

**PENENTUAN KUALITAS SECARA FISIK DAN KIMIA SERTA PREDIKSI
VITAMIN C PADA BUAH APEL FUJI (*MALUS DOMESTICA* BORKH.)**

**NURUL LUTHFIAH RAMADHANI
G031171305**



**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

**PENENTUAN KUALITAS SECARA FISIK DAN KIMIA SERTA PREDIKSI
VITAMIN C PADA BUAH APEL FUJI (*MALUS DOMESTICA* BORKH.)**

**Nurul Luthfiah Ramadhani
G031 17 1305**

UNIVERSITAS HASANUDDIN

Skripsi
Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknologi Pertanian pada
Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan
Departemen Teknologi Pertanian
Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin
Makassar

**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)**PENENTUAN KUALITAS SECARA FISIK DAN KIMIA SERTA PREDIKSI
VITAMIN C PADA BUAH APEL FUJI (*MALUS DOMESTICA* BORKH.)**

Disusun dan diajukan oleh :

NURUL LUTHFIAH RAMADHANI
G031 17 1305

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjan Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan
Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin
pada tanggal **11 Maret 2022**
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Andi Dirpan, S.TP., M.Si., PhD
NIP. 19820208 200604 1 003



Dr. Februadi Bastian, S.TP., M.Si
NIP. 19820205 200604 1 002

Ketua Program Studi,



Dr. Februadi Bastian, S.TP., M.Si
NIP. 19820205 200604 1 002

Tanggal Lulus : 11 Maret 2022

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nurul Luthfiah Ramadhani
NIM : G031171305
Program Studi : Ilmu dan Teknologi Pangan
Jenjang : S-1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis berjudul

“Penentuan Kualitas secara Fisik dan Kimia serta Prediksi Vitamin C pada Buah Apel Fuji (*Malus domestica* Borkh.)”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 14 April 2022



Nurul Luthfiah Ramadhani

ABSTRACT

NURUL LUTHFIAH RAMADHANI (NIM. G031171305). Determination of Physical and Chemical Quality and Prediction of Vitamin C on Fuji Apples (*Malus domestica* Borkh.) supervised by ANDI DIRPAN and FEBRUADI BASTIAN.

Fuji apples have the characteristics of yellowish-white flesh, hard, and a slightly rough texture. The sugar content in Fuji Apples is about 15%, acidity 0.4 - 5%, and the hardness of the flesh is 15 pounds. The demands for high quality sometimes make the fertilization process can harm health by increasing nitrate levels in fruit. Fuji apples are a source of essential vitamin C for the body. Vitamin C has a role in enzyme activation, reduction of oxidative stress, immune function, reduction of carcinogens, and protection of several types of diseases. However, the process of analyzing vitamin C takes a long time and costs a lot. Therefore, this study aims to determine the quality of Fuji apples, measure nitrate levels, and develop a method for determining vitamin C levels based on quality test parameters. The value range of the quality test results of Fuji apples is the weight of 117-169 grams; fruit diameter 60.10 – 72.87 mm, fruit volume 102 – 192 mL, hardness 15.50 – 35.40 N, color with L*, a* b* values are 42.08 – 72.03, respectively; 10.65 – 34.28; 9.13 – 27.28, pH 4.33 – 5.61, total acid 0.00102 – 0.17920%, total dissolved solids 8.50 – 15.30 °Brix, and vitamin C 0.08135 – 0, 174896%. All samples of Fuji apples tested had a nitrate content of <30 mg/kg. The predicted result of vitamin C which obtained the strongest R2 value was analyzed using *Artificial Neural Network* (ANN). The R2 values for non-destructive test parameters, physical tests, chemical tests, color tests, and all parameters are 0.999, 0.999, 1,000, 0.999, and 0.999, respectively. The actual data and the prediction data of all these models gave results that were not significantly different based on the Independent T-Test.

Keywords : *Fuji Apples, Artificial Neural Network, Nitrate, Vitamin C.*

PERSANTUNAN

Alhamdulillah *rabbi* *'alamin* segala puji kehadirat Allah *subhana wata'ala* atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang memberikan penuli nikmat kesehatan dan keempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Penentuan secara Fisik dan Kimia serta Prediksi Vitamin C pada Buah Apel Fuji (*Malus domestica* Borkh.)**”. Skripsi ini termasuk tugas akhir yang menjadi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana (S-1) pada program studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa selama penyelesaian skripsi ini, banyak hambatan yang telah dihadapi. Akan tetapi, berkat dukungan, do'a, motivasi dan bantuan dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Ucapan Terima kasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua tercinta **Bapak Syahrudin Hasan, A.Md** dan **Ibu Nursiah**, serta seluruh saudara dan keluarga yang selalu memberi dukungan dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Kepada mereka segala dedikasi penulis berikan sebagai sumber motivasi utama penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.

Dalam proses penyelesaian skripsi ini, penulis juga sangat berterima kasih sebesar-besarnya kepada **Andi Dirpan, S.TP., M.Si., P.hD** selaku pembimbing pertama yang banyak membantu penulis memberi saran, solusi, motivasi serta dukungan dari segi financial selama penelitian sehingga penulis mampu menyelesaikan studi S1 hingga akhir. Selain itu, ucapan terima kasih sebanyak-banyaknya juga kepada **Dr. Februadi Bastian, S.TP., M.Si** selaku pembimbing kedua yang selalu memberikan solusi dan masukan yang sangat membantu, semoga Allah SWT memberikan kesehatan dan perlindungan baik di dunia maupun di akhirat nanti.

