

**PENGARUH LAMA PAPARAN UV-C TERHADAP TEKSTUR,
KADAR ANTIOKSIDAN, VITAMIN C, VITAMIN A, DAN ZAT BESI
PADA BUAH JAMBU BIJI MERAH (*Psidium Guajava L*)
YANG DISIMPAN PADA SUHU RENDAH**

SKRIPSI

Oleh:
TSABITAH RAHMAH AZZAHRO
NIM. 220604110045



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2026**

HALAMAN PENGANTAR

**PENGARUH LAMA PAPARAN UV-C TERHADAP TEKSTUR,
KADAR ANTIOKSIDAN, VITAMIN C, VITAMIN A, DAN ZAT BESI
PADA BUAH JAMBU BIJI MERAH (*Psidium Guajava L*)
YANG DISIMPAN PADA SUHU RENDAH**

SKRIPSI

**Diajukan kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam
Memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:
TSABITAH RAHMAH AZZAHRO
NIM. 220604110045**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2026**

HALAMAN PERSETUJUAN

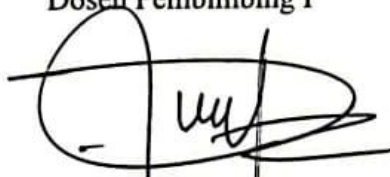
PENGARUH LAMA PAPARAN UV-C TERHADAP TEKSTUR,
KADAR ANTIOKSIDAN, VITAMIN C, VITAMIN A, DAN ZAT BESI
PADA BUAH JAMBU BIJI MERAH (*Psidium Guajava L*)
YANG DISIMPAN PADA SUHU RENDAH

SKRIPSI

Oleh:
TSABITAH RAHMAH AZZAHRO
NIM. 220604110045

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada Tanggal, 25 Juni 2026

Dosen Pembimbing I



Prof. Dr. Drs. Mokhammad Tirono, M.Si.
NIP. 19641211 199111 1 001

Dosen Pembimbing II



Ahmad Abtokhi, M.Pd.
NIP. 19761003 200312 1 004

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Fand Samsu Hananto, M.T.
NIP. 19740513 200312 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH LAMA PAPARAN UV-C TERHADAP TEKSTUR,
KADAR ANTIOKSIDAN, VITAMIN C, VITAMIN A, DAN ZAT BESI
PADA BUAH JAMBU BIJI MERAH (*Psidium Guajava L*)
YANG DISIMPAN PADA SUHU RENDAH

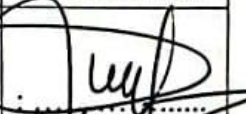
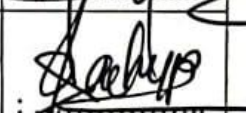
SKRIPSI

Oleh:

TSABITAH RAHMAH AZZAHRO

NIM. 220604110045

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada Tanggal, 29 Juni 2026

Penguji Utama	<u>Dr. Agus Mulyono, S.Pd., M.Kes.</u> NIP. 19750808 199903 1 003	
Ketua Penguji	<u>Ahmad Luthfin, S.Si., M.Si.</u> NIP. 19860504 201903 1 009	
Sekretaris Penguji	<u>Prof. Dr. Drs. Mokhammad Tirono, M.Si.</u> NIP. 19641211 199111 1 001	
Anggota Penguji	<u>Ahmad Abtokhi, M.Pd.</u> NIP. 19761003 200312 1 004	

Mengesahkan,
Ketua Program Studi




Farid Samsu Hananto, M.T.
NIP. 19740513 200312 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : TSABITAH RAHMAH AZZAHRO

NIM : 220604110045

Jurusan : FISIKA

Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI

Judul Penelitian : Pengaruh Lama Paparan Uv-C Terhadap Tekstur, Kadar Antioksidan, Vitamin C, Vitamin A, Dan Zat Besi Pada Buah Jambu Biji Merah (*Psidium Guajava L*) Yang Disimpan Pada Suhu Rendah

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 25 Juni 2026
Yang Membuat pernyataan



Tsabitah Rahmah Azzahro
NIM. 220604110045

MOTTO

الْيَقِينُ لَا يُزَالُ بِالشَّكِّ

"Al-yaqinu la yuzalu bis-syak"

“Keyakinan tidak dapat dihilangkan (dikalahkan) oleh keraguan.”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, kasih, dan kekuatan-Nya yang senantiasa mengiringi setiap langkah dalam perjalanan ini, karya sederhana ini dengan tulus dan kerendahan hati saya persembahkan kepada:

1. Teristimewa penulis ucapkan terima kasih kepada kedua orang tua tercinta penulis yakni Ayahanda Khoirul Usman dan Ibunda Luluk Hidayati. Terima kasih atas setiap tetes keringat dalam setiap langkah pengorbanan dari kerja keras yang dilakukan untuk memberikan yang terbaik kepada penulis, mengusahakan segala kebutuhan penulis, mendidik, membimbing, dan selalu memberikan kasih sayang yang tulus, motivasi, serta dukungan dan mendoakan penulis dalam keadaan apapun agar penulis mampu bertahan untuk melangkah setapak demi setapak dalam meraih mimpi di masa depan. Terima kasih untuk selalu berada di sisi penulis dan menjadi alasan bagi penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini hingga memperoleh gelar Sarjana Sains. Ayah Ibu putri kecilmu sudah dewasa dan siap melanjutkan mimpi yang lebih tinggi lagi.
2. Untuk Adik-adikku tersayang. Terima kasih atas doa, keceriaan, dan dukungan yang selalu kalian berikan, serta penghibur dan penyejuk di kala penat dan lelah melanda. Semoga keberhasilan ini bisa menjadi motivasi bagimu untuk melangkah lebih jauh dan meraih mimpi-mimpimu sendiri.
3. Sahabat penulis dibangku perkuliahan yang selalu kebersamai dalam empat tahun ini, yaitu: Ahsana Dwi Saputri, Faliza Berliani dua nama yang selalu

menjadi rumah, yang saling menyayangi, dan saling menguatkan satu sama lain saat kita sama-sama ingin menyerah. Terima kasih atas telinga yang selalu siap mendengar keluh kesah, bahu yang selalu ada untuk penulis, ketulusan yang tak pernah habis, dan semangat yang tak pernah putus. Terima kasih telah mendekap erat rapuh penulis, keyakinan kalian yang jauh lebih besar daripada keyakinan penulis sendiri. Tidak lupa terima kasih karena telah banyak membantu penulis dalam menyusun skripsi ini. *See you on top guys!*

4. Untuk Maharani Nur Faradila. Mungkin kita tidak memulai perjalanan kuliah ini bersama sejak awal semester, tetapi terima kasih atas ketulusanmu, pelukan hangatmu, menjadi teman satu atap yang menyenangkan, yang selalu mendengar keluh kesah dari seberang kamar, berbagi makanan, dan saling menemani begadang demi menyelesaikan skripsi ini.
5. Kepada seseorang yang tidak kalah penting kehadirannya, M.M Amri. Terima kasih telah berkontribusi baik tenaga, waktu, menemani, mendukung, serta menghibur, mendengarkan keluh kesah dan meyakinkan penulis untuk pantang menyerah hingga penyusunan skripsi ini terselesaikan.
6. Dan yang terakhir, Tsabitah Rahmah Azzahro, ya! diri saya sendiri. Apresiasi sebesar-besarnya yang telah berjuang untuk menyelesaikan apa yang telah di mulai. Terima kasih tetap bertahan, tetap melangkah, dan tidak menyerah pada keadaan di saat semuanya terasa begitu berat. Terima kasih sudah mengabaikan rasa takut, dan terus percaya pada kemampuan yang ada di dalam dirimu. Kamu hebat, kamu kuat, dan kamu layak mendapatkan keberhasilan ini. *I am so incredibly proud of me, always.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini disusun sebagai bagian dari pemenuhan beban studi untuk mata kuliah Skripsi Fisika di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Penyusunan skripsi ini tentu tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama proses ini. Ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Hj. Ilfi Nur Diana, M.Si, CAHRM., CRMP selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Agus Mulyono, M.Kes selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Bapak Farid Samsu Hananto, S.Si., M.T. selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Prof. Dr. Drs. H. Mokhammad Tirono, M.Si., dan Dr. Ahmad Abtokhi M.Pd sebagai dosen pembimbing yang memotivasi penulis dan meluangkan waktu untuk membimbing dengan baik selama menyusun skripsi.
5. Seluruh dosen Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
6. Ayah, Ibu, Adik, dan keluarga besar yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan semangat dalam setiap aspek perjalanan ini.

7. Seluruh mahasiswa fisika angkatan 2022 dan teman teman penulis atas kebersamaan, dukungan, serta motivasi yang telah diberikan selama masa studi ini. Kehadiran dan semangat kalian menjadi bagian penting dalam perjalanan ini. Semoga kebersamaan ini terus terjalin dan membawa manfaat bagi kita semua.
8. Semua pihak yang telah membantu penulis saat membutuhkan bantuan.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan mereka semua. Penulis sadar bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna maka dari itu penulis mohon kritik dan saran yang membangun supaya tulisan ini bisa menjadi lebih baik lagi. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan tambahan ilmu kepada para pembaca Amiin Ya Rabbal Alamiin.

Malang, 25 Juni 2026
Yang Membuat pernyataan



Tsabitah Rahmah Azzahro
NIM. 220604110045

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
مستخلص البحث.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian.....	8
1.4 Batasan Masalah.....	8
1.5 Manfaat Penelitian.....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Sinar Ultraviolet – C	11
2.1.1 Pengertian Sinar Ultraviolet – C	11
2.1.2 Intensitas Sinar Ultraviolet	14
2.1.3 Mekanisme Interaksi Sinar UV C	17
2.2 Buah Jambu Biji Merah.....	21
2.2.1. Morfologi Buah Jambu Biji Merah.....	23
2.2.2. Kandungan Gizi dan Komponen Bioaktif Jambu Biji Merah.....	24
2.3 Penyimpanan Suhu Rendah (Refrigerasi)	26
2.3.1 Prinsip Dasar Penyimpanan Suhu Rendah.....	26
2.3.2 Pengaruh Suhu Rendah terhadap Mutu Pascapanen.....	27
2.4 Pengaruh Waktu Paparan UV-C terhadap Lama Simpan Buah	29
BAB III METODE PENELITIAN	32
3.1 Jenis Penelitian	32
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	32
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	33
3.3.1 Alat – Alat Penelitian.....	33
3.3.2 Bahan – Bahan Penelitian	33
3.4 Diagram Alir Penelitian	35
3.5 Desain Penelitian.....	35
3.6 Rancangan Penelitian	36
3.7 Prosedur Penelitian.....	37
3.7.1 Tahap Persiapan	37
3.7.2 Tahap Paparan UV-C.....	37

3.7.3 Tahap Penyimpanan.....	37
3.7.4 Tahap Analisis Tekstur	38
3.7.5 Tahap Uji Kandungan Buah Jambu Biji Merah.....	38
3.8 Pengambilan Data	43
3.9 Analisis Data	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1 Data Penelitian	48
4.1.1 Pengaruh Lama Paparan UV-C terhadap Lama Simpan.	48
4.1.2 Pengaruh Paparan sinar UV-C terhadap Tekstur.	51
4.1.3 Pengaruh Paparan UV-C terhadap Kadar Antioksidan.....	54
4.1.4 Pengaruh Paparan UV-C terhadap Vitamin C.	58
4.1.5 Pengaruh Paparan UV-C terhadap Vitamin A.	63
4.1.6 Pengaruh Paparan UV-C terhadap Zat Besi.	67
4.2 Pembahasan	71
4.3 Kajian Keislaman	73
BAB V PENUTUP	77
5.1 Kesimpulan.....	77
5.2 Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN.....	87

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Penentuan Lama Penyimpanan Buah Jambu Biji Merah	43
Tabel 3.2	Analisis Tekstur Buah Jambu Biji Merah	44
Tabel 3.3	Penentuan Kadar Antioksidan pada Buah Jambu Biji Merah	44
Tabel 3.4	Penentuan Kadar Vitamin C pada Buah Jambu Biji Merah.....	45
Tabel 3.5	Penentuan Kadar Vitamin A pada Buah Jambu Biji Merah	45
Tabel 3.6	Penentuan Kadar Zat Besi pada Buah Jambu Biji Merah	46
Tabel 4.1	Pengaruh Lama Paparan UV-C terhadap Lama Simpan Buah jambu Biji Merah.	49
Tabel 4.2	Pengaruh Paparan Sinar UV-C terhadap Tekstur pada Buah Jambu Biji Merah.	52
Tabel 4.3	Pengaruh Paparan UV-C terhadap Kadar Antioksidan pada Buah Jambu Biji Merah.	55
Tabel 4.4	Data Uji ANOVA Pengaruh Paparan UV-C terhadap Kadar Antioksidan Buah jambu Biji Merah.	57
Tabel 4.5	Data Uji DMRT Pengaruh Paparan UV-C terhadap Kadar Antioksidan Buah Jambu Biji Merah.....	58
Tabel 4.6	Pengaruh Pengaruh UV-C terhadap Vitamin C pada Buah Jambu Biji Merah.	59
Tabel 4.7	Data Uji ANOVA Pengaruh Paparan UV-C terhadap Kadar Vitamin C Buah jambu Biji Merah.	62
Tabel 4.8	Data Uji DMRT Pengaruh Paparan UV-C terhadap Kadar Vitamin C Buah Jambu Biji Merah.....	62
Tabel 4.9	Pengaruh Paparan UV-C terhadap Vitamin A pada Buah Jambu Biji Merah.	64
Tabel 4.10	Data Uji ANOVA Pengaruh Paparan UV-C terhadap Kadar Vitamin A Buah jambu Biji Merah.....	66
Tabel 4.11	Data Uji DMRT Pengaruh Paparan UV-C terhadap Kadar Vitamin A Buah Jambu Biji Merah.....	66
Tabel 4.12	Pengaruh Paparan UV-C terhadap Zat Besi pada Buah Jambu Biji Merah.	68
Tabel 4.13	Data Uji ANOVA Pengaruh Paparan UV-C terhadap Kadar Zat Besi Buah jambu Biji Merah.....	70
Tabel 4.14	Data Uji DMRT Pengaruh Paparan UV-C terhadap Kadar at Besi Buah Jambu Biji Merah.....	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ultraviolet Light	14
Gambar 2.2	Pembentukan Dimer Timin.....	18
Gambar 2.3	Mekanisme Fotofisika.....	21
Gambar 2.4	Buah Jambu Biji Merah (Psidium guajava L).	22
Gambar 2.5	DNA Damage	30
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	35
Gambar 3.2	Desain Rangkaian Alat Penelitian	36
Gambar 4.1	Pengaruh Lama Paparan UV-C terhadap Lama Penyimpanan pada Buah Jambu Biji Merah.....	50
Gambar 4.2	Pengaruh Lama Paparan UV-C terhadap Tekstur pada Buah jambu Biji Merah.	53
Gambar 4.3	Pengaruh Lama Paparan Sinar UV-C terhadap Kandungan Kadar Antioksidan pada Buah Jambu Biji Merah.	56
Gambar 4.4	Pengaruh Lama Paparan Sinar UV-C terhadap Kandungan Vitamin C Buah Jambu Biji Merah.	61
Gambar 4.5	Pengaruh Lama Paparan Sinar UV-C terhadap Kandungan Vitamin A Buah Jambu Biji Merah.	65
Gambar 4.6	Pengaruh Lama Paparan Sinar UV-C terhadap Kandungan Zat Besi Buah Jambu Biji Merah.	69

ABSTRAK

Azzahro, Tsabitah Rahmah. 2026. **Pengaruh Lama Paparan UV-C terhadap Kadar Antioksidan, Vitamin C, Vitamin A, Zat Besi dan Mineral pada Buah Jambu Biji Merah (*Psidium guajava* L.) yang Disimpan pada Suhu Rendah.** Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
Pembimbing: (I) Prof. Dr. Drs. H. Mokhammad Tirono, M.Si (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd

Kata Kunci: Jambu Biji Merah, UV-C, Penyimpanan Suhu Rendah, Tekstur, Antioksidan, Vitamin C, Vitamin A, Zat Besi.

Jambu biji merah (*Psidium guajava* L.) merupakan buah yang kaya akan senyawa bioaktif seperti antioksidan, vitamin C, vitamin A, dan zat besi, namun kualitasnya dapat menurun selama penyimpanan. Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mempertahankan mutu buah adalah paparan sinar ultraviolet-C (UV-C). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama paparan UV-C terhadap tekstur, kadar antioksidan, vitamin C, vitamin A, dan zat besi pada buah jambu biji merah yang disimpan pada suhu rendah. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor, yaitu lama paparan UV-C (0, 5, 10, dan 15 menit) serta lama penyimpanan suhu rendah (0, 4, 8, dan 12 hari). Data dianalisis menggunakan Analysis of Variance (ANOVA) pada taraf signifikansi 5% dan dilanjutkan dengan uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama paparan UV-C, lama penyimpanan, dan interaksi keduanya berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap tekstur, kadar antioksidan, vitamin C, vitamin A, dan zat besi buah jambu biji merah. Paparan UV-C mampu mempertahankan kualitas fisik dan kimia buah selama penyimpanan suhu rendah dibandingkan tanpa perlakuan. Perlakuan UV-C selama 10–15 menit memberikan hasil yang lebih baik dalam mempertahankan kandungan antioksidan, vitamin C, vitamin A, dan zat besi serta memperlambat penurunan tekstur buah selama penyimpanan. Semakin lama penyimpanan, kualitas fisik dan kandungan gizi buah cenderung menurun, namun perlakuan UV-C dapat menekan laju penurunan tersebut. Dengan demikian, paparan UV-C berpotensi menjadi metode yang efektif dalam mempertahankan mutu dan kandungan gizi jambu biji merah selama penyimpanan suhu rendah.

ABSTRACT

Azzahro, Tsabitah Rahmah. 2026. **The Effect of UV-C Exposure Duration on Antioxidant, Vitamin C, Vitamin A, Iron, and Mineral Content of Red Guava Fruit (*Psidium Guajava* L.) Stored at Low Temperature.** Thesis. Physics Department, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang.
Advisor: (I) Prof. Dr. Drs. H. Mokhammad Tirono, M.Si. (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd.

Keyword: Red Guava, UV-C, Low Temperature Storage, Textur, Antioxidants, Vitamin C, Vitamin A, Iron.

Red guava (*Psidium guajava* L.) is a fruit rich in bioactive compounds such as antioxidants, vitamin C, vitamin A, and iron; however, its quality tends to decline during storage. One technology that can be applied to maintain fruit quality is ultraviolet-C (UV-C) irradiation. This study aimed to determine the effect of UV-C exposure duration on texture, antioxidant content, vitamin C, vitamin A, and iron content of red guava stored at low temperatures. The study employed a factorial Completely Randomized Design (CRD) with two factors: UV-C exposure duration (0, 5, 10, and 15 minutes) and low-temperature storage duration (0, 4, 8, and 12 days). The data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) at a 5% significance level, followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT). The results showed that UV-C exposure duration, storage duration, and their interaction had a significant effect ($p < 0.05$) on texture, antioxidant content, vitamin C, vitamin A, and iron content of red guava. UV-C treatment was able to maintain the physical and chemical quality of the fruit during low-temperature storage compared to untreated samples. UV-C exposure for 10–15 minutes provided better results in preserving antioxidant, vitamin C, vitamin A, and iron contents while slowing down the decline in fruit texture during storage. As storage duration increased, the physical quality and nutritional content of the fruit tended to decrease; however, UV-C treatment reduced the rate of deterioration. Therefore, UV-C irradiation has the potential to be an effective method for maintaining the quality and nutritional value of red guava during low-temperature storage.

مستخلص البحث

أزهره، ثابتة رجمة. 2026. تأثير مدة التعرض للأشعة فوق البنفسجية من النوع C على مستويات مضادات الأكسدة، وفيتامين C ، وفيتامين A، والحديد، والمعادن في ثمار الجوافة الحمراء (Psidium guajava L.) المخزنة في درجات حرارة منخفضة. أطروحة البكالوريوس. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية في مالانج. المشرفان (I): الأستاذ الدكتور د. ه. محمد تيرونو، ماجستير في العلوم (II) أحمد أبتوخي، ماجستير في التربية

الكلمات المفتاحية: الجامبو الأحمر، الأشعة فوق البنفسجية من النوع (UV-C) C ، التخزين عند درجات حرارة منخفضة، القوام، مضادات الأكسدة، فيتامين C ، فيتامين A ، الحديد.

الجوافة الحمراء (Psidium guajava L.) هي فاكهة غنية بالمركبات النشطة بيولوجيًا مثل مضادات الأكسدة وفيتامين C وفيتامين A والحديد، إلا أن جودتها قد تتدهور أثناء التخزين. تعد التعرض للأشعة فوق البنفسجية (UV-C) إحدى التقنيات التي يمكن استخدامها للحفاظ على جودة الفاكهة. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد تأثير مدة التعرض للأشعة فوق البنفسجية C- على القوام ومستويات مضادات الأكسدة وفيتامين C وفيتامين A والحديد في فاكهة الجامبو الأحمر المخزنة في درجة حرارة منخفضة. استخدمت الدراسة تصميمًا عشوائيًا كاملاً (RAL) عاملًا يتضمن عاملين، هما مدة التعرض للأشعة فوق البنفسجية C- (0، 5، 10، 15 دقيقة) ومدة التخزين في درجة حرارة منخفضة (0، 4، 8، و12 يومًا). تم تحليل البيانات باستخدام تحليل التباين (ANOVA) عند مستوى دلالة 5٪، وتلا ذلك اختبار دنكان للنطاقات المتعددة (DMRT). أظهرت نتائج الدراسة أن مدة التعرض للأشعة فوق البنفسجية من النوع (UV-C) C ، ومدة التخزين، والتفاعل بينهما، لها تأثير ملموس ($p < 0.05$) على قوام ثمرة الجامبو الأحمر ومستويات مضادات الأكسدة وفيتامين C وفيتامين A والحديد فيها. وقد أثبت التعرض للأشعة فوق البنفسجية من النوع (UV-C) C قدرته على الحفاظ على الجودة الفيزيائية والكيميائية للفاكهة أثناء التخزين في درجات حرارة منخفضة مقارنةً بالفاكهة التي لم تخضع لأي معالجة. أظهرت المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية من النوع C لمدة 10-15 دقيقة نتائج أفضل في الحفاظ على محتوى مضادات الأكسدة وفيتامين C وفيتامين A والحديد، فضلاً عن إبطاء تدهور قوام الثمرة أثناء التخزين. كلما طالت مدة التخزين، كلما انخفضت الجودة الفيزيائية والمحتوى الغذائي للفاكهة، لكن المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية من النوع UV-C يمكنها الحد من معدل هذا الانخفاض. وبالتالي، فإن التعرض للأشعة فوق البنفسجية من النوع UV-C يمكن أن يكون طريقة فعالة في الحفاظ على جودة ومحتوى الفاكهة الغذائية للجامبو الأحمر أثناء التخزين في درجات حرارة منخفضة

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Buah tropis berfungsi sebagai sumber utama vitamin, mineral, serta senyawa bioaktif yang memainkan peran krusial dalam memenuhi kebutuhan nutrisi dan mencegah penyakit degeneratif. Jambu biji merah (*Psidium guajava L.*) (Rocha et al., 2020). Jambu biji merah (*Psidium guajava L.*) adalah jenis buah tropis yang memiliki kandungan tinggi vitamin C, vitamin A (β -karoten), zat besi, serta senyawa antioksidan. Komposisi nutrisi tersebut memainkan peran krusial dalam memperkuat sistem kekebalan tubuh, mencegah terjadinya anemia, dan melawan radikal bebas. Meskipun demikian, jambu biji dikategorikan sebagai buah yang rentan terhadap kerusakan (perishable) akibat tingginya laju respirasi dan aktivitas metabolisme pascapanen (Lastriyanto et al., 2022).

Dari segi fisiologis, buah jambu biji merah yang telah dipanen terus menjalani proses respirasi, produksi etilen, serta aktivitas enzimatik yang mengakibatkan degradasi dinding sel, oksidasi vitamin C, dan penurunan kadar senyawa bioaktif seperti karotenoid serta polifenol selama masa penyimpanan. Pada suhu rendah, kecepatan reaksi biokimia ini memang berkurang, tetapi stres dingin dapat meningkatkan pembentukan spesies oksigen reaktif (ROS) yang mempercepat degradasi vitamin dan merusak struktur jaringan buah. Dalam hal ini, iradiasi sinar UV-C dengan dosis dan waktu tertentu berfungsi sebagai stres abiotik yang dikontrol (hormesis), yang mampu memicu sistem pertahanan intrinsik buah, meliputi peningkatan aktivitas enzim antioksidan serta biosintesis senyawa fenolik, flavonoid,

flavonoid, dan asam askorbat (Hadi, 2023).

Dalam Al-Qur'an Surah Al-An'am (6) ayat 99, Allah SWT menjelaskan bahwa manusia diperintahkan untuk memperhatikan dan memahami proses pertumbuhan serta perubahan buah-buahan. Penelitian tentang pengaruh paparan UV-C terhadap buah jambu biji merah merupakan salah satu bentuk penerapan perintah Allah tersebut, yaitu untuk mengamati, meneliti, dan memanfaatkan ciptaan-Nya dengan bijak :

أَنْظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ ۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ ﴿٩٩﴾

“Perhatikanlah buahnya di waktu berbuah dan masaknya.” (QS. Al-An'am (6) : 99.)

