# KATA PENGANTAR

***Bismillahirrahmanirrahiim***

Assalamua’alaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, yang telah memberikan kekuatan, kesehatan dan kenikmatan yang tidak terhingga, serta karena rahmat dan karunianya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Kajian Karakteristik *Edible Film* Pati Hanjeli (*Coix lacyma*–*jobi* L.) Dengan Pengaruh Konsentrasi Pemlastis Sorbitol Dan Konsentrasi Penstabil CMC**.” Shalawat serta salam selalu tercurah limpah kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW.

Penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak baik moril maupun materil, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Hj. Hasnelly, MSIE., selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, arahan dan motivasi kepada penulis.
2. Ibu Ir. Hj. Ina Siti Nurminabari, MP., selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
3. Bapak Dr. Ir. H. Willy Pranata W, M.Si., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan arahan dan masukkan kepada penulis.
4. Ibu Dra. Hj. Ela Turmala Sutrisno, M.Sc., selaku Koordinator Tugas Akhir.
5. Kedua Orangtua tercinta Tri Suwasto dan Karmila yang tidak ada henti-hentinya memberikan dukungan moril, doa dan semangat pada penulis.
6. Bapak Suryono, selaku Analis bagian fisika di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Bandung yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian.
7. Pak Sulaeman dan Pak Asep Rahmat, selaku laboran di Laboraturium Teknologi Pangan Universitas Pasundan yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian.
8. Teman-teman seperjuangan 2012 khususnya sahabat tersayang Gebby Wintirani, Nita Nurul Fauzia, Ensi Fuji Komalayasari, Ishma Rahmi Kumullah, Fitria Ulfa, Teguh Nugraha Sudrajat, Dessy Ayu Indrahadi, Rivani Prita, Armita Dianty, Maya Dewi Resmi dan Rival Gustian, yang selalu memberikan semangat, dukungan serta bantuan kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir.
9. Akang teteh Alumni Teknologi Pangan Universitas Pasundan, yang telah senantiasa memberikan waktu kepada penulis untuk berdiskusi dalam menyelesaikan Tugas Akhir
10. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, hal ini tidak terlepas dari diri penulis sebagai manusia yang tidak pernah luput dari kesalahan dengan keterbatasan pengetahuan serta jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu kritik, saran dan masukkan sangat penulis harapkan.

Akhir kata dan tidak lupa penulis mengucapkan *Alhamdulillah*, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan umumnya bagi semua pihak yang membaca. Terima kasih.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Bandung, Desember 2016

Astria Pangesti Rahayu

# DAFTAR ISI

Halaman

[**KATA PENGANTAR** i](#_Toc468961852)

[**DAFTAR ISI** iv](#_Toc468961853)

[**DAFTAR TABEL** vi](#_Toc468961854)

[**DAFTAR GAMBAR** viii](#_Toc468961855)

[**DAFTAR LAMPIRAN** ix](#_Toc468961856)

[**ABSTRAK** x](#_Toc468961857)

[**ABSTRACT** xi](#_Toc468961858)

[**I PENDAHULUAN** 1](#_Toc468961859)

[1.1 Latar Belakang 1](#_Toc468961860)

[1.2 Identifikasi Masalah 6](#_Toc468961861)

[1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian 6](#_Toc468961862)

[1.4 Manfaat Penelitian 6](#_Toc468961863)

[1.5 Kerangka Pemikiran 7](#_Toc468961864)

[1.6 Hipotesis 10](#_Toc468961865)

[1.7 Waktu dan Tempat Penelitian 10](#_Toc468961866)

[**II TINJAUAN PUSTAKA** 11](#_Toc468961867)

[2.1 *Edible Film* 11](#_Toc468961868)

[2.2 Hanjeli 16](#_Toc468961869)

[2.3 Gliserol 20](#_Toc468961870)

[2.5 Lilin Lebah (Beeswax) 25](#_Toc468961871)

[2.4 Sorbitol 22](#_Toc468961872)

[2.6 CMC 27](#_Toc468961873)

[**III METODOLOGI PENELITIAN** 30](#_Toc468961874)

[3.1 Bahan dan Alat yang Digunakan 30](#_Toc468961875)

[3.1.1 Bahan Yang Digunakan 30](#_Toc468961876)

[3.1.2 Alat Yang Digunakan 30](#_Toc468961877)

[3.2 Metode Penelitian 30](#_Toc468961878)

[3.2.1 Penelitian Pendahuluan 31](#_Toc468961879)

[3.2.2 Penelitian Utama 31](#_Toc468961880)

[3.3 Prosedur Penelitian 41](#_Toc468961881)

[3.3.1 Pembuatan Pati Hanjeli 41](#_Toc468961882)

[3.3.2 Pembuatan *Edible Film* pada Penelitian Pendahuluan 42](#_Toc468961883)

[3.3.3 Deskripsi Pembuatan *Edible Film* Penelitian Utama 44](#_Toc468961884)

[3.4 Jadwal Penelitian 46](#_Toc468961885)

[**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN** 47](#_Toc468961886)

[4.1. Hasil Penelitian Pendahuluan 47](#_Toc468961887)

[4.2 Hasil Penelitian Utama 50](#_Toc468961888)

[4.2.1 Kadar Air 51](#_Toc468961889)

[4.2.3 Kecepatan Larut 55](#_Toc468961890)

[4.3 Penelitian Sampel Terpilih 59](#_Toc468961891)

[4.3.1 Penentuan Sampel Terpilih 59](#_Toc468961892)

[4.3.2 Pengujian Elongasi dan Kuat Tarik Sampel Terpilih 62](#_Toc468961893)

[4.3.3 Pengujian Laju Transmisi Uap Air Sampel Terpilih 64](#_Toc468961894)

[**V. KESIMPULAN DAN SARAN** 68](#_Toc468961895)

[5.1. Kesimpulan 68](#_Toc468961896)

[5.2 Saran 69](#_Toc468961897)

[**DAFTAR PUSTAKA** 70](#_Toc468961898)

[**LAMPIRAN** 77](#_Toc468961899)

# DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

[1. Komposisi Kimia Tanaman Serealia dalam 100 g Biji Serealia 18](#_Toc471931744)

[2. Rancangan Acak Kelompok Dengan Design Faktorial 3 x 3 34](#_Toc471931745)

[3. Denah (Layout) Rancangan Acak Kelompok (RAK) 3 x 3 34](#_Toc471931746)

[4. Analisis sidik Ragam (ANAVA) 35](#_Toc471931747)

[5. Hasil Analisis Uji Kuat Tarik dan Persen Perpanjangan (Elongasi) 48](#_Toc471931748)

[6. Pengaruh Konsentrasi Pemplastis Sorbitol dan Konsentrasi CMC Terhadap Kadar Air *Edible Film* Pati Hanjeli 52](#_Toc471931749)

[7. Pengaruh Konsentrasi Pemplastis Sorbitol dan Konsentrasi CMC Terhadap Kecepatan Larut *Edible Film* Pati Hanjeli 56](#_Toc471931750)

[8. Pengaruh Konsentrasi Pemlastis Sorbitol dan Penstabil CMC Terhadap Kadar Air *Edible Film* Pati Hanjeli 60](#_Toc471931751)

[9. Pengaruh Konsentrasi Pemlastis Sorbitol dan Penstabil CMC Terhadap Kecepatan Larut *Edible Film* Pati Hanjeli 61](#_Toc471931752)

[10.Perbandingan karakteristik film pelapis pangan dengan J*apanese Industrial Standard* (JIS, 1975) 66](#_Toc471931753)

[11. Formula Penelitian Pendahuluan 85](#_Toc471931754)

[12. Penelitian utama terdapat sembilan perlakuan 87](#_Toc471931755)

[13. Hasil Uji Kadar Pati 88](#_Toc471931756)

[14. Hasil Analisa Uji Kuat Tarik dan Persen Elongasi Pada Penelitian Pendahuluan 89](#_Toc471931757)

[15. Hasil Analisa Uji Kuat Tarik dan Persen Elongasi Penelitian Utama 90](#_Toc471931758)

[16 . Hasil Uji Laju Transmisi Uap Air 91](#_Toc471931759)

[17. ANAVA Hasil Analisis Kadar Air *Edible Film* Pati Hanjeli 95](#_Toc471931760)

[18. Uji lanjut duncan untuk Faktor P (Konsentrasi Pemplastis Sorbitol) Terhadap Kadar Air *Edible Film* Pati Hanjeli 96](#_Toc471931761)

[19. Uji lanjut duncan untuk Faktor S (Konsentrasi CMC) Terhadap Kadar Air *Edible Film* Pati Hanjeli 96](#_Toc471931762)

[20. Uji lanjut duncan untuk Interaksi Faktor P dan Faktor S Terhadap Kadar Air *Edible Film* Pati Hanjeli 98](#_Toc471931763)

[21. Interaksi Konsentrasi Pemplastis Sorbitol dan Konsentrasi CMC Terhadap Kadar Air *Edible Film* Pati Hanjeli 99](#_Toc471931764)

[22. Pengaruh Konsentrasi Pemplastis Sorbitol dan Konsentrasi CMC Terhadap Kadar Air *Edible Film* Pati Hanjeli 101](#_Toc471931765)

[23. ANAVA Hasil Analisis Kecepatan Larut *Edible Film* Pati Hanjeli 105](#_Toc471931766)

[24. Uji lanjut duncan untuk Faktor P (Konsentrasi Pemplastis Sorbitol) Terhadap Kecepatan Larut *Edible Film* Pati Hanjeli 106](#_Toc471931767)

[25. Uji lanjut duncan untuk Faktor C (Konsentrasi CMC) Terhadap Kecepatan Larut *Edible Film* Pati Hanjeli 106](#_Toc471931768)

[26. Uji lanjut duncan untuk Interaksi Faktor P dan Faktor S Terhadap Kecepatan Larut *Edible Film* Pati Hanjeli 108](#_Toc471931769)

[27. Interaksi Konsentrasi Pemplastis Sorbitol dan Konsentrasi CMC Terhadap Kecepatan Larut *Edible Film* Pati Hanjeli 109](#_Toc471931770)

[28. Pengaruh Konsentrasi Pemplastis Sorbitol dan Konsentrasi CMC Terhadap Kecepatan Larut *Edible Film* Pati Hanjeli 111](#_Toc471931771)

[29. Biaya Tetap 116](#_Toc471931772)

[30. Biaya Tidak Tetap 117](#_Toc471931773)

# DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

[1. Tanaman Hanjeli 17](#_Toc467333101)

[2. Struktur Molekul Gliserol 20](#_Toc467333102)

[3. Struktur Kimia Lilin Lebah 26](#_Toc467333103)

[4. Struktur Kimia Sorbitol 23](#_Toc467333104)

[5. Struktur Carboxyl Methyl Cellulose 28](#_Toc467333105)

[6. Diagram Alir Pembuatan Pati Hanjeli 38](#_Toc467333106)

[7. Diagram Alir Pembuatan *Edible Film* Pati Hanjeli Pada Penelitian Pendahuluan 39](#_Toc467333107)

[8. Diagram Alir Pembuatan *Edible Film* Pati Hanjeli Pada Penelitian Utama 40](#_Toc467333108)

[9. Kurva Pengaruh Peningkatan Konsentrasi Sorbitol dan CMC terhadap Kadar Air *Edible Film* dalam Air 53](#_Toc467333109)

[10. Kurva Pengaruh Peningkatan Konsentrasi Sorbitol dan CMC terhadap Waktu Kecepatan Larut *Edible Film* dalam Air ( suhu air = 80°C, kecepatan pengadukan 4 rpm ) 57](#_Toc467333110)

# DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Halaman

[1. Uji Kadar Pati Hanjeli Pada Penelitian Pendahuluan Metode Luff Schoorl (AOAC, 1997) 77](#_Toc467333332)

[2. Penentuan Kuat Tarik *Edible Film* Pati Hanjeli dengan Metode ASTM D638M (Gontard, 1993 dalam Murni et al., 2013). 80](#_Toc467333333)

[3. Prosedur Analisis Kadar Air *Edible Film* Pati Hanjeli dengan Metode Gravimetri (Sudarmadji, dkk., 1996). 82](#_Toc467333334)

[4. Analisis Kecepatan Larut (Herbert, 1994 dalam Sriyantika, 2005) *Edible Film* Pati Hanjeli 83](#_Toc467333335)

[5. Prosedur Analisis Laju Transmisi Uap Air *Edible Film* Pati Hanjeli (Gontard, 1993 dalam Murni et al., 2013). 84](#_Toc467333336)

[6. Perhitungan dan Formulasi 85](#_Toc467333337)

[7. Hasil Uji Kadar Pati Hanjeli Pada Penelitian Pendahuluan 88](#_Toc467333338)

[8. Hasil Analisa Uji Kuat Tarik dan Persen Elongasi Pada Penelitian Pendahuluan 89](#_Toc467333339)

[9. Hasil Analisa Uji Kuat Tarik dan Persen Elongasi Pada Penelitian Utama 90](#_Toc467333340)

[10. Hasil Uji Laju Transmisi Uap Air Pada Penelitian Utama 91](#_Toc467333341)

[11.Hasil Pengujian Kecepatan Larut *Edible Film* Pati Hanjeli pada Penelitian Utama 92](#_Toc467333342)

[12. Hasil Pengujian Kadar Air *Edible Film* Pati Hanjeli pada Penelitian Utama 92](#_Toc467333343)

[13. Foto *Edible Film* Pati Hanjeli Pada Penelitian Pendahuluan 112](#_Toc467333344)

[14. Foto *Edible Film* Pati Hanjeli Pada Penelitian Utama 114](#_Toc467333345)

[15. Studi Kelayakan Produk 115](#_Toc467333346)

# ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari karakteristik *edible film* dari pati hanjeli. Langkah pertama dari penelitian adalah membuat pati hanjeli dan pemilihan jenis pemlastis (sorbitol, gliserol, dan lilin lebah) dengan uji kuat tarik dan persen perpanjangan (elongasi). Hasil uji kuat tarik dan persen perpanjangan menunjukkan hasil terbaik pada pemlastis sorbitol. Langkah kedua adalah untuk membuat *edible film* dari pati hanjeli dengan penambahan pemlastis sorbitol dan penstabil CMC.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan pola faktorial 3x3 dengan 3 kali pengulangan. Faktor pertama adalah konsentrasi pemlastis sorbitol (P) yang terdiri dari p1 (1%), p2 (2%), dan p3 (3%). Faktor kedua adalah konsentrasi CMC (S) yang terdiri dari s1 (1%), s2 (2%), dan s3 (3%). Data dianalisis dengan ANAVA dan uji lanjut DUNCAN dengan interval kepercayaan 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi sorbitol sebagai pemlastis dan konsentrasi CMC sebagai penstabil berpengaruh pada karakteristik *edible film* pati hanjeli dan terjadi interaksi pada kadar air dan kecepatan larut *edible film* pati hanjeli. Hasil analisis dipilih dengan karakteristik terbaik dari *edible film* yaitu p1s1 memiliki nilai kuat tarik 10,651 MPa, persen elongasi sebesar 54% dan laju transmisi uap air sebesar 121,4676 (g/m2/24h), p2s3 memiliki nilai kuat tarik 4,152 MPa, persen elongasi sebesar 40,7% dan laju transmisi uap air sebesar 110,9091 (g/m2/24h).

Kata kunci : *Edible Film*, Hanjeli, Pati, Sorbitol, dan CMC.

# ABSTRACT

*The purpose of this research is to study the characteristics of the edible film of starch hanjeli. The first step of the research is to make starch hanjeli and choice of plasticizers (sorbitol, glycerol, and beeswax) with a tensile strength test and the percent extension (elongation). The results of tensile strength test and the percent extension showed the best results in the plasticizer sorbitol. The second step is to make edible film of starch hanjeli with the addition of plasticizers and stabilizers sorbitol CMC.*

*This study uses a randomized block design (RAK) with a 3x3 factorial design with three replications. The first factor is the concentration of plasticizer sorbitol (P) consisting of p1 (1%), p2 (2%), and p3 (3%). The second factor is the concentration of CMC (S) consisting of s1 (1%), s2 (2%), and s3 (3%). Data were analyzed with ANOVA and DUNCAN test with a further 5% confidence interval.*

*The results showed that the concentration of sorbitol as a plasticizer and concentration of CMC as stabilizing effect on the characteristics of edible starch films hanjeli and interactions occurred on the water content and speed of edible film soluble starch hanjeli. The results of the analysis have the best characteristics of edible film that is p1s1 has a value of 10.651 MPa tensile strength, percent elongation of 54% and a water vapor transmission rate of 121.4676 (g / m2 / 24h), p2s3 has a value of 4.152 MPa tensile strength, percent elongation by 40.7% and the water vapor transmission rate of 110.9091 (g / m2 / 24h).*

*Keywords: Edible Film, Hanjeli, Starch, Sorbitol and CMC.*

# I PENDAHULUAN

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

## Latar Belakang

Bahan pengemas adalah suatu material yang berfungsi untuk membungkus atau mengemas bahan pangan. Salah satu bahan pengemas yang sering digunakan adalah plastik yang selain mengandung bahan kimia yang cukup berbahaya, penggunaannya juga telah banyak menyumbangkan limbah yang sulit diuraikan. Meningkatnya kesadaran masyarakat akan masalah kesehatan dan lingkungan memicu kenaikan permintaan kemasan yang bersifat *biodegradable* sertadapat dikonsumsi yang mampu menjamin keamanan produk pangan (Basuki et al., 2014).

Secara umum kemasan plastik *biodegradable* diartikan sebagai pembungkus kemasan yang dapat didaur ulang dan dapat dihancurkan secara alami. Plastik *biodegradable* adalah suatu bahan dalam kondisi tertentu, waktu tertentu mengalami perubahan dalam struktur kimianya, yang mempengaruhi sifat-sifat yang dimilikinya oleh pengaruh mikroorganisme (bakteri, jamur, algae).

*Edible film* merupakan alternatif sebagai bahan kemasan yang ramah lingkungan karena sifatnya yang *biodegradable* dan dapat dimakan sehingga tidak mencemari lingkungan. Walaupun tidak dimaksudkan untuk menggantikan secara total kemasan dari bahan sintetik, akan tetapi keunggulan dari *edible film* yaitu dapat dimakan, biokompatibilitas, tidak beracun, tidak menyebabkan polusi, memiliki sifat sebagai penghambat transfer massa (uap air, oksigen dan zat terlarut) dan harganya murah (Vasconez et al., 2009 dalam Marpongahtun, 2013)

*Edible film* merupakan lapisan tipis yang dapat dimakan dan digunakan pada makanan dengan cara pembungkusan, pencelupan atau penyemprotan. *Edible film* memiliki beberapa keuntungan antara lain dapat melindungi produk, mempertahankan kenampakan asli produk, aman bagi lingkungan karena dapat terdegradasi secara biologis (Krochta and Johnson, 1997 dalam Basuki et al., 2014).

Komponen utama penyusun *edible film* ada tiga kelompok yaitu hidrokoloid, lemak, dan komposit (Rodriguez, 2006). Salah satu bahan utama yang digunakan dalam pembuatan *edible film* ini yaitu pati yang termasuk kelompok hidrokoloid, yang merupakan bahan yang mudah didapat, harganya murah, serta jenisnya beragam di Indonesia (Setiani et al., 2013).

Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan α-glikosidik. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi tidak larut disebut amilopektin (Winarno, 2002).

*Edible film* yang dibuat dari hidrokoloid seperti pati memiliki beberapa kelebihan, diantaranya baik untuk melindungi produk terhadap oksigen, karbondioksida dan lipid, serta memiliki sifat mekanis sesuai dengan yang diinginkan. Sedangkan kekurangannya yaitu *film* dari pati kurang baik dalam hal *barrier* terhadap migrasi uap air (Doonhowe dan Fennema, 1994).

Hanjeli merupakan salah satu tumbuhan biji-bijian yang memiliki kandungan karbohidrat (pati) yang cukup tinggi yaitu sebesar 58,3-77,2% yang berpotensi sangat baik untuk menjadi bahan baku dalam pembuatan *edible film*. (Wua et al., 2007 dalam Asaf et al., 2013).

Di Jawa Barat, tanaman ini ditanam petani masih secara konvensional sebagai tanaman langka, dan dapat ditemukan di Punclut Kabupaten Bandung, Cipongkor, Gunung Halu, Kiarapayung, Rancakalong, Tanjungsari Kabupaten Sumedang, Sukabumi, Garut, Ciamis dan Indramayu. Ada dua varietas yang ditanam orang, yaitu *Coix lacryma-jobi* var. *lacryma-jobi* yang memiliki cangkang keras berwarna putih, bentuk oval dan dipakai untuk manik-manik. Varietas yang lainnya adalah *Coix lacryma-jobi* var. *mayuen* yang dimakan dan dijadikan sumber karbohidrat dan juga obat. Bagian biji dari varietas *mayuen* mengandung gizi setara beras, yaitu dalam 100 g bahan mengandung karbohidrat (76,4%), protein (14,1%), serta lemak nabati (7,9%), dan kalsium (54 mg) (Kurniawan, 2014).

Sebagai bahan makanan, beberapa potensi pemanfaatan biji hanjeli adalah: sebagai campuran beras, ataupun digunakan sendiri sebagai nasi hanjeli, sebagai campuran makanan sereal lainnya, misalnya campuran *havermut* (*oatmeal*), seperti produk yang dibuat oleh salah satu produsen makanan sereal terkemuka di Taiwan. Hanjeli memiliki tekstur yang kenyal namun tidak lengket, sehingga sangat berpotensi untuk diolah menjadi alternatif makanan yang enak. Selain sebagai sumber pangan pokok, hanjeli juga sangat potensial sebagai tanaman obat. Sebagai bahan obat herbal, hanjeli dipercaya memiliki berbagai khasiat seperti peluruh air seni, dan antitumor (kanker). Sumber zat aktif obat diperoleh baik dari biji maupun dari ekstrak akarnya. Khasiat sebagai antitumor telah diteliti secara ilmiah. Zat aktif dalam hanjeli disebut *coixenolide* (Kurniawan, 2014).

Menurut (Nurmala, 2013), apabila hanjeli ini bisa memasyarakat dengan harga mendekati harga beras yang cukup untuk konsumen, petani tidak keberatan. Mereka sudah mendapat untung apabila dilihat dari biaya usaha tani, apalagi budi daya hanjeli tidak seintensif padi. Sehingga, apabila hanjeli ini sudah tersosialisasikan dengan baik di masyarakat,  hanjeli ini kedepannya akan menjadi salah satu solusi dalam meningkatkan ketahanan pangan dan diversifikasi pangan menuju ketahanan pangan mandiri.

*Edible film* berbasis pati pembuatannya menggunakan prinsip gelatinisasi. Dengan adanya penambahan sejumlah air dan dipanaskan pada suhu yang tinggi, maka akan terjadi gelatinisasi. Gelatinisasi mengakibatkan ikatan amilosa akan cenderung saling berdekatan karena adanya ikatan hidrogen. Proses pengeringan akan mengakibatkan penyusutan sebagai akibat dari lepasnya air, sehingga gel akan membentuk film yang stabil (Careda et al., 2000 dalam Wahyu, 2009).

Namun penggunaan bahan tunggal pada *edible film* seperti pati masih menyisakan beberapa kekurangan diantaranya adalah sifat rapuh dan kaku. Oleh karena itu perlu ditambahkan bahan tambahan yaitupemlastis.

(Huri dan Nisa, 2014).