Selain itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada seluruh pihak yang terkait dalam penyelesaian skripsi ini, diantara adalah:

1. **Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, M.A** selaku Rektor Universitas Hasanuddin dan segenap jajaran Wakil Rektor Universitas Hasanuddin, yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk memperoleh ilmu dan pengalaman serta menyelesaikan Pendidikan Program Sarjana di Universitas Hasanuddin, Makassar.
2. **Prof. Dr. Agr. Ir. Baharuddin** selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin dan Wakil Dekan Fakultas Pertanian, atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk memperoleh ilmu dan pengalaman serta menyelesaikan Pendidikan Program Sarjana di Universitas Hasanuddin, Makassar.
3. **Prof. Dr. Ir. Meta Mahendradatta** selaku Ketua Departemen Teknologi Pertanian, **Dr. Februadi Bastian, S.TP., M.Si** selaku Ketua Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan serta **Seluruh Dosen** Ilmu dan Teknologi Pangan yang telah membekali penulis ilmu pengetahuan serta wawasan yang luas. Semua pengetahuan yang telah diberikan sangatlah berharga dan berguna bagi masa depan penulis.
4. **Kak Serli** yang telah membantu dan memberikan bimbingan serta masukan kepada penulis selama penelitian.
5. Staf administrasi pada Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan serta Fakultas Pertanian, yang telah ikhlas memberikan pelayanan teknis dan informasi kepada penulis.
6. Sahabat-sahabat seperjuangan yang selalu ada dalam keadaan apapun Ratnah, Riqqa, Eka, Mila, dan Rina
7. Saudara seperjuangan ALUCIO dan pihak-pihak terdekat yang tidak mampu disebutkan satu-satu.

8. Rekan-rekan BUNSEN dan GEAR 2017 yang telah membantu dan memotivasi selama penelitian serta memberikan bantuan selama perkuliahan.
9. Seluruh Keluarga di HIMATEPA-UH, UKM KPI UNHAS dan Harmoni yang menjadi tempat penulis berproses dan bertumbuh.
10. Last, i wanna thank for my self karena sudah berjuang sampai tahap ini. Cheers up!

Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Ucapan terima kasih yang tak terhingga, semoga skripsi ini dapat menjadi manfaat bagi orang lain. Karena ketidak sempurnaannya, penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan skripsi ini.

Penulis

RIWAYAT HIDUP



Nurul Luthfiah Ramadhani, lahir di Sinjai, Sulawesi Selatan pada tanggal 17 Januari 1999 dan merupakan anak kedua dari empat bersaudara oleh pasangan Bapak Syahrudin Hasan, A.Md dan Ibu Nursiah. Pendidikan formal yang ditempuh penulis yaitu:

1. TK Kalegowa (2004-2005)
2. SD Inpres Tetebatu (2005-2011)
3. SMP Islam Athirah Bone (2011-2014)
4. SMA Islam Athirah Bone (2014-2017)

Pada tahun 2017, penulis diterima di Universitas Hasanuddin melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri) dan tercatat sebagai Mahasiswa S1 Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian. Selama menempuh pendidikan pada jenjang S1. Selama perkuliahan, penulis pernah menjadi asisten laboratorium pada praktikum Kimia Organik (2020), penerima Dana Hibah PMW 2019 dan pendanaan PIMNAS 2019 dan 2020. Selain itu, penulis juga pernah melaksanakan magang di Teaching Industry Unhas.

Selain bidang akademik, penulis aktif di beberapa organisasi. Sejak 2017, penulis pernah aktif pada lembaga kemahasiswaan Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian (HIMATEPA) Unhas dan menjabat sebagai Anggota divisi Data dan Informasi (2018-2019). Penulis juga aktif di salah satu Unit Kegiatan Mahasiswa yaitu UKM KPI Unhas dengan menjabat sebagai staff Divisi Kesekretariatan (2019), Sekretaris Umum (2020) dan Dewan Konsultatif (2021). Adapun untuk organisasi atau lembaga diluar kampus, penulis aktif menjadi Brand Ambassador Kampus brand kosmetik Wardah (2019-2021) dan mendirikan sebuah komunitas bernama Harmoni Perempuan (sejak 2020).

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR).....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
PERSANTUNAN.....	vi
RIWAYAT HIDUP.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Keamanan Pangan	4
2.2 Apel	4
2.3 Nitrat.....	5
2.4 Vitamin C	6
2.5 Analisis Regresi.....	7
2.6 Jaringan Syaraf Tiruan (JST) / Artificial Neural Network (ANN).....	7
3. METODOLOGI.....	10
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	10
3.2 Alat dan Bahan	10
3.3 Desain Penelitian	10
3.4 Prosedur Penelitian	10
3.4.1 Penentuan Kualitas Buah Apel Fuji	10
3.4.2 Penentuan Kadar Nitrat	12
3.4.3 Prediksi Vitamin C dengan Analisis Regresi	12