Berdasarkan pada kondisi di lingkungan tropis, sebagian besar buah seperti jambu biji, menunjukkan karakteristik fisiologis yang membuatnya sangat rentan terhadap kerusakan pascapanen. Menurut (N. Chen et al., 2024), jambu biji memiliki kulit yang tipis dan tingkat metabolisme yang tinggi, sehingga mudah mengalami kehilangan kadar air, kerusakan mekanis, serta infeksi oleh mikroorganisme yang menyebabkan penurunan kualitas, pelunakan tekstur, dan pembusukan. Proses respirasi dan produksi etilen yang intensif setelah panen mempercepat proses pematangan dan mengurangi masa simpan jambu biji, yang pada kondisi suhu ruangan biasanya hanya bertahan sekitar satu minggu. Selain itu, buah ini juga peka terhadap cedera dingin ketika disimpan di bawah 6 °C, yang ditandai oleh gejala seperti keriput, pencoklatan, pelunakan, serta penurunan kadar vitamin dan senyawa fenolik. Selama periode penyimpanan, terjadi penurunan signifikan dalam kadar gula, fenol, protein terlarut, flavonoid, dan asam askorbat, yang semuanya penting untuk aktivitas antioksidan buah (Ali et al., 2021). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun jambu biji kaya akan nutrisi dan senyawa bioaktif,

ketahanannya sangat terbatas karena degradasi fisiologis dan biokimia pascapanen yang cepat (N. Chen et al., 2024). Oleh karena itu, pengembangan teknologi penanganan pascapanen menjadi esensial untuk mengontrol kehilangan kualitas guna mempertahankan nilai nutrisi dan tekstur buah selama proses penyimpanan serta distribusi.

Berbagai teknologi penanganan pascapanen telah diterapkan untuk menjaga kualitas fisik dan nutrisi buah-buahan segar selama periode penyimpanan, khususnya dalam mengatasi penurunan tekstur, vitamin, antioksidan, serta mineral seperti zat besi. Salah satu pendekatan yang intensif diteliti adalah iradiasi dengan sinar UV-C (ultraviolet-C) pada buah setelah panen, sebagai intervensi non-kimia yang relatif aman dan efektif. Sebagai ilustrasi, pada buah pepino, aplikasi UV-C dengan dosis $1,5 \text{ kJ/m}^2$ dikombinasikan dengan penyimpanan pada suhu 10°C selama 28 hari terbukti mampu menjaga kekerasan buah, mengurangi tingkat respirasi dan produksi etilen, serta mempertahankan kadar vitamin C, senyawa fenolik, dan aktivitas enzim antioksidan jika dibandingkan dengan kelompok kontrol tanpa perlakuan. Selain itu, artikel ulasan menyatakan bahwa radiasi UV-C telah muncul sebagai alternatif yang potensial untuk memperpanjang masa simpan dan menjaga kesegaran berbagai jenis buah dan sayuran pascapanen, dengan mekanisme kerja meliputi pengurangan laju respirasi/etilen, stimulasi senyawa pertahanan, serta pengurangan kerusakan fisiologis. Pendekatan lain yang diterapkan mencakup integrasi penyimpanan pada suhu rendah dengan perlakuan UV-C untuk mengoptimalkan efek preservasi misalnya, aplikasi UV-C yang diikuti dengan penyimpanan dingin pada buah mangga menunjukkan pengurangan respirasi dan produksi etilen yang lebih efektif dibandingkan kontrol.

Walaupun sejumlah teknologi penanganan pascapanen, termasuk pendinginan, pengemasan atmosfer terkontrol, dan aplikasi bahan kimia, telah digunakan untuk memperpanjang masa simpan buah, setiap metode tersebut menunjukkan batasan yang substansial. Meskipun penyimpanan pada suhu dingin mampu mengurangi tingkat respirasi dan metabolisme, metode ini berpotensi menyebabkan cedera dingin pada buah tropis seperti jambu biji, yang ditunjukkan oleh pelunakan tekstur, pencoklatan, serta penurunan senyawa bioaktif seperti asam askorbat dan fenolik (N. Chen et al., 2024). Di sisi lain, aplikasi bahan kimia seperti kalsium atau agen antimikroba sintetik dapat menghambat kerusakan dan menjaga kekerasan buah, namun sering kali menimbulkan keprihatinan mengenai residu, keamanan konsumsi, serta perkembangan resistensi pada mikroorganisme (Khanna, 2023). Lebih lanjut, teknik pengemasan atmosfer terkontrol (MAP) telah terbukti efisien dalam mempertahankan kadar kelembapan dan mengurangi hilangnya massa, tetapi penggunaan dalam jangka waktu panjang dapat memicu akumulasi etanol dan asetaldehid yang memengaruhi rasa dan aroma buah (Giannakourou & Taoukis, 2021).

Sebagai pilihan yang lebih bersahabat dengan lingkungan dan efektif, penerapan radiasi ultraviolet-C (UV-C) muncul sebagai teknik fisik non-termal yang menjanjikan untuk memperpanjang masa simpan buah tanpa meninggalkan residu kimia. Aplikasi UV-C beroperasi melalui dua mekanisme pokok: (1) penghilangan aktivitas mikroorganisme di permukaan buah dengan merusak DNA dan membran sel, serta (2) pemicu respons fisiologis pada jaringan buah yang mendorong produksi senyawa pertahanan seperti fenolik, flavonoid, dan asam askorbat (Sheng et al., 2018). Lebih lanjut, integrasi iradiasi UV-C dengan

penyimpanan pada suhu dingin telah terbukti menghasilkan efek sinergis dalam mengurangi pelunakan tekstur dan menjaga kadar antioksidan, sebagaimana yang diamati pada buah pepino dan stroberi yang menunjukkan peningkatan ketahanan vitamin C dan aktivitas enzim antioksidan selama periode penyimpanan (Rakariyatham et al., 2025).

Beberapa studi sebelumnya telah menyelidiki penerapan teknologi sinar ultraviolet-C (UV-C) pada berbagai produk hortikultura, dengan hasil yang berbeda-beda berdasarkan jenis buah, intensitas cahaya, dan durasi paparan. Lama et al. (2013) dalam risetnya tentang stroberi (*Fragaria x ananassa Duchesne*) menunjukkan bahwa durasi penyinaran UV-C selama 0–15 menit belum memberikan dampak signifikan terhadap masa simpan, total padatan terlarut, atau kadar vitamin C buah. Namun, kombinasi dengan pengemasan vakum dapat mengurangi kehilangan bobot dan memperpanjang masa simpan hingga 12 hari dibandingkan tanpa pengemasan (Yadav et al., 2022). Penelitian Nomura & Surgery (2012) pada buah sawo (*Manilkara zapota L.*) juga melaporkan bahwa variasi durasi penyinaran UV-C (0–15 menit) tidak menghasilkan efek bermakna terhadap kecepatan pematangan dan nilai organoleptik, sedangkan penyimpanan pada suhu rendah (16–18 °C) lebih efektif dalam menunda pematangan hingga 6 hari dibandingkan suhu ruangan. Sebaliknya, studi lain oleh Fadhilah et al. (2020) pada cabai rawit hijau (*Capsicum frutescens L.*) menemukan bahwa paparan UV-C memengaruhi penurunan kadar klorofil dan tingkat respirasi, serta membantu menjaga warna hijau dan kesegaran selama penyimpanan, khususnya pada durasi paparan 10–15 menit. Temuan-temuan ini menunjukkan bahwa efek UV-C sangat dipengaruhi oleh karakteristik fisiologis masing-masing buah, serta adanya potensi

sinergi antara paparan UV-C dan penyimpanan pada suhu rendah untuk memperlambat penurunan kualitas buah. Oleh karena itu, penelitian lanjutan pada jambu biji merah (*Psidium guajava L.*) diperlukan untuk menentukan durasi paparan UV-C yang paling optimal dalam menjaga tekstur, kadar antioksidan, vitamin C, vitamin A, dan zat besi selama penyimpanan pada suhu rendah.

Berdasarkan temuan dari penelitian sebelumnya, terbukti bahwa dampak perlakuan sinar ultraviolet-C (UV-C) pada kualitas buah sangat dipengaruhi oleh jenis komoditas, sifat fisiologis, serta interaksi dengan kondisi penyimpanan yang diterapkan. Beberapa kajian domestik, seperti yang dilakukan pada buah stroberi (Lama et al., 2013), cabai rawit hijau (Fadhilah et al., 2020), dan sawo (Nomura & Surgery, 2012), menunjukkan bahwa paparan UV-C dengan durasi singkat hingga sedang (5–15 menit) belum menghasilkan efek yang seragam terhadap indikator kualitas seperti tekstur, kandungan vitamin C, dan penerimaan sensorik. Di sisi lain, penelitian internasional memberikan hasil yang lebih menguntungkan. Sebagai contoh, Darré et al. (2022) melaporkan bahwa aplikasi UV-C dengan dosis rendah dapat meningkatkan total aktivitas antioksidan serta menjaga kandungan vitamin C dan karotenoid pada buah apel serta pepino selama penyimpanan dalam kondisi dingin (Frontiers in Nutrition). Demikian pula, Rakariyatham et al. (2025) menemukan bahwa UV-C sebesar 1,5 kJ/m² pada pepino yang disimpan pada suhu 10 °C secara bermakna mengurangi pelunakan jaringan dan penurunan kadar asam askorbat.

Berdasarkan penjelasan tersebut, terlihat jelas perlunya kajian yang lebih fokus untuk mengoptimalkan penerapan teknologi sinar ultraviolet-C (UV-C) pada buah tropis, terutama jambu biji merah (*Psidium guajava L.*), yang dikenal kaya

akan vitamin C, karotenoid, dan senyawa fenolik namun rentan mengalami penurunan kualitas selama penyimpanan. Tujuan pokok penelitian ini adalah mengidentifikasi dampak durasi paparan UV-C terhadap perubahan tekstur, total kadar antioksidan, vitamin C, vitamin A (karotenoid), serta kandungan zat besi pada buah jambu biji merah yang disimpan dalam kondisi suhu rendah. Dengan pendekatan ini, diantisipasi dapat ditemukan lama paparan UV-C yang paling ideal guna menjaga nilai gizi dan sifat fisik buah tanpa memicu efek buruk seperti oksidasi vitamin C atau penurunan kualitas sensorik.

Kombinasi UV-C dan penyimpanan dingin terbukti mampu mempertahankan kekerasan dan aktivitas antioksidan buah, sebagaimana ditunjukkan pada pepino. Rakariyatham et al. (2025) serta memperlambat degradasi senyawa bioaktif tanpa residu kimia. Selain itu, Darré et al. (2022) Oleh karena itu, pendekatan ini berpotensi menjadi teknologi pascapanen yang aman dan berkelanjutan untuk menjaga mutu jambu biji merah selama distribusi dingin.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan pada latar belakang, rumusan masalah penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh waktu paparan UV-C terhadap umur simpan buah jambu biji merah yang disimpan pada suhu 8° C?
2. Bagaimana pengaruh lama paparan UV-C terhadap perubahan tekstur, kadar antioksidan, vitamin C, vitamin A, dan zat besi pada jambu biji merah selama penyimpanan pada suhu rendah?

3. Berapa lama paparan UV-C yang paling efektif dalam mempertahankan kualitas fisik dan kandungan nutrisi buah jambu biji merah selama penyimpanan pada suhu rendah?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang telah disusun, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh waktu paparan UV-C terhadap umur simpan buah jambu merah biji pada Suhu 8° C.
2. Untuk memberikan data ilmiah tentang pengaruh lama paparan UV-C terhadap umur simpan serta tekstur, kandungan antioksidan, vitamin C, vitamin A, dan zat besi, pada jambu biji merah.
3. Untuk memperpanjang umur simpan dan menjaga kualitas gizi jambu biji merah pada suhu rendah.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

1. Kajian ini dibatasi pada buah jambu biji merah (*Psidium guajava L.*) varietas lokal yang memiliki tingkat kematangan yang seragam.
2. Perlakuan yang dievaluasi adalah durasi paparan sinar UV-C (0, 5, 10, 15 dan 20 menit), dengan intensitas dan jarak sinar yang tetap konstan.
3. Buah-buahan disimpan pada suhu rendah sekitar 8°C, dan suhu lainnya tidak dipertimbangkan dalam penelitian ini.
4. Parameter yang dipantau mencakup tekstur, total kadar antioksidan, vitamin C, vitamin A (karotenoid), dan zat besi (Fe).

5. Observasi dilakukan selama periode penyimpanan 0, 4, 8, 12 hari dengan interval waktu yang telah ditetapkan.
6. Penelitian ini tidak melibatkan aspek mikrobiologi, organoleptik, warna, atau aroma.
7. Analisis tekstur diamati secara visual.
8. Analisis kandungan kadar antioksidan, vitamin c, dan vitamin a dilakukan dengan menggunakan alat Spektrofotometer UV-Vis.
9. Analisis kandungan kadar zat besi dilakukan dengan menggunakan alat Spektrofotometer serapan atom.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan mampu menyediakan data ilmiah tentang dampak durasi paparan UV-C pada tekstur, antioksidan, vitamin C, vitamin A, dan zat besi jambu biji merah saat disimpan dingin, yang berkontribusi pada pengembangan pengetahuan dalam fisiologi pascapanen dan teknologi makanan.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi Petani: Menyediakan panduan praktis terkait implementasi teknologi UV-C sebagai pendekatan pascapanen yang efektif untuk memperpanjang masa penyimpanan jambu biji merah tanpa melibatkan bahan kimia.
- b. Bagi Peneliti dan Akademisi: Menjadi fondasi ilmiah untuk memperluas penelitian selanjutnya terkait dampak radiasi UV-C pada transformasi biokimia dan fisiologis buah tropis, serta sebagai acuan untuk pendidikan,

riset terapan, dan inovasi teknologi pascapanen berkelanjutan yang mendukung ketahanan pangan.

- c. Bagi Pemerintah atau Lembaga Pertanian: Menjadi panduan bagi pemerintah dan lembaga riset untuk merancang kebijakan peningkatan mutu pertanian melalui teknologi penyimpanan non-kimia lestari, serta mendorong adopsi UV-C di agroindustri guna memperkuat rantai pasok buah nasional yang kompetitif di pasar domestik dan ekspor.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sinar Ultraviolet – C

2.1.1 Pengertian Sinar Ultraviolet – C

Sinar Ultraviolet (UV) merupakan komponen dari spektrum elektromagnetik yang berasal dari matahari, dengan panjang gelombang yang lebih singkat dibandingkan cahaya tampak, yakni berkisar antara 100 hingga 400 nm. Berdasarkan rentang gelombang tersebut, sinar UV diklasifikasikan ke dalam beberapa kelompok, termasuk UV-A, UV-B, dan UV-C yang memiliki panjang gelombang terpendek (Ramos et al., 2024). Pemahaman ini selaras dengan petunjuk Al-Qur'an yang menggambarkan cahaya sebagai sumber kehidupan dan kekuatan fisik, sebagaimana tercantum dalam Surah An-Nur ayat 35 yang menyatakan bahwa cahaya memberikan penerangan dan kekuatan. Sinar UV-C umumnya didefinisikan dalam kisaran 200–280 nm atau kurang dari 290 nanometer, yang sebagian besar tidak mampu menjangkau permukaan bumi akibat penyerapan oleh lapisan ozon serta oksigen (Nafiah et al., n.d.).

Penerapan radiasi UV-C terhadap produk pertanian menunjukkan bahwa paparan yang terkontrol mampu memicu respons fisiologis pada tanaman, peningkatan produksi senyawa metabolit sekunder bersifat antioksidan melalui proses stres terkontrol yang dikenal sebagai mekanisme hormesis. Konsep keseimbangan dan takaran (*mīzān*) yang diajarkan dalam Al-Qur'an menyatakan

bahwa seluruh makhluk diciptakan dengan proporsi tertentu, sebagaimana tercantum dalam Surah Ar-Rahman ayat 7–9 yang menekankan pentingnya keseimbangan dalam penciptaan. Prinsip ini memiliki relevansi langsung dengan penggunaan UV-C yang memerlukan penentuan dosis optimal (A. Syafi'., n.d. 2020).

Sifat utama sinar UV-C terdiri dari kemampuannya merusak struktur asam nukleat, seperti DNA dan RNA, pada mikroorganisme, sehingga berperan sebagai agen germisidal yang efektif untuk menonaktifkan bakteri, jamur, dan virus. Penerapan sinar ini umum dilakukan di bidang medis, pertanian, dan industri pangan, karena diklasifikasikan sebagai teknologi non-termal yang efisien untuk sterilisasi tanpa memengaruhi suhu, kelembaban, warna, atau rasa produk. (Widodo et al., 2024). Radiasi Gelombang elektromagnetik dikelompokkan menjadi 3 jenis yaitu radiasi ultraviolet (UV), cahaya tampak dan inframerah (IR). Spektrum sinar UV adalah elektromagnetik yang terlentang pada rentang panjang gelombang 100-400 nm, sehingga dibagi menjadi UV-A (320-400 nm), sinar UV-B (280-320 nm), dan UV-C (100-280 nm) (EPA, 1999). Sehingga dapat dikelompokkan sebagai berikut (Ma'at, 2009):

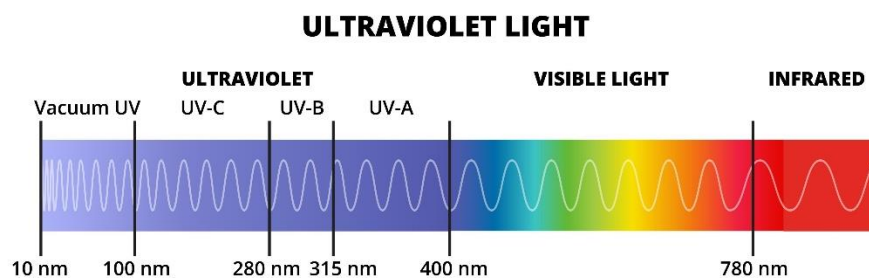
Tabel 2.1 Pembagian Sinar Ultraviolet berdasarkan panjang gelombang.

Nama	Panjang Gelombang	Energi per photon
Ultraviolet A (UV-A), long wave, atau black light	400-315 nm	3.10-3.94 eV
Near (NUV)	400-300 nm	3.10-4.13 eV
Ultraviolet B (UV-B), medium wave	315-280 nm	3.94-4.43 eV
Middle (MUV)	300-200 nm	4.13-6.20 eV
Ultraviolet C (UV-C), short wave, atau germicidal	280-100 nm	4.43-12.4 eV
Far (FUV)	200-122 nm	6.20-10.2 eV
Vacuum (VUV)	200-10 nm	6.20-124 eV

Extreme (EUV)	121-10 nm	10.2-124 eV
---------------	-----------	-------------

Tabel 2.1 menunjukkan klasifikasi sinar ultraviolet (UV) berdasarkan panjang gelombang dan energi fotonnya. Spektrum UV dibagi dari UV-A hingga Extreme UV, di mana perbedaan panjang gelombang berbanding terbalik dengan energi radiasi: semakin pendek gelombangnya, semakin besar energi per foton yang dihasilkan. UV-A (400–315 nm) merupakan kelompok dengan energi paling rendah sehingga dampak biologisnya terbatas pada lapisan epidermis, sedangkan UV-B (315–280 nm) memiliki energi lebih tinggi dan dapat menimbulkan kerusakan DNA tingkat ringan (Diffey, 2023). Dalam aplikasi disinfeksi dan perlakuan pascapanen, kelompok yang paling penting adalah Ultraviolet-C (UV-C), dengan panjang gelombang 100–280 nm dan energi foton tertinggi di antara seluruh kategori UV (Buonanno et al., 2020). Energi UV-C yang besar sekitar 4.43–12.4 eV mampu menonaktifkan mikroorganisme dengan merusak biomolekul, terutama DNA dan RNA. Kerusakan khas yang ditimbulkan berupa pembentukan dimer pirimidin, khususnya dimer timin, yang menghambat replikasi dan transkripsi mikroba (Bolton et al., 2003). Efektivitas germisidal ini menjadikan UV-C banyak digunakan sebagai metode disinfeksi non-termal di industri pangan untuk menurunkan beban mikroba dan memperpanjang masa simpan buah (Alferez, 2008). Selain itu, paparan UV-C juga dapat memicu respons fisiologis positif seperti peningkatan aktivitas antioksidan dan perlambatan penuaan melalui pembentukan ROS dalam kadar moderat, sehingga dapat membantu mempertahankan mutu pascapanen buah selama penyimpanan (Zhao et al., 2021).

Tingkat efektivitas radiasi UV termasuk UV C ditentukan oleh besarnya dosis (dose) radiasi yang diterapkan. Dosis tersebut diperoleh dari hasil perkalian antara intensitas sinar UV yang dihasilkan oleh sumber radiasi (misalnya lampu UV) dengan durasi penyinaran. Penentuan dosis yang tepat menjadi faktor kunci untuk memastikan jumlah bakteri patogen dapat dikurangi hingga mencapai tingkat yang diharapkan (Bakteri, n.d., 2014).



Gambar 2. 1 Ultraviolet Light

Walaupun UV-C sebenarnya turut dipancarkan oleh Matahari sebagai bagian dari spektrum radiasi ultraviolet, hampir seluruh radiasi UV-C terserap oleh atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi. Kondisi ini menyebabkan UV-C tidak memberikan paparan signifikan dari sumber alami bagi makhluk hidup di permukaan bumi pada situasi normal. Efektivitas penyerapan tersebut terjadi karena UV-C memiliki panjang gelombang yang sangat pendek dan energi foton yang tinggi (Lytle & Sagripanti, 2005).

2.1.2 Intensitas Sinar Ultraviolet

Intensitas sinar ultraviolet (UV) merujuk pada besarnya energi radiasi UV yang mencapai suatu permukaan per satuan luas, yang umumnya dinyatakan dalam watt per meter persegi ($\frac{W}{m^2}$) atau milliwatt per sentimeter persegi ($\frac{mW}{cm^2}$) (Model et al., 2025). Radiasi UV merupakan bagian dari spektrum elektromagnetik dengan panjang gelombang lebih pendek daripada cahaya

tampak dan terbagi menjadi tiga kategori, yaitu UVA (320–400 nm), UVB (290–320 nm), serta UVC (100–290 nm). Besaran intensitas ini memiliki peran yang sangat penting karena menentukan sejauh mana radiasi UV dapat memberikan efek, baik yang bersifat menguntungkan maupun merugikan, terhadap organisme maupun berbagai jenis material (Zhafira et al., 2024).

Radiasi ultraviolet-C (UV-C) memiliki panjang gelombang yang pendek, berkisar antara 200 hingga 280 nm, serta energi foton yang tinggi, sehingga mampu menyebabkan kerusakan pada biomolekul seperti DNA dan RNA (Buonanno et al., 2020).

Energi setiap foton UV-C dapat dihitung dengan menggunakan persamaan kuantum (Bolton et al., 2003):

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (2.1)$$

Dimana:

E = Energi (J)

h = Konstanta Planck (J.s)

c = Kecepatan Cahaya (m/s)

λ = Panjang Gelombang (nm)

yang mengindikasikan bahwa foton dengan panjang gelombang yang lebih kecil memiliki energi yang lebih besar (Bolton et al., 2003). Pada panjang gelombang 254 nm, energi foton UV-C cukup kuat untuk memicu pembentukan dimer timin pada DNA, yang menghambat proses replikasi dan transkripsi pada mikroorganisme (Darré et al., 2022).

Energi foton yang mengenai suatu membran jaringan dapat memengaruhi aktivitas metabolik seluler pada jaringan tersebut. Energi foton dapat memicu berbagai jenis reaksi, seperti reaksi fotokimia, koagulasi, vaporasi, fototermal,

fotoablasi, dan fotodisrupsi. Jenis reaksi yang terjadi bergantung pada besar intensitas radiasi serta lamanya interaksi antara foton dan jaringan. Hal ini dijelaskan oleh (Bulnois, 1989):

- a. Intensitas 10^{-3} - 10^0 dengan waktu 10^0 - 10^3 terjadi efek fotokimia.
- b. Intensitas 10^0 - 10^3 dengan waktu 10^{-3} - 10^0 terjadi koagulasi dan vaporasi.
- c. Intensitas 10^3 - 10^8 dengan waktu 10^{-9} - 10^{-4} terjadi efek termal dan fotoablasi.
- d. Intensitas 10^9 - 10^{13} dengan waktu 10^{-13} - 10^{-19} terjadi efek fotodistribusi.

Efektivitas inaktivasi mikroba oleh UV-C sangat ditentukan oleh besarnya dosis radiasi yang diterima oleh suatu permukaan, yang diukur melalui persamaan (Ramos et al., 2024). Energi radiasi paling besar diserap oleh basa pirimidin, yakni timin dan sitosin, yang merupakan komponen esensial dalam molekul DNA. Besaran iradiasi ini harus dinyatakan sebagai dosis UV (D) atau fluence yang diterima oleh material yang dipaparkan, yaitu (Gardner & Shama, 2000):

$$D = I \times t \quad (2.2)$$

Dimana:

$$D = \text{Dosis} \left(\frac{J}{m^2} \right)$$

$$I = \text{Intensitas} \left(\frac{W}{m^2} \right)$$

$$t = \text{Waktu (s)}$$

yang merupakan parameter kunci dalam menentukan kekuatan dampak biologis UV-C (Ramos et al., 2024). Secara keseluruhan, keterkaitan antara energi foton, panjang gelombang, intensitas, dan lamanya paparan menjadikan

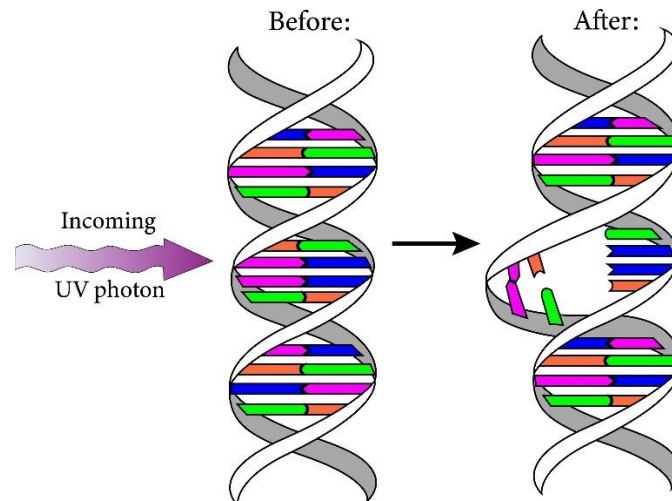
UV-C sebagai metode fisik non-termal yang efektif untuk mempertahankan kualitas buah selama penyimpanan (Darré et al., 2022).