Pemlastis merupakan bahan yang ditambahkan ke dalam suatu bahan pembentuk film untuk meningkatkan fleksibilitasnya, karena dapat menurunkan gaya intermolekuler sepanjang rantai polimernya, sehingga film akan lentur ketika dibengkokkan Garcia et al. dalam Rodriguez et al. (2006). Menurut Damat (2008), karakteristik fisik *edible film* dipengaruhi oleh jenis bahan serta jenis dan konsentrasi pemplastis.

Jenis pemlastis yang dapat digunakan dalam pembuatan *edible film* adalah gliserol, lilin lebah, dan sorbitol (Julianti dan Nurminah, 2007).

Penambahan bahan penstabil bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat fisik dari *edible film* yang akan dihasilkan. Penstabil yang banyak digunakan salah satunya adalah *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC). CMC merupakan bahan penstabil yang memiliki daya ikat yang kuat dan berperan untuk meningkatkan kekentalan dan memperbaiki tekstur pembentuk *film*.

Karakteristik fisik yang menentukan kualitas dan penggunaan *edible film* antara lain ketebalan, pemanjangan (*elongation*), dan kekuatan tarik (*tensile strength*). Ketebalan menentukan ketahanan film terhadap laju perpindahan uap air, gas, dan senyawa volatil lainnya. Pemanjangan menunjukkan kemampuan rentang *edible film* yang dihasilkan. Kekuatan peregangan (*tensile strength*) merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai film tetap bertahan sebelum putus/sobek, yang menggambarkan kekuatan *edible film*

(Krochta, 1992, dalam Prihatiningsih, 2000).

Pada dasarnya penggunaan *edible film*  tergantung dari karakteristik produk yang akan dikemas,. Dari kajian karakteristik *edible film* pati hanjeli ini dapat ditentukan sifat fisik *edible film* yang dijadikan acuan disesuaikan dengan produk yang akan dikemas.

## Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraikan latar belakang di atas, maka masalah yang dapat diidentifikasi adalah :

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi pemlastis sorbitol terhadap karakteristik *edible film* pati hanjeli ?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi penstabil CMCterhadap karakteristik *edible film* pati hanjeli ?
3. Bagaimana pengaruh interaksi antara konsentrasi pemlastis sorbitol dan konsentrasi penstabil CMC terhadap karakteristik *edible film* pati hanjeli ?

## Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian adalah untuk menjadikan pati hanjeli sebagai bahan baku dalam pembuatan *edible film* serta menetapkan konsentrasi pemlastis sorbitol dan konsentrasi penstabil CMC terhadap karakteristik *edible film* pati hanjeli.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi pemlastis sorbitol dan konsentrasi penstabil CMC serta interaksi antara keduanya terhadap karakteristik *edible film* pati hanjeli.

## Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian adalah dapat menemukan bahan baku lain dalam pembuatan *edible film* khususnya dari pati hanjeli, diharapkan dapat memberikan alternatif penggunaan bahan kemasan yang dapat memudahkan penanganan makanan dan berfungsi melindungi makanan dari kerusakan fisik, kimia, dan mikrobiologi, serta aman bagi lingkungan karena dapat terdegradasi secara biologis dan didapatkan formulasi konsentrasi pemlastis sorbitol dan konsentrasi penstabil CMC terbaik pada pembuatan *edible film* pati hanjeli.

## Kerangka Pemikiran

*Edible film* merupakan suatu lapisan tipis yang dibuat dari bahan yang dapat dimakan, dibentuk untuk melapisi makanan (*coating*) atau diletakkan diantara komponen makanan (*film*) yang berfungsi sebagai penghalang atau (*barrier*) terhadap massa (misalnya, kelembaban, oksigen, cahaya, lipida, zat terlarut) dan sebagai penghambat bakteri untuk meningkatkan penanganan suatu makanan (Krochta, 1992 dalam Alam et al., 2013).

Komponen utama penyusun *edible film* dikelompokkan menjadi tiga kelompok yaitu hidrokoloid, lipid dan komposit (campuran). Kelompok hidrokoloid yang banyak digunakan adalah protein (gelatin, kasein, protein kedele, protein jagung dan gluten gandum) dan karbohidrat (pati, alginat, pektin, gum arab dan modifikasi karbohidrat lainnya), lipid yang digunakan misalnya lilin/wax, asilgliserol dan asam lemak. Sedangkan komposit adalah bahan yang didasarkan pada campuran hidrokolid dan lipid (Donhowe and Fennema, 1994).

*Edible film* hidrokoloid (pati) umumnya bersifat getas dan kurang elastis, sehingga perlu ditambahkan pemlastis untuk meningkatkan keplastisan, mengurangi resiko pecah, sobek, hancurnya *edible film* yang terbentuk dan meningkatkan fleksibilitas film (Krochta, 1997).

Menurut Murni et al., (2013), peningkatan jumlah sorbitol menaikkan kelarutan *edible film*, hal ini disebabkan sorbitol bersifat hidrofilik yang akan menaikkan kelarutan. Kenaikan jumlah sorbitol menurunkan *tensile strength*, dikarenakan penambahan pemlastis menurunkan gaya intermolekuler dari bahan penyusun polimer, sehingga polimer menjadi lentur, tidak kaku.

Menurut hasil penelitian Wijayanti, (2015), menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi sorbitol memberikan pengaruh nyata (α=0.05) terhadap *edible film* tepung garut dari semua parameter yaitu kadar air, ketebalan, *tensile strength*, elongasi, transmisi uap air, dan warna. Perlakuan terbaik menggunakan metode multliple atribut dengan menekankan sifat kimia, fisik dan mekanik diperoleh pada perlakuan penambahan sorbitol 1%.

Menurut Sari et al., (2013), konsentrasi pati ganyong 2% w/v, konsentrasi sorbitol 2% w/w memiliki nilai kuat tarik 2,03 kgf/cm , persen pemanjangan 20,62%, dan ketebalan 0,04 mm.

Menurut Tasha, (2015), perlakuan terpilih dari penelitian utama adalah *edible packaging* dengan formulasi pati sorgum 2% dengan penambahan CMC 2% dan gliserol 1% dengan nilai kuat tarik 1,7272 MPa dan persen elongasi 93,504% serta laju transmisi uap air sebesar 616,226 g/m2/24h.

Menurut Sinaga et al., (2014), variasi penambahan volume gliserol (1% , 2%, dan 3 %) Penambahan volume gliserol berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik dan pemanjangan saat putus dari *edible film* yang dihasilkan. Seiring bertambahnya volume gliserol maka nilai kekuatan tarik akan semakin menurun, sebaliknya nilai pemanjangan saat putus akan semakin meningkat. *Edible film* terbaik pada penelitian ini adalah *edible film* dengan penambahan 1% gliserol yang menghasilkan kekuatan tarik 18,4992 MPa dan nilai pemanjangan saat putus 2,1290 %.

Menurut Herawan et al., (2015), konsentrasi lilin lebah berpengaruh terhadap nilai kuat tarik *edible film* dan daya serap air pada *edible film* yaitu semakin banyak konsentrasi yang ditambahkan, *edible film* semakin rapuh dan daya serap terhadap air semakin kecil.

Menurut Sari et al., (2008), pengaruh penambahan lilin lebah pada pembuatan *edible film* yaitu, semakin banyak jumlah lilin lebah yang ditambahkan pada pembuatan *edible film* maka kadar air, kuat tarik, dan persen perpanjangan akan menurun, sedangkan ketebalan *edible film* akan semakin bertambah.

Penambahan bahan penstabil pada pembuatan *edible film* pati hanjeli bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat fisik dari *edible film* yang akan dihasilkan meliputi kuat tarik, persen elongasi dan laju transmisi uap air. CMC dipilih sebagai bahan penstabil pada pembuatan *edible film* pati hanjeli karena CMC mudah mengikat air sehingga dapat mencegah sineresis dan membentuk jaringan matriks *edible film* yang semakin kuat, kompak dan lebih elastis dari jenis bahan penstabil lainnya.

Menurut Nasution, (2014), sampel terpilih yaitu *edible film* whey susu dengan penambahan CMC dan gelatin 2 : 2 yang masing-masing CMC 2% dan gelatin 2% danpemplastis 2% (s2g2) memiliki nilai laju transmisi uap air sebesar 432,74 g/m2 per 24 jam, memiliki nilai kuat tarik 1,55 MPa dan persen elongasi sebesar 24,2%.

Menurut Kristanoko, (1996), film yang dihasilkan untuk beberapa karakteristik fisik tertentu sangat dipengaruhi oleh konsentrasi CMC dan sorbitol yang ditambahkan. CMC meningkatkan kadar air, ketebalan, *tensile strength*, % elongasi, dan *Water Vapor Transmision Rate* (WVTR), Sorbitol meningkatkan kadar air, ketebalan, % *elongation* dan *Water Vapor Transmision Rate* (WVTR). Hanya *tensile strength* yang rnenjadi turun.

## 1.6 Hipotesis

Hipotesis berdasarkan data diatas, maka diduga pengaruh konsentrasi pemlastis sorbitol dan konsentrasi penstabil CMC serta interaksi antara konsentrasi pemplastis sorbitol dan konsentrasi penstabil CMC memiliki pengaruh terhadap karakteristik *edible film* pati hanjeli.

## 1.7 Waktu dan Tempat Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Pangan Universitas Pasundan Bandung dan Laboraturium Lembaga Ilmu Penelitian Indonesia (LIPI) Jalan Sangkuriang Bandung. Adapun waktu penelitian dilakukan mulai dari bulan Juli 2016 sampai dengan bulan Oktober 2016.

# II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan mengenai (1) *Edible Film*, (2) Hanjeli, (3) Gliserol, (4) Sorbitol, (5) Lilin lebah (Beeswax), (6) CMC

## 2.1 *Edible Film*

*Edible film* merupakan lapisan tipis yang berfungsi sebagai pengemas atau pelapis makanan yang sekaligus dapat dimakan bersama dengan produk yang dikemas (Guilbert and Biquet, 1990). Robertson (1992), menambahkan, selain berfungsi untuk memperpanjang masa simpan, *edible film* juga dapat digunakan sebagai pembawa komponen makanan, di antaranya vitamin, mineral, antioksidan, antimikroba, pengawet, bahan untuk memperbaiki rasa dan warna produk yang dikemas. Selain itu, bahan-bahan yang digunakan untuk membuat *edible film* relatif murah, mudah dirombak secara biologis (*biodegradable*), dan teknologi pembuatannya sederhana.

Merurut Arpah (1997), dikutip Christsania (2008), *edible packaging* pada bahan pangan pada dasarnya dibagi menjadi tiga jenis bentuk, yaitu: *edible film*, *edible coating*, dan enkapsulasi. Hal yang membedakan *edible coating* dengan *edible film* adalah cara pengaplikasiannya. *Edible coating* langsung dibentuk pada produk, sedangkan pada *edible film* pembentukannya tidak secara langsung pada produk yang akan dilapisi/dikemas. Enkapsulasi adalah *edible* *packaging* yang berfungsi sebagai pembawa zat flavor berbentuk serbuk. *Edible film* didefinisikan sebagai lapisan yang dapat dimakan yang ditempatkan di atas atau di antara komponen makanan (Lee dan Wan, 2006 dalam Hui, 2006).

Fungsi dari *edible film* sebagai penghambat perpindahan uap air, menghambat pertukaran gas, mencegah kehilangan aroma, mencegah perpindahan lemak, meningkatkan karakteristik fisik, dan sebagai pembawa zat aditif. *Edible film* yang terbuat dari lipida dan juga film dua lapis (*bilayer*) ataupun campuran yang terbuat dari lipida dan protein atau polisakarida pada umumya baik digunakan sebagai penghambat perpindahan uap air dibandingkn dengan *edible film* yang terbuat dari protein dan polisakarida dikarenakan lebih bersifat hidrofobik (Lee dan Wan, 2006 dalam Hui, 2006).

Komponen utama penyusun *edible film* dikelompokkan menjadi tiga kelompok yaitu hidrokoloid, lipid dan komposit (campuran) Kelompok hidrokoloid yang banyak digunakan adalah protein (gelatin, kasein, protein kedele, protein jagung dan gluten gandum) dan karbohidrat (pati, alginat, pektin, gum arab dan modifikasi karbohidrat lainnya), lipid yang digunakan misalnya lilin/wax, asilgliserol dan asam lemak. Sedangkan komposit adalah bahan yang didasarkan pada campuran hidrokolid dan lipid (Donhowe and Fennema, 1994).

Menurut Krochta et al. (1994), hidrokoloid digunakan sebagai *edible film* untuk produk pangan yang tidak sensitif terhadap uap air. Hidrokoloid dapat mencegah reaksi-reaksi kerusakan pada produk pangan dengan jalan menghambat gas-gas reaktif terutama oksigen dan karbon dioksida. Bahan ini juga tahan terhadap lemak karena sifatnya yang polar. Sebagian *edible film* yang berasal dari bahan hidrokoloid dapat dilarutkan, dengan demikian sangat baik diterapkan pada produk-produk yang memerlukan perebusan atau pengukusan sebelum digunakan.

*Edible film* yang dibuat dari hidrokoloid mempunyai kelebihan diantaranya untuk melindungi produk terhadap oksigen, karbondioksida dan lipid serta meningkatkan kekuatan fisik. Kelemahan film dari karbohidrat adalah tingkat ketahanan terhadap uap air sangat rendah akibat sifat hidrofiliknya, sedangkan film dari protein sangat dipengaruhi oleh perubahan pH

(Donhowe and Fennema, 1994).

Menurut Gontard (1993) *Edible film* mempunyai banyak keuntungan jika dibandingkan dengan pengemas sintetik yang tidak dapat dimakan yaitu: *Edible film* dapat dikonsumsi bersamaan dengan produk yang dikemas, tidak ada pembuangan pengemas sehingga ramah terhadap lingkungan, jika film tidak dikonsumsi, film tersebut dapat didaur ulang atau dapat terdegradasi oleh mikroorganisme, film dapat berfungsi sebagai suplemen gizi pada makanan terutama film yang dibuat dengan bahan dasar protein, film sangat baik digunakan untuk mikroenkapsulasi aroma bahan makanan dan dapat memperbaiki sifat-sifat organoleptik makanan yang dikemas dengan memberi variasi komponen (pewarna, pemanis, pemberi aroma) yang menyatu dengan makanan, film dapat digunakan sebagai pengemas satuan (individu) dari bahan makanan yang berukuran kecil seperti kacang, biji-bijian, dan strawberry, serta *edible film* dapat diterapkan pada sistem pengemasan berlapis-lapis dengan *edible film* sebagai pengemas bagian dalam dan pengemas *non edible* dibagian luar.

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pembentukan *edible film* antara lain:

a. Suhu

Perlakuan panas diperlukan untuk membentuk pati tergelatinasi sehingga terbentuk pasta pati yang merupakan bentuk awal *edible film*. Suhu pemanasan pati akan menentukan sifat mekanik *edible film* yang terbentuk.

b. Konsentrasi pati

Konsentrasi pati memberikan kontribusi terhadap kadar amilosa dalam larutan pati sehingga berpengaruh terhadap sifat pasta yang dihasilkan.

c. Plasticizer dan bahan aditif lain

Konsentrasi *plasticizer* dan bahan aditif lain yang ditambahkan ke dalam formula film akan berpengauh terhadap sifat film yang terbentuk dan bahan-bahan tersebut akan berinteraksi dengan pati (Donhowe, dan Fennema. 1994).

Sifat fisik-kimia *edible film*:

1. Ketebalan film

Menurut McHugh dan Krochta (1994) ketebalan juga sangat mempengaruhi sifat fisik dan mekanik edible film, seperti *tensile strength*, *elongation*, dan *water vapor transmission rate* (WVTR). Faktor yang dapat mempengaruhi ketebalan edible film adalah konsentrasi padatan terlarut pada larutan pembentuk film dan ukuran pelat pencetak. Semakin tinggi konsentrasi padatan terlarut, maka ketebalan film akan meningkat. Sebagai kemasan, semakin tebal edible film maka kemampuan penahanannya semakin besar, sehingga umur simpan produk akan semakin panjang.

Menurut Zhang dan Han (2006) bahwa, ketebalan film meningkat sesuai dengan meningkatnya *plasticizer* dari 4,34-10,87 mmol/g dan berat molekul *plasticizer* dari 92,09-182,2 pada penelitian dengan menggunakan beberapa monosakarida dan poliols sebagai *plasticize*r. Edible film dengan gliserol sebagai *plasticizer* mempunyai ketebalan paling tipis jika dibandingkan dengan yang lain, berat molekulnya paling kecil, mempunyai konsentrasi padatan terlarut paling rendah. Edible film yang terlalu tebal dapat memberikan efek yang merugikan.

Menurut Howard dan Dewi (1995) pelapis yang tebal dapat membatasi pertukaran gas hasil respirasi, sehingga menyebabkan produk mengakumulasi etanol yang cukup tinggi dan meningkatkan off- flavor.

1. *Tensile strength* (MPa) / kekuatan renggang putus (%)

*Tensile Strength* adalah ukuran untuk kekuatan film secara spesifik, merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai film tetap bertahan sebelum putus/sobek (Krochta and Mulder-johnston, 1997). Pengukuran ini untuk mengetahui besarnya gaya yang diperlukan untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap luas area film. Sifat *tensile strength* tergantung pada konsentrasi dan jenis bahan penyusun edible film terutama sifat kohesi struktural.

1. Daya larut (%)

Daya larut merupakan salah satu sifat fisik *edible film* yang menunjukkan persentase berat kering terlarut setelah dicelupkan dalam air selama 24 jam (Gontard et al, 1993). Daya larut film sangat ditentukan oleh sumber bahan dasar pembuatan film. *Edible film* berbahan dasar pati tingkat kelarutannya dipengaruhi oleh ikatan gugus hidroksi pati. Makin lemah ikatan gugus hidroksil pati, makin tinggi kelarutan film. *Edible film* dengan daya larut yang tinggi menunjukkan film tersebut mudah dikonsumsi.

Kadang-kadang pati mengalami masalah terhadap kelarutannya, dalam hal ini setelah mengalami gelatinisasi. Kelarutan *edible film* juga dipengaruhi oleh *plasticizer*.

Baldwin (1994) dan Wong et al. (1994) mengatakan bahwa secara teoritis

bahan *edible film* harus memiliki sifat-sifat seperti:

1. Menahan kehilangan air bahan pangan.

2. Memiliki permeabilitas selektif terhadap gas tertentu.

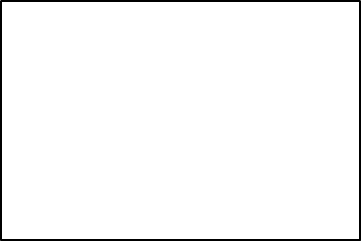
3. Mengendalikan perpindahan padatan terlarut untuk mempertahankan kualitas bahan pangan.

4. Menjadi pembawa bahan aditif seperti pewarna, pengawet, penambah aroma yang dapat memperbaiki mutu bahan pangan.

Fungsi dan penampilan *edible film* bergantung pada sifat mekaniknya yang ditentukan oleh komposisi bahan di samping proses pembuatan dan metode aplikasiny (Rodriguez et al. 2005). Bahan polimer penyusun *edible film* dibagi menjadi tiga kategori yaitu hidrokoloid, lemak, dan komposit keduanya (Krochta et al. dalam Prihatiningsih 2000).

## 2.2 Hanjeli

Tanaman hanjeli dengan nama latin *Coix lacryma-jobi* L. Di Indonesia dikenal dengan nama hanjeli, jali, jelai, japen, jeten atau dalam bahasa inggris disebut *job tears*. Tanaman hanjeli sering dibudidayakan sebagai tanaman annual dan tingginya mencapai 3 meter. Pertumbuhan tanaman hanjeli bersifat *indeterminate*, umur produktif tanaman hanjeli adalah 6-7 bulan untuk generasi pertama (Grubben dan Partohardjono, 1996).



Gambar 1. Tanaman Hanjeli

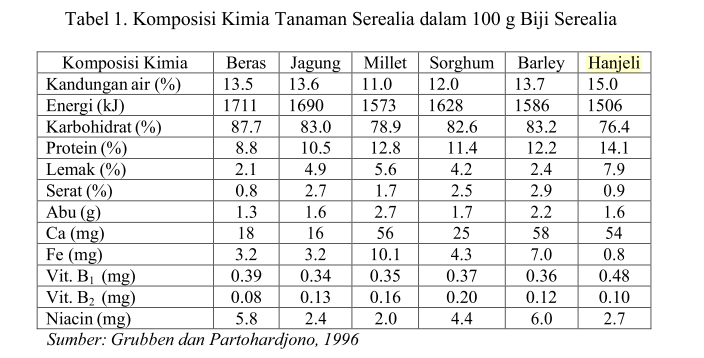
Menurut LIPI (1986), khususnya di Jawa dikenal ada empat jenis hanjeli, yaitu :

1). Varietas *agrotis* dikenal dengan nama jelai batu tumbuh liar di lahan-lahan kering, ditanam di pekarangan untuk hiasan. Bijinya keras seperti batu, berwarna putih abu-abu, abu-abu kehitaman atau coklat. Bentuknya bulat telur, dimanfaatkan untuk hiasan kerajinan tangan berupa tasbih atau tirai gantung.

2). Varietas *ma-yuen* dikernal sebagai jelai pulut. Biasanya ditanam di lahan sawah setelah padi, di pematang, di pekarangan, di kebun atau lading. Bentuk buah bulat telur atau bulat, berdinding tipis dab berwarna coklat, kuning terang atau ungu. Bijinya ditumbuk pecah kulit dijadikan beras hanjeli atau ditumbuk dibuat berbagai macam penganan,tape hanjeli dan sebagainya.

3). Varietas *palustris* dan 4). Varietas *aquatica* adalah hanjeli yang tumbuh di lahan basah di danau-danau atau di rawa, Bijinya berbentuk bulat telur seperti hanjeli pulut tetapi berkulit keras.

Tanaman hanjeli yang digunakan untuk bahan makanan adalah hanjeli varietas *mayeun* atau yang sering disebut jali pulut merupakan varietas yang dibudidayakan, varietas *mayeun* memiliki kulit biji yang tipis dan mudah untuk dipecahkan, sehingga varietas ini sering dimanfaatkan sebagai bahan makanan dan obat tradisional (Nurmala, 1998).

Tabel 1. Komposisi Kimia Tanaman Serealia dalam 100 g Biji Serealia

Klasifikasi ilmiah dari hanjeli adalah sebagai berikut :

Kingdom : *Plantae*

Divisio : *Magnoliophyta*

Kelas : *Liliopsida*

Ordo : *Poales*

Famili : *Poaceae*

Genus : *Coix*

Spesies : *Coix lacryma-jobi*

(Dalimartha, 2008).

Tanaman ini dapat tumbuh baik sampai ketinggian 100 mdpl dan dapat beradaptasi dengan suhu 25°C sampai dengan 35°C pada daerah tropik maupun daerah kering (Grubben dan Partohardjono, 1996).

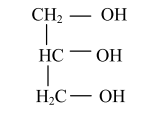
Akar hanjeli adalah akar serabut dan panjangnya relatif sama. Batang hanjeli tumbuh tegak dan beruas-ruas, tidak berongga, memiliki daun yang lebar (1,5-5,0 cm) dan panjang (8,0-100 cm). Lidah daunnya pendek dan tulang menonjol, helaian daun berupa pita (Nurmala, 1998).

