**EKSTRAKSI DAN KARAKTERISASI PEKTIN KULIT BUAH NAGA**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Sarjana Strata Satu

Prodi Studi Teknologi Pangan

**Oleh :**

**Giffary Pramafisi S.**

**12.30.20.077**

****

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS PASUNDAN**

**BANDUNG**

**2017**

**EKSTRAKSI DAN KARAKTERISASI PEKTIN KULIT BUAH NAGA**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Sidang Sarjana Teknik

Prodi Teknologi Pangan

**Oleh :**

**Giffary Pramafisi S.**

**12.30.20.077**

Menyetujui:

Pembimbing I Pembimbing II

Dr. Ir. Hj. Hasnelly, MSIE. Dr. Ir. Asep Dedy Sutrisno, M.SC

KATA PENGANTAR

Assalamu’alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT karena atas karunia dan kesehatan yang diberikan-Nya saya mampu menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul “**Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin Kulit Buah Naga**. Shalawat serta salam semoga tetap tercurah pada Nabi akhir zaman Rosululloh SAW. Semoga kita semua ada dalam golongan umatnya yang mendapat syafaat di hari akhir nanti. Aamiin.

Laporan tugas akhir yang berjudul “Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin Kulit Buah Naga” ini berisi tentang latar belakang pemanfatan kulit buah naga sebagai bahan baku pembuatan pektin, identifikasi masalah yang timbul, kerangka pemikiran, hipotesis pemikiran, tinjuan pustaka terkait bahan yang digunakan, bahan dan alat penelitian, metode penelitian yang mencakup rancangan percobaan dalam penelitian, deskripsi penelitian serta hasil penelitian yang telah dilakukan.

Saya dengan segala keterbatasan selama proses penyusunan laporan ini telah banyak menemui berbagai hambatan, namun atas bantuan dan dukungan dari berbagai pihak pada akhirnya semua hambatan dapat teratasi. Saya mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung. Tidak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Hj. Hasnelly, MSIE. selaku pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, arahan dan motivasi kepada penulis.
2. Dr. Ir. Asep Dedy Sutrisno, M.Sc., selaku pembimbing pendamping yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
3. Bapak Dr. Ir. Yusman Taufik, MP. selaku penguji
4. Ibu Dra. Hj. Ela Turmala Sutrisno, M.Si. selaku Koordinator Seminar Usulan Penelitian dan Tugas Akhir Program Studi Teknologi Pangan Universitas Pasundan.
5. Orang Tua tercinta, Soeherman dan Ani Indrawati Dewi yang selalu mendoakan dan mendukung penulis dalam hal materil dan moril, serta telah memberikan kasih sayang yang tak pernah terbalaskan.
6. Balai Besar Pulp dan Kertas, Pak Chandra dan Bu Sri yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan pengerjaan penelitian di lab ATPK dan mengizinkan penulis meminjam alat untuk penelitian
7. Teman-teman dan sahabat khususnya Bayu, Fenty, Nurul, Astria, Firly, Hani Nur, Vivit, Juwita, Mahardhika, Nadya, Ali dan Elita yang sangat membantu dalam memberikan semangat kepada penulis
8. Teh Tati, Teh Ayu, Renny, Yanfa, Azizah, Hamim, Supriatin dan Ita yang selalu memberikan solusi kepada penulis
9. Laboran-laboran laboratorium Teknologi Pangan Universitas Pasundan, Pak Eman, Pak Adang, Pak Undang yang telah membantu selama penulis maelakukan analisis
10. Rangers Kimia Analitik yang selalu memberikan semangat kepada penulis saat penulis sedang dalam tahap pengerjaan laporan

Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini bisa bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkannya

Wassalamu’alaikum warahmatullahi wabarakatuh

DAFTAR ISI

**Halaman**

[KATA PENGANTAR i](#_Toc482879898)

[DAFTAR ISI iii](#_Toc482879899)

[DAFTAR TABEL v](#_Toc482879900)

[DAFTAR GAMBAR vi](#_Toc482879901)

[DAFTAR LAMPIRAN vii](#_Toc482879902)

[ABSTRAK viii](#_Toc482879903)

[ABSTRACT ix](#_Toc482879904)

[I PENDAHULUAN 1](#_Toc482879905)

[1.1. Latar Belakang 1](#_Toc482879906)

[1.2. Identifikasi Masalah 3](#_Toc482879907)

[1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian 4](#_Toc482879908)

[1.4. Manfaat Penelitian 4](#_Toc482879909)

[1.5. Kerangka Pemikiran 4](#_Toc482879910)

[1.6. Hipotesis Penelitian 9](#_Toc482879911)

[1.7. Tempat dan Waktu Penelitian 9](#_Toc482879912)

[II TINJAUAN PUSTAKA 10](#_Toc482879913)

[2.1. Kulit Buah Naga 10](#_Toc482879914)

[2.2. Pektin 12](#_Toc482879915)

[2.3. Derajat Metil-Esterifikasi 23](#_Toc482879916)

[2.4. Kadar Metoksil 23](#_Toc482879917)

[2.5. Kadar Galakturonat 25](#_Toc482879918)

[2.6. Kadar Abu 25](#_Toc482879919)

[2.7. Berat Ekivalen 25](#_Toc482879920)

[III METODE PENELITIAN 27](#_Toc482879921)

[3.1. Bahan dan Alat Penelitian 27](#_Toc482879922)

[3.2. Metode Penelitian 27](#_Toc482879923)

[3.3. Deskripsi Penelitian 32](#_Toc482879924)

[IV HASIL DAN PEMBAHASAN 37](#_Toc482879925)

[4.1 Penelitian Pendahuluan 37](#_Toc482879926)

[4.2. Penelitian Utama 38](#_Toc482879927)

[V KESIMPULAN DAN SARAN 58](#_Toc482879928)

[5.1. Kesimpulan 58](#_Toc482879929)

[5.2. Saran 59](#_Toc482879930)

[DAFTAR PUSTAKA 60](#_Toc482879931)

[LAMPIRAN 64](#_Toc482879932)

DAFTAR TABEL

**Tabel** **Halaman**

[1. Komposisi Proksimat Kulit Buah Naga 11](#_Toc491341332)

[2. Sifat Fisiko-kimia Kulit Buah Naga 12](#_Toc491341333)

[3. Standar Mutu Pektin 22](#_Toc491341334)

[4. Model Rancangan Percobaan faktorial 3x3 dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) 30](#_Toc491341335)

[5. Layout Percobaan RAK faktorial 3x3 dengan tiga kali ulangan 30](#_Toc491341336)

[6. Sidik Ragam (ANAVA) 32](#_Toc491341337)

[7. Hasil Penelitian Pendahuluan 37](#_Toc491341338)

[8. Pengaruh jenis pengasam (k), jenis penggumpal (p) dan interaksi keduanya terhadap yield pektin kulit buah naga merah (%) 39](#_Toc491341339)

[10. Pengaruh jenis pengasam (k), jenis penggumpal (p) dan interaksi keduanya terhadap berat ekivalen pektin kulit buah naga merah 44](#_Toc491341340)

[11. Pengaruh jenis pengasam (k), jenis penggumpal (p) dan interaksi keduanya terhadap kadar metoksil pektin kulit buah naga merah (%) 46](#_Toc491341341)

[12. Pengaruh jenis pengasam (k), jenis penggumpal (p) dan interaksi keduanya terhadap kadar galakturonat pektin kulit buah naga merah 49](#_Toc491341342)

[13. Pengaruh jenis pengasam (k), jenis penggumpal (p) dan interaksi keduanya terhadap DM pektin kulit buah naga merah 53](#_Toc491341343)

[14. Grade pektin kulit buah naga 57](#_Toc491341344)

DAFTAR GAMBAR

**Gambar Halaman**

[1. Asam D-galakturonat 13](file:///C:\Users\sgiff\Dropbox\SUP%20GIFFY\REVISI%20SIDANG%20I.docx#_Toc487568001)

[2. Struktur Asam Poligalakturonat 14](file:///C:\Users\sgiff\Dropbox\SUP%20GIFFY\REVISI%20SIDANG%20I.docx#_Toc487568002)

[3. Struktur asam galakturonat yang menyusun blok dari HGA. 16](file:///C:\Users\sgiff\Dropbox\SUP%20GIFFY\REVISI%20SIDANG%20I.docx#_Toc487568003)

[4. Perombakan Protopektin 17](file:///C:\Users\sgiff\Dropbox\SUP%20GIFFY\REVISI%20SIDANG%20I.docx#_Toc487568004)

[5. Diagram Alir Penelitian Pendahuluan 35](file:///C:\Users\sgiff\Dropbox\SUP%20GIFFY\REVISI%20SIDANG%20I.docx#_Toc487568005)

[6. Diagram Alir Penelitian Utama 36](file:///C:\Users\sgiff\Dropbox\SUP%20GIFFY\REVISI%20SIDANG%20I.docx#_Toc487568006)

DAFTAR LAMPIRAN

**Lampiran Halaman**

[1. Metode Analisis Kimia 64](#_Toc479978533)

[2. Rencana Kerja Penelitian 68](#_Toc479978534)

[3. Perkiraan Biaya Penelitian 69](#_Toc479978535)

[4. Perhitungan 72](#_Toc479978536)

[5. Perhitungan Yield Pektin Buah Naga 74](#_Toc479978537)

[6. Perhitungan Berat Ekivalen Pektin Kulit Buah Naga Merah 76](#_Toc479978538)

[7. Perhitungan Kadar Metoksil Pektin Kulit Buah Naga 78](#_Toc479978539)

[8. Perhitungan Kadar Galakturonat Pektin Kulit Buah Naga 80](#_Toc479978540)

[9. Perhitungan Derajat Metil-esterifikasi Pektin Kulit Buah Naga Merah 82](#_Toc479978541)

[10. Perhitungan statistic yield pektin kulit buah naga 84](#_Toc479978542)

[11. Perhitungan Statistik Berat Ekivalen Pektin Kulit Buah Naga 90](#_Toc479978543)

[12. Perhitungan Statistik Kadar metoksil Pektin Kulit Buah Naga 96](#_Toc479978544)

[13. Perhitungan Statistik Kadar Galakturonat Pektin Kulit Buah Naga 102](#_Toc479978545)

[14. Perhitungan Statistik Derajat Metil-esterifikasi Pektin Kulit Buah Naga 108](#_Toc479978546)

[15. Prosedur Ekstraksi Pektin (Gambar) 114](#_Toc479978547)

ABSTRAK

Kulit buah naga merupakan limbah dari buah naga yang memiliki banyak potensi untuk dimanfaatkan salah satu nya yaitu dengan meng-ekstrak pektin yang terkandung di dalam kulit buah naga tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari jenis pengasam dan penggumpal serta interaksinya terhadap karakterisasi pektin kulit buah naga merah.

Metode penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan tiga kali ulangan yang meliputi faktor jenis pengasam (K) yang terdiri dari tiga taraf yaitu asam oksalat (k1), asam sitrat (k2) dan asam asetat (k3) dengan pH masing-masing asam yaitu 4.0; serta faktor jenis penggumpal (P) dengan tiga taraf yaitu p1 (etanol), p2 (aseton) dan p3 (isopropanol).

Respon pada penelitian ini terdiri dari respon kimia yang meliputi berat ekivalen, kadar metoksil, kadar galakturonat, derajat metil esterifikasi dan *grade* dari pektin yang dihasilkan serta respon berupa *yield* dari pektin yang dihasilkan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa jenis pengasam yang berbeda menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap *yield*, berat ekivalen, kadar galakturonat dan kadar metoksil sedangkan penggunaan jenis penggumpal yang berbeda-beda menunjukkan perbedaan signifikan terhadap *yield* dan berat ekivalen pektin yang dihasilkan namun tidak menunjukkan perbedaan signifikan terhadap kandungan galakturonat, metoksil, grade dan derajat metil-esterifikasi.

Kata Kunci : Kulit buah naga merah, pektin, pengasam, penggumpal

ABSTRACT

*Peel of red dragon fruit is a waste that has a lot of potential that can be useful for some industries. Peel of red dragon fruit is a potential source for pectin as it has abundant amount of pectin in its peel. The purpose of this study is to learn the effect of extraction condition that conducted with different kind of acids and organic solvent to precipitate the pectin and to learn the interaction between them*

*The method that used in this study is randomized complete block design with three replication. Factors involved in this study are type of acid (K) with three kind of acid such as oxalic acid (k1), citric acid (k2) and acetic acid (k3) with pH 4.0 and type of organic solvent as a precipitant such as ethanol (p1), acetone (p2) and isopropanol (p3).*

*The response of this study consisted chemical responses including equivalent weight, galacturonic acid content, methoxyl content, degree of methyl-esterification and grade of the pectin. There is also yield of pectin that has been studied in this research.*

*According to the result of the study, the type of acid giving a significant difference result to yield, equivalent weight, galacturonic acid content and methoxyl content. The used of different precipitant giving a significant different result to yield and equivalent weight but it does not giving a significant different result to galacturonic acid content, methoxyl content, grade and degree of methyl-esterification*

*Keywords : Red dragon fruit peel, pectin, acids, precipitants*

I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan mengenai (1) Latar Belakang, (2) Identifikasi Masalah, (3) Maksud dan Tujuan Penelitian, (4) Manfaat Penelitian, (5) Kerangka Pemikiran, (6) Hipotesis Penelitian (7) Tempat dan Waktu Penelitian dan (8) biaya.

## Latar Belakang

[Tanaman buah naga merah dan putih atau dragon fruit atau pitaya adalah jenis kaktus yang awalnya berasal dari Meksiko, Amerika Tengah, dan Amerika Selatan, kemudian dibawa ke kawasanIndocina (Vietnam) sebagai tanaman hias karena penampilannya yang unik, berbunga indah, dan berbuah merah mengilap bersirip. Vietnam dan Thailand dengan iklim tropis yang sesuai, dewasa ini merupakan produsen terbesar buah naga.](C:\\Users\\SONY\\Downloads\\BUAH NAGA 03.pdf)

[Buah Naga Hingga saat ini cukup populer di Indonesia. Kebutuhan tersebut belum mampu dipenuhi, baik oleh produsen di dalam negeri maupun di luar negeri, sehingga peluang untuk membudidayakan buah naga masih sangat terbuka, baik untuk pasaran lokal maupun internasional. Peluang usaha buah naga sangat menjanjikan, tidak saja untuk konsumsi segar tetapi juga untuk produk kesehatan (Rizal, 2015).](C:\\Users\\SONY\\Downloads\\BUAH NAGA 03.pdf)

[Buah naga (](D:\\Kuliah\\TUGAS AKHIR\\JURNAL\\KULIT BUAH NAGA 02.pdf)*[Dragon fruit](D:\\Kuliah\\TUGAS AKHIR\\JURNAL\\KULIT BUAH NAGA 02.pdf)*[) merupakan buah tropis yang banyak digemari oleh masyarakat karena memiliki khasiat dan manfaat serta nilai gizi cukup tinggi. Buah naga memiliki kulit sebanyak 30 – 35% dari bobot buah naga tersebut. Kulit buah naga tersebut biasanya dibuang dan dianggap sebagai limbah. Menurut Saneto (2005) kulit buah naga merah memiliki serat pangan sebanyak 46.7%.](D:\\Kuliah\\TUGAS AKHIR\\JURNAL\\KULIT BUAH NAGA 02.pdf)

[Kandungan serat pangan pada kulit buah naga ini lebih banyak dibandingkan dengan buah pir, buah](D:\\Kuliah\\TUGAS AKHIR\\JURNAL\\KULIT BUAH NAGA 02.pdf) *[orange](D:\\Kuliah\\TUGAS AKHIR\\JURNAL\\KULIT BUAH NAGA 02.pdf)* [dan buah persik](D:\\Kuliah\\TUGAS AKHIR\\JURNAL\\KULIT BUAH NAGA 02.pdf). [Selain itu kulit buah naga memilki potensi untuk diolah menjadi produk pangan yang menyehatkan karena didalam kulit buah naga mengandung antioksidan yang cukup tinggi. Selain antioksidan kulit buah naga juga dapat diolah menjadi produk *stabilizer* berupa pektin.](file:///D:\Kuliah\TUGAS%20AKHIR\JURNAL\KULIT%20BUAH%20NAGA%2004.pdf)

Pektin adalah produk alami yang dapat ditemukan dalam dinding sel dari semua tanaman tingkat tinggi. Umumnya digunakan sebagai agen pembentuk gel, penebal dan penstabil. Saat ini pektin merupakan komponen yang tidak terpisahkan dari berbagai macam produk baik dalam industri makanan dimana pektin dapat digunakan dalam produksi selai, gula-gula, pasta dan produk susu.

Kulit buah naga dapat dimanfaatkan menjadi berbagai jenis produk yang salah satunya adalah pektin. Pektin dapat diekstrak dari suatu substansi dengan cara memanaskannya dalam asam lemah dalam waktu tertentu. Pemanasan akan mengubah protopektin menjadi pektin yang kemudian selanjutnya pektin diendapkan dengan adanya penambahan pelarut organik. Endapan yang didapat dicuci menggunakan pelarut organik dan dikeringkan sehingga diperoleh pektin kering.

Jenis pengasam yang digunakan menurut Walter (1991) dapat berupa asam seperti asam sitrat dan dapat pula menggunakan asam mineral yang lebih murah seperti asam klorida (HCl), asam sulfat (H2SO4) maupun asam nitrat (HNO3). Jenis pengasam lain yang juga dapat digunakan menurut Koubala et al. (2008) adalah asam oksalat. Beragamnya jenis pengasam yang digunakan untuk ekstraksi pektin merupakan dasar utama untuk melakukan penelitian pengaruh jenis pengasam terhadap karakteristik pektin kulit buah naga yang dihasilkan. Asam yang digunakan yaitu asam oksalat (Koubala et al., 2008), asam sitrat (Walter, 1991) dan asam asetat. Ekstraksi dilakukan dengan pH seragam yaitu pada pH empat untuk mengetahui persis bagaimana pengaruh jenis asam yang digunakan terlepas dari pengaruh tingkat keasaman larutan yang digunakan.

Pektin yang telah diekstrak menggunakan larutan asam panas kemudian diendapkan menggunakan pelarut organik. Pelarut organik yang biasa digunakan menurut Walter (1991) antara lain adalah etanol, metanol dan isopropanol. Selain ketiga jenis penggumpal yang telah disebutkan Aina et al. (2012) dalam penelitiannya mengenai ekstraksi dan karakterisasi pektin dari kulit buah lemon, anggur dan jeruk manis menggunakan aseton sebagai penggumpal. Beragamnya jenis penggumpal ini menjadi dasar dilakukannya penelitian pengaruh jenis penggumpal terhadap karakteristik pektin dari kulit buah naga.

Karakteristik pektin menentukan fungsi dan kegunaan pektin dalam beragam pengolahan pangan. Karakteristik dari pektin ini dapat dinilai dari sifat kimianya antara lain berat ekivalen, kadar metoksil, kadar galakturonat, derajat esterifikasi, derajat metilasi dan derajat amidasi. Sifat kimia suatu pektin dapat beragam tergantung kepada kematangan buah, jenis buah yang digunakan dan cara ekstraksi. Penelitian yang dilakukan adalah untuk melihat bagaimana pengaruh jenis asam yang digunakan dan jenis penggumpal terhadap karakteristik pektin yang dihasilkan.

## Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat diidentifikasi masalah yaitu:

1. Apakah jenis asam berpengaruh terhadap karakteristik pektin kulit buah naga?
2. Apakah jenis penggumpal berpengaruh terhadap karakteristik pektin kulit buah naga?
3. Apakah terdapat interaksi antara jenis asam dan jenis penggumpal terhadap karakteristik pektin kulit buah naga?

## Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan kulit buah naga yang biasanya terbuang sebagai limbah menjadi pektin yang dapat digunakan untuk berbagai macam kebutuhan dalam industri pengolahan pangan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jenis asam, jenis penggumpal dan interaksinya terhadap karakteristik pektin kulit buah naga.

## Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk memberi informasi kepada masyarakat mengenai potensi kulit buah naga dan untuk menambah wawasan pembaca dan penulis tentang potensi kulit buah naga sebagai bahan baku pembuatan pektin. Selain itu penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi mengenai pengaruh dari jenis asam yang digunakan, jenis penggumpal dan interaksinya terhadap karakteristik pektin yang dihasilkan.

## Kerangka Pemikiran

[Penelitian yang dilakukan oleh Koubala *et al*, (2008)](file:///C:\Users\SONY\AppData\Roaming\Microsoft\JURNAL\Pektin%20Koubala.pdf) menunjukkan bahwa ekstraksi pektin yang dilakukan terhadap kulit mangga ambarella dan jeruk menggunakan ammonium oksalat menghasilkan *yield* pektin yang paling tinggi jika dibandingkan dengan ekstraksi menggunakan asam klorida dan air yang telah mengalami deionisasi (*deionized water*).

[Menurut Nazaruddin *et al*, (2011) *yield* pektin terbanyak yang dihasilkan dari kulit buah naga didapatkan dengan cara ekstraksi menggunakan ammonium oksalat 0.25% dengan suhu 85℃ dengan lama waktu ekstraksi selama satu jam yaitu sebanyak 20,14 ± 0,43%.](file:///D:\Kuliah\TUGAS%20AKHIR\JURNAL\pECTIN%205.pdf)

[Menurut Kumar dan Ghanshyam (2010) dalam penelitiannya mengenai ekstraksi dan karakterisasi pektin dari apel dan evaluasinya sebagai inhibitor lipase menunjukkan bahwa ekstraksi pektin dari apel varietas Royal (*Malus pumila*) menggunakan asam sitrat dengan pH 2,5 dengan suhu 97℃ selama 30 menit dengan perbandingan solute dan solvent 1:50 memiliki *yield* yang lebih besar yaitu 16,65% dibandingkan ekstraksi menggunakan HCl dengan pH 2,5, suhu 97℃ selama 30 menit dengan perbandingan solute dan solvent 1:50 yang menghasilkan *yield* sebanyak 14,55%.](file:///D:\Kuliah\TUGAS%20AKHIR\JURNAL\PEKTIN%2017.pdf)

[Menurut penelitian Erika (2013) ekstraksi pektin dari kulit kakao dengan hasil terbanyak didapatkan dengan kondisi ekstraksi menggunakan ammonium oksalat pada pH 3.6 dengan lama waktu ekstraksi 60 menit dengan menghasilkan *yield* pektin sebanyak 12.75%](file:///D:\Kuliah\TUGAS%20AKHIR\JURNAL\PEKTIN%20KAKAO.pdf) sedangkan kadar metoksil tertinggi pektin kulit kakao dihasilkan pada perlakuan ekstraksi dengan pH 2,6 selama 60 menit dengan kadar metoksilasi sebesar 5,7% dan derajat esterifikasi tertinggi dari pektin kulit kakao diperoleh pada perlakuan ekstraksi dengan ammonium oksalat pada pH 2,6 yaitu sebesar 51,43%. Nilai pH medium ekstraksi dan lama ekstraksi cenderung paling berpengaruh pada derajat esterifikasi pektin kulit kakao.

Menurut Fitria (2013) *yield* pektin tertinggi yang dihasilkan dari kulit pisang kepok yaitu pada kondisi ekstraksi pH 1,5 dengan suhu 90℃ selama 80 menit yakni sebesar 4,85 gram pektin dari 45,00 gram serbuk kulit pisang kepok. Pektin hasil ekstraksi pH 2 dengan suhu ekstraksi 80 dan 90℃ memiliki berat ekivalen tertinggi yaitu sebesar 9534,71 gram/ekivalen

Menurut Tarigan dkk.,(2012) *yield* pektin tertinggi yang diperoleh dari kulit buah pisang menggunakan HCl adalah pada pH ekstraksi 1,5 dengan suhu 90℃ dengan lama ekstraksi 80 menit yakni sebesar 5,21 gram dari 10 gram serbuk kulit pisang. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakuan oleh Budiyanto dan Yulianingsih (2008) yaitu semakin lama waktu dan semakin tinggi suhu ekstraksi yang digunakan maka semakin besar *yield* yang dihasilkan karena pada penelitian ini faktor lamanya waktu ekstraksi tidak berubah maka hanya faktor pH dan suhu yang akan mempengaruhi hasil *yield*

Menurut Gusti (2008) pada ekstraksi pektin menggunakan pelarut dengan pH rendah akan menghasilkan *yield* yang tinggi, hal ini disebabkan karena pada pH yang rendah konsentrasi asamnya lebih tinggi sehingga proses hidrolisis protopektin menjadi pektin menjadi lebih intensif. Akan tetapi menurut Nasution (2002) dalam Gusti (2008) bahwa pada pH yang lebih rendah akan mendekomposisi senyawa pektin menjadi asam galakturonat sehingga *yield* yang dihasilkan akan menurun.

