

**ANALISA KEBUTUHAN ENERGI PROSES EKSTRAKSI
PIGMEN ANTOSIANIN KULIT BUAH MANGGIS dan KULIT
BUAH NAGA MERAH MENGGUNAKAN ALAT *NON-
THERMAL PIGMENT EXTRACTOR***

SKRIPSI

Oleh :

**RISMOYO NAHRI FILANTO
NIM. 155100200111056**



**JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2020**

**ANALISA KEBUTUHAN ENERGI PROSES EKSTRAKSI
PIGMENT ANTOSIANIN KULIT BUAH MANGGIS dan KULIT
BUAH NAGA MERAH MENGGUNAKAN ALAT *NON-
THERMAL PIGMENT EXTRACTOR***

Oleh :

**RISMOYO NAHRI FILANTO
NIM. 155100200111056**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**



**JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2020**

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Analisa Kebutuhan Energi Proses Ekstraksi Pigmen Antosianin Kulit Buah Manggis Dan Kulit Buah Naga Merah Menggunakan Alat *Non-Thermal Pigment Extractor*

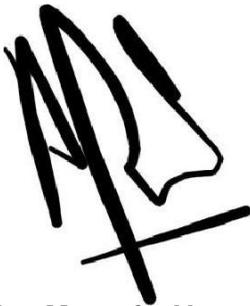
Nama Mahasiswa : Rismoyo Nahri Filanto

NIM : 155100200111056

Jurusan : Keteknikan Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Pembimbing Pertama,



Dr. Ir. Ary Mustofa Ahmad, MP

NIP. 19600306 198601 1 001

Tanggal Persetujuan:

Pembimbing Kedua,



Angky Wahyu Putranto, STP, MP

NIP. 19900409 201504 1 003

Tanggal Persetujuan:

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisa Kebutuhan Energi
Proses Ekstraksi Pigmen
Antosianin Kulit Buah Manggis
Dan Kulit Buah Naga Merah
Menggunakan Alat *Non- Thermal
Pigment Extractor*

Nama Mahasiswa : Rismoyo Nahri Filanto

NIM : 155100200111056

Jurusan : Keteknikan Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Penguji I,

Penguji II,



Dr. Ir. Ary Mustafa Ahmad, MP Angky Wahyu Putranto, STP, MP

NIP. 19600306 1 8601 1 001

NIP. 19900409 201504 1 003

Ketua Jurusan,



La Chandra Ghwa, STP, MP, Ph. D

NIP. 19780307 200012 2 001

Tanggal Lulus TA : ..21 Oktober 2020.

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Jakarta pada tanggal 23 Februari 1996. Penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara, dari pasangan suami istri Wasgiyanto dan HERNI Purwiari. Penulis menempuh jenjang Sekolah Dasar di SDN Kereo 1 Tangerang Selatan sampai kelas 4 dan melanjutkan di SDN 05 Pagi

Petukangan Selatan, Jakarta Selatan hingga selesai tahun 2008. Selanjutnya meneruskan ke SMPN 110 Jakarta dan lulus tahun 2011 serta menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 90 Jakarta tahun 2014.

Penulis melanjutkan pendidikan perguruan tinggi di Jurusan Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Banten. Selama kuliah di UNTIRTA penulis pernah menjadi finalis LKTI Nasional LOKARINA SAMPAN 9 di ITS, Juara 1 LKTI CONTRAS yang diselenggarakan oleh UKM TRAS (*Tirtayasa Research and Academic Society*) dan menjadi Peserta Terbaik Lingkar Stadi Pekan (LSP) Pendidikan Agama Islam (PAI) yang diikuti oleh 3600 peserta se-UNTIRTA. Namun, karena beberapa hal penulis memutuskan untuk mengikuti SBMPTN pada tahun 2015 dan menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Malang.

Selama menjalani pendidikan di UB, penulis aktif dalam organisasi internal kampus seperti *Agricultural Robotics* (ACRO), *Forum kajian Islam Teknologi Pertanian* (FORKITA), dan *Agritech Research and Study Club* (ARSC). Penulis aktif dikepanitiaan seperti Tabligh Akbar, SGM, Diklat MK, PIMBA, Kejurnas Pencak Silat dan lain-lain. Penulis menjadi juara 1 bidang PKM-M dan juara 2 bidang PKM-KC dalam acara *Pekan Ilmiah Mahasiswa Baru* (PIMBA) tahun 2015, menjadi finalis lomba paper *Agricultural Engineering Event* (AEE) tahun 2017. Penulis bersama TIM PKM-KC berhasil meraih medali emas presentasi dan medali perak pameran poster di PIMNAS XXX tahun 2017 serta mendapat pendanaan untuk kedua kalinya dibidang PKM-KC dan menjadi finalis di PIMNAS XXXI tahun 2018. Penulis pernah menjadi peserta pameran pada Seminar Nasional Teknologi Karya Anak Bangsa dan *Young Scientist International Seminar and Expo* pada tahun 2017. Diakhir masa kuliah, penulis aktif melatih pencak silat sebagai Ekstrakurikuler di SDN 1 Kota Lama Malang.

Alhamdulillahirobbil 'alamiin.....

*Puji syukur kehadiran Allah SWT dan seluruh makhluknya serta
sholawat salam kepada Baginda Rasulullah Muhammad SAW.*

*“Karya kecil ini Aku persembahkan kepada Ibu Herni Purwari,
Bapak Wasgiyanto, Saudaraku, Sahabatku, dan Leluhurku”*

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Judul Skripsi : Analisa Kebutuhan Energi Proses Ekstraksi Pigmen Antosianin Kulit Buah Manggis Dan Kulit Buah Naga Merah Menggunakan Alat *Non-Thermal Pigment Extractor*

Nama Mahasiswa : Rismoyo Nahri Filanto

NIM : 155100200111056

Jurusan : Keteknikan Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Menyatakan bahwa,

Skripsi dengan judul di atas merupakan karya asli penulis tersebut di atas. Apabila dikemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar saya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, 5 April 2020

Pembuat Pernyataan,



Rismoyo Nahri Filanto
NIM. 155100200111056

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT, atas kelimpahan rahmat hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul “Analisa Kebutuhan Energi Proses Ekstraksi Pigmen Antosianin Kulit Buah Manggis Dan Kulit Buah Naga Merah Menggunakan Alat *Non-Thermal Pigment Extractor*”. Laporan skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mengerjakan skripsi pada program Strata-1 di Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Karena itu pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, adik, keluarga besar, saudara dan sahabat yang selalu mendukung dan mendoakan penulis.
2. Bapak Dr. Ir. Ary Mustofa Ahmad, MP selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, ilmu dan pengetahuan kepada penulis.
3. Bapak Angky Wahyu Putranto, STP, MP selaku dosen pembimbing II sekaligus dosen penguji atas segala saran dan masukannya serta ilmu dan

pengetahuan kepada penulis.

4. Ibu La Choviya Hawa, STP, MP, Ph.D selaku ketua jurusan Keteknikan Pertanian Universitas Brawijaya
5. Seluruh dosen Fakultas Teknologi Pertanian khususnya dosen Keteknikan Pertanian, Petugas Kemahasiswaan, Petugas Akademik, dan seluruh warga Fakultas Teknologi Pertanian.
6. Seluruh anggota Tim PKM-KC NORMEX yaitu Andika, Yuni, Deva, Bagus yang telah berjuang bersama untuk PIMNAS XXX sehingga berhasil mengharumkan nama kampus tercinta Universitas Brawijaya.
7. Seluruh anggota Tim PKM-KC GODECT yaitu Adi Rahmanto dan Roya yang telah berjuang bersama untuk PIMNAS XXXI
8. Keluarga besar AE'15 yang selalu memberikan dukungan untuk menyelesaikan laporan skripsi ini.
9. Keluarga besar ARSC, ACRO, FORKITA dan UKM PSHT yang telah memberikan dukungan, semangat, nasihat, serta tempat untuk mengembangkan minat bakat saya.

10. Teman – teman dan saudara yang selalu memberikan dukungan, semangat, nasihat, motivasi dan warna – warni kehidupan yaitu Yulia, Fattah, Ali, Zenna, Mba Winda, Puput, Fafa, Liya, Zainur, Najib, Wing, Alam, Nafis, Mas Putra, Mas Taufik, Mas Rizki, Mas Deni, Mas Faruq, Mba Dea, Mas Ikmal, Mas Abduh, Mas Huda, Mas Eko, Mas Puguh, Mas Bimo, Mas Abied, Mas Ridwan, Mba Dita, Mba Musyaroh, Mba Anik, Mira, Luluk, Firli, Yusnia, Mas Naryo, Lab Elektro FT dan Leting 2018 yang tidak disebutkan satu persatu. Semoga limpahan rahmat, berkah dan ridhoNya selalu menyertai dimanapun kita berada.
11. Dan seluruh pihak yang turut terlibat dalam penyusunan laporan ini.

Penulis menyadari laporan skripsi ini tidak luput dari berbagai kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikannya sehingga laporan skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi bidang pendidikan dan penerapan di lapangan serta bisa dikembangkan lagi lebih lanjut.

Malang, 5 April 2020



Penulis

Rismoyo Nahri Filanto. 155100200111056. Analisa Kebutuhan Energi Proses Ekstraksi Pigmen Antosianin Kulit Buah Manggis Dan Kulit Buah Naga Merah Menggunakan Alat *Non-Thermal Pigment Extractor*. TA. Pembimbing: Dr. Ir. Ary Mustofa Ahmad, MP dan Angky Wahyu Putranto, STP, MP

RINGKASAN

Perusahaan makanan dan minuman di Indonesia saat ini berkembang cukup pesat. Banyak berbagai macam produk makanan dan minuman yang hanya mementingkan aspek selera konsumen tanpa memperdulikan aspek kesehatan. Penggunaan pewarna sintetis ini dipilih karena harganya jauh lebih murah serta memiliki tingkat stabilitas yang baik. Untuk menggantikan pewarna sintetis digunakan pewarna alami salah satunya dengan memanfaatkan limbah dari kulit buah naga dan kulit buah manggis. Kulit buah manggis dan naga berpotensi sebagai pewarna makanan karena mempunyai pigmen antosianin warna merah yang dapat memberikan warna pada makanan. Sehingga di perlukan teknologi untuk menggantikan ekstraksi konvensional dengan energi yang lebih rendah bernama NORMEX (*Non-thermal Pigment Extractor*) berbasis HEP (*Hyper Electric Pulse*). Teknologi HEP merupakan teknologi aplikasi denyut pendek berulang medan listrik melalui

bahan yang diletakkan diantara dua elektroda. Besar kuat medan listrik *non-thermal* HEP yang digunakan untuk ekstraksi pigmen antosianin adalah 1,3 – 6,45 kV/cm selama 30 detik. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kebutuhan energi selama proses ekstraksi pigmen antosianin kulit buah manggis dan kulit buah naga. Metode pelaksanaan penelitian ini yaitu studi literatur, pendesainan alat NORMEX, perancangan alat NORMEX, pengujian tegangan keluaran dan frekuensi, aplikasi NORMEX menggunakan kulit buah manggis dan kulit buah naga, pengujian total antosianin dan aktivitas antioksidan, serta analisis data. Pada penelitian ini tegangan input sebesar 1,2 Volt di dapatkan energi masukan spesifik sebesar 696,384 kJ/L. sedangkan pada kapasitas maksimum NORMEX dengan tegangan input sebesar 10 Volt diperlukan energi masukan spesifik sebesar 4113,1584 kJ/L. Besar energi yang optimal pada proses ekstraksi kulit buah manggis dan buah naga menggunakan alat NORMEX sebesar 3144,96 kJ/L.

Kata Kunci: Energi Masukan Spesifik, HEP, Kulit buah naga dan manggis, NORMEX

Rismoyo Nahri Filanto. 155100200111056. Analysis of Energy Requirements During Extraction Process of Anthocyanin Pigment from Red Dragon Fruit and Mangosteen peel Using Non-Thermal Pigment Extractor. Minor Thesis. Supervisor: Dr. Ir. Ary Mustofa Ahmad, MP dan Angky Wahyu Putranto, STP, MP

SUMMARY

Food and beverage companies in Indonesia are currently developing quite rapidly. Many various kinds of food and beverage products are only concerned with aspects of consumer tastes regardless of health aspects. The use of synthetic dyes was chosen because the price is much cheaper and has a good level of stability. One of the natural dyes used to replace synthetic dyes is by utilizing waste from dragon fruit peel and mangosteen peel. Mangosteen and dragon fruit peels have potential as food coloring because they have a red anthocyanin pigment that can give food color. So that the technology needed to replace conventional extraction with lower energy is called NORMEX (Non- thermal Pigment Extractor) based on HEP (Hyper Electric Pulse). HEP (Hyper Electric Pulse) technology is a technology for the application of repetitive short pulses of electric fields through materials placed between two electrodes. The magnitude of the non-thermal

electric field HEP used for anthocyanin pigment extraction is 1.3 - 6.45 kV / cm for 30 seconds. The purpose of this study is to determine the energy requirements during the anthocyanin pigment extraction process of mangosteen peel and dragon fruit peel. Methods of implementation of this research is the study of literature, designing tools NORMEX, NORMEX equipment design, testing the output voltage and frequency, application NORMEX using mangosteen rind and skin dragon fruit, testing the total anthocyanin and antioxidant activity, as well as data analysis. In this study the input voltage of 1.2 volts was obtained with a specific input energy of 696,384 kJ / L. while at the maximum capacity of NORMEX with an input voltage of 10 volts, a specific input energy of 4113.1584 kJ / L is required. The optimal energy in the extraction process of mangosteen peel and dragon fruit using the NORMEX tool is 3144.96 kJ / L.