Kandungan protein, lemak, dan vitamin B1 pada hanjeli lebih tinggi dibandingkan beras, jagung, dan shorgum. Pada 100 g hanjeli mengandung energi 1506 kj, protein 14,1 %, lemak 7,9 %, karbohidrat 76,4 %, kalsium 54 mg, besi 0,8 mg, serta air 15,0 %. Data ini menunjukkan hanjeli lebih banyak mengandung protein dan zat gizi lainnya, sehingga diharapkan dapat dijadikan alternatif pemenuhan kalori dan protein (Grubben dan Partohardjono, 1996).

Granula pati jali berbentuk bulat dan *polygonal* dengan ukuran rata-rata 11.68-12.29 µm. Suhu gelatinisasi jali putih dan jali hitam berkisar antara 67-81°C dengan tipe gelatinisasi tipe A. Pada biji jali tidak terdapat gluten, sehingga tidak akan tejadi pengembangan adonan saat pemanggangan (Grubben dan Partohardjono, 1996).

## 2.3 Gliserol

Gliserol adalah alkohol terhidrik. Nama lain gliserol adalah gliserin atau 1,2,3-propanetriol atau CH2OHCHOHCH2OH. Gliserol tidak berwarna, tidak berbau, rasanya manis, bentuknya liquid sirup, meleleh pada suhu 17,8°C, mendidih pada suhu 290°C dan larut dalam air dan etanol. Sifat gliserol higroskopis, seperti menyerap air dari udara, sifat ini yang membuat gliserol digunakan sebagai pemlastis. Gliserol terdapat dalam bentuk ester (gliserida) pada semua hewan, lemak nabati dan minyak. Gliserol termasuk jenis *plasticizer* yang bersifat hidrofilik, menambah sifat polar dan mudah larut dalam air (Huri dan Nisa, 2014).



Gambar 2. Struktur Molekul Gliserol

Fungsi dari gliserol adalah menyerap air, agen pembentuk kristal dan *plasticizer*. *Plasticizer* merupakan substansi dengan berat molekul rendah dapat masuk ke dalam matriks polimer protein dan polisakarida sehingga meningkatkan fleksibilitas film dan kemampuan pembentukan film (Bergo dan Sobral, 2007). *Plasticizer* misalnya gliserol sering digunakan untuk memodifikasi sifat fungsional dan fisik film (Gaudin, et al., 1999).

Gliserol adalah *plasticizer* dengan titik didih yang tinggi, larut dalam air, polar, *non volatile* dan dapat bercampur dengan protein. Gliserol merupakan molekul hidrofilik dengan berat molekul rendah, mudah masuk ke dalam rantai protein dan dapat menyusun ikatan hidrogen dengan gugus reaktif protein. Sifat - sifat tersebut yang menyebabkan gliserol cocok digunakan sebagai *plasticizer*. (Galietta, et al., 1998).

Gliserol (1,2,3-propanatriol) dengan rumus kimia CH2OHCHOHCH2OH, adalah senyawa golongan alkohol trivalen. Gliserol berbentuk cairan kental, biasanya dimanfaatkan sebagai *food additive*. Gliserol memiliki sifat mudah larut dalam air, meningkatkan viskositas larutan, mengikat air dan menurunkan Aw bahan. Gliserol merupakan *plasticizer* yang hidrofilik, sehingga cocok untuk ditambahkan pada bahan pembentuk film yang bersifat hidrofobik seperti pati, pektin, gel, dan protein. Peran gliserol sebagai *plasticizer* dan konsentrasinya meningkatkan fleksibilitas film (Luthana, 2010).

Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2013 Tentang Batas Maksimum Penggunaan Bahan Tambahan Pangan Humektan, Gliserol dalam ADI (*Acceptable Daily Intake*) tidak dinyatakan. Gliserol yang diijinkan untuk ditambahkan ke dalam bahan makanan adalah dengan konsentrasi maksimal 10 mg/m3 berdasarkan data *Material Safety Data Sheet* (MSDS). Penambahan gliserol yang berlebihan akan menyebabkan rasa manis-pahit pada bahan. Penambahan gliserol sebagai *plasticizer* pada *edible film* akan menghasilkan film yang lebih fleksibel dan halus, selain itu gliserol dapat meningkatkan permeabilitas film terhadap gas, uap air, dan zat terlarut (Winarno, 1995 dalam Khotimah, 2006).

Gliserol adalah *plasticizer* terbaik untuk polimer yang dapat larut dalam air di antara beberapa penelitian yang telah dilakukan, didasarkan gliserol banyak digunakan sebagai *plasticizer* (Jangchud dan Chinnan, 1999).

Mekanisme plastisasi dengan penambahan pemlastis sebagai berikut : Interaksi antara polimer dengan pemlastis dipengaruhi oleh sifat afinitas kedua komponen, jika polimer pemlastis tidak terlalu kuat maka akan terjadi plastisasi antara struktur (molekul pemlastis hanya akan terdistrubusi diantara struktur). Plastisasi ini hanya mempengaruhi gerakan dan mobilitas struktur. Jika terjadi interaksi polimer-polimer cukup kuat maka molekul pemlastis akan terdisfusi ke dalam rantai polimer (rantai polimer *amorf* membentuk satuan struktur globular yang disebut *bundle*) menghasilkan plastisasi sampai batas kompatibilitas yaitu sejumlah yang dapat terdispersi (terlarut) dalam polimer. Jika jumlah pemlastis melebihi batas ini, maka akan terjadi sistim yang heterogen dan plastisasi melebihi tidak efisien lagi.

## 2.4 Sorbitol

Sorbitol adalah senyawa monosakarida *polyhidric* *alcohol*. Nama kimia lain dari sorbitol adalah hexitol atau glusitol dengan rumus kimia C6H14O6. Struktur molekulnya mirip dengan struktur molekul glukosa hanya yang berbeda gugus aldehid pada glukosa diganti menjadi gugus alkohol.

*Plasticizers* (Sorbitol) merupakan substansi non volatil, mempunyai titik didih yang tinggi, dan jika ditambahkan ke dalam materi lain dapat mengubah sifat fisik atau sifat mekanik bahan tersebut (Krochta et al., 1994).



Gambar 3. Struktur Kimia Sorbitol (Perry, 1999).

Sorbitol dengan rumus kimia CH2OH(CHOH)4CH2OH (1,2,3,4,5,6-heksol) adalah satu pemanis yang sering digunakan dalam makanan. Penambahan sorbitol sebagai *plasticizer* dalam pembentukan *edible film* dapat mengurangi permeabilitas film terhadap oksigen, hal ini juga mampu mengurangi kegetasan film sehingga kuat renggang putus dari film tersebut meningkat.

Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2014 Tentang Batas Maksimum Penggunaan Bahan Tambahan Pangan Pemanis, Sorbitol dalam ADI (*Acceptable Daily Intake*) tidak dinyatakan. Batas maksimum penggunaan sorbitol berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 722/Menkes/Per/IX/1988 yaitu sebesar 5 gram – 300 gram (per kg bobot badan).

Sorbitol dinyatakan GRAS (*Generally Recognized As Safe*) atau secara umum dikenal sebagai produk yang aman oleh U.S. *Food and Drug Administration* dan disetujui penggunaannya oleh Uni Eropa serta banyak negara di seluruh dunia. Mencakup Australia, Austria, Kanada dan Jepang.

Sifat-sifat Kimia : berbentuk kristal pada suhu kamar, berwarna putih tidak berbau dan berasa manis, larut dalam air,glycerol dan propylene glycol, sedikit larut dalam metanol, etanol, asam asetat dan phenol, tidak larut dalam sebagian besar pelarut organik (Perry, 1950).

Sorbitol dengan berat molekul sebesar 182,17 memiliki titik lebur pada suhu 96-97°C dan bersifat sangat higroskopis. Kelarutan sorbitol sangat tinggi yaitu sebesar 235 gram/100 gram air pada suhu 25°C. Sorbitol memiliki *mouthfeel* (kesan di mulut) dengan rasa yang manis dan memberikan sensasi dingin di mulut. Sorbitol sangat stabil dan secara kimiawi tidak reaktif sehingga sorbitol memiliki ketahanan yang sangat tinggi terhadap temperatur dan tidak mengalami rekasi maillard (Dwivedi, 1991 dalam Suseno et al, 2008).

Mekanisme plastisasi dengan penambahan pemlastis sebagai berikut : Interaksi antara polimer dengan pemlastis dipengaruhi oleh sifat afinitas kedua komponen, jika polimer pemlastis tidak terlalu kuat maka akan terjadi plastisasi antara struktur (molekul pemlastis hanya akan terdistrubusi diantara struktur). Plastisasi ini hanya mempengaruhi gerakan dan mobilitas struktur. Jika terjadi interaksi polimer-polimer cukup kuat maka molekul pemlastis akan terdisfusi ke dalam rantai polimer (rantai polimer *amorf* membentuk satuan struktur globular yang disebut *bundle*) menghasilkan plastisasi sampai batas kompatibilitas yaitu sejumlah yang dapat terdispersi (terlarut) dalam polimer. Jika jumlah pemlastis melebihi batas ini, maka akan terjadi sistim yang heterogen dan plastisasi melebihi tidak efisien lagi.

## 2.5 Lilin Lebah (Beeswax)

Lilin asal hewan yakni malam (*beeswax*) adalah salah satu lilin yang kimianya stabil dan terkenal sepanjang sejarah perdagangan dunia (Sihombing, 1992).

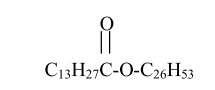
Rumus molekul *beeswax* adalah C13H27CO2C26H53. Komposisinya terdiri dari 71 persen ester lilin, 1-1.25 persen alkohol bebas, 13.5 – 14.5 persen asam lemak bebas, 10.4 – 13.6 persen hidrokarbon, dan 1-2 persen air (Donhowe dan Fennema, 1992).

*Beeswax* memiliki tekstur keras, namun menjadi plastis dan dapat diremas dengan tangan yang hangat tanpa menyebabkan lengket, serta berbentuk butiran kecil yang tidak mengkristal bila dihancurkan. *Beeswax* memiliki titik lebur sekitar 64°C. Disamping itu juga bersifat sulit larut dalam pelarut organic polar maupun non polar pada kondisi dingin, namun larut dengan sempurna jika dipanaskan pada titik didihnya (Elvers dan Hawkins, 1996 dalam Mindaewati, 2006).

*Beeswax* memiliki titik lebur sekitar 64°C dengan komposisi bervariasi tergantung dari sumbernya. Demikian pula dengan warna, bervariasi mulai dari kuning, oranye sampai dengan cokelat. *Beeswax* kuning dapat dibleaching menjadi putih dengan bahan pengoksidasi seperti peroksida (Mark et al., 1984 dalam Mindarwati, 2006).

Lilin lebah (*beeswax*) ini berada dalam bentuk triester dan diester. Sebagai senyawa tersier, lilin lebah merupakan ester dari asam lemak berantai panjang dengan alkohol berantai panjang (sterol/fatty alcohol) dan asam hidroksilat, berupa senyawa diester dari alkanadiol atau asam hidroksilat (Kalattukudy, 1976).

Titik lebur lilin lebah murni berkisar antara 61-69°C (142-156°F), indeks refraksinya 1,44. Tahanan dielektrisnya 2,9 dan berat jenis pada suhu 20°C adalah 0,96 lebih ringan dari air. Tidak larut dalam air dan sedikit larut dalam alkohol dingin. Benzen chloroform, karbon disulfida, eter dan beberapa minyak yang mudah menguap melarutkan malam komplit. Bau dan rasanya khas dan terbakar dengan nyala kuning bersih dan mengeluarkan aroma unik. Malam sering terkontaminasi dengan sedikit polen, propolis, dan madu yang meningkatkan berat jenis dan warnanya (Sihombing, 1992).



Gambar 4. Struktur Kimia Lilin Lebah

Lilin lebah yang ditambahkan berpengaruh terhadap kuat tarik *edible film*. Hal ini terjadi karena Lilin lebah dapat membentuk kristal orthorombik yang menyebabkan film menjadi keruh (opak) dan lebih rapuh sehingga kekuatan tariknya akan menurun. Pengaruh penambahan lilin lebah pada pembuatan *edible film* yaitu, semakin banyak jumlah lilin lebah yang ditambahkan pada pembuatan *edible film* maka kadar air, kuat tarik, dan persen perpanjangan akan menurun, sedangkan ketebalan *edible film* akan semakin bertambah (Sari et al., 2008).

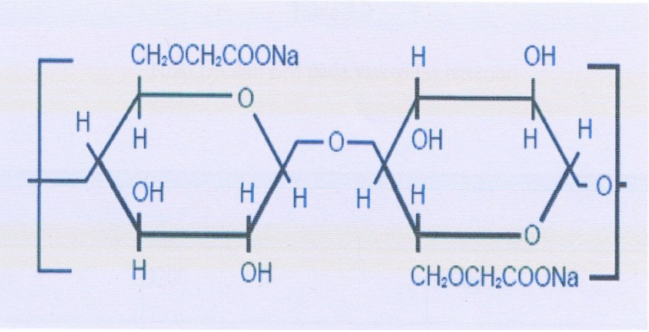
Mekanisme plastisasi dengan penambahan pemlastis sebagai berikut : Interaksi antara polimer dengan pemlastis dipengaruhi oleh sifat afinitas kedua komponen, jika polimer pemlastis tidak terlalu kuat maka akan terjadi plastisasi antara struktur (molekul pemlastis hanya akan terdistrubusi diantara struktur). Plastisasi ini hanya mempengaruhi gerakan dan mobilitas struktur. Jika terjadi interaksi polimer-polimer cukup kuat maka molekul pemlastis akan terdisfusi ke dalam rantai polimer (rantai polimer *amorf* membentuk satuan struktur globular yang disebut *bundle*) menghasilkan plastisasi sampai batas kompatibilitas yaitu sejumlah yang dapat terdispersi (terlarut) dalam polimer. Jika jumlah pemlastis melebihi batas ini, maka akan terjadi sistim yang heterogen dan plastisasi melebihi tidak efisien lagi

## UJY2.6 CMC

Carboxy Methyl Cellulose (CMC) adalah turunan dari selulosa dan ini sering dipakai dalam industri makanan untuk mendapatkan tekstur yang baik. Fungsi CMC ada beberapa terpenting, yaitu sebagai pengental, stabilisator, pembentuk gel,sebagai pengemulsi, dan dalam beberapa hal dapat merekatkan penyebaran antibiotik (Winarno, 1985).

Struktur CMC ( Carboxyl Methyl Cellulose ) merupakan rantai polimer yang terdiri dari unit molekul sellulosa. Setiap unit anhidroglukosa memiliki tiga gugus hidroksil dan beberapa atom Hidrogen dari gugus hidroksil tersebut disubstitusi oleh carboxymethyl.

Karboksimetil selulosa (CMC) merupakan eter polimer linier dan berupa senyawa anion yang bersifat *biodegredable*, tidak berbau, tidak berwarna, tidak beracun, butiran atau bubuk yang larut dalam air, memiliki rentang pH sebesar 6,5-8,0 dan stabil pada rentang pH 2-10. Karboksimetil selulosa berasal dari selulosa kayu dan kapas yang diperoleh dari reaksi antara selulosa dengan asam monokloroasetat dengan katalis berupa senyawa alkali. Karboksimetil selulosa juga merupakan senyawa serbaguna yang memiliki sifat penting seperti kalarutan, reologi dan adsorpsi dipermukaan (Deviwings, 2008).



Gambar 5. Struktur Carboxyl Methyl Cellulose

CMC digunakan di Indonesia sebagai bahan penstabil, pengental, pengembang, pengemulsi dan pembentuk gel dalam produk pangan khususnya sejenis sirup yang diijinkan oleh Menteri Kesehatan RI, diatur menurut PP. No. 235/ MENKES/ PER/ VI/ 1979 adalah 1-2%.

Industri-industri makanan biasanya digunakan sukrosa dalam bentuk kristal halus atau kasar dan dalam jumlah yang banyak dipergunakan dalam bentuk cairan sukrosa (sirup). Pada pembuatan sirup gula pasir (sukrosa) dilarutkan dalam air dan dipanaskan, sebagian sukrosa akan terurai menjadi glukosa dan sukrosa yang disebut gula invert (Winarno, 1995).

Turunan selulosa yang dikenal dengan *carboxylmetyl cellulose* (CMC) sering dipakai dalam industri makanan untuk mendapatkan tekstur yang baik. Misalnya pada pembuatan es krim. Pemakaian CMC akan memperbaiki tekstur dan kristal laktosa yang terbentuk akan lebih halus. CMC juga sering dipakai dalam bahan makanan untuk mencegah terjadinya retrogradasi. CMC memiliki gugus karboksil, maka viskositasnya dipengaruhi oleh pH larutan, pH optimum adalah 5 dan apabila pH terlalu rendah (<3) maka CMC akan mengendap (Winarno, 1997).

Kelarutannya dalam air dan sifat-sifat larutannya tergantung tingkat polimerisasi, tingkat substitusi dan keseragaman substitusi antara 0,65-0,85 biasa digunakan untuk bahan tambahan pangan yang mana susunan selulosa ini mudah larut dalam air panaa maupun air dingin. Makin tinggi tingkat polimerisasi larutan yang diperoleh makin kental, tergantung pada jenis *Carboxy Methyl Cellulose*, larutan 2% memiliki kekentalan antara 10.000-50.000 cps atau lebih. Kekentalan maksimum pada pH 7-9. CMC dapat berfungsi bersama-sama dengan kebanyakan gum lain yang larut dalam air, tidak terpengaruh oleh adanya kation yang dapat menghasilkan garam yang larut (Tranggono, 1989).

CMC digunakan untuk memberi bentuk konsistensi dan tekstur produk, dimana CMC berperan sebagai pengikat air, pengental dan penstabil. CMC dapat meningkatkan kekentalan larutan, karena dapat mengikat air melalui ikatan hydrogen. Kekentalan larutan karena penambahan CMC dapat dipenagruhi oleh pH dan suhu larutan. Larutan yang ditambah CMC mempunyai kekentalan maksimum pada kisaran pH 7-9 (Glicksman, 1969).

# III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan membahas mengenai : (1) Bahan dan Alat Penelitian, (2) Metode Penelitian, dan (3) Deskripsi Penelitian.

## 3.1 Bahan dan Alat yang Digunakan

### 3.1.1 Bahan Yang Digunakan

Bahan baku utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah hanjeli dalam bentuk beras yang diperoleh dari Pasar Kosambi Bandung, aquadest, gliserol, sorbitol, lilin lebah dan CMC sebagai penstabil.

### 3.1.2 Alat Yang Digunakan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah neraca analitik, *chopper*, *screen* standar Tyler 100 *mesh*, pH meter, gelas ukur, gelas kimia, pipet tetes, *magnetic stirer*, plat kaca (20 x 20 cm), plastik, *tunnel dryer*, termometer, dan batang pengaduk.

Alat yang digunakan dalam analisis kimia adalah : tabung reaksi, batang pengaduk, timbangan analitik, botol timbang, oven, kaca arloji, eksikator, dan *tank crush*. Sedangkan alat yang digunakan untuk analisis mekanik adalah *Universal Testing Machine* untuk mengukur laju transmisi uap air, *Micrometer Digimatic* untuk mengukur ketebalan *edible film* yang dilakukan di Laboraturium Lembaga Ilmu Penelitian Indonesia (LIPI) Jalan Sangkuriang Bandung.

## 3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan terbagi atas : penelitian pendahuluan, dan penelitian utama.

### 3.2.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang dilakukan yaitu pembuatan pati hanjeli dari beras hanjeli, uji kadar pati serta pemilihan jenis pemlastis. Tujuan dari penelitian pendahuluan ini adalah mencari jenis pemlastis yang bisa menghasilkan *edible film* terbaik. Jenis pemlastis yang digunakan adalah gliserol, sorbitol, dan lilin lebah dengan konsentrasi sebanyak 2% dan penambahan penstabil (CMC) sebanyak 2% yang selanjutnya akan dilakukan analisis sampel terpilih pada *edible film* pati hanjeli yaitu analisis kuat tarik dan persen perpanjangan yang diukur dengan menggunakan *Universal Testing Instrument* (*Lyoid Instrument*) (Gontard, 1993).

### 3.2.2 Penelitian Utama

Penelitian utama dilakukan dengan menggunakan jenis pemlastis yang telah terpilih pada penelitian pendahuluan. Tujuan dari penelitian utama yaitu untuk mengetahui bagaimana pengaruh konsentrasi pemlastis dan penstabil yang ditambahkan serta interaksi diantara keduanya terhadap karakteristik *edible film* pati hanjeli.

Penelitian utama terdiri dari rancangan perlakuan, rancangan percobaan, rancangan analisis, dan rancangan respon.

#### 3.2.2.1 Rancangan Perlakuan

Rancangan perlakuan pada penelitian ini terdiri dari 2 faktor yaitu konsentrasi pemlastis (P), serta konsentrasi penstabil CMC (S).

Faktor perlakuan :

a. Konsentrasi pemplastis (P) terdiri dari tiga taraf yaitu :

p1 = pemlastis sorbitol 1%

p2 = pemlastis sorbitol 2%

p3 = pemlastis sorbitol 3%

b. Konsentrasi penstabil CMC (S) terdiri dari tiga taraf yaitu :

s1 = penstabil CMC 1%

s2 = penstabil CMC 2%

s3 = penstabil CMC 3%

#### 3.2.2.2 Rancangan Percobaan

Model rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan pola faktorial 3 x 3 dimana masing-masing rancangan terdiri dari 3 (tiga) faktor dengan 3 (tiga) kali ulangan, sehingga didapatkan 27 satuan percobaan (Gaspersz, 1995).

Model percobaan yang digunakan untuk interaksi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

|  |
| --- |
| **Yijk = µ + Pi + Cj +(PC)ij + €ijk** |

Keterangan :

|  |  |
| --- | --- |
| Yijk | : nilai pengamatan dari kelompok ke-k, yang memperoleh taraf ke-i dari faktor konsentrasi pemlastis sorbitol, taraf ke-j dari faktor konsentrasi penstabil CMC |
| µ | : nilai rata-rata sesungguhnya |
| Pi | : pengaruh perlakuan taraf ke-i dari faktor konsentrasi pemlastis sorbitol (P) |
| Sj | : pengaruh perlakuan taraf ke-j dari faktor konsentrasi penstabil CMC (S) |
| (PS)ij  i  j  k | : pengaruh interaksi antara taraf ke-i dan taraf ke-j  : 1,2,3 (banyaknya variasi konsentrasi pemlastis (p1, p2, p3).  : 1,2,3 (banyaknya variasi konsentrasi CMC (s1, s2, s3).  : 1,2,3 (banyaknya ulangan) |
| €ijk | : pengaruh galat karena kombinasi perlakuan ij |

Berdasarkan rancangan diatas dapat dibuat denah (layout) percobaan faktorial 3x3 yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rancangan Acak Kelompok Dengan Design Faktorial 3 x 3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Konsentrasi  Pemlastis Sorbitol (P) | Konsentrasi Penstabil  CMC (S) | Kelompok | | |
| 1 | 2 | 3 |
| 1% (p1) | 1% (s1) | p1s1 | p1s1 | p1s1 |
| 2% (s2) | p1s2 | p1s2 | p1s2 |
| 3% (s3) | p1s3 | p1s3 | p1s3 |
| 2% (p2) | 1% (s1) | p2s1 | p2s1 | p2s1 |
| 2% (s2) | p2s2 | p2s2 | p2s2 |
| 3% (s3) | p2s3 | p2s3 | p2s3 |
| 3% (p3) | 1% (s1) | p3s1 | p3s1 | p3s1 |
| 2% (s2) | p3s2 | p3s2 | p3s2 |
| 3% (s3) | p3s3 | p3s3 | p3s3 |

Tabel 3. Denah (Layout) Rancangan Acak Kelompok (RAK) 3 x 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Kelompok I | | | | | | | | |
| 1  p2s3 | 2  p1s1 | 3  p2s1 | 4  p3s1 | 5  p2s2 | 6  p1s2 | 7  p3s3 | 8  p3s2 | 9  p1s3 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Kelompok II | | | | | | | | |
| 10  p3s1 | 11  p2s2 | 12  p1s3 | 13  p1s2 | 14  p3s2 | 15  p1s1 | 16  p2s3 | 17  p2s1 | 18  p3s3 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Kelompok III | | | | | | | | |
| 19  p3s2 | 20  p1s2 | 21  p2s2 | 22  p1s1 | 23  p3s1 | 24  p3s3 | 25  p1s3 | 26  p2s3 | 27  p2s1 |

Sumber : (Gasperz, 1995)

#### 3.2.2.3 Rancangan Analisis

Rancangan analisis dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan yang dicobakan terhadap respon yang diteliti, yang disusun pada tabel Analisis Variasi (ANAVA) untuk mendapatkan kesimpulan mengenai pengaruh perlakuan.