3.4.4	Prediksi Vitamin C dengan Jaringan Syaraf Tiruan (JST).....	12
3.5	Pengolahan Data.....	13
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	14
4.1	Kualitas Buah	14
4.1.1	Kualitas Fisik.....	14
4.1.2	Kualitas Kimiawi.....	17
4.2	Kandungan Nitrat	20
4.3	Prediksi Vitamin C	20
5.	PENUTUP.....	26
5.1	Kesimpulan.....	26
5.2	Saran	26
	DAFTAR PUSTAKA	27
	LAMPIRAN	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Vitamin C (Devaki and Raveendran, 2017)	6
Gambar 2. Arsitektur Jaringan Syaraf (Bre, Gimenez and Fachinotti, 2018).....	8
Gambar 3. Bobot Setiap Elemen Input dan Output dari Sistem JST	8
Gambar 4. Prediksi Vitamin C Berdasarkan Parameter Uji Nondestruktif menggunakan Analisis Regresi (a) dan Analisis JST (b)	21
Gambar 5. Prediksi Vitamin C Berdasarkan Parameter Uji Fisik menggunakan Analisis Regresi (a) dan Analisis JST (b)	22
Gambar 6. Prediksi Vitamin C Berdasarkan Parameter Uji Kimia menggunakan Analisis Regresi (a) dan Analisis JST (b)	22
Gambar 7. Prediksi Vitamin C Berdasarkan Parameter Uji Warna menggunakan Analisis Regresi (a) dan Analisis JST (b)	23
Gambar 8. Prediksi Vitamin C Berdasarkan Semua Parameter Uji menggunakan Analisis Regresi (a) dan Analisis JST (b)	24

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil Pengujian Kualitas Fisik pada 50 Sampel Buah Apel Fuji.....	14
Tabel 2. Hasil Pengujian Kualitas Kimiawi pada 50 Sampel Buah Apel Fuji.....	17
Tabel 3. Hasil Uji Independent T-Test antara Data Aktual dan Data Prediksi Berdasarkan Analisa JST	24

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Tabel Rekapitulasi Hasil Penelitian.....	35
Lampiran B. Kurva Standar Vitamin C.....	37
Lampiran C. Data Hasil Analisa Regresi Linear.....	37
Lampiran D. Data Hasil Analisa Jaringan Syaraf Tiruan (JST).....	41
Lampiran E. Uji Independent T-Test.....	50

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Buah menjadi sumber zat gizi mikro alami yang esensial bagi tubuh. Kementerian Kesehatan Indonesia menyerukan pentingnya mengonsumsi buah-buahan dalam sebuah program Gerakan Masyarakat Hidup Sehat (GERMAS). Hal ini menyebabkan permintaan kebutuhan komoditi buah-buahan di Indonesia semakin meningkat yang menyebabkan semakin meningkat pula peluang impor buah-buahan. Peningkatan volume impor buah-buahan sebesar 6,7% dibanding tahun 2005 (Fernenddy, Restuhady and Edwina, 2006). Salah satu buah yang paling banyak diimpor adalah apel, pada tahun 2019 apel diimpor sebesar 137,23 ribu ton (Badan Ketahanan Pangan dan Badan Pusat Statistik, 2019). Besarnya impor apel tersebut disebabkan karena jumlah penduduk yang semakin meningkat dan tingkat perekonomian masyarakat yang tidak diimbangi dengan peningkatan produksi dalam negeri. Pasar apel impor di Indonesia secara total dikuasai oleh Tiongkok 50%, Amerika Serikat 30%, Prancis 10%, dan sisanya Australia, Jepang, dan Selandia Baru (Suhariyono, 2014). Beberapa jenis apel impor seperti apel fuji banyak dikirim dari Tiongkok, apel merah diimpor dari Amerika Serikat, serta apel jenis royal gala dan granny smith banyak didatangkan dari Amerika Serikat, Afrika Selatan, Prancis, Australia, hingga Selandia Baru. Buah apel fuji yang paling banyak dikonsumsi dan diminati (Lubis, 2019).

Berdasarkan data *Direktori Perkembangan Konsumsi Pangan* (2019) rata-rata konsumsi apel di Indonesia dari tahun 2013 – tahun 2018 berturut – turut 1,1 kg; 0,93 kg; 0,93 kg; 1,32 kg; 1,37 kg; 0,97 kg perkapita pertahun. Apel banyak dikonsumsi karena mudah didapatkan diberbagai tempat penjualan buah, serta memiliki warna yang menarik dan rasa yang manis. Selain karena sifat sensoriknya yang menarik perhatian konsumen, apel memiliki banyak khasiat bagi tubuh. Adapun manfaat yang didapatkan dari mengonsumsi apel adalah penurunan kolesterol dalam darah, penurunan tekanan darah, penstabil gula darah, agen anti kanker, dan untuk orang yang sedang menjalankan diet menurunkan berat badan, serta mengurangi risiko penyakit asma, diabetes, dan berbagai penyakit kardiovaskuler (Rahmat, Suyono and Risma, 2019).

Masyarakat menginginkan apel dengan harga yang relatif murah sesuai dengan peningkatan permintaan komoditi dengan kualitas yang bagus. Sebagian besar buah yang tersebar di pasar buah atau supermarket adalah buah impor dan harganya relatif murah. Diantara sekian banyak buah apel impor, buah apel impor jenis fuji yang banyak diminati dan dikenal masyarakat adalah apel Fuji. Buah apel fuji memiliki daging buah berwarna putih kekuningan, keras, dan agak kasar. Selain manfaatnya, jenis apel impor ini memiliki keunggulan dapat bertahan cukup lama selama penyimpanan dengan durasi 90 hari pada suhu ruang dan 150 hari di suhu dingin (Pudjiatmoko, 2008 dalam Nisfiyah, 2018). Buah apel memiliki banyak manfaat bagi tubuh karena kaya akan zat gizi, diantaranya air, energi, protein, lipid, serat, gula, kalsium, besi, magnesium, fosfor, kalium, sodium, seng, thiamin, riboflavin, miasin, vitamin A, vitamin B1, vitamin B2, vitamin B3, vitamin B5, vitamin B6, vitamin B9, dan vitamin C.