[Tang *et al*, dalam penelitiannya mengenai karakteristik pektin dari kulit buah naga jenis Britton dan Rose menujukkan bahwa pektin terbaik dihasilkan dari ekstraksi menggunakan asam sitrat dengan *yield* sebanyak 11,57± 2,51%, derajat esterifikasi sebesar 47,22 ± 1,89% dan kandungan asam galakturonat sebesar 13,09 ± 0,45% dibandingkan dengan ekstraksi menggunakan asam sulfat.](file:///D:\Kuliah\TUGAS%20AKHIR\JURNAL\PECTIN%206.pdf)

[Menurut Castillo-Israel *et al*, (2014) dalam penelitiannya mengenai ekstraksi dan karakterisasi pektin dari limbah kulit pisang Saba menunjukkan bahwa hasil ekstraksi terbanyak didapatkan dengan metode ekstraksi menggunakan HCl 0,5 N dengan lama waktu ekstraksi empat jam yaitu sebanyak 16,54% dengan berat ekivalen 1503,16, kadar metoksil 5.25%, derajat esterifikasi 75,03% dan kadar abu sebesar 13,83%.](file:///D:\Kuliah\TUGAS%20AKHIR\JURNAL\pectin%203.pdf)

[Menurut Akhmalludin dan Kurniawan (2009) dalam penelitiannya mengenai pembuatan pektin dari kulit coklat dengan cara ekstraksi menujukkan bahwa *yield* terbanyak didapatkan pada perlakuan pH 3 dengan berat pektin sebanyak 2,8 gram dari 20 gram sampel kulit kakao sedangkan untuk variabel lama waktu semakin lama waktu ekstraksi maka semakin banyak pula pektin yang dihasilkan. Hal ini ditunjukkan bahwa dengan waktu ekstraksi 1,5 jam didapatkan 2,7 gram pektin sedangkan dengan waktu ekstraksi dua jam didapat pektin sebanyak 2,9 gram dari sampel 20 gram kulit kakao.](file:///D:\Kuliah\TUGAS%20AKHIR\JURNAL\PEKTIN%2012.pdf)

[Menurut Puspitasari dkk (2008) dalam penelitiannya mengenai ekstraksi pektin dari ampas nanas menunjukkan bahwa kondisi operasi terbaik dicapai pada waktu ekstraksi 120 menit dengan pH 1,2 dengan berat pektin 0,3681 gram dari 10 gram kulit nanas. Ekstraksi dengan lama waktu 120 menit dengan pH 1,5 menghasilkan pektin sebanyak 0,1662 gram dari kulit nanas 10 gram. Hal ini menujukkan bahwa semakin rendah pH semakin banyak pula *yield* yang dihasilkan.](file:///D:\Kuliah\TUGAS%20AKHIR\JURNAL\PEKTIN%2013.pdf)

[Menurut Prasetyowati dkk (2009) dalam penelitiannya mengenai ekstraksi pektin dari kulit buah mangga dengan berbagai variasi suhu dan pH ekstraksi didapatkan hasil bahwa hasil ekstraksi pektin pada pH 2 dengan waktu ekstraksi selama 70 menit menghasilkan pektin dengan jumlah terbanyak yaitu sekitar 65% dari bobot kulit buah mangga yang digunakan. Berat ekivalen tertinggi yaitu 16666,67 diperoleh pada perlakuan ekstraksi pada pH 2 dengan lama ekstraksi 30 menit sedangkan berat ekivalen terrendah diperoleh dari perlakuan ekstraksi dengan pH 4 selama 50 menit. Kadar metoksil tertinggi dari pektin kulit buah mangga diperoleh pada perlakuan ekstraksi selama 50 menit dengan pH 4 yaitu sebesar 16,058%.](file:///D:\Kuliah\TUGAS%20AKHIR\JURNAL\PEKTIN%2014.pdf) Kadar abu terkecil yang dihasilkan yaitu pada perlakuan ekstraksi pH 4 dengan pemanasan selama 70 menit. Kadar abu menujukkan kemurnian pada produk pektin. Semakin kecil kadar abu maka semakin murni pektin tersebut. Hal ini menujukkan bahwa pH dan lama ekstraksi mempengaruhi karakteristik pektin yang dihasilkan.

Methacanon, (2014) menujukkan bahwa ekstraksi pektin dari pomelo dengan HNO3 pada pH 2 menghasilkan *yield* yang lebih tinggi yaitu sebesar 24,26 ± 0,08% dibandingkan dengan ekstraksi pektin menggunakan HCl pada pH 2 yang menghasilkan *yield* sebesar 19,33 ± 0,36%

Menurut May dalam Imeson (2010) filtrat pektin yang telah dimurnikan dapat dievaporasi sebelum penggumpalan. Evaporasi ini bertujuan untuk mengurangi jumlah kebutuhan bahan penggumpal yang digunakan. Penggumpal yang sering digunakan adalah etanol, methanol dan isopropanol. Penggumpal yang pernah digunakan selain penggumpal organik adalah penggumpal aluminium namun sudah tidak digunakan karena tidak ramah lingkungan dan menghasilkan pektin yang terseterifikasi hanya dalam jumlah sedikit.

## Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka pemikiran di atas, dapat diambil suatu hipotesis bahwa jenis asam yang digunakan untuk mengekstrak pektin, jenis penggumpal dan interaksinya berpengaruh terhadap karakteristik pektin kulit buah naga.

## Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan September 2016 hingga selesai, bertempat di Laboratorium Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pasundan, Jl. Dr. Setiabudhi No. 193, Bandung.

II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan menguraikan mengenai (1) Kulit Buah Naga, (2) Pektin, (3) Derajat Esterifikasi, (4) Derajat Metoksilasi, (5) Kadar Abu Pektin dan (6) Berat Ekivalen

## Kulit Buah Naga

[Buah naga](file:///D:\Kuliah\TUGAS%20AKHIR\JURNAL\KULIT%20BUAH%20NAGA%2001.pdf) merah (*Hylocereus polyrhizus*) dan buah naga putih (*Hylocereus undatus*) yang dikenal juga sebagai *pitaya* masuk kedalam family Cactaceae. Buah naga merah matang memiliki kulit berwarna merah-ungu yang menarik, daging buah berwarna merah dengan biji-biji kecil yang berwarna hitam yang terdispersi di dalam dagingnya. Buah naga putih memiliki daging berwarna putih dengan biji yang hitam berukuran kecil didalam nya Buah naga ini dikultivasi secara besar di Negara Malaysia, Vietnam, Thailand, Taiwan dan di beberapa bagian dunia. Buah naga memperoleh popularitasnya karena diketahui memiliki efek baik terhadap kesehatan seperti menurunkan *dyslipidemia* (Jamilah *et al*, 2011).

Buah naga memiliki kulit sebanyak 30 – 35% dari bobot buah naga tersebut. Kulit buah naga tersebut biasanya dibuang dan dianggap sebagai limbah. Menurut Jamilah *et al* (2011), kulit buah naga memiliki banyak potensi seperti tingginya kandungan polifenol dan antioksidan. Bahkan aktivitas antioksidan dari kulit buah naga merah lebih tinggi dibandingkan dengan daging buahnya. Selain antioksidan kulit buah naga memiliki potensi sebagai pewarna alami karena memiliki pigmen betasianin yang berwarna merah.

Jamilah *et al*, melakukan analisis proksimat terhadap 350 – 550 gram buah naga yang kemudian diambil kulitnya untuk dilakukan analisis. Komposisi proksimat dari kulit buah naga dapat dilihat pada Tabel 1. Kulit buah naga memiliki pH mendekati 5. Warna dari kulit buah naga yang terukur menggunakan *Hunter lab colorimeter* menujukkan kecerahan (*Lightness*) yang rendah (16,65), warna kuning (*bI*) sebesar 4,61 dan memiliki warna merah (*a*) yang tinggi yaitu 23,89. Kadar betasianin dalam kulit buah naga adalah sebesar 150,46 ± 2,19 mg/100 g bahan kering dan angka ini menujukkan kemiripan dengan tepung bit yang dijual secara komersil. Sifat-sifat fisiko-kimia dari kulit buah naga dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 1. Komposisi Proksimat Kulit Buah Naga**

|  |  |
| --- | --- |
| **Parameter** | **Angka (%)** |
| Kadar Air | 92,65 |
| Protein | 0,95 |
| Lemak | 0,10 |
| Abu | 0,10 |
| Karbohidrat | 6,20 |

(Sumber : Jamilah *et al*, 2009)

Karbohidrat dalam dinding sel bahan pangan nabati dapat diidentifikasi lebih lanjut meliputi pektin, selulosa, lignin dan pati. Kadar pektin menurut Jamilah *et al* (2009) adalah sebesar 10,8% dimana angka ini lebih rendah daripada pektin yang didapatkan dari apel (11,7%). Kadar pati pada kulit buah naga sebesar 11,07% sedangkan kadar lignin adalah sebesar 9,25%

Total serat pada kulit buah naga sangatlah tinggi yaitu sekitar 69,3% dengan serat pangan tak larut sekitar 56,50% dan serat pangan yang larut sebesar 14,82%. Jumlah serat pada kulit buah naga ini lebih tinggi dibandingkan serat pada buah pir, jeruk, peach dan asparagus.

**Tabel 2. Sifat Fisiko-kimia Kulit Buah Naga**

|  |  |
| --- | --- |
| Komposisi | Harga |
| pH | 5,06 |
| °Brix (Total padatan terlarut) | 6,00 |
| Asam Tertitrasi (g/L) | 0,19 |
| Betasianin (mg/100 g Bahan Kering) | 150,46 |
| Asam oksalat (%) | 0,80 |
| Asam Sitrat (%) | 0,08 |
| Asam Malat (%) | 0,64 |
| Asam Suksinat (%) | 0,19 |
| Asam Fumarat (%) | 0,01 |

(Sumber : Jamilah *et al*, 2009)

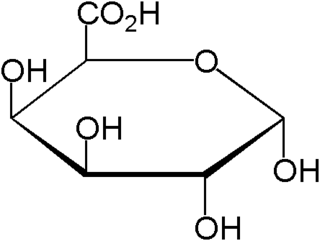
## Pektin

Pektin adalah substansi alami yang terdapat pada sebagian besar tanaman pangan. Selain sebagai elemen struktural pada pertumbuhan jaringan dan komponen utama dari lamella tengah pada tanaman, pektin juga berperan sebagai perekat dan menjaga stabilitas jaringan dan sel (Herbstreith dan Fox, 2015). Pektin merupakan senyawa polisakarida dengan bobot molekul tinggi yang banyak terdapat pada tumbuhan. Pektin digunakan sebagai pembentuk gel dan pengental dalam pembuatan jelly, marmalade, makanan rendah kalori dan dalam bidang farmasi digunakan untuk obat diare (*National Research Development Corporation*, 2004).

Kata pektin berasal dari bahasa Latin “pectos” yang berarti pengental atau yang membuat sesuatu menjadi keras/ padat. Pektin ditemukan oleh Vauquelin dalam jus buah sekitar 200 tahun yang lalu. Pada tahun 1790, pektin belum diberi nama. Nama pektin pertama kali digunakan pada tahun 1824, yaitu ketika Braconnot melanjutkan penelitian yang dirintis oleh Vauquelin. Braconnot menyebut substansi pembentuk gel tersebut sebagai asam pektat (Herbstreith dan Fox, 2015).

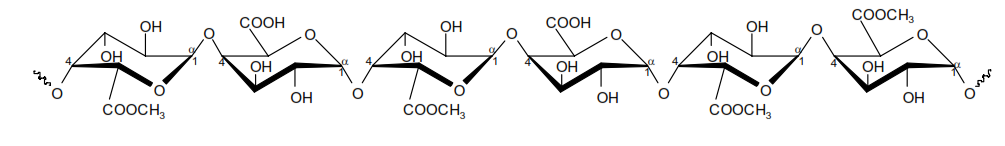
Pektin yang dimanfaatkan untuk makanan merupakan suatu polimer yang berisi unit asam galakturonat (sedikitnya 65%). Kelompok asam tersebut bisa dalam bentuk asam bebas, metil ester, garam sodium, kalium, kalsium atau ammonium, dan dalam beberapa kelompok pektin amida (IPPA, 2002). Komposisi kandungan protopektin, pektin, dan asam pektat di dalam buah sangat bervariasi tergantung pada derajat kematangan buah. Pada umumnya, protopektin yang tidak larut itu lebih banyak terdapat pada buah- buahan yang belum matang (Winarno, 1997).

**Gambar 1. Asam D-galakturonat**



Pektin secara umum terdapat di dalam dinding sel primer tanaman, khususnya di sela-sela antara selulosa dan hemiselulosa. Senyawa-senyawa pektin berfungsi sebagai perekat antara dinding sel yang satu dengan yang lain. Bagian antara dua dinding sel yang berdekatan tersebut dinamakan lamella tengah (Winarno, 1997).

Pektin tersusun atas molekul asam galakturonat yang berikatan dengan ikatan α- (1-4)-glikosida sehingga membentuk asam poligalakturonat. Gugus karboksil sebagian teresterifikasi dengan methanol dan sebagian gugus alkohol sekunder terasetilasi (Herbstreith dan Fox, 2015).

Komposisi dan sifat-sifat pektin akan bervariasi tergantung dari jenis buah dan cara mengekstraksi. Selama ekstraksi menggunakan larutan dengan keasaman lemah beberapa hidrolitik depolimerisasi dan hidrolisis dari gugus metil ester terjadi. Pektin dengan gugus karboksil yang setengahnya atau lebih berada dalam bentuk metil esternya (—COOCH3) termasuk kedalam pektin bermetoksil tinggi atau *high-methoxyl pectin* (HMP) sedangkan pektin dengan gugus karboksil yang termetilasi kurang dari setengahnya (< 50%) disebut dengan pektin bermetoksil rendah atau *Low Methoxyl Pectin* (LMP). Persentase gugus karboksil yang ter-esterifikasi oleh methanol disebut juga dengan derajat esterifikasi (DE) atau derajat metoksilasi (DM) (Damodaran *et, al*, 2008).

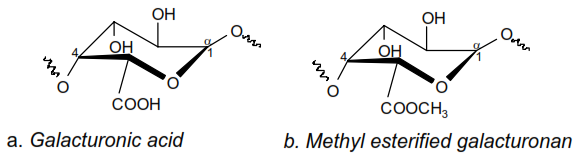
**Gambar 2. Struktur Asam Poligalakturonat**

Sifat fisik pektin tergantung dari karakteristik kimia pektin. Faktor yang mempengaruhi pembentukan gel dengan tingkat kekenyalan dan kekuatan tertentu meliputi pH, konsentrasi pektin, suhu, ion kalsium, dan gula (Chang dan Miyamoto, 1992). Kekentalan larutan pektin mempunyai kisaran yang cukup lebar tergantung pada konsentrasi pektin, garam, dan ukuran rantai asam poligalakturonat (Rouse, 1977).

Pektin dengan kadar metoksil lebih rendah dari 7% dapat membentuk gel bila ada ion-ion logam bivalen. Ion logam bivalen dapat bereaksi dengan gugus-gugus karboksil dari dua molekul asam pektat dan membentuk jembatan. Pada pembentukan gel ini, tidak diperlukan gula dan tekstur gel yang terbentuk kurang keras (Guichard et al., 1991).

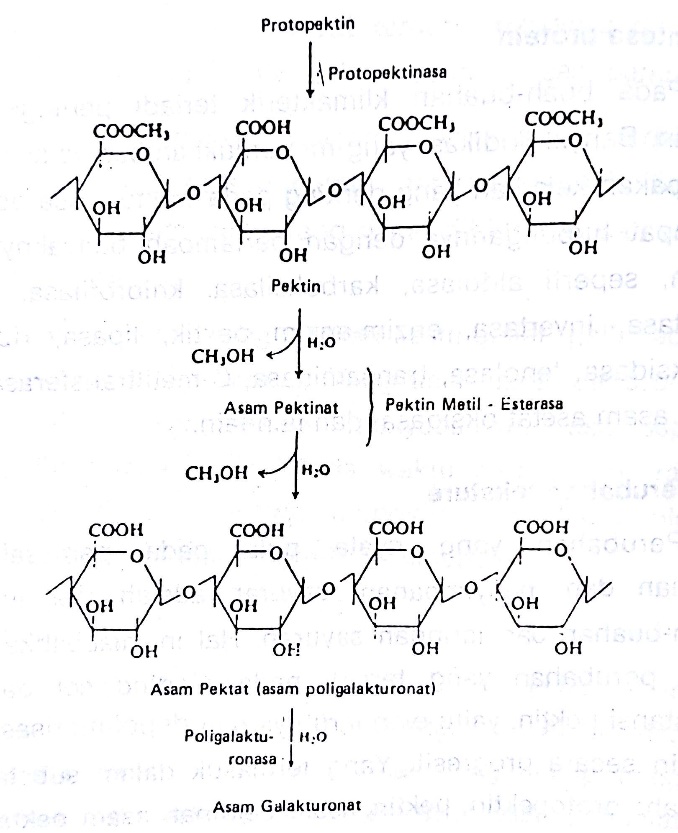
Pektin dalam sel tumbuhan terdiri dari tiga struktur utama yang berupa gabungan dari karbohidrat yaitu homogalakturonat (HGA), rhamnogalakturonat I (RG-I) dan rhamnogalakturonat II (RG-II). Selama proses ekstraksi berlangsung terdapat kecenderungan RG-I dan RG-II untuk terputus sehingga pektin yang didapatkan 70% nya dapat berupa asam galakturonat saja (Imeson, 2010).

HGA adalah homopolimer linear yang asam galakturonat yang memiliki ikatan rantai alfa 1→4 (*1→4-α-linked*) dan diperkirakan memiliki 100 – 200 gugus asam galakturonat. Polimer-polimer ini disintesis dalam *apparatus Golgi* yang kemudian dipindahkan ke lamella tengah lalu kemudian ke dinding primer dari tumbuhan. HGA yang baru disintesis memiliki kandungan metil ester yang sangat tinggi, namun jumlah ini akan menurun saat perpindahan menuju dinding sel yang diakibatkan adanya aktifitas dari enzim *Pectin methyl-esterase* yang akan menyebabkan de-esterifikasi pada HGA sehingga menyebabkan derajat metil-esterifikasi (DM) pada HGA sebesar 60 – 90% tergantung kepada jenis buah, keadaan dinding sel dan tingkat kematangan dari tanaman tersebut. Esterifikasi oleh gugus metil terjadi pada atom C keenam. Struktur dari asam galakturonat dengan berbagai macam kondisi dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar A pada gambar 3 menunjukkan asam galakturonat yang tidak mengalami esterifikasi oleh metil. Hal ini dapat dilihat pada atom C ke enam yang memiliki gugus karboksil (—COOH) sedangkan pada gambar B, asam galakturonat mengalami metil esterifikasi.

Gambar A menunjukkan asam galakturonat yang tidak mengalami esterifikasi sedangkan Gambar B menunjukkan asam galakturonat yang mengalami metil esterifikasi. RG-I merupakan region yang sangat bercabang sehingga sering disebut sebagai *hairy region*.

**Gambar 3. Struktur asam galakturonat yang menyusun blok dari HGA.**

Buah-buahan dan sayuran selama proses pematangan dan pemasakan mengalami beberapa perubahan baik secara fisik maupun kimia seperti melunaknya tekstur buah, perubahan warna, perubahan kadar gula, perubahan kadar asam pada buah dan lain lain. Perubahan tekstural pada buah merupakan hasil dari degradasi structural yang disebabkan oleh kerja enzim. Degradasi oleh enzim ini biasanya terjadi terhadap beberapa polisakarida-polisakarida dinding sel seperti pektin, selulosa dan hemiselulosa. Pada buah-buahan yang diketahui mengalami pelunakan selama proses pematangan dinding sel mengalami modifikasi seperti perubahan kelarutan, deesterifikasi dan depolimerisasi yang dibarengi dengan hilangnya gula-gula netral dan asam galakturonat kemudian diikuti dengan pelarutan residu-residu gula yang tersisa dan oligosakarida (Prasanna *et al*, 2007).

Selama *ripening*,pelunakan pada tekstur buah disebabkan oleh berubahnya protopektin yang tidak larut dan memiliki berat molekul yang tinggi menjadi pektin yang terikat secara lemah kepada dinding sel. Menurut Tandon dan Kalra dalam Prasanna *et al* (2007) kadar protopektin pada buah mangga meningkat selama proses menuju kematangan fisiologis namun menurun selama pemasakan (*ripening*).

**Gambar 4. Perombakan Protopektin**

Sumber : Apandi, 1984

Perubahan-perubahan dari komposisi dinding sel pada buah yang disertai dengan pelunakan pada buah selama pemasakan disebabkan oleh kerja dari enzim *carbohydrate hydrolases*. Enzim-enzim ini terdapat dalam jumlah sedikit namun ketika proses pematangan berjalan, aktivitas dari enzim-enzim ini meningkat terutama enzim yang menghidrolisis dinding sel dari buah-buahan.

Enzim yang mendegradasi pektin diketahui merupakan enzim yang paling berperan dalam proses pelunakan dari dinding buah-buahan. Meningkatnya kelarutan dari substansi pektin, hilangnya kekokohan dari daging buah dan meningkatnya aktivitas dari enzim poligalakturonase (PG) selalu menyertai proses pematangan pada buah-buahan. Enzim PG merupakan enzim yang berperan dalam pemecahan kompleks-kompleks polisakarida yang tidak larut menjadi larut dengan mengurangi ikatan rantai yang berikatan silang dengan (*cross linked*) dengan kalsium.

Poligalakturonase (PG) merupakan enzim yang berperan penting dalam meningkatnya kelarutan dari pektin secara *in vivo*. PG merupakan enzim yang menghidrolisis asam poligalakturonat. Kecepatan hidrolisis dari enzim ini tergantung kepada derajat polimerisasi dan ukuran molecular dari substrat. Enzim PG menghidrolisis ikatan glikosida pada posisi α-1,4. Menurut Grierson dalam Prasanna (2007) pada buah tomat yang belum mencapai tahap masak tidak terdeteksi adanya aktivitas endo-PG. Absennya aktivitas PG pada tomat yang belum masak mengindikasikan bahwa enzim PG dan degradasi pektin belum terjadi pada tahap ini sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin masak buah, maka aktivitas enzim PG pada buah semakin tinggi yang berarti semakin tinggi pula degradasi asam poligalakturonat. Hal tersebut juga berlaku terhadap buah naga dimana ditunjukkan oleh penelitian yang dilakukan oleh Awang dkk (2013) dimana pada indeks kematangan 3 (28 hari setelah athesis) aktivitas PG pada buah naga sebesar 4.16 nkat/g sedangkan pada indeks kematangan 5 (34 hari setelah anthesis) aktivitas PG menunjukkan angka 5.38 nkat/g. Data tersebut menunjukkan bahwa semakin matang buah naga maka semakin tinggi pula aktivitas PG.

Selama pematangan terjadi pula proses deesterifikasi yaitu proses penghilangan gugus meil ester dari gugus galakturonat yang ter-esterifikasi. Proses deesterifikasi ini dikatalis oleh enzim *pectinmethylesterase* (PME) (EC 3.1.1.11). Aktivitas enzim PME selama pemasakan diketahui berbeda-beda pada masing-masing buah tergantung kepada varietasnya. Aktivitas PME selama pemasakan buah dapat mengalami peningkatan (Aina dan Oladunjoye, 1993), penurunan (Prabha *et al*, 2000), atau konstan (Ahmed dan Labavitch, 1989). Menurut Prasanna (2007) aktivitas PME pada tomat meningkat selama proses pemasakan. Menurut penelitian Awang dkk (2013) aktivitas PME pada buah naga merah selama pematangan mengalami penurunan dimana pada indeks kematangan 3, aktivitas PME pada buah naga sebesar 51.18 neqv g-1 s-1 sedangkan pada indeks kematangan 5 aktivitas PME adalah sebesar 37.86 neqv g-1 s-1. Aktivitas PME juga diteliti oleh Liaotrakoon (2013) dengan menggunakan prosedur titrasi alkalimetri menggunakan NaOH 0.01 N. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa aktivitas PME pada kulit buah naga merah sebesar 2.20 ± 0.05%

Pektin yang telah dilarutkan dapat mengalami depolimerisasi maupun deesterifikasi jika kondisinya kurang sesuai. Kondisi ini meliputi pH dan suhu. Larutan pektin dapat pula mengalami kerusakan yang disebabkan oleh mikroba dan enzim-enzim. Kestabilan terbaik pada pektin adalah pada pH 4. Pada pH dibawah 3 gugus metil ester dan ikatan glikosida dari asam galakturonat dapat mengalami hidrolisis. Di atas pH 4.5 pektin dapat mengalami depolimerisasi karena β-eliminasi. Pada pH yang lebih tinggi lagi gugus metil ester dapat terputus karena saponifikasi

Pembentukan gel dari pektin dengan derajat metilasi tinggi dipengaruhi juga oleh konsentrasi pektin, persentase gula, dan pH. Semakin besar konsentrasi pektin, semakin keras gel yang terbentuk. Konsentrasi 1% telah menghasilkan kekerasan yang cukup baik. Gula yang ditambgugus hiahkan tidak boleh lebih dari 65% agar terbentuknya kristal-kristal di permukaan gel dapat dicegah (Guichard et al., 1991). Pembentukan gel pektin metoksil tinggi terjadi melalui ikatan hidrogen diantara gugus karboksil bebas dan antara droksil. Pada pektin metoksil rendah, kemampuan membentuk gel dengan gula dan asam hilang. Sebaliknya pektin ini mampu membentuk gel dengan adanya ion kalsium (Gliksman, 1969).