Keywords : Specific Input Energy, HEP, Dragon fruit skin and mangosteen, NORMEX

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
RIWAYAT HIDUP	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
RINGKASAN	x
SUMMARY	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR SIMBOL	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Buah Manggis.....	6
2.2 Buah Naga.....	10
2.3 Pigmen	14
2.4 Antosianin	16

2.5 Ekstraksi Pigmen Antosianin.....	24
2.6 HEP	26
2.7 Pengujian Energi Masukan Spesifik.....	29
BAB III METODE PENELITIAN.....	30
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	30
3.2 Alat dan Bahan	30
3.3 Metode Penelitian	33
3.4 Prosedur Analisa.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
4.1 Analisis Energi Masukan Spesifik	44
4.2 Analisis Perubahan Suhu.....	47
4.3 Perbandingan proses PEF pada NORMEX dengan PenelitianTerdahulu.....	50
4.4 Faktor yang Mempengaruhi Penggunaan Energi	52
V. PENUTUP	53
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....	54
LAMPIRAN.....	64

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1	Komposisi Nutrisi per 100 gram buah manggis	7
2	Komposisi Nutrisi per 100 gram kulit buah manggis	8
3	Kandungan gizi buah naga	11
4	Kandungan Zat Gizi Daging dan Kulit Buah Naga Merah per 100 g	13
5	Jenis-jenis pewarna alami	15
6	Perbandingan Proses PEF dengan NORMEX	50

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1	Buah Manggis	6
2	Buah Naga Merah	12
3	Gugus hidroksi pada pewarna antosianin	14
4	Struktur dasar benzopiran	16
5	Struktur antosianidin	17
6	Reaksi antara DPPH dan antioksidan	23
7	Resonansi pada struktur DPPH	24
8	Sistematik Non-Thermal HEP (Hyper Electric Pulse)	28
9	Desain NORMEX	34
10	Diagram Alir Proses Ekstraksi Kulit Buah Manggis dan Buah Naga	36
11	Pengujian tegangan keluaran	39
12	Osciloskop Tektronix TDS 1012 B	41
13	Grafik hubungan kuat medan terhadap energi masukan spesifik	44
14	Grafik pengaruh kuat medan terhadap suhu	47

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
$W(t)$	Daya dalam fungsi waktu	watt
V_0	Tegangan	kV
I	Arus	A
t_1	Lebar pulsa	μs
$E(t_1)$	Energi per pulsa	joule
C_p	Panas spesifik	KJ/kg °C
ΔT	Perubahan suhu	°C

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perusahaan makanan dan minuman di Indonesia saat ini berkembang cukup pesat. Banyak berbagai macam produk makanan dan minuman yang hanya mementingkan aspek selera konsumen tanpa memperdulikan aspek kesehatan (Murtiyanti dkk, 2013). Penentuan mutu dari suatu bahan makanan bergantung pada beberapa faktor diantaranya warna dari bahan makanan agar tampilan makanan ataupun minuman terlihat lebih menarik. Namun sangat disayangkan jika pewarna makanan yang digunakan adalah pewarna makanan sintetis. Penggunaan pewarna sintetis ini dipilih karena harganya jauh lebih murah serta memiliki tingkat stabilitas yang baik (Fendri dkk. 2018). Untuk menggantikan pewarna sintetis digunakan pewarna alami salah satunya dengan memanfaatkan limbah dari kulit buah naga dan kulit buah manggis. Kulit buah manggis dan naga berpotensi sebagai pewarna makanan karena mempunyai pigmen antosianin warna merah yang dapat memberikan warna pada makanan (Ingrath dkk, 2015).

Antosianin digunakan sebagai zat aditif atau bahan tambahan pangan (BTP) yang ditambahkan ke dalam bahan makanan dan minuman. Sebagai BTP, antosianin bertindak sebagai pewarna makanan dan minuman alami seperti warna antosianin dari beberapa jenis buah-buahan dan bunga dibuat

dalam bentuk bubuk kering atau konsentrasi pekat untuk selanjutnya ditambahkan ke dalam pembuatan makanan dan minuman ringan, buah-buahan kering, ice cream, selai, susu kedelai, santan, agar-agar, mie, dan yogurt (Priska dkk, 2018). Pemanfaatan pigmen antosianin sebagai pewarna alami ini didapatkan dari kulit buah manggis dan kulit buah naga. Adapun pada bagian kulit manggis mengandung senyawa xanthone, yang merupakan bioflavonoid dengan sifat sebagai antioksidan, antibakteri, antialergi, antitumor, antihistamin, dan antiinflamasi (Shabella, 2011). Kulit buah manggis dapat dimanfaatkan sebagai pewarna makanan, dimana pewarna makanan yang baik untuk dikonsumsi berasal dari bahan alami dan bisa didapatkan dari ekstrak tumbuhan seperti pigmen klorofil, karotenoid, dan antosianin (Delgado-Vargas *et al*, 2000). Selain itu kulit buah naga merah masih jarang dimanfaatkan, padahal kulit buah naga merah banyak mengandung pigmen pewarna. Pigmen pewarna yang terdapat pada kulit buah naga adalah pigmen antosianin. Pigmen antosianin tersebut dapat digunakan sebagai bahan pewarna makanan yang alami menggantikan bahan pewarna sintetik. Akan tetapi, aplikasi zat pewarna alami yang didapatkan dari pigmen antosianin kulit buah manggis dan buah naga belum banyak diterapkan baik oleh masyarakat maupun produsen (Kristiana dkk, 2012). Hal ini dikarenakan rendemen dan kualitas warna yang dihasilkan rendah, serta teknologi yang kurang praktis dengan energi dan biaya proses yang tinggi.

NORMEX (*Non-thermal Pigment Extractor*) merupakan alat ekstraksi pigmen alami dengan mengimplementasikan teknologi *non-thermal* HEP (*Hyper Electric Pulse*) yang belum pernah diterapkan sebelumnya sebagai metode ekstraksi. Teknologi HEP merupakan teknologi aplikasi denyut pendek berulang medan listrik melalui bahan yang diletakkan diantara dua elektroda. Besar kuat medan listrik *non-thermal* HEP yang digunakan untuk ekstraksi pigmen antosianin adalah 1,3 – 6,45 kV/cm selama 30 detik. Teknologi *non-thermal* HEP dikombinasikan dengan *stirrer* untuk menghomogenkan bahan dan terdapat *treatment chamber* yang mengadopsi model elektroda *coaxial* untuk mengekstraksi pigmen yang kaya antosianin. Selain itu teknologi ini juga memiliki kelebihan dari segi efisiensi ekstraksi dikarenakan waktu ekstraksi yang singkat dan energi yang digunakan selama proses ekstraksi sangat rendah. NORMEX dapat menggantikan ekstraksi konvensional dengan panas sehingga lebih mempertahankan kualitas antioksidan bahan alami yang sensitif panas, rendemen ekstraksi yang tinggi karena terjadi kerusakan pada membran sel dan peningkatan karakteristik hasil ekstraksi.

Proses inaktivasi mikroba dengan NORMEX dipengaruhi oleh kuat medan listrik dan lama waktu kejut. Besarnya energi masukan spesifik dipengaruhi lama waktu kejut, dimana semakin lama waktu kejut maka energi

masukannya akan semakin besar pula. Sehingga perlu adanya analisis kebutuhan energi yang optimal untuk inaktivasi mikroba dan mempertahankan kandungan gizi bahan pangan secara maksimal selama proses kejutan listrik.

1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimana pengaruh kuat medan listrik terhadap besarnya kebutuhan energi pada proses ekstraksi pigmen antosianin pada kulit buah manggis dan kulit buah naga menggunakan NORMEX berbasis HEP?
- b. Bagaimana kebutuhan energi pada proses ekstraksi pigmen antosianin pada kulit buah manggis dan kulit buah naga menggunakan alat NORMEX berbasis HEP?

1.3 Tujuan Penelitian

- a. Menentukan besarnya kebutuhan energi proses ekstraksi pigmen antosianin kulit buah manggis dan kulit buah naga menggunakan NORMEX berbasis HEP
- b. Mencari kuantitas kebutuhan energi pada proses ekstraksi pigmen antosianin kulit buah manggis dan kulit buah naga menggunakan NORMEX berbasis HEP

1.4 Manfaat Penelitian

- a. Bagi akademisi, dapat menjadi media aktualisasi dan penerapan teknologi sebagai salah satu alternatif

pengolahan pangan *non-thermal* HEP (*Hyper Electric Pulse*) yang lebih efisien ditinjau dari segi besarnya energi proses untuk ekstraksi pigmen antosianin kulit buah manggis dan kulit buah naga.

- b. Bagi masyarakat, dapat menambah wawasan baru tentang pengembangan teknologi dibidang produksi pewarna alami berbasis ekstraksi *non-thermal* HEP (*Hyper Electric Pulse*) dan memberikan solusi yang efektif bagi masyarakat terkait maraknya penggunaan pewarna sintetis dengan penggunaan energi yang lebih sedikit.
- c. Bagi pemerintah dapat menjadi salah satu solusi alternatif alat ekstraksi pigmen warna sehingga dapat membantu pemerintah dalam mengatasi masalah maraknya penggunaan pewarna sintetis pada makanan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Buah Manggis

Manggis (*Gracinia mangostana* L.) merupakan tanaman tahunan yang hidup di daerah tropis, buahnya memiliki rasa manis dan sedikit masam. Tanaman buah tropis ini memiliki pertumbuhan sangat lambat, namun memiliki umur yang cukup panjang. Setiap tahunnya, Indonesia menghasilkan buah manggis rata-rata 60.000 ton. Buah manggis berbentuk bola yang berdiameter sekitar 3-8 sentimeter kulitnya berwarna ungu kemerahan sedangkan di dalamnya terdapat beberapa segmen daging buah berwarna putih. Gambar buah manggis dapat dilihat pada **Gambar 2.1**. Di Indonesia manggis dikenal dengan berbagai macam nama lokal seperti manggu (Jawa Barat), manggus (Lampung), manggusto (Sulawesi Utara), maupun manggista (Sumatera Barat) (Srihari dan Lingganingrum, 2015).



Gambar 2.1 Buah manggis

(Sumber: Srihari dan Lingganingrum, 2015)

Buah manggis memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi di setiap bagiannya. Pada bagian daging buah kaya akan vitamin C, sakarosa, dekstrosa, dan levulosa. Adapun pada bagian kulit manggis mengandung senyawa xanthone, yang merupakan bioflavonoid dengan sifat sebagai antioksidan, antibakteri, antialergi, antitumor, antihistamin, dan antiinflamasi (Shabella, 2011). Senyawa xanthone sebagai antioksidan dapat menetralkan radikal bebas yang masuk. Komposisi nutrisi pada buah manggis dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Komposisi Nutrisi per 100 gram Buah Manggis

Kandungan	Komposisi
Kadar Air (%)	80,2-84,9
Energi (kal)	60-63
Protein (g)	0,5-0,6
Lemak (g)	0,1-0,6
Karbohidrat (g)	14,3-15,6
Serat (g)	5-5,1
Kalsium (mg)	0,01-8
Fosfor (mg)	0,02-12
Besi (mg)	0,2-12
Vitamin B1 (mg)	0,03
Vitamin B2 (mg)	0,03
Vitamin B5/ niasin (mg)	0,03
Vitamin C (mg)	4,2

Sumber: (Kosim dan Warid, 2007).

2.1.1 Khasiat Kulit Buah Manggis

Pada buah manggis ada beberapa bagian yang dapat dimanfaatkan selain buahnya yang mengandung banyak kandungan kimiawi, kulit buah manggis pun terdapat banyak kandungan kimiawi yang bisa dimanfaatkan. Kulit manggis merupakan cangkang yang dibuang oleh konsumen atau dapat disebut dengan limbah hasil pertanian. Sejauh ini pemanfaatan kulit manggis hanya untuk penyamakan kulit, obat tradisional dan bahan pembuat zat antikarat serta pewarna tekstil (Qosim, 2007). Komposisi kulit buah manggis dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Komposisi Nutrisi per 100 gram Kulit Buah Manggis

Kandungan	Komposisi
Tannin (%)	7-13
Antosianin (%)	51
Vitamin B1 (mg)	20,66
Vitamin B2 (mg)	1,79
Vitamin B6 (mg)	0,948
Vitamin C (mg)	17,92

Sumber: (Iswari dan Sudaryono, 2007).

Kulit bagian dalam buah manggis banyak mengandung xanthone. Dimana senyawa ini bersifat sebagai (Putra, 2011):

- Sebagai anti inflamasi

Inflamasi atau peradangan merupakan proses perlindungan sel darah putih bersama senyawa kimia lain dalam

melindungi tubuh dari infeksi benda asing, seperti bakteri dan virus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *xanthone* dalam kulit manggis memiliki sifat antiinflamasi pada tikus percobaan. Selain itu, α -mangostin pada kulit manggis mampu mencegah aktivitas enzim *ciclooxygenase* (COX), yaitu enzim penanda adanya inflamasi pada tubuh.

- Sebagai antibakteri

Beberapa hasil penelitian tentang manfaat senyawa *xanthone* memperlihatkan bahwa *xanthone* bersifat antimikroba terhadap MRSA (*methicillin resistant staphylococcus aureus*) yaitu bakteri yang telah kebal terhadap obat antibiotik yang dapat menyebabkan infeksi parah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas *xanthone* dalam kulit manggis terhadap pertumbuhan *staphylococcus aureus* yang resisten terhadap antibiotik metisilin.

- Sebagai antijamur

Xanthone juga memiliki kemampuan untuk menghambat aktivitas kapang/jamur penyebab penyakit atau *fitopatogenik*.

- Sebagai antivirus

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa ekstrak kulit manggis menunjukkan potensi dalam menghambat HIV-1 protease yang mempengaruhi replikasi HIV.

- Sebagai antidiabetes

Hasil penelitian menyebutkan bahwa komponen mangiferin pada kulit manggis mampu menurunkan kadar gula darah pada tikus percobaan penderita diabetes. Mangiferin tersebut mampu menurunkan kejadian resistensi insulin.

- Sebagai antioksidan

Xanthone yang diekstrak dari manggis merupakan senyawa dengan efek antioksidan kuat yang melindungi LDL dari kerusakan oksidatif yang disebabkan oleh radikal bebas. Hal ini membantu mencegah pembentukan plak yang menyumbat arteri penyebab penyakit jantung. Antioksidan dapat membantu mengobat kerusakan sel akibat oksidasi radikal bebas, menghambat proses penuaan, dan mencegah penyakit degenerative (Tjahjaningtyas, 2011).

2.2 Buah Naga

Buah naga merupakan sumber serat, vitamin, dan mineral yang baik dimana banyak memiliki manfaat untuk tubuh. Selain digunakan sebagai bahan pangan, antioksidan seperti vitamin C dan flavonoid pada buah naga dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan kosmetik untuk mencegah kehilangan kelembapan pada kulit (Sitiatava, 2011). Berikut merupakan kandungan gizi buah naga yang dapat dilihat pada

Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kandungan gizi buah naga

Kandungan Gizi	Jumlah/100 gram
Air	83 gram
Protein	0,229 g
Lemak	0,61 g
Karbohidrat	11,5 g
Serat	0,9 g
Vitamin B1 (Thiamin)	0,28 mg
Vitamin B2 (Riboflavin)	0,045 mg
Vitamin B3 (Niacin)	0,43 mg
Vitamin C (Asam askorbat)	9 mg
Kalsium	6,3 g
Fosfor	36,1 mg

Sumber: (Sitiatava, 2011)

Kandungan serat yang tinggi pada buah naga sangat bermanfaat bagi tubuh karena dapat untuk menurunkan kadar kolesterol. Di dalam saluran pencernaan serat akan mengikat asam empedu (produk akhir kolesterol) dan kemudian dikeluarkan bersama feses. Semakin tinggi konsumsi serat, semakin banyak asam empedu dan lemak yang dikeluarkan oleh tubuh (Sitiatava, 2011). Gambar buah naga merah dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Buah Naga Merah
(Sumber: Syukur dan Muda, 2015)

2.2.1 Kulit Buah Naga

Kulit buah naga memiliki perbandingan 30-35% dari berat buahnya. Kulit buah naga yang biasanya hanya dianggap sebagai limbah, mengandung banyak zat yang bisa membasmi zat-zat asing yang membahayakan tubuh. Manfaat kulit buah naga sudah dibuktikan oleh beberapa ahli dan telah banyak diketahui oleh masyarakat. Kulit buah naga bisa dimanfaatkan untuk dijadikan pewarna maupun Obat. Kandungan kimia kulit buah naga diantaranya flavonoid, vitamin A, C, E, dan polifenol (Fatimah, 2018). Kandungan buah naga merah dan kulit buah naga merah dapat dilihat pada **Tabel 2.4**.