Salah satu vitamin yang paling penting terkandung di dalam buah apel adalah vitamin C. Hal ini dikarenakan vitamin C merupakan vitamin yang penting bagi kesehatan manusia,

memiliki sifat larut air, dapat memberikan perlindungan antioksidan, menekan replikasi virus, serta memproduksi interferon. Vitamin C sendiri merupakan nutrisi esensial bagi tubuh yang perlu dipenuhi setiap hari dan harus dipertahankan dalam tubuh pada tingkat yang relatif tinggi. Namun vitamin C tidak dapat diproduksi langsung di dalam tubuh dan manusia tidak memiliki gulonolactone oksidase yang merupakan enzim untuk biosintesis vitamin C. Oleh karena itu, harus mendapatkan vitamin C dari sumber lain, seperti buah-buahan dan sayuran.

Secara umum vitamin C memiliki peran dalam aktivasi enzim, pengurangan stres oksidatif, fungsi kekebalan, dan pengurangan karsinogen. Vitamin C memiliki pengaruh dan peran besar dalam proteksi beberapa keadaan penyakit, terutama flu biasa, penyakit kardiovaskuler, dan beberapa jenis kanker. Vitamin C diduga mengurangi durasi dan keparahan gejala flu dengan cara meningkatkan respons imun dan berfungsi sebagai antihistamin (Schlueter and Johnston, 2011). Selain itu, peran utama vitamin C terhadap sistem imun manusia, yaitu berperan dalam melindungi sel-sel kekebalan tubuh terhadap stres oksidatif yang dihasilkan selama infeksi (Mitmesser et al., 2016), meningkatkan produksi oksida nitrat dari endothelium, meningkatkan vasodilatasi, menurunkan tekanan darah, mencegah apoptosis sel-sel otot polos pada pembuluh darah, bekerja dalam perbaikan profil lipid kekebalan arteri dan fungsi endotel (Moser and Chun, 2016).

Adapun kekurangan vitamin C dapat menyebabkan timbulnya berbagai jenis penyakit seperti penyakit kudis, kelelahan, elaise, nyeri tulang, kelebihan zat besi yang mengakibatkan terjadinya penyakit anemia sel sabit atau thalsemia, serta gangguan neurologis seperti autisme pada anak-anak (Golriz et al., 2016). Penelitian yang dilakukan oleh dokter Inggris James Lind pada tahun 1947 juga membuktikan bahwa kekurangan vitamin C dapat menyebabkan penyakit skorbut (Sandra Goodman, 2000). Berdasarkan sebuah panel penasehat ilmiah untuk pemerintah Amerika Serikat telah merekomendasikan bahwa semua orang dewasa yang sehat agar meningkatkan asupan vitamin C dengan dosis harian 250-1000 mg/hari sebagai langkah pencegahan.

Penentuan kandungan vitamin C dalam berbagai buah dan sayuran di antaranya adalah metode titrasi iodometrik, metode kromatografi, metode enzimatik, dan metode elektrokimia (Tadese *et al.*, 2014 ; Kashyap and Gautam, 2012 ; Iwase, 2000). Namun, metode – metode tersebut dalam pengerjaannya memakan waktu yang cukup lama, biaya yang lumayan besar, dan membutuhkan ketelitian yang tinggi untuk memperoleh hasil yang akurat. Saat ini banyak penelitian dikembangkan sebagai inovasi untuk menentukan kadar vitamin C, yaitu melakukan prediksi vitamin C berdasarkan parameter-parameter tertentu. Beberapa diantaranya adalah prediksi vitamin C menggunakan *infra-red reflectance* (Kusumiyati, Munawar and Suhandy, 2020), FT-NIR spectroscopy (Magwaza *et al.*, 2011), dan analisis citra digital dengan ANN (Rachmawati, 2018 ; Triasanti, 2017). Namun, metode-metode tersebut masih membutuhkan peralatan yang kompleks sehingga dibutuhkan metode yang lebih sederhana lagi untuk memudahkan pengujian terhadap kadar vitamin C.

Terlepas dari kebermanfaatannya buah apel khususnya kandungan vitamin C, penggunaan pupuk dalam jumlah besar pada buah-buahan meningkatkan kekhawatiran terhadap konsentrasi nitrat yang berlebih sehingga berdampak buruk pada kesehatan. Berdasarkan Nava dan Dechen (2009), proses penanaman buah apel fuji menggunakan pupuk N & K. Kadar nitrat yang melebihi batas ambang dapat berbahaya bagi kesehatan manusia. Sebuah

penelitian menunjukkan bahwa penyakit kanker berkorelasi dengan kadar nitrat dalam makanan (Bradbury, Appleby and Key, 2014). Nitrat tidak bersifat karsinogenik, tetapi nitrit yang terbentuk dari nitrat mungkin bereaksi dengan kandungan amina pada makanan untuk membentuk nitros amina yang bersifat karsinogenik (Katan, 2009). Efek lain dari nitrit juga adalah kemampuannya bereaksi dengan hemoglobin untuk membentuk methaemoglobin dan nitrat yang menyebabkan pengiriman oksigen ke jaringan terganggu. Sayangnya, tidak semua petani mengikuti praktik penggunaan bahan kimia berdasarkan regulasi yang telah diatur (Łozowicka *et al.*, 2013), sehingga penggunaan pupuk khususnya pada buah apel berpeluang untuk meninggalkan residu nitrat yang dapat memberikan efek negatif bagi manusia dalam jangka panjang.