Berdasarkan rancangan di atas dapat dibuat analisa variasi (ANAVA) yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisis sidik Ragam (ANAVA)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sumber Keragaman** | **Derajat**  **Bebas**  **(DB)** | **Jumlah**  **Kuadrat**  **(JK)** | **Kuadrat**  **Tengah**  **(KT)** | **Fhitung** | **Ftabel 5%** |
| Kelompok | r - 1 | JKK | JKK/(r-1) | - | - |
| Perlakuan | pc - 1 | JKP |  |  | - |
| P | p - 1 | JK(P) | KT(P) | KT(P)/KTG | - |
| S | s - 1 | JK(S) | KT(S) | KT(S)/KTG | - |
| Interaksi (PxS) | (p-1)(s-1) | JK(PxS) | KT(PxS) | KT(PxS)/KTG | - |
| Galat | (ps)(r-1) | JKG | KTG |
| Total | Psr-1 | JKT |

Sumber : Gasperz, 1995

Kesimpulan dari hipotesis di atas adalah hipotesis diterima jika ada pengaruh nyata antara rata-rata dari masing-masing perlakuan atau disebut berbeda nyata. Hipotesis ditolak jika tidak ada pengaruh dari masing-masing perlakuan (Gasperz, 1995).

Selanjutnya ditentukan daerah penolakan hipotesisnya yaitu:

1. H0 diterima (H1 ditolak) jika F hitung kurang dari F tabel (Fhitung < Ftabel)
2. H0 ditolak (H1 diterima) jika F hitung lebih besar atau sama dengan F tabel (Fhitung ≥ Ftabel).

Analisis lanjutan dilanjutkan apabila terdapat pengaruh nyata antara rata-rata dari masing-masing perlakuan (Fhitung > Ftabel) dengan menggunakan uji Duncan untuk mengetahui kelompok sampel yang memiliki perbedaan yang mencolok (Gaspersz, 1995).

#### 3.2.2.4 Rancangan Respon

Rancangan respom yang dilakukan pada penelitian ini adalah :

1. Respon kimia

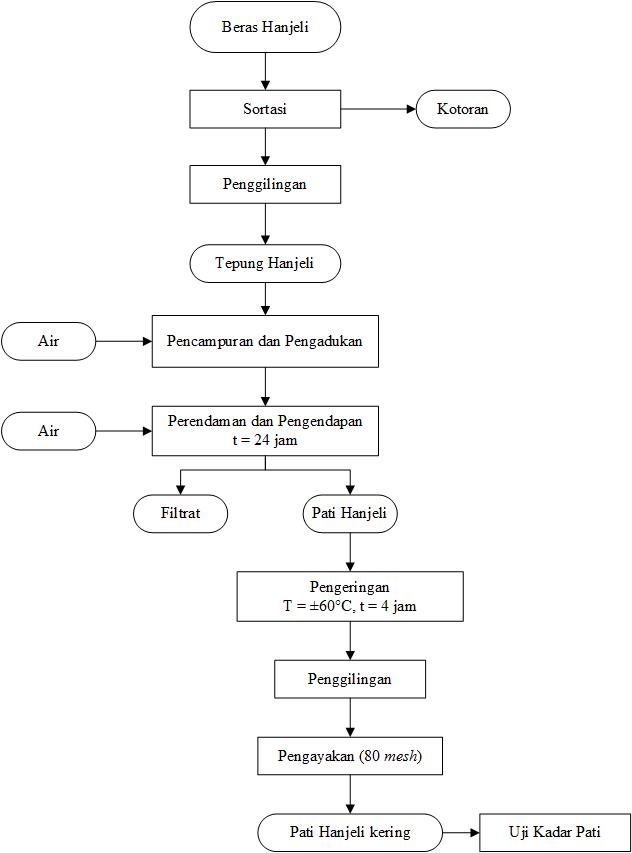
Respon kimia yang dilakukan pada penelitian pendahuluan pembuatan pati hanjeli adalah uji kadar pati. Berdasarkan gula reduksi yang bereaksi dengan Cu2+ berlebih membentuk endapan Cu2O pada pemanasan dalam waktu tertentu, kelebihan Cu2+ direaksikan dengan KI dalam suasana asam, I2 yang terbentuk dititrasi dengan menggunakan larutan kanji.

Respon kimia yang dilakukan pada penelitian utama pembuatan *edible film* pati hanjeli adalah penentuan kadar air dengan menggunakan metoda gravimetri. Berdasarkan penguapan yang ada dalam bahan dengan pemanasan menggunakan oven, kemudian ditimbang sampai berat konstan. Pengurangan bobot merupakan kandungan air yang terdapat dalam bahan (Sudarmaji dkk, 1996).

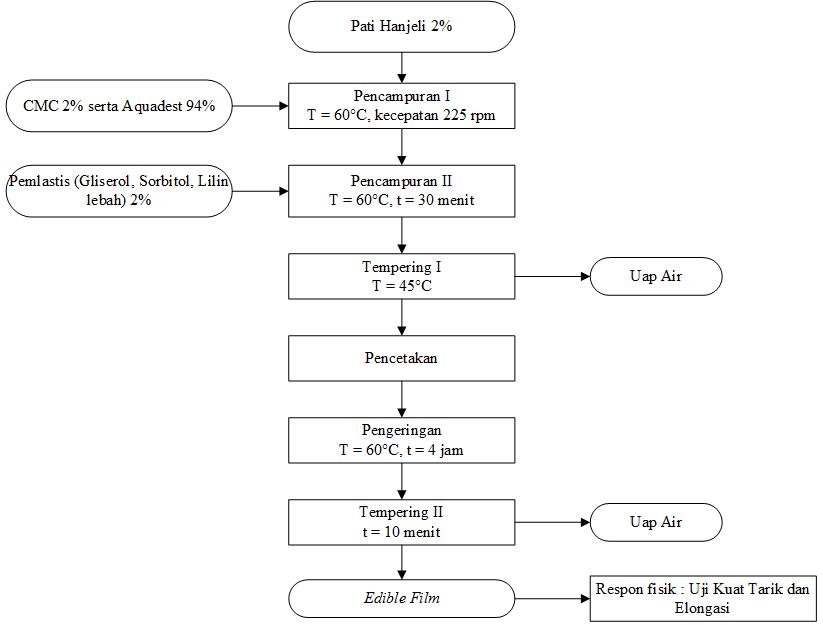
1. Respon fisik

Respon fisik yang dilakukan pada pembuatan *edible film* pati hanjeli yaitu analisis kecepatan larut yang dilakukan terhadap sampel terpilih *edible film* pati hanjeli dengan cara sampel 3 x 4 cm dimasukan kedalam air sebanyak 50 ml yang suhunya 80°C dan pH 7, kemudian dihitung berapa lama sampel hingga larut (Herbert, 1994).

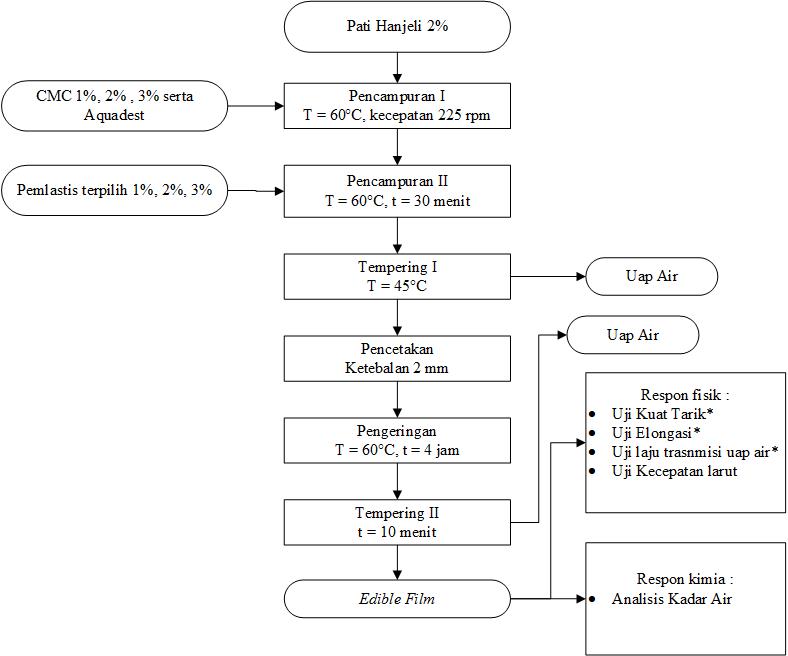
Pengujian kuat tarik dan persen elongasi dengan metode ASTM D638M, serta laju transmisi uap air dengan metode ASTM D1653-93 yang cara pengujiannya dapat dilihat pada lampiran. Pengujian ini dilakukan pada sampel terpilih *edible film* pati hanjeli.



Gambar 6. Diagram Alir Pembuatan Pati Hanjeli



Gambar 7. Diagram Alir Pembuatan Edible Film Pati Hanjeli Pada Penelitian Pendahuluan



Gambar 8. Diagram Alir Pembuatan Edible Film Pati Hanjeli Pada Penelitian Utama

## 3.3 Prosedur Penelitian

### 3.3.1 Pembuatan Pati Hanjeli

1. Persiapan Bahan Baku

Beras hanjeli yang akan digunakan terlebih dahulu diambil patinya dan disiapkan sebagai bahan baku dari *edible film* pati hanjeli. Tujuan dari persiapan bahan baku ini adalah untuk mempersiapkan banyaknya kuantitas dan seberapa baik kualitas bahan yang dikehendaki untuk mencapai kuantitas dan kualitas yang diinginkan. Persiapan bahan baku disini menggunakan beberapa alat seperti : timbangan dan wadah penampung.

1. Sortasi

Beras hanjeli yang akan digunakan terlebih dahulu dipisahkan dari kotoran dengan cara pengayakan. Sortasi bertujuan untuk menghilangkan bagian yang tidak digunakan untuk proses selanjutnya agar tidak mengganggu proses pembuatan *edible film*.

1. Penggilingan

Beras hanjeli yang telah terpisah dari kotoran kemudian dilakukan penggilingan yang bertujuan untuk memperkecil partikel hanjeli sehingga diperoleh bentuk tepung. Penggilingan beras hanjeli menggunakan alat *chopper* hingga halus.

1. Pencampuran dan Pengadukan

Tepung hanjeli kemudian dilakukan pencampuran dengan air dan dilakukan pengadukan yang bertujuan untuk menghomogenkan larutan tepung hanjeli untuk dijadikan pati hanjeli.

1. Perendaman dan Pengendapan

Perendaman dilakukan selama satu hari satu malam (24 jam) untuk memisahkan endapan pati. Perendaman tepung hanjeli menggunakan air bersih dengan perbandingan tepung hanjeli dan air bersih sekitar 1:5.

1. Pengeringan

Tepung hanjeli yang telah direndam selama satu hari satu malam kemudian dilakukan penirisan dan dilanjutkan dengan pengeringan pati yang dihasilkan menggunakan alat cabinet dryer dengan suhu 60°C selama 4 jam.

1. Penggilingan dan Pengayakan

Pati hanjeli yang telah kering kemudian dilakukan proses penggilingan menggunakan *chopper* yang dilanjutkan dengan proses pengayakan dengan screen berukuran 80 mesh. Pengayakan bertujuan untuk memisahkan partikel pati hanjeli yang besar dengan yang lebih kecil agar mendapatkan *edible film* yang bertekstur halus.

1. Analisis

Analisis yang dilakukan untuk bahan baku pati hanjeli berupa analisis kadar pati dengan metode Luff-Schorl.

### 3.3.2 Pembuatan *Edible Film* pada Penelitian Pendahuluan

(1) Pencampuran I

Aquadest di dalam gelas kimia ditambahkan dengan penstabil (CMC) dengan konsentrasi 2%. Tujuan dari pencampuran I ini adalah untuk membentuk larutan air serta bahan penstabil menjadi larutan yang homogen dan terbentuk gel dari penstabil tersebut. Pencampuran dilakukan dengan menggunakan *magnetic stirrer* dengan suhu 60°C.

(2) Pencampuran II dan Pemasakan

Pencampuran II bertujuan untuk mencampurkan bahan hasil pencampuran sebelumnya dengan penambahan pati hanjeli dan pemplastis dengan konsentrasi 2%. Pemplastis yang ditambahkan terbagi menjadi 3 jenis plasticizer yaitu : gliserol, sorbitol, dan lilin lebah. Pemilihan pemplastis bertujuan untuk mencari pemplastis yang memiliki pengaruh terbaik untuk menghasilkan *edible film* pati hanjeli yang baik. Pencampuran dilakukan pada suhu 60°C selama 30 menit menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 225 rpm. Hasil dari pengujian akan dibedakan dengan melakukan analisis kuat tarik dan persen perpanjangan yang diukur dengan menggunakan *Universal Testing Instrument* (*Lyoid Instrument*). Penambahan jenis *plasticizer* yang salah satunya menghasilkan *edible film* yang baik akan digunakan pada penelitian utama.

(3) *Tempering* I

Larutan *edible film* kemudian dilakukan *tempering* hingga mencapai suhu sekitar ≤ 45°C yang diukur menggunakan termometer. *Tempering* bertujuan untuk menghilangkan gelembung udara yang ada pada larutan *edible film* yang dapat mengakibatkan tingginya porositas.

(4) Pencetakan

Pencetakan dilakukan pada plat kaca dengan menggunakan *spreader* dengan ketebalan 1 mm. Pada proses pencetakan larutan *edible film* harus merata pada semua bagian plat kaca agar *edible film* yang dihasilkan memiliki ketebalan yang sama sehingga kuat tarik di semua sisi memiliki nilai yang seragam.

(5) Pengeringan

Pengeringan *edible film* dilakukan dengan menggunakan alat pengering *tunnel dryer* dengan suhu 60°C selama 4 jam (Sriyantika, 2005). Pengeringan bertujuan untuk menghilangkan sebagian besar air dari *edible film* sehingga didapatkan edible film yang sesuai.

(6) *Tempering* II

*Tempering* kedua dilakukan selama 10 menit pada suhu ruang, *film* kemudian dilepaskan dari plat kaca dan disimpan dalam wadah plastik yang berisi silika gel. Penambahan silika gel pada wadah penyimpanan bertujuan untuk menyerap uap air yang mungkin ada sehingga tidak membuat *edible film* menjadi lengket.

*Edible film* yang telah terbentuk kemudian dilakukan analisis, yaitu analisis *tensile strength film* untuk mengetahui *edible film* terbaik dengan berbagai jenis *plasticizer* dan penstabil (CMC) yang dilakukan di Lembaga Ilmu Penelitian Indonesia (LIPI).

### 3.3.3 Deskripsi Pembuatan *Edible Film* Berdasarkan Konsentrasi dan Jenis Plasticizer dan CMC dalam Penelitian Utama

(1) Preparasi/Persiapan Bahan

Tahap awal pada penelitian utama meliputi persiapan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan *edible film* adalah perlakuan bahan baku pati hanjeli dan jenis pemplastis yang terpilih sebanyak 1%, 2%, dan 3%, CMC sebanyak 1%, 2%, dan 3%.

(2) Pencampuran I

Pencampuran I bertujuan untuk mencampurkan air dengan bahan penstabil (CMC) 1%, 2%, dan 3% yang kemudian diaduk hingga homogen. Pencampuran ini dilakukan di gelas kimia diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* dengan suhu 60°C dan kecepatan 225 rpm.

(3) Pencampuran II

Bahan yang ditambahkan pada pencampuran II adalah pati hanjeli serta plasticizer terpilih 1%, 2%, dan 3% disertai dengan pemasakan pada suhu 60°C selama 30 menit, sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 225 rpm hingga homogen.

(4) *Tempering* I

Larutan *edible film* kemudian dilakukan *tempering* hingga mencapai suhu sekitar ≤ 45°C yang diukur menggunakan termometer. *Tempering* bertujuan untuk menghilangkan gelembung udara yang ada pada larutan *edible film* yang dapat mengakibatkan tingginya porositas.

(5) Pencetakan

Pencetakan dilakukan pada plat kaca. Pada proses pencetakan larutan *edible film* harus merata pada semua bagian plat kaca yang dibatasi dengan pembatas seperti bingkai agar *edible film* yang dihasilkan memiliki ketebalan yang sama sehingga kuat tarik di semua sisi memiliki nilai yang seragam.

(6) Pengeringan

Pengeringan *edible film* dilakukan dengan menggunakan alat pengering *tunnel dryer* dengan suhu 60°C selama 4 jam (Sriyantika, 2005). Pengeringan bertujuan untuk menghilangkan sebagian besar air dari *edible film* sehingga didapatkan edible film yang sesuai.

(7) *Tempering* II

*Tempering* kedua dilakukan selama 10 menit pada suhu ruang, *film* kemudian dilepaskan dari plat kaca dan disimpan dalam wadah plastik yang berisi silika gel. Penambahan silika gel pada wadah penyimpanan bertujuan untuk menyerap uap air yang mungkin ada sehingga tidak membuat *edible film* menjadi lengket.

1. Analisis

*Edible film* yang telah terbentuk kemudian dilakukan analisis, yaitu meliputi analisis kelayakan secara fisik, dan kimia. Hasil dari analisis akan diambil kesimpulan formulasi terbaik yang digunakan untuk menghasilkan *edible film* dengan karakteristik fisik yang baik.

## 3.4 Jadwal Penelitian

Waktu penelitian dilakukan selama 3 bulan. Penelitian dilaksanakan di Laboraturium Penelitian Teknologi Pangan UNPAS. Lokasi laboraturium ini di jalan setiabudhi no. 193 Bandung.

# IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menjelaskan tentang : (1) Hasil Penelitian Pendahuluan,   
(2) Hasil Penelitian Utama dan (3) Produk Terpilih.

## 4.1. Hasil Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang dilakukan yaitu pembuatan pati hanjeli dari beras hanjeli, uji kadar pati serta pemilihan jenis pemlastis terbaik yang digunakan pada penelitian utama. Bahan pemlastis yang digunakan yaitu gliserol, sorbitol, dan lilin lebah dengan konsentrasi sebanyak 2% dan penambahan penstabil CMC sebanyak 2%. *Edible film* yang dihasilkan dianalisis dengan salah satu respon uji yaitu analisis kuat tarik dan persen perpanjangan (elongasi) , lalu dipilih yang terkuat untuk digunakan dalam penelitian utama.

Hasil uji kadar pati hanjeli yaitu sebesar 71,3918 % ±σ 20,229.Kadar pati yang cukup besar menunjukkan bahwa hanjeli dapat digunakan sebagai bahan baku utama dalam pembuatan *edible film*.

Senyawa pati tersusun atas dua komponen, yakni amilosa dan amilopektin. Menurut Guilbert dan Biquet (1990), kestabilan *edible film* dipengaruhi oleh amilopektin, sedangkan amilosa berpengaruh terhadap kekompakannya.

Pati dengan kadar amilosa tinggi menghasilkan *edible film* yang lentur dan kuat (Lourdin et al. dalam Thirathumthavorn and Charoenrein 2006), karena struktur amilosa memungkinkan pembentukan ikatan hidrogen antar molekul glukosa penyusunnya dan selama pemanasan mampu membentuk jaringan tiga dimensi yang dapat memerangkap air sehingga menghasilkan gel yang kuat (Meyer, dalam Purwitasari 2001).

*Edible film* yang dibuat dari hidrokoloid seperti pati memiliki beberapa kelebihan, diantaranya baik untuk melindungi produk terhadap oksigen, karbondioksida dan lipid, serta memiliki sifat mekanis sesuai dengan yang diinginkan. Sedangkan kekurangannya yaitu *film* dari pati kurang baik dalam hal *barrier* terhadap migrasi uap air (Doonhowe dan Fennema, 1994).

Tabel 5. Hasil Analisis Uji Kuat Tarik dan Persen Perpanjangan (Elongasi)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Campuran** | **Elongasi (%)** | **±σ** | **Kuat tarik (MPa)** | **±σ** |
| Aquades + Pati Hanjeli + CMC + Gliserol | - | - | - | - |
| Aquades + Pati Hanjeli + CMC + Sorbitol | 110,2 | 52,18448 | 7,8388 | 146,6972 |
| Aquades+ Pati Hanjeli + CMC + Lilin lebah | 36,4 | 215,30 |

Data pada Tabel 5 menunjukkan bahwa campuran pati hanjeli dan pemlastis sorbitol memiliki nilai persen elongasi terbesar yaitu 110,2 % sedangkan nilai kuat tariknya sebesar 7,8388 MPa, sehingga penggunaan sorbitol dipilih sebagai bahan pemlastis untuk perlakuan pada penelitian utama.

Pemlastis merupakan bahan yang ditambahkan ke dalam suatu bahan pembentuk *film* untuk meningkatkan fleksibilitasnya, karena dapat menurunkan gaya intermolekuler sepanjang rantai polimernya, sehingga *film* akan lentur ketika dibengkokkan (Garcia et al. dalam Rodriguez et al. 2006). Menurut Damat (2008), karakteristik fisik *edible film* dipengaruhi oleh jenis bahan serta jenis dan konsentrasi pemlastis.

Pemlastis yang ditambahkan mampu mengurangi kerapuhan dan meningkatkan fleksibilitas *film* polimer dengan cara mengganggu ikatan hidrogen antara molekul polimer yang berdekatan sehingga kekuatan tarik-menarik intermolekul rantai polimer menjadi berkurang. Mekanisme proses pemplastis polimer sebagai akibat penambahan pemlastis berdasarkan Di Gioia dan Guilbert (1999), yaitu melalui adsorbsi, pemecahan, difusi, pemutusan pada bagian amorf, dan pemotongan struktur.

Jenis pemlastis yang digunakan dalam pembuatan *edible film* pati hanjeli adalah gliserol, sorbitol, dan lilin lebah. Penggunaan jenis pemlastis gliserol menghasilkan *edible film* yang terlalu lengket menempel pada plat kaca yang dilapisi plastik tahan panas sehingga sulit untuk dilepaskan dan tidak dapat diuji kuat tarik serta persen pemanjangan, hal ini disebabkan oleh perbedaan karakteristik bahan atau pati yang digunakan sehingga gliserol yang memiliki berat molekul rendah tidak dapat membentuk film dengan baik dan tekstur yang dihasilkan terlalu lengket. Sedangkan penggunaan pemlastis lilin lebah (*beeswax*) menghasilkan *edible film* yang mudah rapuh dengan hasil uji kuat tarik sebesar 215,30 MPa serta persen pemanjangan yang sangat rendah yaitu 36,4%, hal ini dikarenakan lilin lebah dapat membentuk kristal orthorombik yang menyebabkan film menjadi keruh (opak) dan lebih rapuh sehingga persen pemanjangannya akan menurun. Penggunaan pemlastis sorbitol menghasilkan *edible film* yang elastis dan memiliki fleksibilitas yang cukup baik dengan hasil persen pemanjangan terbesar yaitu 110,2% serta kuat tarik sebesar 7,8388 MPa. Sehingga sorbitol dipilih sebagai pemlastis yang akan digunakan pada penelitian utama.