Tabel 2.4 Kandungan Zat Gizi Daging dan Kulit Buah Naga Merah per 100 g

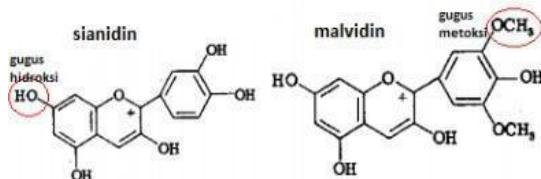
Komponen	Kadar Buah Naga	Kadar Kulit Buah Naga
Protein (g)	0,16-0,23	0,53
Lemak (g)	0,21-0,61	2,00
Serat (g)	0,7-0,9	0,71
Vitamin C (mg)	8,0-9,0	9,40
Karbohidrat (g)	11,5	11,5
Fosfor (mg)	30,2-36,1	8,70

Sumber : (Fatimah, 2018)

Menurut Putri dkk (2015), keunggulan dari kulit buah naga yaitu kaya akan polifenol. Aktivitas antioksidan pada kulit buah naga lebih besar dibandingkan aktivitas antioksidan pada daging buahnya, sehingga berpotensi untuk dikembangkan menjadi sumber antioksidan alami. Kulit buah naga juga berperan sebagai zat pewarna alami karena memiliki warna merah terang sehingga sesuai jika ditambahkan sebagai zat warna tanpa penambahan zat lain. Kulit buah naga mengandung antosianin yang berperan sebagai pewarna alami, dimana dengan pelarut air mengandung 1,1 mg/100 ml antosianin, zat ini berfungsi untuk merendahkan kadar kolesterol dalam darah.

2.3 Pigmen

Pigmen merupakan zat warna yang secara alami terdapat dalam tanaman maupun hewan. Pigmen sendiri mempunyai banyak jenis yang di golongkan berdasarkan warna dari pigmen yang didapat seperti pigmen merah disebut dengan *Anthocyanin*, warna kuning disebut dengan *Carotene*, warna hijau disebut *Chlorofil* dan lain sebagainya (Hidayah, 2013). Pewarna alami dapat dipakai sebagai tambahan makanan, tetapi beberapa pewarna sintetis, terutama karotenoid, dianggap sama dengan pewarna alam sehingga tidak perlu pemeriksaan toksikologi secara ketat seperti bahan pengisi lain (Winarti dan Firdaus, 2010). Beberapa dari pewarna alami ini dapat berubah jika mengalami perubahan pH sebagai contoh antosianin, pada dasarnya warna yang dihasilkan berupa warna merah pada pH <4 namun pada pH yang lebih tinggi pewarna alami ini berubah warna menjadi biru atau tak berwarna. Hal tersebut dikarenakan pada pigmen terdapat gugus hidroksi yang sensitif terhadap pH seperti **Gambar 2.3** (Lidya dkk, 2001).



Gambar 2.3 Gugus hidroksi pada pewarna antosianin (Hidayah, 2013)

Menurut Winarno (2002), masing – masing pigmen warna mempunyai kestabilan yang berbeda terhadap kondisi pengolahan seperti terlihat pada **Tabel 2.5**. Umumnya zat warna alam terbentuk dari kombinasi tiga unsur, yaitu karbon, hidrogen dan oksigen, tetapi ada beberapa zat warna yang mengandung unsur lain seperti nitrogen pada indigotin dan magnesium pada klorofil. Jaringan tumbuhan seperti bunga, batang, kulit, kayu, biji, buah, akar dan kayu mempunyai warna – warna karakteristik yang disebut pigmen dalam botani. Adapun jenis – jenis senyawa zat warna alam yang terkandung dalam tumbuhan adalah klorofil (hijau) pada daun; karoten (kuning oranye) pada umbi dan daun; likopene (merah) pada bunga dan buah; flavon (kuning) pada bunga, akar dan kayu; antosianin (kuning kemerahan, merah lembayung) pada buah dan bunga; betalain (kuning merah) menyerupai antosianin atau flavonoid pada beet merah; xanton (kuning) pada buah mangga.

Tabel 2.5 Jenis – jenis Pewarna Alami

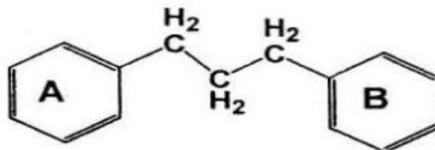
Jenis Pigmen	Warna	Sumber	Pelarut	Kestabilan
Antosianin	Jingga, merah, biru	Tanaman	Air	Peka pada perubahan pH, panas
Flavonoid	Tak berwarna, kuning	Umumnya tanaman	Air	Tahan panas
Leukoantosianin	Tak berwarna	Tanaman	Air	Tahan panas
Tannin	Tak berwarna, kuning	Tanaman	Air	Tahan panas
Betalain	Kuning, merah	Tanaman	Air	Peka terhadap panas
Kuinon	Kuning sampai hitam	Tanaman, Bakteri	Air	Tahan panas
Xanton	Kuning	Tanaman	Air	Tahan panas
Karotenoid	Tak berwarna, kuning, merah	Tanaman	Lemak	Tahan panas
Klorofil	Hijau, coklat	Tanaman	Lemak, air	Peka terhadap panas
Pigmen heme	Merah, coklat	Hewan	Air	Peka terhadap panas

Sumber: (Winarti dan Firdaus,

2010).

2.4 Antosianin

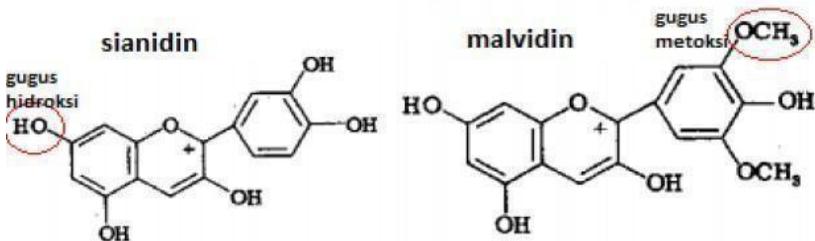
Antosianin berasal dari bahasa Yunani, *anthos* yang berarti bunga dan *kyanos* yang berarti biru gelap. Antosianin tergolong ke dalam turunan benzopiran. Struktur utama turunan benzopiran ditandai dengan adanya dua cincin aromatik benzena (C₆H₆) yang dihubungkan dengan tiga atom karbon yang membentuk cincin (Moss, 2002). Struktur dasar benzopiran disajikan pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Struktur Dasar Benzopiran
(Moss, 2002).

Antosianin disusun dari sebuah aglikon (antosianidin) yang teresterifikasi dengan satu atau lebih gugus gula (glikon). Kebanyakan antosianin ditemukan dalam enam bentuk antosianidin, yaitu pelargonidin, sianidin, peonidin, delphinidin, petunidin, dan malvidin. Gugus gula pada antosianin bervariasi, namun kebanyakan dalam bentuk glukosa, ramnosa, galaktosa, atau arabinosa. Gugus gula ini bisa dalam bentuk mono atau disakarida dan dapat diasilasi dengan asam fenolat atau asam alifatik. Apabila gugusan gula lepas, antosianin menjadi labil. Ketika pemanasan dalam asam pekat, antosianin pecah menjadi antosianidin dan gula. Terdapat sekitar 539 jenis antosianin yang diekstrak dari tanaman (Mateus dan de Freitas, 2009).

Antosianin akan berubah warna seiring dengan perubahan nilai pH. Pada pH tinggi antosianin cenderung berwarna biru atau tidak berwarna, sedangkan untuk pH rendah berwarna merah. Kebanyakan antosianin menghasilkan warna merah keunguan pada pH kurang dari 4. Jumlah gugus 6 hidroksi atau metoksi pada struktur antosianidin, akan mempengaruhi warna antosianin. Adanya gugus hidroksi yang dominan menyebabkan warna cenderung biru dan relatif tidak stabil, sedangkan jika gugus metoksi yang dominan pada struktur antosianidin, akan menyebabkan warna cenderung merah dan relatif stabil (Leong dan Shui, 2002). Struktur antosianidin disajikan pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5 Struktur Antosianidin

(Leong dan Shui, 2002).

Faktor yang juga mempengaruhi stabilitas antosianin adalah struktur antosianin dan komponen-komponen lain yang terdapat pada bahan pangan tersebut. Antosianin dapat membentuk kompleks dengan komponen polifenolik lainnya. Komponen flavonol dan flavon yang biasanya selalu

berkonjugasi dengan antosianin juga memiliki kontribusi dalam menjaga stabilitas antosianin (Gomez *et al.*, 2006).

Proses pemanasan juga merupakan faktor terbesar yang menyebabkan kerusakan antosianin. Proses pemanasan terbaik untuk mencegah kerusakan antosianin adalah pengolahan pada suhu tinggi, tetapi dalam jangka waktu yang sangat pendek (High Temperature Short Time (HTST)). Selain itu, peningkatan suhu penyimpanan dari 10°C menjadi 23°C, masing-masing selama 60 hari, akan menyebabkan peningkatan kerusakan antosianin dari 30 persen menjadi 60 persen. Sebaliknya, stabilitas antosianin dapat meningkat sebanyak 6-9 kali ketika suhu penyimpanan diturunkan dari 20°C menjadi 4°C. Antosianin yang disimpan di dalam ruang vakum akan lebih stabil dibandingkan dengan disimpan di ruang terbuka.

2.4.1 Sifat Fisik Antosianin

Antosianin adalah kelompok pigmen yang berwarna merah sampai biru yang tersebar dalam tanaman. Pada dasarnya, antosianin terdapat dalam sel epidermal dari buah, akar, dan daun pada buah tua dan masak. Pada beberapa buah-buahan dan sayuran serta bunga memperlihatkan warna-warna yang menarik yang mereka miliki termasuk komponen warna yang bersifat larut dalam air dan terdapat dalam cairan sel tumbuhan (Fennema, 1976). Zat pewarna alami antosianin tergolong ke dalam turunan benzopiran. Struktur utama turunan benzopiran

ditandai dengan adanya dua cincin aromatik benzena (C₆H₆) yang dihubungkan dengan tiga atom karbon yang membentuk cincin (Moss, 2002). Pigmen antosianin terdapat dalam cairan sel tumbuhan, senyawa ini berbentuk glikosida dan menjadi penyebab warna merah, biru, dan violet yang banyak terdapat pada buah dan sayur. Antosianin berwarna kuat dan namanya diambil dari nama bunga. Sebagian besar, antosianin mengalami perubahan selama penyimpanan dan pengolahan.

2.4.2 Sifat Kimia Antosianin

Secara kimia semua antosianin merupakan turunan suatu struktur aromatik tunggal, yaitu sianidin, dan semuanya terbentuk dari pigmen sianidin ini dengan penambahan atau pengurangan gugus hidroksil, metilasi dan glikosilasi (Harborne, 1996). Antosianin adalah senyawa yang bersifat amfoter, yaitu memiliki kemampuan untuk bereaksi baik dengan asam maupun dalam basa. Dalam media asam antosianin berwarna merah seperti halnya saat dalam vakuola sel dan berubah menjadi ungu dan biru jika media bertambah basa. Perubahan warna karena perubahan kondisi lingkungan ini tergantung dari gugus yang terikat pada struktur dasar dari posisi ikatannya (Wang *et al.*, 2007). Sifat fisika dan kimia dari antosianin dilihat dari kelarutan antosianin larut dalam pelarut polar seperti metanol, aseton, atau kloroform, terlebih sering dengan air dan diasamkan dengan asam klorida atau asam format (Socaciu, 2007). Antosianin stabil

pada pH 3,5 dan suhu 50°C mempunyai berat molekul 207,08 gram/mol dan rumus molekul C₁₅H₁₁O (Fennema, 1976). Antosianin dilihat dari penampakan berwarna merah, merah senduduk, ungu dan biru mempunyai panjang gelombang maksimum 515-545 nm, bergerak dengan eluen BAA (nbutanol-asam asetat-air) pada kertas (Harborne, 1996).

Menurut Winarti dan Adurrozaq (2010) antioksidan digolongkan menjadi 3 kelompok, berdasarkan mekanisme kerjanya, yaitu antioksidan primer, antioksidan sekunder, dan antioksidan tersier.

a. Antioksidan Primer (Antioksidan Endogenous)

Antioksidan primer disebut juga antioksidan enzimatis yaitu suatu senyawa yang bekerja dengan cara mencegah pembentukan senyawa radikal bebas baru, atau mengubah radikal bebas yang telah terbentuk menjadi molekul yang kurang reaktif. Antioksidan primer meliputi enzim superoksida dismutase (SOD), katalase, glutathion peroksidase (GSH-PX), dan glutathion reduktase (GSH-R). Enzim tersebut bekerja dengan cara melindungi jaringan dari kerusakan oksidatif yang disebabkan oleh radikal bebas oksigen seperti anion superoksida, radikal hidroksil (OH), dan hidrogen peroksida (H₂O₂).

b. Antioksidan Sekunder (Antioksidan Eksogenous)

Antioksidan sekunder disebut juga antioksidan non-enzimatis. Antioksidan non-enzimatis banyak ditemukan

dalam sayuran dan buah-buahan. Komponen yang bersifat antioksidan dalam sayuran dan buah-buahan meliputi vitamin C, vitamin E, β -karoten, flavonoid, isoflavon, flavon, antosianin, katekin, dan isokatekin. Kerja sistem antioksidan non-enzimatis yaitu dengan cara memotong reaksi oksidasi berantai dari radikal bebas. Akibatnya, radikal bebas tidak akan bereaksi dengan komponen seluler.

c. Antioksidan Tersier

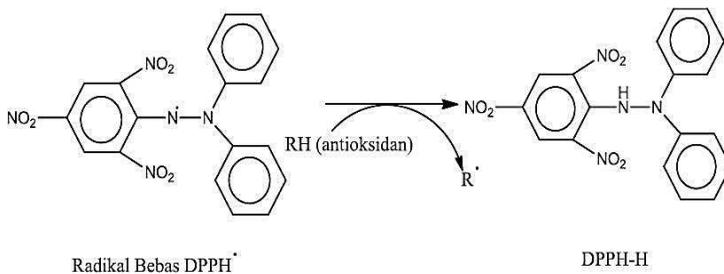
Kelompok antioksidan tersier meliputi sistem enzim DNA-repair dan metionin sulfoksida reduktase. Enzim-enzim ini berfungsi dalam perbaikan biomolekuler yang rusak akibat reaktivitas radikal bebas. Kerusakan DNA yang terinduksi senyawa radikal bebas dicirikan oleh rusaknya single dan double strand baik gugus non-basa maupun basa.

