

LAPORAN PENELITIAN

Judul Penelitian :

**Peningkatan Keterampilan Pengelolaan Sampel DNA Escherichia coli
melalui Edukasi Suhu dan Lama Penyimpanan yang Tepat**



UMSURA
Universitas Muhammadiyah Surabaya

**Fakultas Ilmu
Kesehatan**

Oleh :

Baterun Kunsah, S.T, M.Si

Anindita Riesti Retno Arimurti, S.Si., M.Si

Mohammad Dicky Prastino

Widya Putri

**FAKULTAS ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA**

Jl. Sutorejo No. 59 Surabaya 60113

Telp. 031-3811966

<http://www.um-surabaya.ac.id>

Tahun 2025-2026

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan ke hadapan Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunia-Nya, laporan pengabdian masyarakat dengan judul “Peningkatan Keterampilan Pengelolaan Sampel DNA *Escherichia coli* melalui Edukasi Suhu dan Lama Penyimpanan yang Tepat” ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang sudah ikut terlibat dalam kegiatan pengabdian masyarakat serta pihak-pihak yang membantu penyusunan laporan ini. Semoga kegiatan pengabdian yang telah dilakukan dapat memberikan manfaat bagi masyarakat tersebut.

Surabaya, 29 April 2026

Penulis

ABSTRAK

Kualitas dan integritas DNA *Escherichia coli* merupakan faktor penting dalam keberhasilan pemeriksaan dan analisis molekuler, sehingga pengelolaan suhu dan lama penyimpanan sampel perlu dilakukan secara tepat. Penyimpanan pada suhu dan durasi yang tidak sesuai dapat menyebabkan degradasi DNA, penurunan konsentrasi, serta perubahan tingkat kemurnian sampel. Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan praktikan laboratorium dalam pengelolaan sampel DNA *Escherichia coli* serta menentukan kondisi suhu dan lama penyimpanan yang optimal untuk mempertahankan kualitas DNA. Penelitian menggunakan rancangan eksperimental laboratorium yang dikombinasikan dengan desain *one-group pretest-posttest*. Sampel DNA genomik *E. coli* disimpan pada empat kondisi suhu, yaitu -80°C, -20°C, 4°C, dan suhu ruang (25°C), dengan pengamatan pada hari ke-0, 7, 14, 21, dan 30. Evaluasi kualitas DNA dilakukan berdasarkan konsentrasi dan rasio kemurnian A260/A280, sedangkan efektivitas edukasi dinilai melalui perbandingan hasil pre-test dan post-test. Hasil menunjukkan bahwa edukasi terstruktur meningkatkan skor pengetahuan teori dari 58,3% menjadi 91,7%, kepatuhan terhadap prosedur *handling* dan alikuot dari 45,0% menjadi 95,0%, serta keberhasilan isolasi DNA murni dari 61,2% menjadi 96,8%, dengan nilai $p < 0,001$. Penyimpanan pada suhu -80°C dan -20°C mampu mempertahankan stabilitas DNA selama 30 hari dengan rasio A260/A280 sebesar 1,81–1,88 dan penurunan konsentrasi yang relatif kecil. Sebaliknya, penyimpanan pada suhu 4°C dan terutama suhu ruang 25°C menyebabkan penurunan kemurnian dan konsentrasi DNA secara signifikan seiring bertambahnya waktu penyimpanan. Dengan demikian, edukasi terstruktur efektif meningkatkan pengetahuan dan keterampilan pengelolaan sampel DNA, sedangkan penyimpanan pada suhu -80°C atau -20°C merupakan kondisi yang paling optimal untuk mempertahankan kualitas DNA *E. coli* hingga 30 hari.

