

**PENGARUH PERLAKUAN IRADIASI GAMMA TERHADAP
KESEGERAN BUAH BELIMBING MANIS (*Averrhoa carambola* L.)**

SKRIPSI

Oleh:
Agnes Fahcrunisa S.
NIM 125100100111016

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

**PENGARUH PERLAKUAN IRADIASI GAMMA TERHADAP
KESEGERAN BUAH BELIMBING MANIS (*Averrhoa carambola* L.)**

Oleh:
Agnes Fahcrunisa S.
NIM 125100100111016

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar sarjana Teknologi Pertanian




**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

Lembar Persetujuan

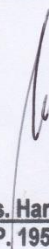
Judul : Pengaruh Perlakuan Iradiasi Gamma terhadap Kesegaran
Buah Belimbing Manis (*Averrhoa carambola* L.)
Nama Mahasiswa : Agnes Fahcrunisa S.
Nim : 125100100111016
Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas : Teknologi Pertanian

Malang, September 2016

Pembimbing I,


Erni Sofia Murtini, STP., MP. Ph.D
NIP. 19731020 200112 2 001

Pembimbing II,


Drs. Harsojo, APU
NIP. 19520915 197703 1 002

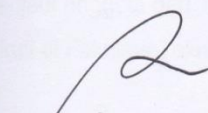
Tanggal Persetujuan :

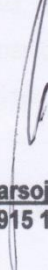
LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Pengaruh Perlakuan Iradiasi Gamma terhadap
Kesegaran Buah Belimbing Manis (*Averrhoa
carambola* L.)
Nama Mahasiswa : Agnes Fahcrunisa S.
NIM : 125100100111016
Program Studi : Ilmu dan Teknologi Pangan
Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas : Teknologi Pertanian

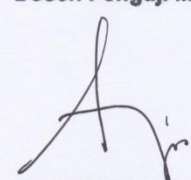
Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,


Erni Sofia Murtini, STP., MP, Ph.D
NIP 19731020 200112 2 001

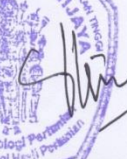

Drs. Harsojo, APU
NIP. 19520915 1977031 002

Dosen Penguji III,


Dr. Ir. Aji Sutrisno, M.Sc
NIP 19680223 199303 1 002

Ketua Jurusan,




Dr. Teti Estiasih, STP., MP
NIP 19701226 200212 2 001

Tanggal Lulus :

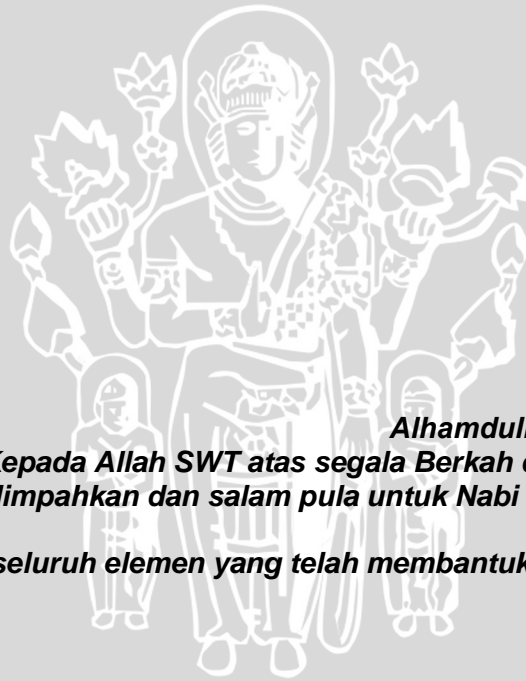
RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Sragen pada tanggal 17 Agustus 1994 dari ayah bernama Suparso, BA. dan ibu Drs. Sri Sukatmi. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN Padurenan 6 pada tahun 2006, kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama di SMPN 2 Bekasi. Pada tahun 2009 melanjutkan ke Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Tambun Selatan dan selesai pada tahun 2012. Pada tahun 2016 penulis telah berhasil menyelesaikan pendidikannya di Universitas Brawijaya Malang di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian. Pada masa pendidikannya, penulis pernah menjadi anggota dari Tustel dan aktif pada berbagai kepanitian yang telah diikuti di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



***Alhamdulillahirobil'alamin
Puji Syukur Kepada Allah SWT atas segala Berkah dan Rahmat yang
dilimpahkan dan salam pula untuk Nabi Muhammad SAW***

***Kepada seluruh elemen yang telah membantuku menyelesaikan
tugas akhir ini***

Dan tak lupa karya ku ini kupersembahkan kepada

***Kedua Orang Tuaku, kakakku, dan Keluarga Tercinta yang telah
memberikan dukungan moral untuk menyelesaikannya***

***Pepy, aan, yang selalu mau aku recokin untuk menanyakan seputar
penelitian***

Dea, Balqis, Ika, Sela teman seperjuanganku selama penelitian

***Dan untukku sendiri yang sudah sanggup menyelesaikan dan
memulai babak baru dihidupku, work hard never betrayed you right?***

Pernyataan Keaslian TA

Yang Bertanda Tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Agnes Fahcrunisa S.
NIM : 125100100111016
Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas : Teknologi Pertanian
Judul TA : Pengaruh Perlakuan Iradiasi Gamma terhadap
Kesegaran Buah Belimbing Manis (*Averrhoa carambola* L.)

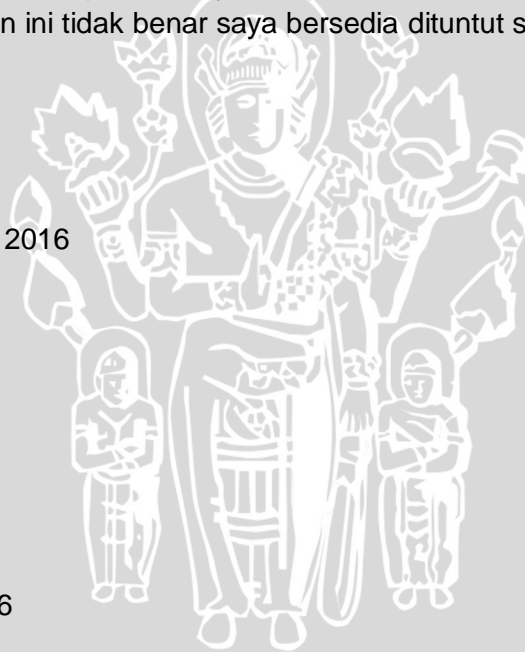
Menyatakan bahwa,

TA dengan judul diatas merupakan karya asli penulis tersebut. Apabila kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar saya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, September 2016

Pembuat Pernyataan,

Agnes Fahcrunisa S.
Nim 125100100111016



Agnes Fahcrunisa S.125100100111016. Pengaruh Perlakuan Iradiasi Gamma terhadap Kesegaran Buah Belimbing Manis (*Averrhoa carambola* L.)
Pembimbing : Erni Sofia Murtini, STP, MP, Ph.D, Drs. Harsojo, APU

Ringkasan

Belimbing manis (*Averrhoa carambola* L.) merupakan salah satu buah yang tersedia sepanjang tahun, selain itu buah belimbing memiliki beberapa keunggulan yaitu mengandung serat dan vitamin C yang mampu memenuhi kebutuhan per-hari orang dewasa. Akan tetapi, buah belimbing memiliki umur kesegaran yang tidak lama dikarenakan jenisnya yang klimaterik dan masih mengalami proses respirasi setelah paska panen.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek iradiasi dan lama penyimpanan dingin 16°C terhadap karakteristik mikrobiologis, kimia dan fisik buah belimbing. Penelitian menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor. Faktor I adalah dosis iradiasi 0; 0,5; 1; dan 1,5 kGy dengan laju dosis 1,5 kGy/jam. Faktor II adalah lama penyimpanan dingin 0, 5, dan 10 hari. Analisa mikrobiologis yang dilakukan adalah analisa ALT, *E. coli*, koliform, kapang dan khamir. Analisa Kimia yang dilakukan adalah kadar air, total gula, dan pH. Analisa fisik yang dilakukan adalah tekstur dan analisa warna. Hasil penelitian dianalisa menggunakan analisa ragam (ANOVA) dengan selang kepercayaan 5%, kemudian dilakukan uji lanjut dengan metode DMRT (Duncan's Multiple Range Test) dan BNT (Beda Nyata Terkecil) dengan selang kepercayaan 5%.

Hasil menunjukkan adanya interaksi antara kedua faktor (dosis iradiasi dan lama penyimpanan) dan kedua faktor berpengaruh nyata ($\alpha=0,05$) pada parameter mikrobiologis ALT, *E. coli*, koliform, kapang dan khamir, pada parameter kimia total gula, dan pada parameter fisik tekstur dan warna. Hasil menunjukkan tidak adanya interaksi antara kedua faktor namun kedua faktor berpengaruh nyata terhadap parameter kimia pH, namun hanya faktor dosis iradiasi yang berpengaruh nyata terhadap parameter kimia kadar air. Perlakuan terbaik adalah buah belimbing manis dengan dosis iradiasi 1 kGy dengan rata-rata nilai log ALT 3,2; nilai log *E. coli* 2; nilai log koliform 1,7; nilai log kapang dan khamir 4,1; kadar air 91,1 %; total gula 0,84%; nilai pH 3,63; tekstur 29,15 N; derajat kecerahan 50,75; derajat kemerahan -1,8; dan derajat kekuningan 13,95.

Katakunci : Belimbing, Iradiasi, Lama Penyimpanan

repository.ub.ac.id

Agnes Fahcrunisa S. 125100100111016.Effect of Gamma Irradiation to the Freshness of Starfruit (*Averrhoa carambola* L.).
Supervisor : Erni Sofia Murtini, STP, MP, Ph.D, Drs. Harsojo, APU

Summary

Starfruit (*Averrhoa carambola* L) is tropical fruit that available throughout the year. Starfruit also has many benefit such as has many dietary fiber and vitamin C that can fulfill adult needed for each day. Starfruit freshness can not but kept for long time because its climacteric and still do respiration after post harvest.

This research goals to know effects of irradiation and cooling storage (16°C) to microbiology, chemical, and physics of starfruit. This research used Randomize Block Design (RBD) with 2 factors. Factor I is Irradiation dose in 0; 0.5; 1; and 1.5 kGy with the dose rate 1.5 kGy/h. Factor II is cooling storage 0, 5, and 10 days. There are many analysisist in this research to determine the freshness such as Standard Plate Count (SPC), total *E.coli*, total coliform, total mold and yeast, water content, total sugar, pH, texture, and colors. The following test using DMRT (Duncan's Multiple Range Test) and BNT with trust level 5%.

The result to starfruit indicated interaction between the two factors (Irradiation dose and storage time) ($\alpha=0,05$) to the mycrobiologist parameters such as SPC, total *E.coli*, coliform, and mold and yeast. Same with chemical parameter such as total sugar and physics parameters such as texture, and colors. Another result indicated no interaction between the two factors but indicated significant to chemical parameters as pH in starfruit, but it showed only significant on irradiation dose to moisture content of starfruit. The best treatment was obtained on irradiation with 1 kGy dose with log value of ALT 3.2; log value of *E. coli* 2; log value of voliform 1.7; log value of mold and yeast 4.1, moisture content 91.1%; total sugar 0.84%; pH value 3.63; texture 29.15 N; brightness 50.75; redness -1.8; and yellowness 13.95.

Keywords : Starfruit, Irradiation, Storage Time.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan karena atas rahmat dan anugerah-NYA penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul Pengaruh Perlakuan Iradiasi Gamma terhadap Kesegaran Buah Belimbing Manis (*Averrhoa carambola* L.) dengan baik. Tidak lupa penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Ibu Dr. Teti Estiasih STP., MP, selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Brawijaya Malang.
2. Ibu Erni Sofia Murtini STP., MP, Ph.D, selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya dan membimbing penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini secara menyeluruh.
3. Bapak Drs. Harsojo, APU, selaku pembimbing II di BATAN PAIR yang telah memberikan masukan, saran serta keramahannya selama pembuatan tugas akhir.
4. Karyawan FTP UB dan PAIR yang memberikan kesempatan belajar dan membantu saya dalam melakukan penelitian.
5. Bapak Suparso, Ibu Sri Sukatmi dan Lutfitasari I.S., keluargaku yang selalu mendukungku selama menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca umumnya.

Malang, September 2016

Agnes Fahcrunisa S.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
RIWAYAT HIDUP.....	iii
PERNYATAN KEASLIAN TA.....	v
RINGKASAN.....	vi
SUMMARY.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Hipotesis	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Belimbing Manis (<i>Averrhoa carambola</i> L.).....	4
2.2 Komponen Kimia Buah Belimbing	5
2.3 Aspek Mikrobiologis Buah Belimbing Manis	7
2.4 Teknik Iradiasi	7
2.5 Dosis Iradiasi	8
2.6 Iradiator.....	10
2.7 Fasilitas Iradiasi Pangan	12
2.8 Sumber Iradiasi	13
2.9 Iradiasi Gamma	14
2.10 Efek Iradiasi	15
2.11 Keamanan Pangan Iradiasi.....	18
2.12 Pendinginan.....	20
III. METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan	22
3.3 Metode Penelitian.....	23
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	24
3.5 Pengamatan dan Analisis Data.....	25
3.6 Diagram Alir Penelitian	26
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Karakteristik Mikrobiologis Belimbing Iradiasi	33
4.2 Karakteristik Kimiawi Belimbing Iradiasi	39
4.3 Karakteristik Fisik Belimbing Iradiasi	45
V. KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA.....	52
LAMPIRAN	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Varietas dan Karakteristik Belimbing di Indonesia.....	4
Tabel 2.2	Kandungan Gizi Buah Belimbing Manis per 100 gram.....	6
Tabel 2.3	Dosis dan Tujuan Iradiasi Bahan Pangan.....	10
Tabel 2.4	Tipe Vitamin berdasarkan tingkat Sensitivitas.....	18
Tabel 2.5	Suhu Penyimpanan Dingin Berbagai bahan Pangan.....	21
Tabel 4.1	Rerata Nilai Log ALT Belimbing Manis Pada Berbagai Dosis Iradiasi dan Lama Penyimpanan.....	33
Tabel 4.2	Rerata Nilai Log <i>E. coli</i> Belimbing Manis Pada Berbagai Dosis Iradiasi dan Lama Penyimpanan.....	34
Tabel 4.3	Rerata Nilai Log Koliform Belimbing Manis Pada Berbagai Dosis Iradiasi dan Lama Penyimpanan.....	36
Tabel 4.4	Rerata Nilai Log Kapang dan Khamir Belimbing Manis Pada Berbagai Dosis Iradiasi dan Lama Penyimpanan.....	38
Tabel 4.5	Kadar Air akibat Pemberian Dosis Iradiasi pada Belimbing Manis.....	40
Tabel 4.6	Rerata Total Gula Belimbing Manis Pada Berbagai Dosis Iradiasi dan Lama Penyimpanan.....	41
Tabel 4.7	Rerata Nilai pH akibat Pemberian Dosis Iradiasi pada Belimbing Manis....	43
Tabel 4.8	Rerata Nilai pH Belimbing Manis Pada Berbagai Dosis Iradiasi akibat Lama Penyimpanan	44
Tabel 4.9	Rerata Tekstur Belimbing Manis Pada Berbagai Dosis Iradiasi dan Lama Penyimpanan.....	45
Tabel 4.10	Rerata Nilai L (Kecerahan) Belimbing Manis Pada Berbagai Dosis Iradiasi dan Lama Penyimpanan.....	47
Tabel 4.11	Rerata Nilai a (Kemerahan) Belimbing Manis Pada Berbagai Dosis Iradiasi dan Lama Penyimpanan.....	48
Tabel 4.12	Rerata Nilai b (Kekuningan) Belimbing Manis Pada Berbagai Dosis Iradiasi dan Lama Penyimpanan.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Buah Belimbing Manis (<i>Averrhoa Carambola</i> L.).....	5
Gambar 2.2 Bagan Prinsip Pengawetan Bahan Pangan dengan Iradiasi.....	8
Gambar 2.3 Fasilitas Iradiator.....	12
Gambar 2.4 Pensil Cobalt-60.....	13
Gambar 2.5 Perbedaan Daya Tembus Radiasi Pengion.....	14
Gambar 2.6 Radura Simbol.....	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Iradiasi Gamma Buah Belimbing.....	26
Gambar 3.2 Diagram Alir Analisa Kadar Air Buah Belimbing.....	27
Gambar 3.3 Diagram Alir Persiapan Sampel Uji Total Gula <i>Anthrone</i>	28
Gambar 3.4 Diagram Alir Pembuatan Kurva Standar.....	29
Gambar 3.5 Diagram Alir Penetapan Kadar Gula <i>Anthrone</i>	30
Gambar 3.6 Diagram Alir Analisa Warna, pH dan Tekstur.....	30
Gambar 3.7 Analisa Cemaran Mikroba dengan Metode ALT.....	31
Gambar 4.1 Grafik Rerata Kadar Air Belimbing Iradiasi.....	39
Gambar 4.2 Grafik Rerata Nilai pH Belimbing Iradiasi.....	43



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Data Produksi BSN Buah Belimbing Tahun 2014	60
Lampiran 2.	Peraturan Codex untuk Belimbing Manis	61
Lampiran 3.	Kandungan Gizi Belimbing Manis Menurut USDA	63
Lampiran 4.	Analisa Prosedur	64
Lampiran 5.	Data Hasil Analisa Angka Lempeng Total	67
Lampiran 6.	Data Hasil Analisa Angka <i>E. coli</i>	69
Lampiran 7.	Data Hasil Analisa Koliform.....	71
Lampiran 8.	Data Analisa Kapang dan Khamir.....	73
Lampiran 9.	Data Analisa Kadar Air	75
Lampiran 10.	Data Hasil Analisa Total Gula	77
Lampiran 11.	Data Hasil Analisa pH	79
Lampiran 12.	Data Hasil Analisa Tekstur.....	81
Lampiran 13.	Data Hasil Analisa Warna (Nilai L).....	83
Lampiran 14.	Data Hasil Analisa Warna (Nilai a).....	85
Lampiran 15.	Data Hasil Analisa Warna (Nilai b)	87
Lampiran 16.	Dokumentasi.....	89



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Belimbing manis (*Averrhoa carambola* L.) merupakan buah klimaterik berkulit tipis, memiliki rasa manis dan menyegarkan. Pohon maupun buah belimbing memiliki beberapa keunggulan yaitu tersedia sepanjang tahun karena buah belimbing tidak membutuhkan perawatan yang ekstra. Keunggulan lain buah belimbing adalah baik untuk kesehatan maupun sebagai antibakteri (Sukadana, 2009). Apabila dilihat dari segi nutrisi, buah belimbing memiliki kandungan serat yang banyak dan vitamin c yang dapat memenuhi kebutuhan per hari (Dinas Pertanian kota Depok, 2007).

Menurut data Badan Pusat Statistik tahun 2014 beberapa daerah yang menghasilkan buah belimbing dengan optimal antara lain Sumatera Utara sebanyak 5203 ton, DKI Jakarta sebanyak 2483 ton, Jawa Barat sebanyak 9663 ton, Jawa Tengah sebanyak 10954 ton, Jawa Timur sebanyak 28513 ton, NTT sebanyak 1053 ton, Kalimantan Selatan sebanyak 1330 ton, dan Kalimantan Timur sebanyak 1105 ton. Produksi belimbing yang cukup tinggi memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut salah satunya adalah buah potong segar. Belimbing manis termasuk buah yang sangat mudah mengalami kerusakan yang ditandai dengan terdapatnya bintik-bintik coklat pada permukaan buah serta adanya pencoklatan pada sirip buah. Kerusakan pada belimbing manis akan semakin parah dengan bertambahnya waktu penyimpanan yang menyebabkan harga jual buah belimbing menjadi rendah. Harga jual buah belimbing manis yang rendah menyebabkan produksi belimbing manis juga semakin menurun (Sukadana, 2009).

Menurut Codex (2005) standar buah belimbing segar yang harus dipenuhi seperti bersih pada bagian permukaan, terhindar dari kerusakan yang disebabkan oleh hama, terindar dari kelembaban yang tidak biasa, keras, terhindar dari bau dan rasa yang tidak biasa, segar secara fisik, dll. Salah satu perlakuan yang dapat digunakan untuk mempertahankan kesegaran buah belimbing adalah iradiasi.

Menurut PWGSC (2012) iradiasi adalah suatu teknik penggunaan energi radiasi untuk penyinaran bahan secara sengaja dan terarah. Iradiasi bahan pangan merupakan salah satu teknologi yang bertujuan untuk membunuh cemaran biologis berupa bakteri patogen, virus, jamur, dan serangga. Selain itu perlakuan iradiasi dengan sinar gamma juga dapat menurunkan residu zat kimia (Dwiloka, 2002). Pada penelitian sebelumnya pada buah belimbing yang telah di iradiasi dengan dosis 1-250 Gray parameter yang dianalisa adalah karantina lalat buah dan cukup efektif untuk menurunkan jumlah lalat yang ada pada buah belimbing hingga mencapai 100% kematian (Gould and Donald, 1991). Penelitian lain pada buah belimbing yang di iradiasi dengan sinar gamma dilakukan pada dosis 0,25; 0,5; 0,75; 1; dan 1,5 kGy. Dosis paling baik terdapat pada dosis iradiasi 0,5 kGy. Dosis iradiasi buah belimbing pada 0,5 kGy dapat meminimalisir *weight loss*, sedangkan pada dosis 1 kGy buah memiliki tekstur (*firmness*) yang lebih baik (Arthur and Wiendl, 2000). Akan tetapi, perlakuan pada buah belimbing tidak cukup apabila hanya dengan iradiasi gamma, perlu dilakukan perlakuan tambahan untuk penyimpanannya.

Pendinginan adalah proses penyimpanan pada suhu rendah berfungsi untuk menekan laju respirasi pada suatu bahan pangan, respirasi ini akan sangat mempengaruhi tingkat kesegaran suatu bahan pangan. Selama respirasi, bahan pangan membutuhkan suhu optimum. Menyimpan buah belimbing pada suhu rendah (pendinginan) diharapkan dapat menekan proses respirasi dan memperpanjang umur kesegaran buah belimbing manis (Koswara, 2009).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh dosis iradiasi dan lama penyimpanan dingin terhadap karakteristik mikrobiologis belimbing manis (*Averrhoa carambola* L.)?
2. Bagaimana pengaruh dosis iradiasi dan lama penyimpanan dingin terhadap karakteristik kimiawi belimbing manis (*Averrhoa carambola* L.)?
3. Bagaimana pengaruh dosis iradiasi dan lama penyimpanan dingin terhadap karakteristik fisik belimbing manis (*Averrhoa carambola* L.)?

1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui pengaruh dosis iradiasi dan lama penyimpanan dingin terhadap karakteristik mikrobiologis buah belimbing manis (*Averrhoa carambola* L.)
2. Untuk mengetahui pengaruh dosis iradiasi dan lama penyimpanan dingin terhadap karakteristik kimiawi buah belimbing manis (*Averrhoa carambola* L.)
3. Untuk mengetahui pengaruh dosis iradiasi dan lama penyimpanan dingin terhadap karakteristik fisik buah belimbing manis (*Averrhoa carambola* L.)

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif teknologi preservasi buah belimbing manis sehingga potensi buah belimbing dapat dimaksimalkan. Sebagai informasi kepada masyarakat bahwa perlakuan iradiasi gamma dapat digunakan sebagai metode pengawetan buah belimbing manis.

1.5 Hipotesis

Diduga perlakuan iradiasi dan lama penyimpanan dingin berpengaruh terhadap kesegaran buah belimbing manis (*Averrhoa carambola* L.). Dosis iradiasi yang terlalu tinggi akan menyebabkan kerusakan fisik belimbing manis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Belimbing Manis (*Averrhoa carambola* L.)

Belimbing manis merupakan tumbuhan yang tumbuh di daerah tropis seperti India, kemudian menyebar ke negara tropis seperti Malaysia dan Indonesia. Menurut Prahasta (2009) belimbing manis adalah tumbuhan tropis khas Indonesia dan Malaysia. Buah belimbing ini terbagi menjadi dua jenis yaitu belimbing manis (*Averrhoa carambola* L.) dan belimbing wuluh (*Averrhoa blimbi* L.). Kedua belimbing ini memiliki perbedaan dalam hal rasa dan bentuk fisik. Jenis belimbing yang banyak dibudidayakan di Indonesia adalah jenis belimbing manis. Belimbing manis juga bervariasi sesuai dengan jenis varietasnya. Berbagai varietas yang telah dikembangkan oleh petani yang ada di Indonesia dapat dilihat pada **Tabel 2.1**

Tabel 2.1 Varietas dan Karakteristik Belimbing di Indonesia

Varietas	Berat (g)	Asal	Warna Buah Matang	Rasa Buah Matang
Kunir	200-300	Demak	Kuning merata	Sangat Manis, berair Banyak
Kapur	200-400	Demak	Kuning keputihan	Manis, berair Banyak
Penang	200-350	Malaysia	Orange	Manis, berair sedang
Dewi Murni	200-500	Bekasi	Kuning kemerahan	Manis, berair sedikit
Bangkok	150-200	Thailand	Merah	Manis, agak kesat
Sembiring	300-450	Sumatera Utara	Kuning mengkilap	Manis sekali, berair banyak
Filipina	400-600	Filipina	Kuning	Manis, berair
Wulan	300-600	Pasarminggu, Jakarta	Merah mengkilap	Manis, berair banyak
Paris	120-230	Pasarminggu, Jakarta	Kuning mengkilap	Sangat manis, berair sedikit
Dewa	300-450	Depok, Jakarta	Kuning kemerahan	Manis, berair banyak

Sumber : Sunarjono (2004)



Gambar 2.1 Buah Belimbing Manis (*Averrhoa carambola* L.)