Pirimidin, yaitu sitosin dan timin, merupakan molekul yang paling efektif menyerap energi radiasi karena memiliki puncak absorpsi pada panjang gelombang 260–265 nm. Rentang ini hampir bertepatan dengan panjang gelombang operasi lampu UV-C merkuri bertekanan rendah (253,7 nm) yang dikenal sangat efisien sebagai sumber radiasi germisida. Penyerapan energi pada panjang gelombang tersebut menyebabkan terjadinya gangguan pada proses replikasi dan transkripsi, yang merupakan mekanisme esensial bagi kelangsungan hidup serta kemampuan mikroorganisme untuk bereproduksi (Nelson et al., 2018).

2.1.3 Mekanisme Interaksi Sinar UV C

Radiasi ultraviolet-C (UV-C), yang memiliki panjang gelombang sekitar 200–280 nm, dicirikan oleh energi foton yang sangat tinggi, sehingga memfasilitasi interaksi langsung dengan asam nukleat mikroorganisme, seperti DNA dan RNA. Dalam rentang gelombang tersebut, molekul pirimidin seperti timina pada DNA dan urasil pada RNA menyerap radiasi UV-C dengan efisiensi tinggi, lalu mengalami reaksi fotokimia yang menghasilkan dimer pirimidin (cyclobutane pyrimidine dimers, CPD) serta produk fotoproduk lainnya, termasuk 6–4 photoproducts (Sadraeian et al., 2022).

Pembentukan dimer tersebut mengakibatkan distorsi struktural pada heliks nukleat, sehingga menghalangi proses replikasi dan transkripsi, dikarenakan enzim polimerase kesulitan melewati lesi tersebut dengan lancar (Peccia et al., 2010).



Gambar 2. 2 Pembentukan Dimer Timin

Gambar 2.2 menunjukkan bahwa foton UV-C diserap oleh dua basa timin yang berdekatan pada satu untai DNA. Penyerapan energi ini menyebabkan terjadinya pemutusan ikatan rangkap pada pirimidin dan memungkinkan terbentuknya empat ikatan kovalen antara karbon C₅ dan C₆ kedua timin, sehingga menghasilkan *thymine cyclobutane dimer* (T-T dimer). Pembentukan ikatan kovalen tersebut menimbulkan distorsi pada struktur heliks DNA, sehingga menghambat pergerakan DNA polimerase atau RNA polimerase saat replikasi maupun transkripsi. Kondisi ini mengurangi akurasi penyalinan materi genetik dan menjadi dasar efek germisidal UV-C (Harfoot et al., 2022). Tingkat inaktivasi mikroorganisme meningkat seiring bertambahnya dosis UV-C, karena dosis lebih tinggi memicu pembentukan dimer pirimidin dalam jumlah lebih besar (Metode et al., 2018).

Efektivitas UV-C dalam menonaktifkan mikroorganisme umumnya dijelaskan melalui model kinetika orde pertama, yang menyatakan bahwa laju inaktivasi sebanding dengan jumlah mikroorganisme yang masih bertahan. Pendekatan yang paling sering diterapkan adalah Hukum Chick-Watson, yang

menggambarkan bahwa penurunan populasi mikroba mengikuti pola eksponensial seiring bertambahnya dosis paparan (Ma & Hull, 2025):

$$\ln\left(\frac{N_t}{N_0}\right) = -k \cdot D \text{ atau } \frac{N_t}{N_0} = e^{-k \cdot D} \quad (2.3)$$

Dimana:

N_0 = Jumlah Awal Mikroorganisme

N_t = Jumlah Mikroorganisme setelah Dosis D (mJ/cm^2)

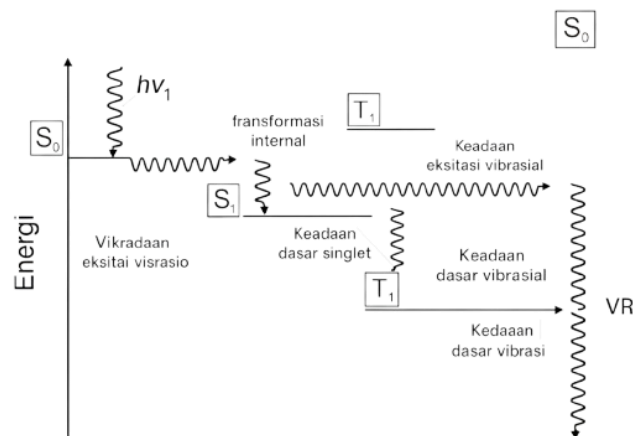
k = Konstanta Inaktivasi Spesifik Mikroorganisme (cm^2/mJ)

Meskipun model Chick-Watson sering diterapkan, beberapa penelitian mengungkapkan bahwa kurva inaktivasi mikroorganisme oleh UV-C dapat menampilkan fenomena shoulder pada tahap awal paparan atau tailing pada dosis tinggi. Fenomena tersebut dapat terpengaruh oleh perlindungan fisik dari medium, struktur seluler, kedalaman penetrasi UV, serta distribusi energi yang tidak homogen. Model kinetika alternatif, seperti Weibull atau model multi-target, dikembangkan untuk merepresentasikan perilaku non-linier ini dengan lebih tepat (Hijnen et al., 2006).

Dosis UV-C (fluence, mJ/cm^2) merupakan parameter kuantitatif yang sangat menentukan besarnya kerusakan DNA, karena jumlah energi yang diterima berkorelasi secara linier dengan pembentukan *cyclobutane pyrimidine dimers* (CPD), terlepas dari variasi panjang gelombang antara 255–280 nm (Whitworth et al., 2024). Agar penggunaan model Chick–Watson menghasilkan estimasi yang tepat, perhitungan dosis perlu memperhitungkan karakteristik spektral dari sumber UV-C yang digunakan. Selain kerusakan langsung pada DNA, paparan UV-C juga dapat memicu terbentuknya *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang berpotensi mengoksidasi struktur seluler penting. Meskipun demikian, tingkat inaktivasi akhir dipengaruhi oleh kemampuan

mikroorganisme dalam melakukan perbaikan kerusakan DNA, baik melalui proses fotoreaktivasi yang dipicu cahaya maupun melalui mekanisme *dark repair*, sehingga kondisi setelah perlakuan menjadi faktor yang sangat menentukan (Sinha & Häder, 2002).

Fotoinaktivasi merupakan mekanisme yang dapat mengganggu metabolisme sel melalui proses peroksidasi pada membran sitoplasma, yang dipicu oleh pembentukan oksigen reaktif terhadap komponen lipid maupun protein. Kondisi ini dapat menyebabkan terjadinya lisis sel atau menurunnya fungsi sistem transport membran serta aktivitas enzimatik pada sel Bakteri (Diah A, 2022). Dalam mekanisme fotoinaktivasi bakteri, terdapat tiga tahapan utama, yaitu proses fotofisika, fotokimia, dan fotobiologi. Pada tahap fotofisika, molekul menyerap energi sehingga mengalami eksitasi dari keadaan dasar elektronik singlet (S_0) menuju keadaan eksitasi elektronik. Molekul yang berada pada tingkat energi lebih tinggi tersebut cenderung kembali ke keadaan dasar melalui reaksi kimia atau melepaskan energi dalam bentuk panas ke lingkungan, yang berlangsung melalui mekanisme transisi internal atau relaksasi vibrasional (Astuti et al., 2011).



Gambar 2.3 Mekanisme Fotofisika

Elektron yang tereksitasi dalam keadaan singlet S_n mampu mengalami perubahan spin, sehingga molekul tersebut berada pada keadaan eksitasi triplet T_n . Proses ini dikenal sebagai intersystem crossing (IC). Pada kondisi di mana tingkat vibrasional singlet terendah tercampur dengan salah satu tingkat vibrasional yang lebih tinggi, kemungkinan terjadinya intersystem crossing (IC) cenderung meningkat (Astuti et al., 2011).

2.2 Buah Jambu Biji Merah

Jambu biji (*Psidium guajava* L.) merupakan spesies yang tergolong dalam famili Myrtaceae. Buahnya memiliki bentuk seperti beri dengan kulit yang relatif tipis, serta daging buah yang bervariasi warna dari putih hingga merah (khususnya pada varietas jambu biji merah), di mana biji-biji kecil tersebar secara merata di dalam daging tersebut. Secara morfologis, pohon ini ditandai oleh batang yang keras dan berkayu, daun-daun sederhana yang tersusun secara berhadapan, serta bunga-bunga kecil yang dilengkapi dengan sejumlah besar benang sari (Arévalo-Marín et al., 2021). Keragaman genetik serta klasifikasi taksonomi dalam kompleks *Psidium* mengungkapkan adanya variasi morfologis yang signifikan di antara berbagai kultivar, yang pada gilirannya mempengaruhi parameter seperti dimensi

buah, nuansa warna daging, dan komposisi kimiawi buah secara keseluruhan, sehingga menekankan pentingnya pemahaman mendalam tentang biodiversitas spesies ini untuk tujuan pertanian dan pemanfaatan (Kumar et al., 2023).

Berbagai bagian tanaman, termasuk buah, daun, dan organ lainnya, mengandung beragam metabolit sekunder yang berfungsi sebagai senyawa bioaktif. Secara khusus, buah jambu biji merah memiliki kadar vitamin C yang sangat tinggi, bahkan sering melampaui kandungan vitamin C pada buah jeruk. Selain itu, buah ini juga kaya akan likopen dan beta-karoten yang berperan sebagai antioksidan kuat (Yousaf et al., 2021). Keberadaan metabolit sekunder tersebut memberikan peluang yang luas bagi pemanfaatan jambu biji dalam sektor pangan, farmasi, maupun kosmetik. Tidak hanya buahnya, daun *Psidium guajava* juga diketahui mengandung tanin, flavonoid termasuk kuersetin serta minyak esensial yang memiliki nilai penting, sehingga menjadikannya bahan potensial untuk pengembangan obat tradisional maupun modern (Joshi et al., 2023).



Gambar 2.4 Buah Jambu Biji Merah (*Psidium guajava* L.).

Secara Sistematika, jambu biji merah dapat dikategorikan ke dalam:

Kingdom : *Plantae*

Subkingdom : *Tracheobionta*

Super Divisi : *Spermatophyta*

Divisi : *Magnoliophyta*

Kelas : *Magnoliopsida*

Subkelas : *Rosidae*

Ordo : *Myrtales*

Famili : *Myrtaceae*

Genus : *Psidium*

Spesies : *Psidium guajava L*

2.1.1 Morfologi Buah Jambu Biji Merah

Jambu biji (*Psidium guajava L.*) menampilkan morfologi buah yang khas sebagai berry sejati yang berkembang dari ovarium inferior. Morfologi serta pertumbuhannya dipengaruhi oleh faktor genetik dan kondisi lingkungan. Buah jambu biji (*Psidium guajava L.*) menonjol sebagai karakter morfologi utama yang membedakannya dari spesies lain dalam genus *Psidium*. Dari segi botani, Morfologi eksternal buah menunjukkan variasi tinggi bergantung pada kultivar, tetapi umumnya berbentuk bulat (globose), oval, atau piriform (Napitupulu & Herawati, 2021). Ukuran buah juga beragam, dengan diameter mulai dari 3 cm hingga lebih dari 10 cm, serta berat rata-rata berkisar 80 hingga 300 gram per buah. Permukaan kulit buah biasanya halus dan masih menyisakan bagian kelopak yang melekat di bagian pangkal (Prabowo et al., 2024).

Ciri khas jambu biji merah adalah daging buah (mesocarp) berwarna merah muda hingga merah tua akibat akumulasi karotenoid, terutama likopen, yang berkontribusi pada antioksidan dan nilai nutrisi. Morfologi buah bervariasi

antar kultivar, termasuk ketebalan kulit, tekstur daging (lunak hingga renyah), dan jumlah biji, mempengaruhi nilai komersial dan daya simpan. Buah ini memiliki bagian tengah berongga dengan biji kecil, keras, dan kuning kecoklatan dalam pulp lembut, serta rasa manis dengan sedikit asam (Jaciow & Wolniak, 2024). Indikator kematangan utama adalah perubahan kulit dari hijau muda kehijauan kekuningan disertai tekstur yang lebih lunak, yang sangat mempengaruhi kualitas pascapanen.

2.1.2 Kandungan Gizi dan Komponen Bioaktif Jambu Biji Merah

Jambu biji merah (*Psidium guajava L.*) dikenal sebagai buah tropis dengan profil nutrisi unggul, khususnya karena kadar vitamin C (asam askorbat) yang sangat tinggi. Kandungan vitamin C pada buah ini melampaui banyak buah sitrus, berperan sebagai antioksidan utama yang mendukung peningkatan sistem kekebalan tubuh, pembentukan kolagen, serta penyerapan zat besi. Selain itu, jambu biji merah menyediakan serat pangan yang substansial, baik jenis larut maupun tidak larut, yang penting untuk kesehatan saluran pencernaan dan pengaturan kadar glukosa darah. Buah ini juga mengandung air, karbohidrat, serta mineral penting seperti kalium (untuk mengontrol tekanan darah), magnesium, dan fosfor (Butt et al., 2025). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa vitamin C dalam jambu biji berkontribusi besar terhadap aktivitas antioksidan, memperkuat sistem imun, dan melindungi terhadap stres oksidatif (Hamsters et al., 2019).

Jambu biji merah dikenal sebagai sumber vitamin C (asam askorbat) dan karotenoid yang kaya (termasuk prekursor vitamin A serta likopen pada beberapa varian merah), di samping kandungan fenolik dan flavonoid yang

berperan sebagai antioksidan (Rahmawati et al., 2023). Buah ini juga mengandung serat pangan serta mineral seperti kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), serta jejak besi (Fe) dan seng (Zn). Kandungan spesifik (dalam mg/100 g) bervariasi tergantung varietas dan kondisi lingkungan pertumbuhan, namun beberapa penelitian melaporkan kadar vitamin C yang tinggi jika dibandingkan dengan buah sitrus serta keberadaan senyawa fenolik yang memberikan aktivitas antioksidan yang signifikan (Sam Arul Raj et al., 2023).

Selain vitamin C, jambu biji merah menonjol karena pigmen karotenoidnya, khususnya likopen, yang memberikan warna merah pada daging buah. Likopen, sebagai karotenoid lipofilik dengan aktivitas antioksidan tinggi, telah diteliti luas atas potensinya dalam melindungi terhadap stres oksidatif dan inflamasi; ekstrak jambu biji merah kaya likopen menunjukkan aktivitas biologis menjanjikan dalam penelitian praklinis. Kandungan karotenoid dan komposisi pigmen dapat berbeda antar kultivar serta tingkat kematangan buah (Choi & Shin, 2025). Likopen berfungsi sebagai antioksidan kuat yang bertanggung jawab atas warna tersebut dan terbukti memiliki potensi antikanker, anti-inflamasi, serta mengurangi risiko penyakit kardiovaskular. Di samping likopen, buah ini juga mengandung senyawa fenolik dan flavonoid (seperti quercetin), yang secara keseluruhan memberikan kapasitas antioksidan total yang tinggi. Aktivitas antioksidan ini krusial untuk menetralkan radikal bebas, sehingga melindungi sel tubuh dari kerusakan oksidatif (Hamsters et al., 2019).

2.3 Penyimpanan Suhu Rendah (Refrigerasi)

2.3.1 Prinsip Dasar Penyimpanan Suhu Rendah

Penyimpanan suhu rendah merupakan teknik penting dalam menjaga mutu komoditas pangan karena mampu menurunkan aktivitas fisiologis, biokimia, dan mikrobiologis. Penyimpanan pada suhu rendah efektif menekan laju metabolisme yang meminimalkan hilangnya kandungan air, penurunan mutu, serta kerusakan fisiologis selama penyimpanan. Pendinginan menghambat laju respirasi dan transpirasi, sehingga memperlambat pelayuan, kerusakan struktur jaringan, dan pembentukan tunas, sambil menjaga keutuhan sel serta menekan laju kerusakan akibat aktivitas enzim dan degradasi komponen kimia (Perhimpunan et al., n.d., 2016). Sebagai pendekatan utama dalam pengelolaan pascapanen, penyimpanan dingin mengurangi kinetika reaksi biokimia, energi kinetik molekul, dan aktivitas mikroorganisme perusak karena lingkungan yang kurang ideal (Rendah & Suhu, 2021).

Efek pendinginan tidak hanya berdampak pada respirasi, melainkan juga secara substansial menekan aktivitas enzim hidrolitik serta enzim perusak lainnya, sekaligus menghambat perkembangan mikroorganisme yang menyebabkan pembusukan (Gogo et al., 2018). Pada buah jambu biji, enzim seperti poligalakturonase dan pektin metil esterase, yang berperan dalam degradasi pektin dinding sel sehingga mengakibatkan pelunakan, menunjukkan aktivitas optimal pada suhu yang lebih tinggi. Pendinginan secara efektif memperlambat kinetika reaksi enzim-enzim tersebut, sehingga integritas tekstur dan tingkat kekerasan buah dapat dijaga dalam jangka waktu yang lebih Panjang (Nomura & Surgery, 2012). Selain itu, kondisi suhu rendah secara intrinsik

memperlambat laju reproduksi jamur dan bakteri pembusuk pascapanen, memberikan jeda waktu yang penting sebelum infeksi patogen berkembang menjadi masalah serius (Samad, n.d., 2016).

Selain pengendalian suhu yang absolut, efektivitas penyimpanan dingin juga sangat ditentukan oleh pengaturan kelembapan relatif (Relative Humidity/RH) dalam ruang penyimpanan. Walaupun suhu rendah memperlambat laju reaksi, RH yang terlalu rendah akan memperbesar transpirasi atau penguapan air dari permukaan buah (Bai, 2023). Transpirasi yang berlebihan mengakibatkan susut bobot yang substansial, yang tidak hanya menurunkan nilai komersial buah melainkan juga menimbulkan pengerutan serta perubahan tekstur yang tidak diharapkan (Nomura & Surgery, 2012). Oleh karena itu, penyimpanan suhu rendah yang optimal untuk komoditas buah seperti jambu biji memerlukan kondisi RH tinggi, idealnya berkisar antara 90% hingga 98%, guna meminimalkan gradien tekanan uap air antara buah dan lingkungan sekitar. Keseimbangan antara suhu rendah dan RH tinggi ini krusial untuk mempertahankan turgor serta kualitas visual buah selama masa penyimpanan yang panjang (Dasar et al., n.d., 2020).

2.3.2 Pengaruh Suhu Rendah terhadap Mutu Pascapanen

Penyimpanan pada suhu dingin tidak hanya berfungsi menghambat metabolisme biologis, tetapi juga menjaga kualitas organoleptik buah, termasuk buah klimakterik seperti jambu biji (Rendah & Suhu, 2021). Suhu rendah membantu mempertahankan rasa buah dengan menekan degradasi gula melalui respirasi, sehingga kandungan sukrosa, glukosa, dan fruktosa tetap stabil lebih lama (Silaban et al., n.d.). Selain itu, pendinginan memperlambat pemanfaatan

asam organik seperti asam sitrat dan asam malat, sehingga tingkat keasaman (ATT) tetap terjaga. Keseimbangan gula dan asam—yang tercermin dalam rasio Sugar/Acid—tetap stabil selama penyimpanan suhu rendah, sehingga rasa segar buah tetap terjaga dan tidak berubah menjadi hambar seperti pada penyimpanan suhu ruang (Dewi et al., 2025).

Secara fisiologis, peran suhu rendah dalam menjaga kekerasan buah berkaitan dengan kestabilan air sel dan keutuhan dinding sel. Pendinginan tidak hanya menekan aktivitas enzim pelunak seperti poligalakturonase (PG), tetapi juga membantu mempertahankan tekanan turgor melalui pengendalian transpirasi dan tekanan osmotik yang lebih stabil (Mutu et al., 2016). Tingginya tekanan turgor membuat dinding sel tetap tegang sehingga tekstur buah terasa kokoh. Pada suhu yang lebih tinggi, laju transpirasi meningkat dan protopektin lebih cepat terurai menjadi pektin larut, menyebabkan kehilangan air dan keruntuhan jaringan yang berujung pada pelunakan. Sebaliknya, penyimpanan pada suhu rendah memperlambat kedua proses tersebut (Nurani, 2020).

Secara spesifik, pada jambu biji merah, pemeliharaan kadar vitamin C sangat tergantung pada pengendalian suhu. Vitamin C (asam askorbat) merupakan antioksidan yang sangat tidak stabil dan rentan terhadap degradasi enzimatik, yang dikatalisis oleh enzim askorbat oksidase, serta degradasi non-enzimatik yang dipercepat oleh panas dan ion logam (Safaryani et al., 2007). Dengan menurunkan suhu penyimpanan, aktivitas askorbat oksidase dapat dihambat, sehingga laju konversi asam askorbat menjadi asam dehidroaskorbat—bentuk yang kurang aktif—juga berkurang (Metode et al., 2018). Kombinasi penghambatan ini memungkinkan kandungan antioksidan

total dan vitamin C pada buah jambu biji dipertahankan lebih lama dibandingkan penyimpanan pada suhu ruang, yang menjadi prinsip dasar penyimpanan buah tropis pada suhu rendah (Nomura & Surgery, 2012).

2.4 Pengaruh Waktu Paparan UV-C terhadap Lama Simpan Buah

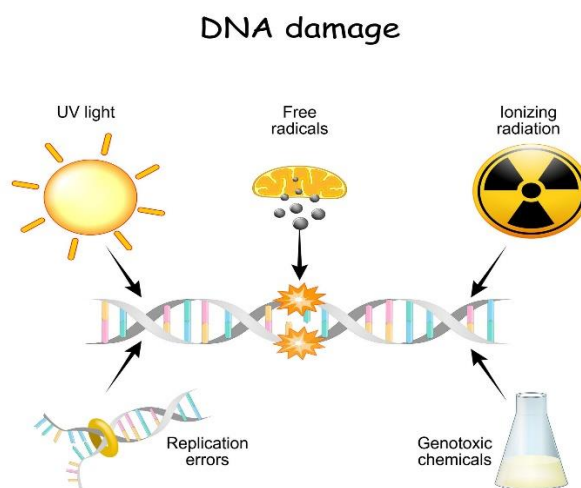
Waktu paparan memengaruhi total dosis UV-C (fluence, biasanya dalam $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$) yang diterima buah. Berbagai penelitian eksperimental menunjukkan bahwa paparan singkat dengan dosis hormetik yang cukup memicu respons pertahanan tanpa merusak jaringan dapat mengurangi kehilangan massa fisiologis, menunda pelunakan, dan menekan pembusukan selama penyimpanan dingin dibandingkan kontrol tanpa perlakuan. Namun, peningkatan durasi atau energi paparan di luar batas optimal dapat mempercepat oksidasi, meningkatkan peroksidasi lipid, serta menurunkan nutrisi sensitif. Oleh karena itu, pemilihan durasi paparan yang optimal merupakan parameter krusial dalam protokol pascapanen (Ram et al., 2024).

Secara molekular, dampak durasi paparan UV-C pada masa simpan berkaitan dengan regulasi enzim pemecah dinding sel serta jalur biosintesis fenolik. Penelitian, termasuk analisis transkriptomik dan metabolomik, menunjukkan bahwa paparan UV-C optimal mengaktifkan gen dan metabolit dalam jalur fenilpropanoid serta biosintesis flavonoid, sehingga menghasilkan akumulasi senyawa antimikroba dan antioksidan yang meningkatkan resistensi terhadap patogen serta memperlambat degradasi tekstur. Hal ini menjelaskan korelasi langsung antara durasi paparan yang optimal dengan perpanjangan masa simpan (M. Chen et al., 2022).

Dampak durasi paparan UV-C pada masa simpan buah bergantung pada dua mekanisme pokok: penghambatan pertumbuhan mikroorganisme dan induksi respons stres pada jaringan buah (Loconsole, 2021).

1. Penghambatan Pertumbuhan Mikroorganisme

Mekanisme utama UV-C melibatkan sterilisasi permukaan. Durasi paparan yang memadai menghasilkan dosis (fluence) radiasi yang cukup untuk menghambat atau membunuh mikroorganisme, seperti bakteri dan jamur yang menyebabkan pembusukan pascapanen. Dengan menurunnya populasi mikroorganisme tersebut, kecepatan pembusukan berkurang, sehingga secara langsung memperpanjang masa simpan buah.



Gambar 2.5 DNA Damage

2. Induksi Respons Stres dan Peningkatan Ketahanan Buah

Paparan UV-C dengan dosis non-lethal (rendah sampai sedang) berperan sebagai agen stres abiotik yang memicu respons pertahanan alami pada buah, yang disebut sebagai hormesis. Dosis UV-C yang akurat akan mengaktifkan jalur sinyal yang meningkatkan produksi senyawa pelindung, meliputi antioksidan (seperti senyawa fenolik, flavonoid, dan β -karoten)

serta enzim yang terkait dengan ketahanan (seperti fenilalanin amonia liase/PAL).