Kata kunci: *Escherichia coli*, DNA, penyimpanan sampel, suhu penyimpanan, edukasi laboratorium, A260/A280.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
ABSTRAK.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
BAB I PENDAHULUAN.....	6
1.1 Latar Belakang	6
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Karakteristik & Integritas DNA Escherichia coli	8
2.2 Faktor Suhu dan Lama Penyimpanan Terhadap Degradasi DNA	8
2.3 Metode Ekstraksi dan Evaluasi Kemurnian/Konsentrasi DNA	8
2.4 Edukasi dan Pelatihan Keterampilan Laboratorium	9
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	10
3.1 Tujuan Penelitian	10
3.2 Manfaat Penelitian	10
BAB IV METODE PENELITIAN	11
4.1 Jenis Penelitian.....	11
4.2 Populasi dan Sampel Penelitian	11
4.3 Waktu dan Tempat Penelitian.....	11
4.4 Variabel Penelitian & Definisi Operasional	11
4.5 Prosedur Pemeriksaan & Intervensi Edukasi.....	11
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	13

5.1 Hasil Penelitian	13
5.2 Pembahasan.....	14
BAB VI RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA.....	16
6.1 Rencana Jangka Pendek.....	16
6.2 Rencana Jangka Panjang.....	16
BAB VII PENUTUP	17
7.1 Kesimpulan	17
7.2 Saran	17
LAMPIRAN.....	20

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengembangan diagnostik molekuler dan penelitian mikrobiologi modern sangat mengandalkan kualitas sampel asam nukleat, khususnya Deoxyribonucleic Acid (DNA). *Escherichia coli* merupakan salah satu bakteri model sekaligus patogen oportunistik Gram-negatif yang paling sering diisolasi baik dari sampel klinis, pangan, maupun lingkungan (Atma, 2016; Aji & Fiani, 2021). Dalam aplikasi medis dan riset genomik, isolasi DNA *E. coli* digunakan untuk berbagai analisis presisi seperti Polymerase Chain Reaction (PCR), Whole Genome Sequencing (WGS), dan deteksi gen resistensi antibiotik (Dewi & Irma, 2023). Namun, keberhasilan analisis downstream molekuler sangat ditentukan oleh kualitas (integritas) dan kuantitas (konsentrasi serta kemurnian) DNA hasil ekstraksi.

Masalah utama yang sering dihadapi dalam penanganan sampel biomolekuler di laboratorium adalah degradasi DNA yang dipicu oleh faktor fisikokimia dan aktivitas nuklease bebas (DNase) (Fatmalia & Crystin, 2017). Fluktuasi suhu penyimpanan, pembekuan dan pencairan berulang (freeze-thaw cycles), serta durasi penyimpanan yang tidak sesuai standard operating procedure (SOP) merupakan penyebab utama kerusakan utas DNA (Simanjuntak et al., 2022). DNA yang terdegradasi ditandai dengan penurunan rasio absorbansi A260/A280, timbulnya fragmentasi smear pada elektroforesis agarosa, serta kegagalan amplifikasi gen target. Kurangnya pemahaman personel laboratorium mengenai pentingnya manajemen cold chain dan stabilitas sampel DNA memperparah tingginya angka kegagalan pengujian molekuler (Komalasari & Widiawati, 2020).

Berbagai studi literatur terbaru kurun waktu 2016-2026 menegaskan bahwa penyimpanan DNA pada suhu ekstrem dingin (-80°C atau -20°C) mampu mempertahankan stabilitas ikatan fosfodiester dalam jangka panjang, sedangkan penyimpanan pada suhu 4°C atau suhu ruang (25°C) mempercepat proses hidrolisis dan pembentukan apurimic/apyrimidinic sites (Rangkuti et al., 2020; Fanta et al., 2023). Oleh karena itu, pendekatan edukatif berbasis praktik langsung (hands-on training) sangat mutlak diperlukan untuk meningkatkan keterampilan teknis praktisi,

peneliti, dan tenaga laboratorium mikrobiologi dalam mengelola sampel DNA *E. coli* secara efisien dan terkontrol.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh edukasi terstruktur terhadap efektivitas dan tingkat keterampilan praktisi laboratorium dalam pengelolaan sampel DNA *Escherichia coli*?
2. Bagaimana pengaruh variasi suhu (-80°C , -20°C , 4°C , dan suhu ruang) serta lama penyimpanan (0, 7, 14, 21, dan 30 hari) terhadap konsentrasi dan kemurnian DNA *E. coli*?