Secara tradisional buah belimbing dipercaya memiliki manfaat mengatasi penyakit batuk pada anak-anak, sariawan, dan gusi berdarah (Sitorus, 2011). Buah belimbing juga dapat mengatasi masalah kulit seperti jerawat maupun panu, menurunkan tekanan darah, mencegah diabetes, melancarkan pencernaan, mengatasi radang anus, dan juga membantu menghancurkan kolesterol (Handayani, 2013).

Buah belimbing memiliki morfologi berusuk lima, bila dipotong melintang berbentuk bintang. Panjang buah sekitar 4-12,5 cm, berdaging, dan banyak mengandung air, warna buah kehijauan dan akan menjadi kuning kemerahan saat masak. Rasa buah manis sampai asam dan tekstur buah keras agak lunak (Wijayakusuma dan Dalimartha, 2000). Ciri-ciri buah belimbing manis yang telah siap dipanen adalah ukuran telah mencapai maksimal, warna kuning hingga kemerahan, memiliki bau yang khas, dan rasa yang manis. Menurut Sukadana (2009) belimbing memiliki nilai pH sebesar 3,16 yang menunjukkan bahwa buah belimbing manis termasuk asam.

Buah belimbing sendiri menurut standar Codex (2005) harus dalam bentuk utuh, bersih dari segala bahan asing, tidak ada luka yang berasal dari hama, terhindar dari kelembaban asing, tidak ada bau atau rasa yang aneh, keras, segar dalam bentuk awal, terhindar dari *chilling injury*, dll. (**Lampiran 2**).

2.2 Komponen Kimia Buah belimbing

Komponen kimia buah belimbing manis tersusun dari berbagai senyawa seperti senyawa-senyawa volatil, saponin, flavonoid, steroid atau triterpenoid, glikosida dan senyawa nutrisi lainnya (Wijayakusuma dan Dalimartha, 2000). Kandungan gizi buah belimbing secara lengkap dapat dilihat pada **Tabel 2.2**

Tabel 2.2 Kandungan Gizi Buah Belimbing Manis per 100 gram

Zat Gizi	Kandungan
Air (g)	91,39
Karbohidrat (g)	6,73
Protein(g)	1,04
Lemak (g)	0,33
Mineral (g)	0,16
Vitamin C (mg)	35
Vitamin A (IU)	61
Vitamin B1 (mg)	0,017
Kalori (kkal)	31
Bagian yang dimakan %	86

Sumber : USDA (2016)

Air pada belimbing manis merupakan komponen penting karena air mempengaruhi kenampakan, kesegaran dan tekstur pada buah (Legowo, 2004). Pada data USDA (2016) 91% bagian dari belimbing manis merupakan air. Air didalam bahan ada dalam tiga bentuk, yaitu air bebas, air terikat atau air teradsorpsi dan air terikat kuat. Pada umumnya air bentuk pertama dan kedua yang dominan, sedangkan air terikat jumlahnya sangat kecil.

Karbohidrat adalah senyawa polihidroksi aledhid atau polihidroksi keton (Koswara,2009). Buah belimbing memiliki jumlah karbohidrat sebesar 6,73 gram dari 100 gram buah. Menurut Handayani (2013) dari 6,73 gram karbohidrat pada buah belimbing terdapat gula. Menurut USDA (2016) total karbohidrat sebesar 6,73 gram pada buah belimbing terdiri dari gula sebesar 3,98 gram dan serat sebanyak 2,8 gram. Gula yang terdapat pada belimbing juga akan mempengaruhi cita rasa pada belimbing itu sendiri. Akan tetapi, buah belimbing kaya akan asam oksalat yang dapat menyebabkan beberapa penyakit pada tubuh manusia yaitu batu ginjal. Menurut Vines and Grierson (1966) kandungan asam oksalat pada buah belimbing manis yaitu 5 mg/g pada buah belimbing manis yang masih hijau dan 9,6 mg/g pada buah belimbing manis yang sudah matang. Menurut EMEA (2004) kadar asam oksalat yang dapat diterima tubuh sekitar 50 mg/hari.

2.3 Aspek Mikrobiologis Buah Belimbing Manis

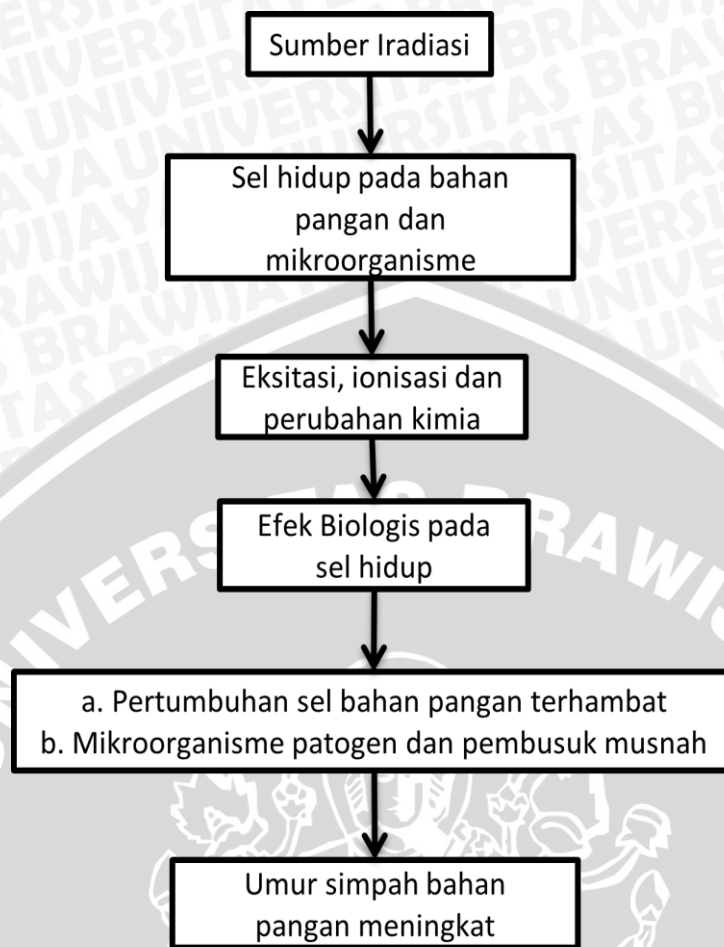
Menurut Djaafar dan Rahayu (2007) potensi hazard pada buah yaitu bakteri patogen dari berbagai sumber seperti air irigasi, tercemar limbah, tanah, ataupun kotoran yang digunakan sebagai pupuk. Air Irigasi dapat tercemar oleh *Shigella sp.*, *Salmonella sp.*, *E. coli*, dan *Vibrio cholera* yang akan mencemari buah belimbing. Selain itu bakteri *Bacillus sp.*, *Clostridium sp.*, dan *Listeria monocytogenes* dapat mencemari buah dan sayur melalui tanah.

2.4 Teknik Iradiasi

Iradiasi merupakan istilah yang digunakan saat penggunaan energi digunakan secara sengaja dan terarah (Dwiloka, 2002). Menurut Tomlins (2008) iradiasi sendiri dapat dibedakan berdasarkan spektrum elektromagnetiknya. Spektrum elektromagnetik ini juga dipengaruhi dari kebutuhan yang akan digunakan dalam melakukan iradiasi. Menurut Arvanitoyannis (2010) spektrum elektromagnetik Iradiasi dibagi menjadi dua yaitu radiasi panas dimana iradiasi menggunakan sinar dengan frekuensi rendah dan radiasi pengion. Radiasi pengion adalah iradiasi dengan energi yang mampu membuat elektron suatu atom terpelempar dari tempatnya yang mengakibatkan atom netral berubah menjadi ion positif yaitu atom yang kehilangan elektronnya.

Contoh radiasi pengion yang menggunakan frekuensi atau gelombang tinggi adalah UV, alpha, beta, dan sinar gamma. Gelombang ini juga memberikan perbedaan yang signifikan dalam penggunaannya (Arvanitoyannis, 2010). Sinar gamma inilah yang digunakan untuk pengawetan bahan pangan. Sinar gamma memiliki gelombang elektromagnetik yang bergerak dengan kecepatan tinggi hampir menyamai kecepatan cahaya dan arahnya tidak dipengaruhi medan magnet, tidak memiliki muatan, jarak lintasan relatif panjang, dan mempunyai daya ionisasi kecil serta daya tembus tinggi (Ikmalia, 2008). Radiasi gamma dilakukan dengan pemberian dosis tertentu dengan jangka waktu dari menit ke jam yang lama waktu pemberian dosis tergantung pada ketebalan dan volume produk (Wahyudi dkk., 2005).

Pada prinsipnya proses pengawetan bahan pangan dengan iradiasi adalah menurunkan atau membunuh cemaran biologis berupa bakteri patogen, virus, jamur, dan serangga yang dapat merusak bahan pangan dan membahayakan konsumen. Proses pengawetan bahan pangan dapat dilihat pada **Gambar 2.2** (Dwiloka, 2002)



Gambar 2.2. Bagan prinsip pengawetan bahan pangan dengan iradiasi

Teknik iradiasi telah digunakan dalam berbagai bidang seperti militer, kedokteran, pertanian, dan lain-lain. Pada bidang pertanian suatu bahan pangan akan ditembak dengan energi radiasi pengion sebagai upaya pengawetan produk-produk hasil pertanian. Iradiasi dapat dikatakan sebagai pasteurisasi dingin karena tidak menyebabkan peningkatan temperatur yang signifikan terhadap produk yang diiradiasi (ACSH, 2007).

2.5 Dosis iradiasi

Proses Iradiasi sangat bergantung terhadap dosis iradiasi yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan dosis iradiasi akan mempengaruhi berapa jumlah energi yang akan diserap. Setiap bahan diharapkan menerima dosis secara tepat, maka dilakukan pengukuran dosis iradiasi dengan menggunakan suatu sistem dosimeter (pengukur dosis). Salah satunya adalah dengan cara dosimeter kimia yang dihitung berdasarkan jumlah perubahan kimia yang terjadi akibat

penyerapan energi radiasi. Iradiasi dengan tujuan pengawetan digunakan sistem *dosimeter Fricke* (ferro-ferri) dengan harga G antara 15,5 sampai 15,6 (Dwiloka, 2002). G adalah banyaknya molekul medium yang berubah ke bentuk lain tiap 100 eV energi radiasi yang terserap. Jumlah ion *ferro* yang teroksidasi menjadi ion *ferri* ditentukan dengan spektrofotometer. Perbandingan antara dosis iradiasi maksimal (D_{maks}) dengan dosis iradiasi minimal (D_{min}) dinyatakan sebagai keseragaman dosis.

Dosis iradiasi yang terserap dihitung menurut rumus sebagai berikut (Dwiloka, 2002) :

$$D = A \times \frac{60.63725 \times 10^6}{E_{25} [1+0.006 (t-25)]}$$

Dimana :

D = Dosis total iradiasi terserap, Gray

A = Absorban atau rapat optik larutan dosimeter pada panjang gelombang 205 nm

t = Suhu pada saat pengukuran dengan spektrofotometer, °C

E_{25} = Koefisien ekstinskopolar larutan dosimeter pada suhu 25°C, yaitu $2120 \text{ l.mol}^{-1} . \text{cm}^{-1}$

60.763725×106 = Tetapan yang berdasarkan pada perhitungan harga $G F c^{3+}$ sebesar 15.5

Satuan yang dipakai setelah adanya sistem satuan internasional untuk iradiasi adalah Gray (Gy), yaitu unit energi radiasi yang terserap sebesar 1 kJ/kg bahan yang setara dengan 100 rad. Untuk mengetahui laju dosis iradiasi dapat dihitung rumus sebagai berikut (Dwiloka, 2002) :

$$D^* = \frac{60 \times D}{t} \text{ Gy/jam}$$

Dimana :

D^* = laju dosis, Gy/jam

D = total dosis yang terserap, Gy

t = lamanya iradiasi, menit

Menurut Loaharanu (2003) dengan mengatur besarnya dosis, maka pengaruh kimia atau biologi pada iradiasi bahan pangan dapat disesuaikan dengan kebutuhan atau tujuan dari penggunaan iradiasi. Setelah dilakukan penelitian, maka diterapkan bahwa dosis iradiasi yang efektif untuk tujuan pengawetan ataupun perbaikan mutu bahan pangan. Tetapan dosis iradiasi berdasarkan tujuan dari iradiasi bahan pangan dapat dilihat pada **Tabel 2.3**

Tabel 2.3 Dosis dan Tujuan Iradiasi Bahan Pangan

Tujuan Iradiasi	Jenis Komoditi	Dosis (kGy)
Menghambat pertunasan	Kentang, bawang putih, bawang bombay, jahe, <i>chestnut</i> , dll.	0,06-0,20
Disinfestasi serangga (termasuk perlakuan karantina)	Serealia, kacang-kacangan, buah segar dan buah kering, ikan dan daging kering, dll.	0,15-1,00
Disinfeksi parasit	Daging babi segar, ikan air tawar, dan buah segar	0,3-1,0
Menunda pematangan	Buah segar	0,5-1,0
Memperpanjang masa simpan	Ikan mentah, <i>seafood</i> , buah, dan sayur	1,0-3,0
Inaktivasi bakteri patogen dan pembusuk	<i>Seafood</i> beku dan mentah, daging, unggas, rempah-rempah, dan bumbu sayuran kering	1,0-7,0
Meningkatkan <i>technical properties</i>	Meningkatkan sari buah pada anggur, mengurangi waktu masak pada sayuran kering	3,0-7,0
Sterilisasi komersial (kombinasi pemanasan sedang)	Daging, unggas, <i>seafood</i> , sosis, makanan rumah sakit, dll.	30-50
Dekontaminasi bahan tambahan pangan dan komposisi tertentu	Rempah-rempah, gel, pembuatan enzim, getah alami, dll.	10

Sumber : ACSH (2007)

2.6 Iradiator

Iradiator adalah perangkat peralatan pemancar iradiasi dengan sumber radionuklida pemancar gamma atau pesawat akselerator pembangkit sinar-X dan berkas elektron yang digunakan untuk tujuan penelitian sterilisasi atau pasteurisasi, polimerasi maupun pengawetan bahan makanan. Akselerator dan iradiator adalah dua jenis pemancar iradiasi ataupun juga pembangkit radiasi pengion dengan energi tinggi. Pada pasal 4, PP (Beta, 2012) iradiator terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu :

1. Irradiator Kategori I dengan zat radioaktif terbungkus
2. Irradiator kategori I dengan pembangkit radiasi pengion
3. Irradiator Kategori II dan III dengan zat radioaktif terbungkus
4. Irradiator kategori II dengan pembangkit radiasi pengion
5. Irradiator dengan kategori IV dengan zat radioaktif terbungkus

Irradiator kategori I dengan zat radioaktif terbungkus adalah irradiator dengan zat radioaktif terbungkus yang terkungkung dalam kontener material padat dan berperisai radiasi sepanjang waktu. Konfigurasi rancangannya tidak memungkinkan orang secara fisik mengakses zat radioaktif dan bagian yang diiradiasi.

Irradiator kategori I dengan pembangkit radiasi pengion adalah irradiator jenis mesin berkas elektron yang berperisai radiasi dan dijaga agar mesin tidak dapat diakses selama operasi dengan sistem kendali masuk.

Irradiator kategori II dengan zat radioaktif terbungkus adalah irradiator dengan zat radioaktif terbungkus yang terkungkung dalam kontener kering memiliki perisai saat tidak digunakan dan daerah yang diiradiasi dijaga agar tidak dapat diakses selama penggunaan dengan sistem kendali masuk dan dapat diakses secara terkendali.

Irradiator kategori II dengan pembangkit radiasi pengion adalah irradiator jenis mesin berkas elektron yang ditempatkan dalam ruang berperisai radiasi dan dijaga agar orang tidak dapat mengakses mesin berkas elektron selama beroperasi dengan sistem kendali masuk.

Irradiator kategori III dengan zat radioaktif terbungkus adalah irradiator dengan zat radioaktif terbungkus yang terkungkung dalam kolam penyimpanan berisi air dan memiliki perisai sepanjang waktu dan akses pada zat radioaktif terbungkus dan daerah yang diiradiasi secara fisik dalam konfigurasi yang didesain dan mode penggunaan yang tepat.

Irradiator kategori IV dengan zat radioaktif terbungkus adalah irradiator dengan zat radioaktif terbungkus yang terkungkung dalam kolam penyimpanan berisi air, memiliki perisai saat tidak digunakan dan daerah yang diiradiasi dijaga agar tidak dapat diakses selama penggunaan dengan sistem kendali masuk dan dapat diakses secara terkendali.

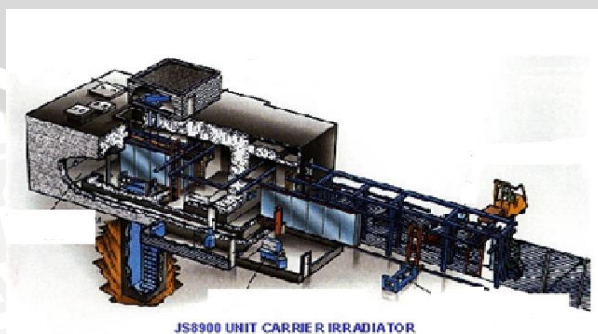
Menurut Arvanitoyannis (2010) pada proses ^{60}Co , terdapat 4 kategori iradiator yang dibedakan dari cara sumber isotop disimpan dan dilindungi, yaitu:

1. Kategori I, yaitu iradiator dengan menggunakan sumber yang kecil. Kategori I ini biasanya digunakan untuk berbagai aktivitas penelitian.
2. Kategori II, yaitu iradiator yang disimpan dengan udara dan melakukan iradiasi pun dengan udara, biasanya tidak digunakan untuk pangan.
3. Kategori III, yaitu iradiator dengan perlindungan air dan melakukan iradiasi pun didalam air.
4. Kategori IV, yaitu iradiator dengan penyimpanan pada air, namun dipindahkan ke udara saat akan dilakukan iradiasi.

Kategori IV adalah jenis iradiator sinar gamma yang biasa digunakan. Pada kategori ini, baki makanan berada pada bagian dalam dinding besar dan diatur dengan *remote*. Operator yang ada didalam ruang kontrol memindahkan bahan pangan kedalam ruangan yang terlindungi dengan ketebalan 6m, dimana rak radioaktif pensil ^{60}Co dimasukkan kedalam air dengan kedalaman 6m. Rak yang berisi *cobalt* diangkat dari air dan dinding aluminium yang berisikan bahan diputarakan disekitar rak tersebut (Arvanitoyannis, 2010).

2.7 Fasilitas Iradiasi Pangan

Peralatan iradiasi pangan adalah peralatan berat yang tidak bergerak. Saat melakukan iradiasi, bahan pangan dibawa kedalam peralatan tersebut. Bahan yang akan di iradiasi dimasukan ke dalam *box* kemudian diletakan di *conveyor belts*. Kemudian bahan pangan akan di pindahkan dari area netral kedalam inti dari fasilitas iradiasi pangan dimana tempat ini adalah tempat yang akan terekspos oleh sumber radioaktif. Letak sumber dipisahkan dari fasilitas lain oleh pelindung yang terbuat dari timah atau beton (Cunningham, 2009)



Gambar 2.3 Fasilitas Iradiator

2.8 Sumber Iradiasi

Berikut merupakan radiasi sumber radiasi pengion yaitu :

a. Radiasi Sinar alfa (α)

Radiasi ini mengandung partikel alfa. Terbuat dari dua proton dan dua neutron. Radiasi ini memiliki daya tembus lemah, tidak dapat menembus selembar kertas, sehingga iradiasi jenis alfa ini tidak berbahaya kecuali masuk ke dalam tubuh melalui pernafasan maupun pencernaan. Contoh substansi yang memancarkan sinar alfa adalah radon-222 (PWGSC, 2012).

b. Radiasi sinar beta (β)

Partikel sinar beta secara umum bermuatan negatif dan dapat menembus suatu material dengan lebih dalam daripada sinar alfa. Tetapi, radiasi beta dapat dihentikan oleh selembar plastik, kaca, maupun metal. Contoh substansi yang memancarkan sinar beta adalah tritium yang berbahaya apabila masuk ke dalam tubuh (PGWSC, 2012).

c. Radiasi foton

Radiasi jenis ini merupakan radiasi elektromagnetik yang terdiri dari radiasi sinar gamma (γ) dan radiasi sinar X. Radiasi gamma memiliki energi lebih besar daripada sinar X. Sinar gamma dapat mengiradiasi bahan secara menyeluruh dan menghilangkan mikroba patogen sebagai efek daya tembusnya yang tinggi. Sinar ini hanya dapat dihentikan oleh material yang keras seperti timah dan baja. Proses iradiasi sinar gamma lebih baik dibandingkan proses pasteurisasi yang telah ada meskipun efektivitasnya tidak mencapai 100%. Iradiasi gamma dapat menggunakan isotop ^{60}Co atau ^{137}Cs sebagai sumber sinar gamma (Cunningham, 2009). Sumber radioaktif ^{60}Co tersusun dari pelet kobalt yang dimasukkan ke dalam *stainless steel* atau tabung tersegel oleh lapisan *zirconium* (*pencil arrays*) (Aquino, 2012).



Gambar 2.4 Pensil Cobalt-60 (IAEA, 2011)

Cobalt-60 (^{60}Co) memiliki waktu paruh 5,3 tahun. Setelah 5,3 tahun tersebut kekuatan radiasi ^{60}Co akan berkurang setengahnya. Apabila bahan pangan diiradiasi dengan menggunakan sumber ^{60}Co yang telah berumur 5 tahun, maka waktu iradiasi yang dibutuhkan akan lebih lama dibandingkan diiradiasi dengan ^{60}Co yang baru. Jumlah sinar gamma yang dipancarkan selama ^{60}Co aktif bersifat konstan. Seiring berjalannya waktu, kemampuan pancaran radiasi ^{60}Co semakin lemah dan tidak lagi menguntungkan, sehingga perlu adanya penggantian (Cunningham, 2009).

d. Radiasi neutron

Umumnya penggunaan sumber radiasi neutron adalah reaktor nuklir. Pecahan nukleus dari plutonium atau uranium diikuti dengan pancaran neutron. Partikel neutron yang dipancarkan dapat menyerang nukleus atom yang berada di dekatnya dan menyebabkan reaksi pemecahan berantai. Radiasi neutron dapat menembus ke dalam jaringan dan organ tubuh. **Gambar 2.5** menjelaskan mengenai daya tembus dari masing-masing radiasi terhadap suatu material.



Gambar 2.5 Perbedaan Daya Tembus Radiasi Pengion (PWGSC, 2012)

2.9 Iradiasi Gamma

Radiasi yang biasanya digunakan dalam iradiasi pangan adalah *gamma rays* ^{60}Co . ^{60}Co biasanya di enkapsulasi lagi dengan pensil yang terbuat dari baja tahan karat untuk menghindari kebocoran dalam penggunaannya. Teknologi ini sudah sering digunakan lebih dari 30 tahun untuk sterilisasi alat medis, dental, dan produk rumah tangga. Teknologi ini juga biasa digunakan sebagai radiasi untuk pengobatan penyakit kanker. Saat tidak digunakan, sumber sinar gamma disimpan dikolam air yang dapat mengabsorpsi radiasi dengan baik agar tidak berbahaya. Pada iradiasi pangan atau bahan lainnya, sumber diambil dari air kemudian dimasukkan ke ruang yang sudah diatur bagian dindingnya untuk

mencegah sinar bocor keluar ruangan. Bahan yang akan diiradiasi dibawa masuk ke ruangan kemudian di arahkan pada sinar dengan waktu tertentu. Setelah digunakan, sumber sinar gamma dikembalikan kedalam tangki air (Arvanityannis,2010).

Iradiasi gamma ^{60}Co memiliki beberapa keunggulan dibandingkan ^{137}Cs , yaitu energi yang dipancarkan sebanyak 95% bisa langsung digunakan, dapat menembus hingga dalam, dibuat agar memiliki resiko yang rendah terhadap lingkungan dan perlakuan awal yang dibutuhkan untuk pangan relatif lebih rendah. Selain itu energi yang dihasilkan oleh ^{60}Co lebih besar dibandingkan ^{137}Cs yaitu sebesar 1.17 MeV (Loaharanu,2003).

Proses iradiasi gamma pada organisme dapat memberikan efek langsung maupun tidak langsung. Efek langsung terjadi akibat adanya tumbukan langsung elektron dalam mikroba yang dapat menyebabkan putusya ikatan rantai DNA dan akan mempengaruhi sel untuk reproduksi dan bertahan hidup sedangkan efek tidak langsung terjadi apabila radiasi mengenai molekul air yang merupakan komponen utama dalam sel. Hal ini akan menyebabkan sel mengalami proses radiolisis pada molekul air dan dapat menyebabkan terbentuknya radikal bebas (Adams dan Moss, 2008).