Antioksidan merupakan senyawa pemberi elektron atau reduktan. Senyawa ini memiliki berat molekul yang kecil, tetapi mampu menghambat berkembangnya reaksi oksidasi dengan cara mencegah terbentuknya radikal bebas. Antioksidan juga merupakan senyawa yang dapat menghambat reaksi oksidasi dengan mengikat radikal bebas dan molekul yang sangat reaktif. aktivitas antioksidan tidak dapat diukur secara langsung, melainkan melalui efek antioksidan dalam mengontrol proses oksidasi (Jawi dkk, 2007).

Banyak metode yang dapat digunakan untuk mengukur aktivitas antioksidan. Pada pengukuran aktivitas antioksidan perlu diperhatikan sumber radikal bebas dan substrat. Untuk mengatasi masalah ini dapat digunakan beberapa metode pengukuran aktivitas antioksidan untuk mengevaluasi aktivitas dari antioksidan. Pada penelitian ini aktivitas antioksidan diuji dengan metode DPPH. Metode uji DPPH merupakan salah satu metode yang paling banyak digunakan untuk memperkirakan efektivitas kinerja dari substansi yang berperan sebagai antioksidan (Molyneux, 2004). Metode pengujian yang sering digunakan berdasarkan pada kemampuan substansi antioksidan tersebut dalam menetralkan radikal bebas. Radikal bebas yang digunakan adalah *1,1-diphenylpicrylhydrazyl* (DPPH).

Radikal bebas DPPH merupakan radikal bebas yang stabil pada suhu kamar dan larut dalam pelarut polar yaitu metanol atau etanol. Sifat stabil tersebut dikarenakan radikal bebas ini memiliki satu molekul yang didelokalisasi dari molekul seutuhnya. Delokalisasi ini akan memberikan warna gelap dengan absorbansi maksimum dan pada panjang gelombang 517 nm. Metode uji aktivitas antioksidan menggunakan radikal bebas DPPH dipilih karena metode ini sederhana, mudah, cepat, peka, dan hanya memerlukan sedikit sampel. Metanol dipilih sebagai pelarut karena metanol dapat melarutkan kristal DPPH dan memiliki sifat yang dapat melarutkan komponen nonpolar didalamnya (Molyneux, 2004). Menurut Prakash (2001) metode

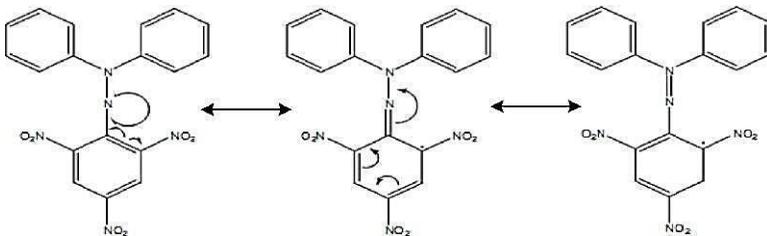
DPPH yaitu metode sederhana yang telah ditentukan untuk menentukan aktivitas antioksidan pada makanan dengan menggunakan radikal *2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl* (DPPH). Uji DPPH adalah suatu metode kolorimetri yang cepat dan efektif untuk memperkirakan aktivitas antiradikal, selain itu metode ini terbukti akurat dan praktis. Reaksi yang terjadi antara DPPH dan senyawa antioksidan dapat dilihat pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6 Reaksi Antara DPPH• dengan Antioksidan (Prakash, 2001).

Adanya elektron tidak berpasangan pada radikal bebas DPPH menyebabkan absorbansi maksimum pada panjang gelombang 517 nm sehingga berwarna ungu. Suatu senyawa dikatakan memiliki aktivitas antioksidan apabila senyawa tersebut mampu mendonorkan atom hidrogennya pada radikal bebas DPPH. Hal ini ditandai dengan terjadinya perubahan warna ungu menjadi kuning pucat. Hasil reaksi antara DPPH dari ungu pekat menjadi kuning akibat terjadinya resonansi struktur DPPH (Prakash, 2001). Perubahan warna dari ungu menjadi kuning sebagai absorptivitas molar radikal DPPH pada 517 nm,

ketika elektron tak berpasangan pada radikal DPPH berpasangan dengan atom hidrogen membentuk DPPH-H tereduksi. Perubahan tersebut dapat diukur dengan spektrofotometer dan dihubungkan terhadap konsentrasi. Penurunan intensitas warna yang terjadi disebabkan oleh berkurangnya ikatan rangkap terkonjugasi pada radikal DPPH berpasangan dengan hidrogen zat antioksidan menyebabkan tidak adanya kesempatan elektron tersebut beresonansi. Resonansi pada struktur DPPH dapat dilihat pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2.7 Resonansi pada Struktur DPPH
(Prakash, 2001).

2.5 Ekstraksi Pigmen Antosianin

Ekstraksi merupakan proses pemisahan zat aktif yang dapat larut dari bahan yang tidak dapat larut dengan pelarut cair. Hasil dari ekstraksi adalah ekstrak yang merupakan berwujud seperti pasta kental yang diperoleh dengan mengekstraksi senyawa aktif dari simplisia nabati atau simplisia hewani setelah pelarutnya diuapkan (Jawi dkk, 2007). Syarat utama penggunaan pelarut untuk ekstraksi senyawa organik yaitu *non* toksik dan tidak mudah terbakar (*nonflammable*) walaupun persyaratan ini

sangat sulit untuk dilaksanakan. Pelarut untuk ekstraksi senyawa organik terbagi menjadi golongan pelarut yang memiliki densitas lebih rendah dari pada air dan pelarut yang memiliki densitas lebih tinggi dari pada air. Kebanyakan pelarut senyawa organik termasuk dalam pelarut golongan pertama, seperti misalnya dietil eter, etil asetat, dan hidrokarbon (*light petroleum*, heksan dan toluen). Pelarut yang mengandung senyawa klorin seperti diklorometan adalah pelarut yang termasuk dalam golongan pelarut kedua. Pelarut ini memiliki toksisitas yang rendah tetapi mudah membentuk emulsi. Beberapa pelarut yang biasa digunakan untuk ekstraksi diantaranya adalah metanol, etanol, etil asetat, aseton dan asetonitril dengan air dan atau HCl. Toksisitas pelarut yang digunakan merupakan hal yang penting untuk dipertimbangkan dalam ekstraksi antioksidan, karena zat antioksidan akan digunakan pada produk pangan fungsional sehingga keamanannya harus sangat diperhatikan (Prakash, 2001).

Proses ekstraksi kulit manggis untuk mendapatkan zat antioksidan biasanya menggunakan proses maserasi yaitu cara ekstraksi sederhana untuk mengekstrak simplisia yang mengandung komponen kimia yang mudah larut dalam cairan pelarut. Prinsip maserasi adalah mengekstraksi komponen yang terkandung dan dilakukan dengan cara merendam serbuk simplisia dalam cairan pelarut yang sesuai pada temperatur kamar terlindung dari cahaya, cairan pelarut akan masuk ke

dalam sel melewati dinding sel. Isi sel akan larut karena adanya perbedaan konsentrasi antara larutan di dalam sel dengan di luar sel. Larutan yang konsentrasinya tinggi akan terdesak keluar dan diganti oleh cairan pelarut dengan konsentrasi rendah (proses difusi).

Peristiwa tersebut berulang sampai terjadi keseimbangan konsentrasi antara larutan di luar sel dan di dalam sel. Endapan yang diperoleh dipisahkan dan filtratnya dipekatkan. Keuntungan dari metode ini adalah peralatannya sederhana. Sedangkan kerugiannya adalah cairan pelarut yang digunakan lebih banyak (Richa, 2009). Untuk mendapatkan antioksidan dari tumbuh-tumbuhan dilakukan ekstraksi dengan pelarut berdasarkan tingkat kelarutan senyawa tersebut. Senyawa alkoholik seperti etanol, metanol, dan propanol merupakan pelarut untuk mengekstraksi semua golongan flavonoid. Pelarut yang lebih polar digunakan untuk mengekstraksi glikosida flavonoid.

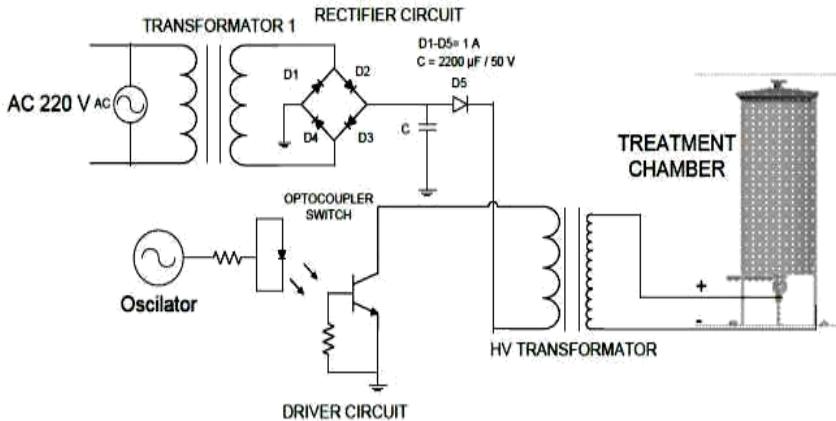
2.6 *Non-thermal Hyper Electric Pulse* (HEP)

Non-thermal Hyper Electric Pulse (HEP) merupakan proses pengolahan bahan pangan tanpa melibatkan proses thermal yang didasarkan pada aplikasi denyut pendek medan listrik pada tegangan keluaran (20-80 kV/cm) ke bahan pangan yang ditempatkan diantara dua elektroda. Denyut pendek medan listrik yang digunakan untuk proses ekstraksi sebesar 0,7-6,45 kV/cm (Toepfl, 2006). Non-thermal HEP terjadi pada suhu kamar atau di

bawahnya berkisar antara satu mikrodetik sampai satu milidetik untuk memperkecil kerusakan yang disebabkan oleh pemanasan. Pembangkit pulsa tegangan tinggi merupakan salah satu metode yang efektif untuk mendapatkan pewarna alami karena menggunakan proses non-thermal yang mengaplikasikan denyut pendek medan listrik dengan tegangan tinggi.

Non-Thermal HEP (Hyper Electric Pulse) merupakan suatu proses pengolahan bahan pangan tanpa melibatkan proses thermal. Sistem kerja NORMEX menggunakan piranti utama HEP kit yang terdiri dari input daya dan pulsa listrik dari oscillator (Putranto, 2014). Dimana input daya HEP diperoleh dari sumber tegangan 220 V yang kemudian disearahkan dengan rangkaian penyearah arus, sedangkan oscillator akan berfungsi sebagai pembangkit gelombang berfrekuensi tinggi yang akan di kendalikan dengan rangkaian driver, sehingga frekuensi dengan tegangan tinggi dapat di atur dan dapat di gabungkan menjadi lecutan listrik yang berulang dengan kecepatan listrik yang dapat membuat medan listrik di sekitarnya (Putranto, 2014). HEP tersebut akan di distribusikan menuju treatment chamber dan mengelektroforesis bahan. Nonthermal HEP (Hyper Electric Pulse) terjadi pada suhu kamar atau di bawahnya berkisar antara satu mikrodetik sampai satu milidetik untuk memperkecil kerusakan yang disebabkan oleh pemanasan (Toepfl, 2006). Sistematis rangkaian Hyper Electric Pulse dapat dilihat pada

Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Sistematis Non-Thermal HEP (Hyper Electric Pulse) (Setiawan dkk, 2014).

Pembangkit pulsa tegangan tinggi merupakan salah satu metode yang efektif untuk mendapatkan pewarna alami karena menggunakan proses nonthermal yang mengaplikasikan denyut pendek medan listrik dengan tegangan tinggi. Prinsip dasar non-thermal HEP (Hyper Electric Pulse) menggunakan IC UPC 1379C dan menggunakan double transformator Flyback untuk menaikkan tegangan sampai 49,48 kV. Non-thermal HEP (Hyper Electric Pulse) mempunyai dua buah sinyal yaitu triger dan power supply DC yang dihubungkan ke sisi tegangan rendah trafo tegangan tinggi. Sedangkan pada sisi tegangan tinggi menghasilkan output tegangan DC secara periodik, tegangan keluaran inilah yang nantinya digunakan untuk proses pretreatment bahan (Setiawan dkk, 2014).

2.7 Pengujian Energi Masukan Spesifik

Energi masukan spesifik berfungsi untuk mengetahui berapa besar energi yang dibutuhkan dalam proses ekstraksi menggunakan PEF. Pembangkit pulsa tegangan tinggi dihubungkan pada elektroda yang diletakkan pada chamber. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan waktu pengolahan. Pengukuran tegangan dan arus yang melalui chamber dilakukan dengan menggunakan HV probe, multimeter digital, dan osiloskop. Tegangan keluaran rangkaian diamati dengan osiloskop. Peningkatan tegangan dan waktu pengolahan akan meningkatkan jumlah pulsa dan kuat medan listrik. Semakin tinggi kuat medan listrik yang digunakan maka waktu pengolahan dapat dikurangi. Semakin bertambahnya waktu perlakuan yang diberikan mengakibatkan semakin meningkatnya energi masukan spesifik yang dibutuhkan. Energi masukan spesifik yang dibutuhkan sebanding dengan waktu perlakuan yang diberikan. Peningkatan total waktu pengolahan akan menyebabkan energi spesifik masukan yang lebih besar (Putri dkk, 2009).

III. METODE PELAKSANAAN

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Kegiatan penelitian dilakukan selama 5 bulan, mulai bulan Maret – Juli 2017 di beberapa laboratorium, antara lain:

- Bengkel PT. Katama Inovasi Anak Negeri Jalan Tirtomulyo No. 80 Malang, pelaksanaan proses pembuatan alat NORMEX (*Non-Thermal Pigment Extractor*).
- Laboratorium Kimia dan Biokimia Pangan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya. Pelaksanaan proses ekstraksi kulit buah manggis, dan pengujian hasil ekstraksi menggunakan NORMEX (*Non-Thermal Pigment Extractor*).
- Laboratorium Tegangan Tinggi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Pelaksanaan proses pengujian tegangan tinggi dan frekuensi pada alat NORMEX (*Non-Thermal Pigment Extractor*)

3.1 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Penelitian ini dilakukan menggunakan alat:

- a. NORMEX (*Non-Thermal Pigment Extractor*) yang digunakan dalam proses ekstraksi kulit buah manggis menggunakan teknologi *Hyper Electric Pulse* (HEP).
- b. Beaker glass yang digunakan untuk mencampur dan memanaskan cairan

- c. Labu ukur yang digunakan untuk mengencerkan zat tertentu hingga batas leher labu ukur.
- d. pH meter yang digunakan untuk mengukur derajat keasaman atau kebasaan suatu cairan.
- e. Timbangan analitik (Denver Instrumen M-310) yang digunakan untuk mengukur massa suatu benda.
- f. Spatula yang digunakan untuk mengambil sampel dalam bentuk padatan.
- g. Gelas ukur yang digunakan untuk mengukur volume cairan.
- h. Pipet ukur yang digunakan untuk memindahkan cairan atau larutan ke dalam wadah dengan berbagai ukuran.
- i. Pipet tetes yang digunakan untuk digunakan untuk memindahkan cairan atau larutan ke dalam wadah dengan jumlah yang sangat sedikit.
- j. Erlenmeyer 250 mL yang digunakan untuk mengukur dan mencampur bahan.
- k. Spektrofotometri UV-Vis yang digunakan untuk mengukur transmittan atau absorban sampel.
- l. Kertas label yang digunakan untuk memberi nama pada sampel.
- m. Corong plastik yang digunakan untuk memindahkan atau memasukkan larutan ke wadah yang memiliki dimensi lebih kecil.