Berdasarkan uraian diatas, peneliti tertarik untuk mengembangkan metode penentuan kadar vitamin C yang lebih sederhana dengan berbasis parameter kualitas buah yang diujikan yakni pH, kekerasan, total asam, vitamin C, total padatan terlarut, warna, bobot, diameter, dan volume menggunakan analisis regresi dan Jaringan Syaraf Tiruan (*Artificial Neural Network*) untuk melihat prediksi yang paling akurat serta penentuan kadar nitrat pada buah apel fuji karena berpeluang memiliki konsentrasi nitrat yang berlebih akibat dari penggunaan pupuk selama proses penanaman.

1.2 Rumusan Masalah

Permintaan komoditi buah-buahan di Indonesia semakin meningkat yang menyebabkan volume impor buah-buahan juga meningkat, salah satu buah yang paling banyak diimpor adalah buah apel fuji. Kandungan vitamin pada buah apel fuji yang paling penting adalah vitamin C karena dibutuhkan untuk kesehatan tubuh manusia. Namun saat ini metode yang telah dilakukan untuk mengukur vitamin C memerlukan proses yang lama dan biaya yang besar. Selain itu, penggunaan pupuk selama proses penanaman buah apel menjadi salah satu upaya untuk mempertahankan kualitas yang diduga dapat meningkatkan kandungan nitrat pada buah apel yang melebihi batas aman jika salah dalam penggunaannya. Oleh karena itu, perlu untuk mengetahui mutu atau kualitas dari buah apel fuji, mengukur kadar nitratnya, serta mengembangkan metode penentuan kadar vitamin C berbasis parameter kualitas menggunakan analisis regresi dan analisis jaringan syaraf tiruan.

1.3 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut untuk :

1. menentukan kualitas buah apel fuji yang meliputi pH, uji kekerasan, total asam, total padatan terlarut, vitamin C, warna, dan pengukuran bobot, dan diameter.
2. menentukan kadar nitrat buah apel fuji
3. mengembangkan metode penentuan prediksi kandungan vitamin C pada buah apel fuji

Hasil penelitian yang diperoleh diharapkan dapat menjadi sumber informasi bagi pembaca tentang kualitas buah apel impor jenis fuji dan metode analisis untuk memprediksi kadar vitamin C berdasarkan parameter kualitas yang diujikan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Keamanan Pangan

Pangan merupakan salah satu kebutuhan dasar yang dikonsumsi sehari-hari untuk keberlangsungan hidup manusia. Konsumsi pangan sebaiknya telah memenuhi standar kesehatan yaitu sehat, bergizi, aman dan tidak menimbulkan gangguan kesehatan (Rumawas, Nayoan and Kumayas, 2021). Untuk memenuhi kebutuhan pangan yang bebas dari risiko kesehatan seperti kerusakan dan kontaminasi maka keamanan pangan merupakan aspek penting yang perlu diperhatikan, baik untuk dikonsumsi maupun untuk tujuan ekspor. Menurut Undang-undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012, keamanan pangan adalah kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah pangan dari kemungkinan cemaran biologis, kimia, dan fisik yang dapat mengganggu, merugikan, dan membahayakan kesehatan manusia.

Hal ini sangat berpengaruh pada keselamatan masyarakat sebagai konsumen sekaligus sebagai perwujudan dari pemenuhan hak konsumen dari segi kesehatan, agama, keyakinan, dan budayanya. Menurut Knechtges (2014), tujuan utama keamanan pangan adalah untuk mencegah makanan dan minuman agar tidak terkontaminasi oleh zat asing yang terdiri dari kontaminasi secara fisik, biologi, maupun kimia sehingga dapat mengurangi potensi terjadinya kerusakan yang dapat membahayakan kesehatan manusia akibat kontaminasi tersebut. Kontaminasi fisik adalah kontaminasi yang diakibatkan oleh benda asing yang masuk ke dalam makanan atau minuman seperti rambut, logam, plastik, kotoran, debu, kuku, dan lainnya. Kontaminasi biologi disebabkan oleh suatu zat yang diproduksi oleh mikroorganisme yang masuk ke dalam makanan atau minuman. Sedangkan, kontaminasi kimia meliputi kontaminasi dari bahan kimia seperti penggunaan pestisida yang berlebihan, serta obat-obatan. Selain itu, kontaminasi kimia juga bersumber dari lingkungan seperti udara atau tanah serta polusi air, kontaminasi dari kemasan makanan.

2.2 Apel

Apel (*Malus sylvestris*) adalah tanaman tahunan yang berasal dari daerah subtropis. Daerah yang menjadi sentra produksi apel di Indonesia adalah kota Malang. Tanaman apel mulai berkembang di Indonesia sejak dikenalnya teknologi perompesan daun yang diikuti dengan pelengkungan cabang sebagai pengganti musim gugur, sehingga produksi apel di Indonesia dapat diatur oleh petani (Tia Anggara, Suryanto and Ainurrasjid, 2017). Karakteristik buah apel memiliki kulit berwarna merah, hijau, atau kuning sesuai jenis apelnnya, tekstur kulit yang lembek, dan daging buah yang keras.

Budidaya tanaman apel berdasarkan penelitian Tia Anggara, Suryanto and Ainurrasjid (2017) yang memberikan hasil produksi tertinggi pada buah apel jenis manalagi, yaitu menggunakan jarak tanaman 4 x 4 m dengan rata-rata produktivitas per luasan sebesar 52,5 ton/ha yang menghasilkan buah apel sampai 84 kg/pohon. Tanaman apel dapat tumbuh pada kisaran suhu 16°C - 27°C karena suhu tinggi dapat mengakibatkan terjadinya penguapan sehingga tanaman mengalami kekeringan dan kerontokan daun. Kelembaban relatif yang dikehendaki pada tanaman apel sekitar 75% - 85% karena kelembaban yang tinggi akan menyebabkan serangan penyakit pada tanaman apel. Tanaman apel membutuhkan tanah yang

kering untuk dapat tumbuh dengan baik, sehingga curah hujan yang tinggi menyebabkan menurunnya produktivitas tanaman apel. Adapun unsur hara yang paling berpengaruh nyata terhadap produktivitas tanaman apel adalah posfor, semakin tinggi kandungan posfor di tanah maka semakin tinggi konsentrasinya di daun sehingga buah yang dihasilkan semakin banyak.