2.10 Efek Iradiasi

Iradiasi pada organisme dapat memberikan efek langsung dan tidak langsung. Efek langsung akan menyebabkan terputusnya ikatan hidrogen pada DNA mikroba dan mempengaruhi kemampuan sel untuk bereproduksi dan bertahan (Putri dkk., 2015). Efek tidak langsung terjadi akibat interaksi radiasi dengan molekul air sehingga membentuk radikal hidroksil reaktif ($\cdot\text{OH}$). Radikal hidroksil reaktif kemudian akan membentuk lapisan hidrasi di sekeliling molekul DNA dan mengakibatkan kerusakan DNA yang kemudian akan menghambat pembelahan sel. Setiap mikroorganisme memiliki sensitifitas yang berbeda terhadap iradiasi gamma. Beberapa mikroorganisme sangat sulit untuk dihambat atau bahkan dibunuh dengan iradiasi gamma, contohnya seperti virus, namun sebagian mikroorganisme seperti hama dan bakteri juga mudah mati dengan perlakuan tersebut (Aquino, 2012). Bakteri pembusuk dan bakteri patogen biasanya sensitif terhadap iradiasi dan dapat diinaktivasi dengan iradiasi suhu rendah dan medium antara 1-7 kGy. Spora bakteri tahan pada suhu yang lebih tinggi sehingga dibutuhkan dosis iradiasi yang lebih besar (diatas 10 kGy)

(Loaharanu, 2003). Tingkat kerusakan sel mikroba berkaitan erat dengan resistensi mikroba terhadap iradiasi biasanya dinyatakan dengan D_{10} . Semakin tinggi nilai D_{10} maka dapat dikatakan bahwa mikroba semakin tahan terhadap iradiasi (Cahyani dkk., 2015). Ketahanan mikroba menurut Aquino (2012), terhadap radiasi pengion dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya :

1. Ukuran dan Susunan DNA dalam sel mikroba tersebut.
2. Senyawa yang berhubungan dengan DNA dalam sel.
3. Oksigen, dimana oksigen mempengaruhi inaktivasi selama iradiasi. Dalam kondisi anaerob ketahanan beberapa bakteri vegetatif meningkat.
4. Kadar air, mikroba lebih tahan dalam keadaan kondisi kering dikarenakan jumlah kadar kecil, maka radikal bebas yang terbentuk dari molekul air dengan radiasi juga tidak ada.
5. Suhu, Mikroba vegetatif jauh lebih tahan pada suhu *subfreezing* daripada suhu kamar. Dalam keadaan beku, difusi radikal akan lebih banyak dibatasi.
6. Media, komposisi media mikroba akan sangat berperan penting dalam menentukan nilai D_{10} , hal ini dapat menyebabkan perbedaan nilai D_{10} .
7. Kondisi paska radiasi, mikroba yang bertahan setelah perlakuan iradiasi akan lebih sensitif terhadap kondisi lingkungan (suhu, pH, dll) dibandingkan bagian lain yang tidak diberi perlakuan iradiasi.

2.10.1 Efek Iradiasi terhadap Komponen Kimia

Iradiasi dapat menyebabkan perubahan kerusakan senyawa kimia. Efeknya bergantung dari dosis yang terserap. Mikronutrient dalam bahan pangan (biasanya vitamin yang larut dalam air dan lemak) dan makronutrient (seperti, karbohidrat, protein, lipid) tidak berpengaruh apabila diberi dosis iradiasi sebanyak 10 kGy. Akan tetapi, dengan dosis radiasi di atas 10 kGy, struktur serat karbohidrat dapat mengalami degradasi. Selain itu, pada lemak dapat terjadi ketengikan. Keadaan fisik dari pangan (*fresh* ataupun beku, gas, cair dan bubuk) dan komposisinya terpengaruhi oleh reaksi yang disebabkan dari proses iradiasi (Mostafavi, 2012).

2.10.1.1 Perubahan Kimiawi Air

Air terdapat pada setiap bahan pangan terutama bahan pangan segar, sehingga energi radasi juga akan diserap oleh molekul air membentuk berbagai hasil radiolisis yang selanjutnya akan bereaksi dengan komponen pada bahan pangan. Hal ini disebut juga dengan reaksi tidak langsung iradiasi (Dwiloka, 2002).

Efek dari Iradiasi dengan molekul air akan membebaskan elektron yang dapat memproduksi HO^+ . Hasil ini akan bereaksi dengan molekul air lain dan dapat menghasilkan komponen kuantitas seperti hidrogen dan *hydroxy radicals* (OH^*), Hidrogen peroksida (HO_2), hidrogen dan oksigen molekular (Black dan Jaczynski, 2008).

Hydroxy radical mempunyai daya yang cukup kuat, maka senyawa ini sanggup mengoksidasi ion-ion tertentu seperti fero menjadi feri. Radikal OH ini juga dapat menarik atom H dari ikatan S-H senyawa tiol serta C-H senyawa alifatik seperti alkohol, asam karboksilat, ester, karbohidrat, aldehyd, dan asam amino. Sedangkan radikal atom hidrogen yang terbentuk pada radiolisis air, pada umumnya relatif sedikit. Radikal H ini dapat bereaksi dengan senyawa aromatik, masuk dalam gugus disulfida serta dapat pula bereaksi dengan asam amino yang mengandung senyawa tiol (Dwiloka, 2002)

2.10.1.2 Perubahan kimiawi Karbohidrat

Penggunaan iradiasi gamma pada pati yang berasal dari jagung, gandum, beras atau kentang dapat membuat senyawa-senyawa aldehid seperti *malonaldehid*, *formaldehid*, *asetaldehid*, asam format, dan hidrogen peroksida (Mostafavi, 2012). Studi terkini membuktikan bahwa larutan fruktosa, glukosa, sukrosa, dan pati dari gamma iradiasi (3 kGy pada suhu 5°C) dapat menghasilkan *malonaldehid*, akan tetapi akumulasi jumlah aldehid terbentuk setelah iradiasi dari bahan akan menurun apabila mengurangi kadar oksigen dan menggunakan temperatur rendah saat melakukan iradiasi (Fan dan Thayer, 2002).

2.10.1.3 Perubahan Kimiawi Vitamin

Efek penting tidak terjadi pada vitamin di bahan selama perlakuan iradiasi dengan menggunakan dosis rendah maupun dosis rendah. Akan tetapi, kombinasi radikal bebas dapat terjadi selama iradiasi dengan antioksidan, vitamin dapat kehilangan beberapa bagian pentingnya (Stefanova *et al.*, 2010). Pada vitamin yang larut dalam air, contohnya *thiamine* yang ada pada dagingan terjadi perubahan secara signifikan. Iradiasi pada makanan ayam yang mengandung *thiamine* dengan menggunakan dosis iradiasi 1 kGy akan hilang sebanyak 16% dibandingkan dengan yang tidak dilakukan iradiasi (Mostafavi, 2012).

Dionisio *et al.* (2009) membuktikan bahwa buah strawberry yang diberi perlakuan iradiasi dengan dosis 1-2 kGy tidak terdapat perbedaan kadar vitamin setelah diberi perlakuan iradiasi dan disimpan pada suhu 5°C selama 2-11 hari. Tipe vitamin berdasarkan tingkat sensitifitasnya dapat dilihat pada **Tabel 2.4**

Tabel 2.4 Tipe Vitamin Berdasarkan Tingkat Sensitivitas

Sensitivitas Tinggi	Sensitivitas Sedang	Sensitivitas Rendah
A (Retinol)	b-carotene	Asam Folat
B1 (Thiamin)	K (in meat)	Phantotenic Acid
C (Ascorbic acid + Dehydro-ascorbic)		B2 (Riboflavin)
E (a-tocopherol)		B3 (Niacin)
		B6 (Pyridoxine)
		B10 (Biotin)
		B12 (Cobalamin)
		Choline
		D
		K (in vegetables)

Sumber : Dionisio *et al.* (2009)

2.11 Keamanan Pangan Iradiasi

Tahun 1992 pada pertemuan di Geneva, WHO (*World Health Organization*) menyatakan bahwa iradiasi merupakan cara yang aman untuk mengawetkan suplai makanan dunia. Akan tetapi, banyak konsumen yang tidak yakin terhadap pangan iradiasi dan efek sampingnya. Fox (2002) mengatakan bahwa tingkat kepedulian konsumen terhadap pangan iradiasi yaitu 29%. Dari sejumlah koresponden, 89% tidak yakin terhadap keamanan pangan dari pangan iradiasi. Hanya 11 % dari koresponden yang di wawancara mengatakan bahwa pangan iradiasi aman untuk di konsumsi. Saat pertemuan tersebut WHO

menyatakan bahwa pangan yang di iradiasi sampai tingkat tertentu tidak menimbulkan masalah gizi dan bahaya racun (Putri dkk., 2015).

Pangan Iradiasi sudah diijinkan hampir di 40 negara dan dilindungi dibawah Organisasi Kesehatan Dunia atau yang biasa juga disebut WHO, *American Medical Association*, dan organisasi lainnya. Iradiasi tidak menjadikan makanan memiliki sifat radioaktif. Iradiasi juga tidak menyebabkan perubahan kimiawi yang berbahaya. Proses mungkin dapat memberikan sedikit *loss* pada bagian nutrisi tapi tidak menjadikan bahan tersebut berbahaya untuk dikonsumsi (FDA, 2002).

Pada tahap dosis energi yang tinggi, radiasi pengion dapat menjadikan beberapa bagian tertentu menjadi radioaktif. Akan tetapi, dibawah batas ambang tertentu reaksi ini tidak akan terjadi. Pada tahun 1980 komite pakar gabungan FAO/IAEA/WHO yang menangani keamanan pangan menyarankan batas ambang penggunaan sumber iradiasi dalam pengolahan pangan yaitu tahap energi dibawah tahap yang menimbulkan radioaktif dalam pangan yang akan diolah sehingga pangan yang diolah dengan iradiasi tidak memiliki sifat radioaktif. Batas maksimal energi yang dapat dipakai adalah 5 MeV untuk sinar gamma dan sinar-X dan 10 MeV untuk berkas elektron (Putri dkk, 2015).

FDA (2002) menetapkan pada pangan yang dilakukan iradiasi harus meenambahkan logo radura (*Radiation durable*) pada kemasannya. Iradiasi pangan di Indonesia dilakukan berdasarkan beberapa Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia yaitu nomor 826/MENKES/PER/XII/1987, nomor 152/MENKES/SK/II/1995, dan nomor 701/MENKER/PER/VII/2009, serta Undang-Undang Pangan RI Nomor 7/1996, label pangan Nomor 69/1999 paragraf 34, dan peraturan perdagangan internasional tentang komersialisasi komoditi pangan iradiasi dan peraturan standar *internasional Codex Alimentarius Commision* untuk makanan iradiasi (Irawati, 2006). Pada tahun 2013 pemerintah mengeluarkan peraturan mengenai keamanan, mutu, dan gizi pangan yang dikeluarkan PerKB POM RI no.28 tahun 2013 mengenai pengawasan pangan iradiasi. Peraturan-peraturan tersebut bergantung sesuai dengan kebutuhan masing-masing. *Codex* digunakan untuk bahan baku yang diiradiasi, sedangkan PerKB POM ini meliputi ketentuan umum dan persyaratan, tanggung jawab fasilitas iradiasi, sertifikat iradiasi, dan sanksi administratif terhadap pelanggaran peraturan tersebut (BPOM, 2013).



Gambar 2.6 Radura Simbol (FDA, 2002)

Simbol radura ini adalah simbol yang digunakan dalam label atau kemasan pangan yang diiradiasi, berwarna hijau dengan gambar seperti struktur tanaman yang menunjukkan produk agrikulturan yang berada di kemasan tertutup (lingkaran diluarnya). Terdapat sela-sela di setengah lingkaran atas menandakan bahwa bahan pangan di masuki sinar ion atau partikel tertentu (FDA, 2002).

2.12 Pendinginan

Pada proses paska panen buah masih mengalami respirasi hingga bahan pangan tersebut membusuk. Pada suhu yang lebih tinggi atau lebih rendah metabolisme akan berjalan kurang sempurna. Pada setiap penurunan 8°C pada suhu penyimpanan maka metabolisme akan berkurang setengahnya. Penyimpanan suhu rendah dapat memperpanjang masa hidup jaringan-jaringan dalam bahan pangan tersebut karena aktivitas respirasi menurun dan menghambat aktivitas mikroorganisme. Penyimpanan dingin tidak membunuh mikroba tetapi hanya menghambat pertumbuhannya. Salah satu metode penyimpanan bahan pangan dengan suhu rendah adalah dengan menggunakan alat pendingin (Koswara, 2009).

Cara pengawetan pangan dengan suhu rendah terdapat dua macam, yaitu pendinginan (*cooling*) dan pembekuan. Pendinginan adalah penyimpanan bahan pangan di atas suhu pembekuan yaitu -2 sampai +10°C. pendinginan yang biasa dilakukan sehari-hari dalam lemari es pada umumnya mencapai suhu 5-8°C. Pendinginan pada umumnya akan mengawetkan beberapa hari atau minggu tergantung dari macam bahan pangannya (Koswara, 2009). Suhu penyimpanan dingin untuk berbagai bahan pangan dapat dilihat pada **Tabel 2.5**

Tabel 2.5 Suhu Penyimpanan Dingin Berbagai Bahan Pangan

Jenis Bahan Pangan	Suhu Terbaik (°C)
Buah-buahan, sayur, dan produk lain yang mudah rusak	6,6-10
Susu dan hasil olahannya	3,3-7,6
Daging dan unggas	0,5-3,3
Ikan dan kerang	(-5)-(-1,1)
Makanan beku	(-17,7)-(-28,8)

Sumber : Koswara (2009)

Dalam lemari pendingin berbagai bahan pangan seperti buah, sayuran, daging, telur, dan susu dapat dilakukan penyimpanan namun waktunya terbatas. Hal ini dikarenakan perubahan oleh enzim dari mikroba dapat dihambat walaupun tidak seluruhnya dapat dicegah. Suhu dalam lemari pendingin berbeda untuk masing-masing tempat didalam ruang pendingin. Suhu tertinggi terletak pada bagian bawah lemari pendingin dan terendah pada tempat dibawah ruang beku. Biasanya pada tempat penyimpanan untuk buah dan sayuran suhu 10% lebih rendah. Masing-masing bahan pangan pun memiliki suhu yang berbeda yang cocok untuk disimpan dalam lemari pendingin. Suhu yang baik untuk penyimpanan buah-buahan adalah pada suhu 6,6°-10°C (Koswara,2009).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Mei 2016 hingga bulan Agustus 2016. Iradiasi bahan dilakukan di Gedung Instalasi Fasilitas Iradiasi (IFI). Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Bahan Pangan, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR), Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Jakarta Selatan dan laboratorium Teknologi Hasil Pertanian FTP UB.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Iradiator Panorama Serba Guna (IRPASENA), Spektrofotometri Serapan Atom (SSA), lemari pendingin (Panasonic Dean), timbangan analitik (Excellent Scale HZF-A600 dan Mettler Toledo), otoklaf (Hirayama HL36Ae), laminar air flow, vortex, oven (Fisher dan Ikeda Rika), Inkubator (New Brunswick), *shaker waterbath* (memmert), *sealer* (impulse Sealer LIS-300), alat dektruksi, *color reader*, *dantexture analyzer*. Perangkat gelas dan non gelas yang digunakan dalam penelitian ini antara lain tabung reaksi, cawan petri, gelas beker, gelas ukur, labu erlenmeyer, *spreader*, pipet ukur, labu ukur, bola hisap, *thermometer*, pisau, bunsen, korek api, rak tabung reaksi, biuret, dan neraca

3.2.2 Bahan

Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah belimbing manis (*Averrhoa carambola* L.) jenis Dewa yang diperoleh dari *supplier* kota Depok. Bahan yang digunakan untuk analisa cemaran bakteri adalah akuades, media *Nutrient Agar*, *Potato Dextrose Agar*, pepton, dan alkohol 70 %. Sedangkan bahan yang digunakan untuk analisa total gula adalah CaCO_3 , Pb Asetat, n-oksalat, dan pereaksi *Anthrone*. Bahan yang digunakan untuk pengujian warna dan tekstur adalah plastik PP. Bahan yang digunakan untuk analisa pH adalah buffer 4 dan 7. Bahan-bahan untuk analisa diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) dan toko Makmur Sejati.

3.3 Metode Penelitian

Metode Penelitian yang digunakan adalah RAK faktorial dengan 2 faktor. Faktor I terdiri dari 4 level dan faktor II terdiri dari 3 level, sehingga didapatkan 12 kombinasi perlakuan. Setiap perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali ulangan sehingga didapatkan 24 satuan percobaan. Hasil uji terhadap karakteristik mikrobiologis, kimiawi dan fisik dibandingkan dengan standar yang telah diatur atau menurut literatur.

Faktor I : Dosis Iradiasi (kGy) yang terdiri dari 4 level, yaitu :

A1 = 0 kGy

A2 = 0,5 kGy

A3 = 1 kGy

A4 = 1,5 kGy

Faktor II : Lama Penyimpanan yang terdiri dari 2 level, yaitu :

F1 = Penyimpanan suhu 16°C, 0 hari

F2 = Penyimpanan suhu 16°C, 5 hari

F3 = Penyimpanan suhu 16°C, 10 hari

Keterangan :

Cara Perhitungan dosis berdasarkan rumus :

$$D^* = \frac{60 \times D}{t} \text{ Gy/jam}$$

Dimana :

D* = laju dosis, Gy/jam

D = total dosis yang terserap, Gy

t = lamanya iradiasi, menit

untuk mendapatkan dosis 0,5 kGy, maka diperlukan waktu :

$$t = \frac{60 \times D}{D^*} = \frac{60 \times 0,5 \text{ kGy}}{1,5 \text{ kGy/jam}} = 20 \text{ menit}$$

untuk mendapatkan dosis 1 kGy, maka diperlukan waktu :

$$t = \frac{60 \times D}{D^*} = \frac{60 \times 1 \text{ kGy}}{1,5 \text{ kGy/jam}} = 40 \text{ menit}$$

Untuk mendapatkan dosis 1,5 kGy, maka diperlukan waktu :

$$t = \frac{60 \times D}{D^*} = \frac{60 \times 1,5 \text{ kGy}}{1,5 \text{ kGy/jam}} = 60 \text{ menit}$$

Laju dosis sebesar 1,5 kGy/jam diperoleh melalui pengukuran yang dilakukan oleh operator iradiator panorama serba guna PAIR BATAN.

Dari faktor tersebut, maka diperoleh kombinasi sebagai berikut :

- A1F1 : Dosis 0 kGy, penyimpanan suhu 16°C selama 0 hari
- A1F2 : Dosis 0 kGy, penyimpanan suhu 16°C selama 5 hari
- A1F3 : Dosis 0 kGy, penyimpanan suhu 16°C selama 10 hari
- A2F1 : Dosis 0,5 kGy, penyimpanan suhu 16°C selama 0 hari
- A2F2 : Dosis 0,5 kGy, penyimpanan suhu 16°C selama 5 hari
- A2F3 : Dosis 0,5 kGy, penyimpanan suhu 16°C selama 10 hari
- A3F1 : Dosis 1 kGy, penyimpanan suhu 16°C selama 0 hari
- A3F2 : Dosis 1 kGy, penyimpanan suhu 16°C selama 5 hari
- A3F3 : Dosis 1 kGy, penyimpanan suhu 16°C selama 10 hari
- A4F1 : Dosis 1,5 kGy, penyimpanan suhu 16°C selama 0 hari
- A4F2 : Dosis 1,5 kGy, penyimpanan suhu 16°C selama 5 hari
- A4F3 : Dosis 1,5 kGy, penyimpanan suhu 16°C selama 10 hari

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Tahap 1. Persiapan Sampel

- Buah Belimbing ditimbang sebanyak 20 gram (untuk sampel analisa mikroba) dan 200 gram (untuk sampel analisa kimia dan fisik).
- Sampel dikemas dalam bahan pengemas plastik berjenis PP (*Polypropylene*).
- Kemudian disimpan dengan rapat untuk menghindari cemaran bakteri dari lingkungan dengan menggunakan *impulse sealer*.
- Buah belimbing yang telah di sealer kemudian di taruh pada *box* berisi es

Tahap 2. Iradasi Gamma

- Box es yang berisi belimbing manis dimasukkan ke dalam ruang iradasi.
- Laju dosis diukur sebesar 1,5kGy/h.
- Jarak diukur dengan sumber iradasi.
- Iradasi dilakukan sesuai dengan lama waktu yang telah dihitung untuk dosis 0,5; 1; dan 1,5 kGy.
- Buah belimbing yang telah di iradasi, disimpan pada suhu 16°C dan dianalisa pada hari ke 0, 5 dan 10.

Tahap 3. Analisa Sampel (Lampiran 4.)

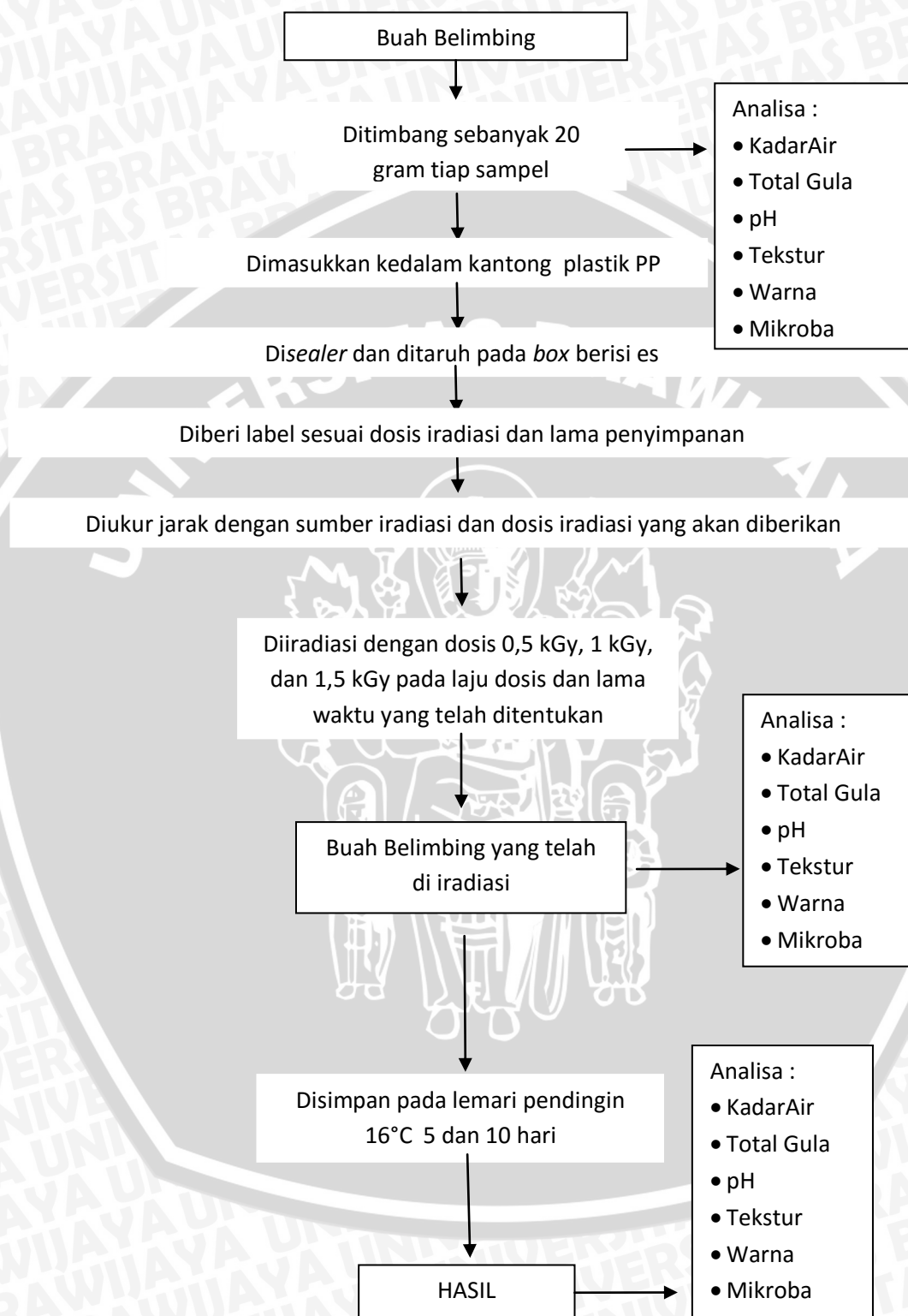
1. Analisa kadar air metode *thermogravimetri* (AOAC, 1995)
2. Analisa total gula metode *Anthrone* (AOAC, 1990)
3. Analisa tingkat keasaman (pH)
4. Analisa ALT (Modifikasi dari Nugroho, 2016)
5. Analisa Warna (Yuwono dan Susanto, 1998)
6. Analisa Tekstur (Yuwono dan Susanto, 1998)

3.5 Pengamatan dan Analisis Data

Pengamatan dan analisa sampel dilakukan sebelum dan sesudah iradasi pada penyimpanan hari ke 5 dan hari ke 10. Data yang diperoleh dari hasil penelitian dianalisa dengan metode analisa ragam (*Analysis of Variant* atau ANOVA) dan dilakukan uji lanjut DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) dan BNT (Beda Nyata terkecil) dengan selang kepercayaan 5%.