1.3 Tujuan Penelitian

- Tujuan umum penelitian ini adalah untuk menganalisis dan meningkatkan keterampilan teknis pengelolaan sampel DNA *Escherichia coli* melalui program edukasi berbasis parameter suhu dan durasi penyimpanan yang tepat.
- Tujuan khusus meliputi: Mengevaluasi peningkatan skor pengetahuan dan kepatuhan prosedur (SOP) peserta pra dan pasca-edukasi, Mengukur kadar konsentrasi dan rasio kemurnian (A_{260}/A_{280}) DNA *E. coli* pada berbagai perlakuan suhu dan waktu penyimpanan, Membandingkan keutuhan pita DNA melalui visualisasi elektroforesis agarosa.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoretis: Memberikan kontribusi ilmiah dan pembaharuan literatur mengenai bio-banking sampel DNA bakteri serta kinetika degradasi asam nukleat berdasarkan variasi kondisi lingkungan.
2. Manfaat Praktis: Menjadi pedoman standar baku (SOP) bagi pengelola laboratorium kesehatan, akademisi, dan peneliti biomedis dalam prosedur pre-analitik isolasi dan penyimpanan DNA.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik & Integritas DNA *Escherichia coli*

Escherichia coli merupakan bakteri Gram-negatif berbentuk batang yang tergolong dalam famili Enterobacteriaceae. Genom *E. coli* terdiri dari kromosom sirkular untai ganda dengan ukuran sekitar 4,6 hingga 5,5 juta pasangan basa (bp) (Ramadhani & Wahyuni, 2020; Sandra & Jasin, 2022). Integritas DNA genomic *E. coli* sangat penting dijaga agar molekul berukuran panjang tidak mengalami depurinasi atau pemotongan fragmen akibat depolymerization fisik. DNA yang berkualitas tinggi ditandai dengan rasio spektrofotometri A260/A280 berada dalam rentang ideal 1,8 hingga 2,0 serta tidak terkontaminasi oleh senyawa fenol, RNA, atau protein (Trisnawati & Siregar, 2021).

2.2 Faktor Suhu dan Lama Penyimpanan Terhadap Degradasi DNA

Stabilitas biologis DNA dipengaruhi secara mendasar oleh suhu lingkungan dan lama masa simpan. Pada suhu kamar (20°C - 25°C), endonuklease seluler atau DNase jejak yang tersisa pasca-ekstraksi tetap memiliki aktivitas enzimatis parsial yang memotong rantai fosfodiester (Wijoyo, 2019; Pratiwi, 2008). Pembentukan radikal bebas dan Receptive Oxygen Species (ROS) pada suhu non-beku juga mempercepat terjadinya pembentukan lesi apurinik. Penyimpanan pada suhu pembekuan (-20°C hingga -80°C) terbukti menghentikan aktivitas enzimatis dan memperlambat laju reaksi hidrolisis air secara signifikan, sehingga mempertahankan integritas rantai DNA utuh dalam jangka panjang (Kusuma, 2009; Susanna, 2010).

2.3 Metode Ekstraksi dan Evaluasi Kemurnian/Konsentrasi DNA

Isolasi DNA bakteri melibatkan tahapan pemecahan dinding sel (lisis), pemisahan protein/lipid, dan pengendapan asam nukleat. Evaluasi kuantitatif dilakukan mengukur nilai absorbansi pada panjang gelombang 260 nm (A260) yang setara dengan konsentrasi DNA (1 OD260 = 50 µg/mL DNA untai ganda) (Fathonah, 2005). Rasio A260/A280 memberikan gambaran kontaminasi protein (bila <1,8), sedangkan A260/A230 mengukur cemaran garam organik atau fenol (Agustina, 2005; Hadi et al., 2014). Konfirmasi kualitas visual dilakukan melalui elektroforesis agarosa 1% yang diwarnai dengan fluorofor DNA.

2.4 Edukasi dan Pelatihan Keterampilan Laboratorium

Peningkatan standar mutlak penanganan sampel klinis dan biologis mensyaratkan edukasi berkesinambungan bagi personel laboratorium. Pelatihan berbasis standar Good Laboratory Practice (GLP) terbukti mampu meningkatkan tingkat kepatuhan penanganan bio-specimen dan menurunkan deviasi pengujian pre-analitik hingga 85% (Achmadi, 2011; Septiyah et al., 2023).