Tahapan-tahapan dalam pembuatan pektin yaitu persiapan bahan, ekstraksi, penggumpalan, pencucian, dan pengeringan. Metode yang digunakan untuk mengekstrak pektin dari jaringan tanaman sangat beragam. Akan tetapi pada umumnya ekstraksi pektin dilakukan dengan menggunakan ekstraksi asam. Beberapa jenis asam dapat digunakan dalam ekstraksi pektin. Menurut Walter (1991), asam yang digunakan dalam ekstraksi pektin adalah asam tartrat, asam malat, asam sitrat, asam laktat, asam asetat, asam fosfat tetapi ada kecenderungan untuk menggunakan asam mineral yang murah seperti asam sulfat, asam khlorida, dan asam nitrat.

Pektin komersil biasanya diekstrak dari kulit jeruk yang mengandung pektin sebanyak 25%. Bahan baku yang akan digunkan biasanya mengalami praperlakuan seperti pembersihan, pencucian, inaktivasi enzim dimetilasi dan depolimerisasi, pengeringan, pengecilan ukuran dan penyimpanan. Bahan baku tersebut kemudian dipanaskan secara refluks menggunakan berbagai macam asam sambil sesekali diaduk untuk beberapa jam. Asam yang digunakan akan mengubah protopektin menjadi pektin. Semakin asam suasana saat ekstraksi maka semakin banyak *yield* pektin yang dihasilkan namun jika terlalu asam maka kemungkinan terjadinya deteriorasi terhadap karakteristik fisik pektin menjadi lebih besar. Setelah pemanasan refluks selama 2 – 10 jam dengan suhu 50 – 100℃ kemudian dilakukan dekantasi atau penyaringan kemudian didinginkan. Pektin diisolasi dengan cara penggumpalan menggunakan alkohol dan kemudian endapan tersebut dicuci menggunakan alkohol (Walter, 1991).

Ekstraksi pektin sayur-sayuran dan buah-buahan dilakukan pada kisaran pH 1.5 sampai 3.0 dengan suhu pemanasan 60 - 100℃ selama setengah jam sampai satu setengah jam (Towle dan Christensen,1973).

Proses penggumpalan pektin merupakan suatu proses pemisahan pektin dari larutannya. Pektin adalah koloid hidrofilik yang bermuatan negatif dan tidak mempunyai titik isoelektrik seperti kebanyakan koloidal hidrofilik. Pektin lebih utama distabilkan oleh hidrasi partikelnya daripada muatannya. Penambahan etanol dapat mendehidrasi pektin dan mengganggu stabilitas larutan koloidalnya dan akibatnya pektin akan terkoagulasi (Rouse, 1977).

Pektin yang diproduksi secara komersil biasanya memiliki warna pucat atau putih dengan bentuk *powder* yang dapat larut dalam air dan membentuk larutan yang kental. Pektin dalam kondisi yang memenuhi persyaratan pengolahan jel (pH rendah dan bergula tinggi) akan membentuk gel dengan segera. Selai (*jam*) merupakan produk tradisional yang menggunakan pektin, namun sekarang pektin telah banyak digunakan seperti penstabilan protein pada yogurt, *soft drink* dengan susu bahkan digunakan juga untuk peralatan medis yang kontak dengan kulit manusia (Walter, 1991). Kualitas mutu pektin berdasarkan IPPA (2002) dapat dilihat pada Tabel 3.

Pektin dengan kadar metoksil tinggi utamanya digunakan sebagai *gelling* *agent* pada produk dengan bahan dasar buah terutama pada produk-produk seperti selai dan awetan buah. Aplikasi *high methoxyl pectin* lain adalah untuk produk *dessert* yang terbuat dari susu, preparasi buah untuk yogurt dan *glzing* tart, produk konfeksioneri berupa jelly, selai tahan panas untuk produk *bakery*, *stabilizer* untuk produk susu yang diasamkan, jus buah maupun *soft drink* (Stephen, 2006).

**Tabel 3. Standar Mutu Pektin**

|  |  |
| --- | --- |
| Faktor Mutu | Kadar |
| Kadar Air | Maks. 12% |
| Kadar abu | Maks. 10% |
| Berat ekivalen | 600 – 800 mg |
| Kandungan metoksi   * Pektin Metoksi Tinggi * Pektin metoksi rendah | > 7,12%  2,5 – 7,12% |
| Kadar asa galakturonat   * Pektin ester tinggi * Pektin ester rendah | Min. 50%  Maks 50% |
| Kekuatan gel | Min. 150 *grade* |
| Bilangan asetil | 0,15 – 0,45% |

(Sumber : *International Pectin Producers Association*, 2002)

Pektin dengan kadar metoksil rendah (LMP) biasa digunakan untuk menyiapkan jel dengan kadar padatan terlarut yang dikurangi, penstabil untuk produk *jam*  dan jelly berkadar gula rendah, jel buah untuk digunakan dalam es krim, sebagai *food coating* dan sebagai pengental untuk sirup dari produk sayur atau buah yang dikalengkan (Stephen, 2006).

## Derajat Metil-Esterifikasi

Faktor yang sangat penting yang mempengaruhi sifat-sifat dari pektin adalah derajat metil-esterifikasi (DM). Derajat metil-esterifikasi merupakan persentase jumlah residu asam D-galakturonat yang gugus karboksilnya teresterifikasi dengan etanol. Nilai derajat metil-esterifikasi pektin diperoleh dari nilai kadar metoksil dan kadar asam galakturonat. Persentase dari kelompok karboksil teresterifikasi oleh methanol dinamakan derajat esterifikasi (Damodaran *et al*, 2008).

Derajat Esterifikasi didefinisikan sebagai rasio dari gugus asam galakturonat yang teresterifikasi oleh metil terhadap total asam galakturonat dalam sejumlah sampel pektin. Jumlah dan distribusi dari gugus metil ester ini memiliki peranan penting terhadap kelarutan, sifat pengental, kemampuan membentuk gel, kondisi yang dibutuhkan untuk pembentukan gel, bentuk akhir dari gel dan juga berperan dalam ketegaran dan kohesifitas dari dinding sel tumbuhan. Pektin yang diekstrak biasanya memiliki DE sebesar 55 dan 75% tergantung terhadap spesies, kematangan bahan baku, suhu dan pH saat ekstraksi berlangsung (Stephen, 2006)

## Kadar Metoksil

Kadar metoksil didefinisikan sebagai jumlah metanol yang terdapat di dalam pektin. Pektin disebut bermetoksil tinggi jika memiliki nilai kadar metoksil sama dengan 7% atau lebih. Jika kadar metoksil kurang dari 7% maka pektin disebut bermetoksil rendah (Goycoolea dan Adriana, 2003).

Kadar metoksil pektin memiliki peranan penting dalam menentukan sifat fungsional larutan pektin dan dapat mempengaruhi struktur dan tekstur dari gel pektin (Constenla dan Lozano, 2006). Pektin bermetoksil tinggi membentuk gel dengan adanya gula dan asam. Kondisi yang diperlukan untuk pembentukan gel adalah kadar gula 58-75% dengan pH 2.8-3.5. Pektin bermetoksil rendah tidak memiliki kemampuan membentuk gel dengan adanya gula dan asam, tetapi dapat membentuk gel dengan adanya kation polivalen (Cruess, 1958).

Pektin yang diproduksi secara industri biasanya menghasilkan pektin bermetoksil tinggi meskipun ada tanaman yang menghasilkan pektin bermetoksil rendah. Ada empat metode demetilasi termasuk yang menggunakan asam, alkali, enzim dan amonia dalam etanol. Demetilasi dengan menggunakan asam lebih umum digunakan untuk menghasilkan pektin bermetoksil rendah (Walter,1991). Ekstraksi pektin bermetoksil tinggi lebih mudah dilakukan dengan biaya yang lebih murah. Selain itu, sebagian besar sumber bahan bakunya menghasilkan pektin yang bermetoksil tinggi. Pektin bermetoksil tinggi lebih dianggap dapat memenuhi kebutuhan pasar. Jika pasar menginginkan pektin bermetoksil rendah, maka dengan mudah pektin bermetoksil tinggi dapat dirubah menjadi pektin bermetoksil rendah. Tetapi tidak sebaliknya pada pektin bermetoksil rendah yang lebih sulit untuk dijadikan pektin bermetoksil tinggi.

Tingkat kemasakan buah mempengaruhi derajat metil-esterifikasi pada pektin. Hal ini disebabkan karena adanyaaktivitas enzim *pectin methylesterase* (PME) yang mengkatalis hidrolisis dari gugus-gugus metil ester pada pektin sehingga terjadi proses deesterifikasi. PME merupakan enzim spesifik yang akan melepaskan gugus metoksil dari pektin yang termetilasi.

## Kadar Galakturonat

Kadar galakturonat dan muatan molekul pektin memiliki peranan penting dalam menentukan sifat fungsional larutan pektin. Kadar galakturonat dapat mempengaruhi struktur dan tekstur dari gel pektin (Constenla dan Lozano, 2006).

## Kadar Abu

Abu merupakan bahan anorganik yang diperoleh dari residu atau sisa pembakaran bahan organik. Kandungan mineral suatu bahan dapat dilihat dari kadar abu yang dimiliki bahan tersebut. Kadar abu berpengaruh pada tingkat kemurnian pektin. Semakin tinggi kadar abu dalam pektin, tingkat kemurnian pektin semakin rendah. Jika kadar abu dalam tepung pektin tinggi, maka persentase kandungan pektin yang terdapat didalamnya semakin rendah dan tingkat kemurnian tepung pektin tersebut juga rendah. Kadar abu pektin dipengaruhi oleh residu bahan anorganik yang terdapat pada bahan baku, metode ekstraksi dan isolasi pektin (Kalapathy dan Proctor, 2001).

Kadar abu merupakan salah satu parameter mutu pektin. Semakin rendah kadar abu, maka mutu pektin semakin tinggi. Perlakuan ekstraksi selama 40 dan 60 menit menghasilkan kadar abu pektin yang sesuai dengan nilai standar yaitu tidak lebih dari 1 %.

## Berat Ekivalen

Berat ekivalen merupakan ukuran terhadap kandungan gugus asam galakturonat bebas (tidak teresterifikasi) dalam rantai molekul pektin (Ranganna, 1977). Asam pektat murni merupakan zat pektat yang seluruhnya tersusun dari asam poligalakturonat yang bebas dari gugus metil ester atau tidak mengalami esterifikasi. Asam pektat murni memiliki berat ekivalen 176. Tingginya derajat esterifikasi antara asam galakturonat dengan methanol menunjukkan semakin rendahnya jumlah asam bebas yang berarti semakin tingginya berat ekivalen (Rouse, 1977).

Kim *et al* (1978) menjelaskan semakin rendah suhu yang digunakan akan memperkecil terjadinya depolimerisasi dan demetilasi. Menurut Padival (1979), karakteristik gel dan bobot molekul akan menurun dengan meningkatnya suhu ekstraksi. Semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu ekstraksi akan memperbesar kemungkinan terjadinya depolimerisasi pektin sehingga memiliki nilai berat ekivalen yang semakin rendah

III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan mengenai (1) Bahan dan Alat Penelitian, (2) Metode Penelitian, dan(3) Deskripsi Penelitian

## Bahan dan Alat Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah buah naga merah dan putih matang yang dibeli dari perkebunan buah naga “Geulis” milik Bapak Ruri yang terletak di Cijambe, Subang dengan usia buah tiga hari setelah pemetikan kemudian diambil kulitnya, asam oksalat, asam sitrat, asam asetat, aquadest, NaOH 0,1 N, HCl pekat, NaCl, etanol 96%, isopropanol dan aseton yang dibeli di toko kimia Sakura

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah pisau, *waring blender*, *tunnel dryer*, *blender* penghalus (IKA Labortechnik Staufen), gelas kimia, batang pengaduk, penangas air, kertas saring, corong, kain saring, baskom, kaca arloji, eksikator, timbangan dan alat-alat untuk analisis

## Metode Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan dibagi menjadi dua tahap yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama.

* + 1. Penelitian Pendahuluan

Tujuan dari penelitian pendahuluan ini adalah untuk menentukan jenis buah naga yang menghasilkan pektin terbanyak. Jenis buah naga yang digunakan adalah buah naga putih dan buah naga merah. Kulit buah naga yang paling banyak menghasilkan pektin akan digunakan pada penelitian utama. Proses ekstraksi dilakukan dengan menggunakan pH 4,0; suhu 90℃ dengan lama ekstraksi satu jam.

Asam yang digunakan pada penelitian pendahuluan adalah asam sitrat. Ekstrak yang didapatkan kemudian masing-masing diendapkan menggunakan aseton dengan perbandingan ekstrak dan penggumpal 1 : 2 dan dibiarkan selama 24 jam. Endapan yang didapat kemudian disaring, dicuci menggunakan alkohol 96% sebanyak lima kali kemudian menggunakan aseton dan dikeringkan. Pektin kering yang didapatkan kemudian dihancurkan sehingga diperoleh serbuk pektin.

* + 1. Penelitian Utama

Pada penelitian utama ini akan dilakukan percobaan untuk menganalisis karakekteristik pektin menggunakan jenis asam dan jenis penggumpal yang berbeda dengan terhadap kulit dari jenis buah naga yamg telah terpilih dipenelitian pendahuluan

* + - 1. Rancangan Perlakuan

Rancangan perlakuan pada penelitian ini terdiri dari dua faktor yaitu jenis penggumpal dan jenis pengasam.

Faktor Perlakuan:

a. Jenis penggumpal untuk ekstraksi pektin kulit buah naga (P) terdiri dari tiga taraf yaitu:

(1) p1 = Etanol 96%

(2) p2 = Aseton

(3) p3 = Isopropanol

b. Jenis pengasam (K) terdiri dari tiga taraf yaitu :

(1) k1 = Asam oksalat

(2) k2 = Asam Sitrat

(3) k3 = Asam Asetat

* + - 1. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang dilakukan pada penelitian ini adalah pola faktorial rancangan acak kelompok (RAK) dengan pola faktorial 3 x 3 dengan tiga kali pengulangan dengan faktor jenis penggumpal (p) dan jenis pengasam .

Model percobaan yang akan digunakan untuk penelitian ekstraksi pektin kulit buah naga ini adalah sebagai berikut :

Yijk = µ + C + Pi + Kj + (PK)ij + Єijk

Keterangan :

Yijk = Nilai pengamatan pada kelompok ke-k yang memperoleh taraf ke-i dari faktor P dan taraf ke-j dari faktor K

µ= Nilai rata-rata yang sesungguhnya

C = Banyaknya ulangan (1,2,3)

Pi = Pengaruh aditif dari jenis penggumpal ke-i

Kj = Pengaruh aditif jenis pengasam ke-j

(PK) ij = Pengaruh interaksi dari jenis penggumpal ke-i dan taraf jenis pengasam ke-j.

Єijk = Pengaruh galat pada kelompok ke-k yang memperoleh taraf ke-i faktor penggumpal (P) dan taraf ke-j faktor jenis pengasam (K). (Gasperz, 1995)

Model rancangan percobaan dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

**Tabel 4. Model Rancangan Percobaan faktorial 3x3 dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Penggumpal (P)** | **Jenis Asam (K)** | **Ulangan** | | |
| 1 | 2 | 3 |
| p1 | (k1) | p1k1 | p1k1 | p1k1 |
| (k2) | p1k2 | p1k2 | p1k2 |
| (k3) | p1k3 | p1k3 | p1k3 |
| p2 | (k1) | p2k1 | p2k1 | p2k1 |
| (k2) | p2k2 | p2k2 | p2k2 |
| (k3) | p2k3 | p2k3 | p2k3 |
| p3 | (k1) | p3k1 | p3k1 | p3k1 |
| (k2) | p3k2 | p3k2 | p3k2 |
| (k3) | p3k3 | p3k3 | p3k3 |

**Tabel 5. Layout Percobaan RAK faktorial 3x3 dengan tiga kali ulangan**

Kelompok Ulangan I

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| p2k2 | p1k2 | p3k1 | p1k3 | p3k2 | p1k1 | p3k3 | p2k1 | p2k3 |

Kelompok Ulangan II

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| p1k2 | p2k2 | p1k3 | p3k2 | p2k3 | p2k1 | p1k1 | p3k3 | p3k1 |

Kelompok Ulangan III

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| p3k1 | p1k3 | p2k2 | p3k2 | p1k1 | p2k1 | p2k3 | p1k2 | p3k3 |

* + - 1. Rancangan Analisis

Berdasarkan rancangan percobaan diatas, maka diibuat analisis variasi (ANOVA) untuk mendapatkan kesimpulan mengenai pengaruh perlakuan. Tabel ANOVA dapat dilihat pada Tabel 5. Selanjutnya ditemukan daerah penolakan hipotesa, yaitu :

a. H0, diterima, jika F hitung ≤ F tabel pada taraf 5% yang berarti tidak terdapat pengaruh yang nyata atau tidak ada pengaruh, jenis penggumpal dan jenis asam terhadap karakteristik pektin kulit buah naga.

b. H0, ditolak, jika F hitung > F tabel pada taraf 5% yang berarti terdapat pengaruh yang nyata atau ada pengaruh jenis penggumpal dan jenis asam terhadap karakteristik pektin kulit buah naga

c. Rancangan percobaan dilakukan apabila terdapat pengaruh antara rata-rata dan masing-masing perlakuan (F hitung > F tabel) adalah melakukan uji lanjut dengan menggunakan uji lanjut Duncan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan (Gasperz, 1995).

Sidik ragam (ANAVA) dapat dilihat pada Tabel 6.

* + - 1. Rancangan Respon

Rancangan respon yang dilakukan pada penelitian utama untuk pektin kulit buah naga yaitu respon kimia yang terdiri dari:

1. Berat Ekivalen (Ranganna, 1977)
2. Kadar Metoksil (Ranganna, 1977)
3. Kadar Galakturonat (Ranganna, 1977)
4. Derajat Esterifikasi (Ranganna, 1977)
5. *Grade* Pektin (Ranganna, 1977)
6. *Yield* Pektin (Vogel, A.I. 1996)

**Tabel 6. Sidik Ragam (ANAVA)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Keragaman** | **DB** | **Jk** | **KT** | **F Hitung** | **F Tabel 5%** |
| Kelompok  Perlakuan  Faktor P  Faktor K  Faktor PK  Galat | (r-1)  (dp-1)  (p-1)  (k-1)  (p-1)(k-1)  (r -1 )(pk-1) | JKK  JKP  JK(p)  JK(k)  JK(pk)  JKG | -  -  KT(p)  KT(k)  KT(pk)  KTG | -  -  KT(p)/KTG  KT(k)/KTG  KT(pk)/KTG  - |  |
| Total | rpk-1 | JKT | - | - | - |

## Deskripsi Penelitian

Prosedur penelitian pendahuluan ekstraksi pektin kulit buah naga yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3 sedangkan prosedur peneliian utama dapat dilihat pada Gambar 4. Uraian dan deskripsi dari proses percobaan adalah sebagai berikut:

* + 1. Penghancuran

Kulit buah naga sebanyak 266,9039 gram (berat basah) yang telah dipisahkan dari dagingnya dipotong-potong kecil menggunakan pisau *stainless steel* lalu dilakukan penghancuran menggunakan *waring* *blender* dengan penambahan air sebanyak 200 ml. Tujuan dari penghancuran ini adalah untuk memperluas kontak permukaan antara bahan dengan asam saat ekstraksi sehingga proses ekstraksi menjadi lebih optimal.

* + 1. Ekstraksi

Bubur kulit buah naga yang diperoleh terlebih dahulu ditimbang. Setelah itu dimasukkan kedalam gelas kimia lalu ditambahkan aquadest hingga 800 ml dan ditambahkan asam sesuai dengan perlakuan dengan perbandingan sari dan asam adalah sebesar 1 : 0,1. Sari dari kulit buah naga tersebut kemudian diekstraksi pada suhu 90℃ selama satu jam didalam *waterbath* sambil diaduk. Perhitungan waktu dimulai saat suhu larutan mencapai 90℃.

* + 1. Penyaringan

Campuran hasil ekstraksi terlebih dahulu didinginkan.Campuran yang telah dingin kemudian disaring menggunakan kain saring yang cukup tebal untuk memisahkan ampas dan filtrat hasil penyaringan. Penyaringan dilakukan berkali-kali sampai didapat filtrat sebanyak mungkin

* + 1. Isolasi Pektin

Filtrat yang telah didapatkan kemudian ditambahkan penggumpal dengan perbandingan pengendap dan filtrat 0,1 : 1. Endapan yang telah didapat kemudian didiamkan selama 24 jam.

* + 1. Penyaringan

Endapan pektin yang telah diendapkan selama 24 jam kemudian disaring menggunakan kain saring untuk memisahkan pengendap dan filtrat. Penyaringan dilakukan berulang hingga hampir seluruh etanol dan air terpisahkan dari endapan pektin. Endapan yang diperoleh kemudian ditekan tekan hingga memadat dan seluruh zat pengendapnya telah terpisahkan dari endapan

* + 1. Pencucian Pektin

Pektin basah yang diperoleh dari proses penyaringan kemudian dicuci menggunakan larutan pencuci. Pencucian dilakukan dengan cara membasahi pektin basah dengan larutan pencuci dan ditekan-tekan di atas kain saring hingga gel yang awalnya basah terasa lebih memadat. Pencucian dilakukan berdasarkan Koubala (2008) yaitu dengan menggunakan etanol 70% sebanyak lima kali, etanol 96% dan terakhir menggunakan aseton.

* + 1. Pengeringan Pektin Basah dan Penggilingan

Pengeringan dilakukan menggunakan *tunnel drier* dengan suhu 40 – 60℃ selama 24 jam. Setelah diperoleh pektin yang kering, kemudian dilakukan penggilingan untuk mendapatkan tepung pektin.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian Pendahuluan



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian Utama

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan mengenai : (1) Penelitian Pendahuluan dan (2) Penelitian Utama.

## Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui jenis buah naga mana yang akan digunakan. Penelitian pendahuluan ini dilakukan dengan cara membandingkan jumlah pektin yang dihasilkan dari masing-masing kulit buah naga. Buah naga yang digunakan adalah buah naga putih dan buah naga merah.

Pengerjaan penelitian pendahuluan dilakukan dengan dua kali ulangan pada hari yang sama. Hasil penelitian pendahuluan dapat dilihat pada tabel 7.

**Tabel 7. Hasil Penelitian Pendahuluan**

|  |  |
| --- | --- |
| Jenis Buah Naga | Rendemen (%) |
| Merah | 38.86 |
| Putih | 27.54 |

Data pada tabel 7 menunjukkan bahwa buah naga yang akan digunakan pada penelitian utama adalah buah naga merah karena memiliki rendemen rata-rata yang lebih besar yaitu 38,86 ± 0.14% dibandingkan kulit buah naga putih yang memiliki rendemen rata-rata sbesar 27,54 ± 0.28%.

Perbedaan jumlah pektin yang didapatkan dapat disebabkan karena perbedaan karakteristik pada buah naga yang digunakan. Belum ada penelitian dan data yang menjelaskan mengenai perbedaan jumlah pektin antara buah naga merah dan buah naga putih, namun pernyataan ini diperkuat dengan adanya penelitian Adzim *et al* (2011) mengenai perbandingan aktivitas antioksidan pada kulit buah naga merah

dan putih yang menyatakan bahwa kedua kulit buah naga tersebut memiliki kandungan fenolik yang berbeda pada pelarut dimetil sulfit yaitu 0,4760 mg fenolik/100 mg asam galat untuk buah naga merah dan 0,3754 mg fenolik/100 mg asam galat. Data penelitian tersebut menunjukkan bahwa kulit buah naga merah dan putih memiliki karakteristik yang berbeda sehingga memungkinkan juga terdapat perbedaan karakteristik pada banyaknya pektin yang terkandung.

## 4.2. Penelitian Utama

Penelitian utama yang dilakukan adalah untuk mengetahui pengaruh dari jenis asam dan jenis penggumpal yang digunakan terhadap *yield*, karakteristik kimia pektin dan *grade* pektin yang dihasilkan dari kulit buah naga merah. Karakteristik kimia pektin yang dianalisis meliputi berat ekivalen, kadar metoksil, kadar galakturonat dan derajat esterifikasi.

**4.2.1. *Yield* Pektin**

Hasil dari analisis variasi (ANAVA) terhadap *yield* pektin kulit buah naga menunjukkan bahwa terdapat pengaruh dari jenis asam (k) jenis penggumpal (p) dan interaksi keduanya. Tabel 8 menunjukkan pengaruh jenis asam (k), jenis penggumpal (p) dan interaksi keduanya.

Uji lanjut Duncan terhadap jenis pengasam menunjukkan bahwa jenis pengasam asam oksalat memiliki perbedaan yang nyata terhadap *yield* pektin kulit buah naga dibandingkan dengan asam asetat dan asam sitrat sedangkan asam asetat dan asam sitrat tidak memiliki perbedaan nyata terhadap *yield* pektin kulit buah naga.