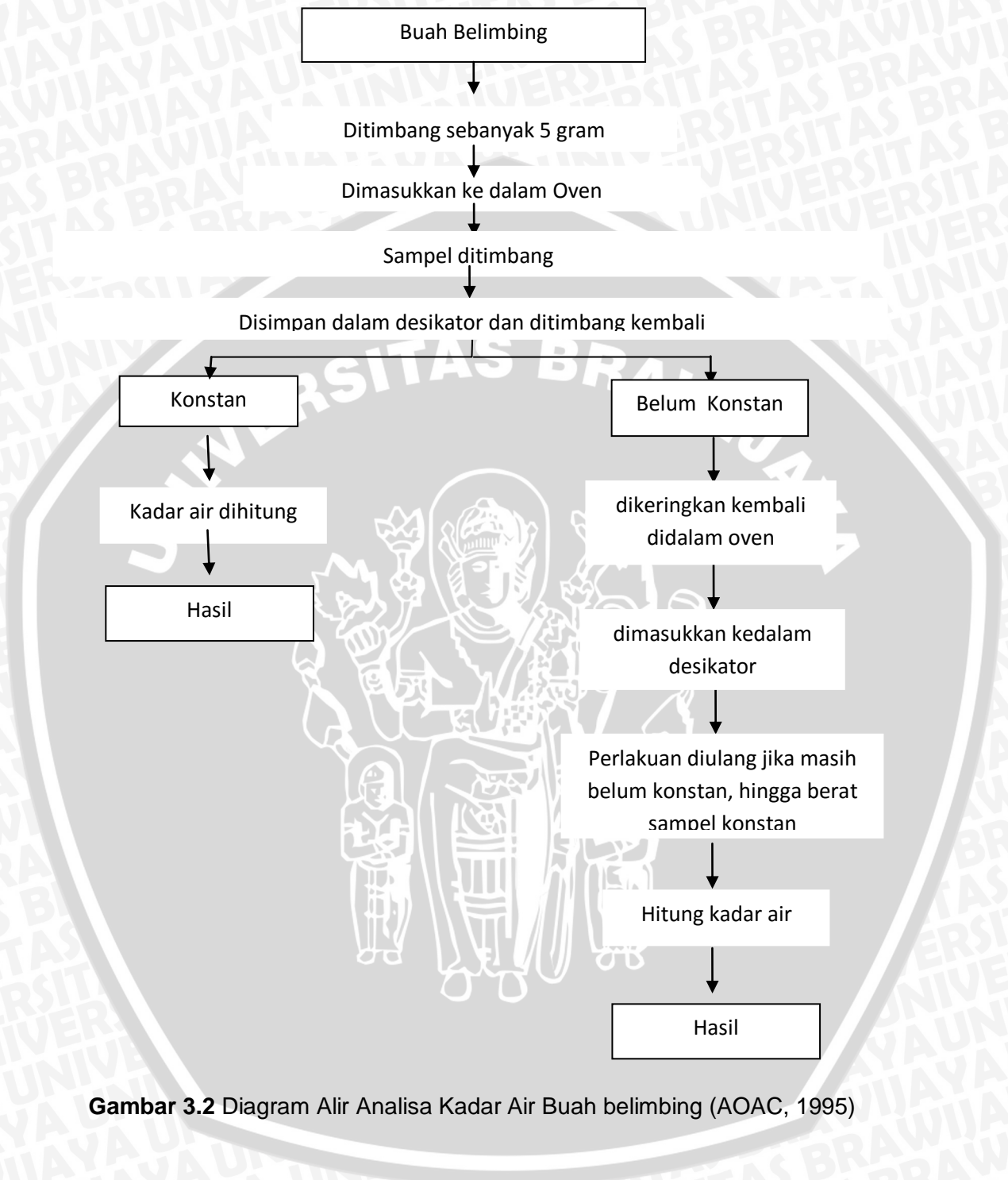
3.6 Diagram Alir Penelitian

3.6.1 Iradiasi Gamma dan Penyimpanan Suhu Dingin



Gambar 3.1 Diagram Alir Iradiasi Gamma Buah Belimbing (Modifikasi dari Nugroho, 2016)

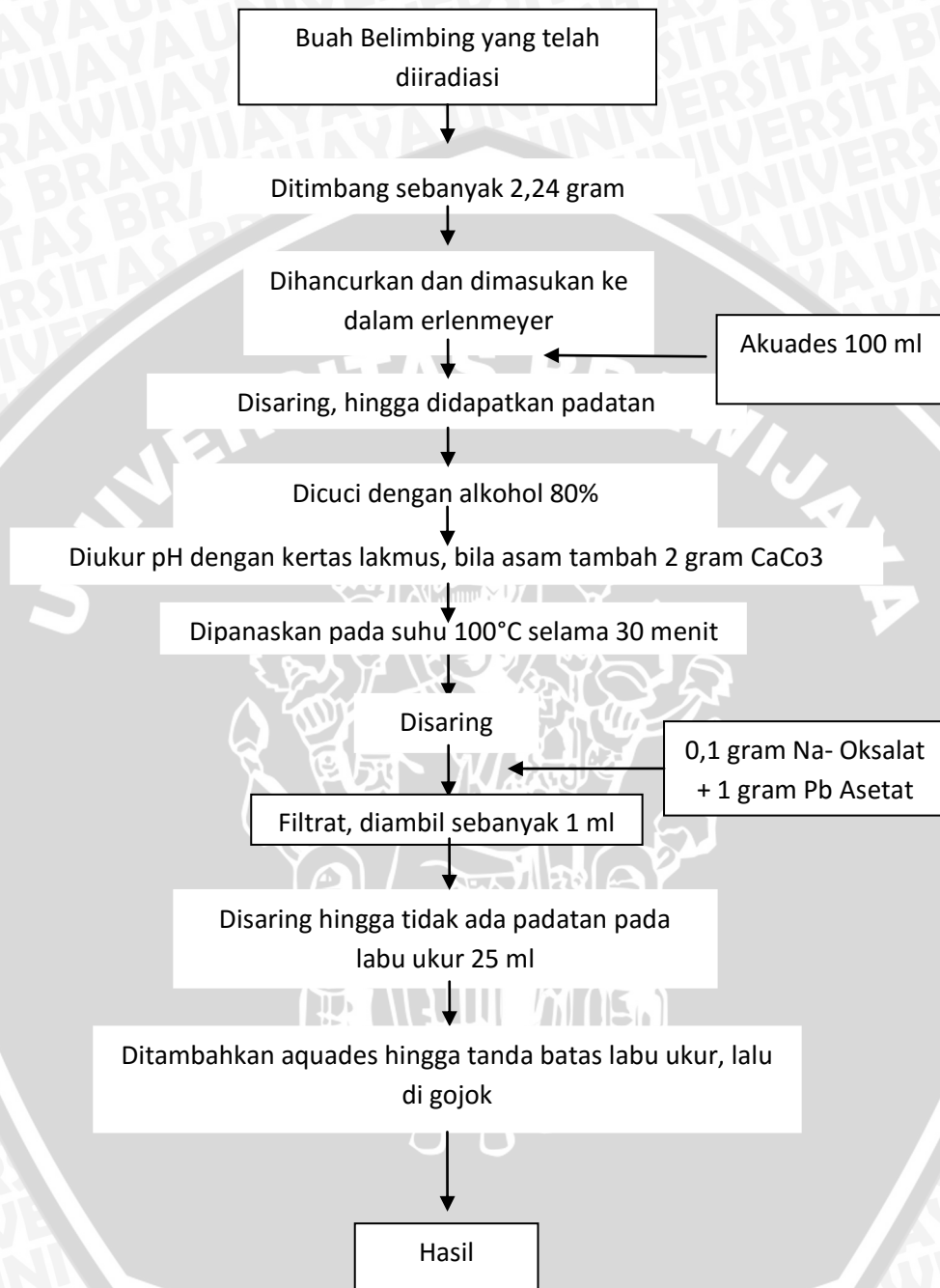
3.6.2 Analisa Kadar air Metode Pengeringan Oven



Gambar 3.2 Diagram Alir Analisa Kadar Air Buah belimbing (AOAC, 1995)

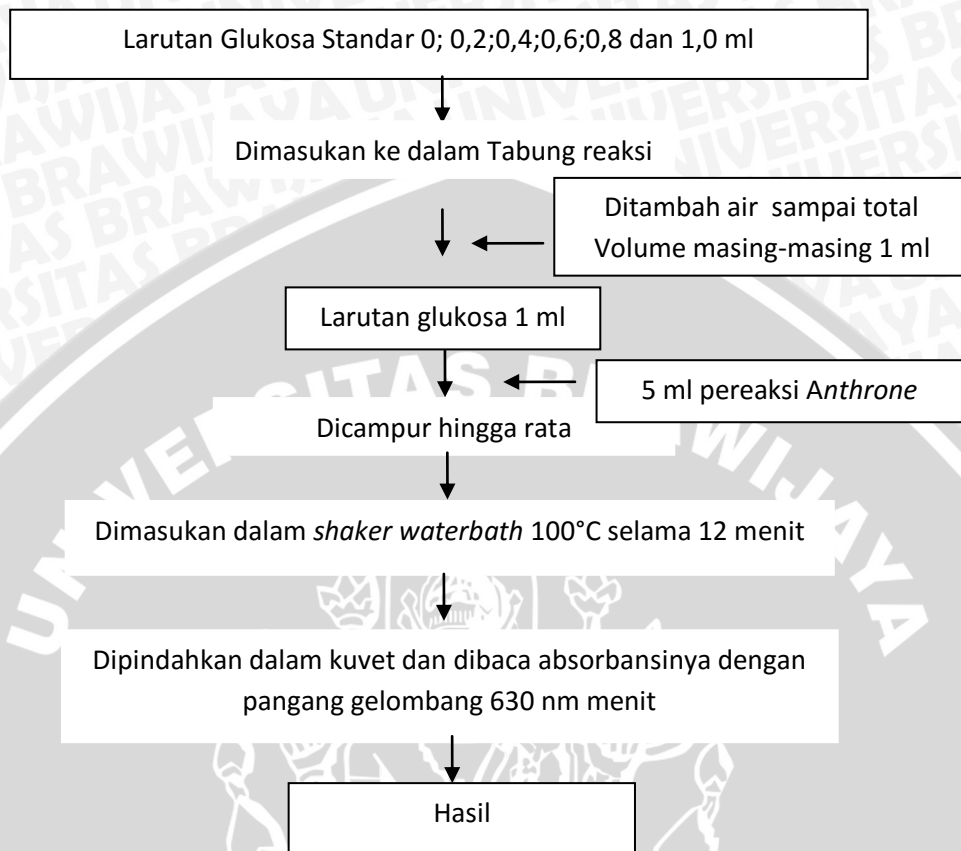
3.6.3 Analisa Total Gula *Anthrone*

3.6.3.1 Persiapan Sampel padat



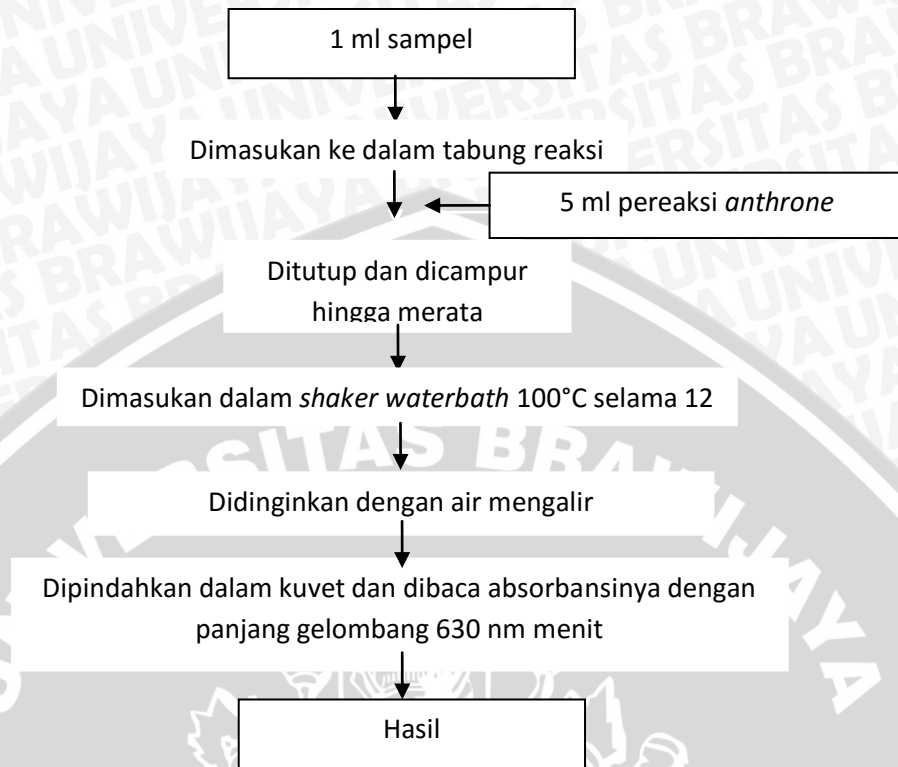
Gambar 3.3 Diagram Alir Persiapan Sampel Uji Total Gula *Anthrone* (AOAC, 1990)

3.6.3.2 Pembuatan Kurva Standar



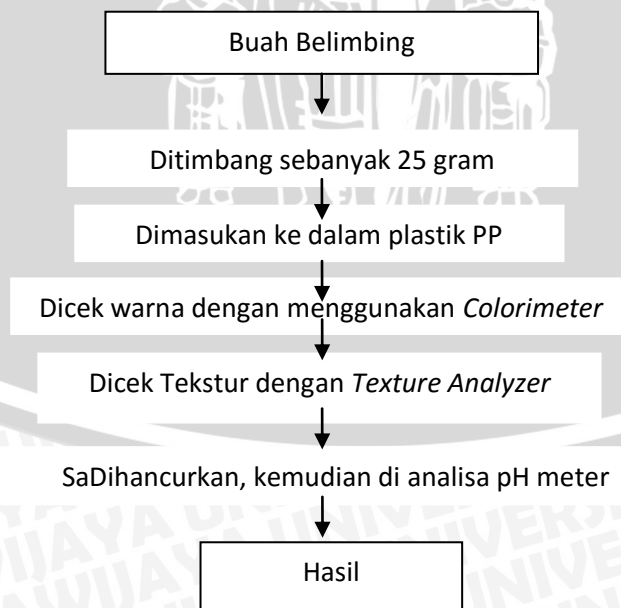
Gambar 3.4 Diagram Alir Pembuatan kurva Standar (AOAC,1990)

3.6.3.3 Penetapan kadar gula sampel



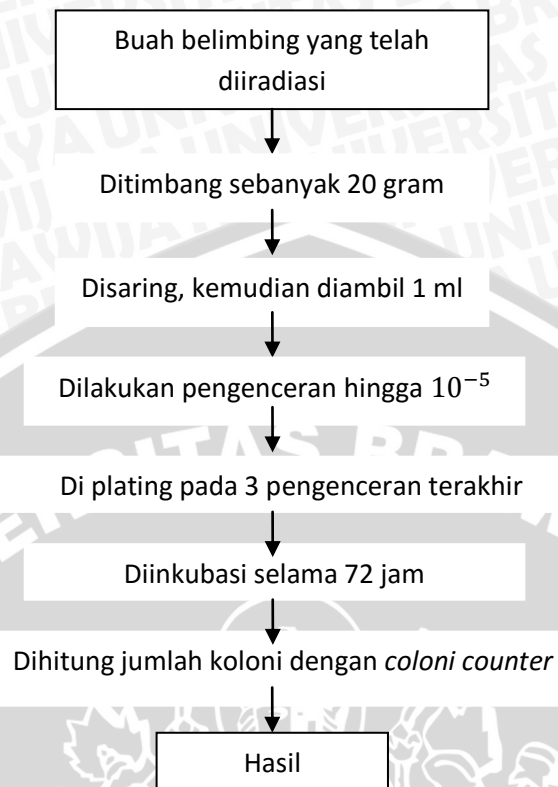
Gambar 3.5 Diagram Alir Penetapan Kadar Gula Anthrone (AOAC,1990)

3.6.4 Analisa Warna,pH dan Tekstur



Gambar 3.6 Diagram Alir Analisa Warna, pH dan Tekstur (Yuwono dan Susanto, 1998)

3.6.5 Analisa Angka Lempeng Total (ALT) Cemar



Gambar 3.7 Analisa Cemar Mikroba dengan metode ALT (Modifikasi Nugroho, 2016)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Mikrobiologis Buah Belimbing

Analisa mikrobiologis dilakukan pada buah belimbing yang diberi perlakuan dosis iradiasi 0; 0,5; 1; dan 1,5 kGy dengan lama penyimpanan dingin selama 0, 5, dan 10 hari. Aspek mikrobiologis yang dianalisa meliputi Angka Lempeng Total (ALT) atau *SPC*, *E. coli*, koliform, kapang dan khamir dengan menghitung jumlah koloni yang terdapat pada media yang ditanam.

4.1.1 Angka Lempeng Total (ALT)

Metode yang digunakan untuk analisa angka lempeng total pada buah belimbing manis merujuk pada metode standar yang digunakan menurut SNI No. 7388 (2009). ALT dapat digunakan sebagai indikator proses *higine* sanitasi dan analisis mikroba lingkungan pada produk pangan. Iradiasi pada buah belimbing manis diharapkan dapat mengurangi jumlah mikroba. Nilai angka lempeng total yang diinginkan adalah 0 CFU/g atau tidak terdapat mikroba.

Analisa ragam menunjukkan bahwa perlakuan dosis iradiasi dan lama penyimpanan memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha=0,05$) terhadap nilai log angka lempeng total buah belimbing manis. Hasil rata-rata ALT berkisar antara $0-3,10 \times 10^7$ CFU/g. Hasil rata-rata nilai log ALT yang didapatkan berkisar antara $0-7,6$ CFU/g. Pemberian dosis dan lama penyimpanan masing-masing memberikan pengaruh yang nyata terhadap ALT buah belimbing. Hasil perhitungan ANOVA menunjukkan adanya interaksi antara pemberian dosis dan lama penyimpanan terhadap jumlah ALT buah belimbing manis (**Lampiran 5**). Uji lanjut nilai angka lempeng total disajikan pada **Tabel 4.1**

Tabel 4.1 Rerata Nilai Log ALT Belimbing Manis Pada Berbagai Dosis Iradiasi dan Lama Penyimpanan

Dosis (kGy)	Lama Penyimpanan (Hari)	Jumlah ALT (CFU/g)	Nilai log ALT	Nilai DMRT 5%
0 (kontrol)	0	$7,95 \times 10^6$	$6,9 \pm 0,20$ gh	0,719094
	5	$1,62 \times 10^7$	$7,2 \pm 0,08$ gh	0,751464
	10	$3,10 \times 10^7$	$7,5 \pm 0,12$ h	0,790772
0.5	0	$1,25 \times 10^5$	$5,1 \pm 1,06$ cd	0,783835
	5	$8,05 \times 10^5$	$5,4 \pm 1,06$ de	0,793084
	10	$4,65 \times 10^6$	$6,7 \pm 0,14$ fg	0,800020
1	0	$1,50 \times 10^3$	$3,2 \pm 0,21$ b	0,804645
	5	$1,41 \times 10^5$	$5,1 \pm 0,18$ cd	0,806957
	10	$4,25 \times 10^6$	$6,6 \pm 0,4$ fg	0,809500
1.5	0	-	$0 \pm 0,00$ a	0,810657
	5	$3,45 \times 10^4$	$4,5 \pm 0,02$ c	0,811350
	10	$7,83 \times 10^5$	$5,9 \pm 0,04$ ef	

Keterangan : 1. Setiap data merupakan rerata dari 2 kali ulangan

2. Nilai yang diikuti huruf yang sama menyatakan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0,05$)

3. Angka setelah \pm adalah standar error

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa pada buah belimbing iradiasi 0 kGy (kontrol) memiliki nilai log ALT yang paling tinggi jika dibandingkan dengan nilai log ALT pada dosis lain. Nilai log ALT pada dosis 0 kGy lebih besar jika dibandingkan dengan nilai log angka lempeng total pada dosis 0,5 kGy dan akan terus menurun pada dosis 1 kGy dan 1,5 kGy. Menurut penelitian Lopez et al. (2006) semakin meningkatnya dosis iradiasi maka nilai log ALT semakin menurun. Loaharanu (2003) menyebutkan bahwa mikroba patogen dan pembusuk sensitif pada dosis iradiasi rendah dan medium. Iradiasi akan merusak sel-sel DNA pada mikroba dan menyebabkan mikroba sulit bertahan atau bahkan mati. Kerusakan DNA mikroba oleh iradiasi dapat terjadi secara langsung, yaitu terputusnya ikatan rantai DNA, maupun secara tidak langsung yaitu adanya interaksi radiasi dengan molekul air sehingga membentuk radikal hidroksil reaktif ($\bullet\text{OH}$). Radikal hidroksil reaktif akan membentuk hidrasi disekeliling molekul DNA dan merusak DNA hingga mencapai 90%. Perusakan DNA ini akan menyebabkan sel mikroba terhambat pembelahannya (Aquino, 2012). Semakin menurunnya nilai ALT pada buah belimbing, mikroba yang terdapat pada buah belimbing juga menurun dan buah belimbing lebih layak untuk dikonsumsi.

Hasil juga menunjukkan bahwa setiap dosis iradiasi nilai log ALT cenderung menurun seiring dengan bertambahnya lama waktu penyimpanan. Semakin bertambahnya hari maka nilai log ALT semakin bertambah. Hal ini sesuai dengan penelitian Lopez et al. (2005) pada kembang kol yang diberi

perlakuan iradiasi. Hasil menunjukkan bahwa selama penyimpanan nilai log angka lempeng total mengalami peningkatan setiap harinya. Menurut Saidi (1999) selama penyimpanan mikroba yang ada pada suatu produk atau bahan baku dapat tumbuh dan berkembang secara optimal karena tersedianya makanan dan kondisi lingkungan yang sesuai untuk mikroba bertahan hidup.

4.1.2 Jumlah *Escherichia Coli*

E. coli merupakan bakteri patogen yang dapat menyebabkan keracunan makanan dan indikator cemaran pada bahan pangan (Djaafar dan Rahayu, 2007). Perlakuan iradiasi pada buah belimbing manis diharapkan dapat mengurangi jumlah *E. coli*. Analisa ragam menunjukkan bahwa peningkatan dosis iradiasi dengan lama waktu penyimpanan memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha = 0.05$) terhadap nilai log jumlah *E. coli*. Hasil rata-rata jumlah *E. coli* berkisar antara $0-3,00 \times 10^7$ CFU/g. Hasil rata-rata nilai log jumlah *E. coli* pada penelitian ini berkisar antara 0-7,5 CFU/g. Pemberian dosis dan lama penyimpanan masing-masing memberikan pengaruh yang nyata terhadap *E. coli* buah belimbing. Hasil perhitungan ANOVA menunjukkan adanya interaksi antara pemberian dosis dan lama penyimpanan terhadap jumlah *E. coli* buah belimbing manis (Lampiran 6). Uji lanjut nilai log *E. coli* disajikan pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Rerata Nilai Log *E. coli* Belimbing Manis Pada Berbagai Dosis Iradiasi dan Lama Penyimpanan

Dosis (kGy)	Lama Penyimpanan (Hari)	Jumlah <i>E. coli</i> (CFU/g)	Nilai log Jumlah <i>E. coli</i>	DMRT 5%
0 (kontrol)	0	$7,55 \times 10^6$	$6,8 \pm 0,26$ fg	0,296314
	5	$1,36 \times 10^7$	$7,1 \pm 0,18$ h	0,309653
	10	$3,00 \times 10^7$	$7,5 \pm 0,19$ i	0,325851
0.5	0	$1,01 \times 10^5$	$5,0 \pm 0,12$ de	0,322992
	5	$1,61 \times 10^5$	$5,2 \pm 0,16$ e	0,326803
	10	$3,48 \times 10^6$	$6,5 \pm 0,06$ fg	0,329662
1	0	$1,00 \times 10^2$	$2,0 \pm 0,00$ b	0,331567
	5	$7,00 \times 10^4$	$4,8 \pm 0,08$ d	0,332520
	10	$2,86 \times 10^6$	$6,5 \pm 0,02$ e	0,333568
1.5	0	-	$0,00 \pm 0,00$ a	0,334045
	5	$8,80 \times 10^3$	$3,9 \pm 0,09$ c	0,334330
	10	$1,04 \times 10^5$	$5,0 \pm 0,07$ de	

Keterangan : 1. Setiap data merupakan rerata dari 2 kali ulangan

2. Nilai yang diikuti huruf yang sama menyatakan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0,05$)

3. Angka setelah \pm adalah standar error

Pada **Tabel 4.2** hasil menunjukkan bahwa nilai log jumlah *E. coli* pada dosis 0 kGy (kontrol) masih berada diatas nilai log jumlah *E. coli* dosis lain pada masing-masing lama penyimpanan 0, 5, dan 10 hari. Semakin meningkatnya dosis iradiasi yang diberikan maka nilai log jumlah *E. coli* buah belimbing manis akan semakin menurun. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Irmanita dkk. (2016) yang menunjukkan bahwa semakin meningkatnya dosis iradiasi maka jumlah *E. coli* pada daging ayam juga akan semakin menurun. Loaharanu (2003) menyebutkan bahwa mikroba patogen dan pembusuk sensitif pada iradiasi dosis rendah dan medium. Iradiasi akan merusak sel sel DNA pada mikroba dan menyebabkan mikroba sulit bertahan atau bahkan mati. Selain itu, tingkat resistensi bakteri cenderung lebih sensitif terhadap iradiasi ketika berada pada fase pertumbuhan (Fadilah dkk., 2015).

Hasil juga menunjukkan bahwa pada masing-masing dosis iradiasi 0; 0,5; 1; dan 1,5 kGy nilai log jumlah *E. coli* belimbing manis berbeda nyata pada setiap perlakuan lama penyimpanannya. Pada tabel, nilai log jumlah *E. coli* akan semakin meningkat dengan semakin bertambahnya lama penyimpanan buah belimbing. Hal ini dikarenakan selama penyimpanan dapat terjadi kontaminasi kedalam buah belimbing dari tempat penyimpanan dan lingkungan sekitar (Ayufitriah, 2009). Selain itu, selama waktu penyimpanan *E. coli* yang sudah ada pada buah mengalami perkembangbiakan akibat adanya nutrisi yang cukup dari bahan pangan (Buckle *et al.*, 1987).