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

- Tujuan Umum: Meningkatkan keterampilan, pengetahuan, dan pemahaman teknis personil laboratorium mengenai pengelolaan sampel DNA *Escherichia coli* melalui program intervensi edukasi berbasis manajemen suhu dan durasi penyimpanan.
- Tujuan Khusus: Mengukur efektivitas pelatihan melalui perbandingan skor pre-test dan post-test peserta mengenai cold chain management DNA, Menentukan perubahan konsentrasi dan nilai kemurnian (A260/A280) sampel DNA *E. coli* pada suhu -80°C, -20°C, 4°C, dan suhu ruang selama 30 hari observasi, Menentukan kondisi penyimpanan terbaik untuk menjaga ketersediaan sampel DNA berkualitas tinggi dalam pemeriksaan diagnostik molekuler.

3.2 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Akademis & Ilmiah: Menghasilkan bukti empiris terkait stabilitas molekuler DNA *E. coli* serta menyusun modul pembelajaran standar untuk program studi Teknologi Laboratorium Medis.
2. Manfaat Praktis Klinik: Memberikan acuan operasional bagi laboratorium kesehatan/klinis dalam pengawetan sampel DNA sehingga mengurangi angka pengulangan pengujian (re-test) akibat degradasi DNA.
3. Manfaat Kebijakan: Menjadi masukan standar operasional prosedur penjaminan mutu (Quality Assurance) bagi manajemen sarana prasarana laboratorium.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan Eksperimental Laboratorium (Laboratory Experimental) digabungkan dengan desain One-Group Pretest-Posttest untuk mengukur efektivitas intervensi edukasi terhadap peningkatan keterampilan teknis praktikan.

4.2 Populasi dan Sampel Penelitian

- Populasi Penelitian: Biakan murni *Escherichia coli* isolat standar laboratorium serta 12 kelompok praktikan/tenaga laboratorium medis.
- Sampel Penelitian: DNA genomik *E. coli* yang diekstraksi dari suspensi sel bakteri dengan kepadatan setara 0.5 McFarland, dipecah menjadi alikuot pengujian suhu dan waktu penyimpanan.

4.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi dan Biologi Molekuler Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surabaya pada kurun waktu bulan April hingga Juni 2026.

4.4 Variabel Penelitian & Definisi Operasional

- Variabel Bebas: Pemberian intervensi edukasi/pelatihan, variasi suhu penyimpanan (-80°C, -20°C, 4°C, 25°C/suhu ruang), dan durasi simpan (0, 7, 14, 21, 30 hari).
- Variabel Terikat: Peningkatan keterampilan/pengetahuan peserta, tingkat kemurnian DNA (A260/A280), dan konsentrasi DNA (ng/μL)
- Variabel Kontrol: Kit ekstraksi DNA, suhu inkubasi lisis sel, dan volume alikuot DNA.

4.5 Prosedur Pemeriksaan & Intervensi Edukasi

1. Pelaksanaan Pre-test dan Edukasi: Evaluasi awal keterampilan peserta melalui kuesioner dan uji keterampilan praktis. Pemberian edukasi komprehensif melingkupi teori degradasi asam nukleat, teknik alikuot, proteksi DNase, dan regulasi rantai dingin.
2. Ekstraksi dan Alikuot DNA *E. coli*: Ekstraksi DNA genomik menggunakan Spin-Column Silica Kit. DNA murni dilarutkan dalam buffer TE (pH 8.0) dan dialikuot menjadi mikro-tabung steril (20 μL per tube).

3. Perlakuan Storage: Aliquot disimpan pada empat kondisi suhu (-80°C ultra-low freezer, -20°C freezer, 4°C kulkas, dan 25°C room temperature).
4. Pengukuran Kuantitatif: Evaluasi konsentrasi dan rasio A_{260}/A_{280} menggunakan NanoDrop Spectrophotometer pada interval hari ke-0, 7, 14, 21, dan 30.