- n. Tabung reaksi yang digunakan untuk tempat mereaksikan bahan.
- o. Avometer yang digunakan untuk mengetahui tegangan, arus, dan juga hambatan pada rangkaian elektronik.
- p. Terminal listrik yang digunakan untuk sumber daya saat pembuatan dan pengujian alat.
- q. Oscilloscope TDS2024C yang digunakan untuk pengujian frekuensi dan tegangan dengan disambungkan pada output mesin.
- r. Selabola Schweiger yang digunakan untuk pengujian tegangan keluaran yang dihasilkan oleh mesin dengan udara 1 atm sebagai media isolatornya.
- s. Terco Power Desk yang digunakan sebagai generator listrik bertegangan tinggi untuk mengukur tegangan yang dibutuhkan untuk dapat menembuskan pada selabola schweiger.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : Kulit buah manggis, potassium klorida, asam klorida 0,2 N, Na-asetat, aquades, dan DPPH (diphenylphikrihidraszyl) 0,2 mM (Sigma aldrich

3.3 Metode Penelitian

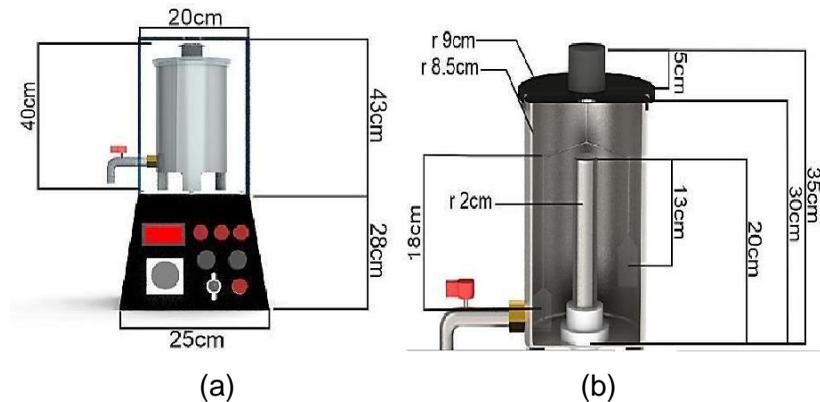
3.3.1 Studi Literatur

Pengumpulan data pada penelitian tugas akhir ini diawali dengan studi literatur. Dimana hal ini dilakukan untuk mengetahui aplikasi teknologi *Hyper Electric Pulse* (HEP). Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan studi literatur dan informasi digital dengan sasaran antara lain yaitu informasi dari internet, pustaka referensi, dan pustaka penunjang. Pustaka yang digunakan yaitu berupa buku-buku teks yang berupa tulisan ilmiah, *handbook*, *e-book*, buku referensi mata kuliah dan juga tulisan-tulisan bebas baik berupa *hardcopy* maupun *softcopy* yang berhubungan dengan program yang dikembangkan dan teruji kevalidannya. Selain itu, kajian pustaka juga ditunjang dengan konsultasi pada dosen pembimbing yang ahli di bidang teknologi *Hyper Electric Pulse* (HEP) dan pengujian hasil ekstraksi.

3.3.2 Perancangan Alat Normex

NORMEX (*Non-Thermal Pigment Extractor*) seperti pada **Gambar 3.1** merupakan alat yang akan diaplikasikan untuk ekstraksi kulit buah manggis dan kulit buah naga menggunakan teknologi HEP. NORMEX terdiri dari empat komponen utama yaitu *coaxial treatment chamber*, *stirrer*, sistem NORMEX, dan sistem *control*. Perakitan NORMEX terdiri dari *treatment chamber* yang terbuat dari *stainless steel 316* dengan

mengadopsi model koaksial. Dimana terdapat dua silinder yang berfungsi sebagai elektroda dan dipisahkan oleh isolator. Elektroda positif berada di tengah dengan diameter 4 cm dan elektroda negatif dengan diameter 20 cm, serta tinggi *treatment chamber* adalah 30 cm seperti pada **Gambar 3.2**. Generator pulsa listrik dihasilkan dari rangkaian *high voltage transformer* dan rangkaian driver yang diletakkan di bawah *treatment chamber*.

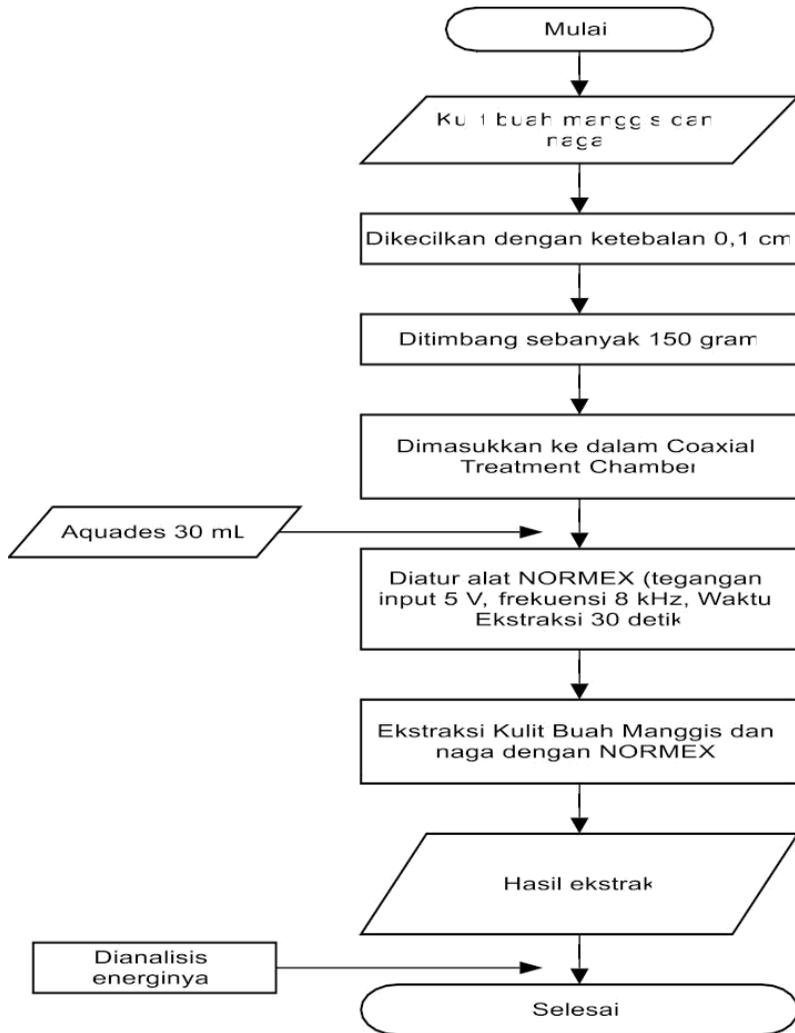


Gambar 3.1. Desain NORMEX. (a) Desain Tampak Keseluruhan; (b) Desain Bagian Dalam *Treatment Chamber*

Mekanisme kerja mesin ekstraksi pigmen berbasis HEP ini mempunyai prinsip kerja menggunakan tegangan tinggi yang mempunyai frekuensi (tegangan HEP) yang digunakan untuk mengelectrophoresis sel pada bahan pada *treatment chamber*. Tegangan tinggi yang mempunyai frekuensi ini diproses oleh beberapa alat dan rangkaian (Wardani, 2018).

3.3.4 Ekstraksi Kulit Buah Manggis dan Buah Naga dengan Normex

Pada penelitian ini, bahan yang digunakan untuk ekstraksi yaitu kulit buah manggis dan kulit buah naga. Sampel kulit buah manggis diperoleh dari buah manggis dan buah naga yang sudah dipisahkan dari daging buah dan kelopak buah yang berwarna hijau (Nuriah, 2018). Pada penelitian ini pigmen antosianin pada kulit buah manggis akan diekstraksi menggunakan alat NORMEX dengan teknologi *Hyper Electric Pulse* (HEP) selama 30 detik untuk mengetahui besar dari energi masukan spesifik selama proses ekstraksi. Proses ekstraksi kulit buah manggis dapat dilihat pada **Gambar 3.2** (Puspitasari, 2018).



Gambar 3.2 Diagram Alir Proses Ekstraksi Kulit Buah Manggis dan Kulit Buah Naga

3.4 Prosedur Analisa

Pada pelaksanaan penelitian ini, ada beberapa metode pengujian yang dilakukan untuk mengetahui efisiensi pigmen antosianin hasil ekstraksi khususnya pada kulit buah manggis, sehingga dapat diketahui efektifitas kerja alat yang dapat dilihat dari total antosianin dan aktivitas antioksidan hasil ekstraksi kulit buah manggis.

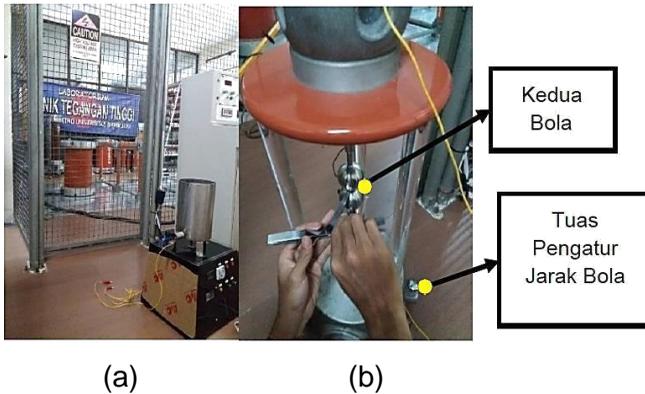
3.4.1 Uji Tegangan Keluaran Menggunakan Sela Bola *Schwaiger* (Modifikasi Putranto, 2014)

Pengujian tegangan *output* dilakukan untuk mengetahui besar tegangan *output* yang dihasilkan, karena pada NORMEX hanya tegangan *input* yang terbaca oleh *display* sehingga diperlukan pengujian tegangan *output* menggunakan metode sela bola *schwaiger* dengan jarak 2 elektroda berbasis isolator udara lepas dan mesin pengukur tegangan tinggi. Proses pengujian tegangan keluaran dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.

Adapun prosedur pengujian yang dilakukan sebagai berikut:

- Siapkan alat uji yaitu sela bola Schwaiger.
- Hubungkan kutub positif dan negatif sela bola Schwaiger ke katoda dan anoda alat NORMEX saat alat dalam keadaan mati.
- Atur jarak sela bola Schwaiger dengan mengatur tuas jarak bola.
- Atur tegangan input dan frekuensi alat NORMEX.
- Hidupkan alat NORMEX.

- Selama alat NORMEX dihidupkan, putar tuas pengatur jarak bola untuk mendekatkan kedua bola sampai terjadi loncatan listrik antara kedua bola.
- Apabila loncatan listrik minimum sudah terjadi diantara kedua bola, maka alat NORMEX dimatikan. Jika aliran listrik yang mengalir terlalu besar, maka dilakukan perbesaran jarak sela bola sampai terjadi aliran listrik minimal, kemudian alat dimatikan.
- Sela bola Schwaiger yang sudah diatur jarak bolanya (uji tegangan tembus dengan alat NORMEX) kemudian dilanjutkan ke alat Modulus High Voltage (MHV) untuk dikalibrasi serta untuk menentukan tegangan output.
- Pasang kutub positif dan negatif sela bola Schwaiger ke MHV.
- Setelah sela bola Schwaiger terhubung ke MHV, kemudian MHV dinyalakan untuk dapat mengalirkan tegangan listrik ke sela bola Schwaiger.
- Tegangan listrik terus diberikan dari MHV ke sela bola Schwaiger sampai terjadi tegangan tembus (terjadi loncatan elektron) diantara kedua bola.
- Ketika listrik sudah tembus pada sela bola, maka hasilnya dapat langsung dilihat pada display tegangan tinggi yang ada pada MHV.



Gambar 3.3 Pengujian tegangan keluaran (a) Alat NORMEX yang akan diuji (b) Sela bola Schwaiger

3.4.2 Uji Frekuensi Menggunakan Oscilloskop Tektronix TDS1012 B (Modifikasi Putranto, 2014)

Uji frekuensi mesin ekstraksi ini hanya menggunakan satu metode yaitu oscilloscope. Metode oscilloscope ini sama dengan metode oscilloscope pada pengujian tegangan tinggi. Pada uji oscilloscope ini yang dicari adalah frekuensi dari tegangan output pada mesin ekstraksi. Uji ini dilakukan dengan memasang probe tegangan tinggi pada oscilloscope. Probe ini berfungsi sebagai pembaca karakteristik gelombang yang mengalir dari mesin ekstraksi. Penggunaan probe tegangan tinggi ini karena input pada probe adalah tegangan tinggi (KV), penggunaan. Arus yang dihasilkan oleh NORMEX adalah arus DC dengan bentuk gelombang kotak-kotak untuk mengetahui efisiensi proses elektroforesis sel bahan yang kaya akan pigmen antosianin.

Sehingga pigmen antosianin akan lebih mudah dan cepat larut ke dalam pelarut akibat perlakuan HEP (*Hyper Electric Pulse*). Proses pengujian frekuensi dapat dilihat pada **Gambar**

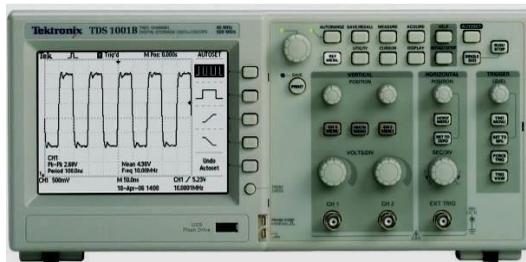
3.4.

Prosedur pengujian dapat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

- Hubungkan osiloskop ke sumber tegangan AC.
- Hubungkan probe pada kutub positif dan negatif pada osiloskop.
- Hubungkan probe tersebut pada soket kutub positif dan negatif yang ada di *box* pembangkit tegangan tinggi alat NORMEX.
- Nyalakan tombol power alat NORMEX.
- Nyalakan tombol power osiloskop.
- Pilih tombol autoset sebagai pilihan cepat osiloskop untuk mendeteksi bentuk gelombang baik dari tegangan AC maupun DC.
- *Display* osiloskop akan memunculkan bentuk gelombang dari NORMEX yang diuji.
- Pilih tombol *cursor* pada pilihan tombol disamping *display* agar *display* memunculkan waktu dari bentuk gelombang yang meliputi periode gelombang, frekuensi, dan tegangan.
- Atur tombol pengatur nilai tegangan dan nilai waktu, yang menunjukkan besarnya nilai tegangan untuk setiap kotak.