4.1.3 Jumlah Koliform

Koliform adalah jenis bakteri yang sering digunakan sebagai penentu kualitas pangan (Djaafar dan Rahayu, 2007). Iradiasi terhadap buah belimbing diharapkan dapat mengurangi jumlah koliform. Analisa ragam menunjukkan bahwa perlakuan peningkatan dosis iradiasi dan lama penyimpanan memberikan pengaruh nyata ($\alpha=0,05$) terhadap nilai log jumlah koliform. Hasil rata-rata jumlah koliform berkisar antara $0-9,50 \times 10^6$ CFU/g. Hasil rata-rata nilai log jumlah koliform pada penelitian ini berkisar antara 0-5,9 CFU/g. Pemberian dosis dan lama penyimpanan masing-masing memberikan pengaruh yang nyata terhadap koliform buah belimbing. Hasil perhitungan ANOVA menunjukkan adanya interaksi antara pemberian dosis dan lama penyimpanan terhadap jumlah koliform buah belimbing manis (**Lampiran 7**). Uji lanjut nilai koliform disajikan pada **Tabel 4.3**

Tabel 4.3 Rerata Nilai Log Koliform Belimbing Manis Pada Berbagai Dosis Iradiasi dan Lama Penyimpanan

Dosis (kGy)	Lama Penyimpanan (Hari)	Jumlah Koliform (CFU/g)	Nilai log koliform	DMRT 5%
0 (kontrol)	0	$3,00 \times 10^5$	$2,9 \pm 4,09$ ab	3,299238
	5	$7,50 \times 10^5$	$5,9 \pm 0,04$ cd	3,447757
	10	$9,50 \times 10^6$	$7,0 \pm 0,03$ d	3,628101
0.5	0	$4,50 \times 10^2$	$2,6 \pm 0,21$ ab	3,596276
	5	$1,05 \times 10^4$	$4,0 \pm 0,03$ ab	3,638709
	10	$3,60 \times 10^5$	$5,6 \pm 0,02$ cd	3,670535
1	0	$1,00 \times 10^3$	$1,7 \pm 2,33$ ab	3,691752
	5	$2,00 \times 10^3$	$3,2 \pm 0,34$ ab	3,70236
	10	$4,00 \times 10^4$	$4,6 \pm 0,16$ bc	3,71403
1.5	0	-	$0,00 \pm 0,00$ a	3,719334
	5	-	$0,00 \pm 0,00$ a	3,722516
	10	$5,00 \times 10^2$	$1,5 \pm 2,12$ ab	

Keterangan : 1. Setiap data merupakan rerata dari 2 kali ulangan

2. Nilai yang diikuti huruf yang sama menyatakan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0,05$)

3. Angka setelah \pm adalah standar error

Tabel 4.3 menunjukkan nilai log koliform buah belimbing yang diberi dosis iradiasi 0 kGy berbeda nyata ($\alpha = 0,05$) dengan perlakuan lama hari penyimpanan. Nilai log koliform pada dosis iradiasi 0 kGy memiliki nilai log jumlah koliform yang paling tinggi jika dibandingkan dengan dosis yang lain. Nilai log jumlah koliform buah belimbing manis akan semakin menurun seiring dengan meningkatnya dosis iradiasi yang diberikan baik pada masing masing lama penyimpanan 0, 5, dan 10 hari. Hal ini dikarenakan iradiasi akan merusak sel-sel DNA pada mikroba dimana perusakan sel sel ini dapat menyebabkan mikroba sulit untuk berkembang biak atau bahkan mati (Loaharanu, 2003). Menurut penelitian Irmanita dkk. (2006) jumlah koliform dapat menurun seiring dengan bertambahnya dosis iradiasi yang diberikan pada sampel ayam.

Hasil juga menunjukkan iradiasi dapat menekan peningkatan nilai log jumlah koliform hingga hari ke 5. Dapat dilihat pada tabel, belimbing manis yang di iradiasi pada dosis 0,5; 1; dan 1,5 kGy menunjukkan nilai log koliform yang tidak berbeda nyata pada hari ke 0 dan ke 5. Hal ini dikarenakan saat iradiasi dilakukan maka sel DNA mikroba akan mengalami kerusakan, mikroba tidak memiliki enzim yang dapat membantu untuk menyembuhkan sel DNA yang sudah rusak sehingga selama penyimpanan mikroba tidak mampu tumbuh dengan optimal (Tuasikal dkk., 2005). Mikroba juga tumbuh secara lambat karena adanya penyimpanan dingin. Penyimpanan dingin mempengaruhi

lambatnya pertumbuhan mikroba karena selama disimpan ditempat dingin terjadi kenaikan konsentrasi padatan intraseluler sehingga menyebabkan perubahan fisik dan kimia sel-sel bakteri pembusuk (Khomsan, 2004). Nilai log koliform tidak berbeda nyata secara statistik dari hari ke 0 hingga hari ke 5, namun nilai log jumlah koliform tetap mengalami peningkatan selama lama penyimpanan tersebut. Peningkatan nilai log koliform dikarenakan selama lama penyimpanan, koliform dalam buah belimbing mengalami perkembangbiakan karena adanya nutrisi dari bahan pangan, selain itu koliform dapat terkontaminasi dari lingkungan sekitar yang dapat mengkontaminasi buah belimbing selama lama penyimpanan berlangsung (Irinto, 2006).

4.1.4 Jumlah Kapang dan Khamir

Kapang dan khamir adalah jenis mikroorganisme yg dapat merusak pangan dengan menggunakan komponen nutrisi buah yang dapat menghasilkan alkohol. Analisa ragam menunjukkan bahwa perlakuan peningkatan dosis iradiasi dan lama penyimpanan memberikan pengaruh nyata ($\alpha=0,05$) terhadap nilai log jumlah kapang dan khamir. Hasil rata-rata jumlah kapang dan khamir berkisar antara $0-9,20 \times 10^6$. Hasil analisa nilai log jumlah kapang dan khamir pada penelitian ini berkisar antara 0-5,9 CFU/g. Pemberian dosis dan lama penyimpanan masing-masing memberikan pengaruh yang nyata terhadap jumlah kapang dan khamir buah belimbing. Hasil perhitungan ANOVA menunjukkan adanya interaksi antara pemberian dosis dan lama penyimpanan terhadap jumlah kapang dan khamir buah belimbing manis (**Lampiran 8**). Uji lanjut nilai kapang dan khamir disajikan pada **Tabel 4.4**

Tabel 4.4 Rerata Nilai Log Kapang dan Khamir Belimbing Manis Pada Berbagai Dosis Iradiasi dan Lama Penyimpanan

Dosis (kGy)	Lama Penyimpanan (Hari)	Jumlah Koliform (CFU/g)	Nilai log kapang dan khamir	DMRT 5%
0 (kontrol)	0	2.20×10^6	6,3±0,04 fg	0,192267
	5	2.97×10^6	6,5±0,05 g	0,200922
	10	9.20×10^6	7,0±0,05 h	0,211432
0.5	0	7.25×10^4	4,9±0,08 c	0,209577
	5	1.44×10^5	5,2±0,05 d	0,212050
	10	1.77×10^6	6,2±0,10 fg	0,213905
1	0	1.40×10^4	4,1±0,23 b	0,215141
	5	8.75×10^4	4,9±0,04 c	0,215759
	10	1.40×10^6	6,1±0,04 f	0,216439
1.5	0	-	0,00±0,00 a	0,216748
	5	7.20×10^4	4,9±0,08 c	0,216934
	10	3.70×10^5	5,6±0,02 e	

- Keterangan :
1. Setiap data merupakan rerata dari 2 kali ulangan
 2. Nilai yang diikuti huruf yang sama menyatakan perbedaan yang tidak nyata ($P>0,05$)
 3. Angka setelah \pm adalah standar eror

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa nilai log jumlah kapang dan khamir pada dosis 0 kGy (kontrol) masih berada diatas nilai log jumlah kapang dan khamir pada dosis lainnya pada masing masing pada 0, 5, dan 10 hari. Hasil menunjukkan bahwa semakin meningkatnya dosis iradiasi yang diberikan maka nilai log jumlah kapang dan khamir pada buah belimbing akan semakin menurun. Hal ini sesuai dengan penelitian Stathele (2009) pada isolasi kapang yang diberi perlakuan iradiasi dan didapatkan bahwa jumlah kapang semakin menurun seiring dengan bertambahnya dosis iradiasi yang dilakukan. Menurut Smith and Pillai (2004) sinar gamma dapat merusak DNA pada makhluk hidup meliputi perubahan sel DNA yang dapat menyebabkan makhluk hidup tersebut tidak dapat tumbuh ataupun bereproduksi.

Nilai log jumlah kapang dan khamir akan semakin meningkat dengan semakin bertambahnya lama penyimpanan buah belimbing. Hal ini dikarenakan semakin lamanya waktu penyimpanan maka kapang dan khamir pada buah belimbing juga terus berkembang biak. Menurut Ikeh *et al.* (2001) kapang dan khamir dapat tersebar melalui udara sekitar yang masuk kedalam bahan pangan meski bahan pangan sudah ditutup rapat dengan menggunakan plastik dan dapat mengkontaminasi bahan pangan. Selama waktu penyimpanan kapang dan khamir akan berkembang biak akibat adanya makanan yang sesuai. Kadar air belimbing yang mencapai 90% merupakan media yang cocok untuk

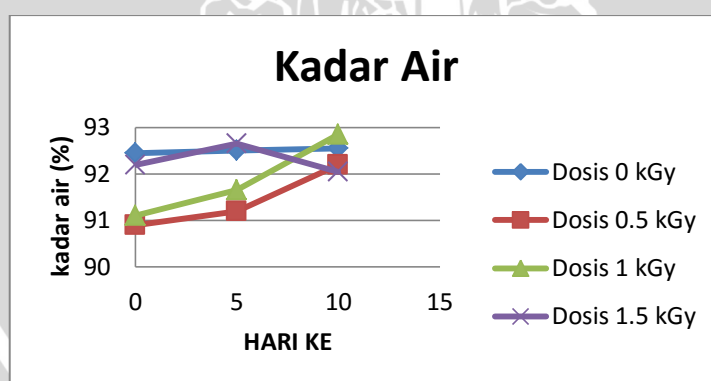
pertumbuhan kapang dan khamir untuk mendekomposisi sehingga jumlah kapang dan khamir pun semakin bertambah seiring dengan bertambahnya lama penyimpanan.

4.2 Karakteristik Kimiawi Belimbing Irradiasi

Analisa kimiawi dilakukan pada buah belimbing yang diberi perlakuan dosis iradiasi 0; 0,5; 1; dan 1,5 kGy dengan pengamatan pada hari 0, 5, dan 10. Analisis kimiawi dilakukan untuk mengetahui apakah adanya perubahan yang terjadi akibat perlakuan iradiasi dan penyimpanan. Karakteristik kimiawi juga memberikan pengaruh terhadap penampakan dan rasa dari buah belimbing manis. Aspek kimiawi pada buah belimbing yang dianalisa meliputi kadar air, kadar gula dan pH.

4.2.1 Kadar Air

Kadar air pada buah belimbing manis penting dikarenakan bagian utama pembentuk buah belimbing. Hasil rata-rata kadar air buah belimbing yang diiradiasi berkisar antara 90,9-92,85% (**Lampiran 9**). Rerata kadar air buah belimbing yang telah diberi perlakuan iradiasi dan lama penyimpanan disajikan pada **Gambar 4.1**



Gambar 4.1 Grafik rerata kadar air belimbing iradiasi

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa belimbing iradiasi pada dosis 0 kGy memiliki kadar air yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan belimbing pada dosis iradiasi lain. Pada gambar dapat dilihat bahwa kadar air pada dosis 0; 0,5; dan 1 kGy mengalami peningkatan seiring dengan lamanya waktu penyimpanan.

Menurut Wiersema (1989) penurunan suhu penyimpanan cenderung meningkatkan kadar air pada bahan pangan karena reaksi-reaksi metabolisme diperlambat. Pada umumnya setiap penurunan suhu 8°C kecepatan reaksi akan berlangsung menjadi setengahnya. Pada gambar dapat dilihat bahwa kadar air belimbing yang diberi perlakuan iradiasi masih signifikan. Purwaningtyas (2004) menyatakan bahwa dosis iradiasi tidak mempengaruhi kandungan air didalam bahan pangan secara nyata karena iradiasi hanya sedikit menaikkan suhu bahan pangan. Penurunan kadar air tertentu dikarenakan adanya perubahan fisiologis buah yaitu transpirasi. Kemampuan setiap buah untuk bertranspirasi berbeda beda, ada yang mengalami proses transpirasi secara cepat ada yang lambat (Suhardi, 1995).

Analisa ragam menunjukkan bahwa perlakuan dosis iradiasi memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha=0,05$) terhadap kadar air. Hasil perhitungan ANOVA menunjukkan lama penyimpanan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar air dan tidak adanya interaksi antara dosis iradiasi dan lama penyimpanan terhadap kadar air buah belimbing (**lampiran 9**). Uji Lanjut kadar air buah belimbing iradiasi disajikan pada **Tabel 4.5**

Tabel 4.5 Rerata Kadar Air akibat Pemberian Dosis Iradiasi pada Belimbing Manis

Dosis Iradiasi	Kadar Air (%)	BNT 5%
0	92,50 b	
0,5	91,43 a	
1	91,87 a	0,72
1,5	92,30 b	

Keterangan : 1. Setiap data merupakan rerata dari 2 kali ulangan

2. Nilai yang diikuti huruf yang sama menyatakan perbedaan yang tidak nyata ($P>0,05$)

Tabel 4.5 menunjukan bahwa setiap dosis iradiasi memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($\alpha=0,05$) terhadap nilai kadar air. Dosis iradiasi pada 0 dan 1,5 kGy memberikan hasil yang berbeda nyata dengan dosis iradiasi 0,5 dan 1 kGy. Kadar air akan menurun hingga dosis 1 kGy dan akan meningkat kembali pada dosis 1,5kGy. Menurut hasil penelitian Sudjarno dan Sutjipto (2007) iradiasi gamma tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar air pada bahan pangan. Purwaningtyas (2004) menyatakan bahwa dosis iradiasi tidak mempengaruhi kandungan air di dalam bahan pangan secara nyata karena iradiasi hanya sedikit meningkatkan suhu bahan pangan. Terdapatnya berbeda

nyata pada hasil penelitian buah belimbing yang diberi perlakuan iradiasi disebabkan pada setiap buah, meskipun berada dalam satu pohon yang sama, buah akan memiliki kadar air yang berbeda. Menurut Narain et al. (2001) kadar air buah belimbing manis antara 89% hingga 91%, namun menurut Patil et al. (2010) buah belimbing manis memiliki kadar air hingga 95%. Hal ini membuktikan bahwa kadar air buah belimbing pada setiap buahnya tidak sama. Hal ini juga yang mempengaruhi notasi kadar air buah belimbing iradiasi berbeda nyata.

4.2.2 Total Gula

Total gula pada buah belimbing merupakan bagian utama pembentukan rasa dari buah belimbing. Total gula akan berpengaruh terhadap penerimaan konsumen terhadap buah belimbing itu sendiri. Analisa ragam menunjukkan bahwa perlakuan peningkatan dosis iradiasi dan lama penyimpanan memberikan pengaruh nyata ($\alpha=0,05$) terhadap total gula buah belimbing. Hasil analisa nilai total gula pada penelitian ini berkisar antara 0,80-1,26%. Pemberian dosis dan lama penyimpanan masing-masing memberikan pengaruh yang nyata terhadap total gula buah belimbing. Hasil perhitungan ANOVA menunjukkan adanya interaksi antara pemberian dosis dan lama penyimpanan terhadap total gula buah belimbing manis (**Lampiran 10**). Uji lanjut total gula disajikan pada **Tabel 4.6**

Tabel 4.6 Rerata Total Gula Belimbing Manis Pada Berbagai Dosis Iradiasi dan Lama Penyimpanan

Dosis (kGy)	Lama Penyimpanan (Hari)	Total Gula (%)	DMRT 5%
0 (kontrol)	0	0,80±0,01 a	0,066787
	5	1,1±0,00 d	0,069794
	10	1,09±0,01 d	0,073444
0.5	0	0,77±0,01 a	0,072800
	5	0,79±0,01 a	0,073659
	10	1,26±0,03 e	0,074303
1	0	0,84±0,07 a	0,074733
	5	0,93±0,04 b	0,074948
	10	1,10±0,01 d	0,075184
1.5	0	0,83±0,03 a	0,075291
	5	0,97±0,02 c	0,075356
	10	1,23±0,04 e	

Keterangan : 1. Setiap data merupakan rerata dari 2 kali ulangan

2. Nilai yang diikuti huruf yang sama menyatakan perbedaan yang tidak nyata ($P>0,05$)

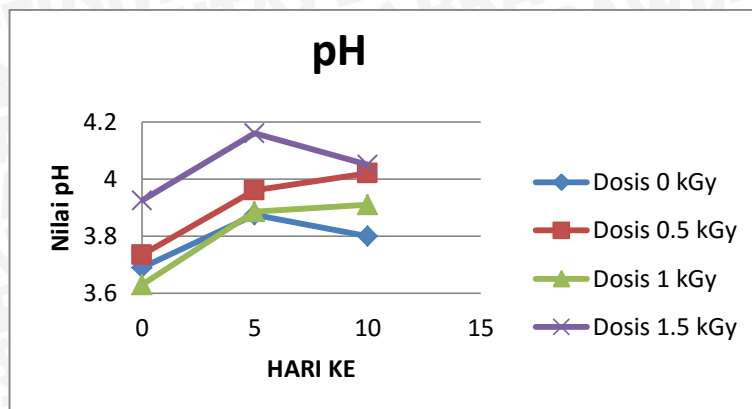
3. Angka setelah \pm adalah standar eror

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa pemberian dosis iradiasi tidak memberikan hasil yang berbeda nyata terhadap total gula buah belimbing manis. Hal ini dapat dilihat dari notasi total gula baik pada dosis 0; 0,5; 1; dan 1,5 kGy yang tidak berbeda nyata. Hal ini sesuai dengan penelitian Zhang *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa total gula pada buah *sathang* mandarin dosis 0 kGy tidak berbeda nyata jika dibandingkan dengan total gula pada dosis iradiasi lainnya, namun dapat mengalami peningkatan ataupun penurunan seiring dengan lama waktu penyimpanan. Danusupadmo (1982) menjelaskan bahwa perubahan zat gizi karbohidrat pada bahan pangan tidak berubah meskipun dilakukan iradiasi dalam dosis tinggi, perubahan terjadi bila sampel dalam bentuk larutan dikarenakan air adalah media perubahan zat gizi karbohidrat menjadi asam dan formaldehid. Perubahan zat gizi karbohidrat menjadi asam dan formaldehid akan mempengaruhi total gula pada bahan pangan.

Hasil juga menunjukkan bahwa pada masing masing dosis, total gula cenderung mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya lama penyimpanan. Hal ini disebabkan karena setelah panen, buah terus mengalami proses fisiologis yang dapat berpengaruh terhadap karektiristik buah kimiawi salah satunya adalah total gula. Menurut penelitian Helmiyesi dkk. (2008) kadar gula mengalami peningkatan seiring dengan lamanya waktu penyimpanan. Penaikan total gula ini disebabkan karena adanya pemecahan polisakarida menjadi gula (sukrosa, glukosa, fruktosa) yang terjadi selama proses paska panen (Dwijoseputro, 1986)

4.2.3 Nilai pH

Nilai pH pada buah belimbing penting menunjukkan sifat masam buah belimbing. Hasil analisa nilai pH buah belimbing yang diiradiasi berkisar antara 3,67-4,17 (**Lampiran 11**). Rerata kadar buah belimbing yang telah diberi perlakuan iradiasi dan lama penyimpanan disajikan pada **Gambar 4.2**.



Gambar 4.2 Grafik rerata nilai pH belimbing iradiasi

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa nilai pH pada belimbing yang diberi perlakuan iradiasi pada dosis 1,5 kGy cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan dosis lain, selain itu nilai pH juga cenderung meningkat seiring dengan lamanya waktu penyimpanan. Hal ini merujuk pada jumlah kadar air sebelumnya yaitu jika kadar air pada buah meningkat maka nilai pH juga akan meningkat. Nilai pH pada buah belimbing cenderung meningkat karena adanya kematangan pada buah. Kematangan berpengaruh terhadap kadar gula dan kadar air yang juga semakin meningkat dapat menyebabkan keasaman buah semakin berkurang (Patil *et al.*, 2010).

Analisa ragam menunjukkan bahwa perlakuan dosis iradiasi dan lama penyimpanan masing-masing memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha=0,05$) terhadap nilai pH. Hasil perhitungan ANOVA menunjukkan tidak adanya interaksi antara dosis iradiasi dan lama penyimpanan terhadap nilai pH buah belimbing (lampiran 11). Uji lanjut nilai pH buah belimbing disajikan pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8

Tabel 4.7 Rerata Nilai pH akibat Pemberian Dosis Iradiasi pada Belimbing Manis

Dosis Iradiasi	Nilai pH	BNT 5%
0	3,79 a	
0,5	3,91 b	
1	3,81 a	0,06
1,5	4,05 c	

Keterangan : 1. Setiap data merupakan rerata dari 2 kali ulangan
 2. Nilai yang diikuti huruf yang sama menyatakan perbedaan yang tidak nyata ($P>0,05$)

Tabel 4.7 menunjukkan bahwa setiap dosis iradiasi memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($\alpha=0,05$) terhadap nilai pH buah belimbing. Pada dosis 0; 0,5 ; 1; dan 1,5 kGy buah belimbing memiliki nilai yang berbeda nyata satu sama lain dimana pada dosis 0,5 kGy nilai pH akan meningkat, kemudian akan menurun pada dosis 1 kGy, dan akan meningkat pada dosis iradiasi 1,5 KGy. Menurut penelitian Irawati (2006) nilai pH tidak mengalami perubahan yang signifikan pada iradiasi dengan dosis yang berbeda. Pada penelitian Irawati (2006) dapat dilihat bahwa nilai pH dapat menurun atau meningkat meskipun dosis ditingkatkan sehingga pH dari bahan pangan tidak bergantung pada jumlah dosis iradiasi yang diberikan. Peningkatan nilai pH pada buah belimbing ini lebih dikarenakan bedanya pH secara keseluruhan pada masing masing buah. Buah satu dan buah yang lainnya tidak memiliki pH yang sama. Menurut Narain *et al.* (2009) buah belimbing memiliki kadar pH 3,49 pada tingkat kematangan sempurna sedangkan buah belimbing yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah dengan tingkat kematangan sedang dimana seharusnya memiliki nilai pH yang lebih rendah, namun menurut Patil *et al.* (2010) nilai pH buah belimbing berkisar antara 3,19 hingga 4,82. Hal ini membuktikan bahwa nilai pH buah belimbing satu dan lainnya tidak memiliki nilai yang pasti sama.

Tabel 4.8 Rerata Nilai pH Belimbing Manis Pada Berbagai Dosis Iradiasi akibat Lama Penyimpanan

Hari	Nilai pH	BNT 5%
0	3,745 a	0,05
5	3,97 b	
10	3,945 b	

Keterangan : 1. Setiap data merupakan rerata dari 2 kali ulangan
2. Nilai yang diikuti huruf yang sama menyatakan perbedaan yang tidak nyata ($P>0,05$)

Tabel 4.8 menunjukkan bahwa lama penyimpanan 0 hari memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($\alpha=0,05$) terhadap nilai pH pada hari ke 5 dan 10. Pada hasil nilai pH buah belimbing yang diiradiasi cenderung meningkat seiring dengan lamanya penyimpanan yang dilakukan. Menurut Lewis dan Grocizam (1989) nilai pH akan semakin meningkat apabila kadar gula pada buah semakin bertambah. Lama penyimpanan menyebabkan buah semakin matang dan terjadi perubahan pada kadar gula pada buah.

4.3 Karakteristik Fisik Belimbing Iridiasi.

Analisa fisik dilakukan pada buah belimbing yang diberi perlakuan dosis iradiasi 0; 0,5; 1; dan 1,5 kGy dengan lama penyimpanan dingin 0, 5, dan 10 hari. Analisis dilakukan untuk mengetahui apakah adanya perubahan yang terjadi akibat perlakuan iradiasi dan penyimpanan. Karakteristik fisik juga memberikan pengaruh terhadap penampakan dari buah belimbing dan menunjukkan kesegaran buah itu sendiri. Aspek fisik pada buah belimbing yang dianalisa meliputi tekstur dan warna (kecerahan, kemerahan dan kekuningan).

