0.07	0.07	14.02	**	4.41	8.29
S x W	4	0.00	0.00	0.23	tn	2.93	4.58
Galat	18	0.09	0.00				
Total	26	6.37	0.24				

Keterangan :

Fk = 49.6133333
 KK = 5%
 ** = sangat nyata
 * = Nyata
 tn = tidak nyata

Lampiran 5. Tabel Data Rataan Antioksidan Jahe Hitam

Perlakuan	Ulangan			Total	rataan
	I	II	III		
P1M1	28.16	28.32	27.89	84.37	28.12
P1M2	25.29	25.46	25.79	76.54	25.51
P1M3	22.39	22.41	22.45	67.25	22.42
P2M1	37.96	37.89	37.93	113.78	37.93
P2M2	35.51	35.75	35.98	107.24	35.75
P2M3	32.89	32.85	32.93	98.67	32.89
P3M1	24.01	24.05	24.11	72.17	24.06
P3M2	21.77	21.39	21.95	65.11	21.70
P3M3	17.46	17.51	17.43	52.4	17.47
total	245.44	245.63	246.46	737.53	245.843333
Rataan	27.27	27.29	27.38	81.95	27.32

SK	db	JK	KT	F hit.		0.05	0.01
Perlakuan	8	1145.31	143.16	5018.09	**	2.51	3.71
P	2	991.15	495.58	17370.54	**	3.55	6.01
P Lin	1	5.78	5.78	202.74	**	4.41	8.29
P Kuad	1	1022.50	1022.50	35839.91	**	4.41	8.29
M	2	151.77	75.88	2659.85	**	3.55	6.01
M Lin	1	169.00	169.00	5923.67	**	4.41	8.29
M Kuad	1	1.74	1.74	61.00	**	4.41	8.29
S x W	4	2.39	0.60	20.99	**	2.93	4.58
Galat	18	0.51	0.03				
Total	26	1145.83	44.07				

Keterangan :

Fk = 19915.8848
 KK = 0.2%
 ** = sangat nyata
 * = Nyata
 tn = tidak nyata

Lampiran 6. Tabel Data Rataan Total Mikroba Jahe Hitam

Perlakuan	Ulangan			Total	rataan
	I	II	III		
P1M1	2.6	2.7	2.4	7.7	2.57
P1M2	4	4.1	4.2	12.3	4.10
P1M3	6.7	6.8	6.4	19.9	6.63
P2M1	7.9	7.8	7.7	23.4	7.80
P2M2	8.7	8.6	8.8	26.1	8.70
P2M3	9.6	9.7	9.8	29.1	9.70
P3M1	1.6	1.7	1.8	5.1	1.70
P3M2	2.7	2.6	2.5	7.8	2.60
P3M3	3.8	3.6	3.7	11.1	3.70
total	47.6	47.6	47.3	142.5	47.5
Rataan	5.29	5.29	5.26	15.83	5.28

SK	db	JK	KT	F hit.		0.05	0.01
Perlakuan	8	211.99	26.50	1745.07	**	2.51	3.71
P	2	175.25	87.62	5770.32	**	3.55	6.01
P Lin	1	0.99	0.99	65.03	**	4.41	8.29
P Kuad	1	181.35	181.35	11942.68	**	4.41	8.29
M	2	32.02	16.01	1054.17	**	3.55	6.01
M Lin	1	35.70	35.70	2351.02	**	4.41	8.29
M Kuad	1	0.32	0.32	20.87	**	4.41	8.29
P x M	4	4.73	1.18	77.89	**	2.93	4.58
Galat	18	0.27	0.02				
Total	26	212.27	8.16				

Keterangan :

Fk = 752.083333
 KK = 2%
 ** = sangat nyata
 * = Nyata
 tn = tidak nyata

Dokumentasi Penelitian