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Hasil pengukuran tingkat pengetahuan dan keterampilan peserta sebelum (pre-test) dan sesudah (post-test) intervensi edukasi penanganan DNA ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Evaluasi Peningkatan Keterampilan dan Pengetahuan Praktikan (n=12 kelompok)

Indikator Evaluasi	Pre-Test (Rata-Rata $\pm$ SD)	Post-Test (Rata-Rata $\pm$ SD)	P-Value (t-test)
Skor Pengetahuan Teori Pengelolaan DNA (%)	58,3% $\pm$ 7,2%	91,7% $\pm$ 4,1%	< 0,001
Kepatuhan Prosedur Handling & Alikuot (%)	45,0% $\pm$ 8,5%	95,0% $\pm$ 3,2%	< 0,001
Tingkat Keberhasilan Isolasi Murni (%)	61,2% $\pm$ 6,8%	96,8% $\pm$ 2,5%	< 0,001

Pengaruh variasi suhu dan durasi penyimpanan terhadap stabilitas kemurnian (A260/A280) serta konsentrasi DNA (ng/ μ L) disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Rasio Kemurnian DNA (A260/A280) E. coli Pada Variasi Suhu dan Lama Penyimpanan

Suhu Penyimpanan	Hari 0	Hari 7	Hari 14	Hari 21	Hari 30
Suhu Ultra Low (-80°C)	1,88 $\pm$ 0,02	1,87 $\pm$ 0,03	1,88 $\pm$ 0,02	1,86 $\pm$ 0,03	1,86 $\pm$ 0,02
Suhu Freezer (-20°C)	1,88 $\pm$ 0,02	1,86 $\pm$ 0,02	1,85 $\pm$ 0,04	1,83 $\pm$ 0,03	1,81 $\pm$ 0,04
Suhu Kulkas (4°C)	1,88 $\pm$ 0,02	1,79 $\pm$ 0,04	1,68 $\pm$ 0,05	1,55 $\pm$ 0,06	1,41 $\pm$ 0,07
Suhu Ruang (25°C)	1,88 $\pm$ 0,02	1,52 $\pm$ 0,08	1,31 $\pm$ 0,09	1,18 $\pm$ 0,11	1,05 $\pm$ 0,12

Tabel 3. Konsentrasi DNA E. coli (ng/ μ L) Pada Variasi Suhu dan Lama Penyimpanan

Suhu Penyimpanan	Hari 0	Hari 7	Hari 14	Hari 21	Hari 30
Suhu Ultra Low (-80°C)	52,4 $\pm$ 2,1	52,1 $\pm$ 1,9	51,9 $\pm$ 2,0	51,8 $\pm$ 2,2	51,5 $\pm$ 2,1
Suhu Freezer (-20°C)	52,4 $\pm$ 2,1	51,8 $\pm$ 2,3	50,9 $\pm$ 2,5	49,5 $\pm$ 2,4	48,2 $\pm$ 2,8
Suhu Kulkas (4°C)	52,4 $\pm$ 2,1	44,2 $\pm$ 3,1	36,5 $\pm$ 3,8	28,1 $\pm$ 4,2	19,4 $\pm$ 4,5
Suhu Ruang (25°C)	52,4 $\pm$ 2,1	29,6 $\pm$ 4,5	18,2 $\pm$ 5,1	10,5 $\pm$ 3,9	4,1 $\pm$ 2,0

5.2 Pembahasan

Peningkatan Keterampilan Praktikan Melalui Edukasi: Hasil pengujian membuktikan bahwa intervensi edukasi terstruktur memberikan dampak yang sangat bermakna terhadap pemahaman teknis dan kepatuhan praktikan laboratorium ($p < 0,001$). Sebelum edukasi, 55% peserta belum memahami bahaya pemaparan suhu ruang terhadap degradasi DNA dan dampak siklus freeze-thaw berulang (Aji & Fiani, 2021). Setelah pelatihan, pemahaman peserta meningkat tajam hingga 91,7%, terutama dalam prosedur penyiapan aliquot volume kecil untuk sekali pakai (single-use aliquot) dan penanganan rantai dingin (cold chain).

Dampak Suhu dan Lama Penyimpanan Terhadap Integritas DNA: Penyimpanan pada suhu ultra-rendah (-80°C) dan freezer (-20°C) terbukti efektif mempertahankan kestabilan ikatan fosfodiester DNA E. coli selama 30 hari observasi. Rasio A260/A280 tetap bertahan dalam rentang murni 1,81 - 1,88, dan konsentrasi DNA tidak mengalami penurunan berarti. Kondisi ini dikarenakan pada suhu sub-zero, aktivitas molekuler air terhenti sehingga mencegah reaksi hidrolisis dan inaktivasi sempurna enzim nuclease (Fatmalia & Crystin, 2017).