Penambahan sorbitol sebagai pemlastis dalam pembentukan *edible film* dapat mengurangi permeabilitas *film* terhadap oksigen, hal ini juga mampu mengurangi kegetasan *film* sehingga kuat renggang putus dari *film* tersebut meningkat.

Secara umum, dengan penambahan sorbitol sebagai pemlastis, molekul-molekul pemlastis di dalam larutan tersebut terletak diantara rantai ikatan biopolimer dan dapat berinteraksi dengan membentuk ikatan hidrogen dalam rantai ikatan antar polimer sehingga menyebabkan interaksi antara molekul biopolimer menjadi semakin berkurang. Hal ini menyebabkan berkurangnya kuat tarik film dengan adanya penambahan bahan tambahan (pemlastis). Dalam hal persen pemanjangan sorbitol dapat meningkatkan fleksibilitas *edible film* menjadi 11 kali lipat apabila dibandingkan *edible film* pati hanjeli dengan menggunakan pemlastis lainnya. Seperti halnya pengaruhnya pada sifat kuat tarik *edible film*, dengan adanya pemlastis sorbitol di dalam rantai ikatan polimer pati hanjeli menyebabkan ikatan antar polimer menjadi berkurang dan membuat plastik menjadi lebih fleksibel.

## 4.2 Hasil Penelitian Utama

Penelitian utama dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi bahan pemlastis terpilih yaitu sorbitol dan konsentrasi CMC terhadap karakteristik *Edible film* pati hanjeli. Respon yang diuji pada penelitian utama adalah respon kimia yaitu analisis kadar air, respon fisik yaitu penentuan kecepatan larut. Produk yang terbaik dari hasil kedua respon akan dilakukan analisis kuat tarik dan laju transmisi uap air.

### 4.2.1 Kadar Air

Kadar air adalah presentasi kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat (*wet basis*) atau berat kering (*dry basis*). Pengaruh kadar air sangat penting dalam pembentukan daya awet dari bahan pangan, karena air dapat mempengaruhi sifat-sifat fisik atau adanya perubahan-perubahan kimia, serta terjadinya pembusukan oleh adanya aktivitas mikroorganisme (Bukle, 2009).

Kandungan air dalam bahan makanan ikut menentukan kesegaran   
dan daya tahan bahan. Untuk memperpanjang daya tahan bahan maka sebagian air dalam bahan harus dihilangkan dengan cara yang sesuai dengan jenis bahan, seperti cara pengeringan. Bahan yang mempunyai kadar air tinggi biasanya lebih cepat busuk dibandingkan dengan bahan yang berkadar air rendah, karena adanya aktivitas mikroorganisme. Batas kadar air minimum dimana mikroba masih dapat tumbuh adalah 14 - 15 % (Fardiaz, 1986).

Kadar air *edibel film* ini sangat berpengaruh terhadap daya simpan produk yang akan dikemas, karena erat kaitannya dengan aktivitas metabolisme yang terjadi selama penyimpanan. Syarief dan Halid (1993) menyatakan bahwa peranan air dalam bahan pangan merupakan salah satu faktor yang aktivitas enzim, aktivitas-aktivitas metabolisme seperti mempengaruhi mikroba dan aktivitas kimiawi yaitu terjadinya ketengikan dan reaksi-reaksi non enzimatis sehingga menimbulkan perubahan sifat-sifat organoleptik dan nilai gizinya.

Hasil perhitungan statistik menunjukkan perlakuan konsentrasi bahan pemlastis (P) dan konsentrasi CMC (S), dan interaksinya (PS) memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air *Edible film* pati hanjeli, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 6 dan data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 11.

Tabel 6. Pengaruh Interaksi Konsentrasi Pemlastis Sorbitol dan Konsentrasi CMC Terhadap Kadar Air Edible Film Pati Hanjeli

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Konsentrasi Pemlastis Sorbitol (P) | Konsentrasi Penstabil CMC (S) | | |
| s1 (1%) | s2 (2%) | s3 (3%) |
| p1  (1%) | A  11,05  a | A  11,13  a | A  11,31  b |
| p2  (2%) | B  14,32  a | B  14,54  b | B  14,96  c |
| p3  (3%) | C  17,04  a | C  17,37  b | C  17,56  c |

Keterangan :

-Setiap huruf yang berbeda menunjukan perbedaan yang nyata pada uji jarak ganda pada taraf 5%

* Huruf kecil dibaca horizontal, huruf besar dibaca vertikal

Berdasarkan Tabel 6, dapat diketahui bahwa konsentrasi pemlastis sorbitol 1% berpengaruh terhadap konsentrasi penstabil CMC 3%, konsentrasi pemlastis sorbitol 2% berpengaruh terhadap konsentrasi penstabil CMC 2% dan 3%, konsentrasi pemlastis 3% berpengaruh terhadap konsentrasi penstabil CMC 2% dan 3%.

Hasil analisis kadar air menunjukkan pada perlakuan p3c3 memiliki rata-rata kadar air terbesar yaitu 17,56% dan pada perlakuan p1c1 memiliki rata-rata kadar air terendah yaitu 11,05%

Selama proses pembuatan *edible film*, pengeringan pada suhu 60°C selama 4 jam akan menguapkan air bebas yang tidak terikat oleh sorbitol dan CMC, namun tidak semua air bebas dapat teruapkan. Konsentrasi sorbitol dan CMC yang rendah mengakibatkan jumlah air yang terikat yang t rendah, karena pada perhitungan kadar air metode gravimetri menghitung jumlah air total sehingga kadar air pada *edible film* yang terbentuk memiliki nilai kadar air yang rendah. Sedangkan, konsentrasi sorbitol dan CMC yang tinggi meningkatkan kemampuan untuk mengikat air dan meningkatkan jumlah air total sehingga kadar air pada *edible film* yang terbentuk memiliki nilai kadar air yangtinggi.

Gambar 9. Kurva Pengaruh Peningkatan Konsentrasi Sorbitol dan CMC terhadap Kadar Air Edible Film dalam Air

Melalui Gambar 6 dapat dilihat pengaruh peningkatan konsentrasi sorbitol dan CMC terhadap kadar air *edible film* yaitu semakin tinggi konsentrasi sorbitol dan CMC dapat meningkatkan kadar air film pati hanjeli.

*Plasticizers* (Sorbitol) merupakan substansi non volatil, mempunyai titik didih yang tinggi, dan jika ditambahkan ke dalam materi lain dapat mengubah sifat fisik atau sifat mekanik bahan tersebut (Krochta et al., 1994).

Sorbitol merupakan molekul hidrofilik dan bersifat humektan yang memiliki kemampuan untuk mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intramolekular melalui gugus hidroksilnya sehingga kadar air film menjadi meningkat.

Turunan selulosa yang dikenal dengan *carboxylmetyl cellulose* (CMC) sering dipakai dalam industri makanan untuk mendapatkan tekstur yang baik. Misalnya pada pembuatan es krim. Pemakaian CMC akan memperbaiki tekstur dan kristal laktosa yang terbentuk akan lebih halus. CMC juga sering dipakai dalam bahan makanan untuk mencegah terjadinya retrogradasi. CMC memiliki gugus karboksil, maka viskositasnya dipengaruhi oleh pH larutan, pH optimum adalah 5 dan apabila pH terlalu rendah (<3) maka CMC akan mengendap (Winarno, 2002).

CMC merupakan zat yang dapat mengikat air. Berdasarkan penelitian (Netty, 2010 dalam Putri, 2015) banyaknya air yang diserap bergantung pada kadar CMC dalam sampel. Semakin besar kadar CMC, jumlah air yang terserap semakin banyak.

Pengukuran kadar air dengan metode gravimetri akan menguapkan jumlah air total dalam bahan tanpa memperlihatkan kondisi atau derajat keterikatan air, sehingga selain air bebas yang tersisa selama pengeringan, air terikat oleh Sorbitol dan CMC juga akan teruapkan dan terukur sebagai kadar air *edible film* (Riyo, 2011).

Kadar air yang terkandung pada *edible film* diharapkan serendah mungkin untuk mencegah meningkatnya kadar air bahan pangan yang akan dikemas oleh *edible film* pati hanjeli karena adanya migrasi kandungan air dalam *edible film* ke dalam bahan pangan (Putri, 2015).

### 4.2.3 Kecepatan Larut

*Edible film* merupakan suatu lapisan yang dapat dimakan, sehingga salah satu syarat *Edible film* adalah memiliki nilai kelarutan yang rendah sehingga memberikan kesan larut dalam mulut.

Kelarutan dalam air yaitu untuk memprediksi kestabilan *edible film* terhadap pengaruh air. Hasil analisis menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan masing-masing variasi komposisi mempengaruhi sifat fisik kelarutan dalam air. Besarnya kelarutan suatu zat dalam suatu pelarut dipengaruhi oleh sifat dan intensitas kekuatan serta interaksi antara zat terlarut dan pelarutnya (Nurhayati et al., 2012).

Kelarutan *edible film* merupakan faktor yang sangat penting pada bahan pengemas. Kelarutan dipengaruhi oleh komponen hidrofilik dan hidrofobik. Komponen hidrofilik adalah komponen yang suka air atau larut dalam air, dalam penelitian ini sorbitol dan CMC adalah komponen yang mudah larut dalam air. hal ini sesuai dengan pernyataan (Nugroho, 2013).

Perhitungan statistik menunjukkan hasil perlakuan konsentrasi pemlastis sorbitol (P), konsentrasi CMC (S), dan interaksi (PS) memberikan pengaruh nyata terhadap kecepatan larut *edible film* pati hanjeli, seperti yang dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengaruh Interaksi Konsentrasi Pemplastis Sorbitol dan Konsentrasi CMC Terhadap Kecepatan Larut Edible Film Pati Hanjeli

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Konsentrasi Pemplastis Sorbitol (P) | Konsentrasi CMC (S) | | |
| s1 (1%) | s2 (2%) | s3 (3%) |
| p1  (1%) | A  181,33  a | A  152  a | A  148  b |
| p2  (2%) | B  129,33  a | B  93  b | B  73,33  c |
| p3  (3%) | C  121,33  a | C  108  b | C  97,67  c |

Keterangan :

-Setiap huruf yang berbeda menunjukan perbedaan yang nyata pada uji jarak ganda pada taraf 5%

* Huruf kecil dibaca horizontal, huruf besar dibaca vertikal

Berdasarkan Tabel 7, dapat diketahui bahwa konsentrasi pemlastis sorbitol 1% berpengaruh terhadap konsentrasi penstabil CMC 3%, konsentrasi pemlastis sorbitol 2% berpengaruh terhadap konsentrasi penstabil CMC 2% dan 3%, konsentrasi pemlastis 3% berpengaruh terhadap konsentrasi penstabil CMC 2% dan 3%.

Hasil analisis kecepatan larut, pada perlakuan p2c3 memberikan hasil terbaik dengan rata-rata kecepatan larut paling cepat yaitu sebesar 73,33 detik, sedangkan kecepatan larut paling lama yaitu perlakuan p1c1 dengan nilai rata-rata kecepatan larut 181,33 detik.

Gambar 10. Kurva Pengaruh Peningkatan Konsentrasi Sorbitol dan CMC terhadap Waktu Kecepatan Larut Edible Film dalam Air ( suhu air = 80°C, kecepatan pengadukan 4 rpm )

Melalui Gambar 7 dapat dilihat pengaruh peningkatan konsentrasi sorbitol dan CMC terhadap waktu kelarutan *edible film* yaitu semakin tinggi konsentrasi sorbitol dan CMC maka waktu kelarutan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena sorbitol memiliki sifat hidrofilik (mudah larut dalam air), sehingga penambahan sorbitol mampu meningkatkan kelarutan film. Sementara itu, pengaruh konsentrasi CMC yang ditambahkan menyebabkan air yang terserap dan terikat lebih banyak, yang diakibatkan karena CMC bersifat higrokopis sehingga *edible film* yang terbentuk akan lebih mudah larut di dalam air.

Menurut (Thirathumthavorn dan Charoenrein, 2006 dalam Nurhayati et al., 2012), menurunnya daya larut juga disebabkan karena amilosa dengan gugus subtituen membentuk ikatan yang sangat kuat sehingga menyebabkan terjadi pemerangkapan molekul air di dalam molekul pati, yang mengakibatkan *swelling power* meningkat dan mencegah molekul amilosa untuk terlarut dalam sistem yang menyebabkan daya larut pati menurun.

Menurut Bourtoom (2007), jenis dan konsentrasi dari pemlastis yang digunakan akan memberikan pengaruh terhadap kelarutan dari film berbahan dasar pati.

Semakin banyak penggunaan pemlastis maka akan meningkatkan kecepatan larut. Namun dengan penambahan sorbitol mampu menurunkan gaya intermolekuler pada *edible film* sehingga nilai kelarutannya rendah. Sorbitol merupakan senyawa yang dapat larut sempurna dalam air sehingga semakin tinggi konsentrasi sorbitol maka semakin rendah nilai kelarutannya (Hidayati, 2015).

*Carboxy Methyl Celulosa* (CMC) merupakan salah satu penstabil yang dapat membentuk koloid dalam air. Jenis penstabil tersebut mempunyai struktur molekul yang berasal dari karbohidrat yang termasuk ke dalam hidrokoloid. Sifat koloid dari zat ini berfungsi sebagai *stabilizer* atau dapat menstabilkan suspensi. Semakin banyak konsentrasi CMC yang ditambahkan menyebabkan air yang terserap dan terikat lebih banyak, yang diakibatkan karena CMC bersifat higrokopis. Pengaruh kecepatan larutan *edible film* dapat disebabkan hal tersebut, semakin banyak CMC yang ditambahkan maka kadar air akan meningkat dan *edible film* yang terbentuk akan lebih mudah larut di dalam air (Nasution et al., 2014).

Panjang rantai hidrokarbon dari suatu senyawa sangat berpengaruh pada kelarutannya dalam air. Hal ini disebabkan oleh rantai hidrokarbon yang bersifat hidrofobik. Makin panjang rantai hidrokarbon, kelarutan dalam air akan semakin rendah. Makin panjang rantai hidrokarbon maka gugus hidroksil yang teradsorpsi dalam suatu luas permukaan membran akan menjadi lebih sedikit (Rosmawati, 2007).

Semakin tinggi kelarutan maka biodegradabilitasnya juga akan tinggi, hal ini disebabkan karena ada komponen hidrofilik didalam air dan tanah. Semakin tinggi nilai kelarutan maka kemampuan *edible film* memiliki ketahanan terhadap air semakin rendah. Nilai kelarutan yang rendah pada *edible film* sangat baik digunakan sebagai bahan pengemas (Krisna, 2011).

## 4.3 Penelitian Sampel Terpilih

### 4.3.1 Penentuan Sampel Terpilih

Hasil respon kimia yaitu kadar air, respon fisik yaitu pengujian kecepatan larut *edible film* pati hanjeli pada penelitian utama maka diperoleh perlakuan terbaik yang mengacu pada karakteristik yang diinginkan pada produk *edible film*.

Tabel 8. Pengaruh Konsentrasi Pemlastis Sorbitol dan Penstabil CMC Terhadap Kadar Air Edible Film Pati Hanjeli

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Perlakuan** | **Rata-Rata**  **(%)** | **Taraf Nyata**  **(5%)** |
| **p1c1 ( 1% dan 1%)** | 11,05 | a |
| **p1c2 (1% dan 2%)** | 11,13 | a |
| **p1c3 (1% dan 3%)** | 11,31 | b |
| **p2c1 (2% dan 1%)** | 14,32 | c |
| **p2c2 (2% dan 2%)** | 14,54 | d |
| **p2c3 (2% dan 3%)** | 14,96 | e |
| **p3c1 (3% dan 1%)** | 17,04 | f |
| **p3c2 (3% dan 2%)** | 17,37 | g |
| **p3c3 (3% dan 3%)** | 17,56 | h |

Berdasarkan Tabel 8, semakin tinggi konsentrasi pemlastis dan penstabil maka kadar air akan semakin tinggi dan pengaruh pada taraf 5% semakin berbeda nyata. Karakteristik *edible film* yang diinginkan yaitu pada perlakuan p1c1 dengan konsentrasi pemlastis sorbitol 1% dan konsentrasi penstabil CMC 1%, karena pada sampel p1c1 memiliki kadar air yang paling rendah yaitu 11,05%. Dimana dengan kadar air yang rendah maka ketahanan *edible film* untuk mengemas produk semakin baik dan dapat memperpanjang umur simpannya.

Tabel 9. Pengaruh Konsentrasi Pemlastis Sorbitol dan Penstabil CMC Terhadap Kecepatan Larut Edible Film Pati Hanjeli

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Perlakuan** | **Rata-Rata**  **(Detik)** | **Taraf Nyata**  **(5%)** |
| **p1c1 ( 1% dan 1%)** | 181,33 | g |
| **p1c2 (1% dan 2%)** | 152 | f |
| **p1c3 (1% dan 3%)** | 148 | f |
| **p2c1 (2% dan 1%)** | 129,33 | e |
| **p2c2 (2% dan 2%)** | 93 | b |
| **p2c3 (2% dan 3%)** | 73,33 | a |
| **p3c1 (3% dan 1%)** | 121,33 | d |
| **p3c2 (3% dan 2%)** | 108 | c |
| **p3c3 (3% dan 3%)** | 97,67 | b |

Berdasarkan Tabel 9, semakin tinggi konsentrasi pemlastis dan penstabil maka kecepatan larut akan semakin cepat larut dan pengaruh pada taraf 5% semakin rendah konsentrasi pemlastis dan penstabil maka semakin berbeda nyata. Karakteristik *edible film* yang diinginkan yaitu pada perlakuan p2c3 dengan konsentrasi pemlastis sorbitol 2% dan konsentrasi penstabil CMC 3%, karena pada sampel p2c3 memiliki kecepatan larut yang paling cepat yaitu 73,33 detik. Dimana dengan kecepatan larut yang semakin mudah larut maka kestabilan *edible film* untuk mengemas produk semakin baik dan dapat memudahkan untuk dikonsumsi.

Sehingga dapat disampulkan bahwa perlakuan terpilih yaitu pada kode sampel p1c1 dan p2c3 yang selanjutnya akan dilakukan uji elongasi dan kuat tarik serta uji laju transmisi uap air.

### 4.3.2 Pengujian Elongasi dan Kuat Tarik Sampel Terpilih

Persen elongasi adalah persentasi perubahan elongasi maksimal *edible film* pada saat *edible film* ditarik sampai putus (Krochta, 1994 dalam Garnida 2005).

Kekuatan tarik merupakan sifat mekanik yang menyatakan kemampuan lapisan *edible film* untuk menahan beban maksimum ketika ditekan. Kuat tarik menyatakan tekanan yang bisa ditahan oleh *edible film* sampai sobek. Pengukuran kuat tarik dilakukan bersamaan dengan pengukuran nilai pemanjangan atau persen elongasi.

Parameter tersebut dapat digunakan sebagai indikator dalam pemilihan suatu *edible film*. Kriteria *edible film* yang baik adalah memiliki kekuatan tarik dan persen elongasi yang tinggi, karena hal ini akan mempengaruhi kekuatan *edible film* terhadap kontak fisik dengan benda lain sehingga tidak mudah sobek dan bahan yang dilapisi menjadi tahan lama (Garnida, 2005).

Kuat tarik atau kuat renggang putus (*tensile strength*) merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai *film* dapat tetap bertahan sebelum putus. Pengukuran *tensile strength* untuk mengetahui besarnya gaya yang dicapai untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap satuan luas area *film* untuk merenggang atau memanjang (Krochta dan Mulder-Johnston, 1997 dalam Purwanti, 2010).

Hasil pengukuran kuat tarik dan persen elongasi pada sampel terpilih (p1c1) yaitu memiliki nilai kuat tarik 10,651 MPa dan persen elongasi 54%. Sampel terpilih (p2c3) memiliki nilai kuat tarik 4,152 MPa dan persen elongasi 40,7%.

Kuat tarik yang semakin besar menunjukkan ketahanan terhadap kerusakan akibat peregangan dan tekanan semakin besar, sehingga kualitas fisik yang dihasilkan semakin baik, hal ini sesuai dengan pernyataan Kester dan Fennema (1986), polisakarida salah satunya pati dalam formula *edible film* berfungsi sebagai pembentuk matriks dan pemberi sifat kohesi. Jenis bahan pembentuk dan sifat kohesi struktural menentukan kekuatan mekanik *edible film* (Gontard et al., 1992). Kohesi struktural yaitu kemampuan polimer untuk membentuk kuat tidaknya ikatan molekul rantai polimer. Semakin besar nilai elongasi *edible film* maka kelenturannya semakin tinggi.

Sehingga dapat ditarik kesimpulan sampel yang memiliki nilai kuat tarik serta persen elongasi terbesar yaitu sampel p1c1 dengan konsentrasi pemplastis sorbitol 1% dan konsentrasi CMC 1%.

Hasil pengukuran ini berhubungan erat dengan jumlah pemlastis yang ditambahkan pada proses pembuatan *film*. Sedangkan persentase pemanjangan merupakan representasi kuantitatif kemampuan *film* untuk meregang (Alyanak, 2004 dalam Purwanti, 2010), yaitu didefinisikan sebagai fraksi perubahan panjang bahan sebagai efek dari deformasi.

Menurut (Suyitno, 1998 dalam Yulianti, 2012), semakin tinggi nilai peregangan *edible film*, semakin baik kekuatannya dalam menahan tekanan/tarikan sehingga tidak mudah sobek.

Penambahan CMC akan membentuk ikatan hidrogen dan gaya elektrostatik yang terbentuk antara CMC dengan pati hanjeli sehingga jaringan matriks pembentuk *edible film* makin kuat dan kompak sehingga memperbesar nilai kuat tarik dan persen elongasinya, begitu pula sebaliknya *film* yang dihasilkan tanpa penambahan CMC akan bersifat rapuh, tidak kompak dan mudah sobek (Riyo, 2011).

Sorbitol sebagai pemlastis akan membuat *edible film* lebih fleksibel, elastis, dan lentur ketika dibengkokan serta menghasilkan nilai persen elongasi yang cukup tinggi, tetapi mengurangi nilai kekuatan tarik *edible film*.

Pemanfaatan pati hanjeli sebagai bahan baku dalam pembuatan *edible film* mempunyai keunggulan dibandingkan dari bahan baku yang lain. Keunggulan secara komposisi bahwa pati hanjeli tersusun dari karbohidrat terutama dengan kadar pati yang cukup tinggi sehingga akan baik untuk melindungi produk terhadap O2, CO2, dan lipid serta memiliki sifat mekanis yang sesuai. *Edible film* yang dihasilkan sudah cukup kuat dan mempunyai karakteristik yang cukup baik yang dihasilkan dari penambahan sorbitol dan CMC sebagai pemplastis, sehingga dapat diaplikasikan sebagai pengganti *film* kemasan sintetik.