Besarnya nilai tegangan ditampilkan pada sumbu Y, dan besar nilai waktu pada sumbu X.

- Atur tombol pembatas untuk membatasi pada 1 periode gelombang.
- Lakukan pembacaan nilai periode gelombang, frekuensi, dan tegangan yang dihasilkan oleh gelombang.
- Nilai tegangan yang berada pada osiloskop merupakan tegangan yang sudah dikalikan melalui probe (diperkecil 1000 kali) dan melalui osiloskop itu sendiri (diperkecil 10 kali). Sehingga untuk mengetahui nilai tegangan sebenarnya, dengan mengalikan tegangan yang ditampilkan pada display dengan 10000.



Gambar 3.4 Osciloskop Tektronix TDS 1012 B

3.4.3 Analisis Energi per Pulsa

Pada penelitian ini dilakukan analisis energi per pulsa yang berfungsi untuk mengetahui energi yang diberikan ke rangkaian tiap besarnya pulsa pada proses ekstraksi kulit buah manggis pada alat NORMEX. Pengujian ini dilakukan menggunakan alat

NORMEX dengan 150 gr kulit buah serta 350 mL pelarut aquades. Pada uji ini NORMEX di *set* dengan tegangan *input* 5 Volt yang nantinya akan di ubah menjadi tegangan tinggi 28 kV. Nilai lebar pulsa sebesar 78µs tersebut sudah sesuai untuk menghasilkan proses elektroforesis sel bahan yang kaya akan pigmen antosianin. Sehingga pigmen antosianin akan lebih mudah dan cepat larut ke dalam pelarut akibat perlakuan HEP (*Hyper Electric Pulse*). Sedangkan arus yang mengalir pada chamber sebesar 3 Ampere. Rumus untuk menghitung energi per pulsa adalah:

$$W(t) = Vo(t) \times I(t) \dots\dots\dots(1)$$

$$E(t1) = \int_n^{t1} W(t) dt \dots\dots\dots(2)$$

3.4.4 Analisis Energi Masukan Spesifik

Pada penelitian ini dilakukan analisis energi masukan spesifik yang berfungsi untuk mengetahui besarnya energi yang dibutuhkan pada proses ekstraksi kulit buah manggis dan buah naga pada alat NORMEX. Rumus untuk menghitung energi masukan spesifik adalah:

$$jumlah\ pulsa = waktu\ kejut \times frekuensi \dots\dots\dots(3)$$

$$energi\ masukan\ spesifik = \frac{energi\ per\ pulsa \times jumlah\ pulsa}{Volume\ bahan} \dots\dots(4)$$

3.4.5 Analisis Perubahan Suhu

Pada penelitian ini dilakukan analisis perubahan suhu yang berfungsi untuk mengetahui besarnya perubahan suhu yang dibutuhkan selama proses ekstraksi kulit buah manggis dan kulit buah naga pada alat NORMEX. Rumus untuk menghitung perubahan suhu adalah:

$$\Delta T = \frac{\text{Energi Masukan Spesifik}}{\text{Massa Jenis} \times C_p} \dots\dots\dots(5)$$

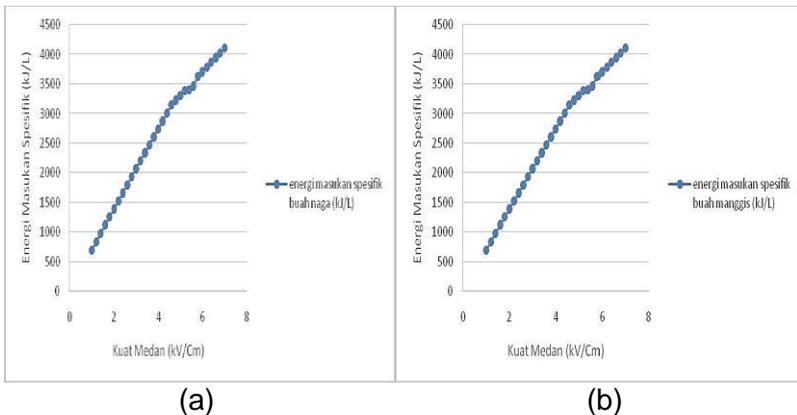
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Energi Masukan Spesifik

4.1.1 Energi Masukan Spesifik Kulit Buah Naga dan Kulit Buah Manggis

Setelah dilakukan pengujian pada beberapa komponen alat NORMEX, didapatkan spesifikasi untuk mengoperasikan NORMEX sebagai alat ekstraksi dengan menggunakan daya minimum dan daya maksimum pada alat NORMEX. Spesifikasi NORMEX dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Dari data hasil pengujian didapatkan hasil seperti yang terlihat pada **Gambar 4.1**.

4.1.



Gambar 4.1 Grafik hubungan kuat medan terhadap energi masukan spesifik (a) Kulit Buah Naga (b) Kulit buah Manggis

Berdasarkan **Gambar 4.1** menunjukkan bahwa besar kuat medan listrik berpengaruh terhadap tegangan input yang

dihasilkan. Hal ini mempengaruhi energi masukan spesifik yang di dapatkan. Pada buah manggis dan buah naga energi masukan spesifik yang di dapatkan sama. Hal ini dikarenakan jumlah bahan yang diekstraksi dengan jumlah yang sama. Dimana pada tegangan input sebesar 1,2 Volt di dapatkan energi masukan spesifik sebesar 696,384 kj/L. sedangkan pada tegangan input sebesar 10 Volt diperlukan energi masukan spesifik sebesar 4113,1584 kj/L.

4.1.2 Analisis Energi yang dibutuhkan pada Proses Antosianin Kulit Buah Naga dan Kulit Buah Manggis

Dari data yang didapatkan pada alat NORMEX kemudian dihitung besar dari jumlah pulsa dengan rumus seperti pada **Persamaan (3)** dengan waktu kejut selama 30 detik dan frekuensi sebesar 8 kHz. Sehingga jumlah pulsa yang didapatkan sebesar 240000 pulsa. Dalam penelitian ini volume kulit buah manggis sebesar 500 gram atau setara 0,5 L. Besar dari energi masukan spesifik dapat dihitung dengan **Persamaan (4)**. Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan hasil energi masukan spesifik pada ekstraksi kulit buah manggis dan kulit buah naga dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

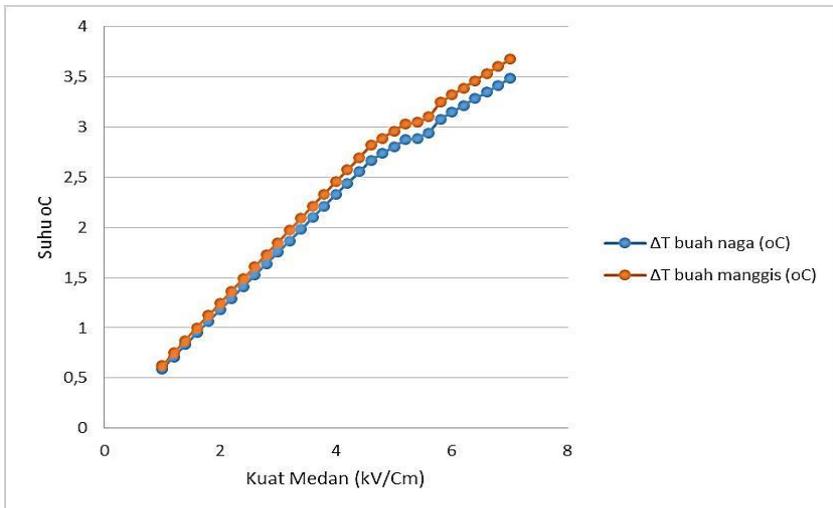
Berdasarkan **Gambar 4.1** didapatkan hasil energi masukan spesifik berbanding lurus dengan besar kuat medan. Dimana semakin besar kuat medan yang diberikan semakin besar pula energi masukan spesifik yang dibutuhkan. Kuat medan listrik

yang dihasilkan oleh rangkaian pembangkit pulsa tegangan tinggi yang diberikan pada ukuran chamber. Semakin besar tegangan tinggi yang diberikan maka kuat medan listrik yang dihasilkan juga akan semakin besar (Putri *et al*, 2009). Berdasarkan hasil pengujian total antosianin yang terkandung dalam ekstrak kulit buah naga merah dengan menggunakan NORMEX dengan tegangan *input* 5 volt didapatkan hasil ekstrak pigmen antosianin sebesar 140,02 mg/100 g dengan aktivitas antioksidan sebesar 60% (Puspitasari, 2018). Sedangkan pada kulit buah manggis didapatkan hasil antosianin sebesar 105,3 mg/100g dengan aktivitas antioksidan sebesar 75,29% (Nuriah, 2018). Dimana semakin besar medan listrik yang diberikan maka pori yang terbentuk akan lebih besar, pemberian medan listrik yang terus menerus akan mengakibatkan pori yang terbentuk semakin besar sehingga formasi membran sel menjadi rusak dan tidak dapat kembali pada bentuk semula. Kerusakan pada membran sel dapat membuat proses ekstraksi senyawa yang diinginkan menjadi lebih cepat karena kemampuan permeabilitas terhadap selektivitas bahan lebih rendah. Selain itu, proses elektroporasi pada sel tanaman dapat digunakan untuk meningkatkan ekstraksi metabolit intraseluler yang diminati secara ekonomis berdasarkan pengaturan permeabilitas bukan hanya pada membran sel, tetapi juga pada vakuola dimana metabolit umumnya berada (Dewi dkk, 2019).

4.2 Analisis Perubahan Suhu

4.2.1 Analisis Hasil Perubahan Suhu

Besar ΔT ekstraksi antosianin kulit buah naga dan kulit buah manggis dapat dihitung dengan **Persamaan (5)**. Sehingga didapatkan hasil ΔT pada ekstraksi kulit buah manggis dan kulit buah naga dapat dilihat pada **Lampiran 3**. Berdasarkan data penelitian didapatkan bahwa pengaruh kuat medan terhadap suhu pada proses ekstraksi kulit buah naga dan kulit buah manggis dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.



Gambar 4.2 Grafik pengaruh kuat medan terhadap suhu

Berdasarkan **Gambar 4.2** didapatkan hasil bahwa kuat medan listrik sangat berpengaruh terhadap perubahan suhu. Dimana semakin besar kuat medannya maka semakin besar pula perubahan suhu yang terjadi. Rata-rata perubahan suhu yang terjadi berkisar antara 0,5-3,6^oC. Hal ini menunjukkan

bahwa perubahan suhu ini masih dalam kisaran normal. Menurut Muslim *et al* (2013), pada sistem PEF kenaikan temperatur proses secara umum maksimum 5°C. Sehingga metode ini sangat baik diaplikasikan untuk bahan makanan yang sensitif terhadap temperatur tinggi. Selain itu dengan menggunakan teknologi PEF dapat meningkatkan suhu antara 3-18°C. Selain itu PEF berpotensi mengubah metode pasteurisasi panas dengan hanya meningkatkan sedikit suhu dan meminimalisir perubahan organoleptic makanan seperti jumlah antosianin dan aktivitas antioksidan.

4.2.2 Analisis Suhu Setiap Proses pada Buah naga dan Buah Manggis

Berdasarkan **Lampiran 3** didapatkan hasil bahwa kenaikan suhu pada kulit buah naga dan kulit buah manggis mengalami kenaikan sebanding dengan kuat medan yang diberikan pada saat proses ekstraksi dengan menggunakan alat NORMEX. Kenaikan suhu pada kulit buah naga memiliki kenaikan yang lebih kecil dibandingkan pada kulit buah manggis yaitu berkisar antara 0,5-3,4°C sedangkan pada kulit buah manggis berkisar antara 0,6-3,6°C dengan kuat medan yang diberikan pada masing-masing kulit buah sama. Hal ini di pengaruhi dari kadar air bahan dimana kadar air kulit buah naga lebih tinggi dibandingkan dengan kulit buah manggis yaitu sebesar 91% dan 85%.

Selain itu pada proses pasteurisasi PEF semakin tinggi tegangan yang diberikan kadar air tidak akan mengalami perubahan yang nyata. Dikarenakan pemberian pulsa tegangan tinggi tidak membawa efek terhadap sifat fisik terutama kadar air. Hal ini terjadi karena padatan terlarut yang terkandung dalam sari kulit buah juga tidak mengalami perubahan yang berarti sehingga air yang terkandung tetap relatif (Hawa, 2011). Sehingga besar kecilnya kadar air bahan berpengaruh terhadap besar kecil kenaikan suhu yang terjadi. Dimana semakin besar kadar air bahan maka semakin kecil kenaikan suhu yang terjadi. Dengan adanya kenaikan suhu yang terjadi disebabkan karena adanya panas yang dihasilkan dari energi listrik, karena arus listrik akan menghasilkan panas walaupun tidak besar (Hawa dkk, 2010). Selain itu dipengaruhi karena perbedaan temperatur bahan dengan lingkungan sehingga panas dari lingkungan diserap oleh sari kulit buah naga dan kulit buah manggis pada saat bahan dipasteurisasi. Proses PEF dikategorikan dengan proses non thermal karena makanan diproses pada suhu kamar atau di bawahnya selama beberapa detik dan mampu memperkecil kehilangan nutrisi yang disebabkan oleh pemanasan (Andriawan dan Susilo, 2015).

4.3 Perbandingan proses PEF pada NORMEX dengan Penelitian Terdahulu

Perbandingan proses penggunaan PEF pada alat NORMEX dengan penelitian terdahulu yang menggunakan berbagai macam bahan yang berbeda dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1. Perbandingan Proses PEF dengan NORMEX

No	Bahan yang Diekstrak	Metode Ekstraksi	Hasil Ekstraksi	Sumber
1	Kulit Buah Manggis dan Kulit Buah Naga	Pulsed Electric Field	Pigmen Antosianin, Zat Pewarna Alami	(Puspitasari, 2018) dan (Nuriah, 2018)
2	Tebu Hijau	Pulsed Electric Field Sistem Kontinyu	Sari Tebu Hijau	(Indriani dkk, 2017)
3	Bunga Melati	Pulsed Electric Field	Minyak Atsiri Bunga Melati	(Nisak dkk, 2014)
4	Biji Pinang	Pulsed Electric Field	Sumber Antioksidan Alami	(Fu'aida dkk, 2016)
5	Apel Anna	Pulsed Electric Field	Sari Apel	(Hawa dan Putri, 2011)

6	Bunga Mawar	Pulsed Electric Field	Minyak Atsiri Bunga Mawar	(Sukardi dkk, 2014)
7	Daun kenikir	Pulsed Electric Field	Senyawa Fenolik Daun Kenikir	(Izza dkk, 2016)
8	Daun Torbangun	Pulsed Electric Field	Senyawa Fenolik dan Flavonoid Daun Torbangun	(Dewi dkk, 2019)
9	Wortel	Pulsed Electric Field	Senyawa Karotenoid	(Putranto, 2014)
10	Biji Pinang	Pulsed Electric Field	Senyawa Tanin	(Rahmah dkk, 2019)
11	Edamame	Pulsed Electric Field	Mempertahankan kualitaswarna <i>puree</i> edamame	(Ariyantini, 2017)

4.4 Faktor yang Mempengaruhi Penggunaan Energi

Energi spesifik masukan yang dihasilkan tergantung pada tegangan tinggi yang diberikan, lama pengolahan dan ukuran chamber. Semakin besar tegangan tinggi yang diberikan maka kuat medan listrik yang dihasilkan juga akan semakin besar. Kuat medan listrik yang diberikan pada pengolahan dengan PEF akan menentukan inaktivasi mikroba. Peningkatan tegangan dan waktu pengolahan akan meningkatkan jumlah pulsa dan kuat medan listrik. Semakin tinggi kuat medan listrik yang digunakan maka waktu pengolahan dapat dikurangi. Semakin bertambahnya waktu perlakuan yang di berikan mengakibatkan semakin meningkatnya energi masukan spesifik yang dibutuhkan. Energi masukan spesifik yang dibutuhkan sebanding dengan waktu perlakuan yang di berikan. Peningkatan total waktu pengolahan akan menyebabkan energi spesifik masukan yang lebih besar (Putri *et al*, 2009).