Peningkatan kadar antioksidan dan enzim-enzim ini membantu melindungi buah dari stres oksidatif selama penyimpanan, bahkan pada suhu rendah. Dalam penelitian jambu biji merah, paparan UV-C yang optimal diharapkan dapat menjaga kadar antioksidan, vitamin C, dan vitamin A yang tinggi, serta memperlambat degradasi tekstur buah selama penyimpanan dingin. Durasi paparan yang dipilih harus cukup untuk menginduksi respons hormetik tanpa menimbulkan kerusakan jaringan yang nyata (fito-toksisitas) (Garzón-garcía et al., 2023).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini diklasifikasikan sebagai penelitian eksperimental, mengingat data yang akan dimanfaatkan merupakan data yang diperoleh secara langsung dari objek penelitian. Kajian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh variasi lama paparan sinar UV-C terhadap perubahan karakteristik fisik dan kimia pada buah jambu biji merah (*Psidium guajava L.*). Metode eksperimental dipilih karena memungkinkan pengendalian perlakuan terhadap sampel guna mengamati dampak spesifik dari variabel lama paparan UV-C. Rancangan penelitian menerapkan Rancangan Acak Lengkap (RAL), di mana sampel buah jambu biji dibagi menjadi kelompok perlakuan sesuai dengan waktu paparan UV-C yang berbeda-beda, serta ulangan yang konsisten untuk meminimalkan bias dan menjamin keakuratan data. Dengan pendekatan tersebut, analisis statistik antarperlakuan dapat dilaksanakan untuk menilai signifikansi efek lama paparan UV-C pada tekstur, kadar antioksidan, vitamin C, vitamin A, serta kandungan zat besi dalam buah selama penyimpanan pada suhu rendah.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini berjudul Pengaruh Lama Paparan UV-C terhadap Tekstur, Kadar Antioksidan, Vitamin C, Vitamin A, dan Zat Besi pada Buah Jambu Biji Merah (*Psidium guajava L.*) yang Disimpan pada Suhu Rendah. Penelitian ini dilakukan pada bulan April 2026 - Mei 2026 di Laboratorium Riset Biofisika dan Laboratorium

Instrumen Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat – Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan untuk melakukan pemaparan UV-C dalam penelitian ini, antara lain:

- | | |
|----------------------------|---------------------|
| 1. Lampu UV-C | 14. Autoklaf |
| 2. Timer Digital | 15. Pengaduk kaca |
| 3. Spektrofotometri UV-Vis | 16. Cawan petri |
| 4. UV Light meter | 17. Inkubator |
| 5. Timbangan Analitik | 18. Aluminium foil |
| 6. Tube reaksi | 19. Plastik wrap |
| 7. Beaker Glass | 20. Kertas saring |
| 8. Gelas Ukur | 21. Corong kaca |
| 9. Mikropipet | 22. Labu ukur |
| 10. Pisau + Talenan steril | 23. Mortal dan Alue |
| 11. Spatula | 24. Erlenmeyer |
| 12. Pipet Tetes | 25. Botol vial |
| 13. Lemari pendingin | 26. Temometer |

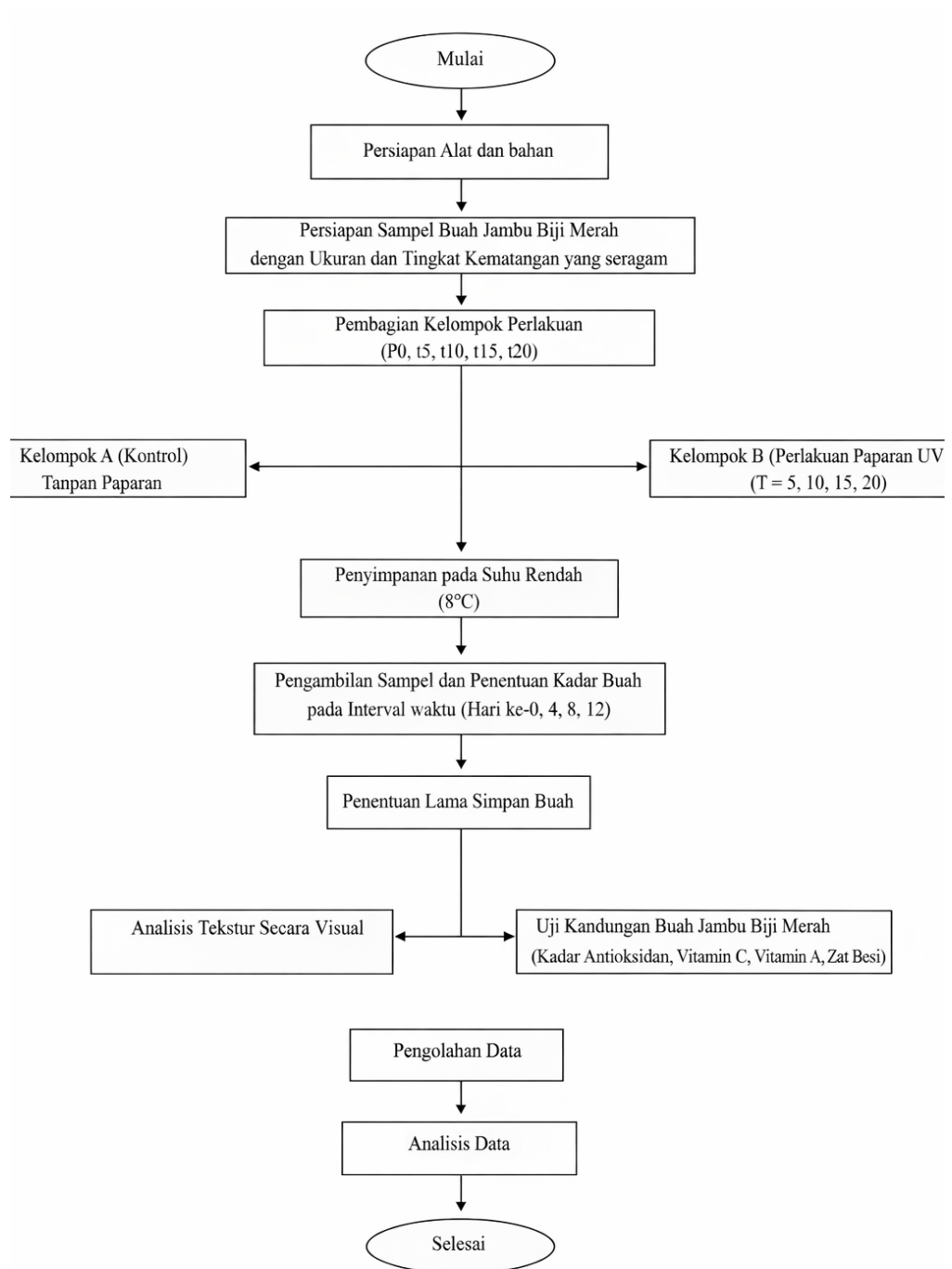
3.3.2 Bahan – Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan untuk penanaman buah jambu biji merah dalam penelitian ini, antara lain:

- | | |
|---|--------------------------------|
| 1. Buah jambu biji merah (<i>Psidium guajava</i> L.) | 8. KOH 50% (Kalium Hidroksida) |
|---|--------------------------------|

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 2. Aquadest | 9. Natrium Sulfat Anhidrat |
| 3. Reagen DPPH | 10. Reagen 1,10-Fenantrolin |
| 4. Metanol / Etanol PA | 11. Larutan FeSO_4 standar |
| 5. Reagen DCPIP 2,6 -
diklorofenol indofenol | 12. Asam nitrat (HNO_3) |
| 6. Buffer Asetat atau Asam
Oksalat 1% | 13. Standar β Karoten |
| 7. n-Heksana | 14. Asam Oksalat |

3.4 Diagram Alir Penelitian

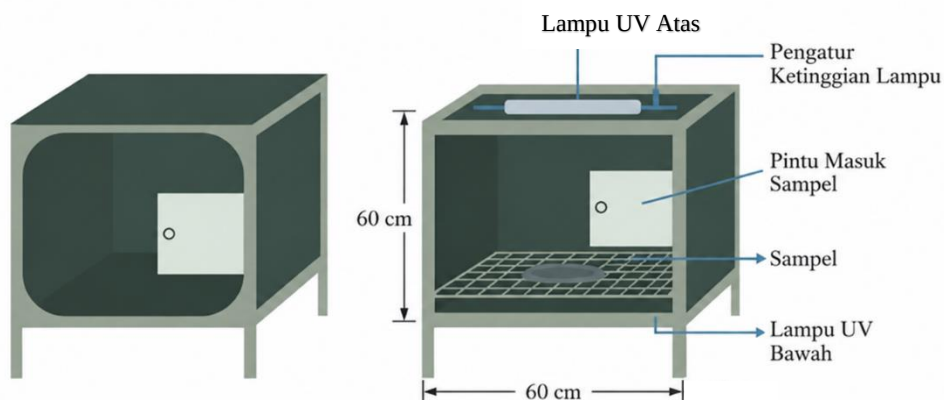


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Desain Penelitian

Desain rangkaian alat merupakan suatu perencanaan desain yang akan diterapkan selama tahap proses penelitian berlangsung. Proses paparan

menggunakan kotak atau bilik UV yang dirancang dengan spesifikasi dimensi panjang 60 cm, lebar 60 cm, dan tinggi 50 cm. Desain alat tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 3.2 Desain Rangkaian Alat Penelitian

3.6 Rancangan Penelitian

Penelitian ini disusun untuk mengidentifikasi dampak variasi lama paparan sinar UV-C terhadap tekstur, kadar antioksidan, vitamin C, vitamin A, serta zat besi pada buah jambu biji merah yang disimpan di suhu rendah. Buah jambu biji dengan ukuran dan tingkat kematangan yang seragam terpapar sinar UV-C pada panjang gelombang sekitar 265 nm menggunakan dua lampu masing-masing 20 W (total 40 W), dengan perlakuan waktu 0, 5, 10, 15 dan 20 menit sesuai intensitas dan prosedur yang tercantum dalam referensi, kemudian disimpan pada suhu 8°C. Pengukuran dilakukan pada hari ke-0, 4, 8, dan 12. Parameter tekstur dievaluasi secara visual, sedangkan kadar vitamin C dianalisis melalui metode spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang ± 265 nm dengan mengacu pada kurva standar asam askorbat. Kadar antioksidan ditentukan dengan metode DPPH pada λ 519 nm. Vitamin A diukur melalui ekstraksi karotenoid menggunakan HPLC, sementara kadar zat besi dianalisis dengan AAS. Data dari masing-masing parameter diolah

menggunakan ANOVA untuk menilai pengaruh perlakuan, diikuti uji lanjut Tukey pada tingkat signifikansi 5%, sehingga dapat ditentukan lama paparan UV-C yang paling optimal dalam menjaga kualitas dan kandungan nutrisi buah jambu biji merah selama penyimpanan pada suhu rendah.

3.7 Prosedur Penelitian

Langkah – Langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

3.7.1 Tahap Persiapan

1. Disiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk penelitian.
2. Dipilih buah yang homogen dalam ukuran, tingkat kematangan, serta bebas dari kerusakan fisik.
3. Dicuci buah jambu biji merah menggunakan air bersih, dan dibiarkan hingga kering.

3.7.2 Tahap Paparan UV-C

1. Disiapkan lampu UV-C dengan panjang gelombang 254 nm.
2. Diatur jarak lampu ke permukaan buah diset pada 22 cm sehingga intensitas radiasi terkontrol.
3. Dipaparkan setiap buah sesuai durasi perlakuan (0, 5, 10, 15 dan 20 menit).
4. Dipastikan hanya radiasi UV-C yang mengenai buah.

3.7.3 Tahap Penyimpanan

1. Disiapkan buah pada suhu 8°C dengan kelembapan relatif dikontrol (min. 85-90%).
2. Diambil sampel untuk analisis sesuai waktu pengamatan (0, 4, 8, dan 12 hari).

3. Dibiarkan sampel mencapai suhu ruang.

3.7.4 Tahap Analisis Tekstur

1. Disiapkan sampel buah jambu biji merah dari kelompok kontrol dan perlakuan sesuai waktu penyimpanan.
2. Diamati setiap sampel secara visual pada setiap waktu pengamatan dengan memperhatikan kondisi permukaan kulit.
3. Dilakukan pengamatan pada pencahayaan yang sama.
4. Diklasifikasikan tekstur buah ke dalam empat kategori:
 - Segar
 - Agak segar
 - Keriput
 - Berbintik coklat
5. Ditentukan setiap kategori buah sesuai kondisi visual yang paling dominan.

3.7.5 Tahap Uji Kandungan Buah Jambu Biji Merah

3.7.5.1 Kandungan Kadar Antioksidan

1. Persiapan Sampel Buah Jambu Biji Merah
 - a. Diambil daging buah jambu biji merah dari tiap perlakuan.
 - b. Dihaluskan dengan blender, kemudian ditimbang sebanyak 5,00 g daging buah, dan kemudian dimasukkan ke dalam beaker.
 - c. Ditambahkan 50 mL metanol *p.a* untuk ekstraksi, lalu dihomogenkan, kemudian dikocok selama 30 menit, dan kemudian disaring untuk mendapatkan filtrat.

- d. Diencerkan filtrat yang didapat. Kemudian disimpan ekstrak dalam gelap pada suhu dingin sampai analisis.

2. Periapan Larutan DPPH.

- a. Ditimbang larutan DPPH sebanyak 3,943 mg. Kemudian ditambahkan 25 mL methanol *p.a* untuk membuat larutan stok.
- b. Diencerkan larutan stok secara bertahap hingga diperoleh konsentrasi kerja. kemudian larutan disimpan dalam wadah tertutup dan terlindungi dari cahaya.

3. Persiapan Larutan Uji

- a. Dibuat larutan induk ekstrak dengan konsentrasi tinggi.
- b. Digunakan metanol sebagai pelarut utama.
- c. Diencerkan larutan stok secara bertahap untuk membuat beberapa larutan seri.

4. Pengukuran Absorbansi

Setelah larutan standar dan ekstrak telah didapatkan, pengukuran absorbansi dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm.

5. Pengolahan data untuk mengetahui kandungan kadar antioksidan.

3.7.5.2 Kandungan Vitamin C

1. Persiapan Sampel Buah Jambu Biji Merah

- a. Diambil daging buah jambu biji merah dari tiap perlakuan.
- b. Dihaluskan dengan blender, kemudian ditimbang sebanyak 5,00 g daging buah, dan kemudian dimasukkan ke dalam beaker.

- c. Ditambahkan 50 mL metaanol *p.a* untuk ekstraksi, lalu dihomogenkan, kemudian dikocok selama 30 menit, kemudian disaring untuk mendapatkan filtrat.
- d. Diencerkan filtrat yang didapat. Kemudian disimpan ekstrak dalam gelap pada suhu dingin sampai analisis.

2. Persiapan Larutan Standar

- a. Dibuat larutan standar dengan melarutkan 5 mg asam askorbat ke dalam 50 mL aquades.
- b. Diencerkan dalam aquades sebanyak 25 mL untuk menghasilkan larutan dengan konsentrasi 4 ppm, 8 ppm, 12 ppm, dan 16 ppm.

3. Ekstraksi Vitamin C

- a. Buah jambu biji merah yang telah dihaluskan dimasukkan ke dalam beaker glass, lalu dicampur dengan 50 ml larutan aquades.
- b. Diaduk sampai terlarut, kemudian disaring menggunakan kertas saring.

4. Persiapan Blanko

Larutan blanko yang digunakan yaitu larutan aquades.

5. Pengukuran Absorbansi

Setelah larutan standar dan ekstrak telah didapatkan, pengukuran absorbansi dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 265 nm.

6. Pengolahan data untuk mengetahui kandungan vitamin C.

3.7.5.3 Kandungan Vitamin A

1. Persiapan Sampel Buah Jambu Biji Merah

- a. Diambil daging buah jambu biji merah dari tiap perlakuan.
- b. Dihaluskan dengan blender, kemudian ditimbang sebanyak 5,00 g daging buah, dan kemudian dimasukkan ke dalam beaker.
- c. Ditambahkan 50 mL metanol *p.a* untuk ekstraksi, lalu dihomogenkan, kemudian dikocok selama 30 menit, kemudian disaring untuk mendapatkan filtrat.
- d. Diencerkan filtrat yang didapat. Kemudian disimpan ekstrak dalam gelap pada suhu dingin sampai analisis.

2. Ekstraksi Vitamin A

- a. Buah jambu biji merah yang telah dihaluskan ditimbang sebanyak 3 g dan dimasukkan ke dalam selongsong Soxhlet.
- b. Disiapkan labu alas bulat 250 mL dan diisi dengan 100 mL aseton.
- c. Dilakukan ekstraksi Soxhlet sampai pelarut yang turun kembali tampak jernih.
- d. Dikumpulkan filtrat hasil ekstraksi.

3. Persiapan Blanko

Larutan blanko yang digunakan yaitu larutan n-Heksana.

4. Pengukuran Absorbansi

Setelah larutan standar dan ekstrak telah didapatkan, pengukuran absorbansi dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 325 nm.

5. Pengolahan data untuk mengetahui kandungan vitamin A.

3.7.5.4 Kandungan Zat Besi

1. Persiapan Sampel Buah Jambu Biji Merah
 - a. Diambil daging buah jambu biji merah dari tiap perlakuan.
 - b. Dihaluskan dengan blender, kemudian ditimbang sebanyak 5,00 g daging buah, dan kemudian dimasukkan ke dalam beaker.
 - c. Ditambahkan 50 mL metaanol *p.a* untuk ekstraksi, lalu dihomogenkan, kemudian dikocok selama 30 menit, kemudian disaring untuk mendapatkan filtrat.
 - d. Diencerkan filtrat yang didapat. Kemudian disimpan ekstrak dalam gelap pada suhu dingin sampai analisis.
2. Persiapan Larutan Standar
 - a. Disiapkan larutan induks besi dengan konsentrasi 1000 ppm. Larutan ini disiapkan melalui pelarutan 0,0484 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dalam aquades.
 - b. Dipipet larutan induk besi 1000 ppm sebanyak 10 ml ke dalam labu ukur 100 ml.
 - c. Ditambahkan aquades ke dalam labu ukur hingga volume mencapai tanda batas, kemudian larutan dihomogenkan. Sehingga larutan ini menjadi larutan standar dengan konsentrasi 100 ppm.
 - d. Dibuat larutan standar kerja dengan cara larutan 100 ppm diencerkan ke dalam labu ukur 100 ml untuk menghasilkan konsentrasi 2 ppm, 4 ppm, 6 ppm, dan 8 ppm.

3. Ekstraksi Zat Besi

- a. Setelah proses pengeringan sampel di dalam oven selesai, sampel dibiarkan mendingin.
- b. Dilarutkan sampel dengan ditambahkan campuran HNO_3 dan aquades sebanyak 5 ml dengan perbandingan 1:1.
- c. Dimasukkan larutan ke dalam labu ukur 50 ml, kemudian ditambahkan aquades dan dihomogenkan.
- d. Disaring larutan dengan menggunakan kertas saring.

4. Persiapan Blanko

Larutan blanko yang digunakan yaitu aquades.

5. Pengukuran Absorbansi

Pengukuran absorbansi dilakukan menggunakan spektrofotometer serapan atom pada panjang gelombang 248,3 nm.

6. Pengolahan data untuk mengetahui kandungan zat besi.

3.8 Pengambilan Data

Data yang diperoleh, berupa waktu simpan buah, tekstur buah dan kabar buah setelah dipapari dengan sinar ultraviolet C (UV-V) yang disimpan pada suhu rendah kemudian diolah dan dicatat dalam table berikut:

Tabel 3.1 Penentuan Lama Penyimpanan Buah Jambu Biji Merah

Lama Pemaparan (Menit)	Lama Penyimpanan (Hari)				
	U1	U2	U3	U4	U5
0					
5					
10					
15					
20					

Tabel 3.2 Analisis Tekstur Buah Jambu Biji Merah

Lama Paparan (Menit)	Penyimpanan	Tekstur			
		Segar	Agak Segar	Keriput	Berbintik Coklat
0	Hari ke-0				
	Hari ke-4				
	Hari ke-8				
	Hari ke-12				
5	Hari ke-0				
	Hari ke-4				
	Hari ke-8				
	Hari ke-12				
10	Hari ke-0				
	Hari ke-4				
	Hari ke-8				
	Hari ke-12				
15	Hari ke-0				
	Hari ke-4				
	Hari ke-8				
	Hari ke-12				
20	Hari ke-0				
	Hari ke-4				
	Hari ke-8				
	Hari ke-12				

Tabel 3.3 Penentuan Kadar Antioksidan pada Buah Jambu Biji Merah

Lama Paparan (Menit)	Penyimpanan	Kadar Antioksidan Buah (ppm atau mg/ml)
0	Hari ke-0	
	Hari ke-4	
	Hari ke-8	
	Hari ke-12	
5	Hari ke-0	
	Hari ke-4	
	Hari ke-8	
	Hari ke-12	
10	Hari ke-0	
	Hari ke-4	
	Hari ke-8	
	Hari ke-12	
15	Hari ke-0	
	Hari ke-4	

20	Hari ke-8	
	Hari ke-12	
	Hari ke-0	
	Hari ke-4	
	Hari ke-8	
	Hari ke-12	

Tabel 3.4 Penentuan Kadar Vitamin C pada Buah Jambu Biji Merah

Lama Paparan (Menit)	Penyimpanan	Kadar Vitamin C Buah (ppm atau mg/ml)
0	Hari ke-0	
	Hari ke-4	
	Hari ke-8	
	Hari ke-12	
5	Hari ke-0	
	Hari ke-4	
	Hari ke-8	
	Hari ke-12	
10	Hari ke-0	
	Hari ke-4	
	Hari ke-8	
	Hari ke-12	
15	Hari ke-0	
	Hari ke-4	
	Hari ke-8	
	Hari ke-12	
20	Hari ke-0	
	Hari ke-4	
	Hari ke-8	
	Hari ke-12	

Tabel 3.5 Penentuan Kadar Vitamin A pada Buah Jambu Biji Merah

Lama Paparan (Menit)	Penyimpanan	Kadar Vitamin A Buah (ppm atau mg/ml)
0	Hari ke-0	
	Hari ke-4	
	Hari ke-8	
	Hari ke-12	
5	Hari ke-0	
	Hari ke-4	

	Hari ke-8	
	Hari ke-12	
10	Hari ke-0	
	Hari ke-4	
	Hari ke-8	
	Hari ke-12	
15	Hari ke-0	
	Hari ke-4	
	Hari ke-8	
	Hari ke-12	
20	Hari ke-0	
	Hari ke-4	
	Hari ke-8	
	Hari ke-12	

Tabel 3.6 Penentuan Kadar Zat Besi pada Buah Jambu Biji Merah

Lama Paparan (Menit)	Penyimpanan	Kadar Zat Besi Buah (ppm atau mg/ml)
0	Hari ke-0	
	Hari ke-4	
	Hari ke-8	
	Hari ke-12	
5	Hari ke-0	
	Hari ke-4	
	Hari ke-8	
	Hari ke-12	
10	Hari ke-0	
	Hari ke-4	
	Hari ke-8	
	Hari ke-12	
15	Hari ke-0	
	Hari ke-4	
	Hari ke-8	
	Hari ke-12	
20	Hari ke-0	
	Hari ke-4	
	Hari ke-8	
	Hari ke-12	

3.9 Analisis Data

Data pengukuran tekstur, kadar antioksidan, vitamin C, vitamin A, serta zat besi untuk setiap durasi paparan UV-C dianalisis melalui penghitungan nilai rata-rata dan simpangan baku, kemudian dievaluasi dengan uji normalitas Shapiro-Wilk serta uji homogenitas varians Levene untuk memverifikasi pemenuhan asumsi statistik. Apabila data menunjukkan distribusi normal dan homogen, analisis dilanjutkan menggunakan uji ANOVA satu arah (one-way ANOVA) untuk mengidentifikasi pengaruh durasi paparan UV-C terhadap masing-masing parameter, dengan ambang signifikansi p-value kurang dari 0,05. Seluruh hasil analisis penelitian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mengilustrasikan pola perubahan setiap parameter sejalan dengan durasi paparan UV-C dengan bantuan perangkat lunak SPSS dan Microsoft Excel, sehingga berfungsi sebagai dasar untuk menyimpulkan dampak perlakuan terhadap kualitas jambu biji merah selama penyimpanan pada suhu rendah.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian

Penelitian ini tentang pengaruh lama paparan sinar uv-c terhadap tekstur, kadar antioksidan, vitamin C, vitamin A, dan zat besi pada buah jambu biji merah yang disimpan pada suhu rendah 8°C. Sinar UV-C yang digunakan pada penelitian ini bersumber dari lampu UV-C bertekanan rendah (fluorescent) berdaya 15 Watt. Penelitian ini menggunakan buah jambu biji merah dengan tingkat kematangan yang seragam, yang ditandai dengan warna kulit kuning muda, tidak terlalu matang atau terlalu mentah, dan tekstur buah masih cukup keras. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan variasi lama paparan buah jambu biji merah yaitu 0 menit (kontrol), 5, 10, 15, dan 20 menit, untuk menentukan durasi optimal dalam mempertahankan kualitas buah. Buah pada perlakuan kontrol cenderung mengalami proses pematangan dan respirasi secara alami sehingga tekstur buah menjadi lebih lunak, kadar vitamin dan antioksidan mengalami penurunan, serta kualitas buah menurun lebih cepat dibandingkan buah yang memperoleh paparan UV-C. Setiap perlakuan diulang sebanyak lima kali, dengan jarak antara sinar UV dengan buah yaitu 22 cm. selanjutnya pengukuran parameter fisik dan kimia dilakukan pada hari ke-0, 4, 8, dan 12.

4.1.1 Pengaruh Lama Paparan UV-C terhadap Lama Simpan.

Pengamatan lama simpan buah jambu biji merah dilakukan secara visual berdasarkan perubahan fisik seperti tingkat kesegaran, pengerutan, bercak coklat,

dan tanda-tanda pembusukan. Perlakuan UV-C ini bertujuan menghambat aktivitas mikroorganisme permukaan serta memperlambat respirasi dan metabolisme buah untuk memperpanjang umur simpannya dalam suhu rendah. Data lama simpan buah diperoleh dari hasil pengamatan terhadap ketahanan kualitas fisik buah pada setiap perlakuan dan waktu penyimpanan. Kemudian digunakan untuk menghitung persentase daya simpan buah melalui Persamaan 4.1:

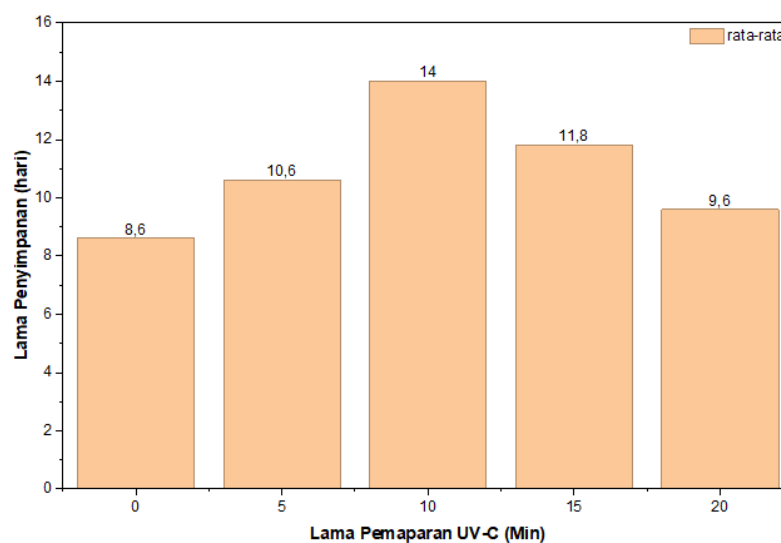
$$\text{Lama Simpan (\%)} = \frac{N_t}{N_0} \times 100 \% \quad (4.1)$$

Tabel 4.1 Pengaruh Lama Paparan UV-C terhadap Lama Simpan Buah jambu Biji Merah.