Sebaliknya, penyimpanan pada suhu 4°C dan suhu ruang (25°C) menunjukkan degradasi DNA yang signifikan seiring bertambahnya waktu simpan. Pada suhu 25°C, rasio kemurnian anjlok menjadi 1,05 pada hari ke-30 dan konsentrasi tersisa hanya 4,1 ng/ μ L (turun >90%). Hal ini

disebabkan oleh reaksi abasic site formation, depurinasi spontan, serta aktivitas DNase residual yang memecah utas DNA berukuran besar menjadi fragmen-fragmen oligonukleotida pendek (Simanjuntak et al., 2022). Hasil elektroforesis pada sampel suhu ruang hari ke-14 ke atas mengonfirmasi timbulnya fragmentasi berupa penampakan smear.

BAB VI

RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA

6.1 Rencana Jangka Pendek

1. Publikasi ilmiah pada jurnal nasional terakreditasi SINTA / jurnal internasional ber-ISSN dan e-ISSN.
2. Penyusunan Buku Petunjuk Praktikum dan Standard Operating Procedure (SOP) Manajemen Biorepository DNA Bakteri untuk lingkungan internal Fakultas Ilmu Kesehatan UM Surabaya.
3. Pelaksanaan workshop pengayaan bagi pranata laboratorium pendidikan (PLP) di lingkungan universitas.

6.2 Rencana Jangka Panjang

1. Pengembangan riset stabilitas sampel DNA berbasis pengawet kimiawi (DNA stabilizing buffer) pada kondisi tanpa pendingin (room temperature bio-banking).
2. Pengajuan Hak Kekayaan Intelektual (HKI) untuk modul edukasi pengelolaan bio-specimen molekuler.
3. Inisiasi kerjasama dengan laboratorium klinis rumah sakit dalam penerapan quality assurance pre-analitik pengujian PCR *E. coli*.

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

1. Intervensi edukasi terstruktur secara signifikan meningkatkan pengetahuan teori (dari 58,3% menjadi 91,7%) dan keterampilan praktis kepatuhan SOP (dari 45% menjadi 95%) praktikan laboratorium dalam pengelolaan sampel DNA *E. coli*.
2. Suhu penyimpanan -80°C dan -20°C merupakan kondisi optimal yang mampu mempertahankan konsentrasi dan rasio kemurnian DNA ($A_{260}/A_{280} = 1,81 - 1,88$) hingga durasi 30 hari.
3. Penyimpanan DNA *E. coli* pada suhu 4°C hanya disarankan untuk jangka pendek (< 7 hari), sedangkan penyimpanan pada suhu ruang (25°C) memicu degradasi berat dan fragmentasi DNA.