**Tabel 8. Pengaruh jenis pengasam (k), jenis penggumpal (p) dan interaksi keduanya terhadap yield pektin kulit buah naga merah (%)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Jenis Penggumpal | Jenis Pengasam (%) | | |
| k1 Asam Oksalat | k2  Asam Sitrat | k3 Asam Asetat |
| p1 (etanol 96%) | A | C | B |
| 38.943 | 43.914 | 37.909 |
| a | b | a |
| p2 (aseton) | A | B | C |
| 41.416 | 38.823 | 44.348 |
| ab | a | b |
| p3 (isopropanol) | A | A | A |
| 40.481 | 32.255 | 26.243 |
| c | b | a |

**Keterangan :** Huruf kecil dibaca secara horizontal sedangkan huruf kapital dibaca secara vertikal. Huruf yang berbeda menyatakan adanya perbedaan nyata berdasarkan uji lanjut Duncan dengan taraf 5%

Kondisi ekstraksi pektin kulit buah naga merah dilakukan dengan jenis asam yang berbeda namun dengan pH yang diseragamkan yaitu pada pH 4.0. Hal ini dilakukan agar dapat melihat pengaruh nyata dari asam yang digunakan terhadap *yield* dan karakteristik kimia pektin yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis asam yang digunakan dapat mempengaruhi *yield* dari pektin kulit buah naga yang dihasilkan. Hal ini dijelaskan dalam hasil studi Sudhakar & Maini (2000) bahwa tidak hanya pH saja yang dapat mempengaruhi *yield* dari ekstraksi pektin, namun jenis dan sifat asal asam yang digunakan dapat mempengaruhi *yield* karena perbedaan kemampuan penetrasi asam kedalam struktur sel tersebut untuk merubah protopektin yang tidak larut menjadi senyawaan pektin larut yang kemudian diendapkan oleh pelarut organik. Menurut Sudhakar dan Maini (2000) penggunaan asam yang berbeda dapat mempengaruhi *yield* pektin karena setiap asam mempunyai konstanta disosiasi yang berbeda dan memiliki daya hidrolisis yang berbeda-beda pula. Penelitian yang dilakukan oleh Attri dan Maini (1996) menunjukkan bahwa ekstraksi pektin dari kulit galgal (*Citrus pseudolimon*)menggunakan asam klorida dapat menghasilkan rendemen pektin yang lebih besar dibandingkan dengan menggunakan asam tartrat maupun asam sitrat.

Berdasarkan uji lanjut Duncan (Lampiran 10) *Yield* terbesar yang dihasilkan adalah ekstraksi menggunakan asam oksalat. Hasil ini sesuai dengan hasil studi dari Koubala *et al* (2008) dimana pektin yang diekstrak menggunakan asam oksalat memiliki *yield* lebih besar dibandingkan dengan pektin yang diekstrak menggunakan asam klorida dan air ter de-ionisasi. Hasil yang didapat ini juga sesuai dengan studi yang dilakukan oleh Ramli dan Asmawati (2011) yang mengemukakan bahwa ekstraksi pektin yang dilakukan dengan menggunakan ammonium oksalat pada pH 4,6 memiliki *yield* yang lebih besar dibandingkan dengan ekstraksi menggunakan asam asetat yang juga memiliki pH 4,6.

Pektin yang dihasilkan dari penelitian ini melebihi jumlah pektin kulit buah naga yang dilakukan oleh Tang *et al* kondisi ekstraksi yang dilakukan adalah menggunakan asam sitrat dengan pH 3,5 rasio etanol 0,5. Banyaknya pektin maksimal yang dikemukakan dari penelitian tersebut adalah sebesar 1,68 gram dari 10 gram kulit buah naga merah kering (16,76%), sedangkan jumlah pektin terbanyak yang didapatkan saat penelitian adalah pada perlakuan ekstraksi menggunakan asam oksalat yaitu sebesar 2,7613 gram pektin dari 15 gram kulit buah naga (berat kering) atau setara dengan 18.41%. Data tersebut menunjukkan bahwa penggunaan asam yang berbeda pada saat ekstraksi dapat mempengaruhi *yield* dari pektin. *Yield* dari pektin juga turut dipengaruhi oleh spesies buah, usia buah, pH saat ekstraksi dan lama ekstraksi.

Belum terdapat penelitian mengenai pengaruh perbedaan jenis asam organik yang digunakan sebagai media ekstraksi pektin pada pH yang disamakan. Perbedaan *yield* juga dapat mungkin terjadi karena perbedaan konsentrasi asam yang digunakan.

Hasil uji lanjut Duncan yang dilakukan terhadap *yield* pektin kulit buah naga menunjukkan bahwa penggunaan penggumpal isopropanol (p3) berebeda nyata dibandingkan dengan perlakuan pengendap etanol (p1) maupun penggumpal aseton (p2). Hasil *yield* rata-rata yang didapatkan dengan menggunakan penggumpal isopropanol merupakan yang paling rendah.

Setelah pektin diekstrak menggunakan asam, filtrat yang didapatkan kemudian ditambahkan pelarut organik sebagai penggumpal pektin. Penambahan aseton terhadap filtrat menghasilkan gumpalan pektin yang kompak, padat dan tidak mudah hancur. Begitu pula dengan gumpalan yang dihasilkan oleh etanol hanya saja gumpalan yang terbentuk tidak terlalu padat seperti gumpalan yang dihasilkan oleh penggumpal aseton. Berbeda dengan etanol dan aseton, penggumpal isopropanol menghasilkan gel pektin yang kurang padat dan tidak kompak.

Hasil yang didapatkan saat penelitian di laboratorium, untuk menggumpalkan gel pektin menjadi suatu massa yang padat dan kompak sehingga mudah dilakukan pemurnian, aseton dan etanol 96% hanya membutuhkan waktu 24 jam sedangkan isopropanol membutuhkan waktu 48 jam untuk mendapatkan gel pektin yang mungkin untuk dipisahkan dari filtratnya.

Kurang kompaknya gel yang terbentuk oleh penggumpal isopropanol menyababkan sulitnya pemisahan gel dari larutan atau filtrat sehingga saat penyaringan terdapat kemungkinan gel gel halus yang belum memadat tersebut ikut terbuang bersama dengan filtratnya sehingga dapat menyebabkan rendahnya *yield* dari pektin yang digumpalkan menggunakan isopropanol. Belum terdapat studi yang menjelaskan pengaruh penggunaan pengendap yang berbeda terhadap *yield* maupun rendemen dari pektin sehingga dapat diasumsikan bahwa rendahnya *yield* yang didapatkan oleh penggumpal isopropanol disebabkan karena gel yang terbentuk memiliki sifat kurang padat sehingga sulit untuk proses pemadatan pada langkah berikutnya.

Pembentukan gel basah pektin saat penambahan pelarut organik ini kemungkinan disebabkan karena terjadinya penarikan air oleh pelarut organik sehingga memperbesar interaksi pektin dengan pektin. Menurut Imeson (2010) pembentukan gel pektin dapat terjadi karena interaksi pektin dan pektin. Interaksi pektin dan pektin ini dapat terjadi karena *water activity* dalam sistem berkurang sehingga pektin yang pada mula nya berikatan dengan air, akan berikatan sesama pektin membentuk sebuah struktur heliks tiga dimensi yang akan memerangkap air dan zat terlarut membentuk struktur gel.

Kekompakan dan padatnya struktur gel pektin yang didapatkan saat penambahan pelarut organik ini dapat dihubungkan dengan sifat dehidrasi dari masing-masing pelarut organik tersebut. Menurut Bancroft (2012), isopropanol (2-propanol), aseton dan ethanol dapat digunakan sebagai *dehydrator* pada tahap persiapan dari penelitian yang dilakukan pada jaringan hewan dan tumbuhan. Menurut Stirling *et, al* (2012) aseton memiliki daya dehidrasi lebih kuat dibandingkan ethanol. Pernyataan tersebut dapat memperkuat hasil yang didapat bahwa saat penggumpalan pektin menggunakan aseton, massa gel yang didapat lebih padat dan kompak karena disebabkan oleh kuatnya aseton dalam menarik air sehingga lebih banyak interaksi pektin dan pektin dalam sistem. Padat dan kompaknya gel yang didapat memudahkan proses pemurnian pektin pada tahap selanjutnya

**4.2.2. Berat Ekivalen**

Hasil dari analisis variasi (ANAVA) terhadap berat ekivalen pektin kulit buah naga menunjukkan bahwa terdapat pengaruh dari jenis asam (k), jenis penggumpal (p) dan interaksi keduanya. Tabel 9 menunjukkan pengaruh jenis asam (k), jenis penggumpal (p) dan interaksi keduanya

Pektin yang didapatkan menggunakan asam dan penggumpal yang berbeda memiliki berat ekivalen (BE) yang berbeda pada setiap perlakuannya. Berat ekivalen menunjukkan jumlah asam galakturonat yang tidak teresterifikasi.

Berat ekivalen pada pektin kulit buah naga yang diesktrak menggunkan jenis asam dan penggumpal yang berbeda berkisar antara 3586,34 – 9444,443. Perbedaan berat ekivalen ini dapat disebabkan oleh perbedaan karakter pektin pada buah naga itu sendiri. Menurut Hariyati (2006) berat ekivalen sangat ditentukan dari jenis bahan baku, metode ekstraksi dan tingkat kematangan dari bahan baku. Perbedaan pada jumlah ekivalen ini dapat pula disebabkan dengan perbedaan kecepatan hidrolisis yang diberikan setiap asam yang digunakan (*rate of hydrolysis*).

**Tabel 9. Pengaruh jenis pengasam (k), jenis penggumpal (p) dan interaksi keduanya terhadap berat ekivalen pektin kulit buah naga merah**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| JENIS PENGGUMPAL | JENIS PENGASAM | | |
| k1 Asam Oksalat | k2  Asam Sitrat | k3 Asam Asetat |
| p1 (Etanol 96%) | A | A | A |
| 4583.34 | 3586.340 | 4570.710 |
| a | a | a |
| p2 (Aseton) | B | B | A |
| 9444.443 | 6547.620 | 4110.667 |
| c | b | a |
| p3 (Isopropanol) | A | B | B |
| 6174.700 | 6416.667 | 7011.907 |
| a | a | a |

**Keterangan :** Huruf kecil dibaca secara horizontal sedangkan huruf kapital dibaca secara vertikal. Huruf yang berbeda menyatakan adanya perbedaan nyata berdasarkan uji lanjut Duncan dengan taraf 5%

Berat ekivalen tertinggi terdapat pada pektin dengan metode ekstraksi menggunakan asam oksalat dan penggumpal aseton yaitu sebesar 9444,443 sedangkan pektin dengan berat ekivalen terkecil yaitu terdapat pada pektin hasil ekstraksi menggunakan asam sitrat dan penggumpal etanol yaitu 3586,34. Menurut Ramli dan Asmawati (2011), semakin rendahnya berat ekivalen pada pektin dapat disebabkan oleh semakin cepatnya laju degradasi parsial pada pektin.

Perbedaan berat ekivalen utamanya disebabkan oleh depolimerisasi asam D-galakturonat yang disebabkan oleh berbagai macam faktor seperti suhu, pH, waktu ekstraksi dan jenis asam yang digunakan. Penggunaan bahan penggumpal seharusnya tidak menyebabkan adanya perbedaan signifikan pada berat ekivalen pektin karena bahan penggumpal tersebut hanya berfungsi untuk menggumpalkan pektin dan tidak akan terlibat dalam depolimerisasi asam D-galakturonat tersebut. Perbedaan signifikan pada berat ekivalen dapat disebabkan karena tingkat ketelitian metode analisis yang digunakan untuk menentukan berat ekivalen. Metode analisis yang digunakan adalah metode titrimetri dengan menggunakan NaOH sebagai pentiternya.

Beberapa penelitian yang pernah diungkapkan mengenai berat ekivalen dari pektin adalah pengaruh lama dan suhu ekstraksi yang memberikan pengaruh nyata terhadap berat ekivalen dari pektin. Menurut Towle dan Christensen dalam Lela (2011) semakin lama ekstraksi maka berat ekivalen semakin menurun karena terjadi proses degradasi pada gugus asam galakturonat.

**4.1.3. Kadar Metoksil**

Hasil dari analisis variasi (ANAVA) terhadap kadar metoksil pektin kulit buah naga menunjukkan bahwa terdapat pengaruh dari jenis asam (k), jenis penggumpal (p) dan interaksi keduanya. Tabel 10 menunjukkan pengaruh jenis asam (k), jenis penggumpal (p) dan interaksi keduanya.

Berdasarkan Tabel 10 dapat diketahui bahwa kadar metoksil pektin kulit buah naga merah berbeda pada beberapa perlakuan. Kadar metoksil didefiniskan sebagai jumlah mol metil alkohol dalam 100 mol asam galakturonat. Kadar metoksil sangat berperan dalam mengendalikan kekuatan gel, *setting time*, sensitivitas terhadap ion-ion logam dan menentukan sifat fungsional dari larutan pektin (Constenla dan Lozano, 2003).

**Tabel 10. Pengaruh jenis pengasam (k), jenis penggumpal (p) dan interaksi keduanya terhadap kadar metoksil pektin kulit buah naga merah (%)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| JENIS PENGGUMPAL | JENIS PENGASAM (%) | | |
| k1 oksalat | k2  sitrat | k3 asetat |
| p1 (etanol 96%) | A | B | A |
| 1.913 | 2.643 | 1.757 |
| a | b | a |
| p2 (aseton) | B | A | B |
| 3.369 | 0.698 | 2.328 |
| c | a | b |
| p3 (isopropanol) | B | B | AB |
| 3.347 | 1.935 | 1.913 |
| b | a | a |

**Keterangan :** Huruf kecil dibaca secara horizontal sedangkan huruf kapital dibaca secara vertikal. Huruf yang berbeda menyatakan adanya perbedaan nyata berdasarkan uji lanjut Duncan dengan taraf 5%

Kadar metoksil dari pektin kulit buah naga merah yang dihasilkan menggunkan kondisi ekstraksi yang berbeda-beda berkisar antara 0.698% - 3.369%.

Berdasarkan analisis variansi (ANAVA) dengan taraf 5% (Lampiran 12), penggunaan pengendap yang berbeda-beda tidak menimbulkan perbedaan yang nyata terhadap kadar metoksil dari pektin yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan teori yang diungkapkan oleh Seymour *et, al* (2002) yang menyatakan bahwa menurunnya kadar metoksil pada pektin disebabkan oleh saponifikasi gugus ester metil. Metil ester akan mengalami saponifikasi pada pH tinggi (pH > 7) dan saponifikasi ini tetap terjadi bahkan pada suhu rendah sekalipun. Ikatan ester pada pektin dapat mengalami pemutusan pada suasana alkali dan suhu rendah selama 2 – 4 jam. Berdasarkan pernyataan tersebut, berkurangnya kadar metoksil pada pektin disebabkan oleh pH, suhu dan waktu saponifikasi sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan pengendap yang berbeda tidak mempengaruhi kadar metoksil pada pektin.

Adapun perbedaan pada kadar metoksil yang disebabkan oleh perbedaan penggumpal terjadi saat perbandingan dengan menggunakan penggumpal berupa logam digunakan. Studi ini dilakukan oleh Sudhakar *et al* (2000) dimana penggumpal yang digunakan berupa penggumpal pelarut organik (etanol) dan penggumpal berupa penggumpal logam (AlCl­3). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kandungan metoksil pada pektin yang didapatkan pada perlakuan pengendap AlCl3 sedikit lebih besar (9.64%) dibandingkan dengan pengendap etanol (8.62%).

Selain studi perbandingan pengendap berupa logam dan pengendap organik belum terdapat penelitian yang membandingkan pengaruh perbedaan pengendap yang digunakan terhadap kadar metoksil pektin yang dihasilkan sehingga dapat disimpulkan untuk sementara bahwa penggunaan pengendap organik yang berbeda tidak berpengaruh nyata terhadap kadar metoksil pektin yang dihasilkan.

Berdasarkan pada hasil uji lanjut Duncan terhadap faktor perbedaan pengasam terdapat perbedaan nyata. Kondisi ekstraksi menggunakan asam oksalat berbeda nyata dengan ekstraksi menggunakan asam sitrat. Perbedaan kadar metoksil ini dapat disebabkan oleh perbedaan sifat pada asam yang digunakan.

Hasil penelitian yang diperoleh ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ramli dan Asmawati (2011) dalam penelitiannya mengenai pengaruh dari ammonium oksalat dan asam asetat pada beberapa kondisi ekstraksi dan pH terhadap karakteristik fisiko-kimia dari pektin kokoa menyatakan bahwa pektin yang didapat dengan ekstraksi menggunakan oksalat memiliki metoksil yang lebih tinggi dibandingkan dengan pektin yang dihasilkan menggunakan asam asetat pada pH 4.6 yaitu sebesar 5.20 ± 0.22% untuk kadar metoksil pektin yang dihasilkan oleh asam oksalat dan 4.62 ± 0.04% untuk kadar metoksil pektin hasil ekstraksi menggunakan asam asetat.

Penggunaan asam asetat sebagai media pengasam menghasilkan pektin dengan kadar metoksil yang berbeda dengan asam oksalat dan asam sitrat namun tidak berbeda nyata (taraf 5%).

Metode analisis penentuan kadar metoksil juga dapat mempengaruhi hasil yang didapatkan. Metode yang dapat digunakan selain metode titrasi asam basa adalah metode kolorimetri menggunakan spektrofotometri. Cara kerja metode ini menurut Fishman dan Joseph (1986) adalah sampel yang disaponifikasi oleh basa akan melepaskan gugus methanol. Methanol yang dilepaskan kemudian dioksidasi menjadi formaldehid dan formaldehid yang terbentuk direaksikan sehingga terkondensasi dengan pentan-2,4-dion dan diukur menggunakan panjang gelombang 412 nanometer. Metode kolorimetri ini lebih sensitive dan akurat dibandingkan metode titrasi asam basa.

**4.1.4.** **Kadar Galakturonat**

Hasil dari analisis variasi (ANAVA) terhadap kadar galakturonat pektin kulit buah naga menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh nyara dari jenis penggumpal (p) tetapi terdapat pengaruh dari jenis asam (k) dan interaksi keduanya. Tabel 11 menunjukkan pengaruh jenis asam (k), jenis penggumpal (p) dan interaksi keduanya.

**Tabel 11. Pengaruh jenis pengasam (k), jenis penggumpal (p) dan interaksi keduanya terhadap kadar galakturonat pektin kulit buah naga merah**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| JENIS PENGGUMPAL | JENIS PENGASAM (%) | | |
| k1 oksalat | k2  sitrat | k3 asetat |
| p1 (etanol 96%) | A | C | A |
| 62.845 | 79.835 | 68.977 |
| a | a | a |
| p2 (aseton) | B | A | A |
| 84.041 | 27.121 | 65.124 |
| b | a | b |
| p3 (isopropanol) | B | B | A |
| 87.407 | 56.620 | 53.777 |
| b | a | a |

**Keterangan :** Huruf kecil dibaca secara horizontal sedangkan huruf kapital dibaca secara vertikal. Huruf yang berbeda menyatakan adanya perbedaan nyata berdasarkan uji lanjut Duncan dengan taraf 5%

Berdasarkan Tabel 11, kadar galakturonat yang dimiliki pektin kulit buah naga dengan kondisi ekstraksi yang berbeda-beda berkisar antara 26.216% - 90.283%.

Asam galakturonat merupakan struktur utama penyusun pektin. Menurut Imeson (2010) pektin utamanya terdiri dari tiga bagian penyusun yaitu homogalakturonan, rhamnogalakturonan I (RG-I) dan rhamnogalacturonan II (RG-II). Homogalakturonan adalah homopolimer linear dari 1→4 asam D-galakturonat yang berikatan alfa (*(1→4)-α-linked-D-galacturonic acid*) yang diperkirakan mengandung 100 – 200 gugus asam galakturonat. RG-I dan RG-II merupakan blok yang terdiri dari gula-gula netral yang bercabang. RG-I merupakan blok yang sangat bercabang sehingga sering disebut sebagai *hairy region* dan kebanyakan mengandung galaktosa dan arabinose. RG-II merupakan blok yang tersusun dari Sembilan asam galakturonat yang memiliki empat polimer rantai samping dengan struktur yang berbeda-beda yang menempel. Selain dari rhamnosa, rantai samping ini bias saja mengandung 11 gula yang jarang ditemui seperti apiose, 3-O-methyl-1-fucose, 2-O-methyl-d-xylose dan gula lainnya.

Saat proses ekstraksi pektin untuk penggunaan komersial hampir seluruh rantai gula netral yang mengandung RG-I dan RG-II akan terlepas sehingga struktur utama penyusun pektin komersil hanya terdiri dari asam galakturonat saja. Biasanya 70% dari berat pektin komersil adalah asam galakturonat (Imeson, 2010).

Kadar asam galakturonat pada beberapa perlakuan pada penelitian ini tidak mencapai 70%. Menurut Voragen dalam Imeson (2010) persentase kadar galakturonat ini bergantung kepada metode ekstraksi, asal pektin dan kualitas pektin yang didapatkan. Terdapat kemungkinan bahwa pektin yang dihasilkan dari penelitian ini masih memiliki sejumlah gula gugus-gugus gula netral yang belum terlepas sehingga mengurangi persentase asam galakturonat terhdap berat pektin yang dianalisis. Menurut Nelson dan Towle dalam Fitriani (2003) selain asam galakturonat pektin juga mengandung senyawa-senyawa lain seperti D-galaktosa, L-arabinosa dan L-ramnosa. Senyawa-senyawa non uronat tersebut dapat terbawa pada saat ekstraksi pektin sehingga mempengaruhi persentase dari kadar galakturonat.

Berdasarkan kepada Tabel 11 dapat diketahui bahwa jenis asam yang digunakan dalam ekstraksi pektin mempengaruhi kadar asam galakturonat secara signifikan. Pek-Yee Tang *et, al* (2011) dalam penelitiannya mengenai ekstraksi pektin kulit buah naga menggunakan asam sitrat dan asam sulfat menyatakan hasil bahwa kadar asam galakturonat yang diperoleh dari masing-masing asam berturut-turut adalah 13.09 ± 0.45% dan 13.51 ± 0.48%.

Kadar asam galakturonat menunjukkan kemurnian dari pektin yang didapatkan setelah ekstraksi. Rendahnya kadar asam galakturonat pada pektin hasil ekstraksi kulit buah naga merah juga diungkapkan oleh Ismail *et, al* bahwa pektin kulit buah naga yang dihasilkan dengan cara ekstraksi menggunakan asam oksalat, asam klorida 0,03 M dan air deionisasi berturut-turut adalah 54,44%, 45,25% dan 52,45%. Hasil tersebut dapat dibilang rendah karena menurut Food Chemical Codex (1996) kadar asam galakturonat pada pektin sebaiknya tidak lebih rendah dari 65%. Kadar asam galakturonat yang rendah ini dapat disebabkan oleh terbawanya protein-protein, pati dan gula-gula netral pada pektin yang terendapkan.

Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan kadar asam galakturonat dengan faktor jenis pengendap (Lampiran 14) dapat diketahui bahwa penggunaan pengendap yang berbeda-beda tidak menimbulkan perbedaan yang nyata terhadap kadar asam galakturonat pektin kulit buah naga merah.

Berdasarkan ANAVA dapat diketahui bahwa penggunaan jenis penggumpal tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar asam galakturonat. Hal tersebut berkesesuaian dengan teori yang ada. Imeson (2010) menjelaskan bahwa perubahan asam galakturonat dapat terjadi utamanya karena pH dan suhu saat ekstraksi. Perubahan pada asam galakturonat ini dapat terjadi karena β-eliminasi. Stephen (2006) menjelaskan bahwa dalam larutan pektin adalah molekul yang kurang stabil. Molekul pektin dapat mengalami beberapa reaksi kimia dan modifikasi tergantung pada pH dan suhu. Pada suasana asam, ikatan glikosida dan ikatan ester metil dapat mengalami hidrolisis. Depolimerisasi pada asam galakturonat terjadi menurut mekanisme β-eliminasi dan lebih cepat terjadi pada pH netral. Depolimerisasi galakturonat pada pH netral bahkan dapat terjadi pada suhu yang rendah namun kecepatannya akan semakin meningkat seiring meningkatnya suhu.

Berdasarkan teori tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan penggumpal yang berupa pelarut organik tidak akan mempengaruhi terhadap kadar galakturonat pada pektin yang didapatkan. Penelitian yang menunjukkan perbedaan kadar galakturonat yang disebabkan oleh perbedaan jenis penggumpal telah dilakukan oleh Sudhakar *et al* (2000) dengan membandingkan kadar galakturonat pada pektin yang diendapkan menggunakan etanol dan pengendap AlCl3. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kadar galakturonat yang dimiliki oleh pektin yang diendapkan oleh AlCl3 sedikit lebih besar dibandingkan dengan pektin yang diendapkan menggunakan etanol yaitu berturut-turut adalah 73.89 ± 1.64% dan 63.99 ± 1.35%.