Lama Pemaparan (Menit)	Lama Penyimpanan					Rata-rata	Presentase
	U1	U2	U3	U4	U5		
0	8	9	9	8	9	8,6	0%
5	10	11	11	10	11	10,6	23,26%
10	12	12	12	12	12	12,0	39,53%
15	12	12	11	12	12	11,8	37,21%
20	10	9	10	10	9	9,6	11,63%

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa paparan UV-C memberikan pengaruh terhadap umur simpan buah jambu biji merah selama penyimpanan pada suhu rendah yaitu 8°C. Pada tabel tersebut terdiri dari 5 pengulangan yaitu U1, U2, U3, U4, U5. Pada sampel perlakuan kontrol tanpa paparan UV-C memiliki rata-rata umur simpan rendah, yakni 8,6 hari. Buah pada perlakuan kontrol mengalami kerusakan lebih cepat akibat laju respirasi tinggi, yang ditandai dengan pelunakan tekstur, keriput, serta bercak kecoklatan pada permukaan kulit, hal tersebut disebabkan oleh ketiadaan perlakuan UV-C. Pada perlakuan UV-C selama 5 menit (P1) mampu memperpanjang umur simpan buah menjadi 10,6 hari, sedangkan perlakuan paling optimal diperoleh pada paparan 10 menit

(P2) dengan rata-rata umur simpan 12 hari. Pada perlakuan ini, buah masih tampak segar, tekstur relatif keras, dan kerusakan fisik lebih lambat dibandingkan perlakuan lainnya. Pada perlakuan 15 menit (P3), lama simpan buah menurun menjadi 11,8 hari, sedangkan perlakuan 20 menit (P4) hanya mencapai 9,6 hari. Paparan UV-C yang berlebihan diduga menyebabkan stress oksidatif ekstrem, yang merusak membran sel dan mempercepat penurunan kualitas buah. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa perlakuan paling superior diperoleh pada paparan UV-C selama 10 menit, yang mempertahankan kualitas buah dan memperpanjang umur simpan hingga sekitar 14 hari. Hal ini dapat diringkas pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pengaruh Lama Paparan UV-C terhadap Lama Penyimpanan pada Buah Jambu Biji Merah.

Gambar 4.1 menunjukkan bentuk pola kurva terbalik (meningkat lalu menurun), di mana peningkatan lama paparan UV-C efektif memperpanjang rata-rata masa simpan produk hingga mencapai titik optimum pada durasi 10 menit dengan waktu penyimpanan terlama yaitu 12 hari. Sebaliknya, kelompok kontrol (0 menit) memiliki masa simpan pendek sebesar 8,6 hari, dan pemberian

paparan yang melebihi batas optimum (15 dan 20 menit) justru secara konsisten menurunkan kembali masa simpan produk masing-masing menjadi 11,8 hari dan 9,6 hari.

4.1.2 Pengaruh Paparan sinar UV-C terhadap Tekstur.

Penentuan tekstur buah jambu biji merah dilaksanakan untuk mengkaji pengaruh durasi paparan sinar UV-C terhadap perubahan karakteristik fisik buah selama periode penyimpanan pada suhu rendah 8°C. Observasi tekstur dilakukan pada hari ke-0, 4, 8, dan 12 pasca-perlakuan dengan menerapkan metode organoleptik berdasarkan parameter kekerasan, tingkat kerutan, serta kondisi permukaan buah.

Buah jambu biji merah yang telah mendapat perlakuan paparan UV-C dengan rentang waktu yang bervariasi, meliputi 0 menit (P0), 5 menit (P1), 10 menit (P2), 15 menit (P3), dan 20 menit (P4), selanjutnya disimpan dalam kondisi suhu rendah dan pemantauan perubahan tekstur dilaksanakan sepanjang masa penyimpanan. Hasil penelitian pengaruh lama paparan sinar UV-C terhadap tekstur buah jambu biji merah disajikan pada Tabel 4.2.

Rubrik Nilai:

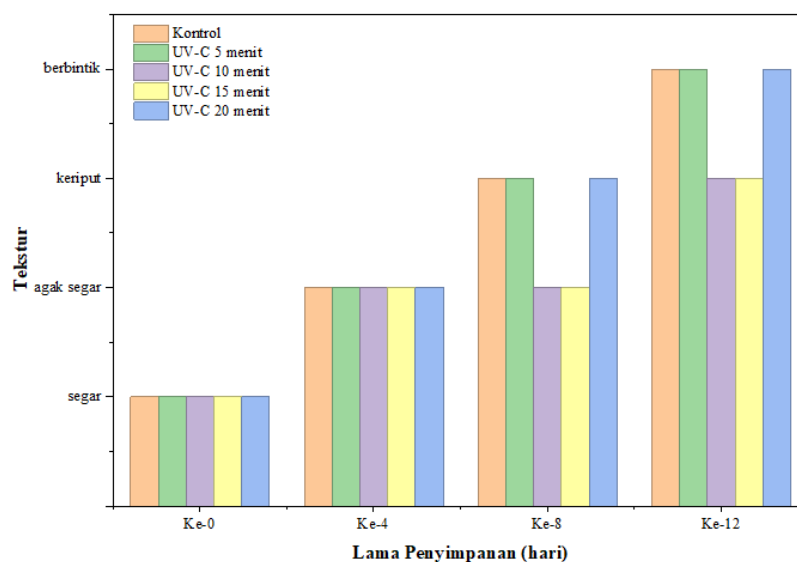
- | | |
|-----------------|-----------------------|
| • 4: Segar | • 2: Keriput |
| • 3: Agak Segar | • 1: Berbintik Coklat |

Tabel 4.2 Pengaruh Paparan Sinar UV-C terhadap Tekstur pada Buah Jambu Biji Merah.

Lama Paparan (Menit)	Penyimpanan	Tekstur			
		Segar	Agak Segar	Keriput	Berbintik Coklat
0	Hari ke-0	✓			
	Hari ke-4		✓		
	Hari ke-8			✓	
	Hari ke-12				✓
5	Hari ke-0	✓			
	Hari ke-4		✓		
	Hari ke-8			✓	
	Hari ke-12			✓	
10	Hari ke-0	✓			
	Hari ke-4		✓		
	Hari ke-8		✓		
	Hari ke-12			✓	
15	Hari ke-0	✓			
	Hari ke-4		✓		
	Hari ke-8		✓		
	Hari ke-12			✓	
20	Hari ke-0	✓			
	Hari ke-4		✓		
	Hari ke-8			✓	
	Hari ke-12				✓

Tabel 4.2 terlihat bahwa seluruh buah masih berada dalam kondisi segar pada hari ke-0. Namun selama penyimpanan terjadi penurunan tekstur pada seluruh perlakuan. Data tersebut juga menunjukkan bahwa paparan UV-C memberikan pengaruh terhadap dengan perlakuan kontrol (P0) mengalami penurunan tekstur paling cepat dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Pada hari ke-8 buah mulai mengalami keriput dan pada hari ke-12, tekstur buah disertai munculnya bercak kecoklatan pada permukaan kulit. Hal tersebut disebabkan oleh tingginya laju respirasi dan aktivitas enzim pelunak dinding sel serta respirasi buah selama penyimpanan. Pada perlakuan P2 (10 menit)

menunjukkan hasil terbaik karena tekstur buah tetap relatif segar hingga hari ke-12 penyimpanan. Hal ini menunjukkan bahwa paparan UV-C pada dosis optimal dapat menekan aktivitas enzim pelunak dinding sel, seperti poligalakturonase dan pektin metil esterase yang menyebabkan pelunakan buah. sebaliknya perlakuan P4 (20 menit) menunjukkan bahwa tekstur buah mengalami penurunan tekstur lebih cepat daripada P2 dan P3. Paparan UV-C yang berlebihan menyebabkan stress oksidatif ekstrem, yang merusak membran sel serta mempercepat pelunakan jaringan buah. Hal ini dapat diringkas pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengaruh Lama Paparan UV-C terhadap Tekstur pada Buah jambu Biji Merah.

Gambar 4.2 menunjukkan penurunan kualitas tekstur produk pada seluruh kelompok perlakuan seiring bertambahnya lama penyimpanan dari hari ke-0 hingga hari ke-12, yang bergerak dari kondisi "segar", "agak segar", "keriput", hingga "berbintik". Pada hari ke-0, seluruh sampel berada pada kondisi "segar", dan secara seragam berubah menjadi "agak segar" pada hari ke-4 tanpa dipengaruhi oleh durasi paparan UV-C. Perbedaan efektivitas mulai terlihat jelas

pada hari ke-8 dan ke-12, di mana perlakuan UV-C 10 menit (batang ungu) dan UV-C 15 menit (batang kuning) terbukti paling efektif dalam mempertahankan kualitas produk karena mampu menahan tekstur tetap pada kondisi "agak segar" di hari ke-8 dan hanya menurun hingga kondisi "keriput" di hari ke-12. Sebaliknya, kelompok kontrol (tanpa paparan), UV-C 5 menit, dan UV-C 20 menit menunjukkan penurunan kualitas yang lebih cepat, di mana teksturnya sudah menjadi "keriput" pada hari ke-8 dan semakin memburuk hingga mencapai kondisi terendah yaitu "berbintik" pada hari ke-12.

4.1.3 Pengaruh Paparan UV-C terhadap Kadar Antioksidan.

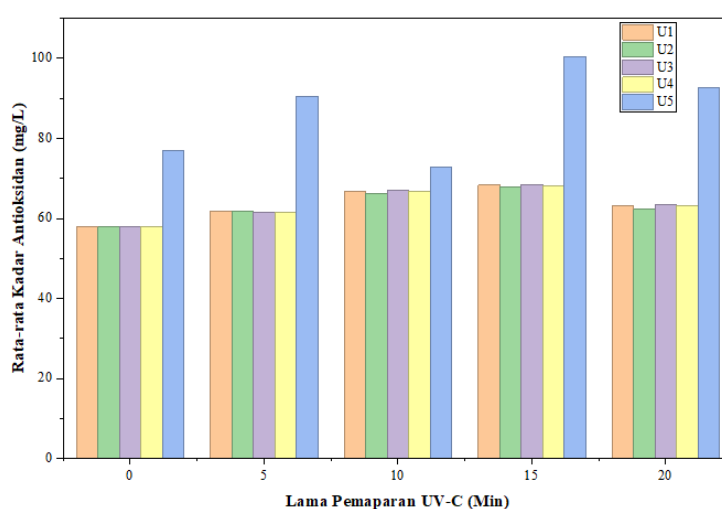
Kadar antioksidan merupakan ukuran kemampuan suatu bahan pangan dalam menangkal atau menghambat aktivitas radikal bebas yang dapat menyebabkan kerusakan sel. Antioksidan bekerja dengan cara mendonorkan elektron kepada radikal bebas sehingga reaksi oksidasi dapat dihentikan. Penentuan kadar antioksidan dilakukan dengan metode DPPH dan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 517 nm. Nilai absorbansi sampel dikonversi menjadi konsentrasi antioksidan berdasarkan persamaan kurva standar asam askorbat yaitu $y = 0,00914 x + 0,0002$ dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,999$. Persamaan tersebut menunjukkan hubungan linear yang sangat kuat antara konsentrasi standar dan absorbansi. Secara umum, pemberian radiasi fisik non-termal ini memicu respons internal jaringan buah yang sangat bergantung pada dosis, yang diperoleh melalui kombinasi durasi penyinaran dan intensitas lampu yang konstan. Hasil pengukuran tersebut selanjutnya disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengaruh Paparan UV-C terhadap Kadar Antioksidan pada Buah Jambu Biji Merah.

Lama Paparan (Menit)	Penyimpanan	Kadar Antioksidan buah (mg/L)					Rata-rata (mg/L)
		U1	U2	U3	U4	U5	
0	Hari ke-0	66,9	67,3	66,6	67,2	66,8	67,0
	Hari ke-4	62,1	62,5	61,9	62,2	62,0	62,1
	Hari ke-8	54,8	54,5	55,2	55,0	54,7	54,8
	Hari ke-12	47,2	46,8	47,6	47,1	47,5	47,2
5	Hari ke-0	68,1	67,8	68,4	68,0	68,2	68,1
	Hari ke-4	65,2	64,7	65,0	65,1	64,9	65,0
	Hari ke-8	60,4	60,8	60,2	60,5	60,3	60,4
	Hari ke-12	53,4	53,8	53,0	53,5	53,2	53,4
10	Hari ke-0	70,9	70,5	71,2	70,8	70,9	70,9
	Hari ke-4	69,1	68,7	68,9	69,0	68,8	68,9
	Hari ke-8	66,0	65,6	66,2	65,8	66,1	65,9
	Hari ke-12	60,8	60,4	61,1	60,7	60,9	60,8
15	Hari ke-0	72,4	72,1	72,6	72,3	72,5	72,4
	Hari ke-4	70,7	70,2	70,9	70,5	70,8	70,6
	Hari ke-8	67,6	67,2	67,8	67,5	67,7	67,5
	Hari ke-12	62,6	62,1	62,9	62,5	62,8	62,6
20	Hari ke-0	69,7	69,3	70,0	69,8	69,5	69,6
	Hari ke-4	66,5	66,2	66,8	66,6	66,3	66,5
	Hari ke-8	61,4	61,0	61,8	61,5	61,1	61,4
	Hari ke-12	55,3	54,9	55,6	55,2	55,4	55,3

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa pengaruh lama paparan radiasi UV-C (0, 5, 10, 15, dan 20 menit) terhadap suatu nilai konsentrasi parameter (dalam satuan mg/L) selama periode penyimpanan dari hari ke-0 hingga hari ke-12 dengan lima kali pengulangan beserta nilai rata-ratanya. Data tersebut menyajikan hasil pengukuran kadar antioksidan pada buah (dalam satuan mg/L) yang dipengaruhi oleh kombinasi dua faktor, yaitu lama paparan (0, 5, 10, 15, dan 20 menit) dan durasi penyimpanan (Hari ke-0 hingga Hari ke-12). Secara keseluruhan, terlihat tren yang konsisten di mana semakin lama waktu penyimpanan, maka kadar antioksidan buah akan mengalami penurunan di setiap kelompok lama paparan;

sebagai contoh, pada lama paparan 0 menit, rata-rata kadar antioksidan menyusut dari 67,0 mg/L di hari ke-0 menjadi 47,2 mg/L di hari ke-12. Di sisi lain, pemberian lama paparan waktu tertentu tampak memengaruhi nilai awal antioksidan buah, di mana nilai rata-rata tertinggi pada hari ke-0 dicapai pada lama paparan 15 menit sebesar 72,4 mg/L sebelum akhirnya juga mengalami penurunan seiring bertambahnya hari penyimpanan. Hal ini dapat diringkas pada gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Pengaruh Lama Paparan Sinar UV-C terhadap Kandungan Kadar Antioksidan pada Buah Jambu Biji Merah.

Gambar 4.3 menunjukkan diagram batang yang menyajikan nilai rata-rata kadar antioksidan (dalam satuan mg/L) berdasarkan variasi lama paparan UV-C (0, 5, 10, 15, dan 20 menit) untuk lima kelompok ulangan atau sampel yang berbeda (U1, U2, U3, U4, dan U5). Secara keseluruhan, terlihat tren bahwa nilai kadar antioksidan pada kelompok U1 hingga U4 cenderung sangat stabil, homogen, dan mengalami peningkatan bertahap seiring bertambahnya lama paparan dari 0 menit (berada di bawah kisaran 60 mg/L) hingga mencapai puncaknya pada paparan 15 menit (mendekati 70 mg/L), sebelum akhirnya sedikit menurun pada paparan 20 menit. Di sisi lain, kelompok U5 secara

konsisten menunjukkan anomali berupa nilai kadar antioksidan yang jauh lebih tinggi dibandingkan kelompok ulangan lainnya di setiap durasi paparan, dengan capaian tertinggi atau puncak absolut grafik berada pada lama paparan 15 menit yang menyentuh angka tepat 100 mg/L. Data kemudian dianalisis menggunakan uji ANOVA untuk mengetahui apakah paparan paparan UV-C secara signifikan mempengaruhi kadar antioksidan pada buah jambu biji merah. Hasil dari uji ANOVA dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Uji ANOVA Pengaruh Paparan UV-C terhadap Kadar Antioksidan Buah jambu Biji Merah.

	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rata-rata Kelompok	F-Hitung	Sig.
Antar Kelompok	92.694	4	23.174	378.654	.000
Dalam Kelompok	1.224	20	.061		
Total	93.918	24			

Hasil pengujian ANOVA menunjukkan bahwa variasi antar kelompok memiliki jumlah kuadrat sebesar 92,694 dengan derajat kebebasan (db) 4, sehingga diperoleh kuadrat tengah sebesar 23,174. Sementara itu, sumber keragaman dalam kelompok (galat) memiliki jumlah kuadrat sebesar 1,224 dengan derajat kebebasan 20 dan kuadrat tengah sebesar 0,061. Perbandingan antara kuadrat tengah antar kelompok dan dalam kelompok menghasilkan nilai F-hitung sebesar 378,654. Nilai signifikansi yang diperoleh adalah 0,000, yang menunjukkan nilai tersebut lebih kecil daripada taraf signifikansi 0,05. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa perlakuan yang diberikan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar antioksidan, sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok perlakuan yang diuji.

Setelah melihat hasil dari uji ANOVA, maka selanjutnya perlu dilakukan uji lanjut menggunakan uji DMRT untuk mengetahui perbedaan yang signifikan dari masing-masing data. Hasil uji DMRT dapat disimpulkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data Uji DMRT Pengaruh Paparan UV-C terhadap Kadar Antioksidan Buah Jambu Biji Merah.

Lama Paparan UV-C (menit)	Rata-rata Kadar Antioksidan (mg/L)	Notasi*
0	66.960	a
5	68.100	b
20	69.660	c
10	70.860	d
15	72.380	e

Catatan*: Notasi huruf (a, b, c, d, e) digunakan sebagai indikator perbedaan nilai berdasarkan uji DMRT.

Berdasarkan hasil uji lanjut DMRT, menunjukkan adanya hubungan antara lama paparan sinar UV-C (menit) dengan rata-rata kadar antioksidan (mg/L). Pada perlakuan tanpa paparan UV-C (0 menit), kadar antioksidan memiliki nilai terendah yaitu 66,960 mg/L dengan notasi a. Peningkatan kadar antioksidan mulai terlihat pada paparan selama 5 menit yang mencapai 68,100 mg/L (notasi b). Selanjutnya, kadar antioksidan mengalami perubahan pada berbagai durasi paparan, yaitu sebesar 70,860 mg/L pada paparan 10 menit (notasi d), meningkat hingga mencapai nilai tertinggi sebesar 72,380 mg/L pada paparan 15 menit (notasi e), kemudian menurun menjadi 69,660 mg/L pada paparan 20 menit (notasi c). Perbedaan huruf notasi pada masing-masing perlakuan menunjukkan bahwa setiap lama paparan sinar UV-C memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap kadar antioksidan buah yang dihasilkan.

4.1.4 Pengaruh Paparan UV-C terhadap Vitamin C.

Vitamin C merupakan vitamin yang larut dalam air dan berperan penting sebagai antioksidan alami dalam buah. Kandungan vitamin C pada buah sangat

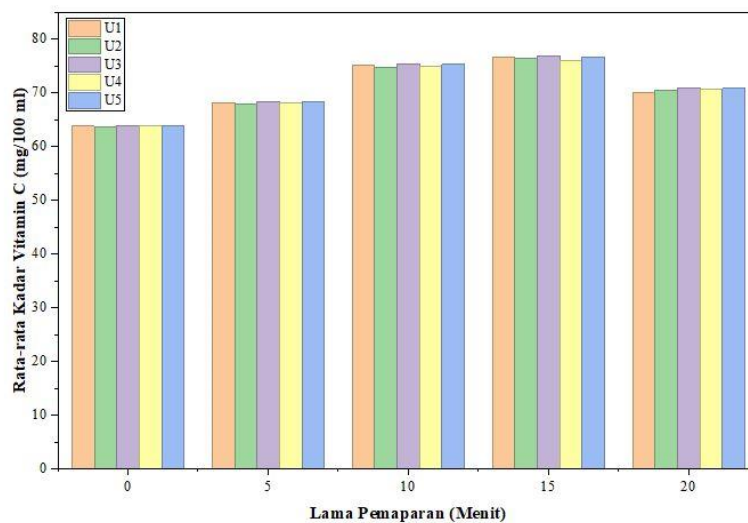
sensitif terhadap panas, cahaya, oksigen, dan lama penyimpanan sehingga dapat mengalami penurunan seiring berjalannya waktu. Oleh karena itu, kadar vitamin C sering digunakan sebagai indikator mutu dan kesegaran buah selama penyimpanan. Pengukuran kadar vitamin C dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 265 nm. Nilai absorbansi yang diperoleh dikonversi menjadi kadar vitamin C dengan persamaan kurva standar asam askorbat yaitu $y = 0,0109 x + 0,0005$ dengan nilai $R^2 = 0,999$. Persamaan regresi tersebut digunakan untuk menentukan konsentrasi vitamin C dalam sampel buah jambu biji merah setelah perlakuan UV-C dan penyimpanan suhu rendah. Data kadar vitamin C buah jambu biji merah kemudian disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Pengaruh Pengaruh UV-C terhadap Vitamin C pada Buah Jambu Biji Merah.

Lama Paparan (Menit)	Penyimpanan	Kadar Vitamin C Buah (mg/100 g)					Rata-rata
		U1	U2	U3	U4	U5	
0	Hari ke-0	77,2	77,6	76,9	77,4	77,1	77,2
	Hari ke-4	69,8	69,5	70,0	69,9	69,6	69,8
	Hari ke-8	59,9	59,6	60,0	60,0	59,7	59,8
	Hari ke-12	48,8	48,4	49,0	48,7	48,9	48,8
5	Hari ke-0	78,5	78,1	78,7	78,4	78,6	78,4
	Hari ke-4	73,5	73,3	73,8	73,6	73,3	73,5
	Hari ke-8	65,5	65,1	65,6	65,4	65,6	65,4
	Hari ke-12	55,4	55,0	55,6	55,3	55,6	55,4
10	Hari ke-0	81,5	81,1	81,8	81,4	81,7	81,5
	Hari ke-4	79,0	78,7	79,2	78,9	79,1	79
	Hari ke-8	73,9	73,5	74,2	73,8	74,1	73,9
	Hari ke-12	66,2	65,8	66,4	66,1	66,3	66,1
15	Hari ke-0	82,8	82,4	83,1	82,7	83,0	82,8
	Hari ke-4	80,2	80,0	80,5	80,3	80,0	80,2
	Hari ke-8	75,6	75,2	75,7	75,5	75,6	75,5
	Hari ke-12	68,2	67,8	68,4	68,1	68,3	68,2
	Hari ke-0	79,9	79,5	80,1	79,8	80,0	79,9

20	Hari ke-4	75,3	75,0	75,6	75,4	75,1	75,3
	Hari ke-8	68,6	68,2	68,9	68,5	68,8	68,6
	Hari ke-12	59,6	59,2	59,8	59,5	59,7	59,5

Tabel 4.6 dapat diamati bahwa kandungan vitamin C pada seluruh sampel mengalami penurunan secara bertahap seiring dengan peningkatan lama penyimpanan. Lama paparan sinar UV-C dan durasi penyimpanan memiliki hasil yang signifikan terhadap kadar vitamin C pada buah (mg/100 g). Hasil pengukuran kadar vitamin C pada buah (dalam satuan mg/100 g) yang dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu lama paparan (0, 5, 10, 15, dan 20 menit) serta durasi penyimpanan (Hari ke-0 hingga Hari ke-12). Secara umum, terlihat tren bahwa semakin lama waktu penyimpanan pada setiap kelompok paparan, maka kadar vitamin C buah mengalami penurunan yang signifikan; sebagai contoh, pada lama paparan 0 menit, rata-rata kadar vitamin C menyusut dari 77,2 mg/100 g pada hari ke-0 menjadi hanya 48,8 mg/100 g pada hari ke-12. Di sisi lain, peningkatan lama paparan (hingga batas tertentu seperti 15 menit) cenderung nilai awal kadar vitamin C yang lebih tinggi di hari ke-0 dibandingkan dengan paparan 0 menit, namun nilainya tetap tereduksi seiring bertambahnya hari penyimpanan.



Gambar 4.4 Pengaruh Lama Paparan Sinar UV-C terhadap Kandungan Vitamin C Buah Jambu Biji Merah.

Gambar 4.4 menunjukkan nilai rata-rata kadar vitamin C (dalam satuan mg/100 g) yang dipengaruhi oleh lama paparan (0, 5, 10, 15, dan 20 menit) pada lima kelompok ulangan sampel yang berbeda (U1 hingga U5). Secara keseluruhan, nilai yang ditunjukkan oleh kelima kelompok ulangan di setiap durasi paparan tampak sangat seragam, stabil, dan konsisten tanpa adanya deviasi yang signifikan. Data tersebut memperlihatkan tren peningkatan rata-rata kadar vitamin C bertahap seiring bertambahnya waktu paparan, dimulai dari titik terendah pada paparan 0 menit (di kisaran nilai 63,6 hingga 63,9 mg/100 g), meningkat berturut-turut pada durasi 5 menit dan 10 menit, hingga berhasil mencapai titik puncak optimalnya pada lama paparan 15 menit dengan nilai yang berkisar antara 75,9 hingga 76,8 mg/100 g. Namun, setelah melewati waktu optimal tersebut, nilai rata-rata kadar vitamin C pada semua kelompok ulangan mengalami penurunan yang cukup jelas saat waktu paparan diperpanjang hingga mencapai 20 menit, di mana nilainya tereduksi ke kisaran 70,1 hingga 70,8 mg/100 g. Data kemudian dianalisis akan uji ANOVA untuk mengetahui

apakah paparan UV-C signifikan mempengaruhi kadar vitamin C pada buah jambu biji merah. Hasil dari uji ANOVA dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data Uji ANOVA Pengaruh Paparan UV-C terhadap Kadar Vitamin C Buah jambu Biji Merah.