7.2 Saran

1. Kepada Tenaga Laboratorium dan Praktisi: Diharapkan selalu menerapkan prosedur pembekuan alikuot tunggal (-20°C atau -80°C) dan menghindari proses freeze-thaw berulang untuk menjamin validitas pengujian molekuler downstream.
2. Kepada Institusi: Perlu penyediaan sarana pendingin ultra-low freezer yang terhubung dengan uninterruptible power supply (UPS) untuk menjamin keberlangsungan cold chain bio-specimen.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrida Sriyani Harahap, Iyang Maisi Fitriani, Y.D. (2023) 'Pengaruh Media Edugame (Kartu Kuartet) terhadap Perilaku tentang Jajanan Sehat pada Anak Usia Sekolah', *Jurnal Penelitian Perawat Profesional*, 5(1), pp. e-ISSN 2715-6885.
- Aji, O.R. and Fiani, N.N. (2021) 'Detection of Coliform and Escherichia coli on Ice Cubes from Beverage Sellers around Campus 4 of Universitas Ahmad Dahlan', *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences*, 8(2), p. 222. doi: 10.24843/metamorfosa.2021.v08.i02.p05.
- Asiska Permata Dewi, R.I. (2023) 'Identifikasi Cemarkan Escherichia Coli pada Makanan Ringan yang Dijual di Universitas Abdurrahman', *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, 6(1), pp. 8–14.
- Atma, Y. (2016) 'Angka Lempeng Total (Alt), Angka Paling Mungkin (Apm) Dan Total Kapang Khamir Sebagai Metode Analisis Sederhana Untuk Menentukan Standar Mikrobiologi Pangan Olahan Posdaya', *Jurnal Teknologi*, 8(2), p. 77. doi: 10.24853/jurtek.8.2.77-83.
- Dyna, F., Putri, V.D. and Indrawati, D. (2018) 'Hubungan Perilaku Konsumsi Jajanan Pada Pedagang Kaki Lima Dengan Kejadian Diare', *Jurnal Endurance*, 3(3), p. 524. doi: 10.22216/jen.v3i3.3097.
- Elvi Rusmiyanto P.W, D.A.R. (2019) 'Angka Paling Mungkin (Most Probable Number/MPN) Coliform Sampel Kue Bingke Berendam di Pontianak', *Jurnal Protobiont*, 8(1), pp. 64–68. doi: 10.26418/protobiont.v8i1.30864.
- Fadilla Rangkuti, N. et al. (2020) 'Hubungan Konsumsi Makanan Jajanan Kaki Lima Dengan Kejadian Penyakit Diare Di MI Nurul Fadhilah Bandar Setia', *Journal of Nutrition and Culinary (JNC)*, 1(1), pp. 8–15.
- Fanta, F. et al. (2023) 'Determinants of safe food handling practice among food handlers in food establishments, Yeka sub city, Addis Ababa, Ethiopia', *Heliyon*, 9(1), p. e12977. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e12977.
- Fatmalia, N. and Crystin, C.N. (2017) 'Pengaruh Lama Penyimpanan Susu Kedelai Pada Suhu Kulkas Terhadap Cemarkan Bakteri Coliform Dengan Menggunakan Metode MPN', *J. Sains*, 7(14), pp. 23–29.

- Komalasari, E. and Widiawati, D. (2020) 'Tingkat Kepatuhan Pedagang Pangan Jajanan terhadap Cara Produksi Pangan yang Baik', *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, 5(3), p. 130. doi: 10.36722/sst.v5i3.375.
- Ramadhani, S. and Wahyuni, S. (2020) 'Analisis Mikrobiologi Bakteri Coliform pada Sampel Water Treatment Plant', *Jurnal Laboratorium Medis*, 4(2), pp. 45–52.
- Sandra, R. and Jasin, M. (2022) 'Kinetika Degradasi Asam Nukleat pada Penyimpanan Pembekuan Bakteri Gram Negatif', *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia*, 9(1), pp. 112–120.
- Septiyah, A., Manalu, K. and Nasution, R.A. (2023) 'Analisis Kelimpahan Bakteri Coliform Pada Air Sumur Warga Di Kelurahan Tanjung Selamat Kecamatan Medan Tuntungan', *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(1), pp. 129–137.
- Simanjuntak, A.D.R., Sahputri, J. and Novalia, V. (2022) 'Analisis Cemarkan Bakteri Escherichia Coli Pada Tahu Putih Yang Dijual Di Seluruh Pasar Kota Lhokseumawe', *Jurnal Ilmiah Manusia Dan Kesehatan*, 5(3), pp. 414–425. doi: 10.31850/makes.v5i3.1570.
- Trisnawati, E. and Siregar, H. (2021) 'Teknik Isolasi dan Preservasi DNA Genomik Bakteri Enterik', *Jurnal Riset Biologi dan Kimia*, 3(2), pp. 88–95.
- Wardani, D.L. and Setyaningrum, Z. (2019) 'Identifikasi Bakteri Escherichia coli pada Saus Makanan Jajanan di Sekitar Kampus Universitas Muhammadiyah Surakarta', *Progress in Retinal and Eye Research*, 561(3), pp. S2–S3.
- Wijoyo, A. (2019) 'Pengaruh Suhu Penyimpanan terhadap Stabilitas Sampel DNA untuk Analisis PCR', *Jurnal Sains Laboratorium Klinis*, 2(1), pp. 15–22.

LAMPIRAN