4.3.1 Nilai Tekstur

Tekstur pada buah belimbing penting menunjukkan sifat kematangan buah belimbing. Analisa ragam menunjukkan bahwa perlakuan iradiasi dan lama penyimpanan memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha=0,05$) terhadap nilai tekstur. Hasil analisa tekstur buah belimbing yang diiradiasi berkisar antara 12,3-29,15 N. Pemberian dosis dan lama penyimpanan masing-masing memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai tekstur buah belimbing. Hasil perhitungan ANOVA menunjukkan adanya interaksi antara pemberian dosis dan lama penyimpanan terhadap nilai tekstur buah belimbing manis (**lampiran 12**). Uji lanjut nilai tekstur buah belimbing disajikan pada **Tabel 4.9**

Tabel 4.9 Rerata Tekstur Belimbing Manis Pada Berbagai Dosis Iradiasi dan Lama Penyimpanan

Dosis (kGy)	Lama Penyimpanan (Hari)	Tekstur (N)	DMRT 5%
0 (kontrol)	0	22,15±0,21 bc	2,602963
	5	23,95±0,92 cd	2,720138
	10	14,6±0,28 a	2,862422
0.5	0	28,45±0,92 e	2,837313
	5	24,75±0,49 cd	2,870792
	10	20,45±1,91 b	2,895901
1	0	29,15±0,92 e	2,912640
	5	22,00±2,12 bc	2,921010
	10	28,00±1,13 e	2,930216
1.5	0	26,45±1,77 de	2,934401
	5	24,10±0,57 cd	2,936912
	10	12,30±0,85 a	

Keterangan : 1. Setiap data merupakan rerata dari 2 kali ulangan

2. Nilai yang diikuti huruf yang sama menyatakan perbedaan yang tidak nyata ($P>0,05$)

3. Angka setelah \pm adalah standar eror

Tabel 4.9 menunjukkan bahwa tekstur buah belimbing manis pada dosis iradiasi 0,5 kGy tekstur mengalami peningkatan kekerasan hingga dosis iradiasi 1 kGy, namun pada dosis 1,5 kGy tekstur mengalami penurunan. Menurut penelitian Wahyuni dkk. (2009) pada jambu biji yang diberi perlakuan iradiasi didapatkan bahwa pada dosis 0,5 kGy tekstur lebih keras jika dibandingkan dengan tekstur pada 0,1 kGy. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh tekanan turgor sel pada dinding sel buah, sehingga daging dan kulit buah mengalami peningkatan kekerasan. Selama buah belimbing di iradiasi keadaan lingkungan dingin atau memiliki suhu rendah akibat adanya es disekitar *box* yang digunakan untuk iradiasi, dimana suhu rendah akibat es akan menyebabkan tekanan turgor meningkat aktifitasnya. Tekanan turgor akan menekan dinding sel dan menyebabkan dinding sel mengembang dan mengeras (Solichatun dkk., 2005). Pada hasil penelitian nilai tekstur tidak linear semakin menurun seiring dengan meningkatnya dosis iradiasi yang diberikan namun mengalami peningkatan kekerasan hingga dosis 1 kGy dan mengalami penurunan pada dosis 1,5 kGy. Penelitian Nunes (2011) pada wortel menyatakan bahwa tekstur akan mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya dosis iradiasi yang diberikan. Hal ini diakibatkan karena tingginya dosis iradiasi yang diberikan dapat merusak dinding sel pada buah. Semakin tinggi dosis iradiasi maka akan terjadi proses degradasi pektin. Proses degradasi pektin akan menyebabkan hilangnya viskositas dan meningkatnya rasio pektin baik yang secara terlarut maupun yang tidak (Yu *et al.*, 1996). Buah belimbing manis yang lebih matang akan memiliki nilai tekstur yang lebih rendah (Gandolph *et al.*, 2007)

Hasil juga menunjukan bahwa semakin lama penyimpanan maka nilai tekstur akan semakin menurun. Selama penyimpanan enzim pektinase akan dihasilkan. Enzim pektinase akan mendegradasi protopektin menjadi pektin ataupun asam pektinat yang lebih larut dalam air. Sifatnya yang lebih larut dalam air membuat tekstur semakin lunak (Novianti, 2008).

4.3.2 Nilai L (Kecerahan)

Nilai L pada buah belimbing manis menunjukkan kecerahan dan kenampakan fisik pada buah belimbing. Analisa ragam menunjukan bahwa perlakuan iradiasi dan lama penyimpanan memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha=0,05$) terhadap nilai L (kecerahan). Hasil analisa tekstur buah belimbing yang diiradiasi berkisar antara 46,65-53,34. Pemberian dosis dan lama penyimpanan

masing-masing memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai L buah belimbing. Hasil perhitungan ANOVA menunjukkan adanya interaksi antara pemberian dosis dan lama penyimpanan terhadap nilai L buah belimbing manis (lampiran 13). Uji lanjut nilai L (kecerahan) buah belimbing disajikan pada **Tabel 4.10**

Tabel 4.10 Rerata Nilai L (Kecerahan) Belimbing Manis Pada Berbagai Dosis Iradiasi dan Lama Penyimpanan

Dosis (kGy)	Lama Penyimpanan (Hari)	Nilai L	DMRT 5%
0 (kontrol)	0	49,90±1,84 cd	2,709444
	5	47,15±0,92 bc	2,831412
	10	51,20±2,40 de	2,979517
0.5	0	50,65±0,64 de	2,953381
	5	42,95±0,21 a	2,988229
	10	50,35±1,77 d	3,014365
1	0	50,75±0,35 de	3,031789
	5	49,83±0,23 cd	3,040501
	10	52,55±0,07de	3,050084
1.5	0	53,40±0,99 e	3,054440
	5	46,65±0,64 bc	3,057054
	10	51,65±1,63 de	

Keterangan : 1. Setiap data merupakan rerata dari 2 kali ulangan
 2. Nilai yang diikuti huruf yang sama menyatakan perbedaan yang tidak nyata ($P>0,05$)
 3. Angka setelah \pm adalah standar eror

Tabel 4.10 menunjukkan pada dosis iradiasi 0; 0,5; 1; dan 1,5 kGy pada hari ke 0 nilai L masih signifikan satu dan yang lainnya. Penelitian Antonio *et al.* (2013) menunjukkan bahwa pada *chestnut* dengan pemberian dosis iradiasi 0 kGy dan 3 kGy tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Buah *chestnut* yang diberi perlakuan dosis iradiasi dan penyimpanan pun tidak mengalami perubahan yang signifikan selama penyimpanan meski terkadang nilai L (kecerahan) mengalami peningkatan atau penurunan. Menurut Sabato *et al.* (2009) iradiasi dapat mempengaruhi warna pada buah jika dosis iradiasi yang digunakan berada pada dosis yang tepat untuk menekan proses enzimatik secara optimal. Sedangkan dosis iradiasi yang digunakan untuk penelitian adalah dosis iradiasi rendah.

Hasil juga menunjukkan pada masing-masing dosis iradiasi 0; 0,5; 1; dan 1,5 kGy nilai L (kecerahan) berbeda nyata pada perlakuan lama penyimpanannya namun jika dilihat nilai kecerahan buah belimbing masih signifikan dengan hari ke 0. Peningkatan nilai kecerahan pada buah belimbing

terhadap lama penyimpanan disebabkan karena adanya kematangan dan proses enzimatik pada buah belimbing (Sabato *et al.*, 2009).

4.3.3 Nilai a (Kemerahan)

Nilai a pada buah belimbing menunjukkan warna merah untuk nilai (+) dan hijau untuk nilai (-) pada kenampakan fisik pada buah belimbing. Analisa ragam menunjukkan bahwa perlakuan iradiasi dan lama penyimpanan memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha=0,05$) terhadap nilai a (kemerahan). Hasil analisa nilai a buah belimbing yang diiradiasi berkisar antara (-1,95)-3,1. Pemberian dosis dan lama penyimpanan masing-masing memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai a (kemerahan) buah belimbing. Hasil perhitungan ANOVA menunjukkan adanya interaksi antara pemberian dosis dan lama penyimpanan terhadap nilai a buah belimbing manis (**lampiran 14**). Uji lanjut nilai a (kemerahan) buah belimbing disajikan pada **Tabel 4.11**

Tabel 4.11 Rerata Nilai a (Kemerahan) Belimbing Manis Pada Berbagai Dosis Iradiasi dan Lama Penyimpanan

Dosis (kGy)	Lama Penyimpanan (Hari)	Nilai a	DMRT 5%
0 (kontrol)	0	-1,95±0,07 b	0,140002
	5	-1,25±0,07 d	0,146305
	10	1,3±0,00 e	0,153958
0.5	0	-2,2±0,00 a	0,152607
	5	-1,15±0,07 d	0,154408
	10	1,4±0,00 e	0,155758
1	0	-1,80±0,00 b	0,156659
	5	-1,15±0,07 d	0,157109
	10	2,05±0,07 f	0,157604
1.5	0	-1,7±0,14 c	0,157829
	5	-1,1±0,00 d	0,157964
	10	3,1±0,14 g	

- Keterangan :
1. Setiap data merupakan rerata dari 2 kali ulangan
 2. Nilai yang diikuti huruf yang sama menyatakan perbedaan yang tidak nyata ($P>0,05$)
 3. Angka setelah \pm adalah standar eror

Tabel 4.11 menunjukkan pada iradiasi dosis 0; 0,5; 1; dan 1,5 kGy nilai a cenderung tidak mengalami perubahan meskipun berbeda nyata pada notasi. Berbeda nyata pada warna kemerahan buah lebih dikarenakan tingkat kematangan yang sedikit berbeda namun dapat menyebabkan berbeda nyata pada notasi warna kemerahan (Iswahyudi, 2010). Akther dan Khan (2012)

menyatakan pemberian dosis iradiasi yang berbeda tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai a pada buah tomat.

Pada dosis 0; 0,5; 1 kGy; dan 1,5 kGy nilai a mengalami peningkatan seiring dengan lamanya hari penyimpanan. Pada masing masing dosis nilai a (kemerahan) berbeda nyata pada hari ke 0, 5, dan 10. Pada masing masing dosis hari ke 0 ke hari ke 5 memiliki nilai (-) yang menandakan warna belimbing manis masih kehijauan, namun pada hari ke 10 nilai a berubah menjadi positif yang menandakan warna sudah berubah menjadi lebih merah. Menurut Akther dan Khan (2012) tomat yang diberi perlakuan iradiasi akan mengalami peningkatan nilai a yang signifikan seiring dengan lama waktunya penyimpanan. Akan tetapi pada penelitian pemberian dosis iradiasi yang berbeda tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai a pada buah tomat. Menurut Azzolini *et al.* (2005) buah setelah dilakukan paska panen akan mengalami respirasi. Respirasi akan mempercepat kematangan dari buah tersebut. Proses kematangan buah akan mempengaruhi pigmen yang ada pada buah belimbing yaitu *anthosianin* golongan *flavonoid* dipengaruhi oleh adanya komponen gula. Pigmen pada buah yang mengalami kematangan akan berpengaruh pada penampakan warna buah. Hal inilah yang menyebabkan buah mengalami perubahan yang berbeda nyata seiring dengan lamanya waktu penyimpanan.

4.3.4 Nilai b (Kekuningan)

Nilai b pada buah belimbing menunjukkan warna kekuningan pada kenampakan fisik buah belimbing. Analisa ragam menunjukkan bahwa perlakuan iradiasi pada dosis 0; 0,5; 1; dan 1,5 kGy dan lama penyimpanan memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha=0,05$) terhadap nilai kekuningan buah belimbing. Hasil analisa nilai b buah belimbing yang diiradiasi berkisar antara 13,4-19,5. Dosis iradiasi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai b namun lama penyimpanan memberikan pengaruh yang nyata. Hasil perhitungan ANOVA menunjukkan adanya Interaksi antara dosis iradiasi dan lama penyimpanan terhadap nilai b (kekuningan) (**Lampiran 15**). Uji Lanjut nilai b (kekuningan) pada buah belimbing disajikan pada **Tabel 4.12**

Tabel 4.12 Rerata Nilai b (Kekuningan) Belimbing Manis Pada Berbagai Dosis Iradiasi dan Lama Penyimpanan

Dosis (kGy)	Lama Penyimpanan (Hari)	Nilai b	DMRT 5%
0 (kontrol)	0	13,90±0,57 ab	1,481646
	5	14,30±0,14 ab	1,548343
	10	17,60±0,85 de	1,629334
0.5	0	14,00±0,99 ab	1,615041
	5	15,15±0,64 bc	1,634098
	10	17,3±0,85 de	1,648390
1	0	13,95±0,07 ab	1,657919
	5	15,40±1,13 bc	1,662683
	10	16,95±0,78 cd	1,667923
1.5	0	13,40±0,57 a	1,670305
	5	14,55±0,49 ab	1,671735
	10	19,50±0,42 f	

- Keterangan :
1. Setiap data merupakan rerata dari 2 kali ulangan
 2. Nilai yang diikuti huruf yang sama menyatakan perbedaan yang tidak nyata ($P>0,05$)
 3. Angka setelah \pm adalah standar eror

Tabel 4.12 menunjukkan bahwa nilai b buah belimbing pada dosis iradiasi 0; 0,5; 1; dan 1,5 kGy tidak mengalami perbedaan yang signifikan. Sesuai dengan hasil penelitian Antonio *et al.* (2012), pada *chestnut* yang diberi perlakuan iradiasi yang berbeda tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai b pada buah tomat. Hasil juga menunjukkan bahwa lama penyimpanan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekuningan buah belimbing manis. Pada setiap dosis iradiasi nilai kekuningan akan meningkat seiring dengan meningkatnya lama penyimpanan. Menurut Azzolini *et al.* (2005) buah setelah dilakukan pasca panen akan mengalami respirasi, dimana respirasi akan mempercepat kematangan dari buah tersebut. Buah yang mengalami kematangan akan berpengaruh pada penampakan buah. Hal inilah yang menyebabkan buah mengalami perubahan yang berbeda nyata seiring dengan lamanya waktu penyimpanan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Perlakuan Iradiasi gamma dan lama penyimpanan memberikan pengaruh terhadap karakteristik mikrobiologis, kimia, dan fisik buah belimbing manis. Terjadi interaksi antara kedua faktor dan kedua faktor berpengaruh nyata ($\alpha=0,05$) terhadap angka lempeng total, jumlah *E.coli*, jumlah koliform, jumlah kapang dan khamir, kadar gula, warna (kecerahan, kemerahan, kekuningan) dan tekstur. Namun, tidak terjadi interaksi antara kedua faktor pada parameter kimia pH dan memberikan pengaruh nyata ($\alpha=0,05$) pada faktor pemberian dosis iradiasi pada parameter kimia kadar air.

Pada parameter mikrobiologis, nilai log ALT, *E. coli*, koliform serta kapang dan khamir menurun seiring dengan meningkatnya dosis iradiasi yang diberikan namun nilai log akan semakin meningkat seiring dengan lamanya penyimpanan. Pada parameter kimia kadar air, kadar gula, dan pH cenderung fluktuatif akibat dosis iradiasi namun meningkat seiring dengan lamanya penyimpanan. Pada parameter fisik, nilai tekstur akan semakin menurun apabila dosis iradasi yang diberikan terlalu tinggi dan nilai tekstur akan semakin menurun seiring dengan lamanya penyimpanan. Pada parameter warna kecerahan, kemerahan dan kekuningan nilai warna cenderung fluktuatif dengan meningkatnya dosis iradiasi yg diberikan, namun nilai warna akan cenderung turun seiring dengan lamanya penyimpanan terkecuali nilai kecerahan. Perlakuan terbaik adalah buah belimbing manis dengan dosis iradiasi 1 kGy apabila dilihat dari parameter fisik yang masih baik namun dapat mengurangi jumlah mikroba apabila dilihat dari parameter mikrobiologis.

5.2 Saran

Perlunya dilakukan pencucian terhadap buah belimbing sebelum dilakukan iradiasi maupun setelah lama penyimpanan guna mengurangi jumlah mikroba yang dapat mengkontaminasi. Perlunya dilakukan analisa organoleptik pada belimbing manis yang telah di iradiasi untuk mengetahui kesukaan dari konsumen. Perlunya dilakukan analisa umur simpan untuk mengetahui berapa lama buah belimbing yang telah diiradiasi dapat bertahan di suhu dingin.

DAFTAR PUSTAKA

- ACSH.2007. **Irradiated Food 6th Edition**.American Council on Science and Health. Inc.USA
- Adams, M.R. and Moss, M.O. 2008. **Food Microbiology 3rd Edition**.RSC Publishing. Cambridge
- Akhter H. and Khan S. 2012.**Effect of Gamma Irradiation on the Quality (Colour, Firmness and Total Soluble Solid) of Tomato (*Lycopersicon esculentum* M.) stored at Different Temperature**. Asian Journal of Agricultural Research 6: 12-20
- Antonio, A. L., Fernandes, A. Albino B., Armando F., Luisa B. M., Begona Q. and Elsa R. 2013.**Gamma Irradiation Preservation of Chestnut Fruits : Effects on Color and Texture**. European Scientific Journal 3 : 239-245
- AOAC. 1990. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemist**. AOAC. Washington D.C.
- AOAC. 1995. **Official Methods of Analysis of The Association of Analytical Chemists**. AOAC. Washington D.C.
- Aquino, K.A.S. 2012.**Sterilization by Gamma Irradiation, dalam Adrovic, Feriz (ed.)**. Gamma Radiation.Intech. Europe
- Arthur, V. and Wiendl, F.M. 2000.**Gamma Irradiation of Starfruit to Increase Shelf Life**. Revista de Agricultura (Pracicaba) 75(3): 425-429
- Arvanitoyannis, I.S. 2010.**Irradiation of Food Commodities : Techniques, Application, Detection, Legislation, Safety, and Costumer Opinion**. Elsevier Inc. London
- Ayufitriah. 2009. **Pengaruh Konsentrasi Tawas terhadap Pertumbuhan Bakteri gram Positif dan Negatif**. Dilihat pada 01 Agustus 2016. <<http://www.Jtptunimus-gdl-ayufitriah.5262-3-bab2-pdf>>
- Ayustaningwarno, F., Retnaningrum, G. dan Iqlima, S. 2014. **Aplikasi Pengolahan Pangan Ed 1. Cet.1**. Depublish. Yogyakarta

- Azzolini, M., Jacomino, A.P., Bron, I.U., Kluge, R.A., Schivinato, M.A. 2005. **Ripening of "Pedro Sato" Guava : Study on its Climateric or non-Climateric Nature.** Brazilian Journal of Plant Physiology 17(3): 299-306
- Beta, W.P.D. 2012. **Aspek Perizinan dan Pengawasan Pemanfaatan Akselerator dan Iradiator Lainnya : MBE Untuk Crosslinking Chitosan, Gel dari Rumput Laut, Iradiator Latex, Sterilisasi, dan Siklortron untuk F18 PET.** Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya 13: 110-111
- Black, J.,L. and Jaczynski, J. (2008). **Effect of water activity on the Inactivation Kinetics of Escherichia coli O157: H7 by Electron Beam in Ground Beef, Chicken Breast Meat, and Trout Fillets.** Inter.J. Food Sience & Tech. 43(4): 579-586
- B POM. 2009. **Regulasi Pangan BPOM No HK.00.06.1.52.4011.**
- B POM. 2013. **Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2013 Tentang Pengawasan Iradiasi.** Dilihat pada 5 April 2016. <<http://www.Clearinghouse.pom.go.id>>
- BPS. 2014. **Badan Pusat Statistik.** Dilihat 18 Februari 2016 <<http://www.bps.go.id/site/pilihdata>>
- Buckle, K.A., Edward, R.A., G.H. Fleet and Wooton M. 1987. **Ilmu Pangan (terjemahan).** Indonesia University Press. Jakarta
- Cahyani, A.F.K., Wiguna, L.C., Putri, R.A., Masduki, V.V., Wardani A.K. dan Harsojo. 2015. **Aplikasi Teknologi Hurdle Menggunakan Iradiasi Gamma dan Penyimpanan Beku untuk mereduksi Bakteri Patogen pada Bahan Pangan : Kajian Pustaka.** Jurnal pangan dan Agroindustri 3(1): 73-79
- Codex Alimentarius. 2005. **Codex Standard for Carambola.** CODEX STAN 187-1993 (Amd. 2005)
- Cunningham, M.E. 2009. **A Mobile Food Irradiation Facility.** University of Tennessee Honors Thesis Project. Knoxville
- Danusupadmo, S. 1982. **Pengaruh Reinfestasi pada Pemberantasan Sytophysllus Zeamays dan S. Oryzae L dengan Iradiasi pada Sorgum.** PAIR BATAN. Jakarta

- Dinas Pertanian Kota Depok.2007. **Standar Operasional Prosedur Belimbing Dewa Kota Depok**. Dinas Pertanian Kota Depok. Depok
- Dionísio, A.P., Gomes, R.T. and Oetterer, M. 2009. **Ionizing Radiation Effectson Food Vitamins – Review**. Brazilian Archives Biology Tech 52(5): 1267-1278
- Djaafar, T.F. dan Rahayu, S. 2007.**Cemaran Mikroba pada Produk Pertanian Penyakit yang Ditimbulkan dan Pencegahannya**. Jurnal litbang Pertanian 26(2): 67-75
- Dwijoseputro, D. 1986. **Pengantar Fisiologi Tumbuhan**. PT Gramedia. Jakarta Hal. 127-153
- Dwiloka, B. 2002. **Bahan Kuliah Iradiasi Pangan**. Universitas Semarang. Semarang
- EMEA. 2004. **Committee Veterinary Medicinal Products : Oxallic Acid EMEA/MRL/891/03-FINAL**. 7 Westferry Circus, Canary Wharf. London, UK.
- Fadilah, A.K.C., Wiguna, L.C., Putri, R.A, Masduki, V.V., Wardani, A.K. dan Harsojo. 2015. **Aplikasi Teknologi Hurdle Menggunakan Iradiasi Gamma dan Penyimpanan Suhu Beku untuk Mereduksi Bakter Patogen pada Bahan Pangan : Kajian Pustaka**. Jurnal Pangandan Argoindustri 3(1): 73-79
- Fan, X. and Thayer, D.W. 2002.**Formation of Malonaldehyde, Formaldehyde, and Acetaldehyde in Apple Juice Induced by Ionizing Radiation**.Journal Food Science 67: 2523-2528
- FDA. 2002. **Food Irradiation : A safe Measure**. Dilihat 25 Februari 2016.<<http://www.fda.gov/>>
- Fox, J.A. 2002. **Influences on Purchase of Irradiated Foods**. Food Technology 56(1): 34–37
- Gandolph, J., Shand, A., Stoklosa, A.M.A., Weiaa, I., Alexander, D., Perchonok, M. and Mauer, L.J. 2007.**Foods for a Mission to Mars : Investigations of Low-Dose Gamma Radiation Effects**. World of Food Science 2

- Gould, W.P. and Donald L.V.W. **Gamma Irradiation as a Quarantine treatment for Carambolas Infested with Carribean Fruit Flies.** Florida Entomological Society 74(2): 297-300
- Handayani, B.R. 2013. **Gaya Hidup Sehat tanpa mahal.** Qanita. Bandung
- Helmiyesi, R.B., Hastuti dan Prihastanti, E. 2008. **Pengaruh Lama Penyimpanan terhadap Kadar Gula dan Vitamin C pada Buah Jeruk Siam.** Buletin Anatomi dan Fisiologi XVI: 33-37
- IAEA. 2011. **Gamma Irradiators for Radiation Processing.** International Atomic Energy Agency Press. Austria
- Ikeh, E.I., Okwudili, P.E. and Odumudu, C.U. 1992. **Microorganism Associated with Locally Stored drinking Water in a Farmworker Community in Zimbabwe.** Central Afr. Journal Med. 38:143-9
- Ikmalia.2008. **Analisa Profil Protein Isolat Escherichia coli Hasil Iradiasi Sinar Gamma.** Skripsi S1. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Irawati, Z. 2006. **Aplikasi Mesin Berkas Elektron pada Industri Pangan. Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya.** Prosiding Pertemuan dan Persentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya : 70-77
- Irinto, K. 2006. **Mikrobiologi jilid 2.** Yrama Media. Bandung
- Irmanita, V., Agustin, K.A. dan Harsojo. 2016. **Pengaruh Iradiasi Gamma terhadap Kadar Protein dan Mikrobiologis Daging Ayam Broiler Pasar Tradisional dan Pasar Modern Jakarta Selatan.** Jurnal Pangan dan Argoindustri 4(1): 428-435
- Iswahyudi, C. 2010. **Prototype Aplikasi untuk Mengukur Kematangan Buah Apel Berdasar Kemiripan Warna.** Jurnal Teknologi Pangan 3(2): 107-112
- Khomsan, A. 2004. **Pangan dan Gizi: Cetakan 3.** Yogyakarta
- Koswara, S. 2009. **Pengolahan Pangan dengan Suhu Rendah.** Dilihat 15 Maret 2016. <<http://tekpan.unimus.ac.id/wpcontent/uploads/2013/07/PEN-GOLAHAN-PANGAN-DENGAN-SUHU-RENDAH.pdf>>
- Legowo, A.M. 2004. **Diktat Kuliah : Analisa Pangan.** Fakultas Peternakan Universitas Dipenogoro. Semarang

- Lewis, D. and Grocizam, M. 1989. **The Cultivation and Utilization of Carambola in Suriname**. In Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort., **33**: 596.
- Loaharanu, P. 2003. **Irradiated Foods Fifth Edition American Council on Science and Health**. New York
- Lopez L., Avendano S.V., Romero J., Garrido S., Espinoza J. and Vargas M. 2005. **Effect of Gamma Irradiation on the Microbiological Quality of Minimally Processed Vegetables**. Archivos Latinoamericanos De Nutricion 55: 287-292
- Mostafavi, H.A., Nirmajlessi, S.M. and Fathollahi, H. 2012.. **"Trends in Vital Food and Control Engineering"** edited by Ayman Hafiz Amer Eissa. Intech.
- Narain N., Bora, P.S., Holschuh H.J. and Vasconcelos, M.A. D.S. 2001. **Physical And Chemical Composition of Carambola Fruit (Averrhoa carambola L.) at Three Stages Of Maturity Composicion**. Ciencia Y Tecnologia Alimentaria. 3(3): 144-148.
- Novianti, I. 2008. **Analisa Spektroskopi reflektans Vis -NIR Untuk Mengetahui Proses Pematangan Buah Stroberi**. Skripsi S1 Fisika. IPB. Bogor.
- Nugroho, M.A. 2016. **Aplikasi Iradiasi Gamma dan Penyimpanan Suhu Dingin sebagai Upaya untuk Peningkatan Keamanan Pangan pada Ikan Gurami (*Osphronemus gourami*)**. Skripsi S1. FTP UB. Malang.
- Nunes, T. C. F., Vladimir, D. R., Adriana, D.T.F., Juliana M.A.S., and Sabato,S.F. 2011. **Analyse of Texture in Baby Carrost (*Daucus carota*) Subjected to the Process of Ionizing Radiation**. International Nuclear Atlantic Conference.
- Patil, G. A., Patil, D. A., Phatak and Naresh, C. 2010. **Physical and Chemical Characteristic of Carambola (Averrhoa Carambola L) Fruit at Three Stages of Maturity**. International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology. 1(2) : 624-629
- Prahasta, A. 2009. **Agribisnis Belimbing**. Pustaka Grafika. Bandung.
- Purwaningtyas. 2004. **Manfaat Iradiasi Sinar Gamma untuk Memperpanjang Umur Simpan Telur Itik Segar**. Skripsi S1. Universitas Wangsa Manggala. Yogyakarta.