### 4.3.3 Pengujian Laju Transmisi Uap Air Sampel Terpilih

Laju transmisi uap air atau *water vapor transmision rate* (WVTR) merupakan salah satu sifat yang sangat penting pada *edible film*. Laju transmisi uap air dapat digunakan untuk mengetahui nilai permeabilitas suatu bahan terhadap uap air. Permeabilitas uap air adalah ukuran suatu bahan karena dapat dilalui (ditembus atau diserapi) oleh uap air (Krochta et al., 1994).

Laju transmisi uap air yaitu besarnya laju aliran uap air melewati suatu unit area pada waktu dan kondisi tertentu. Nilai laju transmisi uap air yang baik yaitu yang memiliki nilai rendah, sehingga semakin kecil laju transmisi uap air maka semakin sedikit uap air yang dapat menembus *edible film* (Riyo, 2011).

Hasil pengujian laju transmisi uap air pada sampel terpiliih (p1c1) sebesar 121,4676 (g/m2/24h) sedangkan pada sampel terpilih (p2c3) sebesar 110,9091 (g/m2/24h). Nilai laju transmisi uap air yang terendah adalah yang terbaik yaitu pada sampel p2c3 dengan konsentrasi pemlastis sorbitol 2% dan konsentrasi CMC 3%.

Nilai permeabilitas dipengaruhi antara lain oleh sifat kimia polimer dan struktur dasar polimer. Polimer dengan polaritas tinggi (polisakarida dan protein) mampu menghasilkan nilai permeabilitas uap air yang tinggi. Hal ini disebabkan polimer mempunyai ikatan hidrogen yang besar. Sebaliknya, polimer kimia yang bersifat non polar (lipida) yang banyak mengandung gugus hidroksil mempunyai nilai permeabilitas uap air rendah, sehingga menjadi penahan air yang baik (Amna, 2012).

Film dari pati dengan penambahan sorbitol sebagai pemlastis memiliki permeabilitas yang rendah terhadap uap air dibandingkan dengan glikol, gliserol, polietilen glikol, maupun sukrosa pada konsentrasi yang sama (McHugh et. al., 1994 dikutip Bourtoom, 2007).

Garcia et al. (2000) melaporkan bahwa faktor utama penyebab tingginya nilai laju transmisi uap air *edible film* adalah komponen hidrofilik lebih tinggi dibanding komponen hidrofobik, namun peningkatan komponen hidrofobik dalam matrik *edible film* dapat menyebabkan penurunan elastisitas.

Selain komponen hidrofilik dan hidrofobik, nilai laju transmisi uap air juga dipengaruhi oleh pori-pori matrik *edible film*. Pori - pori *edible film* dipengaruhi oleh keseimbangan antara jumlah amilosa dan amilopektin dalam molekul pati yang digunakan (Harris, 2001).

CMC dan komponen polar lainnya termasuk protein, dalam mekanisme pembentukan *film* akan membentuk ikatan hidrogen dalam jumlah yang tinggi sehingga menghasilkan *film* dengan laju transmisi uap airnya tinggi (Krochta, 1992).

*Edible film* yang baik yaitu yang memiliki nilai laju transmisi uap air rendah, karena berdasarkan fungsi dari *edible film* sebagai penghambat perpindahan uap air, menghambat pertukaran gas, mencegah kehilangan aroma, mencegah perpindahan lemak, meningkatkan karakteristik fisik.

Tabel 10. Perbandingan karakteristik film pelapis pangan dengan Japanese Industrial Standard (JIS, 1975)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Karakteristik Film | *Edible Film* Pati Hanjeli  (Sorbitol 1% + CMC 1%) | *Edible Film* Pati Hanjeli  (Sorbitol 2% + CMC 3%) | *Japanese Industrial Standard*  *(1975)* |
| Ketebalan (mm) | 0.0938 | 0,0970 | Maks 0,25 |
| Kuat tarik (kgf/cm) | 108.609974 | 42.342696 | Min 40 |
| Pemanjangan (%) | 54% | 40,7% | Min 70 |
| Transmisi uap air (g/m2.24h) | 121,4676 | 110,9091 | Maks 10 |

Berdasarkan hasil perbandingan karakteristik film pelapis pangan pada Tabel 9 menunjukkan bahwa karakteristik ketebalan dan kuat tarik telah memenuhi *Japanese Industrial Standard*. Sedangkan karakteristik persen pemanjangan dan transmisi uap air belum memenuhi *Japanese Industrial Standard.* Oleh sebab itu, film pelapis pangan yang dihasilkan masih harus diperbaiki. Ada beberapa hal yang dapat dilakukan untuk meningkatkan persen pemanjangan film. Pertama, penambahan konsentrasi senyawa yang bersifat pemlastis pada matrik film dalam hal ini adalah penggunaan sorbitol dan kedua, penambahan senyawa yang bersifat hidrofobik. Senyawa pemlastis bersifat untuk meningkatkan elastisitas film sehingga apabila konsentrasi tinggi maka sifat film khususnya kuat tarik akan turun sedangkan sifat hidrofobik akan menurunkan laju transmisi uap air dan kuat tarik. Nilai laju transmisi uap air dan kuat tarik yang tinggi pada film disebabkan oleh CMC yang merupakan senyawa hidrofilik karena cenderung banyak menyerap uap air.

# V. KESIMPULAN DAN SARAN

## 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Konsentrasi Pemlastis Sorbitol berpengaruh nyata terhadap kadar air dan kecepatan larut *edible film* pati hanjeli.
2. Konsentrasi Penstabil CMC berpengaruh nyata terhadap kadar air dan kecepatan larut *edible film* pati hanjeli.
3. Konsentrasi sorbitol sebagai pemlastis dan konsentrasi CMC sebagai penstabil berpengaruh terhadap karakteristik *edible film* pati hanjeli dan terjadi interaksi pada kadar air dan kecepatan larut *edible film* pati hanjeli.
4. Pada Penelitian Pendahuluan diperoleh hasil uji kadar pati hanjeli yaitu sebesar 71,3918% dan pemlastis sorbitol memiliki nilai persen elongasi terbesar yaitu 110,2% sedangkan nilai kuat tariknya sebesar 7,8388 MPa, sehingga penggunaan pemlastis sorbitol dipilih sebagai bahan pemlastis untuk perlakuan pada penelitian utama.
5. Perlakuan terpilih dari penelitian utama adalah perlakuan p1s1 dan p2s3 dengan konsentrasi sorbitol 1% dan konsentrasi CMC 1%, p2s3 dengan konsentrasi sorbitol 2% dan konsentrasi CMC 3%.
6. Hasil analisis mekanik sampel terpilih p1s1 memiliki nilai kuat tarik 10,651 MPa, persen elongasi sebesar 54% dan laju transmisi uap air sebesar 121,4676 (g/m2/24h), p2s3 memiliki nilai kuat tarik 4,152 MPa, persen elongasi sebesar 40,7% dan laju transmisi uap air sebesar 110,9091 (g/m2/24h).

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap penelitian yang telah dilakukan, saran-saran yang dapat diberikan adalah :

1. Perlu dilakukan pengkajian lanjutan mengenai penggunaan hanjeli serta konsentrasi pati hanjeli tersebut sebagai bahan baku utama dalam pembuatan *edible film*.
2. Perlu ditambahkan senyawa yang bersifat hidrofobik untuk menurunkan nilai laju transmisi uap air sehingga semakin kecil laju transmisi uap air maka semakin sedikit uap air yang dapat menembus *edible film*.
3. Perlu dilakukan pengujian transmisi gas seperti O2 dan CO2 untuk mengetahui ketahanan *edible film* dari transmisi gas serta dilakukan analisis permeabilitasnya.
4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai jenis makanan yang cocok untuk dikemas dengan *Edible film* pati hanjeli
5. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai aplikasi penggunaan *Edible film* pati hanjeli sebagai kemasan terhadap umur simpan makanan.

# DAFTAR PUSTAKA

Alam, N. Z., Rahayu, P. E., Priatmoko, S. (2013). **Karakterisasi *Edible Film* Dari Tepung Biji Nangka Dan Agar-Agar Sebagai Pembungkus Jenang.** *Indo. J. Chem. Sci*, *2*(2252), 3–7.

Arpah. (1997). **Edible Packaging**. Paper Metode Penelitian Ilmu Pangan, Bogor.

Asaf, S. K., Muljana, H. (2013). **Pengujian dan Peningkatan Produk Mie Instan Berbasis Hanjeli**. *Hibah Monodisiplin* UNPAR, (Iii).

ASTM. (1995). ASTM D638-94, ***Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, Annual Book of ASTM Standard****.* Philadelphia, American Society For Testing and Materials.

Baldwin, E.A. (1994). **Edible Coatings For Fresh Fruits And Vegetables**: **past, present and future. In Edible Coating and Films to Improve Food Quality**,pp. 25-64, Technomic Publishing Co., Lancaster, PA.

Basuki, K. E., Jariyah, Hartati, D. D. (2014). **Karakteristik *Edible Film* Dari Pati Ubi Jalar Dan Gliserol**. Jurnal *Reka Pangan*, *8*.

Bergo, P, and Sobral, P. J. A. (2007). **Effect of Plasticizer of Phsycal Properties of Pigskin Gelatin Films**. 21: 1285-1289.

Buckle, K., Edwards, R., Fleet, G., Wootton. (2009). **Ilmu Pangan**, Penerjemah Hari Purnomo dan Adiono, UI Press, Jakarta.

Bourtoom, T. (2007). **Effect of Some Process Parameters on The Properties of Edible Film Prepared From Starch**. Department of Material Product Technology, Songkhala

Central Food Technological Reseach Institute. (1977). **Successful and Storage Transportation of Perishables By Application of Wax Emulsion**, Mysore.

Cristsania. (2008). **Pengaruh Pelapisan Dengan *Edible Coating* Berbahan Baku Karagenan Terhadap Karakteristik Buah Stroberi (Fragaria nilgerrensis) Selama Penyimpanan Pada Suhu 5°C + 2°C**. *Skrips*i. Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jatinangor.

Dalimartha, S. (2008). **Atlas Tumbuhan Obat Indonesia**. Jakarta : Puspa Swara.

Damat. (2008). **Efek Jenis Dan Konsentrasi Plasticizer Terhadap Karakteristik Edible Film Dari Pati Garut Butirat**. Agritek 16(3): 333-339

Deviwings. (2008). **CMC**. http://quencawings.ac.id. Diakses : 1 April 2016.

Di Gioia, L., Guilbert, S. (1999). **Corn Protein-Based Thermoplasticresins: Effect of Some Polar and Amphiphilic Plasticizers**. *Journal Agric. Food Chem*, Vol. 47, 1254-1261.

Djatmiko. (1991). **Biopolimer Untuk Industri**. Fakultas Teknologi Pertanian Bogor, IPB. Bogor. *Artikel.*

Donhowe, I, G. O, Fennema. (1994). **Edible Films and Coatings Characteristics, Formation, Definitions, and Testing Methods**. Academic Press Inc. London French.

Galietta, Di Gioia, Guilbert, Cuq. (1998). **Mechanical and Thermomechanical Properties of Films Based on Whey Proteins as Affects by Plasticizer and Crosslinking Agents**, *Journal of Dairy Science*, 81, 3123 – 3130.

Garcia, M, A. Martino, M, N. Zaritzky, N. E. (2000). **Lipid Addition to Improve Barrier Properties of Edible Starch-Based Film and Coating**. *Journal Food Science* 65(6): 941-947.

Garnida, Y. (2005). **Pembuatan Bahan Edible Coating dari Sumber Karbohidrat, Protein dan Lipid Untuk Aplikasi Pada Buah Terolah Minimal.** *Jurnal Infomatek* Vol 8 No.4.

Gaspersz, V. (1995). **Teknik Analisis Dalam Penelitian Percobaan**. Tarsito, Bandung.

Gaudin, S., Lourdin, D., Le Botlan, D., Ilari, J. L., Colonna, P. (1999). P**lasticization and Mobility in Starch-Sorbitol Films**, *Journal of Cereal Science*, 29(3), 273-284.

Glicksman, M. (1969). **Gum Technology in The Food Industry**. Academic Press, New York.

Gontard, N., Guilbert, S., Cuq, J. (1993). **Water and Glycerol as Plasticizers Affect Mechanical and Water Vapor Barrier Properties of An Edible Wheat Gluten Film**. *Journal Food Science*. 58, 206 – 211.

Grubben, G. J. H., S. Partohardjono. (1996). **Plant Resources of South – East Asia**. Prosea. Bogor.

Guilbert., B. Biquet. (1990). **Edible Film and Coating dalam Food Packaging Technology**, Vol. 1, Multon VCH Publishing Inc.New York.

Haris, H. (2001). **Kemungkinan Penggunaan Edible Film dari Pati Tapioka untuk Pengemas Lempuk.**. Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu. *Artikel*.

Herawan, C, D., Fransiska, D, M. (2015). **Sintesis Edible Film Dari Pati Kuilt Pisang Dengan Penambahan Lilin Lebah (Beeswax).** Info Artikel. *Indo. J. Chem. Sci*, *4*(2). Retrieved from http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs

Herbert. (1994). **Teori dan Praktek Farmasi Indonesia**. Volume II, Edisi Ketiga, Penerbit UI-Press, Jakarta.

Hidayati, S. (2015). **Aplikasi Sorbitol Pada Produksi Biodegradable Film Dari Nata De Cassava**. *Jurnal Reaktor*, Vol. 15 No. 3, April 2015, Hal. 196-204

Howard, L.R., Dewi, T. (1995). **Sensory, Microbiological and Chemical Quality of Mini-Peeled Carrots as Affected by Edible Coating Treatment**. *Journal Food Science*. 60(1):142-144.

Hui, Y. H. (2006). **Handbook of Food Science, Technology, and, Engineering**.Volume I. CRC Press, USA

Huri, D., Nisa, F. C. (2014). **Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan Ekstrak Ampas Kulit Apel terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Edible Film**. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, *2*(4), 29–40.

Jangchud, Chinnan. (1999). **Peanut Protein Film as Affected by Drying Temperature and pH of Film Forming Solution**, *Journal of food Science*, 64, 153-157

Julianti, E., Nurminah, M. (2006). **Teknologi Pengemasan**. Departemen Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian.Universitas Sumatera Utara.

Kalattukudy, P.E. (1976). **Chemistry and Biochemistry of Natural Waxes** **Di dalam Gunstone**, F..D., K.H. Jhon, and B.P. Fred, (1995). **The Lipid Handbook**. Chapman and Hall, New York.

Kamal, N. (2010). **Pengaruh Bahan Aditif CMC (Carboxyl Methyl Cellulose) Terhadap Beberapa Parameter Pada Larutan Sukrosa**. *Jurnal Teknologi* Vol. I, Edisi 17, Periode Juli-Desember 2010 (78-84). ITENAS. Bandung.

Khotimah, K. (2006). **Karakterisasi Edible Film dari Pati Singkong ( Manihot utilissima Pohl)**. *Skripsi*. Jurusan Pendidikan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta.

Kurniawan, H. (2014). **Hanjeli**. fhttp://biogen.litbang.pertanian.go.id/. Diakses : 18 Februari 2016.

Krisna, D. (2011). P**engaruh Regelatinisasi Dan Modifikasi Hidrotermal Terhadap Sifat Fisik Pada Pembuatan Edible Film Dari Pati Kacang Merah (Vigna Angularis Sp.)**. *Tesis*. Magister teknik kimia. Universitas Diponegoro.

Kristanoko, H. (1996). **Pengaruh Penambahan Carboxymethylcelullose Dan Sorbitol Terhadap Karakteristik Flsik Edible Film Darl Ekstrak Protein Bungkil Kedelai**. *Artikel*. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Krochta, J. M., E. A. Baldwin, M. O. Nisperos-Carriedo. (1994). **Edible Coating and Film to Improve Food Quality**. New York: Technomic Publishing Company.

Luthana, Yissa. (2010). **Review Lengkap tentang Edible Film, Pembuatannya dari Bubuk Pektin Cincau dan Aplikasinya**, Diakses di http://yissaprayogo.wordpress.com, 8 Maret 2016.

Marpongahtun, Z, C, F. (2013). **Physical-Mechanical Properties And Microstructure Of Breadfruit Starch Edible Films With Various Plasticizer**. *EKSAKTA*, *13*.

McHugh, T. H., Krochta, J, M. (1994). **Permeability Properties of Edible Film**. Di dalam Krochta, J.M., E.A. Baldwin and M.O Nisperos Carriedo. **Edible Coating and Film to Improve Quality**. Technomic Publising Co. Inc, Pensylvenia.

Mindarwati, E. (2006). **Kajian Pembuatan Edibel Film Komposit Dari Karagenan Sebagai Pengemas Bumbu Mie Instant Rebus**. *Tesis*. Program Studi Teknologi Pasca Panen pada Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.

Murni, S. W., Pawignyo, H., Widyawati, D., Sari, N. (2013). **Pembuatan Edible Film dari Tepung Jagung ( Zea Mays L .) dan Kitosan**. *Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan*, 1–9.

Nasution, M. E. U., Hasnelly., Ina, S. N. (2014). **Pemanfaatan Whey Susu Menjadi *Edible Film* Sebagai Kemasan Dengan Pengaruh Penambahan Cmc, Gelatin Dan *Plasticizer***. *Skripsi*. Fakultas Teknik, Universitas Pasundan, Bandung

Nurmala, T. (1998). **Serealia Sumber karbohidrat Utama**. Rineka Cipta. Jakarta.

Perry, R., Clinton, C. H. (1950). **Chemical Engineers Handbook**. 7th Edition Mc Graw-Hill International Book Company.

Perry, R,H., Green, D. (1999). **Perry’s Chemical Engineer’s Handbook**.

7th ed. York : McGraw-Hill Book Company.

Prihatiningsih, N. (2000). **Pengaruh Penambahan Sorbitol dan Asam Palmitat Terhadap Ketebalan Film dan Sifat Mekanik Edible Film dari Zein**. *Artikel*. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Purwanti, A. (2010). **Analisis Kuat Tarik dan Elongasi Plastik Kitosan Terplastisasi Sorbitol**. *Jurnal Teknologi* 3(2) : 99-106. Jurusan Teknik Kimia, Institut Sains dan Teknologi AKPRIND, Yogyakarta.

Purwitasari, D. (2001). **Pembuatan Edible Film (Kajian Konsentrasi Suspensi Tapioka Dan Konsentrasi Karaginan Terhadap Sifat Fisik Edible Film)**. *Artikel*. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

Putri, K, P. (2015). **Pengaruh Perbandingan Konsentrasi Tepung Ampas Kelapa dan Pati Tapioka Terhadap Karakteristik *Edible Film* Ampas Kelapa**. Skripsi. Fakultas Teknis, Universitas Pasundan. Bandung.

Riyo, Y, P. (2011). **Pengaruh Konsentrasi CMC dan Gliserol Terhadap Karakteristik *Edible Film* Jerami Nangka**. *Skripsi*. Fakultas Teknik, Universitas Pasundan, Bandung.

Robertson, L, G. (1992). **Food Packaging Principles and Practice**. Marcel Dekker, New York.

Rodriguez M., Oses J., Ziani K., Mete J, I. (2006). **Combined Effect of Plastizers and Surfactants on the Physical Properties of Starch Based Edible Film**. *Journal Food Research International*. 39: pp 840-646.

Rosmawati, E. (2007). **Kajian Karakteristik *Edible film* Cingcau Hijau *(Cyelea Barbata L Miers)* Berdasarkan Suhu Pengeringan Dan Konsentrasi Glisero**l, *Artikel*. Fakultas teknik, Universitas Pasundan, Bandung.

Sari, T. I., Manurung, H, P., Permadi. (2008). P**embuatan Edible Film Dari Kolang Kaling**. *Jurnal* *Teknik*, *15*(4).

Sari, P. S., Septia, T. W., Dyah, H. W. (2013). **Pengaruh Penambahan Ekstrak Bawang Putih (*Allium Sativum*) Terhadap Karakterisik Edible Film Pati Ganyong (*Canna Edulis Kerr*).** *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, Vol. 2, No. 3, Halaman 82-87. http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jtki.

Setiani, W., Sudiarti, T., Rahmidar, L. (2013). **Preparasi Dan Karakterisasi Edible Film Dari Poliblend Pati Sukun-Kitosan**. *Jurnal Valensi*, *3*(2), 100–109.

Sihombing, D, T, H. (1992). **Ilmu Ternak Lebah Madu**. UGM- Press, Yogyakarta.

Sinaga, R, F., Ginting., G, M., Hasibuan, R. (2014). **Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Kekuatan Tarik Dan Pemanjangan Saat Putus Bioplastik Dari Pati Umbi Talas.** *Jurnal Teknik Kimia*, *3*(2), 19–24.

Sriyantika, T. (2005). **Pengaruh Jenis Bahan Penunjang dan Suhu Pengeringan Terhadap Karakteristik Edible Film dari Pektin Nangka (*Artocaprus heterophillus*)**. *Artikel*. Fakultas Teknik Universitas Pasundan, Bandung.

Sudarmadji, S., Haryono, H. (1996). **Prosedur Analisis untuk Bahan Makanan dan Pertanian**. PT. Liberty. Yogyakarta.

Suseno, T, I, P., Nita, F., Kusumawati, N. **Pengaruh Penggantian Sirup Glukosa Dengan Sirup Sorbitol Dan Penggantian Butter Dengan Salatrim Terhadap Sifat Fisikokimia Dan Organoleptik Kembang Gula Karamel.** *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi, Vol. 7 No. 1 April 2008*

Syarief, R., Halid, H. (1993). **Teknologi Penyimpanan Pangan**. Arcan, Jakarta.

Tasha, N. R. (2016). **Pemanfaatan Pati Sorgum (Sorghum Bicolor L.) Dengan Penambahan Gliserol Dan Bahan Penstabil CMC Terhadap Karakteristik Edible Packaging Bumbu Mie Instan.***Artikel*. Fakultas Teknik Universitas Pasundan. Bandung

Tranggono. (1989). **Bahan Tambahan Pangan (Food Additives)**. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Wahyu, M, K. (2009). **Pemanfaatan pati singkong sebagai bahan baku Edible Film**. *Karya Tulis Ilmiah*, (6).

Wijayanti, A. (2015). **Pemanfaatan Tepung Garut (Marantha Arundinaceae L ) Sebagai Bahan Pembuatan Edible Paper Dengan Penambahan Sorbitol**. Pangan Dan Agroindustri, *3*(4), 1367–1374.

Winarno, F, G. (2002). **Kimia Pangan dan Gizi**. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Yulianti, R. Erliana, G. (2012). **Perbedaan Karakteristik Fisik Edible Film dari Umbi-umbian yang Dibuat dengan Penambahan Plasticizer**. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Malang.

Zhang, Y., Han, J, H. 2006. **Mechanical and thermal Characteristics of Pea Starch Films Plasticized with Monosaccharides and Polyols**. *Journal Food Science*. 71(2): E109-118.

# LAMPIRAN

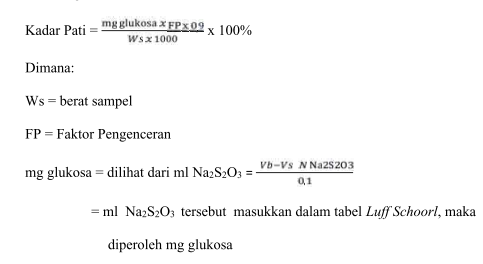
## Lampiran 1. Uji Kadar Pati Hanjeli Pada Penelitian Pendahuluan Metode Luff Schoorl (AOAC, 1997)

Prinsip :Berdasarkan gula reduksi yang bereaksi dengan Cu2+ berlebih membentuk endapan Cu2O pada pemanasan dalam waktu tertentu, kelebihan Cu2+ direaksikan dengan KI dalam suasana asam, I2 yang terbentuk dititrasi dengan menggunakan larutan kanji.