	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rata-rata Kelompok	F-Hitung	Sig.
Antar Kelompok	100.474	4	25.119	381.742	.000
Dalam Keompok	1.316	20	.066		
Total	101.790	24			

Hasil analisis uji ANOVA, menunjukkan bahwa keragaman antar kelompok memiliki jumlah kuadrat sebesar 100,474 dengan derajat kebebasan (db) 4, sehingga diperoleh nilai kuadrat tengah sebesar 25,119. Sementara itu, keragaman dalam kelompok (galat) memiliki jumlah kuadrat sebesar 1,316 dengan derajat kebebasan 20 dan kuadrat tengah sebesar 0,066. Perbandingan antara kedua kuadrat tengah tersebut menghasilkan nilai F-hitung sebesar 381,742. Nilai signifikansi yang diperoleh adalah 0,000, yang nilainya jauh lebih kecil daripada taraf nyata 5% (0,05). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perlakuan yang diberikan memberikan pengaruh yang sangat signifikan, sehingga terdapat perbedaan yang nyata antar kelompok perlakuan yang diuji.

Tabel 4.8 Data Uji DMRT Pengaruh Paparan UV-C terhadap Kadar Vitamin C Buah Jambu Biji Merah.

Lama Paparan UV-C (menit)	Rata-rata Kadar Vitamin C (mg/100 ml)	Notasi*
0	77.240	a
5	78.460	b
20	79.860	c
10	81.500	d
15	82.800	e

Catatan*: Notasi huruf (a, b, c, d, e) digunakan sebagai indikator perbedaan nilai berdasarkan uji DMRT.

Tabel 4.8 menunjukkan hasil uji DMRT perlakuan lama paparan UV-C adanya tren peningkatan yang kemudian diikuti penurunan (fluktuasi) pada rata-rata kadar Vitamin C seiring dengan bertambahnya durasi paparan sinar UV-C. Kandungan Vitamin C awal tanpa perlakuan (0 menit) berada di angka 77,240 mg/100 ml, lalu secara bertahap meningkat menjadi 78,460 mg/100 ml pada paparan 5 menit, dan terus naik hingga mencapai titik optimal sebesar 82,800 mg/100 ml pada paparan 15 menit. Namun, ketika durasi paparan diperpanjang hingga 20 menit, kadar Vitamin C justru menyusut kembali ke angka 79,860 mg/100 ml. Selain itu, penyematan simbol notasi yang berbeda (a, b, c, d, e) di setiap baris mengindikasikan bahwa variasi lamanya waktu paparan UV-C tersebut memberikan pengaruh yang berbeda secara signifikan terhadap kadar Vitamin C yang terkandung di dalam sampel.

4.1.5 Pengaruh Paparan UV-C terhadap Vitamin A.

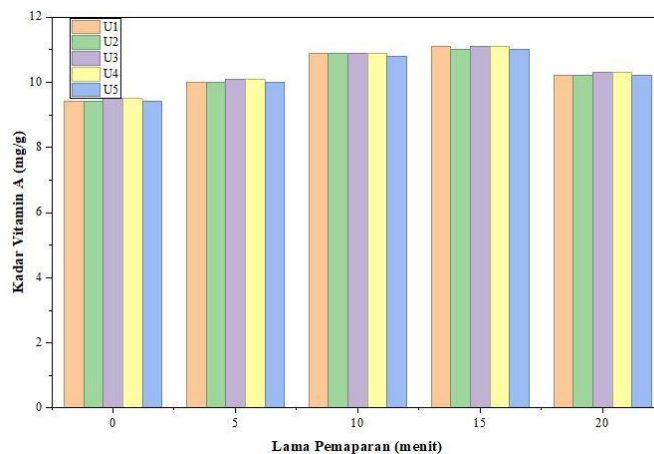
Vitamin A pada buah jambu biji merah umumnya berasal dari senyawa karotenoid, terutama β -karoten, yang berperan sebagai provitamin A. Analisis vitamin A dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 325 nm dengan standar β -karoten. Nilai absorbansi sampel dikonversi menjadi konsentrasi vitamin A berdasarkan persamaan kurva standar β -karoten yaitu $y = 0,0479 x + 0,0008$ dengan nilai $R^2 = 0,999$. Persamaan tersebut menunjukkan hubungan linear yang sangat baik antara konsentrasi standar dan absorbansi sehingga dapat digunakan untuk menentukan kadar vitamin A pada buah jambu biji merah. Data hasil pengukuran kadar vitamin A tersebut kemudian disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Pengaruh Paparan UV-C terhadap Vitamin A pada Buah Jambu Biji Merah.

Lama Paparan (Menit)	Penyimpanan	Kadar Vitamin A Buah (mg/100 g)					Rata-rata
		U1	U2	U3	U4	U5	
0	Hari ke-0	10,9	10,9	10,8	10,9	10,8	10,9
	Hari ke-4	10,0	10,0	10,1	10,0	10,0	10,0
	Hari ke-8	9,0	8,9	9,1	9,0	9,0	9,0
	Hari ke-12	7,9	7,9	8,0	8,0	7,9	7,9
5	Hari ke-0	11,2	11,1	11,2	11,2	11,1	11,2
	Hari ke-4	10,7	10,6	10,7	10,7	10,6	10,6
	Hari ke-8	9,8	9,7	9,8	9,8	9,7	9,7
	Hari ke-12	8,8	8,7	8,8	8,8	8,7	8,8
10	Hari ke-0	11,7	11,6	11,8	11,7	11,7	11,7
	Hari ke-4	11,3	11,3	11,4	11,4	11,3	11,3
	Hari ke-8	10,7	10,6	10,8	10,7	10,7	10,7
	Hari ke-12	9,8	9,8	9,9	9,8	9,8	9,8
15	Hari ke-0	11,9	11,9	12,0	11,9	11,9	11,9
	Hari ke-4	11,5	11,5	11,6	11,5	11,5	11,5
	Hari ke-8	11,0	10,9	11,0	11,0	10,9	11,0
	Hari ke-12	10,1	10,0	10,2	10,1	10,1	10,1
20	Hari ke-0	11,4	11,4	11,5	11,4	11,4	11,4
	Hari ke-4	10,8	10,7	10,8	10,8	10,8	10,8
	Hari ke-8	10,0	9,9	10,0	10,0	9,9	10,0
	Hari ke-12	9,0	8,9	9,1	9,0	9,0	9,0

Tabel 4.9 mengenai pengaruh lama paparan sinar UV-C dan durasi penyimpanan terhadap kadar vitamin A buah (diukur dalam satuan mg/100 g). Berdasarkan data tersebut, menunjukkan hasil pengukuran kadar vitamin A pada buah (dalam satuan mg/100 g) yang dipengaruhi oleh kombinasi variabel lama paparan (0, 5, 10, 15, dan 20 menit) serta durasi penyimpanan dari Hari ke-0 hingga Hari ke-12. Secara umum, data menunjukkan tren penurunan yang konsisten di mana semakin lama waktu penyimpanan, maka kadar vitamin A buah akan semakin berkurang di seluruh kelompok perlakuan; sebagai contoh, pada kelompok tanpa paparan (0 menit), rata-rata kadar vitamin A menyusut dari 10,9 mg/100 g pada hari ke-0 menjadi 7,9 mg/100 g pada hari ke-12. Sementara

itu, variasi lama paparan juga memberikan dampak terhadap kadar awal vitamin A buah, di mana nilai rata-rata tertinggi pada hari ke-0 berhasil dicapai pada lama paparan 15 menit yaitu sebesar 11,9 mg/100 g sebelum akhirnya ikut mengalami penurunan seiring bertambahnya hari penyimpanan.



Gambar 4.5 Pengaruh Lama Paparan Sinar UV-C terhadap Kandungan Vitamin A Buah Jambu Biji Merah.

Gambar 4.5 menunjukkan diagram batang yang menyajikan data nilai kadar vitamin A (dalam satuan mg/g) yang dipengaruhi oleh variasi lama paparan (0, 5, 10, 15, dan 20 menit) untuk lima kelompok ulangan atau sampel yang berbeda (U1, U2, U3, U4, dan U5). Secara keseluruhan, seluruh kelompok ulangan menunjukkan tren data yang sangat homogen, seragam, dan konsisten di setiap durasi waktu paparan tanpa adanya anomali yang mencolok. Grafik ini memperlihatkan tren peningkatan kadar vitamin A secara bertahap seiring bertambahnya lama paparan dari 0 menit (berada di kisaran nilai 9,4 hingga 9,5 mg/g), naik melewati 10 mg/g pada paparan 5 menit, hingga berhasil mencapai titik puncaknya pada durasi paparan 15 menit dengan nilai yang menyentuh kisaran 11,0 hingga 11,1 mg/g. Namun, setelah melewati titik optimal tersebut, nilai kadar vitamin A di seluruh kelompok ulangan kembali mengalami penurunan yang cukup signifikan pada

lama paparan 20 menit hingga berada di kisaran nilai 10,2 mg/g. Data kemudian dianalisis menggunakan uji ANOVA untuk mengetahui apakah paparan paparan UV-C secara signifikan mempengaruhi kadar vitamin A pada buah jambu biji merah. Hasil dari uji ANOVA dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Data Uji ANOVA Pengaruh Paparan UV-C terhadap Kadar Vitamin A Buah jambu Biji Merah.

	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rata-rata Kelompok	F-Hitung	Sig.
Antar Kelompok	3.546	4	.887	295.533	.000
Dalam Kelompok	.060	20	.003		
Total	3.606	24			

Tabel 4.10 menunjukkan bahwa nilai Jumlah Kuadrat antar kelompok sebesar 3,546 dengan derajat kebebasan 4 dan rata-rata kuadrat 0,887, sedangkan dalam kelompok sebesar 0,060 dengan derajat kebebasan 20 dan rata-rata kuadrat 0,003. Nilai F-hitung yang diperoleh adalah 295,533 dengan nilai signifikansi (Sig.) 0,000. Karena nilai Sig. < 0,05, maka H_0 ditolak, yang berarti terdapat perbedaan yang sangat nyata antar perlakuan lama paparan UV-C terhadap parameter yang diuji. Dengan demikian, variasi lama paparan UV-C memberikan pengaruh signifikan terhadap kadar vitamin A buah jambu biji merah yang disimpan pada suhu rendah.

Tabel 4.11 Data Uji DMRT Pengaruh Paparan UV-C terhadap Kadar Vitamin A Buah Jambu Biji Merah.

Lama Paparan UV-C (menit)	Rata-rata kadar Vitamin A (mg/ 100 g)	Notasi*
15	2,6425	a
10	2,4805	b
20	2,1175	c
5	1,9750	d
0	1,7175	e

Catatan*: Notasi huruf (a, b, c, d, e) digunakan sebagai indikator perbedaan nilai berdasarkan uji DMRT.

Hasil uji DMRT menunjukkan lama paparan sinar UV-C memberikan pengaruh nyata terhadap kadar vitamin A buah jambu biji merah yang disimpan pada suhu rendah. Kadar vitamin A tinggi diperoleh pada perlakuan paparan UV-C selama 15 menit yaitu sebesar 2,6425 mg/100 g (notasi a), kemudian diikuti oleh paparan 10 menit sebesar 2,4805 mg/100 g (notasi b), 20 menit sebesar 2,1175 mg/100 g (notasi c), 5 menit sebesar 1,9750 mg/100 g (notasi d), dan yang rendah pada kontrol atau tanpa paparan UV-C sebesar 1,7175 mg/100 g (notasi e). Perbedaan notasi huruf pada setiap perlakuan menunjukkan bahwa seluruh perlakuan berbeda nyata satu sama lain ($p < 0,05$), sehingga dapat disimpulkan bahwa paparan UV-C hingga 15 menit mampu meningkatkan kadar vitamin A secara optimal, sedangkan paparan yang lebih lama cenderung menurunkan kadar vitamin A.

4.1.6 Pengaruh Paparan UV-C terhadap Zat Besi.

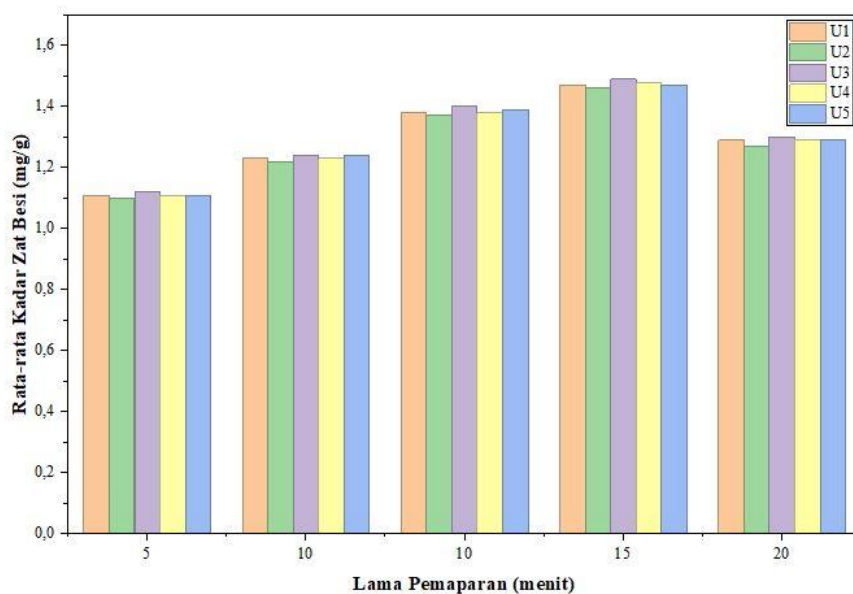
Pengukuran kadar zat besi (Fe) dilakukan untuk mengetahui kestabilan unsur mineral mikro esensial tersebut setelah diberi perlakuan radiasi UV-C sebagai metode fisik non-termal dengan berbagai lama pemaparan. Penentuan kadar zat besi dilakukan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) pada panjang gelombang 248,3 nm. Konsentrasi zat besi dalam sampel dihitung berdasarkan persamaan kurva standar Fe yaitu $y = 0,0910 x + 0,0001$ dengan nilai $R^2 = 0,999$. Nilai absorbansi yang diperoleh dari pengukuran sampel kemudian dikonversi menjadi kadar zat besi menggunakan persamaan regresi tersebut, sehingga diperoleh data yang disajikan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Pengaruh Paparan UV-C terhadap Zat Besi pada Buah Jambu Biji Merah.

Lama Paparan (Menit)	Penyimpanan	Kadar Zat Besi Buah (mg/100g)					Rata-rata
		U1	U2	U3	U4	U5	
0	Hari ke-0	1,30	1,32	1,31	1,31	1,30	1,30
	Hari ke-4	1,20	1,19	1,21	1,20	1,21	1,20
	Hari ke-8	1,05	1,04	1,06	1,05	1,06	1,06
	Hari ke-12	0,90	0,89	0,91	0,90	0,91	0,90
5	Hari ke-0	1,36	1,35	1,37	1,36	1,35	1,36
	Hari ke-4	1,31	1,30	1,32	1,31	1,32	1,31
	Hari ke-8	1,21	1,20	1,22	1,21	1,22	1,21
	Hari ke-12	1,08	1,06	1,09	1,08	1,09	1,08
10	Hari ke-0	1,47	1,46	1,49	1,48	1,47	1,48
	Hari ke-4	1,44	1,43	1,45	1,44	1,45	1,44
	Hari ke-8	1,36	1,35	1,38	1,36	1,37	1,37
	Hari ke-12	1,26	1,25	1,27	1,26	1,27	1,26
15	Hari ke-0	1,56	1,55	1,58	1,57	1,56	1,56
	Hari ke-4	1,53	1,52	1,55	1,54	1,53	1,53
	Hari ke-8	1,45	1,44	1,47	1,46	1,45	1,45
	Hari ke-12	1,36	1,35	1,38	1,37	1,36	1,37
20	Hari ke-0	1,42	1,41	1,44	1,43	1,42	1,42
	Hari ke-4	1,35	1,34	1,36	1,35	1,36	1,35
	Hari ke-8	1,25	1,24	1,27	1,26	1,25	1,26
	Hari ke-12	1,14	1,13	1,15	1,14	1,15	1,14

Tabel 4.12 menunjukkan adanya variasi antarulangan kadar zat besi pada buah jambu biji merah terhadap seluruh perlakuan, yang mencerminkan keragaman alami sampel biologis. data tersebut menyajikan hasil pengukuran kadar zat besi pada buah (dalam satuan mg/100g) yang dipengaruhi oleh kombinasi variabel lama paparan (0, 5, 10, 15, dan 20 menit) serta durasi penyimpanan dari Hari ke-0 hingga Hari ke-12. Secara keseluruhan, data memperlihatkan tren penurunan yang konsisten di mana semakin lama waktu penyimpanan, maka kadar zat besi buah akan mengalami penurunan di setiap kelompok perlakuan; sebagai contoh, pada kelompok tanpa paparan (0 menit),

rata-rata kadar zat besi berkurang dari 1,30 mg/100g pada hari ke-0 menjadi 0,90 mg/100g pada hari ke-12. Di sisi lain, variasi lama paparan juga memengaruhi nilai awal zat besi buah, di mana nilai rata-rata tertinggi pada hari ke-0 berhasil dicapai pada lama paparan 15 menit yaitu sebesar 1,56 mg/100g sebelum akhirnya ikut tereduksi seiring bertambahnya hari penyimpanan.



Gambar 4.6 Pengaruh Lama Paparan Sinar UV-C terhadap Kandungan Zat Besi Buah Jambu Biji Merah.

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa kadar zat besi (mg/100 g) pada buah jambu biji merah cenderung menurun selama penyimpanan hingga hari ke-12 pada seluruh perlakuan, yang menunjukkan terjadinya degradasi nutrisi selama masa simpan. Perlakuan UV-C selama 15 menit menghasilkan kadar zat besi tinggi pada setiap waktu pengamatan, yaitu sekitar 0,39 mg/100 g pada hari ke-0 dan masih bertahan sebesar 0,35 mg/100 g pada hari ke-12. Sebaliknya, paparan UV-C selama 20 menit menunjukkan penurunan paling besar dengan kadar akhir sekitar 0,21 mg/100 g. Temuan ini mengindikasikan bahwa paparan UV-C selama 15 menit merupakan durasi yang paling efektif untuk

mempertahankan kandungan zat besi, sedangkan paparan 20 menit berpotensi menurunkan stabilitas nutrisi buah. Data kemudian dianalisis menggunakan uji ANOVA untuk mengetahui apakah paparan paparan UV-C secara signifikan mempengaruhi kadar zat besi pada buah jambu biji merah. Hasil dari uji ANOVA dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Data Uji ANOVA Pengaruh Paparan UV-C terhadap Kadar Zat Besi Buah jambu Biji Merah.

	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rata-rata Kelompok	F-Hitung	Sig.
Antar Kelompok	.199	4	.050	470.509	.000
Dalam Keompok	.002	20	.000		
Total	.002	24			

Hasil uji ANOVA memperlihatkan perolehan jumlah kuadrat antar kelompok sebesar 0,199 dengan derajat kebebasan 4 dan rata-rata kuadrat sebesar 0,050, sedangkan jumlah kuadrat dalam kelompok sebesar 0,002 dengan derajat kebebasan 20 dan rata-rata kuadrat mendekati 0,000. Nilai F-hitung yang diperoleh sebesar 470,509 dengan nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,000. Karena nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05 ($0,000 < 0,05$), maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, yang menunjukkan bahwa lama paparan UV-C berpengaruh nyata terhadap parameter yang diuji pada buah jambu biji merah yang disimpan pada suhu rendah. Dengan demikian, terdapat perbedaan rata-rata yang signifikan antar perlakuan lama paparan UV-C sehingga perlu dilakukan uji lanjut untuk mengetahui perlakuan yang memberikan pengaruh terbaik.

Tabel 4.14 Data Uji DMRT Pengaruh Paparan UV-C terhadap Kadar Zat Besi Buah Jambu Biji Merah.

Lama Paparan UV-C (menit)	Rata-rata Kadar Zat Besi (mg/100 g)	Notasi*
15	1,5640	a
10	1,4740	b

20	1,4240	c
5	1,3580	d
0	1,3080	e

Catatan*: Notasi huruf (a, b, c,d,e) digunakan sebagai indikator perbedaan nilai berdasarkan uji DMRT.

Tabel 4.14 menunjukkan seluruh perlakuan lama paparan UV-C berada pada subset yang berbeda, sehingga seluruh perlakuan menunjukkan perbedaan nyata terhadap kadar zat besi. Notasi perbedaan nyata dapat dituliskan sebagai berikut: 15 menit (a) = 1,5640; 10 menit (b) = 1,4740; 20 menit (c) = 1,4240; 5 menit (d) = 1,3580; dan 0 menit/kontrol (e) = 1,3080. Huruf yang berbeda menunjukkan bahwa rata-rata kadar zat besi antarperlakuan berbeda nyata pada taraf kepercayaan 95% ($p < 0,05$). Dengan demikian, semakin lama paparan UV-C hingga 15 menit cenderung meningkatkan kadar zat besi yang terukur pada buah jambu biji merah yang disimpan pada suhu rendah, di mana perlakuan 15 menit menghasilkan kadar zat besi tinggi dan berbeda nyata dibandingkan seluruh perlakuan lainnya, sedangkan kontrol (0 menit) memiliki kadar zat besi terendah.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa lama paparan sinar UV-C memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap karakteristik fisik dan kandungan kimia buah jambu biji merah selama penyimpanan suhu rendah (8°C). Fenomena ini terjadi melalui mekanisme hormesis, di mana radiasi UV-C dosis rendah hingga moderat bertindak sebagai elisitor abiotik yang memicu pembentukan *Reactive Oxygen Species* (ROS) dalam jumlah kecil. Kehadiran ROS ini menjadi molekul sinyal untuk mengaktivasi jalur metabolisme sekunder fenilpropanoid, yang memicu sintesis senyawa fenolik dan peningkatan enzim

pertahanan pascapanen. Namun, paparan yang berlebihan (durasi 20 menit) justru memicu stres oksidatif akut yang merusak lipid membran sel, mempercepat penuaan (*senesens*), dan merusak struktur nutrisi buah.

Dari segi fisik, perlakuan tanpa UV-C (kontrol) mengalami penurunan tekstur tercepat dengan rata-rata umur simpan paling pendek yaitu 8,6 hari. Sebaliknya, paparan UV-C selama 10 menit (P2) menjadi perlakuan paling optimal untuk aspek fisik karena mampu mempertahankan kekerasan tekstur dan memperpanjang umur simpan hingga 14 hari (meningkat 62,79% dari kontrol). Hal ini terjadi karena radiasi UV-C optimal mampu menekan aktivitas enzim pelunak dinding sel seperti *Poligalakturonase* (PG) dan *Pektin Metil Esterase* (PME), serta merusak DNA mikroba pembusuk di permukaan kulit melalui pembentukan dimer timin. Temuan ini sejalan dengan studi Rakariyatham et al. (2025) yang melaporkan bahwa kombinasi UV-C dan suhu dingin efektif menekan produksi etilen dan mengurangi pelunakan jaringan buah.

Hasil penelitian menunjukkan adanya pola peningkatan respons fisiologis buah seiring bertambahnya lama paparan UV-C dari 0 hingga 15 menit. Perlakuan kontrol (0 menit) menghasilkan nilai terendah pada sebagian besar parameter karena tidak memperoleh stimulasi fisiologis yang mampu mengaktifkan sistem pertahanan alami buah. Paparan 5 menit mulai menunjukkan peningkatan kandungan nutrisi dan umur simpan dibandingkan kontrol, namun respons yang dihasilkan masih relatif rendah karena dosis energi yang diterima belum cukup untuk menginduksi sintesis metabolit sekunder secara maksimal. Pada paparan 10 menit terjadi peningkatan yang lebih nyata, ditandai dengan tekstur yang lebih baik dan umur simpan yang lebih panjang akibat berkurangnya aktivitas respirasi, etilen,

dan mikroorganisme pembusuk. Perlakuan 15 menit memberikan respons tertinggi pada parameter kimia, seperti kadar antioksidan, vitamin C, vitamin A, dan zat besi, yang menunjukkan bahwa durasi tersebut merupakan kondisi optimum untuk mengaktifkan mekanisme hormesis dan biosintesis senyawa bioaktif. Namun, pada paparan 20 menit terjadi penurunan dibandingkan perlakuan 15 menit meskipun nilainya masih lebih tinggi daripada kontrol. Hal ini mengindikasikan bahwa paparan yang terlalu lama mulai menimbulkan stres oksidatif berlebih sehingga sebagian senyawa bioaktif mengalami degradasi dan efisiensi sistem pertahanan buah menurun. Dengan demikian, respons seluruh perlakuan membentuk pola kurva optimum, di mana peningkatan durasi paparan UV-C memberikan manfaat hingga titik tertentu, tetapi paparan yang melebihi kondisi optimum dapat mengurangi efektivitas perlakuan terhadap kualitas buah.

Secara integratif, rentang waktu paparan 10 hingga 15 menit merupakan durasi paling efektif. Durasi 10 menit unggul dalam mempertahankan kualitas fisik (tekstur dan umur simpan), sedangkan durasi 15 menit optimal dalam menjaga kualitas kimia dan zat gizi buah jambu biji merah. Sinergi antara teknologi fisik non-termal UV-C dan penyimpanan dingin (8°C) ini terbukti menjadi solusi preservasi pascapanen yang aman, ramah lingkungan, dan bebas residu kimia.