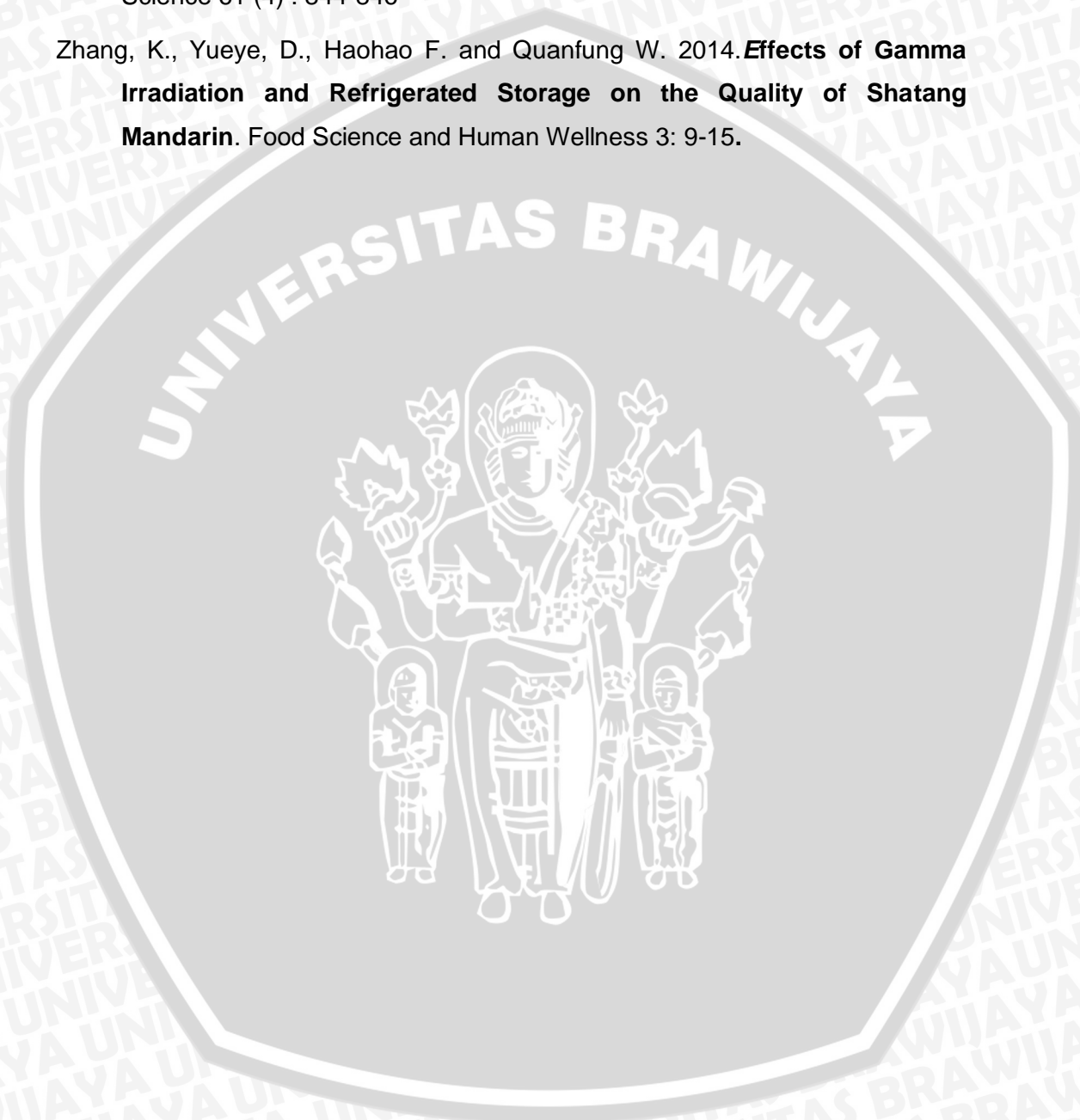
- Putri, F.N.A., Wardani, A.K. dan Harsojo. 2015. **Aplikasi Teknologi Iradiasi Gamma dan Penyimpanan Beku sebagai Upaya Penurunan Bakteri Patogen Pada Seafood : Kajian Pustaka**. Jurnal Pangan dan Agroindustri 3(2): 345-352
- PWGSC. 2012. **Introduction to Radiation**. Canadian Nuclear Safety Commission. Kanada
- Sabato, S.F., Silva, J.M., Cruz, J.N., Broisler, P.O., Rela, P.R., Salmieri, S. and Lacroix, M. 2009. **Advances in commercial application of gamma radiation in tropical fruits at Brazil**. Radiation Physics and Chemistry 78 : 655-658.
- Saidi, Y.P. 1999. **Pengetahuan Bahan Pangan**. Badan Pelatihan Inspektur Pangan. Jakarta
- Sitorus, A.E. 2011. **Karakterisasi Simplisia dan Skrining Fitokimia Serta Uji Aktivitas Antimikroba Ekstrak methanol Buah Belimbing Manis (Averrhoa Carambola Linn)**. Program Ekstensi Sarjana Farmasi. USU. Medan.
- Smith, J.C. and Pillai, S. 2004. **Irradiation and food Safety**. Food Technology 58: 48-54
- Solichatun, Anggarwulan E., Mudyantini W. 2005. **Pengaruh Ketersediaan Air terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Bahan Aktif Saponin Tanaman Ginseng Jawa (Talinum Paniculatum Gaertn.)**. Biofarmasi 3 (2): 47-51
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 2009. SNI 7388:2009. **Batas Maksimum Cemaran Mikroba dalam Pangan**. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Stathele, M.S. 2009. **Effects of Gamma Irradiation on Fungal Growth and Associated Pathogens**. Research Journal of Environment Toxicology 3: 94-100.
- Stefanova, R., Vasilev, N.V. and Spassov, S.L. 2010. **Irradiation of Food, Current Legislation Framework and Detection of Irradiated Foods**. Food Analytical Methods 3: 225-252.
- Sudjarno dan Sutjipto, Y. 2007. **Efek Iradiasi Gamma Terhadap Kandungan Nutrisi Sampel Lingkungan Telur Itik**. Prosiding PPI – PDIPTN : 144-152

- Suhardi. 1995. **Perubahan Gula dan Pati Salak Pondoh Selama Periode Perkembangan Buah**. Agritech15 1(23): 10-13
- Sukadana, I.M. 2009. **Senyawa Antibakteri Golongan Flavonoid dari Buah Belimbing Manis (*Averrhoa carambola* L.)**. Jurnal Kimia3(2): 109-116
- Sunarjono, H.H. 2004. **Berkebun Belimbing Manis**. Penerbit Swadaya. Depok.
- Surindro, T.S. 2013. **Seminar Produk Teknologi Nuklir Dalam Bidang Pertanian Dari Pangan**. Pusat Diseminasi IPTEK Nuklir Badan Tenaga Nuklir Nasional. Jakarta.
- Tomlins, K. 2008. **Food safety and quality management**.Dilihat 7 Maret 2016. <<http://www.foodafrica.nri.org/safety/safetydiscussions1.html>>
- Tuasikal, B.J., Handayani, T. dan Sugoro, I. 2006. **LD-50 Sinar Gamma pada *Streptococcus agalactiae* untuk Bahan vaksin Iradiasi Mastitis pada Sapi Perah**. Kuliah Seminar Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi.PAIR – BATAN.
- USDA, 2016. **USDA National Nutrient Database for Standard Reference Release 28, Basis Report 09060, Carambola, (starfruit), raw**. Dilihat 8 Maret 2016. <<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2174?manu=&gcd=>>
- Vines, M. and Griebson, W. 1966. **Handling and Physiological Studies with The Carambola**. Florida State Holticultural society : 352-355.
- Wahyudi, P., Suwahyono, U., Harsojo, Mumpuni A. dan Wahyuningsih D. 2005. **Pengaruh Peemaparan Sinar Gamma Isotop Cobalt-60 Dosis 0,25-1 kGy Terhadap Daya Antagonistik *Trichoderma harzianum* pada fusarium Oxysporum**. Berk. Penel.Hayati 10: 143-151.
- Wahyuni, N. F., Brigita W. H. dan Astri L. 2009. **Uji Fisik Buah Jambu Biji Merah pada Suhu Kamar yang Diiradiasi dengan Sinar Gamma**. Program Kreativitas Mahasiswa. IPB. Bogor.
- Wiersema, S.G. 1989. **Storage Requirements for Potato Tubers. International Potato Center (CIP)**. Bangkok, Thailand.
- Wijayakusuma, H. dan Dalimartha, S. 2000. **Ramuan Tradisional Untuk Pengobatan Darah Tinggi: Cetakan VI**. Penerbit Penebar Swadaya. Jakarta.

Yuwono, S. dan Susanto, T. 1998. **Pengujian Fisik Pangan**. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.

Yu, L., Reitmeier, C.A., Love, M.H. 1996. **Strawberry Texture and Pectin Content as Affected by Electron Beam Irradiation**. Journal Food and Science 61 (4) : 844-846

Zhang, K., Yueye, D., Haohao F. and Quanfung W. 2014. **Effects of Gamma Irradiation and Refrigerated Storage on the Quality of Shatang Mandarin**. Food Science and Human Wellness 3: 9-15.



Lampiran 1. Data Produksi BSN Buah Belimbing Tahun 2014

Provinsi	Produksi Tanaman BST/Buah-buahan dan Sayuran Tahunan (Ton)	
	Belimbing 2013	
ACEH		644
SUMATERA UTARA		5203
SUMATERA BARAT		572
RIAU		864
JAMBI		426
SUMATERA SELATAN		1100
BENGKULU		639
LAMPUNG		893
KEP. BANGKA BELITUNG		76
KEP. RIAU		77
DKI JAKARTA		2483
JAWA BARAT		9663
JAWA TENGAH		10954
DI YOGYAKARTA		650
JAWA TIMUR		28513
BANTEN		1421
BALI		320
NUSA TENGGARA BARAT		275
NUSA TENGGARA TIMUR		1053
KALIMANTAN BARAT		601
KALIMANTAN TENGAH		747
KALIMANTAN SELATAN		1330
KALIMANTAN TIMUR		1105
KALIMANTAN UTARA		-
SULAWESI UTARA		221
SULAWESI TENGAH		31
SULAWESI SELATAN		917
SULAWESI TENGGARA		430
GORONTALO		27
SULAWESI BARAT		25
MALUKU		79
MALUKU UTARA		13
PAPUA BARAT		-
PAPUA		79
INDONESIA		71431

Lampiran 2. Peraturan Codex untuk Belimbing Manis

CODEX STAN 187

Page 1 of 4

CODEX STANDARD FOR CARAMBOLA

(CODEX STAN 187-1993, AMD. 1-2005)

1. DEFINITION OF PRODUCE

This Standard applies to the fruit of commercial varieties of carambolas grown from *Averrhoa carambola* L., of the *Oxalidaceae* family, to be supplied fresh to the consumer, after preparation and packaging. Carambolas for industrial processing are excluded.

2. PROVISIONS CONCERNING QUALITY

2.1 MINIMUM REQUIREMENTS

In all classes, subject to the special provisions for each class and the tolerances allowed, the carambolas must be:

- whole;
- sound, produce affected by rotting or deterioration such as to make it unfit for consumption is excluded;
- clean, practically free of any visible foreign matter;
- practically free of damage caused by pests;
- free of abnormal external moisture, excluding condensation following removal from cold storage;
- free of any foreign smell and/or taste;
- firm;
- fresh in appearance;
- free of damage caused by low temperatures;
- free of pronounced blemishes;
- sufficiently developed and display satisfactory ripeness, depending on the nature of the produce.

2.1.1 The development and condition of the carambolas must be such as to enable them:

- to withstand transport and handling; and
- to arrive in satisfactory condition at the place of destination.

2.2 CLASSIFICATION

Carambolas are classified in three classes defined below:

2.2.1 "Extra" Class

Carambolas in this class must be of superior quality. They must be characteristic of the variety, well-formed and free of blemishes, with the exception of very slight superficial defects in the skin and ribs due to rubbing and bruises, provided these do not affect the general appearance of the produce, the quality, the keeping quality and presentation in the package.

2.2.2 Class I

Carambolas in this class must be of good quality. They must be characteristic of the variety, fairly well-formed and fairly free of blemishes. Slight superficial defects in the skin and the ribs due to rubbing and bruises, however, may be allowed, provided these do not affect the general appearance of the produce, the quality, the keeping quality and presentation in the package. The total surface area affected shall not exceed 5%.

CODEX STAN 187

Page 2 of 4

2.2.3 Class II

This class includes carambolas which do not qualify for inclusion in the higher classes, but satisfy the minimum requirements specified in Section 2.1 above. They must be reasonably well-formed and reasonably free of blemishes. Slight defects in the skin and the ribs due to rubbing and bruises, however, may be allowed, provided the carambolas retain their essential characteristics as regards the quality, the keeping quality and presentation. The total surface area affected shall not exceed 10%.

3. PROVISIONS CONCERNING SIZING

Size is determined by the weight of the carambola, in accordance with the following table:

Size Code	Weight (in grams)
A	80 - 129
B	130 - 190
C	> 190

Lampiran 3. Kandungan Gizi Buah Belimbing Menurut USDA

USDA National Nutrient Database for Standard Reference Release 28

Basic Report 09060, Carambola, (starfruit), raw

Report Date: April 14, 2016 04:37 EDT

Nutrient values and weights are for edible portion.

Nutrient	Unit	1 Value Per 100 g	1 cup, cubes 132g	1 cup, sliced 108g	1 large (4-1/2" long) 124g	1 medium (3-5/8" long) 91g	1 small (2-1/8" long) 70g
Proximates							
Water	g	91.38	120.62	98.69	113.31	83.16	63.97
Energy	kcal	31	41	33	38	28	22
Protein	g	1.04	1.37	1.12	1.29	0.95	0.73
Total lipid (fat)	g	0.33	0.44	0.36	0.41	0.30	0.23
Carbohydrate, by difference	g	6.73	8.88	7.27	8.35	6.12	4.71
Fiber, total dietary	g	2.8	3.7	3.0	3.5	2.5	2.0
Sugars, total	g	3.98	5.25	4.30	4.94	3.62	2.79
Minerals							
Calcium, Ca	mg	3	4	3	4	3	2
Iron, Fe	mg	0.08	0.11	0.09	0.10	0.07	0.06
Magnesium, Mg	mg	10	13	11	12	9	7
Phosphorus, P	mg	12	16	13	15	11	8
Potassium, K	mg	133	176	144	165	121	93
Sodium, Na	mg	2	3	2	2	2	1
Zinc, Zn	mg	0.12	0.16	0.13	0.15	0.11	0.08
Vitamins							
Vitamin C, total ascorbic acid	mg	34.4	45.4	37.2	42.7	31.3	24.1
Thiamin	mg	0.014	0.018	0.015	0.017	0.013	0.010
Riboflavin	mg	0.016	0.021	0.017	0.020	0.015	0.011
Niacin	mg	0.367	0.484	0.396	0.455	0.334	0.257
Vitamin B-6	mg	0.017	0.022	0.018	0.021	0.015	0.012
Folate, DFE	µg	12	16	13	15	11	8
Vitamin B-12	µg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vitamin A, RAE	µg	3	4	3	4	3	2
Vitamin A, IU	IU	61	81	66	76	56	43

USDA National Nutrient Database for Standard Reference Release 28 Basic Report April 14, 2016 04:37 EDT
Page 2 of 2

Nutrient	Unit	1 Value Per 100 g	1 cup, cubes 132g	1 cup, sliced 108g	1 large (4-1/2" long) 124g	1 medium (3-5/8" long) 91g	1 small (2-1/8" long) 70g
Vitamin D (D2 + D3)	µg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vitamin D	IU	0	0	0	0	0	0
Vitamin K (phylloquinone)	µg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lipids							
Fatty acids, total saturated	g	0.019	0.025	0.021	0.024	0.017	0.013
Fatty acids, total monounsaturated	g	0.030	0.040	0.032	0.037	0.027	0.021
Fatty acids, total polyunsaturated	g	0.184	0.243	0.199	0.228	0.167	0.129
Fatty acids, total trans	g	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cholesterol	mg	0	0	0	0	0	0
Amino Acids							
Other							
Caffeine	mg	0	0	0	0	0	0

Lampiran 4. Analisa Prosedur

1. Pengujian Kadar air Metode Thermogravimetri (AOAC,1995)

- Sampel ditimbang sebanyak 20 gram
- Sampel dimasukkan kedalam oven
- Sampel ditimbang
- Sampel dimasukan kedalam desikator
- Sampel diamati setelah hingga didapatkan berat konstan, apabila berat masih tidak konstan maka dilakukan pengeringan lebih lanjut.
- Setelah berat konstan, maka sampel dihitung.

2. Pengujian kadar gula metode anthrone (AOAC,1990)

a. Persiapan sampel padat

- Sampel diambil sebanyak 10 gram
- Alkohol 80% ditambahkan sebanyak 20 ml, hancurkan.
- Saring hingga didapatkan padatan, cuci dengan alkohol 80%
- pH diukur, apabila asam ditambahkan 2 gram CaCO_3
- Kemudian dipanaskan didalam "shaker waterbath" selama 30 menit, saring hingga didapatkan filtrat
- Filtrat diambil sebanyak 1 ml, di masukan ke dalam labu ukur 100 ml
- Sampel dipanaskan di suhu 85°C
- pb asetat ditambahkan hingga warna tidak keruh, lalu ditambahkan Na-oksalat sebanyak 0,1 gram.

b. Pembuatan Kurva Standart

- Larutan glukosa standar 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 ml
- Dimasukkan ke dalam tabung reaksi, ditambahkan air sampai total volume masing-masing 1,0 ml
- Larutan glukosa kemudian ditambahkan 5 ml pereaksi *anthrone*
- Dimasukkan dalam *shaker waterbath* 100°C
- Larutan disaring, kemudian ditambahkan 0.5 gram Na-oksalat, kemudian saring kembali.
- Dipindahkan dalam kuvet dan dibaca absorbansinya dengan panjang gelombang 630 nm.

c. Penetapan Kadar Gula sampel

- 1 ml filtrat diambil, masukan dalam tabung reaksi.
- 5 ml pereaksi *anthrone* ditambahkan kemudian tutup tabung reaksi dan goyang-goyangkan.
- Sampel di inkubasi di *shaker waterbath* pada suhu 100°C
- Absorbansi diukur pada panjang gelombang 630 nm.

3. Analisa tingkat Keasaman (pH) (Yuwono dan Susanto, 1998)

- Sampel dihancurkan, diambil cairan
- Alat di kalibrasi dengan pH 4 dan 7
- Sampel diukur pH dengan pH meter.

4. Analisa Angka Lempeng Total (ALT) (Modifikasi dari Nugroho, 2016)**a. Sterilisasi Alat Gelas**

- Alat-alat penelitian yang berupa gelas seperti cawan petri, erlenmeyer, *spreader* di siapkan.
- Alat-alat dimasukan kedalam oven kering selama 2 jam
- Alat yang sudah disterilkan diambil, diletakkan kedalam laminar air flow di ruang steril.

b. Pembuatan Media Pembenihan

- Media ditimbang
- Media dimasukan kedalam erlenmeyer 500 ml
- Aquades ditambahkan kemudian erlenmeyer ditutup dengan kapas yang telah dilapisi aluminium foil
- Erlenmeyer dimasukan kedalam otoklaf, disterilisasi pada suhu 121°C, tekanan 1 atm, selama 15 menit. Setelah selesai, matikan.
- Media didinginkan (Suhu kurang lebih 50°C),
- Media dituang kedalam cawan petri kurang lebih sebanyak 20 ml dan dibiarkan hingga padat.
- Cawan petri lalu diberi label kode perlakuan.

c. Penanaman Sampel Metode “Spread” dan Pegamatan

- Sampel yang telah diiradiasi sebanyak 20 gram dimasukan kedalam pepton sebanyak 180 ml.
- Dilakukan pengenceran bertingkat hingga 10^{-5} . Semua pengerjaan dilakukan di laminar air flow.
- Sampel diambil sebanyak 0,1 ml pada 3 pengenceran terakhir, lalu tuang pada cawan yang telah berisi media padat.
- Sampel yang telah dituang di cawan kemudian diratakan dengan menggunakan *spreader*
- Sampel dimasukkan ke dalam inkubator.
- Sampel diinkubasi selama 3 hari.
- Dilakukan perhitungan koloni dengan menggunakan *coloni counter*.

d. Perhitungan Jumlah Cemar Bakteri

Analisa Cemar Bakteri dilakukan sesuai dengan prosedur. Populasi bakteri yang tumbuh pada media perbenihan dilakukan perhitungan jumlah cemaran bakteri dengan menggunakan metode SPC atau *Standard Plate Count*, yaitu menghitung jumlah total bakteri yang hidup pada media perbenihan.

Rumus perhitungan : Koloni per ml/gram = jumlah koloni per cawan x (1/faktor pengenceran)

5. Pengujian Warna (Yuwono dan Susanto, 1998)

- Sampel yang telah di iradiasi dan disimpan diambil sebanyak 25 gram
- Dimasukan ke dalam plastik PP
- Di cek warna dengan menggunakan *color reader*.

6. Pengujian Tekstur (Yuwono dan Susanto, 1998)

- Sampel yang telah di iradiasi dan disimpan diambil sebanyak 25 gram
- Sampel dimasukan ke dalam plastik PP
- Di uji tekstur dengan menggunakan *texture analyzer*.

Lampiran 5. Data Hasil Analisa Angka Lempeng Total

Tabel data ALT

Dosis (kGy)	Hari	Log I	Log II	Total	Rata ² log	Koefisien varian (%)
0	0	7,0	6,7	13,8	6,9	2,84
	5	7,1	7,3	14,4	7,2	1,14
	10	7,5	7,5	15,0	7,5	0,26
0,5	0	5,2	5,0	10,2	5,1	2,45
	5	4,7	6,2	10,9	5,4	19,40
	10	6,8	6,6	13,3	6,7	2,12
1	0	3,0	3,3	6,3	3,2	6,76
	5	5,0	5,3	10,3	5,1	3,46
	10	6,7	6,6	13,3	6,6	0,60
1,5	0	0,0	0,0	0,0	0	0,00
	5	4,5	4,5	9,1	4,5	0,35
	10	5,9	5,9	11,8	5,9	0,62
Total		63,3	64,9	128,2	64	

Tabel dua arah ALT

Tabel dua Arah	A1	A2	A3	A4	Total
F1	13,8	10,2	6,3	0,0	30,2
F2	14,4	10,9	10,3	9,1	44,6
F3	15,0	13,3	13,3	11,8	53,3
Total	43,1	34,4	29,8	20,9	
FK	684,8437				

F-Tabel ALT

Sk	db	JK	KT	F-hit	F-tabel (0,05)	notasi
Kel (r)	1	0,1009	0,1009	0,943647	4,84	tn
Perl (P)	11	96,47292	8,770266	82,02245	2,82	*
A	3	43,13294	14,37765	134,4646	3,59	*
F	2	34,02614	17,01307	159,1119	3,98	*
A*F	6	19,31384	3,218973	30,10491	3,09	*
Galat (G)	11	1,176177	0,106925			
Total (T)	23	97,75				

Tabel ANOVA ALT

Nilai akar	0,095278		
Rata-rata	Tabel d	DMRT	Notasi
0	3,11	0,719787	a
2	3,25	0,752852	b
3,9	3,42	0,793315	c
4,8	3,39	0,785454	d
5	3,43	0,794240	de
5	3,46	0,800483	de
5,2	3,48	0,800483	e
6,5	3,49	0,804645	f
6,5	3,501	0,807651	fg
6,8	3,506	0,80950	fg
7,1	3,509	0,81135	h
7,5			i

Lampiran 6. Data Hasil Analisa *E. coli*

Tabel data *E. coli*

Dosis (kGy)	Hari	Log I	Log II	Total	Rata ² log	Koefisien varian (%)
0	0	7,0	6,7	13,7	6,8	3,85
	5	7,2	7,0	14,2	7,1	2,48
	10	7,3	7,6	14,9	7,5	2,55
0,5	0	4,9	5,1	10,0	5,0	2,47
	5	5,1	5,3	10,4	5,2	3,00
	10	6,5	6,6	13,1	6,5	0,95
1	0	2,0	2,0	4,0	2	0,00
	5	4,9	4,8	9,7	4,8	1,64
	10	6,4	6,5	12,9	6,5	0,33
1,5	0	0,0	0,0	0,0	0	0,00
	5	3,9	4,0	7,9	3,9	2,32
	10	5,1	5,0	10,0	5,0	1,42
Total		60,4	60,4	120,8	60,4	

Tabel dua arah *E. coli*

Tabel dua Arah	A1	A2	A3	A4	total
F1	13,7	10,0	4,0	0,0	27,66979
F2	14,2	10,4	9,7	7,9	42,1801
F3	14,9	13,1	12,9	10,0	50,93247
total	42,8	33,5	26,6	17,9	
FK	607,841				

F-Tabel *E. coli*

sk	db	JK	KT	F-hit	F-tabel (0,05)	notasi
Kel (r)	1	0,000244	0,000244	0,01341996	4,84	tn
Perl (P)	11	107,1179	9,737988	536,3573613	2,82	*
A	3	55,67557	18,55852	1022,182486	3,59	*
F	2	34,51274	17,25637	950,4612066	3,98	*
A*F	6	16,92956	2,821594	155,4101841	3,09	*
Galat (G)	11	0,199714	0,018156			
Total (T)	23	107,3178				