Secara umum buah apel memiliki kadar zat gizi tinggi yang bermanfaat bagi kesehatan (Endrizzi *et al.*, 2015). Komposisi kimiawi pada 100 gram buah apel, yaitu : 84,10 g air ; 58 Kal Kalori ; 0,3 g protein ; 0,4 g lemak ; 14,9 karbohidrat ; 6 mg kalsium ; 10 mg fosfor ; 0,3 mg besi ; 1 mg natrium, 110 mg potassium ; 90 IU vitamin A ; 0,04 mg Vitamin B1 ; 0,02 Vitamin B2 ; 0,1 mg Niacin ; 5 mg Vitamin C (Nanda, 2016) dan 2,1 g serat (Kohmsan, 2006). Serat tak larut pada buah apel dapat mengikat kolesterol LDL dan membuangnya dari dalam tubuh, sedangkan serat larut (pektin) akan meminimalisir kolesterol LDL yang diproduksi di hati dan mencegah diare (Kohmsan, 2006). Buah apel memiliki kandungan beberapa senyawa aktif golongan flavonoid, diantaranya proasianidin, katekin, epikatekin, dan kuersetin yang mampu menghambat oksidasi LDL kolesterol dan mempunyai aktivitas antioksidan yang tinggi untuk melindungi tubuh dari radikal bebas (Nuning Damayanti, 2016).

Apel menjadi salah satu buah paling banyak diimpor karena banyak diminati oleh masyarakat. Permintaan buah apel impor yang tinggi, menunjukkan bahwa buah apel impor lebih diminati di pasaran dibandingkan buah apel lokal. Rahayu *et al* (2012) melakukan penelitian terkait atribut yang menjadi preferensi konsumen dalam membeli buah apel impor, yakni harga, warna, tekstur, dan ukuran. Kecenderungan konsumen memilih buah apel impor karena memiliki harga yang lebih terjangkau, warna merah yang lebih cerah dan mencolok, tekstur yang renyah, dan ukuran yang lebih kecil.

Salah satu jenis apel impor yang banyak dikenal masyarakat adalah apel Fuji. karakteristik apel fuji memiliki daging buah berwarna putih kekuningan, keras, dan agak kasar. Kandungan gula pada apel fuji sekitar 15%, kemasaman 0,4 – 0,5%, serta kekerasan daging buah sekitar 15 pounds. Kakiuchi *et al.* (1986) berhasil mengidentifikasi 37 senyawa volatile pada apel fuji. Fellman *et al.* (2000) melaporkan bahwa senyawa utama yang terlibat dalam pematangan buah apel fuji adalah 2-metil-butiril asetat. Jenis apel impor ini dapat bertahan cukup lama selama penyimpanan, kurang lebih selama 90 hari pada suhu kamar dan kurang lebih selama 150 hari pada suhu dingin (*cold storage*) (Pudjiatmoko, 2008 dalam Nisfiah, 2018).

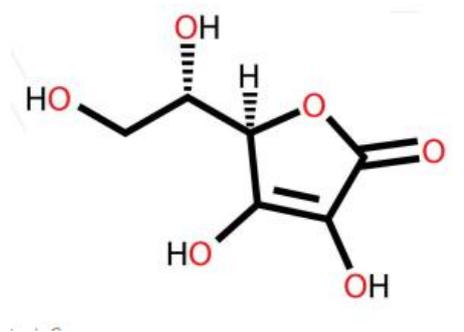
2.3 Nitrat

Nitrat merupakan senyawa alami yang terdiri dari unsur Nitrogen (N) dan Oksigen (O). Ion nitrat terdapat di lingkungan dan secara alami ditemukan dalam pangan nabati. Sayuran merupakan sumber asli dari nitrat. Namun, kadar nitrat dalam sayuran bervariasi bergantung jenisnya, sumber, kondisi budidaya, dan penyimpanannya (SD *et al.*, 1994). Jumlah nitrat yang tersedia di dalam tanah menjadi faktor utama yang menentukan kandungan nitrat dalam tanaman (Shokrzadeh *et al.*, 2007). Perkiraan dosis harian nitrat yang dikonsumsi oleh manusia sekitar 75-100 mg, 80-90% diantaranya berasal dari sayuran dan 5-10% berasal dari air (S Tannenbaum dan P Walstra, 2000). Di dalam tubuh, nitrat diubah oleh enzim nitrat reductase menjadi nitrit kemudian bereaksi dengan amina, amida, asam amino membentuk

senyawa N-nitroso. Nitrat tidak memiliki efek karsinogenik langsung bagi manusia, namun nitrit dan senyawa N-nitroso diketahui aktif secara biologis dalam sistem mamalia (SD *et al.*, 1994). Penggunaan nitrat yang berlebihan dapat menyebabkan toksisitas dan efek karsinogenik (Rezaei *et al.*, 2013). Berdasarkan epidemiologi dan studi klinis, asupan nitrat yang tinggi terlibat dalam etiologi kanker lambung manusia (Bartsch *et al.*, 1990), kasus ini telah ditemukan diberbagai negara, antara lain Inggris, Kolombia, Chili, Jepang, Denmark, Hongaria, dan Italia (Rezaei *et al.*, 2013). World Health Organizations's (WHO) menyarankan kadar nitrat yang dikonsumsi sebesar 3,7 mg per kg berat badan.