**4.1.5. Derajat Metil-esterifikasi (DM)**

Hasil dari analisis variasi (ANAVA) terhadap derajat metil-esterifikasi (DM) pektin kulit buah naga menunjukkan bahwa terdapat pengaruh dari jenis asam (k) jenis penggumpal (p) dan interaksi keduanya. Tabel 12 menunjukkan pengaruh jenis asam (k), jenis penggumpal (p) dan interaksi keduanya

**Tabel 12. Pengaruh jenis pengasam (k), jenis penggumpal (p) dan interaksi keduanya terhadap DM pektin kulit buah naga merah**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| JENIS PENGGUMPAL | JENIS PENGASAM (%) | | |
| k1 Asam oksalat | k2  Asam sitrat | k3 Asam asetat |
| p1 (etanol 96%) | A | B | A |
| 18.846 | 20.717 | 18.765 |
| a | a | a |
| p2 (aseton) | B | A | A |
| 24.903 | 15.104 | 17.888 |
| b | a | a |
| p3 (isopropanol) | AB | B | A |
| 21.060 | 21.478 | 20.195 |
| a | a | a |

**Keterangan :** Huruf kecil dibaca secara horizontal sedangkan huruf kapital dibaca secara vertikal. Huruf yang berbeda menyatakan adanya perbedaan nyata berdasarkan uji lanjut Duncankkan dengan taraf 5%

Berdasarkan pada Tabel 12 dapat diketahui bahwa derajat metil esterifikasi (DM) dari pektin kulit buah naga berbeda-beda di setiap perlakuan. DM yang dimiliki oleh pektin kulit buah naga hasil ekstraksi dengan berbagai macam perlakuan pengasam dan penggumpal ini berkisar antara 15.104 – 24.903%. Menurut Imeson (2010) DM menunjukkan persentase perbandingan antara gugus galakturonat yang mengalami esterifikasi oleh gugus metil dengan jumlah total gugus galakturonat. Berdasarkan Tabel 12 dapat disimpulkan bahwa pektin yang didapatkan seluruhnya adalah termasuk kedalam pektin bermetoksil rendah (LM) sehingga seluruh pektin yang didapatkan dapat membentuk gel tergantung kepada pH dan utamanya adalah konsentrasi ion-ion bivalen (kalsium).

Menurut Seymour (2002) derajat metil-esterifikasi sangat tergantung terhadap bahan baku awal dan kondisi saat ekstraksi. DM yang tinggi dapat diturunkan dengan beberapa modifikasi saat proses ekstraksi sehingga menghasilkan pektin dengan DM kurang dari 50% yang disebut dengan pektin bermetoksil rendah. Jika pektin yang didapatkan adalah pektin metoksil rendah (LM) maka tidak mungkin dilakukan modifikasi menjadi pektin bermetoksil tinggi.

Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan terhadap DM dari pektin yang diekstrak menggunakan asam yang berbeda dapat dilihat bahwa pektin yang diekstrak menggunakan asam oksalat memiliki DM yang paling tinggi. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh [Sharma *et al*](file:///C:\Users\SONY\Downloads\2182-32818-1-PB%20(1).pdf) (2014) yang menunjukkan bahwa ekstraksi menggunakan asam oksalat menghasilkan pektin dengan DM yang paling tinggi dibandingkan ekstraksi menggunakan metode lainnya. Selain itu juga Ramli dan Asmawati (2011) menyatakan bahwa pektin hasil ekstraksi menggunakan asam oksalat memiliki DM lebih tinggi yaitu 51.07% dibandingkan pektin yang diekstrak menggunakan asam asetat (48.68%).

Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan terhadap DM dari pektin yang dihasilkan menggunakan pengendap yang berbeda dapat dilihat bahwa jenis pengendap tidak mempengaruhi DM dari pektin yang didapatkan. Hal ini dapat dijelaskan karena penggumpal secara teori tidak mempengaruhi kandungan metoksil dan asam galakturonat pada pektin. Metoksil dan asam galakturonat pada pektin dipengaruhi oleh pH dan suhu saat ekstraksi. Secara teori penggumpal organik tidak akan menyebabkan perbedaan nyata pada DM pektin yang didapatkan. Hal ini dibuktikan oleh kadar metoksil dan kadar galakturonat yang didapatkan tidak berbeda nyata dengan menggunakan penggumpal yang berbeda.

Besarnya DM akan mempengaruhi kecepatan membentuk gel dari pektin (*setting time*). Semakin besar DM maka waktu *setting* akan semakin cepat. Menurut Imeson (2010), pektin HM terbagi menjadi dua berdasarkan kecepatan *setting time* nya yaitu *rapid set* dan *slow set*. Pektin dengan DM 74 – 77% memiliki kecepatan *setting* yang cepat oleh karena itu disebut sebagai *ultra rapid set pectin* sedangkan pektin dengan rentang DM 58 – 60% memiliki waktu *setting* yang lama maka dari itu disebut sebagai *extra slow set pectin*. Perhitungan *setting time* tersebut harus disertai dengan pengendalian suhu saat pencetakan. Berdasarkan hasil yang didapatkan, seluruh pektin yang didapatkan termasuk kedalam *slow set pectin* karena memiliki DM di bawah 58% serta memiliki *gelling time* di atas 25 menit.

Pektin pada perlakuan p2k1 memiliki DM yang paling tinggi yaitu 24.903% sedangkan pektin dengan DM terendah terdapat pada perlakuan p2k2 yaitu 15.104%. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian Ismail *et al* (2012) yang juga melakukan ekstraksi pektin dari buah naga dengan berbagai macam jenis pengasam maka DM yang didapatkan dari penelitian ini lebih rendah. Pada penelitian yang dilakukan Ismail, DM yang dimiliki oleh pektin hasil ekstraksi menggunakan HCl, asam oksalat dan air de-ionisasi dengan suhu 85℃ dan waktu ekstraksi satu jam adalah berturut-turut sebesar 45,69 ± 1,36%; 31,05 ± 0,72% dan 46,96 ± 0,8%. Perbedaan hasil ini juga menunjukkan bahwa penggunaan asam dapat menyebabkan perbedaan pada DM pektin yang didapatkan. Selain perbedaan pengasam, perbedaan pada DM ini mungkin terjadi karena berbedanya karakteristik buah naga yang digunakan. Hasil yang didapatkan tidak berkesesuaian dengan hasil penelitian mengenai ekstraksi pektin kulit buah naga juga dilakukan oleh Woo *et al* (2010), dimana dinyatakan bahwa pektin yang didapatkan dengan cara ekstraksi satu jam pada suhu 75℃ dengan menggunakan asam sitrat pada pH 4.0 menghasilkan pektin yang memiliki DM di atas 70% sedangkan pada pH 3.0 pektin yang didapat memiliki DM di bawah 70% namun masih berada di atas 50% yang menunjukkan bahwa pektin yang didapat memiliki jenis *high methoxyl*.

**4.1.6.** *Grade* Pektin

Grade dari pektin menyatakan banyaknya gula yang dapat dibuat menjadi gel menggunakan satu bagian dari pektin dalam kondisi yang sesuai. Jika pektin memiliki grade 150 artinya satu bagian pektin dapat membuat gel dari 150 bagian gula. Tabel 13 menunjukkan grade dari pektin yang didapatkan menggunalkan kondisi ekstraksi yang berbeda-beda. Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa seluruh pektin yang didapatkan merupakan grade 100 yang artinya satu bagian pektin dapat membentuk gel dari 100 bagian gula.

Berdasarkan Tabel 13 dapat diketahui bahwa penggunaan asam dan penggumpal yang berbeda-beda tidak berpengaruh nyata terhadap grade dari pektin yang dihasilkan.

Analisis grade dilakukan sesuai dengan Lampiran 1 butir f dan didapatkan hasil bahwa seluruh pektin merupakan grade 100. Jika dilakukan analisis terhadap grade 110 maka tidak didapat gel yang kokoh dan tidak semua larutan yang digunakan dapat dibuat menjadi gel. Hal ini menunjukkan bahwa pektin yang didapat bukanlah grade 110 sehingga tidak dilakukan pengujian grade 100 ke atas. Grade dari pektin merupakan standard yang digunakan oleh industri. Menurut keterangan yang didapatkan dari CP Kelco (2005) pektin yang biasa digunakan dalam industri adalah pektin grade 150.

**Tabel 13. Grade pektin kulit buah naga**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Perlakuan | Ulangan | | |
| I | II | III |
| p1k1 | 100 | 100 | 100 |
| p1k2 | 100 | 100 | 100 |
| p1k3 | 100 | 100 | 100 |
| p2k1 | 100 | 100 | 100 |
| p2k2 | 100 | 100 | 100 |
| p2k3 | 100 | 100 | 100 |
| p3k1 | 100 | 100 | 100 |
| p3k2 | 100 | 100 | 100 |
| p3k3 | 100 | 100 | 100 |

Grade dari pektin ini penting dalam industri besar karena semakin kecil grade pektin maka semakin sedikit pula gula yang dapat diubah menjadi gel oleh satu bagian pektin. Sebagai perbandingan adalah jika pektin yang digunakan adalah grade 80 maka satu kilogram pektin hanya dapat membuat gel dengan karakteristik yang memuaskan dari 80 kilogram gula sedangkan apabila menggunakan pektin dengan grade 100 maka satu kilogram pektin dapat membuat gel yang memiliki karakteristik gel yang sesuai dengan standard dari 100 kilogram gula. Ditinjau dari segi ekonomi tentu penggunaan pektin grade 100 akan lebih menguntungkan.

V KESIMPULAN DAN SARAN

## 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diungkapkan dalam Bab IV maka dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain:

1. Penggunaan jenis asam yang berbeda yaitu asam oksalat, asam asetat dan asam sitrat memiliki pengaruh yang nyata terhadap *yield*, kadar metoksil dan kadar galakturonat pektin kulit buah naga merah namun tidak memiliki pengaruh nyata terhadap berat ekivalen, derajat metil-esterifikasi dan *grade* dari pektin kulit buah naga merah
2. Penggunaan jenis penggumpal yang berbeda yaitu etanol 96%, isopropanol dan aseton berpengaruh nyata terhadap *yield* dan berat ekivalen pektin kulit buah naga namun tidak berpengaruh nyata terhadap kadar metoksil, kadar galakturonat, derajat metil-esterifikasi dan *grade* dari pektin kulit buah naga merah.
3. Interaksi antara jenis pengasam dan jenis penggumpal memiliki pengaruh nyata terhadap karakteristik pektin kulit buah naga merah.
4. Pektin yang dihasilkan dengan menggunakan metode ekstraksi asam dan panas selama satu jam pada pH 4 menghasilkan pektin dengan jenis *low methoxyl*.
5. Pektin dengan derajat metil-esterifikasi tertinggi dihasilkan pada perlakuan p2k1 (pengasam asam oksalat dengan penggumpal aseton) yaitu 24.903%.
6. Grade dari pektin yang dihasilkan oleh seluruh perlakuan adalah grade 100.

## 5.2. Saran

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai kekuatan jel dan *setting time* terhadap jel yang diperoleh menggunakan pektin kulit buah naga merah.
2. Disarankan melakukan ekstraksi pektin kulit buah naga merah menggunakan pengasam dengan pH lebih rendah dari 4.0
3. Diperlukan pengkajian ulang terhadap pencucian pektin basah menggunakan aseton agar serbuk pektin yang dihasilkan memiliki aroma yang netral dan tidak memiliki aroma aseton
4. Diperlukan aplikasi pektin kulit buah naga merah terhadap sebuah produk.
5. Diperlukan penelitian lanjutan mengenai perubahan derajat metil-esterifikasi pektin serbuk kulit buah naga selama penyimpanan
6. Diperlukan analisis lanjutan mengenai kandungan gula-gula netral pada pektin kulit buah naga merah yang dihasilkan menggunakan metode pada laporan ini.
7. Berdasarkan Lampiran 16 didapatkan bahwa biaya produksi 100 gram pektin mencapai Rp. 1.574.669 dimana harga tersebut tidak layak. Upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalkan biaya tersebut antara lain evaporasi sebelum pengendapan sehingga penggunaan pelarut organik tidak terlalu banyak.

DAFTAR PUSTAKA

Akhmalludin dan Arie K. 2009. **Pembuatan Pektin dari Kulit Coklat dengan Cara Ekstraksi**. Universitas Diponegoro. Semarang

Bancroft, J.D., Kim, S.V., Christopher, L. 2012. **Bancroft’s Theory and Practice of Histological Techniques**. Elsevier Limited. Churchill Livingstone

Budiyanto, Agus dan Yulianingsih. 2008. **Pengaruh Suhu dan Waktu Ekstraksi Terhadap Karakter Pektin dari Ampas Jeruk Siam*****(Citrus nobilis L)***. *Jurnal Pascapanen* 5 (2): 37 – 44

Calisto-Israel, K.A.T., Baguio, S.F., Diasanta, Lizardo, Dizon dan Mejico. 2014. **Extraction and Characterization of Pectin from Saba Banana (*Musa acuminate x Musa balbisiana*) Peel Wastes: A Preliminary Study**. *International Food Research Journal* 22 (1) hlm. 202-207

Chang, K. C. dan Miyamoto A. 1992. **Gelling Characteristics of Pectin from Sunflower Head Residue**. Di dalam Sahari. M. A. A. Akbarian dan M. Hamedi. 2002. Effect of Variety and Acid Washing Method on Extraction *Yield* and Quality of Sunflower Head Pektin. *J. Food Chemistry*, 83:43-47

Constenla, D. dan J.E. Lozano. 2006. **Kinetic Model of Pectin Demethylation**. http://www.scielo.br. Diakses: 18 Maret 2016

Cruess, W.V. 1958. **Comercially Fruit and Vegetable Products**. McGraw Hill Book Co, New York

Damodaran, Srinivasan, Kirk L. Parkin dan Owen R. Fennema. 2008. **Fennema’s Food Chemistry 4th Edition**. CRC Press. United States of America

Erika, Cut. 2013. **Ekstraksi Pektin dari Kulit Kakao (*Theobroma Cacao* L.) Menggunakan Ammonium Oksalat**. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian* Vol. 5 No.2

Fitria, V. 2013. **Karakterisasi Pektin Hasil Ekstraksi Dari Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa balbisiana* ABB)**. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. Skripsi

Gasperz, V. 2006. **Teknik Analisis Dalam Penelitian Percobaan 1**. Penerbit Tarsito. Bandung

Glicksman. 1969. **Gum Technology in The Food Industry**. Academic Press. New York

Goycoolea, F.M. dan Adriana Cardenas. 2003**. Pectins from Opuntia Spp**. : A Short Review. J.PACD. 17-29.

Guichard, E. S., A, Issanchou., Descovieres dan P. Etievant. 1991. **Pectin Concentration, Molecular Weight and Degree of Esterification. Influence on Volatile Composition and Sensory Characteristic of Strawberry Jam**. *J. Food Science*, 56:1621

Gusti, N. 2009. **Pengaruh pH dan Lama Ekstraksi Terhadap *Yield* dan Mutu Pektin dari Kulit Kakao (*Theobroma cacao L*)**. Universitas Andalas: Padang. Skripsi

Hariyati, M. N. 2006. **Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin dari Limbah Proses Pengolahan Jeruk Pontianak (*Citrus nobilis var microcarpa*)**. Institut Pertanian Bogor. Skripsi.

Herbstreith, K dan G. Fox. 2015. **From Fruit to Pectin**. Herbstreith & Fox Pectin Fabriken. German

IPPA (*International Pectins Producers Association*). 2002. **What Is Pectin?**. http://www.ippa.info/what\_is\_pectin.htm. Diakses: 20 Maret 2016

Jamilah, B., Shu, C. E., Kharidah, M., Dzulkifly, M.A., dan Noranizan, A. 2011. **Physicho-chemical Characteristic of Red Pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel**. *International Food Research Journal* 18 hlm. 279 – 286

Kalapathy, U. dan A. Proctor. 2001**. Effect of Acid Extraction and Alcohol Precipitation Conditions on The *Yield* and Purity of Soy Hull Pectin**. *Food Chemistry* 73 : 393 – 396

Kim, W. J., C. J. B. Smit, V. N. Rao. 1978. **Demethylation of Pectin Using Acid and Ammonia**. *Journal of Food Science* 43 hlm. 74 – 78

Koubala, B.B., L.I. Mbome, G. Kansci, F. Tchouangeup, M-J Crepeau, J-F Thibault dan M-C. Ralet. 2008. **Physicochemical Properties of Pectins from Ambarella Peels (*Spondias cytherea*) Obtained Using Different Extraction Conditions**. *Food Chemistry* 106. Cameroon

Kumar, A. dan Ghanshyam S. C. 2010. **Extraction and Characterization of Pectin from Apple Pomace and its Evaluation as Lipase (Steapsin) Inhibitor**. *Carbohydrate Polymers* 82 hlm. 454 – 459.

Methacanon. 2014. **Pomelo (*Citrus maxima*) Pectin : Effects of Extraction Parametes and its Properties.** *Food Hydrocolloids* 35 hlm. 383 – 391

National Research Development Corporation. 2004. **High Grade Pectin From Lime Peels**. http://www.nrdcindia.com

Nazaruddin R., Norazelina, S.M.I., Norziah, M.H. dan Zainudin, M. 2011. **Pectins From Dragon Fruit (*Hylocereus polyrizhus*) Peel**. *Malays. Appl. Biol* Vol 40 hlm. 19 – 23. Universiti Kebangsaan Malaysia.

Owens, H.S. 1956. **Methods Used at Western Regional Research Laboratory for Extraction Pectic Materials**. *USDA Bur. Agric. Ind. Chem*, hlm 9

Padival, R.A., S. Ranganna dan S.P. Manjrekar. 1979. **Low Methoxyl Pectins from Lime Peel**. *J. food Technology* 14 hlm. 333 – 342

Prasetyowati, Karina Permata Sari dan Healty Pesantri. 2009. **Ekstraksi Pektin Dari Kulit Buah Naga**. *Jurnal Teknik Kimia* No. 4 Vol. 16 hlm. 42 – 49

Prasanna, V., T.N. Prabha dan R.N. Tharanathan. 2007. **Fruit Ripening Phenomena-An Overview**. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 47:1 hlm 1 – 19

Puspitasari, Natalia, D. dan Luluk, E. 2008. **Ekstraski Pektin Dari Ampas Nanas**. Makalah Seminar Nasional Soebardjo Brotohardjono

Ranganna, S. 1977. **Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products 2nd ed.** Tata McGraw Hill Publishing Company. New Delhi

Rizal, M. 2015. **Prospek Pengembangan Buah Naga (*Hylocereus costaricensis*) di Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur**. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon* 1 (4) hlm. 884 – 888

Rouse, A.H. 1977. **Pectin: Distribution, Significance**. Di dalam Nagy, S., P. E. Shaw dan M.K. Veldhuis (eds). Citrus Science and Technology Volume 1. The AVI Publishing Company Inc, Westport, Connecticut

Saneto, B. 2005. **Karakterisasi Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrizhus*).** *Jurnal Agrika* Vol. 2 hlm. 35 - 40

Stephen, A. M. 2006. **Food Polysaccharides and Their Applications 2nd ed.** CRC Press. United State of America

Tang, Pek-Yee, Thiam-seng Kek, Cheng-Zu, Chiu-Yen. 2011. ***Yield* and Some Chemical Properties of Pectin Extracted from the Peel of Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*) Britton and Rose**. *Philip Agric. Scientist* Vol. 94 No. 3 hlm 307 – 311

Tarigan, M.A., Kaban, Irza, M.D., Hanum, F. 2012. **Ekstraksi Pektin dari Kulit Buah Pisang Kepok (*Musa paradisiaca*)**. *Jurnal Teknik Kimia*, Universitas Sumatera Utara

Towle, G.A. dan O. Christensen. 1973. **Pectin**. Di dalam R.L Whistler (ed.) Industrial Gum. Academic Press, New York

Vogel, A.I. 1996. **Vogel’s Textbook of Practical Organik Chemistry 5th Ed**. Prentice Hall. New York

Walter, R. H. 1991. **The Chemistry and Technology of Pectin**. Academic Press Inc. United Kingdom

Winarno, F.G. 1997. **Kimia Pangan dan Gizi**. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta

Y.B. Awang, S.H. Chuni, M.T.M. Mohamed, Y. Hafiza dan R.B. Mohamad. 2013. **Polygalacturonase and Pectin Methylesterase Activities of CaCl2 Treated Red-Fleshed Feadon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*) Harvested at Different Maturity.** *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 8 (2) hlm. 167 – 172

Yulianingsih. 2008. **Pengaruh Suhu dan Waktu Ekstraksi Terhadap Karakteristik Pektin dari Ampas Jeruk Siam (*Citrus nobilis* L.)**. *Jurnal Pascapanen* 5 (23) hlm. 37 – 44

LAMPIRAN

**Lampiran 1. Metode Analisis Kimia**

1. Penentuan Berat Ekivalen (Ranganna, 1977)

Pektin sebanyak 0.5 gram dibasahi dengan 5 ml etanol dan dilarutkan dalam 100 ml air suling bebas karbonat yang berisi satu gram NaCl. Larutan hasil campuran tersebut dititrasi perlahan-lahan dengan 0.1 N NaOH memakai indikator fenol merah sampai terjadi perubahan menjadi merah kekuningan (pH 7.5) yang bertahan sedikitnya 30 detik.

1. Penentuan Kandungan Metoksil (Ranganna, 1977)

Larutan netral dari penentuan BE ditambah 25 ml larutan NaOH 0,25 N, dikocok dan dibiarkan selama 30 menit pada suhu kamar dalam keadaan tertutup. Selanjutnya ditambahkan 25 ml larutan HCl 0,25 N dan dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 N dengan indikator fenol merah sampai titik akhir seperti pada penentuan BE.

Dimana angka 31 merupakan bobot molekul metoksi (CH3O)

1. Penentuan Kadar Galakturonat (Ranganna, 1977)

Kadar galakturonat dihitung dari *miliequivalent* (meq) NaOH yang diperoleh dari penentuan BE dan kandungan metoksil

Dimana angka 176 adalah berat ekivalen terendah dari asam pektat

1. Penentuan Derajat Metoksilasi (Ranganna, 1977)

Derajat Metoksilasi dihitung dari kadar metoksil dan kadar galakturonat yang telah diperoleh dengan menggunakan rumus

1. Persen *yield* (Vogel *et al*, 1996)

Persen *yield* dihitung dengan cara membagi berat pektin yang dihasilkan dengan kadar pektin teoritis pada kulit buah naga yang digunakan dikali dengan 100. Kadar pektin teoritis dihasilkan dari analisis kulit buah naga.

1. Perhitungan miliequivalent
2. Perhitungan milligram NaOH yang digunakan

Berat NaOH yang digunakan dapat dihitung berdasarkan volume dan konsentrasi NaOH yang digunakan. Dengan memasukkannya ke dalam persamaan berikut :

1. Perhitungan berat ion Na+, O2- dan H+

Berat masing-masing ion dapat ditentukan dengan cara mengalikan berat NaOH (dalam milligram) dengan berat molekul dari masing-masing ion sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut:

1. Perhitungan miliequivalent (mEq)

mEq dapat dihitung dengan cara mengalikan berat ion yang telah didapat dengan valensi masing-masing ion kemudian dibagi BM dari masing-masing.

Valensi untuk Na dan H adalah 1 sedangkan untu O adalah dua. Setelah didapatkan mEq masing-masing ion, maka dilakukan penjumlahan dari mEq seluruh ion untuk mendapatkan mEq NaOH

1. Grade Pektin (Ranganna, 1977)

Grade pektin ditentukan menurut Ranganna (1977) dengan modifikasi. Bahan-bahan yang digunakan dalam prosedur *grading* pektin adalah gula pasir, asam sitrat, kalium sitrat, aquadest dan pektin yang akan diuji *grade* nya. *Grading* yang dilakukan adalah *grade* 50, 75 dan 100.

Grade 100 pektin memiliki arti bahwa satu bagian pektin dapat membuat jel dari 100 bagian gula oleh karena itu perbandingan antara bobot gula dan pektin menjadi hal terpenting pada prosedur ini. Jumlah gula pada analisis ini adalah tetap yaitu 25 gram sedangkan jumlah pektinnya berubah-ubah. Berat pektin yang digunakan untuk analisis *grade* pektin 50, 75 dan 100 berturut-turut adalah 0.5, 0.33 dan 0.25 gram pektin. Sedangkan penggunaan asam sitrat dan Kalium sitrat adalah tetap yaitu berturut-turut sebanyak 0.26 gram dan 0.18 gram.

Bahan-bahan kering yang telah disebutkan di atas ditimbang secara teliti kemudian dilakukan *dry mix* hingga seluruh bahan terdispersi secara merata. Campuran tersebut kemudian dimasukkan kedalam gelas kimia dan ditambahkan aquadest sebanyak 16 ml dan diaduk. Campuran kemudian dipanaskan di atas nyala api kecil selama 15 – 20 menit. Selama pemanasan akan terjadi luapan disertai dengan terbentuknya buih-buih. Jika saat pemanasan larutan tersebut mulai menluap, pindahkan dari atas api dan dinginkan sejenak sambil dilakukan pengadukan hingga seluruh buih turun kembali. Pemanasan dilanjutkan hingga waktu yang telah ditentukan. Campuran kemudian segera dicetak sebelum dingin. Jika larutan terlalu dingin maka akan sulit dicetak karena proses pembentukan gel telah terjadi.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No. | Uraian Kegiatan | Bulan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Februari | | | | Maret | | | | April | | | | Mei | | | | Juni | | | | Juli | | | | Agustus | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Tahap Persiapan |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | Diskusi mengenai topik penelitian |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | Penulisan usulan penelitian |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | Tahap *Trial* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | Proses bimbingan dengan pembimbing I |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 | Administrasi SUP |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 | Distribusi draf usulan dan undangan SUP |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 | Pelaksanaan SUP |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 | Proses Revisi Proposal |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 | Persiapan Penelitian |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11 | Penelitian dan olah data |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12 | Bimbingan Laporan |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 | Administrasi Sidang |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14 | Sidang Sarjana |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Lampiran 2. Rencana Kerja Penelitian**

**Lampiran 3. Perkiraan Biaya Penelitian**

1. Analisis Kebutuhan Bahan Baku
   1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang dilakukan adalah untuk menentukan jenis buah naga yang akan digunakan pada penelitian utama. Buah naga dengan rendemen pektin terbanyak yang akan terpilih.