Tujuan : untuk menentukan kadar pati dalam tepung hanjeli.

Prosedur :

1. Pembuatan Larutan Luff Schoorl Sebanyak 25 g CuSO4.5H2O sejauh mungkin bebas besi, dilarutkan dalam 100 ml air, 50 g asam sitrat dilarutkan dalam 50 ml air dan 388 g soda murni (Na2CO3.10H2O) dilarutkan dalam 300-400 ml air mendidih. Larutan asam sitrat dituangkan dalam larutan soda sambil dikocok hati-hati. Selanjutnya, ditambahkan larutan CuSO4. Sesudah dingin ditambahkan air sampai 1 L. Bila terjadi kekeruhan, didiamkan kemudian disaring
2. Contoh Sampel sebanyak 1 g ditimbang dimasukkan ke dalam erlenmeyer 300 ml, dan ditambah 5 ml HCl 25 % dan 300 ml aquades, kemudian dipanaskan pada suhu 100°C selama 2,5 jam. Setelah didinginkan, ditambah indikator pp 3-5 tetes, suspensi dinetralkan dengan NaOH 30 % sampai pH 7 berwarna merah muda, kemudian di tambah larutan acetat hingga suspensi bening kembali. Pindahkan secara kuantitatif dalam labu takar 500 ml, kemudian tepatkan sampai tanda tera dengan air destilata. Larutan ini kemudian disaring kembali dengan kertas saring.
3. Analisis Contoh Sebanyak 10 ml filtrat dari persiapan contoh ditambah 10 ml larutan Luff- Schoorl dalam erlenmeyer ditambah 50 ml aquadest dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml. Dibuat pula perlakuan blanko yaitu 10 ml larutan Luff Schoorl dengan 50 ml akuades. Erlenmeyer dihubungkan dengan pendingin balik, kemudian dididihkan. Pendidihan larutan dipertahankan selama 10 menit. Selanjutnya cepat-cepat didinginkan dan hati-hati ditambah 15 ml H2SO4 26.5%, ditambah 1g KI 20% dan memakai indikator pati 1-2 ml amilum. Yodium yang dibebaskan dititrasi dengan larutan Na2S2O3 0.1 N.



Perhitungan :

## 

## Lampiran 2. Penentuan Kuat Tarik *Edible Film* Pati Hanjeli dengan Metode ASTM D638M (Gontard, 1993 dalam Murni et al., 2013).

Prosedur :

Sampel dikondisikan pada suhu 23°C dan kelembaban 50% selama lebih dari 48 jam yang dimaksudkan agar kondisi dipermukaan sampel sama dengan kondisi di dalam sampel sehingga didapat hasil penarikan yang akurat, kemudian lembaran sampel dipotong menjadi *Dumbbell* ASTM D638M-III sejumlah 8 specimen per sampel dengan arah potongan bebas. Specimen sampel diukur ketebalannya dengan menggunakan mikrometer digital sebanyak 5 titik untuk sampel ukuran besar dan 3 titik untuk sampel ukuran kecil. Specimen sampel yang telah diukur ketebalannya kemudian dijepit menggunakan flat yang berkapasitas 100 kgf, selanjutnya ditarik dengan kecepatan tarik 5 mm/menit dengan menggunakan *Universal Testing Machine Orientec* Co. Ltd, model UCT-5T. Pengujian kuat tarik dilakukan pada suhu 23°C dengan kelembaban ruang uji 50%.

Rumus :

Stress(σ) =

Dimana : σ = Kuat tarik/tensile stress (MPa)

F = Gaya/force (N)

A = Luas minimum (mm2)

 Strain (ε) =

Dimana : ε = regangan putus (%)

ľ = regangan setelah penarikan (mm)

l1= regangan sebelum penarikan (mm)

## Lampiran 3. Prosedur Analisis Kadar Air *Edible Film* Pati Hanjeli dengan Metode Gravimetri (Sudarmadji, dkk., 1996).

Prinsip :

Berdasarkan penguapan yang ada dalam bahan dengan jalan pemanasan, kemudian ditimbang sampai berat konstan. Pengurangan bobot merupakan kandungan air yang terdapat dalam bahan (Sudarmadji, dkk., 1996).

Prosedur :

Sampel ditimbang dengan teliti 1-2 gram, kemudian diletakan pada kaca arloji yang sebelumnya telah diketahui bera keringnya. Selanjutnya dimasukan kedalam oven pada suhu 100-150°C selama 3-5 jam. Setelah itu didinginkan dalam eksikator dan setelah dingin kemudian ditimbang. Sampel beserta cawan pengering dioven kembali selama 30 menit, selanjutnya didinginkan kembali dalam eksikator dan ditimbang. Perlakuan ini diulangi sampai tercapai berat konstan (Sudarmadji, dkk., 1996).

Rumus :

Dimana :

W0 = Berat kaca arloji instan

W1 = Berat sampel awal bahan basah

W2 = Berat sampel akhir bahan kering

## Lampiran 4. Analisis Kecepatan Larut (Herbert, 1994 dalam Sriyantika, 2005) *Edible Film* Pati Hanjeli

Siapkan *edible film* dengan ukuran 3 x 4 cm, kemudian sediakan air sebanyak 50 ml di dalam gelas kimia, dan edible film dimasukkan kedalam air tersebut sehingga terendam. Hitung kecepatan hingga sampel larut dengan menggunakan *stopwatch*. Kondisi suhu ditentukan yaitu 80°C dan pH 7.

## Lampiran 5. Prosedur Analisis Laju Transmisi Uap Air *Edible Film* Pati Hanjeli (Gontard, 1993 dalam Murni et al., 2013).

Alat yang digunakan untuk mengukur laju transmisi uap air pada *edible film* adalah *Gardner-Park Permeability Cup*. Sebelum diukur sampel dikondisikan dalam ruangan bersuhu 23°C dan RH 50% selama 24 jam. *Edible film* disimpan di atas cawan berisi aquadest 16 ml, lalu direkatkan dengan sekrup penutupnya.

Cawan ditimbang (ketelitian 0,1 mg) dan di letakan dalam *humidity chamber* dengan RH 50% dan suhu 23°C, ditutup dan kipas dijalankan. Cawan ditimbang setiap hari 1 kali setiap 5 hari berturut-turut. Selanjutnya dibuat grafik hubungan antara berat (mg) dengan waktu (jam).

Nilai WVTR dihitung dengan rumus :

WVTR = 4,8 x (g/m2/24 jam)

## Lampiran 6. Perhitungan dan Formulasi

1. **Menentukan Banyak Ulangan**

(r-1) (t-1) 15

Diketahui : t = jumlah perlakuan = 3 x 3 = 9 perlakuan

Ditanyakan : r = ulangan ?

Maka : (t-1) x (r-1) 15

(9-1) x (r-1) 15

8 x (r-1) 15

8r – 8 15

8r 15 + 8

r

r 2,88 3 kali ulangan

Tabel 11. Formula Penelitian Pendahuluan

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Bahan** | **Formula 1** | | **Formula 2** | | **Formula 3** | |
| **%** | **gram** | **%** | **gram** | **%** | **gram** |
| Pati Hanjeli | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| *Aquadest* | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 |
| Pemplastis   1. Gliserol 2. Sorbitol 3. Lilin Lebah | 2  -  - | 2  -  - | -  2  - | -  2  - | -  -  2 | -  -  2 |
| CMC | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| **Total** | **100** | **100** | **100** | **100** | **100** | **100** |

Contoh Perhitungan :

Basis 100 gram

1. Pati Hanjeli = 2% 🡪 = 2 gram.
2. Aquadest = 94% 🡪 = 94 gram.
3. Pemplastis = 2% 🡪 = 2 gram.
4. CMC = 2% 🡪 = 2 gram.
5. **Formula Penelitian Utama**

Tabel 12. Pada penelitian utama terdapat sembilan perlakuan :

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Perlakuan** | | **Pati Hanjeli** | **Pemplastis terpilih (Sorbitol)** | **CMC** | **Air** |
| p1c1 | gram | 2 | 1 | 1 | ad 100 |
| p1c2 | gram | 2 | 1 | 2 | ad 100 |
| p1c3 | gram | 2 | 1 | 3 | ad 100 |
| p2c1 | gram | 2 | 2 | 1 | ad 100 |
| p2c2 | gram | 2 | 2 | 2 | ad 100 |
| p2c3 | gram | 2 | 2 | 3 | ad 100 |
| p3c1 | gram | 2 | 3 | 1 | ad 100 |
| p3c2 | gram | 2 | 3 | 2 | ad 100 |
| p3c3 | gram | 2 | 3 | 3 | ad 100 |

## Lampiran 7. Hasil Uji Kadar Pati Hanjeli Pada Penelitian Pendahuluan

Tabel 13. Hasil Uji Kadar Pati

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Kode Sampel | W sampel (g) | Vol. Titrasi (ml) | ml tio 0,1 N | mg. G. invert | K. Pati (%) |
| 1. | Pati Hanjeli | 0,542 | 10,00 | 3,5595 | 8,5988 | 71,3918 |

Perhitungan :

Berat KIO3 = 0,041 g

BE KIO3 = 35,667

Vol. Na. Tio Sulfat = 11,30 ml

Normalitas Na.tio sulfat = = 0,1017 N

Berat Sampel = 0,542 g

Pengenceran = 500/10 = 50x

Vol. Titrasi blanko = 13,50 ml

Vol. Titrasi sampel = 10,00 ml

Vol. Na. Tio Sulfat 0,1 N = = 3,5595 ml

Mg gula invert = 7,20 + = 8,5988

Kadar Pati (%) = = 71,3918 %

## Lampiran 8. Hasil Analisa Uji Kuat Tarik dan Persen Elongasi Pada Penelitian Pendahuluan

Tabel 14 Hasil Analisa Uji Kuat Tarik dan Persen Elongasi Pada Penelitian Pendahuluan

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Campuran** | **Elongasi (%)** | **Kuat tarik (Mpa)** |
| Aquades + Pati Hanjeli + CMC + Gliserol | - | - |
| Aquades + Pati Hanjeli + CMC + Sorbitol | 1. 136,07 2. 86,67 3. 138,80 4. 113,53 5. 75,93 | 1. 9,9978 2. 8,5853 3. 8,5227 4. 4,9808 5. 7,1075 |
| **Rata – rata :**  **110,2** | **Rata – rata :**  **7,8388** |
| Aquades+ Pati Hanjeli + CMC + Lilin lebah | 1. 15,33 2. 47,33 3. 37,33 4. 36,00 5. 46,00 | 1. \*\*\*\* 2. 180,12 3. 161,62 4. 99,452 5. 420,00 |
| **Rata – rata :**  **0,3640** | **Rata – rata :**  **215,30** |

## Lampiran 9. Hasil Analisa Uji Kuat Tarik dan Persen Elongasi Pada Penelitian Utama

Tabel 15 Hasil Analisa Uji Kuat Tarik dan Persen Elongasi Pada Penelitian Utama

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Sampel** | **Elongasi (%)** | **Kuat tarik (Mpa)** |
| p1s1 (Sorbitol 1% + CMC 1%) | 1. 96,933 2. 46,867 3. 25,133 4. 50,600 5. 33,067 6. 71,400 | 1. 14,265 2. 10,062 3. 7,207 4. 7,805 5. 12,312 6. 12,257 |
| **Rata – rata :**  **54,00** | **Rata – rata :**  **10,651** |
| p2s3 (Sorbitol 2% + CMC 3%) | 1. 29,667 2. 39,467 3. 47,867 4. 40,600 5. 26,400 6. 60,267 | 1. 5,274 2. 5,076 3. 4,942 4. 3,654 5. 2,983 6. 2,983 |
| **Rata – rata :**  **40,711** | **Rata – rata :**  **4,152** |

## Lampiran 10. Hasil Uji Laju Transmisi Uap Air Pada Penelitian Utama

Tabel 16 Hasil Uji Laju Transmisi Uap Air

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Waktu (h) | Kode p1s1 | | Kode p2s3 | |
| Kehilangan berat | | Kehilangan berat | |
| Spc 1 | Spc 2 | Spc 1 | Spc 2 |
| 1 | 24 | 1,2052 | 1,1224 | 1,0704 | 0 |
| 2 | 49 | 2,5277 | 2,3816 | 2,3086 | 0 |
| 3 | 71 | 3,6561 | 3,4875 | 3,6100 | 0 |
| 4 | 95 | 4,8440 | 4,6666 | 4,9399 | 0 |
| 5 | 167 | 8,2329 | 7,9834 | 8,5422 | 0 |
| Tebal | Min | 0,142 | 0,182 | 0,13 | 0 |
| Max | 0,224 | 0,205 | 0,21 | 0 |
| Ave | 0,183 | 0,192 | 0,149 | 0 |
| Luas | | 33,122 | 32,949 | 33,132 | 0 |
| Berat Awal | | 0,3624 | 0,4844 | 0,6823 | 0 |
| Berat Akhir | | 0,3974 | 0,5272 | 0,7218 | 0 |
| m2 (slope) | | 0,016282 | 0,017155 | 0,015311 | 0 |
| R (linearity) | | 0,99993 | 0,99996 | 0,99997 | 0 |
| WVT (g/m2/24h) | | **117,9784** | **124,9568** | **110,9091** | 0 |

## Lampiran 11. Hasil Pengujian Kadar Air *Edible Film* Pati Hanjeli pada Penelitian Utama

Data Kadar Air *Edible Film* Pati Hanjeli

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Konsentrasi**  **Pemplastis Sorbitol**  **(P)** | **Konsentrasi CMC (S)** | | | **Jumlah** | **Rata-rata** |
|  | **s1** | **s2** | **s3** |  |  |
| p1 | 10,08 | 10,14 | 10,32 | 30,54 | 10,18 |
|  | 12,05 | 12,13 | 12,3 | 36,48 | 12,16 |
|  | 11,04 | 11,12 | 11,31 | 33,47 | 11,15 |
| **Jumlah** | **33,17** | **33,39** | **33,93** | **100,49** | **33,49** |
| **Rata-rata** | **11,05** | **11,13** | **11,31** | **33,49** | **11,16** |
| p2 | 13,31 | 13,53 | 13,94 | 40,78 | 13,59 |
|  | 15,33 | 15,56 | 15,98 | 46,87 | 15,62 |
|  | 14,34 | 14,54 | 14,97 | 43,85 | 14,61 |
| **Jumlah** | **42,98** | **43,63** | **44,89** | **131,5** | **43,83** |
| **Rata-rata** | **14,32** | **14,54** | **14,96** | **43,83** | **14,61** |
| p3 | 16 | 16,33 | 16,54 | 48,87 | 16,29 |
|  | 18,04 | 18,36 | 18,58 | 54,98 | 18,32 |
|  | 17,08 | 17,42 | 17,57 | 52,07 | 17,35 |
| **Jumlah** | **51,12** | **52,11** | **52,69** | **155,92** | **51,97** |
| **Rata-rata** | **17,04** | **17,37** | **17,56** | **51,97** | **17,32** |
| **Jumlah** | **127,27** | **129,13** | **131,51** | **387,91** | **129,30** |
| **Rata-rata** | **14,14** | **14,34** | **14,61** | **43,10** | **14,36** |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Konsentrasi Pemplastis (P) | Konsentrasi CMC (S) | Kelompok | | | Grand Total |
|  |  | 1 | 2 | 3 |
| p1 | s1 | 10,08 | 12,05 | 11,04 | 33,17 |
|  | s2 | 10,14 | 12,13 | 11,12 | 33,39 |
|  | s3 | 10,32 | 12,3 | 11,31 | 33,93 |
| p2 | s1 | 13,31 | 15,33 | 14,34 | 42,98 |
|  | s2 | 13,53 | 15,56 | 14,54 | 43,63 |
|  | s3 | 13,94 | 15,98 | 14,97 | 44,89 |
| p3 | s1 | 16 | 18,04 | 17,08 | 51,12 |
|  | s2 | 16,33 | 18,36 | 17,42 | 52,11 |
|  | s3 | 16,54 | 18,58 | 17,57 | 52,69 |
| **Grand Total** | **ƩK** | **120,19** | **138,33** | **129,39** | **387,91** |

Perhitungan Anava

FK = total jendral2

r x t

FK = 387,912

3 x 9

**FK = 5573,11**

JKT = ∑(total pengamatan)2 - FK

JKT = {(10,082+10,142+10,322+........+17,572)} - 5573,11

**JKT = 190,94**

JKK = ∑( (total kelompok)2

- FK

∑(Sampel

JKK = {(120,19)2+(138,33)2+(129,39)2}

- 5573,11

9

**JKK = 18,28**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Konsentrasi Pemplastis (P) | Konsentrasi CMC (S) | | | ∑A =Yi |
| 1 | 2 | 3 |  |
| 1 | 33,17 | 33,39 | 33,93 | 100,49 |
| 2 | 42,98 | 43,63 | 44,89 | 131,5 |
| 3 | 51,12 | 52,11 | 52,69 | 155,92 |
| ∑(B = Yj | 127,27 | 129,13 | 131,51 | 387,91 |

JK(P) = (∑(p1)2 + (∑(p2)2 +(∑(p3)2

- FK

r x g

JK(P) = (100,49) 2 + (131,5) 2 + (155,92) 2

- 4883,83

3 x 3

**JK(P) = 171,50**

JK(S) = (127,27) 2 + (129,13) 2 + (131,51) 2

- 4883,83

3 x 3

**JK(S) = 1,003**

JK(PS) = ∑( (total interaksi faktor P dan faktor S)2

–FK – JK(P) – JK(S)

r

JK(PS) = (33,17) 2 + (42,89) 2 + (51,12)2 + .............(52,69) 2

- 4883,83

3

**JK(PS) = 0,14**

JKG = JKT – JKK – JK(P) – JK(C) – JK(PS)

JKG = 190,94 – 18,28 – 171,50 – 1,003 – 0,14

**JKG = 0,017**

**Tabel 17. ANAVA Hasil Analisis Kadar Air Edible Film Pati Hanjeli**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Sumber Variasi | Derajat bebas  (db) | Jumlah Kuadrat  (jk) | Kuadrat Tengah  (KT) | F-Hitung | F 0.05 |
|
| Kelompok (r) | r-1 = 3-1 = 2 | 18,28 | 9,14 |  |  |
| Perlakuan |  | | | | |
| Konsentrasi Pemplastis (P) | P-1 = 3-1 = 2 | 171,50 | 85,75 | 152568,08\* | 3,63 |
| Konsentrasi CMC (S) | S-1 = 3-1 = 2 | 1,003 | 0,50 | 892,97\* | 3,63 |
| Interaksi PS | (P-1) (S-1) = 4 | 0,14 | 0,035 | 70\* | 3,01 |
| Galat | T-r-P-S-PS = 16 | 0,017 | 0,0005 |
| Total | PSr-1 = 26 |  |

**\*) Berbeda Nyata**

**Kesimpulan :**

Berdasarkan tabel analisis variasi (ANAVA) dapat diketahui bahwa konsentrasi pemlastis sorbitol, konsentrasi CMC dan interaksi diantara keduanya berpengaruh terhadap kadar air *Edible film* pati hanjeli. Perlakuan spesifik yang mempengaruhi kadar air *Edible film* pati hanjeli dapat diketahui dengan menggunakan uji lanjut duncan.

**Uji Lanjut Duncan**

1. Uji lanjut duncan untuk faktor P dan S

SY = = = 0,04

LSR 5% = SY x SSR 5%

LSR2 = 0,04 x 3,00 = 0,12

LSR3 = 0,04 x 3,15 = 0,126

Tabel 18 Uji lanjut duncan untuk Faktor P (Konsentrasi Pemplastis Sorbitol) Terhadap Kadar Air Edible Film Pati Hanjeli

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | Kode Sampel | Nilai Rata-rata | Perlakuan | | | Taraf Nyata 5% |
| 2 | 3 | 1 |
|  |  | P1 | 33,49 | 0 |  |  | a |
| 3 | 0,12 | P2 | 43,83 | 10,34\* | 0 |  | b |
| 3,15 | 0,126 | P3 | 51,97 | 18,48\* | 8,14\* | 0 | c |

\*) Berbeda nyata

Tabel 19 Uji lanjut duncan untuk Faktor S (Konsentrasi CMC) Terhadap Kadar Air Edible Film Pati Hanjeli

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | Kode Sampel | Nilai Rata-rata | Perlakuan | | | Taraf Nyata 5% | |
| 3 | 2 | 1 |
|  |  | S1 | 14,14 | 0 |  |  |  | a |
| 3 | 0,12 | S2 | 14,34 | 0,2\* | 0 |  |  | b |
| 3,15 | 0,126 | S3 | 14,61 | 0,47\* | 0,27\* | 0 |  | c |

\*) Berbeda nyata

1. Uji lanjut duncan untuk Interaksi Faktor P dan S

SY = = = 0,04

LSR2 = 0,04 x 3,00 = 0,12

LSR3 = 0,04 x 3,15 = 0,126

LSR4 = 0,04 x 3,23 = 0,129

LSR5 = 0,04 x 3,30 = 0,132

LSR6 = 0,04 x 3,34 = 0,133

LSR7 = 0,04 x 3,37 = 0,134

LSR8 = 0,04 x 3,39 = 0,135

LSR9 = 0,04 x 3,41 = 0,136

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | Kode Sampel | Nilai Rata-rata | Perlakuan | | | | | | | | | Taraf Nyata 5% |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|  |  | p1s1 | 11,05 | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  | a |
| 3 | 0,12 | p1s2 | 11,13 | 0,08tn | 0 |  |  |  |  |  |  |  | a |
| 3,15 | 0,126 | p1s3 | 11,31 | 0,26\* | 0,18\* | 0 |  |  |  |  |  |  | b |
| 3,23 | 0,129 | p2s1 | 14,32 | 3,27\* | 3,19\* | 3,01\* | 0 |  |  |  |  |  | c |
| 3,3 | 0,132 | p2s2 | 14,54 | 3,49\* | 3,41\* | 3,23\* | 0,22\* | 0 |  |  |  |  | d |
| 3,34 | 0,133 | p2s3 | 14,96 | 3,91\* | 3,83\* | 3,65\* | 0,64\* | 0,42\* | 0 |  |  |  | e |
| 3,37 | 0,134 | p3s1 | 17,04 | 5,99\* | 5,91\* | 5,73\* | 2,72\* | 2,5\* | 2,08\* | 0 |  |  | f |
| 3,39 | 0,135 | p3s2 | 17,37 | 6,32\* | 6,24\* | 6,06\* | 3,05\* | 2,83\* | 2,41\* | 0,33\* | 0 |  | g |
| 3,41 | 0,136 | p3s3 | 17,56 | 6,51\* | 6,43\* | 6,25\* | 3,24\* | 3,02\* | 2,6\* | 0,52\* | 0,19\* | 0 | h |

Tabel 20 Uji lanjut duncan untuk Interaksi Faktor P dan Faktor S Terhadap Kadar Air Edible Film Pati Hanjeli

Keterangan : huruf yang sama pada kolom taraf nyata 5% menunjukkan tidak berbeda nyata, sedangkan huruf yang berbeda pada kolom taraf nyata 5% menunjukkan berbeda nyata.