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Besar Energi masukan spesifik bergantung pada besar energi input pada NORMEX. Dimana pada tegangan input sebesar 1,2 Volt dibutuhkan energi masukan spesifik sebesar 696,384 kJ/L sedangkan pada tegangan input sebesar 10 Volt dibutuhkan energi masukan spesifik sebesar 4113,1584 kJ/L.
2. Besar energi yang optimal pada proses ekstraksi kulit buah manggis dan buah naga menggunakan alat NORMEX sebesar 3144,96 kJ/L.

5.2 Saran

Perlu dilakukan percobaan ekstraksi pigmen antosianin dan juga pigmen lainnya yang ada pada tanaman lain menggunakan alat NORMEX sehingga dapat diaplikasikan lebih luas. Selain itu, perlu adanya penelitian lanjutan mengenai proses ekstraksi pigmen menggunakan perlakuan tegangan, frekuensi, dan waktu ekstraksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriawan, V., dan B. Susilo. 2015. **Alat Pasteurisasi Susu Kejut Listrik Tegangan Tinggi (Pulse Electric Field) Menggunakan TransformatorTegangan Tinggi dan Inverter**. Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem 3 (2) :199-210
- Ariyantini, M.D., M. Fauzi, dan J. Jayus. 2017. **Inaktivasi Enzim Protease Pada Puree Edamame (Glycine max) Menggunakan Teknik Pulsed Electric Field (PEF)**. Jurnal Agroteknologi Vol.11 No. 2. Universitas Negeri Jember
- Bobinaitė, R., G. Pataro, N. Lamanuskas, S. Satkauskas, P. Viskelis, and G. Ferrari. 2015. **Application of Pulsed Electric Field in theProduction of Juice and Extraction of Bioactive Compoundsfrom Blueberry Fruits and Their By- Products**. Journal Food Science and Technology. 52(9): 5898- 5905
- Davies K, dan Winefield C (eds). **Anthocyanins. Biosynthesis, Functions, andApplications**. Springer. New York
- Delgado-Vargas, F., A. R. Jiménez, and O. Paredes-López. 2000. **Natural Pigments: Carotenoids, Anthocyanin, and Betalains- Characteristics, Biosynthesis, Processing, and Stability**. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 40(3):173–289

- Dewi, S.R., N. Sumarni, N. Izza, A.W. Putranto, dan B. Susilo. 2019. **Studi Variasi Kuat Medan Listrik PEF dan Metode Pengeringan Bahan terhadap Senyawa Antioksidan Ekstrak Daun Torbangun (*Coleus amboinicus* L.)**. JTEP Jurnal Keteknikan Pertanian Vol. 7, No. 1 (2019)
- Fatimah, S. 2018. **Aktivitas Ekstrak Etanol Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Terhadap Kadar HDL Dan LDL Pada Tikus Putih Jantan Galur Wistar**. Skripsi. Universitas Setia Budi. Surakarta
- Fendri, S.T.J., B.A. Martinus, dan M.D. Haryanti. 2018. **Pengaruh pH dan Suhu terhadap Stabilitas Antosianin dari Ekstrak Kulit Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea Batatas* (L.) *Lam.*)**. Chempublish Jurnal. Vol. 2, No. 2 (2018)
- Fennema, O.R. 1976. **Principle of Food Science**. Marcell Dekker Inc. New York
- Fu'aida, N., A.F. Mulyadi, dan S. Wijana. 2016. **Aplikasi Pulsed Electric Field (PEF) Sebagai Pretreatment Pada Ekstraksi Biji Pinang (*Areca catechu* L) Sebagai Sumber Antioksidan Alami (Kajian Besar Tegangan Dan Lama Waktu PEF)**. Jurnal. Universitas Brawijaya Malang
- Gómez-Plaza, E., A. Miñano, and J.M. López-Roca. 2006. **Comparison of Chromatic Properties, Stability and Antioxidant Capacity of Anthocyanin-Based Aqueous Extracts from Grape Pomace Obtained from Different Vinification Methods**. *Food Chemistry*. 97: 87-94

- Harborne, J.B. 1996. **Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan**. ITB Press. Bandung
- Hawa, L.C. 2011. **Pengawetan Sari Tomat Menggunakan Pulsed Electric Field (PEF) (Kajian Karakteristik Mutu Dan Kinetika Kematian Staphylococcus aureus)**. Prosiding Seminar Nasional Program Magister dan Doktor Fakultas Teknik UB (SN-PMD FTUB) ke-1 Malang 8 Desember 2011
- Hawa, L.C., B.D. Argo, dan A.T. Nugraha. 2010. **Aplikasi Pulsed Electric Field (PEF) untuk Pengawetan Nira Siwalan (Legen)**. Prosiding Seminar Nasional PERTETA 2010 (Revitalisasi Mekanisasi Pertanian dalam Mendukung Ketahanan Pangan dan Energi) Purwokerto 10 Juli 2010
- Hawa, L.C., dan R.I. Putri. 2011. **Penerapan Pulsed Electric Field Pada Pasteurisasi Sari Buah Apel Varietas Ana: Kajian Karakteristik Nilai Gizi, Sifat Fisik, Sifat Kimiawi Dan Mikrobial Total**. Jurnal AGRITECH Vol. 31, No. 4, November 2011
- Hidayah, T. 2013. **Uji Stabilitas Pigmen dan Antioksidan Hasil Ekstraksi Zat Warna Alami dari Kulit Buah Naga (*Hylocereus undatus*)**. Skripsi. Universitas Negri Semarang. Semarang
- Indriani, D.W., S.H. Sumarlani, R.N. Cahyanti, A.F. Mulyadi, dan N. Barunawati. 2017. **Aplikasi Pulsed Electric Field (Pef) Sistem Kontinu Pada Sari Tebu Hijau (*Saccharum***

Officinarum L.) (Kajian Tegangan Dan Frekuensi Pef).

Jurnal Teknotan Vol. 11, No. 1, April 2017

Ingrath, W., W.A. Nugroho, dan R. Yulianingsih. 2015. **Ekstraksi Pigment Antosianin dari Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus costaricensis*) sebagai Pewarna Alami Makanan dengan menggunakan Microwave (Kajian Waktu Pemanasan dengan Microwave dan Penambahan Rasio Pelarut Aquades dan Asam Sitrat).** Jurnal Bioproses Komoditas Tropis. Vol. 3, No. 3 (2015)

Iswari, K dan T. Sudaryono. 2007. **Empat Jenis Olahan Manggis, Si Ratu Buah Dunia dari Sumbar.** Tabloid Sinar Tani. BPTP Sumbar.

Izza, N., S.R. Dewi, A.W. Putranto, dan D.R. Yuneri. 2016. **Ekstraksi Senyawa Fenol Daun Kenikir (*Cosmos Caudatus*) dengan Pulse Electric Field (PEF).** Jurnal teknologi Pertanian Vol. 17, No. 2, Hal. 91-96, Agustus 2016

Jawi, I. M., D.N. Suprpta, I.W.P. Sutirtayasa. 2007. **Efek Antioksidan Ekstrak Umbi Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea Batatas L*) Terhadap Hati Setelah Aktifitas Fisik Maksimal dengan Melihat Kadar AST dan ALT Darah pada Mencit.** Dexa Media. 2007; 20 (3).

Kosim, W. 2007. **Kulit Buah Manggis sebagai Antioksidan.**

Dilihat 10 November

<<http://www.PikiranRakyat.Com/Arsip/Kampus.html>>

Kristiana, H. D., A. Setyaningrum, dan U.K. Lia. 2012. **Ekstraksi**

Pigmen Antosianin Buah Senggani (*Melastoma malabathricum* Auct. Non Linn.) dengan Variasi Jenis Pelarut. Jurnal Teknosains Pangan.Vol 1 No 1 Oktober 2012

Kulbacka, J., A. Pucek, K.A. Wilk, M. Dubińska-Magiera, J. Rossowska, M. Kulbacki, and M. Kotulska. 2016. **The Effect of Millisecond Pulsed Electric Fields (msPEF) on Intracellular Drug Transport with Negatively Charged Large Nanocarriers Made of Solid Lipid Nanoparticles (SLN): In Vitro Study.** 249(5): 645-661

Leong L. P and G. Shui. 2002. **An Investigation of Antioxidant Capacity of Fruit inSingapore Markets.** Food Chemistry. 76 : 69-75

Lydia., S.B. Widjanarko, dan T. Susanto. 2001. **Ekstraksi dan Karakterisasi Pigmen dari Kulit Buah Rambutan (*NepHelium lappaceum*) Var. Binjai.**Teknologi Pangan dan Gizi 2 (1): 1-6

Maleta, H.S., R. Indrawati, L. Limantara, T. H.P. Brotosudarmo. 2018. **Ragam Metode Ekstraksi Karotenoid dari Sumber Tumbuhan dalam Dekade Terakhir (Telah Literatur).** Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan vol. 13, No. 1 hal. 40-50, juni 2018

Mateus, N, de Freitas V. 2009. **Anthocyanins as Food Colorants.** In: Gould, K, Molyneuex, P. 2004. **The Use of The Stable Free Radikal Diphenyl picrylhydrazyl (DPPH)**

- for Estimeting Antioxidant Activity.** Journal Science of Technology. 26(2): 211-219
- Moss, B. W. 2002. **The Chemistry of Food Colour.** In: **D.B. MacDougall (ed).**
Colourin Food: Improving Quality. CRC Press. Washington
- Murtiyanti, M.F., I. Budianto., dan E. Farida. 2013.
Idenifikasi Penggunaan Zat
Pewarna Ada Pembuatan Kerupuk dan Faktor Perilaku
Produsen. Unnes Journal of Public Health2(1)
- Muslim. C., L.C. Hawa, dan B.D. Argo. 2013. **Pasteurisasi Non-Termal pada Susu Sapi Segar unuk Inaktivasi Bakteri Staphylococcus aureus Berbasis Pulsed Electric Field (PEF).** Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem. Vol. 1, No. 1, Februari 2013
- Nisak, H., Wignyanto, dan N.L. Rahmah. 2014. **Ekstraksi Melati Putih Menggunakan Teknologi Kejut Listrik Terhadap Mutu Minyak Atsiri Concrete (Kajian Rasio Bahan Baku, Pelarut Heksana, Dan Lama Kejutan Listrik).** Jurnal Industria Vol. 3, No. 1, hal. 43-52
- Nuriah, F.A. 2018. **Ekstraksi Pigmen Antosianin Kulit Buah Manggis (Garcinia Mangostana L) Menggunakan Alat Normex (Nonthermal Pigment Extractor) Berbasis Hyper Electric Pulse (Hep).** Skripsi. Universitas Barawijaya Malang
- Prakash, A. 2001. **Antioxidant Activity. Medaltion**

Laboratories Analytical Progres.19 (2): 37-42

Priska, M., N. Peni, L. Carvallo, dan Y.D. Ngapa. 2018. **Review: Antosianin dan Pemanfaatannya.** Cakra Kimia (Indonesia E-Journal of Applied Chemistry). No. 2, Vol. 6

Puspitasari, Y. 2018. **Ekstraksi Pigmen Antosianin Kulit Buah Naga Merah (Hylocereus Polyrhizus) Menggunakan Alat Normex (Nonthermal Pigment Extractor) Berbasis Hyper Electric Pulse (Hep).** Skripsi.Universitas Brawijaya Malang

Putra, S. R.2011.**Manggis Pembasmi Kanker.** DIVA Press, Yogyakarta. Putranto, A. W. 2014. **Rancang Bangun dan Optimasi Total Karoten Jus**

Wortel (Daucus carrota L.) Menggunakan Pulsed Electric FieldSistem Batch. Tesis. Universitas Brawijaya. Malang

Putri, NKM., IWD. Gunawan, dan IW. Suarsa. 2015. **Aktivitas Antioksidan Antosianin Dalam Ekstrak Etanol Kulit Buah Naga Super Merah (Hylocereus costaricensis) Dan Analisis Kadar Totalnya.** Jurnal Kimia 9 (2) Juli 2015: 243-251

Putri, R. I., I.K. Syamsiana, L.C. Hawa, dan D. Meilany. 2009. **Aplikasi Mikrokontroller Pada Pembangkit Pulsa Tegangan Tinggi dengan Pengaturan Waktu Pengolahan Untuk Pasteurisasi Sari Buah Apel.** INKOM Vol.3, No. 1-2 (2009)

Qosim, W. A. 2007. **Kulit Buah Manggis Sebagai Antioksidan.**
Dilihat 28 Oktober

- Rahmah, N.L., Sukardi, dan I.N. Dila. 2019. **Aplikasi Perlakuan Pendahuluan Pulsed Electric Field (PEF) Pada Ekstraksi Tanin Biji Pinang (*Areca catechu*) (Kajian Frekuensi Dan Waktu PEF)**. Jurnal Teknologi Industri Pertanian 29(1): 45-52 (2019)
- Richa, Y. 2009. **Uji aktivitas penangkap radikal dari ekstrak petroleum eter, etil asetat dan etanol rhizoma binahong (*Anredera cordifolia (Tenore) Steen*) dengan metode DPPH (2,2-difenil-1-pikrihidrazil)**. Skripsi Fakultas Farmasi. Universitas Muhammadiyah. Surakarta
- Setiawan, D., Argo, B. D., Dan Sumarlan S. H. 2014. **Rancang Bangun Pulsed Electric Field Sistem Batch dengan Konfigurasi Elektroda Berjenis Co-Axial**. Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis dan Biosistem. Vol. 2 No. 2, Juni 2014, 104-109
- Sitiatava, R.P. 2011. **Buah Naga: Tidak Cuma Enak, Tetapi Juga Sarat Obat – Obatan Cespleng**. Laksana. Yogyakarta
- Socaciu, C. 2007. **Food Colorants: Chemical and Functional Properties**. CRC Press. London
- Srihari, E. dan F. S. Lingganingrum. 2015. **Ekstrak Kulit Manggis Bubuk**. Jurnal Teknik Kimia 1(10)
- Shabella, R. 2011. **Terapi Kulit Manggis**. Galmas Publishers. Klaten

Sukardi, F.M. Pulungsari, M.H. Pulungan, A.F. Mulyadi. 2016.