Penelitian pendahuluan dilakukan sebanyak dua kali ulangan. Satu kali ulangan masing-masing membutuhkan 50 gram kulit buah naga sebagai bahan baku utama nya sehingga

Kebutuhan Kulit buah naga merah = 2 x (50 gram) = 100 gram

Kebutuhan kulit buah naga putih = 2x (50 gram) = 100 gram

dibutuhkan masing masing 100 gram kulit buah naga putih dan 100 gram kulit buah naga merah untuk penelitian pendahuluan

Buah naga merah memiliki persentase kulit terhadap berat utuh buah sebesar 35%. Berat buah naga merah berdasarkan data yang diperoleh dari pasar yaitu sekitar 320 gram per buahnya sehingga hanya dibutuhkan satu buah naga merah untuk memenuhi kebutuhkan kulit buah naga merah pada penelitian pendahuluan

* 1. Penelitian Utama

Penelitian utama yang dilakukan menggunakan kulit buah naga yang terpilih dari penelitian pendahuluan. Penelitian utama yang dilakukan memiliki faktor 3x3 dengan tiga kelompok dimana jenis penggumpal merupakan petak utama dan jenis pengasam merupakan anak petak sehingga diperoleh 27 kali perlakuan dimana dibutuhkan 50 gram kulit buah naga setiap satu perlakuannya sehingga

Kebutuhan Kulit buah naga penelitian utama = 27 x (50 gram) = 1350 gram

Dibutuhkan kurang lebih 1350 gram kulit buah naga

Setelah dilakukan perhitungan maka didapatkan kebutuhan kulit buah naga total yang akan digunakan dalam penelitian secara keseluruhan adalah :

100 gram (pendahuluan) + 1350 gram (utama) = **1450 gram kulit buah naga**

Kulit buah naga baik putih maupun merah mencakup sekitar 35% bagian dari berat buah naga itu sendiri maka:

Rincian perkiraan biaya Penelitian Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin Kulit Buah Naga jika penelitian utama menggunakan buah naga merah sebagai bahan bakunya adalah sebagai berikut

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Bahan | Harga | Satuan | Kebutuhuan | Biaya |
| 1 | Buah Naga Merah | Rp25,000 | kilogram | 6 kg | Rp150,000 |
| 2 | Buah Naga Putih | Rp27,500 | kilogram | 1 kg | Rp27,500 |
| 3 | Asam Sitrat | Rp4,100 | gram (g) | 20 gram | Rp82,000 |
| 4 | Natrium Sitrat | Rp4,600 | gram (g) | 21 gram | Rp96,600 |
| 5 | Asam Oksalat | Rp3,900 | gram (g) | 6.3 gram | Rp24,570 |
| 6 | Ammonium oksalat | Rp6,900 | gram (g) | 12.41 gram | Rp85,629 |
| 7 | Asam Asetat 2N | Rp2,500 | mililiter (ml) | 100 ml | Rp250,000 |
| 8 | Sodium Asetat | Rp5,700 | gram (g) | 9 gram | Rp51,300 |
| 9 | Aseton | Rp45,000 | liter (L) | 7.5 L | Rp337,500 |
| 10 | Isopropanol | Rp110,000 | liter (L) | 7.2 L | Rp792,000 |
| 11 | Etanol 96% | Rp45,000 | liter (L) | 7.5 L | Rp337,500 |
| 12 | Natrium Klorida | Rp4,100 | gram (g) | 50 gram | Rp205,000 |
|  |  |  | Total Biaya Alat Bahan | | Rp2,439,599 |
|  |  |  | Sewa Lab | | Rp250,000 |
|  |  |  | Total Biaya Penelitian | | Rp2,689,599 |

Sedangkan jika bahan baku utama yang digunakan adalah kulit buah naga putih maka perkiraan biayanya adalah sebagai berikut

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Bahan | Harga | Satuan | Kebutuhuan | Biaya |
| 1 | Buah Naga Putih | Rp27,500 | kilogram | 6 kg | Rp165,000 |
| 2 | Buah Naga Putih | Rp25,000 | kilogram | 1 kg | Rp25,000 |
| 3 | Asam Sitrat | Rp4,100 | gram (g) | 20 gram | Rp82,000 |
| 4 | Natrium Sitrat | Rp4,600 | gram (g) | 21 gram | Rp96,600 |
| 5 | Asam Oksalat | Rp3,900 | gram (g) | 6.3 gram | Rp24,570 |
| 6 | Ammonium oksalat | Rp6,900 | gram (g) | 12.41 gram | Rp85,629 |
| 7 | Asam Asetat 2N | Rp2,500 | mililiter (ml) | 100 ml | Rp250,000 |
| 8 | Sodium Asetat | Rp5,700 | gram (g) | 9 gram | Rp51,300 |
| 9 | Aseton | Rp45,000 | liter (L) | 7.5 L | Rp337,500 |
| 10 | Isopropanol | Rp110,000 | liter (L) | 7.2 L | Rp792,000 |
| 11 | Etanol 96% | Rp45,000 | liter (L) | 7.5 L | Rp337,500 |
| 12 | Natrium Klorida | Rp4,100 | gram (g) | 50 gram | Rp205,000 |
|  |  |  | Total Biaya Alat Bahan | | Rp2,452,099 |
|  |  |  | Sewa Lab | | Rp250,000 |
|  |  |  | Total Biaya Penelitian | | Rp2,702,099 |

**Lampiran 4. Perhitungan**

1. Perhitungan Standar Deviasi Penelitian Pendahuluan

Perhitungan ini dilakukan untuk menentukan jenis buah naga mana yang akan digunakan pada penelitian pendahuluan. Buah naga yang memiliki rendemen yang lebih besar akan digunakan sebagai bahan baku utama pada penelitian utama. Berdasarkan hasil percobaan maka didapatkan data sebagai berikut :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Jenis Buah Naga | Berat Kulit (a) | Berat Pektin | Rendemen |
| Merah | 1,5254 gram | 0.5941 gram | 38,95% |
| 1.5274 gram | 0.5923 gram | 38,77% |
| Putih | 1.4699 gram | 0.4077 gram | 27,74% |
| 1.4678 gram | 0.4013 gram | 27.34% |

Keterangan : (a) : Berat yang digunakan adalah berat kering

Maka buah naga yang digunakan adalah buah naga merah karena memiliki rendemen rata-rata yang lebih besar yaitu 38.85% dibandingkan dengan buah naga putih yang memiliki rendemen pektin rata-rata 27.54%

Data tersebut kemudian dihitung besar standar deviasinya sebagai berikut :

Perhitungan Standard Deviasi Rendemen Pektin Kulit Buah Naga Merah

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Perlakuan (i) |  | Rata-rata ( | () | ()2 |
| 1 | 38.95 | 38.85 | 0.1 | 0.01 |
| 2 | 38.75 | 38.85 | -0.1 | 0.01 |
| **TOTAL** | | | | 0.02 |

Standard Deviasi = 38.85% ± 0.14%

Perhitungan Standard Deviasi Rendemen Pektin Kulit Buah Naga Putih

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Perlakuan (i) |  | Rata-rata ( | () | ()2 |
| 1 | 27.74 | 27.54 | 0.2 | 0.02 |
| 2 | 27.34 | 27.54 | -0.2 | 0.02 |
| **TOTAL** | | | | 0.04 |

Standard Deviasi = 27.54 ± 0.28%

**Lampiran 5 Perhitungan Yield Pektin Buah Naga**

*Yield* pektin dihitung berdasarkan perbandingan berat pektin yang dihasilkan dibandingkan dengan berat pektin teoritis (hasil analisis). Berdasarkan hasil percobaan penentuan kadar pektin kulit buah naga yang dilakukan di laboratorium didapatkan pektin sebanyak 1.182 gram dari 3.035 gram kulit buah naga merah (berat kering). Adapun data yang didapatkan dari hasil penelitian sebagai berikut:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ULANGAN I | | | | |
| Perlakuan | Wkb | Wp | Konversi | *Yield* (%) |
| p2k2 | 15.0021 | 2.3190 | 0.469145 | 39.69 |
| p1k2 | 15.0363 | 2.7613 | 0.557353 | 47.15 |
| p3k1 | 14.9786 | 2.5281 | 0.512251 | 43.34 |
| p1k3 | 14.9848 | 2.3017 | 0.466182 | 39.44 |
| p3k2 | 15.0239 | 2.0113 | 0.406306 | 34.37 |
| p1k1 | 15.0360 | 2.5488 | 0.514474 | 43.53 |
| p3k3 | 15.1283 | 1.5299 | 0.306924 | 25.97 |
| p2k1 | 15.0103 | 2.3332 | 0.471761 | 39.91 |
| p2k3 | 15.0058 | 2.5657 | 0.518926 | 43.90 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ULANGAN II | | | | |
| Perlakuan | Wkb | Wp | Konversi | *Yield* (%) |
| p1k2 | 14.9719 | 2.4591 | 0.498493 | 42.17 |
| p2k2 | 15.0094 | 2.4624 | 0.497914 | 42.12 |
| p1k3 | 15.0061 | 2.0841 | 0.42151 | 35.66 |
| p3k2 | 15.0074 | 1.8642 | 0.377003 | 31.90 |
| p2k3 | 15.1620 | 2.6530 | 0.531056 | 44.93 |
| p2k1 | 15.0629 | 2.3152 | 0.466485 | 39.47 |
| p1k1 | 14.5668 | 2.0546 | 0.428078 | 36.22 |
| p3k3 | 15.0068 | 1.4224 | 0.287668 | 24.34 |
| p3k1 | 14.8197 | 2.3198 | 0.475082 | 40.19 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ULANGAN III | | | | |
| Perlakuan | Wkb | Wp | Konversi | *Yield* (%) |
| p3k1 | 15.0156 | 2.217 | 0.448106 | 37.91 |
| p1k3 | 14.9819 | 2.2537 | 0.456549 | 38.63 |
| p2k2 | 15.0388 | 2.0297 | 0.409616 | 34.65 |
| p3k2 | 15.0034 | 1.7819 | 0.360456 | 30.50 |
| p1k1 | 15.0735 | 2.1771 | 0.438353 | 37.09 |
| p2k1 | 14.9865 | 2.6189 | 0.530367 | 44.87 |
| p2k3 | 15.0266 | 2.5874 | 0.522591 | 44.21 |
| p1k2 | 15.0237 | 2.4818 | 0.501359 | 42.42 |
| p3k3 | 15.0947 | 1.671 | 0.335978 | 28.42 |

Konversi didapatkan dengan cara membagi berat kering kulit buah naga yang digunakan untuk analsis dengan berat kering kulit buah naga yang digunakan saat penelitian dikalikan dengan berat pektin yang didapatkan saat penelitian. Sebagai conoh akan dilakukan perhitungan *yield* pada perlakuan p2k2 pada ulangan I

*Yield* (%) dihitung dengan membandingkan berat pektin konversi dengan berat pektin teoritis dikali 100

Perhitungan selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama.

**Lampiran 6. Perhitungan Berat Ekivalen Pektin Kulit Buah Naga Merah**

Perhitungan berat ekivalen dari pektin kulit buah naga dihitung dengan cara titrasi asam basa. Adapun data analisis berat ekivalen dari pektin kulit buah naga adalah sebagai berikut

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ULANGAN I | | | | |
| Perlakuan | V titrasi (mL) | N NaOH | Ws | BE |
| p2k2 | 0.8 | 0.1 | 0.5 | 6250.00 |
| p1k2 | 1.32 | 0.1 | 0.5 | 3787.88 |
| p3k1 | 0.83 | 0.1 | 0.5 | 6024.10 |
| p1k3 | 1.1 | 0.1 | 0.5 | 4545.45 |
| p3k2 | 0.8 | 0.1 | 0.5 | 6250.00 |
| p1k1 | 1 | 0.1 | 0.5 | 5000.00 |
| p3k3 | 0.7 | 0.1 | 0.5 | 7142.86 |
| p2k1 | 0.6 | 0.1 | 0.5 | 8333.33 |
| p2k3 | 1.25 | 0.1 | 0.5 | 4000.00 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ULANGAN II | | | | |
| Perlakuan | V titrasi (mL) | N NaOH | Ws | BE |
| p1k2 | 1.6 | 0.1 | 0.5 | 3125.00 |
| p2k2 | 0.8 | 0.1 | 0.5 | 6250.00 |
| p1k3 | 1.2 | 0.1 | 0.5 | 4166.67 |
| p3k2 | 0.8 | 0.1 | 0.5 | 6250.00 |
| p2k3 | 1.2 | 0.1 | 0.5 | 4166.67 |
| p2k1 | 0.5 | 0.1 | 0.5 | 10000.00 |
| p1k1 | 0.9 | 0.1 | 0.5 | 5555.56 |
| p3k3 | 0.7 | 0.1 | 0.5 | 7142.86 |
| p3k1 | 0.8 | 0.1 | 0.5 | 6250.00 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ULANGAN III | | | | |
| Perlakuan | V titrasi (mL) | N NaOH | Ws | BE |
| p3k1 | 0.8 | 0.1 | 0.5 | 6250.00 |
| p1k3 | 1 | 0.1 | 0.5 | 5000.00 |
| p2k2 | 0.76 | 0.1 | 0.52 | 6842.11 |
| p3k2 | 0.8 | 0.1 | 0.54 | 6750.00 |
| p1k1 | 1.2 | 0.1 | 0.5 | 4166.67 |
| p2k1 | 0.5 | 0.1 | 0.5 | 10000.00 |
| p2k3 | 1.2 | 0.1 | 0.5 | 4166.67 |
| p1k2 | 1.3 | 0.1 | 0.5 | 3846.15 |
| p3k3 | 0.8 | 0.1 | 0.5 | 6250.00 |

Perhitungan Berat ekivalen dilakukan sesuai dengan rumus yang dicantumkan pada Lampiran satu butir a. Sebagai contih dilakukan perhitungan terhadap berat ekivalen terhadap pektin hasil ekstraksi dengan perlakuan p2k2 ulangan pertama.

Perhitungan untuk perlakuan lain dilakukan dengan cara yang sama.menggunakan data titrasi yang dimiliki oleh masing masing perlakuan

**Lampiran 7. Perhitungan Kadar Metoksil Pektin Kulit Buah Naga**

Kadar metoksil dihitung berdasarkan cara yang tertera pada Lampiran 1 poin b. Data yang didapatkan selama penelitian dapat dilihat pada tabel berikut

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ULANGAN I | | | | |
| Perlakuan | V titrasi (mL) | N NaOH | Ws (mg) | K.Metoksil |
| p1k1 | 4.29 | 0.1 | 500 | 2.66 |
| p1k2 | 4.84 | 0.1 | 500 | 3.00 |
| p1k3 | 5.90 | 0.1 | 500 | 3.66 |
| p2k1 | 5.90 | 0.1 | 500 | 3.66 |
| p2k2 | 1.13 | 0.1 | 500 | 0.70 |
| p2k3 | 3.26 | 0.1 | 500 | 2.02 |
| p3k1 | 5.19 | 0.1 | 500 | 3.22 |
| p3k2 | 2.90 | 0.1 | 500 | 1.80 |
| p3k3 | 3.26 | 0.1 | 500 | 2.02 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ULANGAN II | | | | |
| Perlakuan | V titrasi (mL) | N NaOH | Ws (mg) | K.Metoksil |
| p1k1 | 3.10 | 0.1 | 500 | 1.92 |
| p1k2 | 3.26 | 0.1 | 500 | 2.02 |
| p1k3 | 2.80 | 0.1 | 500 | 1.74 |
| p2k1 | 4.50 | 0.1 | 500 | 2.79 |
| p2k2 | 1.05 | 0.1 | 500 | 0.65 |
| p2k3 | 3.69 | 0.1 | 500 | 2.29 |
| p3k1 | 5.81 | 0.1 | 500 | 3.60 |
| p3k2 | 2.81 | 0.1 | 500 | 1.74 |
| p3k3 | 3.00 | 0.1 | 500 | 1.86 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ULANGAN III | | | | |
| Perlakuan | V titrasi (mL) | N NaOH | Ws (mg) | K.Metoksil |
| p1k1 | 2.90 | 0.1 | 500 | 1.80 |
| p1k2 | 4.69 | 0.1 | 500 | 2.91 |
| p1k3 | 2.69 | 0.1 | 500 | 1.67 |
| p2k1 | 5.90 | 0.1 | 500 | 3.66 |
| p2k2 | 1.24 | 0.1 | 520 | 0.74 |
| p2k3 | 3.27 | 0.1 | 500 | 2.03 |
| p3k1 | 5.19 | 0.1 | 500 | 3.22 |
| p3k2 | 3.95 | 0.1 | 540 | 2.27 |
| p3k3 | 3.00 | 0.1 | 500 | 1.86 |

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus yang terlampir pada Lampiran 1 poin b. sebagai contoh akan dilakukan perhitungan dari pektin dengan perlakuan p1k1 ulangan pertama

Perhitungan untuk perlakuan lain dilakukan dengan cara yang sama.menggunakan data titrasi yang dimiliki oleh masing masing perlakuan

**Lampiran 8. Perhitungan Kadar Galakturonat Pektin Kulit Buah Naga**

Perhitungan kadar asam galakturonat dihitung berdasarkan kepada miliekivalen yang didapat saat penentuan berat ekvalen dan kadar metoksil. Data yang didapatkan pada saat penelitian dapat dilihat pada tabel berikut ini:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ULANGAN I | | | | |
| Perlakuan | miliekivalen BE | miliekivalen K.Metoksil | Ws (mg) | K.Asam Garakturonat |
| p1k1 | 0.4 | 1.716 | 500 | 74.49 |
| p1k2 | 0.528 | 1.935 | 500 | 86.71 |
| p1k3 | 0.44 | 2.361 | 500 | 98.61 |
| p2k1 | 0.24 | 2.361 | 500 | 91.57 |
| p2k2 | 0.32 | 0.452 | 500 | 27.16 |
| p2k3 | 0.5 | 1.303 | 500 | 63.47 |
| p3k1 | 0.332 | 2.077 | 500 | 84.81 |
| p3k2 | 0.32 | 1.161 | 500 | 52.14 |
| p3k3 | 0.28 | 1.303 | 500 | 55.73 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ULANGAN II | | | | |
| Perlakuan | miliekivalen BE | miliekivalen K.Metoksil | Ws (mg) | K.Asam Garakturonat |
| p1k1 | 0.36 | 1.239 | 500 | 56.27 |
| p1k2 | 0.64 | 1.303 | 500 | 68.40 |
| p1k3 | 0.48 | 1.120 | 500 | 56.32 |
| p2k1 | 0.2 | 1.800 | 500 | 70.40 |
| p2k2 | 0.32 | 0.419 | 500 | 26.03 |
| p2k3 | 0.48 | 1.477 | 500 | 68.90 |
| p3k1 | 0.32 | 2.323 | 500 | 93.02 |
| p3k2 | 0.32 | 1.123 | 500 | 50.78 |
| p3k3 | 0.28 | 0.30 | 500 | 52.10 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ULANGAN III | | | | |
| Perlakuan | miliekivalen BE | miliekivalen K.Metoksil | Ws (mg) | K.Asam Garakturonat |
| p1k1 | 0.48 | 1.161 | 500 | 57.77 |
| p1k2 | 0.73 | 1.877 | 500 | 73.12 |
| p1k3 | 0.4 | 1.077 | 500 | 52.01 |
| p2k1 | 0.2 | 2.361 | 500 | 90.16 |
| p2k2 | 0.304 | 0.497 | 520 | 28.18 |
| p2k3 | 0.48 | 1.310 | 500 | 63.00 |
| p3k1 | 0.32 | 2.077 | 500 | 84.39 |
| p3k2 | 0.32 | 1.582 | 540 | 66.94 |
| p3k3 | 0.32 | 1.200 | 500 | 53.50 |

Rumus perhitungan yang digunakan adalah yang tertera pada Lampiran 1 poin C. Sebagai contoh akan dilakukan perhitungan kadar asam galakturonat pada pektin perlakuan p1k1 ulangan pertama.

Perhitungan untuk perlakuan lain dilakukan dengan cara yang sama.menggunakan data miliekivalen penentuan BE dan kadar metoksil yang dimiliki oleh masing masing perlakuan.

**Lampiran 9. Perhitungan Derajat Metil-esterifikasi Pektin Kulit Buah Naga Merah**

Perhitungan derajat metil-esterifikasi (DM) didasarkan kepada data kadar metoksil dan kadar asam galakturonat yang telah didapatkan sebelumnya

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ULANGAN I | | | |
| Perlakuan | K.Metoksil | K.Asam Galakturonat | DM (%) |
| p1k1 | 2.66 | 18.622 | 20.27 |
| p1k2 | 3.00 | 21.679 | 19.64 |
| p1k3 | 3.66 | 24.651 | 21.07 |
| p2k1 | 3.66 | 22.891 | 22.69 |
| p2k2 | 0.70 | 6.790 | 14.63 |
| p2k3 | 2.02 | 15.868 | 18.07 |
| p3k1 | 3.22 | 21.203 | 21.56 |
| p3k2 | 1.80 | 13.035 | 19.60 |
| p3k3 | 2.02 | 13.932 | 20.58 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ULANGAN II | | | |
| Perlakuan | K.Metoksil | K.Asam Galakturonat | DM (%) |
| p1k1 | 1.92 | 14.07 | 19.37 |
| p1k2 | 2.02 | 17.10 | 16.77 |
| p1k3 | 1.74 | 14.08 | 17.50 |
| p2k1 | 2.79 | 17.60 | 22.50 |
| p2k2 | 0.65 | 6.51 | 14.18 |
| p2k3 | 2.29 | 17.23 | 18.87 |
| p3k1 | 3.22 | 21.10 | 21.97 |
| p3k2 | 1.74 | 12.69 | 19.45 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ULANGAN III | | | |
| Perlakuan | K.Metoksil | K.Asam Galakturonat | DM (%) |
| p1k1 | 1.80 | 14.44 | 16.89 |
| p1k2 | 2.91 | 21.10 | 25.74 |
| p1k3 | 1.67 | 13.00 | 17.72 |
| p2k1 | 3.66 | 22.54 | 29.52 |
| p2k2 | 0.74 | 6.77 | 16.50 |
| p2k3 | 2.03 | 15.75 | 16.73 |
| p3k1 | 3.22 | 21.10 | 19.65 |
| p3k2 | 2.27 | 15.50 | 25.38 |
| p3k3 | 1.86 | 13.38 | 19.74 |

Derajat metil-esterifikasi dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut ini:

Sebagai contoh jika akan menghitung derajat metil-esterifikasi dari pektin kulit buah naga pada perlakuan p1k1 ulangan pertama, maka dengan menggunakan data kadar metoksil dan kadar galakturonat pada perlakuan p1k1 dapat dihitung sebagai berikut

Perhitungan derajat metoksilasi lain dihitung menggunakan cara yang sama menggunakan data kadar metoksil dan kadar asam galakturonat masing-masing perlakuan.