Tabel 21 Interaksi Konsentrasi Pemplastis Sorbitol dan Konsentrasi CMC Terhadap Kadar Air Edible Film Pati Hanjeli

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | p | s | Rata-rata  Perlakuan | Perlakuan | | | Taraf Nyata 5% |
| 3 | 2 | 1 |
|  |  | p1 | s1 | 11,05 | 0 |  |  | a |
| 3 | 0,12 | s2 | 11,13 | 0,08tn | 0 |  | a |
| 3,15 | 0,126 | s3 | 11,31 | 0,26\* | 0,18\* | 0 | b |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | p | s | Rata-rata  Perlakuan | Perlakuan | | | Taraf Nyata 5% |
| 3 | 2 | 1 |
|  |  | p2 | s1 | 14,32 | 0 |  |  | a |
| 3 | 0,12 | s2 | 14,54 | 0,22\* | 0 |  | b |
| 3,15 | 0,126 | s3 | 14,96 | 0,64\* | 0,42\* | 0 | c |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | p | s | Rata-rata  Perlakuan | Perlakuan | | | Taraf Nyata 5% |
| 3 | 2 | 1 |
|  |  | p3 | s1 | 17,04 | 0 |  |  | a |
| 3 | 0,12 | s2 | 17,37 | 0,33\* | 0 |  | b |
| 3,15 | 0,126 | s3 | 17,56 | 0,52\* | 0,19\* | 0 | c |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | s | p | Rata-rata  Perlakuan | Perlakuan | | | Taraf Nyata 5% |
| 3 | 2 | 1 |
|  |  | s1 | p1 | 11,05 | 0 |  |  | A |
| 3 | 0,12 | p2 | 14,32 | 3,27\* | 0 |  | B |
| 3,15 | 0,126 | p3 | 17,05 | 6\* | 2,73\* | 0 | C |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | s | p | Rata-rata  Perlakuan | Perlakuan | | | Taraf Nyata 5% |
| 2 | 3 | 1 |
|  |  | s2 | p1 | 11,13 | 0 |  |  | A |
| 3 | 0,12 | p2 | 14,54 | 3,24\* | 0 |  | B |
| 3,15 | 0,126 | p3 | 17,37 | 6,24\* | 2,83\* | 0 | C |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | s | p | Rata-rata  Perlakuan | Perlakuan | | | Taraf Nyata 5% |
| 2 | 3 | 1 |
|  |  | s3 | p1 | 11,31 | 0 |  |  | A |
| 3 | 0,12 | p2 | 14,96 | 3,65\* | 0 |  | B |
| 3,15 | 0,126 | p3 | 17,56 | 6,25\* | 2,6\* | 0 | C |

\*) Berbeda nyata

Keterangan : huruf yang sama pada kolom taraf nyata 5% menunjukkan tidak berbeda nyata, sedangkan huruf yang berbeda pada kolom taraf nyata 5% menunjukkan berbeda nyata

Tabel 22 Pengaruh Konsentrasi Pemplastis Sorbitol dan Konsentrasi CMC Terhadap Kadar Air Edible Film Pati Hanjeli

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Konsentrasi Pemplastis Sorbitol (P) | Konsentrasi CMC (S) | | |
| s1 (1%) | s2 (2%) | s3 (3%) |
| p1  (1%) | A  11,05  a | A  11,13  a | A  11,31  b |
| p2  (2%) | B  14,32  a | B  14,54  b | B  14,96  c |
| p3  (3%) | C  17,04  a | C  17,37  b | C  17,56  c |

Keterangan :

* Huruf kecil dibaca horizontal, huruf besar dibaca vertikal

-Setiap huruf yang berbeda menunjukan perbedaan yang berbeda nyata pada uji jarak ganda pada taraf 5%

## Lampiran 12. Hasil Pengujian Kecepatan Larut *Edible Film* Pati Hanjeli pada Penelitian Utama

Data Kecepatan Larut *Edible Film* Pati Hanjeli

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Konsentrasi Pemplastis (P) | Konsentrasi CMC (S) | Kelompok | | | Grand Total |
| 1 | 2 | 3 |
| p1 | s1 | 181 | 183 | 180 | 544 |
|  | s2 | 152 | 154 | 150 | 456 |
|  | s3 | 148 | 150 | 146 | 444 |
| p2 | s1 | 129 | 131 | 128 | 388 |
|  | s2 | 93 | 96 | 90 | 279 |
|  | s3 | 73 | 77 | 70 | 220 |
| p3 | s1 | 121 | 124 | 119 | 364 |
|  | s2 | 108 | 112 | 104 | 324 |
|  | s3 | 94 | 98 | 101 | 293 |
| **Grand Total** | **ƩK** | **1099** | **1125** | **1088** | **3312** |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Konsentrasi**  **Pemplastis**  **Sorbitol (P)** | **Konsentrasi CMC**  **(S)** | | | **Jumlah** | **Rata-rata** |
|  | **s1** | **s2** | **s3** |  |  |
| p1 | 181 | 152 | 148 | 481 | 160,33 |
|  | 183 | 154 | 150 | 487 | 162,33 |
|  | 180 | 150 | 146 | 476 | 158, 67 |
| **Jumlah** | **544** | **456** | **444** | **1444** | **481,33** |
| **Rata-rata** | **181,33** | **152** | **148** | **481,33** | **160,44** |
| p2 | 129 | 93 | 73 | 295 | 98,33 |
|  | 131 | 96 | 77 | 304 | 101,33 |
|  | 128 | 90 | 70 | 288 | 96 |
| **Jumlah** | **388** | **279** | **220** | **887** | **295,67** |
| **Rata-rata** | **129,33** | **93** | **73,33** | **295,67** | **98,55** |
| p3 | 121 | 108 | 94 | 323 | 107, 67 |
|  | 124 | 112 | 98 | 334 | 111,33 |
|  | 119 | 104 | 101 | 324 | 108 |
| **Jumlah** | **364** | **324** | **293** | **981** | **327** |
| **Rata-rata** | **121,33** | **108** | **97,67** | **327** | **109** |
| **Jumlah** | **1296** | **1059** | **957** | **3312** | **1104** |
| **Rata-rata** | **144** | **117,67** | **106,33** | **368** | **122, 67** |

Perhitungan Anava

FK = total jendral2

r x t

FK = 3312

3 x 9

**FK = 406272**

JKT = ∑(total pengamatan)2-FK

JKT = {(1812+1832+1802+........+1012)}- 406272

**JKT = 27570**

JKK = ∑(total kelompok)2

- FK

∑Sampel

JKK = {(1099)2+(1125)2+(1088)2}

- 406272

9

**JKK = 80,22**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Konsentrasi Pemplastis (P) | Konsentrasi CMC (S) | | | ∑A =Yi |
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | 544 | 456 | 444 | 1444 |
| 2 | 388 | 279 | 220 | 887 |
| 3 | 364 | 324 | 293 | 981 |
| **∑B = Yj** | **1296** | **1059** | **957** | **3312** |

JK(P) = (∑ p1)2 + (∑p2)2 +(∑p3)2

- FK

r x g

JK(P) = (1444) 2 + (887) 2 + (981) 2

- 406272

3 x 3

**JK(P) = 19757,55**

JK(S) = (1296) 2 + (1059) 2 + (957) 2

- 406272

3 x 3

**JK(S) = 6722**

JK(PS) = ∑(total interaksi faktor P dan faktor S)2

–FK – JK(P) – JK(S)

r

JK(PS) = (544) 2 + (456) 2 + (444)2 + .............(293) 2

* 406272 - 19757,55 - 6722

3

**JK(PS) = 953,11**

JKG = JKT – JKK – JK(P) – JK(S) – JK(PS)

JKG = 27570 – 80,22 – 19757,55 – 6722v- 953,11

**JKG = 57,11**

**Tabel 23 ANAVA Hasil Analisis Kecepatan Larut Edible Film Pati Hanjeli**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Sumber Variasi | Derajat bebas  (db) | Jumlah Kuadrat  (jk) | Kuadrat Tengah  (KT) | F-Hitung | F 0.05 |
|
| Kelompok (r) | r-1 = 3-1 = 2 | 80,22 | 25,74 |  |  |
| Perlakuan |  | | | | |
| Konsentrasi Pemplastis (P) | P-1 = 3-1 = 2 | 19757,55 | 6584,85 | 461,19\* | 3,63 |
| Konsentrasi CMC (S) | S-1 = 3-1 = 2 | 6722 | 3361 | 235,40\* | 3,63 |
| Interaksi PS | (P-1) (S-1) = 4 | 953,11 | 238,28 | 16,69\* | 3,01 |
| Galat | T-r-P-S-PS = 16 | 57,11 | 14,28 |
| Total | PSr-1 = 26 | 27570 |

**\*) Berbeda Nyata**

**Kesimpulan :**

Berdasarkan tabel analisis variasi (ANAVA) dapat diketahui bahwa konsentrasi pemplastis sorbitol, konsentrasi CMC dan interaksi diantara keduanya berpengaruh terhadap kecepatan larut *Edible film* pati hanjeli. Perlakuan spesifik yang mempengaruhi kecepatan larut *Edible film* pati hanjeli dapat diketahui dengan menggunakan uji lanjut duncan.

**Uji Lanjut Duncan**

1. Uji lanjut duncan untuk faktor P dan S

SY = = = 2,18

LSR 5% = SY x SSR 5%

LSR2 = 2,18 x 3,00 = 6,54

LSR3 = 2,18 x 3,15 = 6,86

Tabel 24 Uji lanjut duncan untuk Faktor P (Konsentrasi Pemplastis Sorbitol) Terhadap Kecepatan Larut Edible Film Pati Hanjeli

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | Kode Sampel | Nilai Rata-rata | Perlakuan | | | Taraf Nyata 5% |
| 2 | 3 | 1 |
|  |  | P2 | 295,67 | 0 |  |  | a |
| 3 | 6,54 | P3 | 327 | 31,33\* | 0 |  | b |
| 3,15 | 6,86 | P1 | 481,33 | 185,67\* | 154,33\* | 0 | c |

\*) Berbeda nyata

Tabel 25 Uji lanjut duncan untuk Faktor C (Konsentrasi CMC) Terhadap Kecepatan Larut Edible Film Pati Hanjeli

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | Kode Sampel | Nilai Rata-rata | Perlakuan | | | Taraf Nyata 5% | |
| 3 | 2 | 1 |
|  |  | S3 | 106,33 | 0 |  |  |  | a |
| 3 | 6,54 | S2 | 117,67 | 11,33\* | 0 |  |  | b |
| 3,15 | 6,86 | S1 | 144 | 37,67\* | 26,33\* | 0 |  | c |

\*) Berbeda nyata

1. Uji lanjut duncan untuk Interaksi Faktor P dan C

SY = = = 2,18

LSR2 = 2,18 x 3,00 = 6,54

LSR3 = 2,18 x 3,15 = 6,87

LSR4 = 2,18 x 3,23 = 7,04

LSR5 = 2,18 x 3,30 = 7,19

LSR6 = 2,18 x 3,34 = 7,28

LSR7 = 2,18 x 3,37 = 7,34

LSR8 = 2,18 x 3,39 = 7,39

LSR9 = 2,18 x 3,41 = 7,43

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | Kode Sampel | Nilai Rata-rata | Perlakuan | | | | | | | | | Taraf Nyata 5% |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|  |  | p2s3 | 73,33 | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  | a |
| 3 | 6,54 | p2s2 | 93 | 19,67\* | 0 |  |  |  |  |  |  |  | b |
| 3,15 | 6,87 | p3s3 | 97,67 | 24,34\* | 4,67tn | 0 |  |  |  |  |  |  | b |
| 3,23 | 7,04 | p3s2 | 108 | 34,67\* | 15\* | 10,33\* | 0 |  |  |  |  |  | c |
| 3,3 | 7,19 | p3s1 | 121,33 | 73,33\* | 28,33\* | 23,66\* | 13,33\* | 0 |  |  |  |  | d |
| 3,34 | 7,28 | p2s1 | 129,33 | 56\* | 36,33\* | 31,66\* | 21,33\* | 8\* | 0 |  |  |  | e |
| 3,37 | 7,34 | p1s3 | 148 | 74,67\* | 55\* | 50,33\* | 40\* | 26,67\* | 18,67\* | 0 |  |  | f |
| 3,39 | 7,39 | p1s2 | 152 | 78,67\* | 59\* | 54,33\* | 44\* | 30,67\* | 22,67\* | 4tn | 0 |  | f |
| 3,41 | 7,43 | p1s1 | 181,33 | 108\* | 88,33\* | 83,66\* | 73,33\* | 60\* | 52\* | 33,33\* | 29,33\* | 0 | g |

Tabel 26 Uji lanjut duncan untuk Interaksi Faktor P dan Faktor S Terhadap Kecepatan Larut Edible Film Pati Hanjeli

Keterangan : huruf yang sama pada kolom taraf nyata 5% menunjukkan tidak berbeda nyata, sedangkan huruf yang berbeda pada kolom taraf nyata 5% menunjukkan berbeda nyata.

Tabel 27 Interaksi Konsentrasi Pemplastis Sorbitol dan Konsentrasi CMC Terhadap Kecepatan Larut Edible Film Pati Hanjeli

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | p | s | Rata-rata  Perlakuan | Perlakuan | | | Taraf Nyata 5% |
| 3 | 2 | 1 |
|  |  | p1 | s3 | 148 | 0 |  |  | a |
| 3 | 6,54 | s2 | 152 | 4tn | 0 |  | a |
| 3,15 | 6,86 | s1 | 181,33 | 33,33\* | 29,33\* | 0 | b |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | p | s | Rata-rata  Perlakuan | Perlakuan | | | Taraf Nyata 5% |
| 3 | 2 | 1 |
|  |  | p2 | s3 | 73,33 | 0 |  |  | a |
| 3 | 6,54 | s2 | 93 | 19,67\* | 0 |  | b |
| 3,15 | 6,86 | s1 | 129,33 | 56\* | 36,33\* | 0 | c |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | p | s | Rata-rata  Perlakuan | Perlakuan | | | Taraf Nyata 5% |
| 3 | 2 | 1 |
|  |  | p3 | s3 | 97,67 | 0 |  |  | a |
| 3 | 6,54 | s2 | 108 | 10,33\* | 0 |  | b |
| 3,15 | 6,86 | s1 | 121,33 | 23,66\* | 13,33\* | 0 | c |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | s | p | Rata-rata  Perlakuan | Perlakuan | | | Taraf Nyata 5% |
| 3 | 2 | 1 |
|  |  | s1 | p3 | 121,33 | 0 |  |  | A |
| 3 | 6,54 | p2 | 129,33 | 8\* | 0 |  | B |
| 3,15 | 6,86 | p1 | 181,33 | 60\* | 52\* | 0 | C |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | s | p | Rata-rata  Perlakuan | Perlakuan | | | Taraf Nyata 5% |
| 2 | 3 | 1 |
|  |  | s2 | p2 | 93 | 0 |  |  | A |
| 3 | 6,54 | p3 | 108 | 15\* | 0 |  | B |
| 3,15 | 6,86 | p1 | 152 | 59\* | 44\* | 0 | C |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SSR 5% | LSR 5% | s | p | Rata-rata  Perlakuan | Perlakuan | | | Taraf Nyata 5% |
| 2 | 3 | 1 |
|  |  | s3 | p2 | 73,33 | 0 |  |  | A |
| 3 | 6,54 | p3 | 97,67 | 24,34\* | 0 |  | B |
| 3,15 | 6,86 | p1 | 148 | 74,67\* | 50,33\* | 0 | C |

\*) Berbeda nyata

Keterangan : huruf yang sama pada kolom taraf nyata 5% menunjukkan tidak berbeda nyata, sedangkan huruf yang berbeda pada kolom taraf nyata 5% menunjukkan berbeda nyata

Tabel 28 Pengaruh Konsentrasi Pemplastis Sorbitol dan Konsentrasi CMC Terhadap Kecepatan Larut Edible Film Pati Hanjeli

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Konsentrasi Pemplastis Sorbitol (P) | Konsentrasi CMC (S) | | |
| s1 (1%) | s2 (2%) | s3 (3%) |
| p1  (1%) | A  181,33  a | A  152  a | A  148  b |
| p2  (2%) | B  129,33  a | B  93  b | B  73,33  c |
| p3  (3%) | C  121,33  a | C  108  b | C  97,67  c |

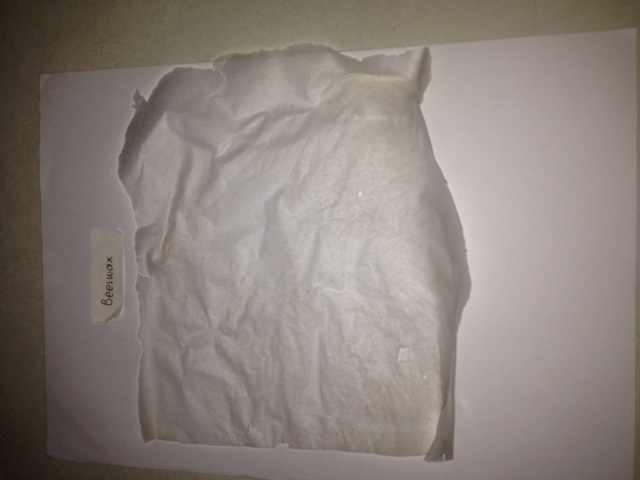
Keterangan :

* Huruf kecil dibaca horizontal, huruf besar dibaca vertikal

-Setiap huruf yang berbeda menunjukan perbedaan yang berbeda nyata pada uji jarak ganda pada taraf 5%

## Lampiran 13. Foto *Edible Film* Pati Hanjeli Pada Penelitian Pendahuluan

Gambar *Edible Film* Pati Hanjeli dengan Pemplastis Sorbitol



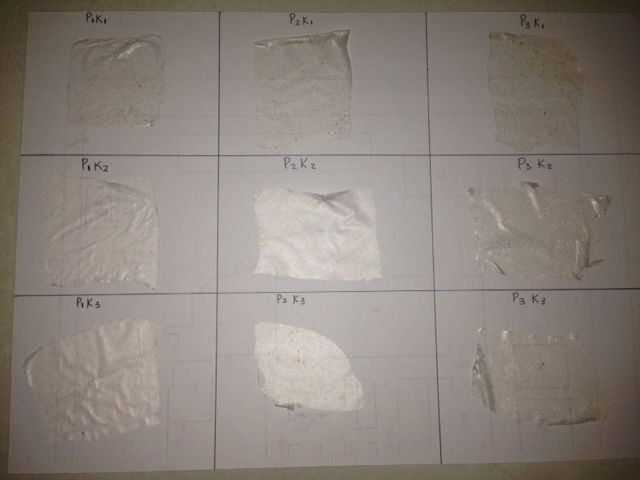
Gambar *Edible Film* Pati Hanjeli dengan Pemplastis *Beeswax* (Lilin Lebah)



Gambar *Edible Film* Pati Hanjeli dengan \*Pemplastis Gliserol

\*Tidak dapat dilepaskan dari lapisan kaca

## Lampiran 14. Foto *Edible Film* Pati Hanjeli Pada Penelitian Utama



## Lampiran 15. Studi Kelayakan Produk

1. **Perhitungan rendemen bahan baku pati hanjeli**

Basis : 1000 gram (100%) beras hanjeli kering

* Kehilangan bobot 5% saat proses penepungan :

1000 gram x = 50 gram ( 1000 – 50 ) gram = 950 gram tepung hanjeli

* Kehilangan bobot 50% dari tepung hanjeli saat pembuatan pati hanjeli :

950 gram x = 475 gram ( 950 – 475 ) gram = 475 gram pati hanjeli

1. **Perhitungan bahan untuk pembuatan *edible film***
2. Pati Hanjeli

* Penelitian Pendahuluan = 12 gram
* Uji Kadar Pati = 5 gram
* Penelitian Utama = 108 gram
* **Total = 125 gram**

1. Sorbitol

* Penelitian Pendahuluan = 6 gram
* Penelitian Utama = 54 gram
* **Total = 60 gram**

1. CMC

* Penelitian Pendahuluan = 6 gram
* Penelitian Utama = 54 gram
* **Total = 60 gram**

1. Gliserol

* Penelitian Pendahuluan = 6 gram

1. Lilin lebah

* Penelitian Pendahuluan = 6 gram

1. Aquadest

* Penelitian Pendahuluan = 276 mL
* Penelitian Utama = 2.484 mL
* **Total = 2.760 mL**

1. **Analisis Biaya Produksi**

Tabel. 29 Biaya Tetap

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No** | **Item (Uraian)** | **Biaya Total (Rp)** |
| 1 | **Mesin dan Alat Proses** |  |
| Neraca Analitik | 4.000.000 |
| *Chopper* | 189.900 |
| *Screen standart* Tyler 100 mesh | 17.000.000 |
| pH meter | 125.000 |
| Gelas ukur 250 ml | 100.000 |
| Gelas Kimia 250 ml | 30.000 |
| Pipet tetes | 20.000 |
| *Magnetic Stirer* | 5.000.000 |
| Plat Kaca ( 1 pcs = Rp. 11.000) x 9 | 99.000 |
| Plastik tahan panas | 10.000 |
| *Tunnel Dryer* | 50.000.000 |
| Termometer | 18.900 |
| Batang Pengaduk | 5.000 |
| 2 | **Depresiasi (10%)** |  |
| Mesin dan Alat Proses | 7.659.780 |
| 3 | **Biaya Pemeliharaan (5%)** |  |
| Mesin dan Alat Proses | 3.829.890 |
| **Total** | | **88.087.470** |

Tabel 30. Biaya Tidak Tetap

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No** | **Item (Uraian)** | **Biaya Total (Rp)** |
| 1 | Bahan baku |  |
| 1 kg Beras Hanjeli | 22.000 |
| 1 kg CMC | 110.000 |
| 1 liter Sorbitol | 37.000 |
| **Total** | | **169.000** |
|  |
|

**Jumlah Biaya Produksi Seluruh Produk**

Biaya Produksi  
biaya produksi = Biaya Tetap + Biaya Tidak Tetap

= Rp. 88.087.470 + Rp. 169.000,-

= **Rp. 88.256.470,- / tahun**

**Produksi *Edible Film***

1 kg beras hanjeli = 475 gram pati hanjeli

1 lembar *edible film* membutuhkan 2 gram pati hanjeli

475 gram pati hanjeli dapat menghasilkan 237,5 ≈ **237 lembar** *edible film*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **PENENTUAN HARGA JUAL** |  |  |
| Produksi edible film per hari |  | 237 |
| Produksi edible film per bulan (pcs) | 26 | 6.162 |
| Produksi edible film per tahun (pcs) | 12 | 73.944 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Harga Pokok Produksi** | **Biaya Produksi (Rp)** | **Unit (pcs)** | **Hasil (Rp)** |
| (Biaya produksi / unit) | 88.256.470 | 73.944 | 1.193,558 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Harga Jual per Unit** | **Harga Pokok (Rp)** | **100% x Harga Pokok (Rp)** | **Hasil (Rp)** |
| Harga pokok + (% keuntungan x harga pokok) | 1.193,558 | 1.193,558 | 2.387,116 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Keuntungan** | **% Keuntungan** | **HPP (Rp)** | **Hasil (Rp)** |
| %Keuntungan x HPP | 1,00 | 2.387,116 | 2.387,116 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Hasil Penjualan (Pendapatan) / Tahun** | **Harga Jual (Rp)** | **Unit (pcs)** | **Hasil (Rp)** |
| Harga Jual x Unit | 2.387,116 | 73.944 | 176.512.905,5 |

Analisis Break Even Point (BEP)

1. Perhitungan nilai BEP

BEP = 

= 

**= Rp. 88.171.889,04 ,-**

2. Perhitungan % BEP

% BEP = 

= 

= **49,95 %**

3. Kapasitas BEP = % BEP x Jumlah Produksi/ tahun

= 49,95 % x 73.944

**=** 36,935 unit