Proses Ekstraksi Minyak Atsiri Bunga Mawar dengan Perlakuan Pendahuluan PEF(Pulsed Electric Field) Menggunakan Metode Pelarut Menguap (Kajian Frekuensi PEF (Pulsed Electric Field) dan Waktu Ekstraksi). Jurnal. Universitas Brawijaya Malang

Syukur dan W. Muda. 2015. **Mengenal Buah Naga.** Balai Pertanian Pelatihan Jambi

Tarigan, K. 2009. **Dampak Medan Listrik Berpulsa Tegangan Tinggi terhadap Membran Seluler.** Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana USU. Medan

Tjahjaningtyas. 2011. **“Manggis: Ratu Buah Kaya Manfaat Khasiat Dahsyat dan Tips Mengkonsumsinya.** Surabaya.

Toepfl, S. 2006. **Pulsed Electric Fields (PEF) for Permeabilization of Cell Membranes in Food and Bioprocessing – Applications, Process and Equipment Design and Cost Analysis.** PhD Dissertation. Prozesswissen- Schäften der Technischen Universität Berlin. Jerman

Vega-Mercado, H., Gongora-Nieto M. M., Barbosa-Canovas G. V., and Swanson A. G. 2007. **Pulsed Electric Fields in Food Preservation.** Second Edition, Taylor & Francis Group, LLC. Virginia

Wang, H., Cao G., Prior R. L. 2007. **Oxygen Radical Absorbing Capacity of Anthocyanins.** Journal Agricultural Food

Chemistry. 45: 304-309

- Wardani, B. W. 2018. **Rancang Bangun dan Uji Performansi terhadap Mesin Ekstraksi Pigmen Berbasis Hyper Electric Pulsed (HEP)**. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang
- Winarno, F. G. 2002. **Kimia Pangan dan Gizi**. Mbrio Press. Bogor
- Winarti, S., dan Adurrozaq F. 2010. **Stabilitas Warna Merah Ekstrak Bunga Rosela untuk Pewarna Makanan dan Minuman**. Skripsi. Universitas Pembangunan Nasional Veteran. Surabaya
- Winarti, S., dan Firdaus A. 2010. **Stabilitas Warna Merah Ekstrak Bunga Rosela Untuk Pewarna Makanan dan Minuman**. Jurnal Teknologi Pertanian. 11(2):87-98
- Yuniwati, M., Kusuma A.W., Yunanto F. 2012. **Optimasi Kondisi Proses Ekstraksi Zat Pewarna dalam Daun Suji dengan Pelarut Etanol**. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1. Spesifikasi Mesin

Tegangan <i>Input</i> (volt)	1,2 – 10
Tegangan <i>Output</i> (kV)	6,2 – 36,62
Kuat Medan (kV/Cm)	1 – 7
Arus (A)	1 – 3
Lebar Pulsa (0,000078
Kapasitas (L)	0,35 – 6,5
Volume Bahan (L)	0,5
Waktu Kejut (s)	0,05 detik – 100 jam @omron AT-8 N
Frekuensi <i>Input</i> (khz)	5 – 8,95
Frekuensi <i>Output</i> (khz)	50 – 6000
Daya dalam Waktu (watt)	18600 – 109860
Energi per Pulsa (kJ)	0,0014508 – 0,00856908
Jumlah Pulsa (pulsa)	240000
Energi Masukan Spesifik (kJ/L)	696,384 – 4113,1584
Massa Bahan (g)	150
Kadar Air Buah Naga (%)	91
Kadar Air Buah Manggis (%)	85
Cp Buah Naga (kJ/Kg ^o C)	3931
Cp Buah Manggis (kJ/Kg ^o C)	3727
Massa Jenis (kg/L)	0,3
ΔT buah naga (^o C)	0,590506233 – 3,487796489
ΔT buah manggis (^o C)	0,622828012 – 3,678703515

Lampiran 2. Tabel Energi Masukan Spesifik

tegangan input (Volt)	tegangan output (kV)	Kuat Medan (kV/Cm)	Daya dalam waktu (watt)	Energi per pulsa (kJ)	Energi Masukan Spesifik (kJ/L)
1.2	6.2	1	18600	0.0014508	696,384
1.4667	7.4633	1,2	22389.9	0.001746412	838,277856
1.7333	8.7267	1,4	26180.1	0.002042048	980,182944
2	9.99	1,6	29970	0.00233766	1122,0768
2.2	11.19467	1,8	33584.01	0.002619553	1257,385334
2.4	12.393	2	37179	0.002899962	1391,98176
2.6	13.604	2,2	40812	0.003183336	1528,00128
2.8	14.80867	2,4	44426.01	0.003465229	1663,309814
3	16.013	2,6	48039	0.003747042	1798,58016
3.2	17.218	2,8	51654	0.004029012	1933,92576
3.4	18.4267	3	55280.1	0.004311848	2069,686944
3.6	19.6273	3,2	58881.9	0.004592788	2204,538336
3.8	20.832	3,4	62496	0.004874688	2339,85024
4	22.0367	3,6	66110.1	0.005156588	2475,162144
4.2	23.2413	3,8	69723.9	0.005438464	2610,462816
4.4	24.446	4	73338	0.005720364	2745,77472
4.6	25.65067	4,2	76952.01	0.006002257	2881,083254
4.8	26.8553	4,4	80565.9	0.00628414	3016,387296
5	28.06	4,6	84180	0.00656604	3151,6992
5.416	28.773	4,8	86319	0.006732882	3231,78336
5.8333	29.4867	5	88460.1	0.006899888	3311,946144
6.25	30.2	5,2	90600	0.0070668	3392,064

6.667	30.34267	5,4	91028.01	0.007100185	3408,088694
7.0833	30.913	5,6	92739	0.007233642	3472,14816
7.5	32.34	5,8	97020	0.00756756	3632,4288
7.9167	33.0533	6	99159.9	0.007734472	3712,546656
8.3333	33.767	6,2	101301	0.007901478	3792,70944
8.75	34.48	6,4	103440	0.00806832	3872,7936
9.1667	35.1933	6,6	105579.9	0.008235232	3952,911456
9.5833	35.9067	6,8	107720.1	0.008402168	4033,040544
10	36.62	7	109860	0.00856908	4113,1584

Lampiran 3. Table ΔT Ekstraksi Antosianin Kulit Buah Naga dan Kulit Buah Manggis

Kuat Medan (kV/Cm)	Massa Jenis (Kg/L)	Cp buah naga (kJ/kg ^o C)	Cp buah manggis (kJ/kg ^o C)	ΔT Buah Nag (°C)	ΔT Buah Manggis (°C)
1	0.3	3931	3727	0,590506233	0,622828012
1,2	0.3	3931	3727	0,71082664	0,749734242
1,4	0.3	3931	3727	0,831156571	0,876650518
1,6	0.3	3931	3727	0,951476978	1,003556748
1,8	0.3	3931	3727	1,066213291	1,124573235
2	0.3	3931	3727	1,180345764	1,244952831
2,2	0.3	3931	3727	1,295684966	1,366605205
2,4	0.3	3931	3727	1,410421279	1,487621693
2,6	0.3	3931	3727	1,52512521	1,608604025
2,8	0.3	3931	3727	1,639892953	1,729653662
3	0.3	3931	3727	1,755013096	1,851074988
3,2	0.3	3931	3727	1,869361771	1,971682619
3,4	0.3	3931	3727	1,984100941	2,09270212
3,6	0.3	3931	3727	2,098840112	2,213721621
3,8	0.3	3931	3727	2,213569758	2,334731076
4	0.3	3931	3727	2,328308929	2,455750577
4,2	0.3	3931	3727	2,443045242	2,576767064
4,4	0.3	3931	3727	2,557777746	2,697779533
4,6	0.3	3931	3727	2,672516917	2,818799034
4,8	0.3	3931	3727	2,740425134	2,890424255
5	0.3	3931	3727	2,80840002	2,962119796

5,2	0.3	3931	3727	2,87633681	3,033775154
5,4	0.3	3931	3727	2,88992512	3,04810723
5,6	0.3	3931	3727	2,944245027	3,105400376
5,8	0.3	3931	3727	3,080156703	3,248751274
6	0.3	3931	3727	3,148093493	3,320406633
6,2	0.3	3931	3727	3,21606838	3,392102173
6,4	0.3	3931	3727	3,283976596	3,463727395
6,6	0.3	3931	3727	3,351913386	3,535382753
6,8	0.3	3931	3727	3,4198597	3,607048157
7	0.3	3931	3727	3,487796489	3,678703515

Lampiran 4. Perhitungan Cp Suhu

□ Buah Naga



Perhitungan Cp Diketahui:

$$\text{Kadar Air buah naga} = 91\%$$

$$C_p = 0,837 + 0,034 (\text{kadar air } (\%))$$

$$= 0,837 + 0,034 (91)$$

$$= 3,931 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

$$= 3931 \text{ KJ/kg}^\circ\text{C}$$



Perhitungan Massa
Jenis Diketahui:

$$\text{Massa bahan} = 150 \text{ gr}$$

$$\text{Volume bahan} = 500 \text{ ml } \rho$$

$$= \frac{m}{V}$$

$$= \frac{150}{500}$$

$$= 0,3 \text{ gr/ml} = 0,3 \text{ Kg/L}$$

□ Buah Manggis



Perhitungan Cp Diketahui:

$$\text{Kadar Air buah manggis} = 85\%$$

$$C_p = 0,837 + 0,034 (\text{kadar air } (\%))$$

$$= 0,837 + 0,034 (85)$$

$$= 3,727 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

$$= 3727 \text{ KJ/kg}^\circ\text{C}$$



Perhitungan
Jenis Diketahui: Massa

Massa bahan = 150 gr

Volume bahan = 500 ml ρ

$$= \frac{m}{V}$$
$$= \frac{150}{500}$$

= 0,3 gr/ml = 0,3 Kg/L

Lampiran 5. Dokumentasi Kegiatan

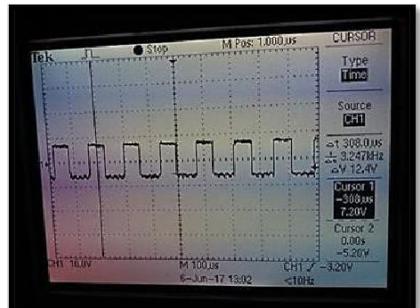
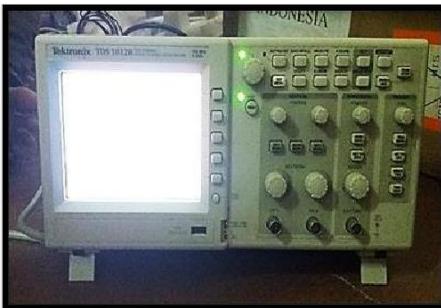
Proses Perakitan Mesin Ekstraksi



Pengujian Tegangan Tinggi Mesin Ekstraksi



Pengujian Lebar Pulsa



Pengujian total antosianin dan aktivitas antioksidan kulit buah naga merah dan kulit buah manggis



Lampiran 6. Surat Keterangan Bebas Tugas Akhir



**KEPUTUSAN
DEKAN FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
NOMOR 84 TAHUN 2017**

TENTANG

**PEMBEBASAN UJIAN TUGAS AKHIR / SKRIPSI
BAGI FINALIS PEKAN ILMIAH MAHASISWA NASIONAL (PIMNAS) XXX
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

DEKAN FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA,

Menimbang : a. bahwa dengan adanya prestasi karya ilmiah pada Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional (PIMNAS) XXX yang diraih oleh mahasiswa Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya;

b. bahwa perlu untuk memberikan apresiasi, pengakuan, dan penghargaan kepada mahasiswa yang berprestasi dalam kompetisi karya ilmiah berupa pembebasan dari Ujian Tugas Akhir/Skripsi;

c. bahwa sehubungan dengan point a dan b tersebut diatas, maka dipandang perlu dibuat Surat Keputusan tentang Pembebasan Ujian Tugas Akhir/Skripsi Bagi Finalis Pada Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional (PIMNAS) XXX Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya;

Lampiran Surat Keputusan
Nomor : 84 Tahun 2017
Tanggal : 12 September 2017

**DAFTAR NAMA MAHASISWA
FINALIS PEKAN ILMIAH MAHASISWA NASIONAL (PIMNAS) XXX
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

NO	NAMA	NIM	PRODI	JUDUL	SKIM PKM	DOSEN PEMBIMBING
1	Lisa Imro'atus Sholikhah	135100507111012	Ilmu dan Teknologi Pangan	Seblak Suweg Seblak Bosah Irestan sebagai Inovasi Fusion Food Seblak Tradisional dengan Clarasa Asia Menggunakan Aplikasi Teknologi Sentrifugal Berbasis Edukasi Wayang Indonesia Menuja MEA	PKM-K	Jaya Mahtar Maligan STP, MP
	Asri Nur Aisyah	135100500111020	Ilmu dan Teknologi Pangan			
	Aida Nur Laili	135100501111003	Ilmu dan Teknologi Pangan			
	Wahyu Tri Harsono	135100500111010	Ilmu dan Teknologi Pangan			
	Muhammad Rafur Reza	135100300111006	Teknologi Industri Pertanian			
2	Rismoyo Natri Filante	135100200111056	Keteknikan Pertanian	NORMEX (Non-Thermal Pigment Extractor) Rancang Bangun Alat Ekstraksi Pigmen Antosianin Berbasis Non-Thermal HEP (Hyper Electric Pulse) dalam Upaya Mewujudkan Keamanan Pangan 2030	PKM-KC	Angky Wahyu Putranto S.TP, M.P
	Faldatul Andika Nuziah	145100501111022	Ilmu dan Teknologi Pangan			
	Bagus Wisnu Wardani	145100201111023	Keteknikan Pertanian			
	Aldiah Daydeva	145100100111005	Ilmu dan Teknologi Pangan			
	Yuni Puspitasari	145100101111033	Ilmu dan Teknologi Pangan			
3	Pangestu Riski Lestari	135100200111033	Keteknikan Pertanian	SMART-COMIC (Smart Coconut Milk Sorication); Rancang Bangun Alat Sterilisasi Santan Berbasis Teknologi Termosensitasi Sebagai Upaya Peningkatan Kualitas Produk	PKM-KC	Dewi Maya Maharani STP, M.Sc
	Anful Hanan	135100200111027	Keteknikan Pertanian			
	Musyarah	135100200111018	Teknologi Industri Pertanian			

Lampiran 7. Dokumentasi PIMNAS (UMI Makassar)



Sesi Lomba Poster Sebelum Lomba Presentasi PIMNAS XXX



Pengumuman Juara PIMNAS XXX Tim PKM-KC NORMEX
Meraih Medali Emas Presentasi dan Medali Perak Poster