4.3 Kajian Keislaman

Tanaman dan buah-buahan tidak hanya berfungsi sebagai sumber pangan, melainkan juga merupakan ayat-ayat kauniyah (tanda-tanda keagungan Allah). Al-Qur'an menggambarkan proses pertumbuhan tanaman sebagai perbandingan dengan hari kebangkitan, sekaligus sebagai bukti rahmat Sang Pencipta yang menghidupkan tanah gersang melalui turunnya air hujan. Keberagaman rasa,

warna, serta jenis buah-buahan yang muncul dari tanah yang identik mencerminkan kekuasaan mutlak Allah dalam mengelola ekosistem. Oleh karena itu, pelestarian alam menjadi elemen esensial dari ketakwaan seorang Muslim (Iqbal, 2024). Dalam Q.S. Al-An'am (6): 99, Allah SWT menjelaskan tentang fenomena tersebut sebagai berikut:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنْ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّتٍ مِنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ انظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ ۚ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ ﴿٩٩﴾

"Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang hijau. Kami keluarkan dari tanaman yang hijau itu butir yang banyak; dan dari pohon kurma urai-urainya menjuntai tandan-tandan yang menguntai rendah, dan (Kami tumbuhkan) kebun-kebun anggur, dan (Kami tumbuhkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman".

Dari ayat diatas mendeskripsikan sosiologis dan biologis terkait proses penciptaan tumbuhan sebagai manifestasi kekuasaan Allah SWT. Ayat tersebut dimulai dengan uraian tentang air hujan sebagai pemicu kehidupan yang memunculkan beragam jenis flora, yang dalam perspektif biologi kontemporer dikenal sebagai proses germinasi dan fotosintesis. Tahap kematangan (ripening) yang dimaksud merupakan periode kritis di mana berlangsung transformasi biokimia pada buah, meliputi sintesis antioksidan, vitamin, serta mineral. Oleh karena itu, penerapan paparan UV-C dan penyimpanan pada suhu rendah terhadap jambu biji merah bukan hanya teknik praktis, melainkan wujud ketaatan terhadap perintah Allah dalam menjaga, meneliti, dan memuliakan rezeki-Nya, sehingga manfaat kesehatan seperti Vitamin C, Vitamin A, dan Zat Besi tetap optimal (thayyib) hingga sampai ke konsumen manusia (Ram et al., 2024).

Radiasi UV-C termasuk dalam spektrum ultraviolet dengan panjang gelombang pendek dan energi tinggi, sehingga efektif membasmi mikroorganisme seperti bakteri dan virus. Dari sudut pandang Islam, fenomena ini merupakan manifestasi kekuasaan Allah SWT dalam menciptakan segala sesuatu dengan manfaat dan tujuan spesifik. Cahaya, sebagai salah satu ciptaan-Nya, tidak hanya berperan sebagai sumber penerangan, tetapi juga menjaga keseimbangan kehidupan. Allah SWT berfirman dalam Q.S. An-Nur (24): 35:

اللَّهُ نُورُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ

“Allah adalah cahaya langit dan bumi...”

Ayat tersebut menjelaskan bahwa cahaya memiliki makna yang sangat komprehensif, baik secara fisik maupun spiritual. Dari sudut pandang ilmiah, cahaya merupakan energi elektromagnetik dan termasuk sinar UV-C yang dapat dimanfaatkan sebagai salah satu manifestasi cahaya yang memberikan faedah bagi kehidupan manusia, seperti dalam proses sterilisasi dan pengawetan bahan pangan. Fenomena ini menegaskan bahwa setiap ciptaan Allah mengandung hikmah yang dapat dieksplorasi melalui pendekatan ilmu pengetahuan. Sedangkan dalam perspektif tafsir, Namun demikian, dalam perspektif tafsir, makna “cahaya” pada ayat tersebut tidak terbatas pada aspek fisik semata. Para mufasir menjelaskan bahwa cahaya merupakan simbol dari hidayah, iman, dan ilmu yang menerangi hati manusia. Allah SWT digambarkan sebagai sumber segala cahaya di langit dan di bumi, yaitu Dzat yang memberikan petunjuk dan keteraturan bagi seluruh ciptaan-Nya. Perumpamaan yang digunakan dalam ayat tersebut seperti ceruk (misykat), pelita (mishbah), kaca (zujajah), dan minyak zaitun mengilustrasikan kesempurnaan dan kejernihan cahaya ilahi yang berlapis-lapis dalam memberikan penerangan.

Menurut penafsiran Ibnu Katsirayat tersebut, cahaya yang dimaksud dalam ayat ini merujuk pada iman yang tertanam dalam hati seorang mukmin, yang kemudian diperkuat oleh wahyu Al-Qur'an sehingga menjadi penerang dalam menjalani kehidupan. Dengan demikian, keterkaitan antara konsep cahaya dalam Al-Qur'an dan fenomena ilmiah seperti sinar UV-C tidak bersifat identik, melainkan analogis di mana keduanya sama-sama menunjukkan bahwa cahaya, baik secara fisik maupun spiritual, memiliki peran penting sebagai sumber kehidupan, keteraturan, dan kemanfaatan bagi manusia.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang mengkaji tentang pengaruh paparan UV-C terhadap produktivitas dan kandungan nutrisi buah jambu biji merah (*Psidium Guajava L*) yang disimpan pada suhu rendah, maka dapat dirumuskan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemberian paparan radiasi ultraviolet-C (UV-C) pada panjang gelombang 254 nm dengan durasi yang terkontrol memberikan pengaruh yang signifikan terhadap umur simpan buah jambu biji merah yang disimpan pada suhu 8°C. Pengaruh tersebut ditunjukkan oleh kemampuan UV-C dalam mempertahankan kualitas fisik dan nutrisi buah, yang ditandai dengan tekstur buah yang lebih baik serta penurunan kadar antioksidan, vitamin C, vitamin A, zat besi, dan mineral yang lebih lambat dibandingkan perlakuan kontrol. Paparan UV-C juga berperan dalam menekan pertumbuhan mikroorganisme dan memperlambat laju respirasi sehingga proses kerusakan buah berlangsung lebih lambat. Namun, pengaruh tersebut memiliki batas optimum pada durasi paparan sekitar 15–20 menit, sedangkan paparan yang terlalu lama dapat menimbulkan stres oksidatif yang merusak membran sel sehingga mempercepat penurunan mutu dan umur simpan buah.
2. Lama paparan UV-C dan masa penyimpanan berpengaruh nyata terhadap tekstur, kadar antioksidan, vitamin C, dan vitamin A buah jambu biji merah pada suhu rendah. Perlakuan UV-C mampu mempertahankan kekerasan

tekstur serta meningkatkan retensi antioksidan, vitamin C, dan vitamin A melalui respons

hormesis. Perlakuan terbaik diperoleh pada paparan 15 menit dengan tekstur 11,8 N, kadar antioksidan 9,82 mg/L, vitamin C 50,26 mg/100 g, dan vitamin A 21,83 mg/L. Sebaliknya, kadar zat besi (Fe) dan mineral relatif stabil serta tidak dipengaruhi secara signifikan oleh lama paparan UV-C maupun masa penyimpanan.

3. Berdasarkan seluruh parameter yang diuji, paparan UV-C selama 10–15 menit merupakan durasi paling efektif untuk mempertahankan kualitas buah jambu biji merah pada suhu 8°C. Perlakuan 10 menit paling optimal dalam menjaga kualitas fisik dengan tekstur tertinggi (12 N) dan umur simpan terpanjang hingga 14 hari (meningkat 62,79% dibanding kontrol). Sementara itu, perlakuan 15 menit paling efektif dalam mempertahankan kualitas nutrisi, ditandai dengan kadar antioksidan, vitamin C, dan vitamin A tertinggi selama penyimpanan. Dengan demikian, rentang paparan 10–15 menit merupakan kondisi optimum untuk menjaga kualitas fisik dan kandungan nutrisi buah jambu biji merah.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, saran berikut disampaikan:

1. Paparan UV-C perlu dioptimalkan pada durasi tertentu yang mampu mempertahankan kualitas buah jambu biji merah, terutama tekstur serta kandungan antioksidan, vitamin C, vitamin A, dan zat besi selama penyimpanan suhu rendah.

2. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan variasi intensitas UV-C yang lebih beragam untuk memperoleh kondisi perlakuan yang paling efektif dalam mempertahankan mutu dan kandungan gizi buah.
3. Penelitian berikutnya dapat menambahkan parameter lain, seperti kualitas mikrobiologis, perubahan warna, dan tingkat kesegaran buah, sehingga diperoleh informasi yang lebih komprehensif mengenai pengaruh paparan UV-C selama penyimpanan.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Syafi' AS.Fakultas Agama Islam Universitas Darul „Ulum Jombang. (n.d.). *SAINS DAN TEKNOLOGI DALAM AL-QUR'AN(Kajian Filsafat Pendidikan Islam)*.
- Alferez, F. (2008). *Stewart Postharvest Review storage of horticultural crops*. June, 1–8. <https://doi.org/10.2212/spr.2008.3.7>
- Ali, D. O. M., Ahmed, A. H. R., Babikir, E. B., Alqahtani, N. K., & Makki, H. M. M. (n.d.). *Effects of Storage on the Quality Characteristics of Guava (Psidium guajava L .) Fruit Concentrates*. <https://doi.org/10.3923/pjn.2021.70.75>
- Arévalo-Marín, E., Casas, A., Landrum, L., Shock, M. P., Alvarado-Sizzo, H., Ruiz-Sanchez, E., & Clement, C. R. (2021). The Taming of Psidium guajava: Natural and Cultural History of a Neotropical Fruit. *Frontiers in Plant Science*, 12(September), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.714763>
- Astuti, S. D., Zainuddin, M., & Maclean, G. (2011). *Potensi Blue Light Emitting Diode (LED) untuk Fotoinaktivasi Bakteri Staphylococcus aureus dengan Porfirin Endogen (The Potency of Blue Light Emitting Diode (LED) for Photoinactivation of Staphylococcus aureus Bacteria with Endogeneous Porphyrin)*. 13(3), 155–163.
- Bai, L. (2023). *Overview of Food Preservation and Traceability Technology in the Smart Cold Chain System*.
- Bakteri, E. (n.d.). *PENGARUH INTENSITAS SINAR ULTRAVIOLET DAN PENGADUKAN TERHADAP REDUKSI JUMLAH*. 18–23.
- Bolton, J. R., Linden, K. G., & Asce, M. (2003). *Standardization of Methods for Fluence „ UV Dose ... Determination in Bench-Scale UV Experiments*. March, 209–215.
- Buonanno, M., Welch, D., Shuryak, I., & Brenner, D. J. (2020). Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses. *Scientific Reports*, 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67211-2>
- Butt, E., Altemimi, A. B., Younas, A., Sadiq, M., Jalal, M., Bhatti, M., Abdi, G., & Muhammad, R. (2025). Guava (Psidium guajava): A brief overview of its therapeutic and health potential ☆. *Food Chemistry: X*, 31(June), 103027. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.103027>
- Chen, M., Zhong, X., Lin, H., & Qin, X. (2022). *Combined Transcriptome and Metabolome Analysis of Musa nana Laur . Peel Treated With UV-C Reveals the Involvement of Key Metabolic Pathways*. 12(January), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.79s2991> Chen, N., Wei, W., Yang, Y.,

- Chen, L., Shan, W., Chen, J., Lu, W., Kuang, J., & Wu, C. (2024). Postharvest Physiology and Handling of Guava Fruit. *Foods*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/foods13050805>
- Choi, B., & Shin, Y. (2025). *Comparative Analysis of Physicochemical Characteristics , Antioxidant Compound Contents , and Antioxidant Activities of Five Guava (Psidium guajava L .) Cultivars Harvested in Korea.*
- Darré, M., Vicente, A. R., Cisneros-Zevallos, L., & Artés-Hernández, F. (2022). Postharvest Ultraviolet Radiation in Fruit and Vegetables: Applications and Factors Modulating Its Efficacy on Bioactive Compounds and Microbial Growth. *Foods*, 11(5), 1–19. <https://doi.org/10.3390/foods11050653>
- Dasar, P., Pangan, P., & Suhu, P. (n.d.). *Prinsip Dasar Penyimpanan Pangan Pada Suhu Rendah.*
- Dewi, Y. A., Maulida, I. D., Studi, P., Pangan, T., Terbuka, U., Pondok, J., Raya, C., & Selatan, T. (2025). *Analisis preferensi konsumen terhadap minuman sari buah nanas siap minum: studi perbandingan komposisi.* 2(1), 15–26.
- Diffey, B. L. (2023). *Sources and measurement of ultraviolet radiation.* 28(2002), 4–13.
- Fadhilah, A., Susanti, S., & Gultom, T. (2020). Karakteristik Tanaman Jambu Biji. *Jurnal Internasional*, 12(2), 8–11.
- Gardner, D. W. M., & Shama, G. (2000). Modeling UV-Induced Inactivation of Microorganisms on Surfaces. *Journal of Food Protection*, 63(1), 63–70. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-63.1.63>
- Garzón-garcía, A. M., Ruiz-cruz, S., Dussán-sarria, S., Hleap-zapata, J. I., Márquez-ríos, E., Del-toro-sánchez, C. L., Tapia-hernández, J. A., Canizales-rodríguez, D. F., & Ocaño-higuera, V. M. (2023). *Effect of UV-C Postharvest Disinfection on the Quality of Fresh-Cut ‘ Tommy Atkins ’ Mango.* 73(1), 39–49. <https://doi.org/10.31883/pjfn/159290>
- Giannakourou, M. C., & Taoukis, P. S. (2021). Effect of alternative preservation steps and storage on vitamin c stability in fruit and vegetable products: Critical review and kinetic modelling approaches. *Foods*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/foods10112630>
- Gogo, E. O., Förster, N., Dannehl, D., Frommherz, L., Trierweiler, B., & Opiyo, A. M. (2018). *Postharvest UV-C application to improve health promoting secondary plant compound pattern in vegetable amaranth.* 45(January), 426–437.
- Hadi, A. S. (2023). Potensi Buah Jambu Biji Merah (Psidium guajava L.) dalam Meningkatkan Kadar Hemoglobin Potency of Red Guava Fruit (Psidium

guajava L.) in Increasing Hemoglobin Levels. *Proceeding Biology Education Conference*, 2, 1–6.

- Hamsters, E. D., Karolinne, A., Lima, G. D. M., Farias, L. M. De, Arnaud, L., Lopes, R., Brito, V., Carvalho, L. De, Francisco, C., Pereira, D. C., Macedo, K. De, Frota, G., Mendes, A., Mara, A., Silva, O., Maria, C., Fonseca, B., Moura, R. C. De, Cardoso, R., & Carvalho, C. De. (2019). *Lycopene-Rich Extract from Red Guava (Psidium guajava L .) Decreases Plasma Triglycerides and Improves Oxidative Stress Biomarkers* on. <https://doi.org/10.3390/nu11020393>
- Harfoot, R., Yung, D. B. Y., Anderson, W. A., Wild, E. K., Coetzee, N., Hern, L. C., Lawley, B., Pletzer, D., Derraik, J. G. B., Anderson, Y. C., & Quiñones-mateu, M. E. (2022). *Ultraviolet-C Irradiation , Heat , and Storage as Potential Methods of Inactivating SARS-CoV-2 and Bacterial Pathogens on Filtering Facepiece Respirators. February 2020*, 1–17.
- Hijnen, W. A. M. Ã., Beerendonk, E. F., & Medema, G. J. (2006). *Inactivation credit of UV radiation for viruses , bacteria and protozoan (oo) cysts in water : A review*. 40, 3–22. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.10.030>
- Jaciow, M., & Wolniak, R. (2024). *Gastronomic Curiosity and Consumer Behavior : The Impact of Television Culinary Programs on Choices of Food Services*.
- Joshi, D. M., Pathak, S. S., Banmare, S., & Bhaisare, S. S. (2023). *Review of Phytochemicals Present in Psidium guajava Plant and Its Mechanism of Action on Medicinal Activities*. 15(10). <https://doi.org/10.7759/cureus.46364>
- Khanna, J. (2023). Impact of UV-C radiation on postharvest storage and shelf life of fresh produce. *International Journal of Horticulture and Food Science*, 5(2), 81–83. <https://doi.org/10.33545/26631067.2023.v5.i2b.209>
- Kumar, S., Banerjee, S., Kaur, A., Sasi, M., Kumari, S., Sachdev, A., & Dahuja, A. (2023). Isoflavones Play a Potential Role in Off-Flavour Scavenging, with a Key Role of IFS2 in Isoflavone Accumulation in Soybean Seeds. *Food Technology and Biotechnology*, 61(4), 514–522. <https://doi.org/10.17113/ftb.61.04.23.8231>
- Lama, P., Dan, P. U., Terhadap, P., Buah, M., & Fragaria, S. (2013). *the Effect of Duration Time of Ultraviolet-C Irradiation and*. 2(2), 87–99.
- Lastriyanto, A., Bintoro, B. I., Hawa, L. C., & Wibowo, S. A. (2022). Pengawetan Buah Jambu Biji (Psidium Guajava L.) Segar dengan Teknologi Hypobaric Storage. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 10(1), 55–65. <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2022.010.01.07>
- Loconsole, D. (2021). *UV Lighting in Horticulture : A Sustainable Tool for*

Improving Production Quality and Food Safety.

- Lytle, C. D., & Sagripanti, J. (2005). *Predicted Inactivation of Viruses of Relevance to Biodefense by Solar Radiation*. 79(22), 14244–14252. <https://doi.org/10.1128/JVI.79.22.14244>
- Ma, D., & Hull, N. M. (2025). *Impact of wavelength , exposure sequence , and organic matter on UV disinfection and DNA repair*. 1–27. <https://doi.org/10.1371/journal.pwat.0000306>
- Metode, P., Aktivitas, U., Dpph, A., Fic, F., Askorbat, T. A., Galat, A., Jatinangor, B., & Sumedang, K. (2018). *Chimica et Natura Acta*. 6(2), 93–100.
- Model, H. S., Predicting, F. O. R., & Valve, I. N. B. (2025). *JIIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)*. 09(01), 75–88.
- Mutu, P., Lycopersicon, T., Variasi, D., & Pelapisan, K. (2016). *Gel Lidah Buaya (Aloe vera L .) Dan Suhu Penyimpanan (Changes in quality of Tomato (Lycopersicon esculentum Mill .)*
- Nafiah, S. R., Fitraneti, E., Rizal, Y., Primawati, I., & Hamama, D. A. (n.d.). *Pengaruh Paparan Sinar Ultraviolet terhadap Kesehatan Kulit dan Upaya Pencegahannya : Tinjauan Literatur*. 185–194.
- Napitupulu, D. H., & Herawati, W. (2021). *Variasi Morfologi Jambu Biji (Psidium guajava L .) di Purwokerto*. 3, 41–46.
- Nelson, K. L., Boehm, A. B., Davies-colley, R. J., Dodd, M. C., Kohn, T., Linden, K. G., Liu, Y., Maraccini, P. A., Mcneill, K., Mitch, W. A., Nguyen, T. H., Parker, K. M., Rodriguez, R. A., Sassoubre, L. M., Silverman, A. I., Wigginton, R., & Zepp, R. G. (2018). *Environmental Science Processes & Impacts and modeling approaches*. 1089–1122. <https://doi.org/10.1039/c8em00047f>
- Nomura, Y., & Surgery, O. (2012). *Extending stroge life of sapodilla (Manilkara zapota (L.) van Royen) with different exposure time of UV-C radiation and low temperature storage*. 1(2009), 1213–1214.
- Nurani, F. P. (2020). *Journal of Food Technology and Agroindustry Volume 2 No 1 Februari 2020 PENAMBAHAN PEKTIN , GULA , DAN ASAM SITRAT DALAM PEMBUATAN SELAI DAN MARMALADE BUAH-BUAHAN Journal of Food Technology and Agroindustry Volume 2 No 1 Februari 2020*. 2(1), 27–32.
- Peccia, J., Werth, H. M., Miller, S., Hernandez, M., Peccia, J., Werth, H. M., Miller, S., Hernandez, M., Peccia, J., Werth, H. M., Miller, S., & Hernandez, M. (2010). *Effects of Relative Humidity on the Ultraviolet Induced Inactivation of Airborne Bacteria Effects of Relative Humidity on the Ultraviolet Induced*

Inactivation of Airborne Bacteria. 6826.
<https://doi.org/10.1080/02786820152546770>

- Perhimpunan, K., Pertanian, T., Pertanian, F. T., Wulandani, D., Saptomo, S. K., Widodo, S., Nursolehat, D., Pertanian, J. K., & Pertanian, F. T. (n.d.). *Pengaruh Penyimpanan Suhu rendah Benih Bawang Merah (Allium ascalonicum L). terhadap Pertumbuhan Benih.*
- Prabowo, R. U., Fitriani, R., Fahmi, N., Andini, F., Pertanian, F., Jember, U., Pertanian, F., & Jember, U. (2024). AKSELERASI PRODUKSI JAMBU BIJI (*Psidium Guajava L.*) GUNA MENYONGSONG KEUNGGULAN KOMPETITIF KOMODITAS HORTIKULTURA DI KALIMANTAN TENGAH. 8, 1–12.
- Rahmawati, A. N., Kusuma, E. W., & Saryanti, D. (2023). PENETAPAN KADAR FLAVONOID EKSTRAK AIR BUAH JAMBU BIJI MERAH (*Psidium guajava* Linn). *Parapemikir : Jurnal Ilmiah Farmasi*, 12(3), 359. <https://doi.org/10.30591/pjif.v12i3.5746>
- Rakariyatham, K., Boonyapranai, K., Laokuldilok, T., Utama-ang, N., Nutprem, A., Kaewprasit, K., & Tatongjai, K. (2025). Impact of different dehydration methods on physicochemical and functional properties of guava (*Psidium guajava* L.) powder prepared from white and pink pomaces. *Applied Food Research*, 5(1), 100696. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100696>
- Ram, M. M., Vinod, A. B. R., Ahamad, S., Kumar, N., & Bhan, C. (2024). UV - C Irradiation Enhances the Quality and Shelf - Life of Stored Guava Fruit via Boosting the Antioxidant Systems and Defense Responses. *Food and Bioprocess Technology*, 17(11), 3704–3715. <https://doi.org/10.1007/s11947-024-03338-8>
- Ramos, G. L. P. A., Esper, L. M. R., & Gonzalez, A. G. M. (2024). Review A review on the application of UV-C treatment on food and food surfaces : association with food microbiology , predictive microbiology and quantitative microbial risk assessment. 1187–1196. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16880>
- Rendah, S., & Suhu, D. A. N. (2021). PERUBAHAN KONDISI PRODUK HORTIKULTURA PADA PENYIMPANAN SUHU RENDAH DAN SUHU RUANG Trisia Wulantika. 2(1), 20–25.
- Rocha, L., Leonel, S., Mirellys, J., Souza, A., Loli, E., Leonel, M., Naiara, L., Monteiro, H., Souza, M. De, & Bibiano, R. (2020). LWT - Food Science and Technology Improving the nutritional value and extending shelf life of red guava by adding calcium chloride. *LWT - Food Science and Technology*, 130(April), 109655. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109655>
- Sadraeian, M., Zhang, L., Aavani, F., Biazar, E., & Jin, D. (2022). Viral inactivation by light. *ELight*. <https://doi.org/10.1186/s43593-022-00029-9>

- Safaryani, N., Haryanti, S., & Hastuti, E. D. (2007). *Pengaruh Suhu dan Lama Penyimpanan terhadap Penurunan Kadar Vitamin C Brokoli (Brassica oleracea L)*. XV(2), 39–45.
- Sam Arul Raj, M., Amalraj, S., Alarifi, S., Kalaskar, M. G., Chikhale, R., Santhi, V. P., Gurav, S., & Ayyanar, M. (2023). Nutritional Composition, Mineral Profiling, In Vitro Antioxidant, Antibacterial and Enzyme Inhibitory Properties of Selected Indian Guava Cultivars Leaf Extract. *Pharmaceuticals*, 16(12). <https://doi.org/10.3390/ph16121636>
- Samad, M. Y. (n.d.). *TERHADAP MUTU KOMODITAS HORTIKULTURA*. 31–36.
- Sheng, K., Shui, S. S., Yan, L., Liu, C., & Zheng, L. (2018). Effect of postharvest UV-B or UV-C irradiation on phenolic compounds and their transcription of phenolic biosynthetic genes of table grapes. *Journal of Food Science and Technology*, 55(8), 3292–3302. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3264-1>
- Silaban, S. D., Erma, P., Endang, S., Silaban, S. D., Prihastanti, E., Saptiningsih, E., Anatomi, B., Hasundutan, H., & Utara, S. (n.d.). *Pengaruh Suhu dan Lama Penyimpanan Terhadap Kandungan Total Asam , Kadar Gula serta Kematangan Buah Terung Belanda (Cyphomandra betacea Sent)*
- Sinha, R. P., & Häder, D. (2002). *UV-induced DNA damage and repair : a review*. February, 225–236. <https://doi.org/10.1039/b201230h>
- Whitworth, P., Aldred, N., Finlay, J. A., Reynolds, K. J., Clare, A. S., Whitworth, P., Aldred, N., Finlay, J. A., Reynolds, K. J., Clare, A. S., & Led-induced, U. (2024). UV-C LED-induced cyclobutane pyrimidine dimer formation , lesion repair and mutagenesis in the biofilm-forming diatom , *Navicula incerta*. *Biofouling*, 40(1), 76–87. <https://doi.org/10.1080/08927014.2024.2319178>
- Widodo, N. C., Aziz, A., Munawaroh, Z. A., & Anzhari, H. (2024). *Tinjauan Analisis Manfaat dan Dampak Sinar UV-C dalam Bidang Pangan dan Pertanian*. 2(6).
- Yadav, A., Kumar, N., Upadhyay, A., Fawole, O. A., Mahawar, M. K., Jalgaonkar, K., Chandran, D., & Rajalingam, S. (2022). *Recent Advances in Novel Packaging Technologies for Shelf-Life Extension of Guava Fruits for Retaining Health Benefits for Longer Duration*.
- Yousaf, A. A., Abbasi, K. S., Ahmad, A., Hassan, I., Sohail, A., Qayyum, A., & Akram, M. A. (2021). *Physico-chemical and Nutraceutical Characterization of Selected Indigenous Guava (Psidium guajava L .) Cultivars*. 2061(1), 47–58.
- Zhafira, Z., Riviwanto, M., & Gusti, A. (2024). *Hubungan Intensitas Radiasi Ultraviolet , Jarak Pengelasan , dan Karakteristik Pekerja Dengan Gejala*

Konjungtivitis Fotoelektrik Pada Pekerja Bengkel Las di Kota Bukittinggi.
18(1), 1–8.