**Lampiran 10. Perhitungan statistik yield pektin kulit buah naga**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Faktor Jenis Pengendap** | **Kelompok** | **Faktor Pengasam** | | | **Total** |
|
| **k1** | **k2** | **k3** |
| **p1** | **1** | 43.526 | 47.153 | 39.440 | 130.119 |
| **2** | 36.216 | 42.174 | 35.661 | 114.051 |
| **3** | 37.086 | 42.416 | 38.625 | 118.127 |
| **Sub Total** | | **116.828** | **131.743** | **113.726** | **362.297** |
| **Rata-rata sub total** | | **38.943** | **43.914** | **37.909** | **40.255** |
| **p2** | **1** | 39.912 | 39.691 | 43.902 | 123.505 |
| **2** | 39.466 | 42.125 | 44.929 | 126.519 |
| **3** | 44.870 | 34.654 | 44.212 | 123.737 |
| **Sub Total** | | **124.248** | **116.470** | **133.043** | **373.762** |
| **Rata-rata** | | **41.416** | **38.823** | **44.348** | **41.529** |
| **p3** | **1** | 43.338 | 34.374 | 25.967 | 103.679 |
| **2** | 40.193 | 31.895 | 24.337 | 96.426 |
| **3** | 37.911 | 30.495 | 28.425 | 96.831 |
| **Sub Total** | | **121.442** | **96.765** | **78.728** | **296.935** |
| **Rata-rata** | | **40.481** | **32.255** | **26.243** | **32.993** |
| **Total Faktor** | | **362.518** | **344.978** | **325.498** | **1032.994** |
| **Rata-Rata** | | **40.280** | **38.331** | **36.166** | **38.259** |

**10.1 Perhitungan Tabel ANAVA**

39521.33598

JKT =

= 9521.33598 = 930.089

JKK =

= 28.205

JK Faktor (P) =

= 381.698

JK Faktor (K) =

= 76.207

JK Interaksi (PK) =

=

= 338.006

JK Galat =

=

= 105.974

KT Kelompok =

KT (P) =

KT (K) =

KT Interaksi (PK) =

KT Galat =

Maka tabel analisis variansi (ANAVA) adalah sebagai berikut

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Variansi** | **DB** | **JK** | **KT** | **F HITUNG** | | **F TABEL 5%** |
| **Kelompok** | 2 | 28.205 | 14.102 |  | |  |
| **Taraf P** | 2 | 381.698 | 190.849 | 28.814 | \* | 3.63 |
| **Taraf K** | 2 | 76.207 | 38.103 | 5.753 | \* | 3.63 |
| **Interaksi PK** | 4 | 338.006 | 84.501 | 12.758 | \* | 3.01 |
| **Galat** | 16 | 105.974 | 6.623 |
| **Total** | 26 | 930.089 | 35.773 |

Keterangan : (\*) = Berpengaruh nyata

: (tn) = Tidak berpengaruh nyata

Kesimpulan

Berdasarkan tabel analisis variansi (ANAVA) dapat disimpulkan bahwa jenis pengasam (K), Jenis Penggumpal (P) dan interaksinya berpengaruh nyata terhadap *yield* pektin kulit buah naga Karena F hitung > F tabel 5% sehingga perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

**10.2. Uji lanjut Duncan Faktor K Terhadap *Yield* Pektin Kulit Buah Naga**

Sy =

LSR =

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | Perlakuan | Rata-rata Perlakuan | Perlakuan | | | Taraf Nyata 5% |
| 1 | 2 | 3 |
|  |  | k3 | 36.166 | - | - | - | a |
| 3.00 | 2.57 | k2 | 38.331 | 2.165tn | - | - | ab |
| 3.15 | 2.70 | k1 | 40.280 | 4.113\* | 1.949tn | - | b |

Keterangan : Setiap huruf yang berbeda menunjukan perbedaan yang nyata pada taraf 5%

(\*) : berbeda nyata

(tn) : tidak berbeda nyata

**10.3. Uji Lanjut Duncan Faktor P Terhadap *Yield* Pektin Kulit Buah Naga**

Sy =

LSR =

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | Perlakuan | Rata-rata Perlakuan | Perlakuan | | | Taraf Nyata 5% |
| 1 | 2 | 3 |
|  |  | p3 | 32.993 | - | - | - | a |
| 3.00 | 2.57 | p1 | 40.255 | 7.262\* | - | - | b |
| 3.15 | 2.70 | p2 | 41.529 | 8.536\* | 1.274tn | - | b |

Keterangan : Setiap huruf yang berbeda menunjukan perbedaan yang nyata pada taraf 5%

(\*) : berbeda nyata

(tn) : tidak berbeda nyata

**10.4. Perhitungan Standard Deviasi *Yield* Pektin**

Standard deviasi dihitung berdasarkan persamaan berikut:

Berikut adalah contoh dari perhitungan standard deviasi untuk perlakuan p1k1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| 43.526 | 4.583 | 21.005 |
| 36.216 | -2.726 | 7.432 |
| 37.086 | -1.857 | 3.448 |
|  |  | 31.885 |

Dengan memasukkan data pada tabel ke dalam persamaan di atas maka didapatkan standard deviasi dari perlakuan p1k1 adalah sebesar 3.99 sehingga nilai sebenarnya dari perlakuan p1k1 berada pada 38.943 ± 3.99%.

Dengan melakukan perhitungan yang sama terhadap seluruh perlakuan maka didapatkan tabel dwi arah sebagai berikut

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Jenis Penggumpal | Jenis Pengasam (%) | | |
| k1 Asam Oksalat | k2  Asam Sitrat | k3 Asam Asetat |
| p1 (etanol 96%) | A | C | B |
| 38.943% ± 3.99 | 43.914% ± 2.81 | 37.909 ± 1.99 |
| a | b | a |
| p2 (aseton) | A | B | C |
| 41.416% ± 3.00 | 38.823% ± 3.81 | 44.348 ± 0.53 |
| ab | a | b |
| p3 (isopropanol) | A | A | A |
| 40.481% ± 2.72 | 32.255% ± 1.96 | 26.243% ± 2.06 |
| c | b | a |

**10.5. Tabel Uji Lanjut Duncan Pengaruh Jenis Penggumpal (P) dan Pengasam (K) Terhadap *Yield* Pektin Kulit Buah Naga**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | Perlakuan | Rata-rata Perlakuan | Perlakuan | | | | | | | | | Taraf Nyata 5% |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|  | 0.000 | p3k3 | 26.243 | - |  |  |  |  |  |  |  |  | a |
| 3.00 | 4.458 | p3k2 | 32.255 | 6.012\* | - |  |  |  |  |  |  |  | b |
| 3.15 | 4.680 | p1k3 | 37.909 | 11.666\* | 5.654\* | - |  |  |  |  |  |  | c |
| 3.23 | 4.799 | p2k2 | 38.823 | 12.581\* | 6.568\* | 0.915tn | - |  |  |  |  |  | cd |
| 3.3 | 4.903 | p1k1 | 38.943 | 12.700\* | 6.688\* | 1.034tn | 0.119tn | - |  |  |  |  | cd |
| 3.34 | 4.963 | p3k1 | 40.481 | 14.238\* | 8.225\* | 2.572tn | 1.657tn | 1.538tn | - |  |  |  | cde |
| 3.37 | 5.007 | p2k1 | 41.416 | 15.173\* | 9.161\* | 3.507tn | 2.593tn | 2.473tn | 0.936tn | - |  |  | cde |
| 3.39 | 5.037 | p1k2 | 43.914 | 17.672\* | 11.659\* | 6.006\* | 5.091\* | 4.972tn | 3.434tn | 2.498tn | - |  | de |
| 3.41 | 5.067 | p2k3 | 44.348 | 18.105\* | 12.093\* | 6.439\* | 5.524\* | 5.405\* | 3.867tn | 2.932tn | 0.433tn | - | e |

**10.6. Tabel Uji Jarak Berganda Duncan Pengaruh Jenis Penggumpal (P) dan Pengasam (K) Terhadap *Yield* Pektin Kulit Buah Naga**

Faktor p1 terhadap k

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 0.05% | 0.05% | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05% |
|  |  | p1k3 | 37.909 |  |  |  | a |
| 3.00 | 4.458 | p1k1 | 38.943 | 1.034tn |  |  | a |
| 3.15 | 4.680 | p1k2 | 43.914 | 6.006\* | 4.972\* | - | b |

Faktor p2 terhadap k

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 0.05 | 0.05 | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p2k2 | 38.823 |  |  |  | a |
| 3.00 | 4.458 | p2k1 | 41.416 | 2.593tn |  |  | ab |
| 3.15 | 4.680 | p2k3 | 44.348 | 5.524\* | 2.932tn | - | b |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 0.05 | 0.05 | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p3k3 | 26.243 |  |  |  | a |
| 3.00 | 4.458 | p3k1 | 32.255 | 6.012\* |  |  | b |
| 3.15 | 4.680 | p3k1 | 40.481 | 14.238\* | 8.225\* | - | c |

Faktor p3 terhadap k

Faktor k1 terhadap p

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 0.05 | 0.05 | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p1k1 | 38.943 |  |  |  | A |
| 3.00 | 4.458 | p3k1 | 40.481 | 1.538tn |  |  | A |
| 3.15 | 4.680 | p2k1 | 41.416 | 2.473tn | 0.936tn | - | A |

Faktor k2 terhadap p

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 0.05 | 0.05 | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p3k2 | 32.255 |  |  |  | A |
| 3.00 | 4.458 | p2k2 | 38.823 | 6.568\* |  |  | B |
| 3.15 | 4.680 | p1k2 | 43.914 | 11.659\* | 5.091\* | - | C |

Faktor k3 terhadap p

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 0.05 | 0.05 | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p3k2 | 32.255 |  |  |  | A |
| 3.00 | 4.458 | p2k2 | 38.823 | 6.568\* |  |  | B |
| 3.15 | 4.680 | p1k2 | 43.914 | 11.659\* | 5.091\* | - | C |

**Lampiran 11. Perhitungan Statistik Berat Ekivalen Pektin Kulit Buah Naga**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Faktor Jenis Pengendap** | **Kelompok** | **Faktor Pengasam** | | |  |
|
| **k1** | **k2** | **k3** |
| **p1** | **1** | 5000.000 | 3787.870 | 4545.460 | 13333.330 |
| **2** | 5555,6 | 3125.000 | 4166.670 | 7291.670 |
| **3** | 4166.670 | 3846.150 | 5000.000 | 13012.820 |
| **Sub Total** | | **9166.670** | **10759.020** | **13712.130** | **33637.820** |
| **Rata-rata** | | **4583.335** | **3586.340** | **4570.710** | **4246.795** |
| **p2** | **1** | 8333.330 | 6250.000 | 4000.000 | 18583.330 |
| **2** | 10000.000 | 6250.000 | 4166.000 | 20416.000 |
| **3** | 10000.000 | 7142.860 | 4166.000 | 21308.860 |
| **Sub Total** | | **28333.330** | **19642.860** | **12332.000** | **60308.190** |
| **Rata-rata** | | **9444.443** | **6547.620** | **4110.667** | **6700.910** |
| **p3** | **1** | 6024.100 | 6250.000 | 7142.860 | 19416.960 |
| **2** | 6250.000 | 6250.000 | 7142.860 | 19642.860 |
| **3** | 6250.000 | 6750.000 | 6750.000 | 19750.000 |
| **Sub Total** | | **18524.100** | **19250.000** | **21035.720** | **58809.820** |
| **Rata-rata** | | **6174.700** | **6416.667** | **7011.907** | **6534.424** |
| **Total Faktor** | | **56024.100** | **49651.880** | **47079.850** | **152755.830** |
| **Rata-Rata** | | **6734.159** | **5516.876** | **5231.094** | **5827.376** |

**11.1. Perhitungan ANAVA**

864234948.1

JKT =

= = 97335357.88

JKK =

=

= 2538364.290

JK Faktor (P) =

=

= 49895678.985

JK Faktor (K) =

=

= 4711856.819

JK Interaksi (PK) =

=

42727822.080

JK Galat =

= 15187896.702

KT Kelompok = 1269182.145

KT (P) = 24947839.492

KT (K) = 2355928.409

KT Interaksi (PK) = 10681955.520

KT Galat = 949243.544

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Variansi** | **DB** | **JK** | **KT** | **F HITUNG** | | **F TABEL 5%** |
| **Kelompok** | 2 | 2538364.290 | 1269182.145 |  | |  |
| **Perlakuan** | 8 | 97335357.884 | 12166919.735 |  | |  |
| **Taraf P** | 2 | 49895678.985 | 24947839.492 | 26.282 | \* | 3.63 |
| **Taraf K** | 2 | 4711856.819 | 2355928.409 | 2.482 | tn | 3.63 |
| **Interaksi PK** | 4 | 42727822.080 | 10681955.520 | 11.253 | \* | 3.01 |
| **Galat** | 16 | 15187896.702 | 949243.544 |
| **Total** | 26 | 115061618.876 | 4425446.880 |

Keterangan : (\*) = Berpengaruh nyata

: (tn) = Tidak berpengaruh nyata

Kesimpulan :

Berdasarkan tabel ANAVA dapat disimpulkan bahwa jenis penggumpal (P) dan interaksi antara jenis penggumpal dan pengasam berpengaruh nyata terhadap berat ekivalen pektin kulit buah naga sehingga perlu dilakukan uji lanjut Duncan sedangkan jenis pengasm (K) tidak berpengaruh nyata terhadap berat ekivalen pektin kulit buah naga sehingga tidak perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

**11.2. Uji Lanjut Duncan Faktor Penggumpal (P) Terhadap Berat Ekivalen Pektin Kulit Buah Naga Merah**

Sy =

LSR =

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | Perlakuan | Rata-rata Perlakuan | Perlakuan | | | Taraf Nyata 5% |
| 1 | 2 | 3 |
|  |  | p1 | 4246.795 |  |  |  | a |
| 3.00 | 974.29 | p3 | 6534.424 | 2287.629\* |  |  | b |
| 3.15 | 1023.01 | p2 | 6700.910 | 2454.115\* | 166.486tn |  | b |

Keterangan : Setiap huruf yang berbeda menunjukan perbedaan yang nyata pada taraf 5%

(\*) : berbeda nyata

(tn) : tidak berbeda nyata

**11.3. Perhitungan Standard Deviasi Berat EkivalenPektin**

Standard deviasi dihitung berdasarkan persamaan berikut:

Berikut adalah contoh dari perhitungan standard deviasi untuk perlakuan p1k1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| 5000 | 93 | 8570 |
| 5556 | 648 | 420133 |
| 4167 | -741 | 548716 |
| 4907 |  | 977419 |

Dengan memasukkan data pada tabel ke dalam persamaan di atas maka didapatkan standard deviasi dari perlakuan p1k1 adalah sebesar 699 sehingga nilai sebenarnya dari perlakuan p1k1 berada pada 4907 ± 699.

Dengan melakukan perhitungan yang sama terhadap seluruh perlakuan maka didapatkan tabel dwi arah sebagai berikut

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| JENIS PENGGUMPAL | JENIS PENGASAM | | |
| k1 Asam Oksalat | k2  Asam Sitrat | k3 Asam Asetat |
| p1 (Etanol 96%) | A | A | A |
| 4583.34 ± 699 | 3586.340 ± 401 | 4570.710 ± 417 |
| a | a | a |
| p2 (Aseton) | B | B | A |
| 9444.443 ± 962 | 6547.620 ± 515 | 4110.667 ± 96 |
| c | b | a |
| p3 (Isopropanol) | A | B | B |
| 6174.700 ± 130 | 6416.667 ± 289 | 7011.907 ± 227 |
| a | a | a |

**11.3. Tabel Uji Lanjut Duncan Pengaruh Jenis Penggumpal (P) dan Pengasam (K) Terhadap Berat Ekivalen Pektin Kulit Buah Naga**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | Perlakuan | Rata-rata Perlakuan | Perlakuan | | | | | | | | | Taraf Nyata 5% |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|  | 0.000 | p1k2 | 3586.340 | - |  |  |  |  |  |  |  |  | a |
| 3.00 | 1687.522 | p2k3 | 4110.667 | 524.32tn | - |  |  |  |  |  |  |  | ab |
| 3.15 | 1771.898 | p1k3 | 4570.710 | 984.37tn | 460.04tn | - |  |  |  |  |  |  | abc |
| 3.23 | 1816.899 | p1k1 | 5654.765 | 2068.4\* | 1544.0tn | 1084.0tn | - |  |  |  |  |  | bcd |
| 3.3 | 1856.274 | p3k1 | 6174.700 | 2588.4\* | 2064.0\* | 1603.9tn | 519.94tn | - |  |  |  |  | cd |
| 3.34 | 1878.775 | p3k2 | 6416.667 | 2830.3\* | 2306.0\* | 1845.9tn | 761.9tn | 241.9tn | - |  |  |  | cd |
| 3.37 | 1895.650 | p2k2 | 6547.620 | 2961\* | 2436.9\* | 1976.9\* | 892.85tn | 372.92tn | 130.95tn | - |  |  | d |
| 3.39 | 1906.900 | p3k3 | 7011.907 | 3426\* | 2901.2\* | 2441.2\* | 1357.1tn | 837.2tn | 595.2tn | 464.3tn | - |  | d |
| 3.41 | 1918.150 | p2k1 | 9444.443 | 5858\* | 5335\* | 4873\* | 3789.7\* | 3269.7\* | 3027.8\* | 2896.8\* | 2432.5\* | - | e |

Faktor p1 terhadap K

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 0.05 | 0.05 | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p1k3 | 4570.710 |  |  |  | a |
| 3.00 | 1687.5 | p1k1 | 4583.335 | 12.63tn |  |  | a |
| 3.15 | 1771.9 | p1k2 | 6250.000 | 1679.3tn | 1666.7tn | - | a |

Faktor p2 terhadap K

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 0.05 | 0.05 | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p2k3 | 4110.667 |  |  |  | a |
| 3.00 | 1687.5 | p2k2 | 6547.620 | 2436.9\* |  |  | b |
| 3.15 | 1771.9 | p2k1 | 9444.443 | 5333.8\* | 2896.8\* | - | c |

Faktor p3 terhadap K

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 0.05 | 0.05 | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p3k1 | 6174.700 |  |  |  | a |
| 3.00 | 1687.5 | p3k2 | 6416.667 | 241.98tn |  |  | a |
| 3.15 | 1771.9 | p3k3 | 7011.907 | 837.21tn | 595.24tn | - | a |

Faktor k1 terhadap P

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 0.05 | 0.05 | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p1k1 | 4583.335 |  |  |  | A |
| 3.00 | 1687.5 | p3k1 | 6174.700 | 1591.4tn |  |  | A |
| 3.15 | 1771.9 | p2k1 | 9444.443 | 4861.2\* | 3269.7\* | - | B |

Faktor k2 terhadap P

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 0.05 | 0.05 | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p1k2 | 3586.340 |  |  |  | A |
| 3.00 | 1687.5 | p3k2 | 6416.667 | 2830.3\* |  |  | B |
| 3.15 | 1771.9 | p2k2 | 6547.620 | 2961.3\* | 130.953tn | - | B |

Faktor k3 terhadap P

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 0.05 | 0.05 | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p2k3 | 4110.667 |  |  |  | A |
| 3.00 | 1687.5 | p1k3 | 4570.710 | 460.0tn |  |  | A |
| 3.15 | 1771.9 | p3k3 | 7011.907 | 2901.2\* | 2441.2\* | - | B |

**Lampiran 12. Perhitungan Statistik Kadar metoksil Pektin Kulit Buah Naga**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Faktor Jenis Pengendap** | **Kelompok** | **Faktor Pengasam** | | |  |
|
| **k1** | **k2** | **k3** |
| **p1** | **1** | 2.660 | 3.000 | 1.860 | 7.520 |
| **2** | 1.922 | 2.015 | 1.736 | 5.673 |
| **3** | 1.798 | 2.914 | 1.674 | 6.386 |
| **Sub Total** | | **6.380** | **7.929** | **5.270** | **19.579** |
| **Rata-rata** | | **2.127** | **2.643** | **1.757** | **2.175** |
| **p2** | **1** | 3.660 | 0.700 | 2.660 | 7.020 |
| **2** | 2.790 | 0.651 | 2.294 | 5.735 |
| **3** | 3.658 | 0.744 | 2.030 | 6.432 |
| **Sub Total** | | **10.108** | **2.095** | **6.984** | **19.187** |
| **Rata-rata** | | **3.369** | **0.698** | **2.328** | **2.132** |
| **p3** | **1** | 3.224 | 1.800 | 2.020 | 7.044 |
| **2** | 3.596 | 1.736 | 1.860 | 7.192 |
| **3** | 3.220 | 2.270 | 1.860 | 7.350 |
| **Sub Total** | | **10.040** | **5.806** | **5.740** | **21.586** |
| **Rata-rata** | | **3.347** | **1.935** | **1.913** | **2.398** |
| **Total Faktor** | | **26.528** | **15.830** | **17.994** | **60.352** |
| **Rata-Rata** | | **2.948** | **1.759** | **1.999** | **2.235** |

**12.1. Perhitungan ANAVA**

134.902

JKT =

= = 18.514

JKK =

= 0.495

JK Faktor (P) =

= 0.368

JK Faktor (K) =

= 7.110

JK Interaksi (PK) =

=

= 9.001

JK Galat =

=

= 1.541

KT Kelompok =

KT (P) =

KT (K) =

KT Interaksi (PK) =

KT Galat =

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Variansi** | **DB** | **JK** | **KT** | **F HITUNG** | | **F TABEL 5%** |
| **Kelompok** | 2 | 0.495 | 0.248 |  | |  |
| **Perlakuan** | 8 | 16.478 | 2.060 |  | |  |
| **Taraf P** | 2 | 0.368 | 0.184 | 1.911 | tn | 3.63 |
| **Taraf K** | 2 | 7.110 | 3.555 | 36.914 | \* | 3.63 |
| **Interaksi PK** | 4 | 9.001 | 2.250 | 23.366 | \* | 3.01 |
| **Galat** | 16 | 1.541 | 0.096 |
| **Total** | 26 | 18.514 | 0.712 |

Keterangan : (\*) = Berpengaruh nyata

: (tn) = Tidak berpengaruh nyata

Kesimpulan :

Berdasarkan ANAVA dapat disimpulkan bahwa perlakuan jenis pengasam (K) dan interaksi antara pengasam dan penggumpal (PK) berpengaruh nyata sehingga harus dilakukan uji lanjut Duncan sedangkan perlakuan jenis penggumpal tidak berpengaruh nyata terhadap kadar metoksil pektin kulit buah naga sehingga tidak perlu dilakukan uji lanjut Duncan

**12.2.** **Uji Lanjut Duncan Faktor Jenis Pengasam (K) Terhadap Kadar Metoksil Pektin Kulit Nuah Naga**

Sy =

LSR =

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | Perlakuan | Rata-rata Perlakuan | Perlakuan | | | Taraf Nyata 5% |
| 1 | 2 | 3 |
|  |  | k2 | 1.759 |  |  |  | a |
| 3.00 | 0.31 | k3 | 1.999 | 0.240tn |  |  | a |
| 3.15 | 0.33 | k1 | 2.948 | 1.189\* | 0.948\* |  | b |

Keterangan : Setiap huruf yang berbeda menunjukan perbedaan yang nyata pada taraf 5%

(\*) : berbeda nyata

(tn) : tidak berbeda nyata

**12.3. Perhitungan Standard Deviasi Kadar Metoksil Pektin**

Standard deviasi dihitung berdasarkan persamaan berikut:

Berikut adalah contoh dari perhitungan standard deviasi untuk perlakuan p1k1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| 2.660 | 0.533 | 0.2844 |
| 1.922 | -0.205 | 0.0419 |
| 1.798 | -0.329 | 0.1080 |
| 2.127 |  | 0.434 |

Dengan memasukkan data pada tabel ke dalam persamaan di atas maka didapatkan standard deviasi dari perlakuan p1k1 adalah sebesar 0.47 sehingga nilai sebenarnya dari perlakuan p1k1 berada pada 2.127 ± 0.47%.