2.4 Vitamin C

Vitamin C atau asam askorbat merupakan salah satu vitamin yang larut dalam air, mudah rusak apabila bersentuhan dengan udara (oksidasi) terutama bila terkena panas, vitamin C dapat rusak sehingga mengalami penurunan kandungan vitamin C pada suhu 70°C sebanyak 20% dan mengalami penurunan sebanyak 40-60% pada suhu 80-92°C. Vitamin C dapat berperan sebagai antioksidan sehingga efektif mengatasi radikal bebas yang dapat merusak jaringan. Struktur asam askorbat (vitamin C) yaitu terbentuk dari suatu turunan heksosa dan diklasifikasikan sebagai karbohidrat yang erat berkaitan dengan monosakarida, sehingga strukturnya mirip dengan glukosa. Hal ini sesuai dengan pernyataan Setyawati dan Hartini (2018), yang menyatakan bahwa vitamin C merupakan salah satu vitamin yang terbentuk dari turunan heksosa yang larut dalam air dan mudah teroksidasi. Hal ini juga didukung oleh pernyataan Narsih dan Agato (2018), yang menyatakan bahwa vitamin C mengalami kerusakan dengan penurunan kandungan pada suhu 70°C sebanyak 20% dan mengalami penurunan sebanyak 40-60% pada suhu 80-92°C.



Gambar 1. Struktur Vitamin C (Devaki and Raveendran, 2017)

Faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas vitamin C adalah suhu, pH, oksigen, enzim, katalis, logam, cahaya, dan lama penyimpanan vitamin C. suhu dapat mempengaruhi stabilitas vitamin C karena semakin tinggi suhu yang digunakan maka akan semakin mudah terjadi oksidasi vitamin C, Vitamin C tidak stabil di dalam larutan basa, tetapi cukup stabil dalam larutan asam. pengaruh oksigen dan cahaya berpengaruh terhadap stabilitas vitamin C karena dapat mempercepat terjadinya oksidasi, lama penyimpanan juga berpengaruh terhadap kandungan vitamin C yang disebabkan oleh adanya aktivitas enzim askorbat oksidase yang

berperan dalam perombakan vitamin C enzim asam askorbat akan mengoksidasi asam L-askorbat menjadi asam L-dehidro-askorbat, logam dapat mempengaruhi stabilitas vitamin C terutama tembaga dan besi serta kerja enzim karena enzim yang mengandung tembaga atau besi dalam gugus prostetiknya merupakan katalis yang efisien untuk penguraian asam askorbat. Enzim yang paling penting dalam golongan ini adalah asam askorbat oksidase. Hal ini sesuai dengan pernyataan Indriani (2017), yang menyatakan bahwa Faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas vitamin C adalah suhu, pH, oksigen, enzim, katalis, logam, cahaya, dan lama penyimpanan vitamin C.

2.5 Analisis Regresi

Analisa regresi adalah suatu model matematis yang dapat digunakan untuk mengetahui pola hubungan antara dua atau lebih variabel. Tujuan utama analisa regresi untuk membuat prediksi nilai suatu variabel jika nilai variabel yang lain yang berhubungan dengannya sudah ditentukan. Variabel yang mempengaruhi disebut variabel bebas, sedangkan variabel yang dipengaruhi disebut variabel terikat. Secara kuantitatif hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat dimodelkan dalam suatu persamaan matematik, sehingga dapat diduga nilai suatu variabel terikat bila diketahui nilai variabel bebasnya. Persamaan tersebut disebut dengan persamaan regresi. Persamaan regresi yang terdiri dari satu variabel bebas dan satu variabel terikat disebut regresi sederhana, sedangkan persamaan yang terdiri dari satu variabel terikat dan beberapa variabel bebas disebut persamaan regresi berganda (Khuriyati, Fibriato and Nugroho, 2018).

2.6 Jaringan Syaraf Tiruan (JST) / Artificial Neural Network (ANN)

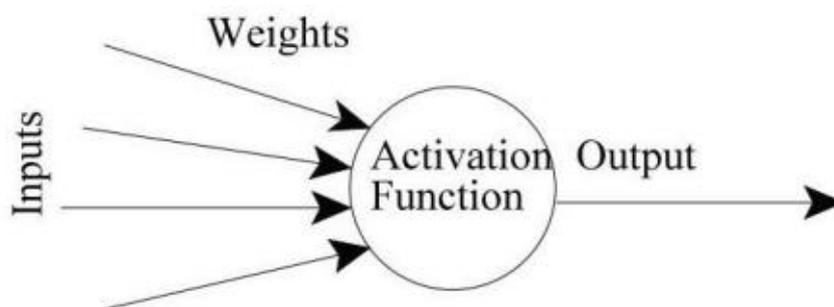
Jaringan Syaraf Tiruan (JST) adalah metode komputasi untuk pembelajaran mesin, demonstrasi pengetahuan, dan akhirnya penerapan pengetahuan yang diperoleh untuk memaksimalkan respons keluaran dari sistem yang kompleks (Chen *et al.*, 2019). Jaringan Syaraf Tiruan (JST) adalah model pemrosesan data berdasarkan cara sistem saraf biologis, seperti otak, memproses data. Mereka berfokus pada struktur saraf korteks serebral mamalian, tetapi pada skala yang jauh lebih kecil. Banyak ahli kecerdasan buatan percaya bahwa jaringan saraf tiruan adalah terbaik dan mungkin satu-satunya harapan untuk merancang mesin yang cerdas.