Zhao, Y., Zuo, J., Yuan, S., Shi, W., Shi, J., Feng, B., & Wang, Q. (2021). *UV-C Treatment Maintains the Sensory Quality , Antioxidant Activity and Flavor of Pepino Fruit during Postharvest Storage.*

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Data Hasil Penelitian

1. Data Lama Simpan Buah Jambu Biji Merah

Lama Pemaparan (Menit)	Lama Penyimpanan (Hari)				
	U1	U2	U3	U4	U5
0	8	9	9	8	9
5	10	11	11	10	11
10	14	14	13	14	15
15	12	12	11	12	12
20	10	9	10	10	9

2. Data Tekstur Buah Jambu Biji Merah

Lama Paparan (Menit)	Penyimpanan	Tekstur			
		Segar	Agak Segar	Keriput	Berbintik Coklat
0	Hari ke-0	✓			
	Hari ke-4		✓		
	Hari ke-8			✓	
	Hari ke-12				✓
5	Hari ke-0	✓			
	Hari ke-4		✓		
	Hari ke-8			✓	
	Hari ke-12			✓	
10	Hari ke-0	✓			
	Hari ke-4		✓		
	Hari ke-8		✓		
	Hari ke-12			✓	
15	Hari ke-0	✓			
	Hari ke-4		✓		
	Hari ke-8		✓		
	Hari ke-12			✓	
20	Hari ke-0	✓			
	Hari ke-4		✓		
	Hari ke-8			✓	
	Hari ke-12				✓

3. Data Kadar Antioksidan Buah Jambu Biji Merah

Lama Paparan (Menit)	Penyimpanan	Kadar Antioksidan buah				
		U1	U2	U3	U4	U5
0	Hari ke-0	0,612	0,615	0,609	0,614	0,611
	Hari ke-4	0,568	0,571	0,566	0,569	0,567
	Hari ke-8	0,501	0,498	0,505	0,503	0,5
	Hari ke-12	0,432	0,428	0,435	0,431	0,434
5	Hari ke-0	0,623	0,62	0,625	0,622	0,624
	Hari ke-4	0,596	0,592	0,594	0,595	0,593
	Hari ke-8	0,552	0,556	0,55	0,553	0,551
	Hari ke-12	0,488	0,492	0,485	0,489	0,486
10	Hari ke-0	0,648	0,645	0,651	0,647	0,649
	Hari ke-4	0,632	0,628	0,63	0,631	0,629
	Hari ke-8	0,603	0,6	0,605	0,602	0,604
	Hari ke-12	0,556	0,552	0,559	0,555	0,557
15	Hari ke-0	0,662	0,659	0,664	0,661	0,663
	Hari ke-4	0,646	0,642	0,648	0,645	0,647
	Hari ke-8	0,618	0,614	0,62	0,617	0,619
	Hari ke-12	0,572	0,568	0,575	0,571	0,574
20	Hari ke-0	0,637	0,634	0,64	0,638	0,635
	Hari ke-4	0,608	0,605	0,611	0,609	0,606
	Hari ke-8	0,561	0,558	0,565	0,562	0,559
	Hari ke-12	0,506	0,502	0,508	0,505	0,507

4. Data Kadar Vitamin C Buah Jambu Biji Merah

Lama Paparan (Menit)	Penyimpanan	Kadar Vitamin C Buah				
		U1	U2	U3	U4	U5
0	Hari ke-0	0,842	0,846	0,839	0,844	0,841
	Hari ke-4	0,761	0,758	0,764	0,762	0,759
	Hari ke-8	0,653	0,65	0,655	0,654	0,651
	Hari ke-12	0,532	0,528	0,535	0,531	0,534
5	Hari ke-0	0,856	0,852	0,858	0,855	0,857
	Hari ke-4	0,802	0,799	0,805	0,803	0,8
	Hari ke-8	0,714	0,71	0,716	0,713	0,715
	Hari ke-12	0,604	0,6	0,607	0,603	0,606
10	Hari ke-0	0,889	0,885	0,892	0,888	0,891
	Hari ke-4	0,862	0,858	0,864	0,861	0,863
	Hari ke-8	0,806	0,802	0,809	0,805	0,808

	Hari ke-12	0,722	0,718	0,724	0,721	0,723
15	Hari ke-0	0,903	0,899	0,906	0,902	0,905
	Hari ke-4	0,875	0,872	0,878	0,876	0,873
	Hari ke-8	0,824	0,82	0,826	0,823	0,825
	Hari ke-12	0,744	0,74	0,746	0,743	0,745
20	Hari ke-0	0,871	0,867	0,874	0,87	0,873
	Hari ke-4	0,821	0,818	0,824	0,822	0,819
	Hari ke-8	0,748	0,744	0,751	0,747	0,75
	Hari ke-12	0,65	0,646	0,652	0,649	0,651

5. Data Kadar Vitamin A Buah Jambu Biji Merah

Lama Paparan (Menit)	Penyimpanan	Kadar Vitamin A Buah				
		U1	U2	U3	U4	U5
0	Hari ke-0	0,521	0,524	0,519	0,522	0,52
	Hari ke-4	0,482	0,479	0,485	0,483	0,48
	Hari ke-8	0,433	0,429	0,435	0,434	0,431
	Hari ke-12	0,381	0,378	0,384	0,382	0,379
5	Hari ke-0	0,536	0,533	0,538	0,537	0,534
	Hari ke-4	0,511	0,508	0,514	0,512	0,509
	Hari ke-8	0,468	0,465	0,47	0,469	0,466
	Hari ke-12	0,421	0,418	0,424	0,422	0,419
10	Hari ke-0	0,561	0,558	0,564	0,562	0,559
	Hari ke-4	0,544	0,54	0,547	0,545	0,542
	Hari ke-8	0,514	0,51	0,516	0,515	0,512
	Hari ke-12	0,471	0,468	0,474	0,472	0,469
15	Hari ke-0	0,572	0,569	0,575	0,573	0,57
	Hari ke-4	0,553	0,55	0,556	0,554	0,551
	Hari ke-8	0,526	0,522	0,529	0,527	0,524
	Hari ke-12	0,485	0,482	0,488	0,486	0,483
20	Hari ke-0	0,548	0,545	0,551	0,549	0,546
	Hari ke-4	0,518	0,515	0,52	0,519	0,516
	Hari ke-8	0,478	0,475	0,48	0,479	0,476
	Hari ke-12	0,432	0,428	0,435	0,433	0,43

6. Data Kadar Zat Besi Buah Jambu Biji Merah

Lama Paparan (Menit)	Penyimpanan	Kadar Zat Besi Buah				
		U1	U2	U3	U4	U5
	Hari ke-0	0,118	0,12	0,119	0,119	0,118

0	Hari ke-4	0,109	0,108	0,11	0,109	0,11
	Hari ke-8	0,096	0,095	0,097	0,096	0,097
	Hari ke-12	0,082	0,081	0,083	0,082	0,083
5	Hari ke-0	0,124	0,123	0,125	0,124	0,123
	Hari ke-4	0,119	0,118	0,12	0,119	0,12
	Hari ke-8	0,11	0,109	0,111	0,11	0,111
	Hari ke-12	0,098	0,097	0,099	0,098	0,099
10	Hari ke-0	0,134	0,133	0,136	0,135	0,134
	Hari ke-4	0,131	0,13	0,132	0,131	0,132
	Hari ke-8	0,124	0,123	0,126	0,124	0,125
	Hari ke-12	0,115	0,114	0,116	0,115	0,116
15	Hari ke-0	0,142	0,141	0,144	0,143	0,142
	Hari ke-4	0,139	0,138	0,141	0,14	0,139
	Hari ke-8	0,132	0,131	0,134	0,133	0,132
	Hari ke-12	0,124	0,123	0,126	0,125	0,124
20	Hari ke-0	0,129	0,128	0,131	0,13	0,129
	Hari ke-4	0,123	0,122	0,124	0,123	0,124
	Hari ke-8	0,114	0,113	0,116	0,115	0,114
	Hari ke-12	0,104	0,103	0,105	0,104	0,105

LAMPIRAN 2

Perhitungan Data Hasil Penelitian

1. Kadar Antioksidan

Nilai Absorbansi $\lambda = 517 \text{ nm}$

Persamaan Kurva Standar: $y = 0,00914 x + 0,0002$

Keterangan:

- y = absorbansi
- x = kadar antioksidan (mg/L)

Sehingga $\rightarrow \frac{y - 0,0002}{0,00914}$

Data absorbansi sampel U1 = 0,612

$$x = \frac{0,612 - 0,0002}{0,00914}$$

$$x = \frac{0,6118}{0,00914}$$

$$x = 66,94 \text{ mg/L}$$

2. Vitamin C

Nilai Absorbansi $\lambda = 265 \text{ nm}$

Persamaan Kurva Standar: $y = 0,0109 x + 0,0005$

Data absorbansi sampel U1 = 0,842

$$x = \frac{0,842 - 0,0005}{0,0109}$$

$$x = \frac{0,8415}{0,0109}$$

$$x = 77,20 \text{ mg/L}$$

3. Vitamin A

Nilai Absorbansi $\lambda = 325 \text{ nm}$

Persamaan Kurva Standar: $y = 0,0479 x + 0,0008$

Data absorbansi sampel U1 = 0,521

$$x = \frac{0,521 - 0,0008}{0,0479}$$

$$x = \frac{0,5202}{0,0479}$$

$$x = 10,86 \text{ mg/L}$$

4. Zat Besi

Nilai Absorbansi $\lambda = 248,3 \text{ nm}$

Persamaan Kurva Standar: $y = 0,0910 x + 0,0001$

Data absorbansi sampel U1 = 0,118

$$x = \frac{0,118 - 0,0001}{0,0910}$$

$$x = \frac{0,1179}{0,0910}$$

$$x = 1,30 \text{ mg/L}$$

LAMPIRAN 3

Data Hasil Perhitungan

1. Kadar Antioksidan

Lama Paparan (Menit)	Penyimpanan	Kadar Antioksidan buah (mg/L)					Rata-rata (mg/L)
		U1	U2	U3	U4	U5	
0	Hari ke-0	66,9	67,3	66,6	67,2	66,8	67,0
	Hari ke-4	62,1	62,5	61,9	62,2	62,0	62,1
	Hari ke-8	54,8	54,5	55,2	55,0	54,7	54,8
	Hari ke-12	47,2	46,8	47,6	47,1	47,5	47,2
5	Hari ke-0	68,1	67,8	68,4	68,0	68,2	68,1
	Hari ke-4	65,2	64,7	65,0	65,1	64,9	65,0
	Hari ke-8	60,4	60,8	60,2	60,5	60,3	60,4
	Hari ke-12	53,4	53,8	53,0	53,5	53,2	53,4
10	Hari ke-0	70,9	70,5	71,2	70,8	70,9	70,9
	Hari ke-4	69,1	68,7	68,9	69,0	68,8	68,9
	Hari ke-8	66,0	65,6	66,2	65,8	66,1	65,9
	Hari ke-12	60,8	60,4	61,1	60,7	60,9	60,8
15	Hari ke-0	72,4	72,1	72,6	72,3	72,5	72,4
	Hari ke-4	70,7	70,2	70,9	70,5	70,8	70,6
	Hari ke-8	67,6	67,2	67,8	67,5	67,7	67,5
	Hari ke-12	62,6	62,1	62,9	62,5	62,8	62,6
20	Hari ke-0	69,7	69,3	70,0	69,8	69,5	69,6
	Hari ke-4	66,5	66,2	66,8	66,6	66,3	66,5
	Hari ke-8	61,4	61,0	61,8	61,5	61,1	61,4
	Hari ke-12	55,3	54,9	55,6	55,2	55,4	55,3

2. Vitamin C

Lama Paparan (Menit)	Penyimpanan	Kadar Vitamin C Buah (mg/100 g)					Rata-rata
		U1	U2	U3	U4	U5	
0	Hari ke-0	77,2	77,6	76,9	77,4	77,1	77,2
	Hari ke-4	69,8	69,5	70,0	69,9	69,6	69,8
	Hari ke-8	59,9	59,6	60,0	60,0	59,7	59,8
	Hari ke-12	48,8	48,4	49,0	48,7	48,9	48,8
5	Hari ke-0	78,5	78,1	78,7	78,4	78,6	78,4
	Hari ke-4	73,5	73,3	73,8	73,6	73,3	73,5
	Hari ke-8	65,5	65,1	65,6	65,4	65,6	65,4
	Hari ke-12	55,4	55,0	55,6	55,3	55,6	55,4
	Hari ke-0	81,5	81,1	81,8	81,4	81,7	81,5

10	Hari ke-4	79,0	78,7	79,2	78,9	79,1	79
	Hari ke-8	73,9	73,5	74,2	73,8	74,1	73,9
	Hari ke-12	66,2	65,8	66,4	66,1	66,3	66,1
15	Hari ke-0	82,8	82,4	83,1	82,7	83,0	82,8
	Hari ke-4	80,2	80,0	80,5	80,3	80,0	80,2
	Hari ke-8	75,6	75,2	75,7	75,5	75,6	75,5
	Hari ke-12	68,2	67,8	68,4	68,1	68,3	68,2
20	Hari ke-0	79,9	79,5	80,1	79,8	80,0	79,9
	Hari ke-4	75,3	75,0	75,6	75,4	75,1	75,3
	Hari ke-8	68,6	68,2	68,9	68,5	68,8	68,6
	Hari ke-12	59,6	59,2	59,8	59,5	59,7	59,5

3. Vitamin A

Lama Paparan (Menit)	Penyimpanan	Kadar Vitamin A Buah (mg/100 g)					Rata-rata
		U1	U2	U3	U4	U5	
0	Hari ke-0	10,9	10,9	10,8	10,9	10,8	10,9
	Hari ke-4	10,0	10,0	10,1	10,0	10,0	10,0
	Hari ke-8	9,0	8,9	9,1	9,0	9,0	9,0
	Hari ke-12	7,9	7,9	8,0	8,0	7,9	7,9
5	Hari ke-0	11,2	11,1	11,2	11,2	11,1	11,2
	Hari ke-4	10,7	10,6	10,7	10,7	10,6	10,6
	Hari ke-8	9,8	9,7	9,8	9,8	9,7	9,7
	Hari ke-12	8,8	8,7	8,8	8,8	8,7	8,8
10	Hari ke-0	11,7	11,6	11,8	11,7	11,7	11,7
	Hari ke-4	11,3	11,3	11,4	11,4	11,3	11,3
	Hari ke-8	10,7	10,6	10,8	10,7	10,7	10,7
	Hari ke-12	9,8	9,8	9,9	9,8	9,8	9,8
15	Hari ke-0	11,9	11,9	12,0	11,9	11,9	11,9
	Hari ke-4	11,5	11,5	11,6	11,5	11,5	11,5
	Hari ke-8	11,0	10,9	11,0	11,0	10,9	11,0
	Hari ke-12	10,1	10,0	10,2	10,1	10,1	10,1
20	Hari ke-0	11,4	11,4	11,5	11,4	11,4	11,4
	Hari ke-4	10,8	10,7	10,8	10,8	10,8	10,8
	Hari ke-8	10,0	9,9	10,0	10,0	9,9	10,0
	Hari ke-12	9,0	8,9	9,1	9,0	9,0	9,0

4. Zat Besi

Lama Paparan (Menit)	Penyimpanan	Kadar Zat Besi Buah (mg/100g)					Rata-rata
		U1	U2	U3	U4	U5	
0	Hari ke-0	1,30	1,32	1,31	1,31	1,30	1,30
	Hari ke-4	1,20	1,19	1,21	1,20	1,21	1,20
	Hari ke-8	1,05	1,04	1,06	1,05	1,06	1,06
	Hari ke-12	0,90	0,89	0,91	0,90	0,91	0,90
5	Hari ke-0	1,36	1,35	1,37	1,36	1,35	1,36
	Hari ke-4	1,31	1,30	1,32	1,31	1,32	1,31
	Hari ke-8	1,21	1,20	1,22	1,21	1,22	1,21
	Hari ke-12	1,08	1,06	1,09	1,08	1,09	1,08
10	Hari ke-0	1,47	1,46	1,49	1,48	1,47	1,48
	Hari ke-4	1,44	1,43	1,45	1,44	1,45	1,44
	Hari ke-8	1,36	1,35	1,38	1,36	1,37	1,37
	Hari ke-12	1,26	1,25	1,27	1,26	1,27	1,26
15	Hari ke-0	1,56	1,55	1,58	1,57	1,56	1,56
	Hari ke-4	1,53	1,52	1,55	1,54	1,53	1,53
	Hari ke-8	1,45	1,44	1,47	1,46	1,45	1,45
	Hari ke-12	1,36	1,35	1,38	1,37	1,36	1,37
20	Hari ke-0	1,42	1,41	1,44	1,43	1,42	1,42
	Hari ke-4	1,35	1,34	1,36	1,35	1,36	1,35
	Hari ke-8	1,25	1,24	1,27	1,26	1,25	1,26
	Hari ke-12	1,14	1,13	1,15	1,14	1,15	1,14

LAMPIRAN 4

UJI ANOVA

1. Kadar Antioksidan Buah Jambu Biji Merah

	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rata-rata Kelompok	F-Hitung	Sig.
Antar Kelompok	92.694	4	23.174	378.654	.000
Dalam Keompok	1.224	20	.061		
Total	93.918	24			

2. Kadar Vitamin C Buah Jambu Biji Merah

	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rata-rata Kelompok	F-Hitung	Sig.
Antar Kelompok	100.474	4	25.119	381.742	.000
Dalam Keompok	1.316	20	.066		
Total	101.790	24			

3. Kadar Vitamin A Buah Jambu Biji Merah

	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rata-rata Kelompok	F-Hitung	Sig.
Antar Kelompok	3.546	4	.887	295.533	.000
Dalam Keompok	.060	20	.003		
Total	3.606	24			

4. Kadar Zat Besi Buah Jambu Biji Merah

	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rata-rata Kelompok	F-Hitung	Sig.
Antar Kelompok	.199	4	.050	470.509	.000
Dalam Keompok	.002	20	.000		
Total	.002	24			

LAMPIRAN 5

UJI DMRT

1. Kadar Antioksidan Buah Jambu Biji Merah

Kadar Antioksidan Buah Jambu Biji Merah						
Duncan ^a						
lamapaparan	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
0	5	66.960				
5	5		68.100			
20	5			69.660		
10	5				70.860	
15	5					72.380
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

2. Kadar Vitamin C Buah Jambu Biji Merah

Kadar Vitamin C Buah Jambu Biji Merah						
Duncan ^a						
lamapaparan	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
0	5	77.240				
5	5		78.460			
20	5			79.860		
10	5				81.500	
15	5					82.800
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

3. Kadar Vitamin A Buah Jambu Biji Merah

Kadar Vitamin A Buah Jambu Biji Merah						
Duncan ^a						
lamapaparan	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
0	5	2,6425				
5	5		2,4805			
20	5			2,1175		
10	5				1,9750	
15	5					1,7175
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

4. Kadar Zat Besi Buah Jambu Biji Merah

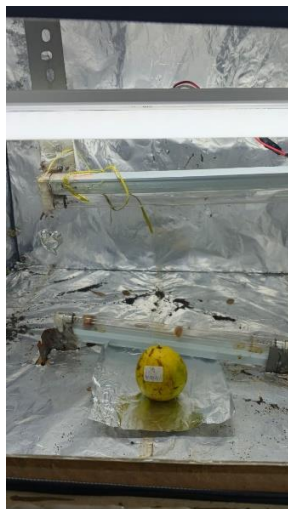
Kadar Zat Besi Buah Jambu Biji Merah						
Duncan ^a						
lamapaparan	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
0	5	1.3080				
5	5		1.3580			
20	5			1.4240		
10	5				1.4740	
15	5					1.5640
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

LAMPIRAN 6

1. Penyimpanan hari ke 0, 4, 8, 12



2. Pemaparan 5, 10, 15, 20 menit

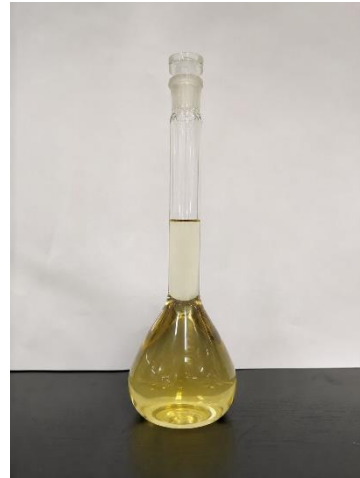


3. Penyimpanan Suhu Rendah

4. Persiapan Larutan Standar



Antioksidan dan Vitamin C



Vitamin A

5. Penghalusan Buah Jambu Biji Merah



6. Pengukuran Kadar Kandungan Buah Jambu Biji Merah



Kadar Antioksidan



Kadar Vitamin C

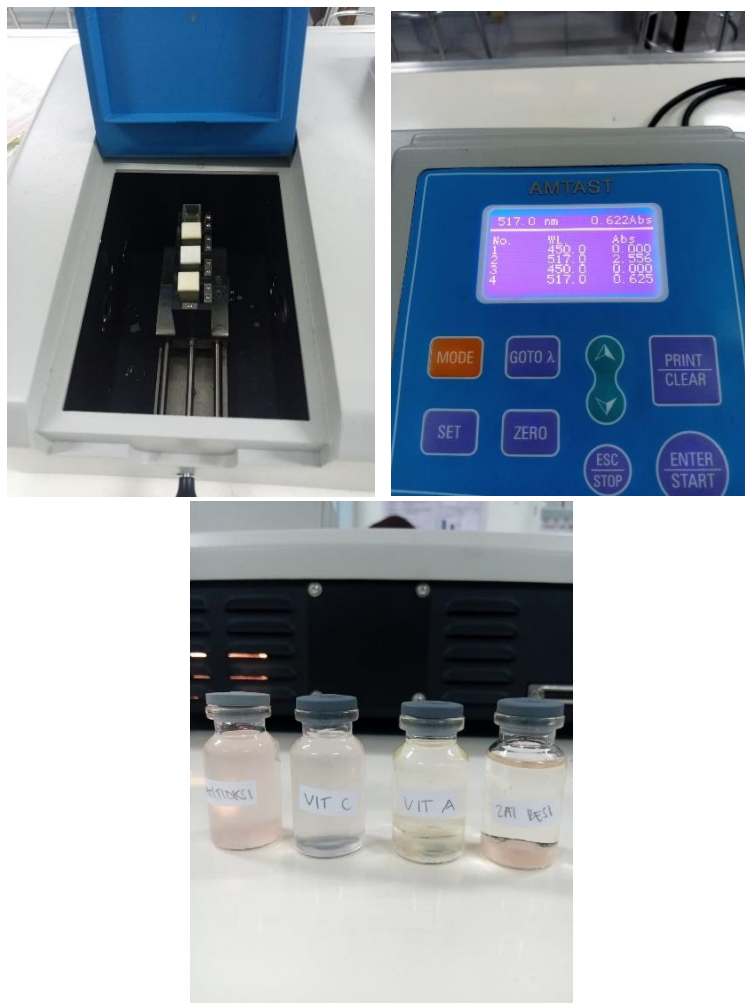


Kadar Vitamin A



Kadar Zat Besi

7. Pengukuran Spektrofotometer UV-Vis





JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 220604110045
Nama : TSABITAH RAHMAH AZZAHRO
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Jurusan : FISIKA
Dosen Pembimbing 1 : Prof. Dr. Drs.MOKHAMMAD TIRONO, M.Si
Dosen Pembimbing 2 : AHMAD ABTOKHI, M.Pd
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : PENGARUH LAMA PAPARAN UV-C TERHADAP TEKSTUR, KADAR ANTIOKSIDAN, VITAMIN C, VITAMIN A, DAN ZAT BESI PADA BUAH JAMBU BIJI MERAH (Psidium Guajava L) YANG DISIMPAN PADA SUHU RENDAH

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	01 Desember 2025	Prof. Dr. Drs.MOKHAMMAD TIRONO, M.Si	Konsultasi Bab 1- 3	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
2	02 Desember 2025	Prof. Dr. Drs.MOKHAMMAD TIRONO, M.Si	Revisi Bab 1-3	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
3	08 Desember 2025	Prof. Dr. Drs.MOKHAMMAD TIRONO, M.Si	ACC Seminar Proposal	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
4	06 Februari 2026	Prof. Dr. Drs.MOKHAMMAD TIRONO, M.Si	Revisi Seminar Proposal	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
5	27 Februari 2026	AHMAD ABTOKHI, M.Pd	Konsultasi Integrasi Bab 1 dan 2	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
6	12 Juni 2026	Prof. Dr. Drs.MOKHAMMAD TIRONO, M.Si	Konsultasi Bab 4 dan 5	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
7	14 Juni 2026	Prof. Dr. Drs.MOKHAMMAD TIRONO, M.Si	Revisi Bab 4 dan 5	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
8	15 Juni 2026	Prof. Dr. Drs.MOKHAMMAD TIRONO, M.Si	Konsultasi Bab 4 dan 5	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
9	16 Juni 2026	Prof. Dr. Drs.MOKHAMMAD TIRONO, M.Si	ACC Seminar Hasil	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
10	17 Juni 2026	AHMAD ABTOKHI, M.Pd	Konsultasi Integrasi Bab 4	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
11	25 Juni 2026	Prof. Dr. Drs.MOKHAMMAD TIRONO, M.Si	Revisi Seminar Hasil	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
12	25 Juni 2026	Prof. Dr. Drs.MOKHAMMAD TIRONO, M.Si	ACC Sidang Akhir	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

AHMAD ABTOKHI, M.Pd

Malang

Dosen Pembimbing 1

Prof. Dr. Drs. MOKHAMMAD TIRONO,
M.Si

Kajur / Kaprodi,

FARID SAMSUHANANTO, M.T