Dengan melakukan perhitungan yang sama terhadap seluruh perlakuan maka didapatkan tabel dwi arah sebagai berikut

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| JENIS PENGGUMPAL | JENIS PENGASAM | | |
| k1 oksalat | k2  sitrat | k3 asetat |
| p1 (etanol 96%) | A | B | A |
| 2.127% ± 0.47 | 2.643% ± 0.55 | 1.757% ± 0.09 |
| a | b | a |
| p2 (aseton) | B | A | B |
| 3.369% ± 0.50 | 0.698% ± 0.05 | 2.328% ± 0.32 |
| c | a | b |
| p3 (isopropanol) | B | B | AB |
| 3.347% ± 0.22 | 1.935% ± 0.29 | 1.913% ± 0.09 |
| b | a | a |

**12.3. Tabel Uji Lanjut Duncan Pengaruh Jenis Penggumpal (P) dan Pengasam (K) Terhadap Kadar Metoksil Pektin Kulit Buah Naga**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | Perlakuan | Rata-rata Perlakuan | Perlakuan | | | | | | | | | Taraf Nyata 5% |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|  | 0.000 | p2k2 | 0.698 | - |  |  |  |  |  |  |  |  | a |
| 3.00 | 0.537 | p1k3 | 1.757 | 1.058\* | - |  |  |  |  |  |  |  | b |
| 3.15 | 0.564 | p3k3 | 1.913 | 1.215\* | 0.157tn | - |  |  |  |  |  |  | b |
| 3.23 | 0.579 | p3k2 | 1.935 | 1.237\* | 0.179tn | 0.022tn | - |  |  |  |  |  | b |
| 3.3 | 0.591 | p1k1 | 2.127 | 1.428\* | 0.370tn | 0.213tn | 0.191tn | - |  |  |  |  | bc |
| 3.34 | 0.598 | p2k3 | 2.328 | 1.630\* | 0.571tn | 0.415tn | 0.393tn | 0.201tn | - |  |  |  | bc |
| 3.37 | 0.604 | p1k2 | 2.643 | 1.945\* | 0.886\* | 0.730\* | 0.708\* | 0.516tn | 0.315tn | - |  |  | c |
| 3.39 | 0.607 | p3k1 | 3.347 | 2.648\* | 1.590\* | 1.433\* | 1.411\* | 1.220\* | 1.019\* | 0.704\* | - |  | de |
| 3.41 | 0.611 | p2k1 | 3.369 | 2.671\* | 1.613\* | 1.456\* | 1.434\* | 1.243\* | 1.041\* | 0.726\* | 0.023tn | - | e |

Faktor p1 dengan K

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 0.05 | 0.05 | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p1k3 | 1.757 |  |  |  | a |
| 3.00 | 0.537 | p1k1 | 2.127 | 0.370tn |  |  | a |
| 3.15 | 0.564 | p1k2 | 2.643 | 0.886\* | 0.516tn | - | b |

Faktor p2 terhadap K

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 0.05 | 0.05 | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p2k2 | 0.698 |  |  |  | a |
| 3.00 | 0.537 | p2k3 | 2.328 | 1.630\* |  |  | b |
| 3.15 | 0.564 | p2k1 | 3.369 | 2.671\* | 2.671\* | - | c |

Faktor p3 terhadap K

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 0.05 | 0.05 | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p3k3 | 1.913 |  |  |  | a |
| 3.00 | 0.537 | p3k2 | 1.935 | 0.022tn |  |  | a |
| 3.15 | 0.564 | p3k1 | 3.347 | 1.433\* | 1.411 \* | - | b |

Faktor k1 terhadap P

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 5% | 5% | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p1k1 | 2.127 |  |  |  | A |
| 3.00 | 0.537 | p3k1 | 3.347 | 1.220 \* |  |  | B |
| 3.15 | 0.564 | p2k1 | 3.369 | 1.243\* | 0.023 \* | - | B |

Faktor k2 terhadap P

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 5% | 5% | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p1k1 | 2.127 |  |  |  | A |
| 3.00 | 0.537 | p3k1 | 3.347 | 1.220 \* |  |  | B |
| 3.15 | 0.564 | p2k1 | 3.369 | 1.243\* | 0.023 \* | - | C |

Faktor k3 terhadap P

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 5% | 5% | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p1k3 | 1.757 |  |  |  | A |
| 3.00 | 0.537 | p3k3 | 1.913 | 0.157 tn |  |  | AB |
| 3.15 | 0.564 | p2k3 | 2.328 | 0.571\* | 0.415 tn | - | B |

**Lampiran 13. Perhitungan Statistik Kadar Galakturonat Pektin Kulit Buah Naga**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Faktor Jenis Pengendap** | **Kelompok** | **Faktor Pengasam** | | |  |
|
| **k1** | **k2** | **k3** |
| **p1** | **1** | 74.488 | 86.715 | 98.605 | 259.808 |
| **2** | 56.275 | 68.402 | 56.320 | 180.996 |
| **3** | 57.773 | 73.120 | 52.005 | 182.899 |
| **Sub Total** | | **188.536** | **228.236** | **206.931** | **623.703** |
| **Rata-rata** | | **62.845** | **76.079** | **68.977** | **69.300** |
| **p2** | **1** | 91.565 | 27.161 | 63.474 | 182.200 |
| **2** | 70.400 | 26.025 | 68.901 | 165.326 |
| **3** | 90.157 | 28.178 | 62.997 | 181.332 |
| **Sub Total** | | **252.123** | **81.364** | **195.371** | **528.858** |
| **Rata-rata** | | **84.041** | **27.121** | **65.124** | **58.762** |
| **p3** | **1** | 84.812 | 52.141 | 55.730 | 192.683 |
| **2** | 93.019 | 50.779 | 52.096 | 195.894 |
| **3** | 84.389 | 66.939 | 53.504 | 204.832 |
| **Sub Total** | | **262.220** | **169.859** | **161.330** | **593.408** |
| **Rata-rata** | | **87.407** | **56.620** | **53.777** | **65.934** |
| **Total Faktor** | | **702.878** | **479.460** | **563.631** | **1745.969** |
| **Rata-Rata** | | **78.098** | **53.273** | **62.626** | **64.666** |

**13.1 Perhitungan ANAVA**

112904.0349

JKT =

= = 10143.388

JKK =

= 502.928

JK Faktor (P) =

= 521.475

JK Faktor (K) =

= 2829.271

JK Interaksi (PK) =

=

= 4562.646

JK Galat =

=

= 1727.068

KT Kelompok =

KT (P) = 260.738

KT (K) =

KT Interaksi (PK) = 1140.661

KT Galat =

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Variansi** | **DB** | **JK** | **KT** | **F HITUNG** | | **F TABEL 5%** | |
| **Kelompok** | 2 | 502.928 | 251.464 |  | |  | |
| **Perlakuan** | 8 | 7913.392 | 989.174 |  | |  | |
| **Taraf P** | 2 | 521.475 | 260.738 | 2.416 | tn | 3.63 | |
| **Taraf K** | 2 | 2829.271 | 1414.635 | 13.106 | \* | 3.63 | |
| **Interaksi PK** | 4 | 4562.646 | 1140.661 | 10.567 | \* | 3.01 | |
| **Galat** | 16 | 1727.068 | 107.942 |  |  |  |  |
| **Total** | 26 | 10143.388 | 390.130 |  |  |  |  |

Keterangan : (\*) = Berpengaruh nyata

: (tn) = Tidak berpengaruh nyata

Kesimpulan :

Berdasarkan ANAVA dapat disimpulkan bahwa perlakuan jenis pengasam (K) dan interaksi antara pengasam dan penggumpal (PK) berpengaruh nyata terhadap kadar asam galakturonat sehingga harus dilakukan uji lanjut Duncan sedangkan perlakuan jenis penggumpal tidak berpengaruh nyata terhadap kadar asam galakturonat pektin kulit buah naga sehingga tidak perlu dilakukan uji lanjut Duncan.

**13.2 Uji Lanjut Duncan Faktor Jenis Pengasam (K) Terhadap Kadar Asam Galakturonat Pektin Kulit Nuah Naga**

Sy = 3.463

LSR =

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | Perlakuan | Rata-rata Perlakuan | Perlakuan | | | Taraf Nyata 5% |
| 1 | 2 | 3 |
|  |  | k2 | 53.273 |  |  |  | a |
| 3.00 | 10.39 | k3 | 62.626 | 9.352 |  |  | a |
| 3.15 | 10.91 | k1 | 78.098 | 24.824\* | 15.472\* |  | b |

Keterangan : Setiap huruf yang berbeda menunjukan perbedaan yang nyata pada taraf 5%

(\*) : berbeda nyata

(tn) : tidak berbeda nyata

**13.3. Perhitungan Standard Deviasi Kadar Galakturonat Pektin**

Standard deviasi dihitung berdasarkan persamaan berikut:

Berikut adalah contoh dari perhitungan standard deviasi untuk perlakuan p1k1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| 74.488 | 11.642 | 135.548 |
| 56.275 | -6.571 | 43.174 |
| 57.773 | -5.072 | 25.723 |
| 62.845 |  | 204.445 |

Dengan memasukkan data pada tabel ke dalam persamaan di atas maka didapatkan standard deviasi dari perlakuan p1k1 adalah sebesar 10.11 sehingga nilai sebenarnya dari perlakuan p1k1 berada pada 62.845 ± 10.11%.

Dengan melakukan perhitungan yang sama terhadap seluruh perlakuan maka didapatkan tabel dwi arah sebagai berikut

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| JENIS PENGGUMPAL | JENIS PENGASAM | | |
| k1 oksalat | k2  sitrat | k3 asetat |
| p1 (etanol 96%) | A | C | A |
| 62.845% ± 10.11 | 79.835% ± 9.97 | 68.977% ± 25.75 |
| a | a | a |
| p2 (aseton) | B | A | A |
| 84.041% ± 11.83 | 27.121% ± 1.08 | 65.124% ± 3.28 |
| b | a | b |
| p3 (isopropanol) | B | B | A |
| 87.407% ± 4.86 | 56.620% ± 8.96 | 53.777% ± 1.83 |
| b | a | a |

**13.3. Tabel Uji Lanjut Duncan Pengaruh Jenis Penggumpal (P) dan Pengasam (K) Terhadap Kadar Asam Galakturonat Pektin Kulit Buah Naga**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | Perlakuan | Rata-rata Perlakuan | Perlakuan | | | | | | | | | Taraf Nyata 5% |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|  | 0.000 | p2k2 | 27.121 | - |  |  |  |  |  |  |  |  | a |
| 3.00 | 18.207 | p3k3 | 53.777 | 26.656\* | - |  |  |  |  |  |  |  | b |
| 3.15 | 19.118 | p3k2 | 56.62 | 29.499\* | 2.843tn | - |  |  |  |  |  |  | b |
| 3.23 | 19.603 | p1k1 | 62.845 | 35.724\* | 9.068tn | 6.225tn | - |  |  |  |  |  | bc |
| 3.3 | 20.028 | p2k3 | 65.124 | 38.003\* | 11.347tn | 8.504tn | 2.279tn | - |  |  |  |  | bcd |
| 3.34 | 20.271 | p1k3 | 68.977 | 41.856\* | 15.200tn | 12.357tn | 6.132tn | 3.853tn | - |  |  |  | bcde |
| 3.37 | 20.453 | p1k2 | 79.835 | 52.714\* | 26.058\* | 23.215\* | 16.990tn | 14.711tn | 10.858tn | - |  |  | cde |
| 3.39 | 20.574 | p2k1 | 84.041 | 56.920\* | 30.264\* | 27.421\* | 21.196\* | 18.917tn | 15.064tn | 4.206tn | - |  | de |
| 3.41 | 20.696 | p3k1 | 87.407 | 60.286\* | 33.630\* | 30.787\* | 24.562\* | 22.283\* | 18.430tn | 7.572tn | 3.366tn | - | e |

Faktor p1 terhadap K

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 5% | 5% | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p1k1 | 62.845 |  |  |  | a |
| 3.00 | 17.995 | p1k3 | 68.977 | 6.132 tn |  |  | a |
| 3.15 | 18.895 | p1k2 | 76.079 | 13.23 tn | 7.102 tn | - | a |

Faktor p2 terhadap K

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 5% | 5% | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p2k2 | 27.121 |  |  |  | a |
| 3.00 | 17.995 | p2k3 | 65.124 | 38.00\* |  |  | b |
| 3.15 | 18.895 | p2k1 | 84.041 | 56.92\* | 18.917tn | - | c |

Faktor p3 terhadap K

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 5% | 5% | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p3k3 | 53.777 |  |  |  | a |
| 3.00 | 17.995 | p3k2 | 56.620 | 2.843 tn |  |  | a |
| 3.15 | 18.895 | p3k1 | 87.407 | 33.63\* | 30.79\* | - | b |

Faktor k1 terhadap P

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 5% | 5% | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p1k1 | 62.845 |  |  |  | A |
| 3.00 | 17.995 | p2k1 | 84.041 | 21.19\* |  |  | B |
| 3.15 | 18.895 | p3k1 | 87.407 | 24.56\* | 3.36 tn | - | B |

Faktor k2 terhadap P

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 5% | 5% | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p2k2 | 27.121 |  |  |  | A |
| 3.00 | 17.995 | p3k2 | 56.620 | 29.49\* |  |  | B |
| 3.15 | 18.895 | p1k2 | 76.079 | 48.957\* | 19.459 \* | - | C |

Faktor k3 terhadap P

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 5% | 5% | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p3k3 | 53.777 |  |  |  | A |
| 3.00 | 17.995 | p2k3 | 65.124 | 11.35tn |  |  | A |
| 3.15 | 18.895 | p1k3 | 68.977 | 15.20tn | 3.853\* | - | B |

**Lampiran 14. Perhitungan Statistik Derajat Metil-esterifikasi Pektin Kulit Buah Naga**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Faktor Jenis Pengendap** | **Kelompok** | **Faktor Pengasam** | | |  |
|
| **k1** | **k2** | **k3** |
| **p1** | **1** | 20.274 | 19.642 | 21.073 | 60.989 |
| **2** | 19.370 | 16.766 | 17.500 | 53.637 |
| **3** | 16.892 | 25.743 | 17.721 | 60.356 |
| **Sub Total** | | **56.537** | **62.151** | **56.294** | **174.982** |
| **Rata-rata** | | **18.846** | **20.717** | **18.765** | **19.442** |
| **p2** | **1** | 22.693 | 14.632 | 18.068 | 55.394 |
| **2** | 22.500 | 14.180 | 18.869 | 55.549 |
| **3** | 29.516 | 16.500 | 16.727 | 62.743 |
| **Sub Total** | | **74.710** | **45.312** | **53.665** | **173.686** |
| **Rata-rata** | | **24.903** | **15.104** | **17.888** | **19.298** |
| **p3** | **1** | 21.555 | 19.599 | 20.579 | 61.733 |
| **2** | 21.973 | 19.454 | 20.270 | 61.697 |
| **3** | 19.653 | 25.380 | 19.737 | 64.770 |
| **Sub Total** | | **63.181** | **64.434** | **60.586** | **188.201** |
| **Rata-rata** | | **21.060** | **21.478** | **20.195** | **20.911** |
| **Total Faktor** | | **194.427** | **171.897** | **170.544** | **536.869** |
| **Rata-Rata** | | **21.603** | **19.100** | **18.949** | **19.884** |

**14.1 Perhitungan ANAVA**

10675.112

JKT =

= 10675.112 = 296.968

JKK =

= 16.147

JK Faktor (P) =

= 10675.112 14.337

JK Faktor (K) =

=

JK Interaksi (PK) =

=

= 122.880

JK Galat =

= 296.968

= 103.610

KT Kelompok =

KT (P) =

KT (K) =

KT Interaksi (PK) =

KT Galat =

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Variansi** | **DB** | **JK** | **KT** | **F HITUNG** | | **F TABEL 5%** |
| **Kelompok** | 2 | 16.147 | 8.074 |  | |  |
| **Perlakuan** | 8 | 177.211 | 22.151 |  | |  |
| **Taraf P** | 2 | 14.337 | 7.168 | 1.107 | tn | 3.63 |
| **Taraf K** | 2 | 39.995 | 19.997 | 3.088 | tn | 3.63 |
| **Interaksi PK** | 4 | 122.880 | 30.720 | 4.744 | \* | 3.01 |
| **Galat** | 16 | 103.610 | 6.476 |
| **Total** | 26 | 296.968 | 11.422 |

Keterangan : (\*) = Berpengaruh nyata

: (tn) = Tidak berpengaruh nyata

Kesimpulan :

Berdasarkan ANAVA dapat disimpulkan bahwa perlakuan jenis pengasam (K) dan jenis pengendap (P) tidak berpengaruh nyata terhadap derajat metil-esterifikasi sehingga tidak perlu dilakukan uji lanjut sedangkan berdasarkan tabel ANAVA interaksi antara penggumpal dan pengasam memiliki mengaruh nyata sehingga perlu dilakukan uji lanjut.

**14.2. Perhitungan Standard Deviasi Derjat Metil-esterifikasi Pektin Kulit Buah Naga**

Standard deviasi dihitung berdasarkan persamaan berikut:

Berikut adalah contoh dari perhitungan standard deviasi untuk perlakuan p1k1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| 20.274 | 1.429 | 2.041 |
| 19.370 | 0.525 | 0.275 |
| 16.892 | -1.954 | 3.817 |
| 18.846 |  | 6.134 |

Dengan memasukkan data pada tabel ke dalam persamaan di atas maka didapatkan standard deviasi dari perlakuan p1k1 adalah sebesar 1.75 sehingga nilai sebenarnya dari perlakuan p1k1 berada pada 18.846 ± 1.75%.

Dengan perhitungan yang sama terhadap seluruh perlakuan maka didapatkan tabel dwi arah sebagai berikut

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| JENIS PENGGUMPAL | JENIS PENGASAM | | |
| k1 Asam oksalat | k2  Asam sitrat | k3 Asam asetat |
| p1 (etanol 96%) | A | B | A |
| 18.846% ± 1.75 | 20.717% ± 4.58 | 18.765% ± 2.00 |
| a | a | a |
| p2 (aseton) | B | A | A |
| 24.903% ± 4.00 | 15.104% ± 1.23 | 17.888% ± 1.08 |
| b | a | a |
| p3 (isopropanol) | AB | B | A |
| 21.060% ± 1.24 | 21.478% ± 3.38 | 20.195% ± 0.43 |
| a | a | a |

**14.2. Tabel Uji Lanjut Duncan Pengaruh Jenis Penggumpal (P) dan Pengasam (K) Terhadap Derajat Metil-esterifikasi Pektin Kulit Buah Naga**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | Perlakuan | Rata-rata Perlakuan | Perlakuan | | | | | | | | | Taraf Nyata 5% |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|  | 0.000 | p2k2 | 15.104 | - |  |  |  |  |  |  |  |  | a |
| 3.00 | 4.408 | p2k3 | 17.888 | 2.784tn | - |  |  |  |  |  |  |  | ab |
| 3.15 | 4.628 | p1k1 | 18.846 | 3.742tn | 0.957tn | - |  |  |  |  |  |  | ab |
| 3.23 | 4.746 | p1k3 | 20.195 | 5.091\* | 2.307tn | 1.350tn | - |  |  |  |  |  | bc |
| 3.3 | 4.848 | p3k3 | 20.195 | 5.091\* | 2.307tn | 1.350tn | 0.000tn | - |  |  |  |  | bc |
| 3.34 | 4.907 | p1k2 | 20.717 | 5.613\* | 2.829tn | 1.871tn | 0.522tn | 0.522tn | - |  |  |  | bc |
| 3.37 | 4.951 | p3k1 | 21.060 | 5.956\* | 3.172tn | 2.215tn | 0.865tn | 0.865tn | 0.343tn | - |  |  | bc |
| 3.39 | 4.981 | p3k2 | 21.478 | 6.374\* | 3.590tn | 2.632tn | 1.283tn | 1.283tn | 0.761tn | 0.418tn | - |  | bc |
| 3.41 | 5.010 | p2k1 | 24.903 | 9.799\* | 7.015\* | 6.058\* | 4.708tn | 4.708tn | 4.186tn | 3.843tn | 3.425tn | - | c |

Faktor p1 terhadap K

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 5% | 5% | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p1k3 | 18.765 |  |  |  | a |
| 3.00 | 4.408 | p1k2 | 18.846 | 0.08tn |  |  | a |
| 3.15 | 4.628 | p1k1 | 20.717 | 1.95 tn | 1.88 \* | - | a |

Faktor p2 terhadap K

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 5% | 5% | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p2k2 | 15.104 |  |  |  | a |
| 3.00 | 4.408 | p2k3 | 17.888 | 2.78tn |  |  | a |
| 3.15 | 4.628 | p2k1 | 24.903 | 9.79\* | 7.015\* | - | b |

Faktor p3 terhadap K

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 5% | 5% | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p3k3 | 20.195 |  |  |  | a |
| 3.00 | 4.408 | p3k1 | 21.060 | 0.875tn |  |  | a |
| 3.15 | 4.628 | p3k2 | 21.478 | 1.283tn | 0.418tn | - | a |

Faktor k1 terhadap P

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 5% | 5% | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p1k1 | 18.846 |  |  |  | A |
| 3.00 | 4.408 | p3k1 | 21.060 | 2.215tn |  |  | AB |
| 3.15 | 4.628 | p2k1 | 24.903 | 6.058\* | 3.84tn | - | B |

Faktor k2 terhadap P

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 5% | 5% | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p2k2 | 15.104 |  |  |  | A |
| 3.00 | 4.408 | p1k2 | 20.717 | 5.613\* |  |  | B |
| 3.15 | 4.628 | p3k2 | 21.478 | 6.374\* | 0.761tn | - | B |

Faktor k3 terhadap P

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR | LSR | Nilai Rata-rata | | Perlakuan | | | taraf nyata |
| 5% | 5% | Kode | Nilai | 1 | 2 | 3 | 0.05 |
|  |  | p2k3 | 17.888 |  |  |  | A |
| 3.00 | 4.408 | p1k3 | 18.765 | 0.876tn |  |  | A |
| 3.15 | 4.628 | p3k3 | 20.195 | 2.307tn | 1.431tn | - | A |

**Lampiran 15. Prosedur Ekstraksi Pektin (Gambar)**

Tahap pengerjaan pertama yaitu mengupas kulit buah naga merah dan kemudian dilakukan pencucian agar bersih



Tahap pengerjaan selanjutnya adalah tahap penghancuran dari kulit buah naga dengan menggunakan *waring blender*. Sebelum dihancurkan kulit buah naga ditambahkan aquadest terlebih dahulu sebanyak 200 mL. Penghancuran dilakukan selama kurang lebih satu menit.



Tahap pengerjaan selanjutnya adalah penimbangan *pulp* kulit buah naga. Pulp yang telah ditimbang kemudian dipindahkan kedalam gelas kimia 1 Liter dam kemudian ditambahkan aquadest hingga volume mencapai 800 mL. Setelah itu dilakukan penambahan asam sesuai perlakuan sebanyak 80 mL



Tahap pengerjaan selanjutnya adalah pemanasan di dalam *water bath* dengan suhu 90℃ selama satu jam. Perhitungan waktu dimulai ketika larutan sudah mencapai suhu 90℃.

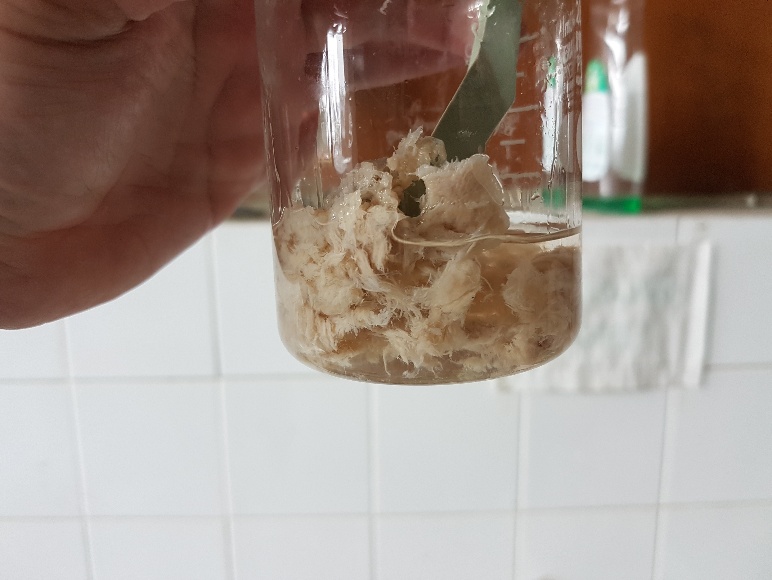
Tahap pengerjaan selanjutnya adalah penyaringan menggunakan kain saring sehingga didapat filtrat yang di dalamnya terlarut pektin yang akan diekstrak.



Penggumpal berupa berbagai macam pelarut organic ditambahkan kedalam filtrat untuk menggumpalkan pektin yang terlarut. Penggumpal yang ditambahkan adalah dua kali volume filtrat. Penambahan penggumpal ini akan menyebabkan terbentuknya gumpalan pektin menyerupai gel. Gumpalan didiamkan satu hari

Gel yang didapatkan kemudian disaring. Penyaringan dilakukan untuk mendapatkan pektin yang sebelumnya telah terendapkan.

Gel yang didapat kemudian ditekan-tekan hingga seluruh airnya keluar. Hal ini ditandai dengan hilangnya seluruh gelembung-gelembung udara dan gelembung air yang terdapat pada gel dan gel akan memadat hingga membentuk suatu bahan yang dapat dipatahkan, bukan bahan yang berbentuk gel.

Pektin basah yang didapatkan kemudian dicuci menggunakan ethanol 96% sebanyak lima kali dan terakhir menggunakan aseton. Hasil dari pencucian ini adalah pektin basah yang mudah hancur.

Pektin basah hasil pencucian kemudian dikeringkan dengan suhu 60℃. Pengeringan ini dilakukan selama 24 jam sehingga didapatkan pektin kering yang masih berukuran kasar

Pektin kering yang didapat kemudian ditimbang terlebih dahulu sebelum dihancurkan menggunakan blender. Penghancuran dilakukan menggunakan blender yang memiliki kapasitas kecil



Pektin serbuk yang telah didapatkan kemudian dilakukan pengemasan kedalam plastik dan disimpan dalam ruangan yang kering



**Lampiran 16. Analisis Biaya Produksi Pektin Kulit Buah Naga Merah**

Analisis biaya produksi pektin kulit buah naga didasarkan kepada perlakuan yang menghasilkan pektin dengan jumlah terbanyak yaitu pada perlakuan p2k3 dimana digunakan aseton sebagai penggumpal dan asam asetat sebagai pengasam.

Kebutuhan bahan baku untuk menghasilkan 2.6 gram pektin dapat dilihat pada table berikut ini:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Bahan | Kebutuhan | Harga | Biaya |
| Buah Naga Merah | 500 g | Rp. 20.000/kg | Rp. 10.000 |
| Asam Asetat glasial | 2.86 mL | Rp. 1.700/mL | Rp. 4.862 |
| Na-asetat (teknis) | 0.82 g | Rp. 5.700/g | Rp. 4.674 |
| Ethanol | 100 mL | Rp. 45.000/L | Rp. 4.500 |
| Aseton | 2 L | Rp. 45.000/L | Rp. 90.000 |
| TOTAL | | | Rp. 114.036 |

Untuk memproduksi 100 gram pektin maka kebutuhan bahan baku pada table tersebut dikalikan 37.46 terkecuali aseton. Menurut percobaan yang dilakukan aseton dapat diregenerasi menggunakan destilasi dan didapatkan 80% dari volume awal sehingga untuk pembuatan pektin selanjutnya hanya dibutuhkan aseton sebanyak 400 mL per 2.6 gram atau 14,984 Liter aseton untuk memproduksi 100 gram pektin buah naga merah. Uraiannya dapat dilihat pada table berikut:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Bahan | Kebutuhan | Harga | Biaya |
| Buah Naga Merah | 18,730 kg | 20.000/kg | Rp. 374.600 |
| Asam Asetat glasial | 107.1356 mL | 1.700 mL | Rp. 182.130 |
| Na-asetat (teknis) | 30.7172 g | 5.700/g | Rp. 175.088 |
| Ethanol | 3,746 L | 45.000/L | Rp. 168.570 |
| Aseton | 14.984 L | 45.000/L | Rp. 674.280 |
| TOTAL | | | Rp. 1.574.669 |