Karakteristik jaringan syaraf ditentukan oleh beberapa hal (Hermawan, 2006) yaitu :

- a. Pola hubungan antar *neuron* yang disebut dengan arsitektur jaringan;
- b. Metode penentuan bobot-bobot sambungan yang disebut dengan pelatihan atau proses belajar jaringan;
- c. Fungsi aktivasi.

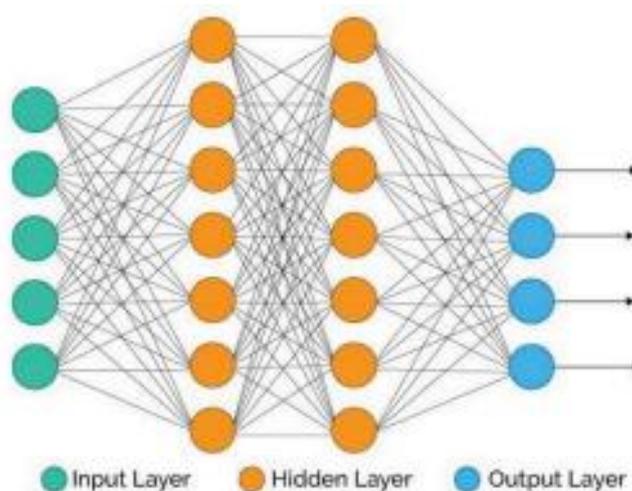
Jaringan saraf tiruan dirancang dengan cara yang sama seperti otak manusia, dengan simpul-simpul neuron yang saling berhubungan dengan cara seperti web. Neuron adalah miliaran sel yang membentuk otak manusia. Setiap neuron terdiri dari badan sel yang memproses informasi dengan membawanya ke dan dari otak (input dan output) (Gerven and Bohte, 2017). Ide utama dari jaringan tersebut (sampai batas tertentu) terinspirasi oleh cara kerja sistem saraf biologis, untuk memproses data, dan informasi untuk belajar dan

menciptakan pengetahuan. Elemen kunci dari ide ini adalah menciptakan struktur baru untuk sistem pemrosesan informasi. Arsitektur jaringan syaraf tiruan ditunjukkan pada gambar 2 (Bre, Gimenez and Fachinotti, 2018).



Gambar 2. Arsitektur Jaringan Syaraf (Bre, Gimenez and Fachinotti, 2018)

Sistem ini terdiri dari sejumlah besar elemen pemrosesan yang sangat saling berhubungan yang disebut neuron yang bekerja sama untuk memecahkan masalah dan mengirimkan informasi melalui sinapsis (koneksi elektromagnetik). Neuron-neuron tersebut saling berhubungan erat dan tersusun menjadi lapisan-lapisan. Lapisan input menerima data, sedangkan lapisan output menghasilkan hasil akhir. Di antara keduanya, satu atau lebih lapisan rahasia biasanya diapit. Pengaturan ini membuat prediksi atau mengetahui aliran data yang tepat menjadi sulit. Setiap koneksi memiliki bobot koneksi, dan setiap neuron memiliki nilai ambang batas dan fungsi aktivasi (Balakrishnan *et al.*, 2019). Jika setiap input memiliki bobot positif atau negatif maka data tersebut dihitung berdasarkan tanda bobot input. Bobot mempengaruhi intensitas sinyal pada suatu sambungan (Liu et al. 2018). Neuron yang memiliki ambang batas di mana sinyal hanya ditransmisikan jika sinyal agregat melebihinya. Nilai Aktivasi adalah jumlah bobot dari unit penjumlahan, dan output dihasilkan berdasarkan sinyal dari nilai aktivasi ini. Hubungan antara bobot tiap elemen dengan input dan output sistem JST ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Bobot Setiap Elemen Input dan Output dari Sistem JST

Dalam jaringan ini, jika satu sel rusak, sel lain dapat menggantikan ketidakhadirannya dan berkontribusi pada regenerasinya. Jaringan ini mampu belajar. Pada dasarnya, kemampuan untuk belajar adalah fitur terpenting dari sistem cerdas. Sistem pembelajaran lebih fleksibel dan lebih mudah diprogram, sehingga dapat merespons masalah dan persamaan baru dengan lebih baik. Jaringan saraf tiruan, seperti manusia, belajar dengan menggunakan contoh yang berbeda, dan jaringan saraf dibuat untuk melakukan tugas tertentu, seperti mengidentifikasi pola dan mengategorikan informasi, selama proses pembelajaran. Misalnya, dengan menyuntikkan sel saraf taktil, sel belajar untuk tidak pergi ke tubuh yang panas, dan dengan algoritma ini, sistem belajar untuk memperbaiki kesalahannya. Jaringan saraf tiruan semakin banyak digunakan dalam kontrol atau pemodelan sistem yang memiliki struktur internal yang tidak diketahui atau sangat kompleks. Misalnya, jaringan saraf dapat digunakan untuk mengontrol input mesin, dalam hal ini jaringan saraf itu sendiri akan mempelajari fungsi kontrol. Pembelajaran dalam sistem ini bersifat adaptif, yaitu dengan menggunakan perumpamaan, bobot sinapsis berubah sedemikian rupa sehingga sistem menghasilkan respons yang benar jika diberikan input baru (Wu dan Feng 2018). Jaringan saraf diberikan satu set input dan output yang sesuai ketika sedang dilatih (menggunakan salah satu metode pelatihan).