Tabel ANOVA *E. coli*

Nilai akar	0,095278		
Rata-rata	Tabel d	DMRT	Notasi
0	3,11	0,296314	a
2	3,25	0,309653	b
3,9	3,42	0,325851	c
4,8	3,39	0,322992	d
5	3,43	0,326803	de
5	3,46	0,329662	de
5,2	3,48	0,331567	e
6,5	3,49	0,33252	f
6,5	3,501	0,333568	fg
6,8	3,506	0,334045	fg
7,1	3,509	0,33433	h
7,5			i

Lampiran 7. Data Hasil Analisa Koliform

Tabel data Koliform

Dosis (kGy)	Hari	Log I	Log II	Total	Rata ² log	Koefisien varian (%)
0	0	0,0	5,8	5,8	2,9	141,42
	5	5,9	5,8	11,7	5,9	0,70
	10	7,0	7,0	14,0	7,0	0,46
0,5	0	2,5	2,8	5,3	2,6	8,10
	5	4,0	4,0	8,0	4,0	0,73
	10	5,5	5,6	11,1	5,6	0,31
1	0	0,0	3,3	3,3	1,7	141,42
	5	3,0	3,5	6,5	3,2	10,42
	10	4,5	4,7	9,2	4,6	3,42
1,5	0	0,0	0,0	0,0	0	0,00
	5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00%
	10	3,0	0,0	3,0	1,5	141,42
Total		35,4	42,4	77,8	38,9	

Tabel dua arah Koliform

Tabel dua Arah	A1	A2	A3	A4	total
F1	5,8	5,3	3,3	0,0	14,33445
F2	11,7	8,0	6,5	0,0	26,2667
F3	14,0	11,1	9,2	3,0	37,2426
total	31,5	24,4	19,0	3,0	
FK	252,4855				

F-Tabel Koliform

sk	db	JK	KT	F-hit	F-tabel (0,05)	notasi
Kel (r)	1	2,070754	2,070754	0,920009	4,84	tn
Perl (P)	11	111,486	10,13509	4,502886	2,82	*
A	3	73,36229	24,4541	10,86463	3,59	*
F	2	32,81801	16,40901	7,290306	3,98	*
A*F	6	5,305653	0,884276	0,392872	3,09	*
Galat (G)	11	24,75878	2,250798			
Total (T)	23	138,3155				

Tabel ANOVA Koliform

Nilai akar	1,060848		
Rata-rata	Tabel d	DMRT	Notasi
0	3,11	3,299238	a
0,0	3,25	3,447757	ab
1,5	3,42	3,628101	ab
1,7	3,39	3,596276	ab
2,6	3,43	3,638709	ab
2,9	3,46	3,670535	ab
3,2	3,48	3,691752	ab
4,0	3,49	3,70236	ab
4,6	3,501	3,71403	bc
5,6	3,506	3,719334	cd
5,9	3,509	3,722516	cd
7,0			d

Lampiran 8. Data Hasil Analisa Kapang dan Khamir

Tabel data Kapang dan Khamir

Dosis (kGy)	Hari	Log I	Log II	Total	Rata ² log	Koefisien varian (%)
0	0	6,3	6,4	12,7	6,3	0,71
	5	6,5	6,4	12,9	6,5	0,77
	10	6,9	7,0	13,9	7,0	0,77
0,5	0	4,8	4,9	9,7	4,9	1,67
	5	5,2	5,1	10,3	5,2	1,04
	10	6,3	6,2	12,5	6,2	1,63
1	0	4,3	4,0	8,2	4,1	5,57
	5	4,9	5,0	9,9	4,9	0,78
	10	6,1	6,2	12,3	6,1	0,61
1,5	0	0,0	0,0	0,0	0	0,00
	5	4,9	4,8	9,7	4,9	1,59
	10	5,6	5,6	11,1	5,6	0,30
Total		61,8	61,5	123,3	61,7	

Tabel dua arah Kapang dan Khamir

Tabel dua Arah	A1	A2	A3	A4	total
F1	12,7	9,7	8,2	0,0	30,6
F2	12,9	10,3	9,9	9,7	42,8
F3	13,9	12,5	12,3	11,1	49,8
total	39,5	32,5	30,4	20,8	
FK	633,4939				

F-Tabel Kapang dan Khamir

sk	db	JK	KT	F-hit	F-tabel (0,05)	notasi
Kel (r)	1	0,004784	0,004784	0,625836	4,84	tn
Perl (P)	11	73,22009	6,656372	870,8024	2,82	*
A	3	29,79141	9,930471	1299,128	3,59	*
F	2	23,61691	11,80845	1544,81	3,98	*
A*F	6	19,81177	3,301962	431,9705	3,09	*
Galat (G)	11	0,084083	0,007644			
Total (T)	23	73,30896				

Tabel ANOVA Kapang dan Khamir

Nilai akar	0,061822		
Rata-rata	Tabel d	DMRT	Notasi
0	3,11	0,192267	a
0,0	3,25	0,200922	b
1,5	3,42	0,211432	c
1,7	3,39	0,209577	c
2,6	3,43	0,21205	c
2,9	3,46	0,213905	d
3,2	3,48	0,215141	e
4,0	3,49	0,215759	f
4,6	3,501	0,216439	fg
5,6	3,506	0,216748	fg
5,9	3,509	0,216934	g
7,0			h

Lampiran 9. Data Hasil Analisa Kadar air

Tabel data Kadar Air

Dosis (kGy)	Hari	I	II	Total	Rata ²	Koefisien varian (%)
0	0	92,7	92,2	184,9	92,45	0,38
	5	92,6	92,4	185	92,5	0,15
	10	92,3	92,8	185,1	92,55	0,38
0,5	0	91,5	90,3	181,8	90,9	0,93
	5	92,1	90,3	182,4	91,2	1,40
	10	92,1	92,3	184,4	92,2	0,15
1	0	90,8	91,4	182,2	91,1	0,47
	5	91,4	91,9	183,3	91,65	0,39
	10	92,8	92,9	185,7	92,85	0,08
1,5	0	92,7	91,7	184,4	92,2	0,77
	5	92,7	92,6	185,3	92,65	0,08
	10	91,7	92,4	184,1	92,05	0,54
Total		1105,4	1103,2	2208,6	1104,3	

Tabel dua arah Kadar Air

Tabel dua Arah	A1	A2	A3	A4	total
F1	184,9	181,8	182,2	184,4	733,3
F2	185	182,4	183,3	185,3	736
F3	185,1	184,4	185,7	184,1	739,3
Total	555	548,6	551,2	553,8	
FK	203246,4				

F-Tabel Kadar Air

sk	db	JK	KT	F-hit	F-tabel (0,05)	notasi
Kel (r)	1	0,201667	0,201667	0,635929	4,84	tn
Perl (P)	11	9,515	0,865	2,727664	2,82	tn
A	3	4,058333	1,352778	4,265807	3,59	*
F	2	2,2575	1,12875	3,559365	3,98	tn
A*F	6	3,199167	0,533194	1,681358	3,09	tn
Galat (G)	11	3,488333	0,317121			
Total (T)	23	13,205				

Tabel ANOVA Kadar Air

Nilai BNT 5%	0,72	
Tabel Notasi A	Kadar air (%)	notasi
A2	91,43	a
A3	91,87	a
A4	92,30	b
A1	92,50	B

Lampiran 10. Data Hasil Analisa Total Gula

Tabel data Total Gula

Dosis (kGy)	Hari	I	II	Total	Rata ²	Koefisien varian (%)
0	0	0,8	0,79	1,59	0,80	0,89
	5	1,1	1,1	2,2	1,1	0,00
	10	1,09	1,08	2,17	1,09	0,65
0,5	0	0,76	0,78	1,54	0,77	1,84
	5	0,77	0,81	1,58	0,79	3,58
	10	1,31	1,21	2,52	1,26	5,61
1	0	0,81	0,87	1,68	0,84	5,05
	5	0,92	0,93	1,85	0,93	0,76
	10	1,09	1,11	2,2	1,10	1,29
1,5	0	0,85	0,81	1,66	0,83	3,41
	5	0,96	0,97	1,93	0,97	0,73
	10	1,25	1,20	2,45	1,23	2,89
Total		11,71	11,66	23,37	11,69	

Tabel dua arah Total Gula

Tabel dua Arah	A1	A2	A3	A4	total
F1	1,59	1,54	1,68	1,66	6,47
F2	2,2	1,58	1,85	1,93	7,56
F3	2,17	2,52	2,2	2,45	9,34
total	5,96	5,64	5,73	6,04	
FK	22,75654				

F-Tabel Total Gula

sk	db	JK	KT	F-hit	F-tabel (0,05)	notasi
Kel (r)	1	0,000104	0,000104	0,112936	4.84	tn
Perl (P)	11	0,675113	0,061374	66,54086	2.82	tn
A	3	0,017746	0,005915	6,413279	3.59	*
F	2	0,524725	0,262362	284,4505	3.98	*
A*F	6	0,132642	0,022107	23,9681	3.09	*
Galat (G)	11	0,010146	0,000922			
Total (T)	23	0,685363				

Tabel ANOVA Total Gula

Nilai akar	0,021475		
Rata-rata	Tabel d	DMRT	Notasi
0,77	3,11	0,066787	a
0,79	3,25	0,069794	a
08	3,42	0,073444	a
0,83	3,39	0,0728	a
0,84	3,43	0,073659	a
0,93	3,46	0,074303	b
0,97	3,48	0,074733	c
1,09	3,49	0,074948	d
1,10	3,501	0,075184	d
1,10	3,506	0,075291	d
1,23	3,509	0,075356	e
1,26			e



Lampiran 11. Data Hasil Analisa pH

Tabel data nilai pH

Dosis (kGy)	Hari	I	II	Total	Rata ²	Koefisien varian (%)
0	0	3,62	3,76	7,38	3,69	2,68
	5	3,85	3,9	7,75	3,88	0,91
	10	3,84	3,76	7,6	3,80	1,49
0,5	0	3,67	3,8	7,47	3,74	2,46
	5	3,95	3,97	7,92	3,96	0,36
	10	4,03	4,01	8,04	4,02	0,35
1	0	3,59	3,67	7,26	3,63	1,56
	5	3,88	3,89	7,77	3,89	0,18
	10	3,89	3,93	7,82	3,91	0,72
1,5	0	3,88	3,97	7,85	3,93	1,62
	5	4,15	4,17	8,32	4,16	0,34
	10	4,08	4,02	8,1	4,05	1,05
Total		46,43	46,85	93,28	46,64	

Tabel dua arah nilai pH

Tabel dua Arah	A1	A2	A3	A4	total	Rata-rata
F1	7,38	7,47	7,26	7,85	29,96	3,745
F2	7,75	7,92	7,77	8,32	31,76	3,97
F3	7,6	8,04	7,82	8,1	31,56	3,945
total	22,73	23,43	22,85	24,27		
Rata-rata	3,79	3,91	3,81	4,05		
FK	362,5483					

F-Tabel nilai pH

sk	db	JK	KT	F-hit	F-tabel (0,05)	notasi
Kel (r)	1	0,00735	0,00735	3,12766	4,84	tn
Perl (P)	11	0,523533	0,047594	20,25274	2,82	*
A	3	0,247267	0,082422	35,07329	3,59	*
F	2	0,243333	0,121667	51,77305	3,98	*
A*F	6	0,032933	0,005489	2,335697	3,09	tn
Galat (G)	11	0,02585	0,00235			
Total (T)	23	0,556733				

Tabel ANOVA nilai pH

Nilai BNT	0,061602	
Tabel Notasi A	Kadar Gula (%)	notasi
A1	3,79	a
A3	3,81	a
A2	3,91	b
A4	4,05	c

Nilai BNT	0,53348	
Tabel Notasi F	Kadar Gula (%)	notasi
F1	3,745	a
F3	3,945	b
F2	3,97	b

Lampiran 12. Data Hasil Analisa Tekstur

Tabel data Tekstur

Dosis (kGy)	Hari	I	II	Total	Rata ²	Koefisien varian (%)
0	0	22	22,3	44,3	22,15	0,96
	5	24,6	23,3	47,9	23,95	3,84
	10	14,8	14,4	29,2	14,6	1,94
0,5	0	29,1	27,8	56,9	28,45	3,23
	5	24,4	25,1	49,5	24,75	2,00
	10	19,1	21,8	40,9	20,45	9,34
1	0	28,5	29,8	58,3	29,15	3,15
	5	23,5	20,5	44	22	9,64
	10	27,2	28,8	56	28	4,04
1,5	0	25,2	27,7	52,9	26,45	6,68
	5	23,7	24,5	48,2	24,1	2,35
	10	11,7	12,9	24,6	12,3	6,90
Total		273,8	278,9	552,7	276,35	

Tabel dua arah Tekstur

Tabel dua Arah	A1	A2	A3	A4	total
F1	44,3	56,9	58,3	52,9	212,4
F2	47,9	49,5	44	48,2	189,6
F3	29,2	40,9	56	24,6	150,7
total	121,4	147,3	158,3	125,7	
FK	12728,22				

F-Tabel Tekstur

sk	db	JK	KT	F-hit	F-tabel (0,05)	notasi
Kel (r)	1	1,08375	1,08375	0,773542	4,84	tn
Perl (P)	11	605,7346	55,06678	39,3047	2,82	*
A	3	154,2179	51,40597	36,69175	3,59	*
F	2	243,3308	121,6654	86,84043	3,98	*
A*F	6	208,1858	34,69764	24,76594	3,09	*
Galat (G)	11	15,41125	1,401023			
Total (T)	23	622,2296				

Tabel ANOVA Tekstur

Nilai akar	0,836966		
Rata-rata	Tabel d	DMRT	Notasi
12,3	3,11	2,602963	a
14,6	3,25	2,720138	a
20,45	3,42	2,862422	b
22	3,39	2,837313	bc
22,15	3,43	2,870792	bc
23,95	3,46	2,895901	cd
24,1	3,48	2,91264	cd
24,75	3,49	2,92101	cd
26,45	3,501	2,930216	de
28	3,506	2,934401	e
28,45	3,509	2,936912	e
29,15			e

Lampiran 13. Data Hasil Analisa Warna (Nilai L)

Tabel data Nilai L

Dosis (kGy)	Hari	I	II	Total	Rata ²	Koefisien varian (%)
0	0	51,2	48,6	99,8	49,9	3,68
	5	47,8	46,5	94,3	47,15	1,95
	10	49,5	52,9	102,4	51,2	4,70
0,5	0	51,1	50,2	101,3	50,65	1,26
	5	43,1	42,8	85,9	42,95	0,49
	10	49,1	51,6	100,7	50,35	3,51
1	0	51	50,5	101,5	50,75	0,70
	5	49,7	50	99,67	49,835	0,47
	10	52,6	52,5	105,1	52,55	0,13
1,5	0	52,7	54,1	106,8	53,4	1,85
	5	46,2	47,1	93,3	46,65	1,36
	10	50,5	52,8	103,3	51,65	3,15
Total		273,8	278,9	552,7	276,35	

Tabel dua arah Nilai L

Tabel dua Arah	A1	A2	A3	A4	total
F1	99,8	101,3	101,5	106,8	409,4
F2	94,3	85,9	99,67	93,3	373,17
F3	102,4	100,7	105,1	103,3	411,5
total	296,5	287,9	306,27	303,4	
FK	12728,22				

F-Tabel Nilai L

sk	db	JK	KT	F-hit	F-tabel (0,05)	notasi
Kel (r)	1	1,096537	1,096537	0,722361	4,84	tn
Perl (P)	11	183,3692	16,66993	10,98157	2,82	*
A	3	33,45695	11,15232	7,346755	3,59	*
F	2	116,0922	58,04608	38,23872	3,98	*
A*F	6	33,82014	5,63669	3,713254	3,09	*
Galat (G)	11	16,69791	1,517992			
Total (T)	23	201,1637				

Tabel ANOVA Nilai L

Nilai akar	0,871204		
Rata-rata	Tabel d	DMRT	Notasi
42,95	3,11	2.709444	a
46,65	3,25	2.831412	bc
47,15	3,42	2.979517	bc
49,835	3,39	2.953381	cd
49,9	3,43	2.988229	cd
50,35	3,46	3.014365	d
50,65	3,48	3.031789	de
50,75	3,49	3.040501	de
51,2	3,501	3.050084	de
51,65	3,506	3.05444	de
52,55	3,509	3.057054	de
53,4			e

Lampiran 14. Data Hasil Analisa Warna (Nilai a)

Tabel data Nilai a

Dosis (kGy)	Hari	I	II	Total	Rata ²	Koefisien varian (%)
0	0	-2	-1,9	-3,9	-1,95	3,63
	5	-1,2	-1,3	-2,5	-1,25	5,66
	10	1,3	1,3	2,6	1,3	0,00
0,5	0	-2,2	-2,2	-4,4	-2,2	0,00
	5	-1,2	-1,1	-2,3	-1,15	6,15
	10	1,4	1,4	2,8	1,4	0,00
1	0	-1,8	-1,8	-3,6	-1,8	0,00
	5	-1,2	-1,1	-2,3	-1,15	6,15
	10	2	2,1	4,1	2,05	3,45
1,5	0	-1,8	-1,6	-3,4	-1,7	8,32
	5	-1,1	-1,1	-2,2	-1,1	0,00
	10	3	3,2	6,2	3,1	4,56
Total		-4,8	-4,1	-8,9	-4,45	

Tabel dua arah Nilai a

Tabel dua Arah	A1	A2	A3	A4	total
F1	-3,9	-4,4	-3,6	-3,4	-15,3
F2	-2,5	-2,3	-2,3	-2,2	-9,3
F3	2,6	2,8	4,1	6,2	15,7
total	-3,8	-3,9	-1,8	0,6	
FK	3,300417				

F-Tabel Nilai a

sk	db	JK	KT	F-hit	F-tabel (0,05)	notasi
Kel (r)	1	0,020417	0,020417	5,037383	4,84	tn
Perl (P)	11	72,00458	6,545871	1615,056	2,82	*
A	3	2,24125	0,747083	184,3271	3,59	*
F	2	67,58333	33,79167	8337,383	3,98	*
A*F	6	2,18	0,363333	89,64486	3,09	*
Galat (G)	11	0,044583	0,004053			
Total (T)	23	72,06958				

Tabel ANOVA Nilai a

Nilai akar	0,045017		
Rata-rata	Tabel d	DMRT	Notasi
-2,2	3,11	0,140002	a
-1,95	3,25	0,146305	b
-1,8	3,42	0,153958	b
-1,7	3,39	0,152607	c
-1,25	3,43	0,154408	d
-1,15	3,46	0,155758	d
-1,15	3,48	0,156659	d
-1,1	3,49	0,157109	d
1,3	3,501	0,157604	e
1,4	3,506	0,157829	e
2,05	3,509	0,157964	f
3,1			g

Lampiran 13. Data Hasil Analisa Warna (Nilai b)

Tabel data Nilai b

Dosis (kGy)	Hari	I	II	Total	Rata ²	Koefisien varian (%)
0	0	13,5	14,3	27,8	13,9	4,07
	5	14,2	14,4	28,6	14,3	0,99
	10	17	18,2	35,2	17,6	4,82
0,5	0	14,7	13,3	28	14	7,07
	5	14,7	15,6	30,3	15,15	4,20
	10	16,7	17,9	34,6	17,3	4,90
1	0	13,9	14	27,9	13,95	0,51
	5	14,6	16,2	30,8	15,4	7,35
	10	17,5	16,4	33,9	16,95	4,59
1,5	0	13	13,8	26,8	13,4	4,22
	5	14,2	14,9	29,1	14,55	3,40
	10	19,8	19,2	39	19,5	2,18
Total		183,8	188,2	372	186	4

Tabel dua arah Nilai b

Tabel dua Arah	A1	A2	A3	A4	total
F1	27,8	28	27,9	26,8	110,5
F2	28,6	30,3	30,8	29,1	118,8
F3	35,2	34,6	33,9	39	142,7
Total	91,6	92,9	92,6	94,9	
FK	5766				

F-Tabel Nilai b

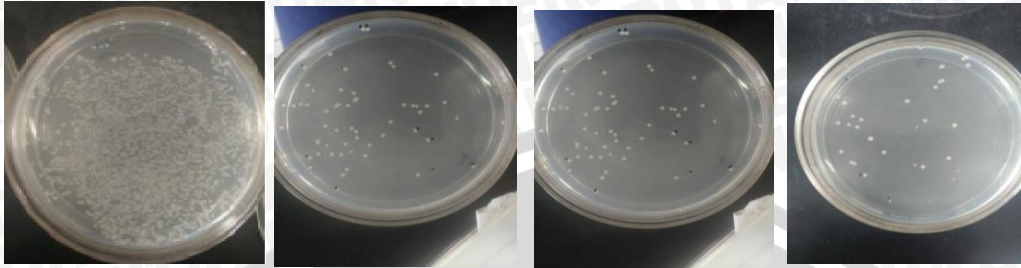
sk	db	JK	KT	F-hit	F-tabel (0,05)	notasi
Kel (r)	1	0,806667	0,806667	1,777036	4,84	tn
Perl (P)	11	79,7	7,245455	15,96128	2,82	*
A	3	0,956667	0,318889	0,702492	3,59	tn
F	2	69,8725	34,93625	76,96237	3,98	*
A*F	6	8,870833	1,478472	3,256982	3,09	*
Galat (G)	11	4,993333	0,453939			
Total (T)	23	85,5				

Tabel ANOVA Nilai b

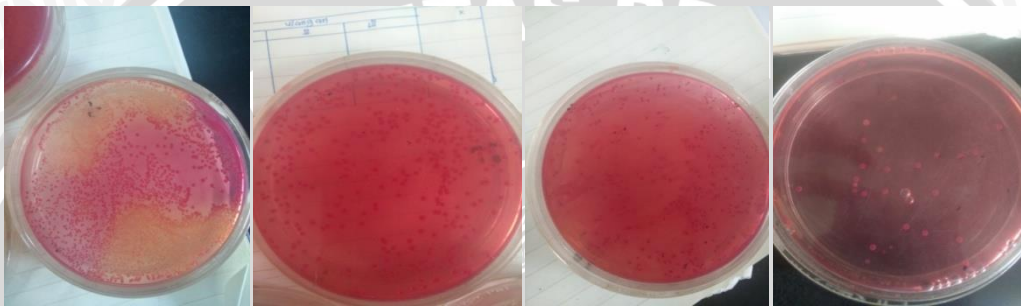
Nilai akar	0,476413		
Rata-rata	Tabel d	DMRT	Notasi
13,4	3,11	1,481646	a
13,9	3,25	1,548343	ab
13,95	3,42	1,629334	ab
14	3,39	1,615041	ab
14,3	3,43	1,634098	ab
14,55	3,46	1,64839	ab
15,15	3,48	1,657919	bc
15,4	3,49	1,662683	bc
16,95	3,501	1,667923	cd
17,3	3,506	1,670305	de
17,6	3,509	1,671735	de
19,5			f

Lampiran 16. Dokumentasi

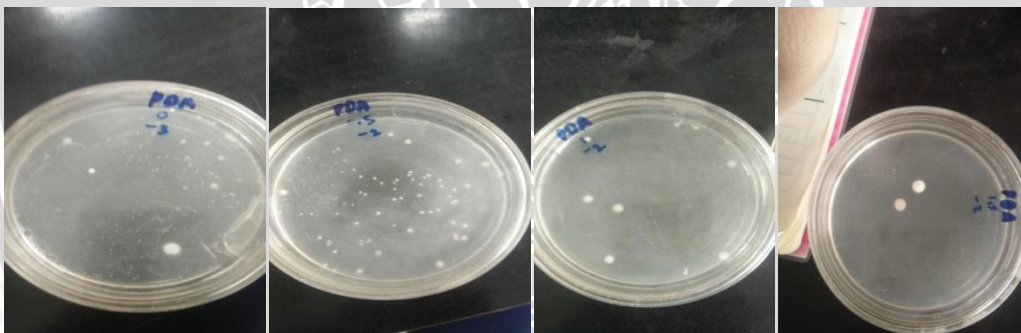
1. Plating Na



2. Plating *Mc. Conkey*

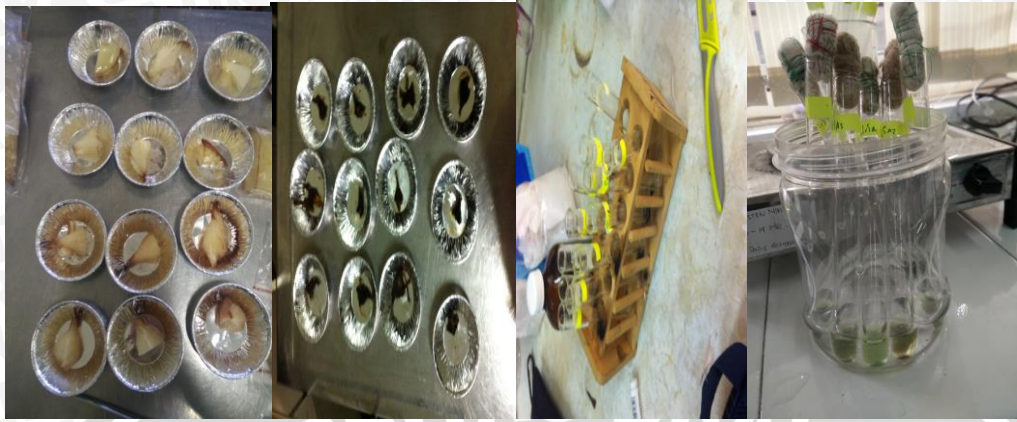


3. Plating PDA



4. Kadar air

5. Total gula



Buah Belimbing



Iradiasi

