

BAB I

PENDAHULUAN

Kemasan Plastik untuk makanan tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sehari-hari. Senyawa plastik dapat masuk ke makanan secara bebas, baik yang berasal dari aditif maupun pemlastis. Menurut Apridinata, 2017, Herlina, dkk (2020) bahwa suhu berpengaruh terhadap migrasi senyawa melamin pada makanan. Pemlastik jenis dibutil ftalat (DBP) dan diaoktil ftalat (DOP) pada PVC termigrasi ke dalam minyak zaitun, minyak jagung, minyak biji kapas dan minyak kedelai pada penyimpanan suhu kamar (30°C) selama 60 hari kontak. Jumlah aditif DBP atau DOP yang termigrasi tersebut berkisar 155 - 189 mg. Pemlastik jenis DEHA [di(2-etilheksi) adipat pada PVC dapat termigrasi ke dalam daging yang dibungkusnya, pada daging yang berkadar lemak antara 20 - 90 persen, DEHA yang termigrasi 14,5 - 23,5 mg tiap dm^2 pada penyimpanan dengan suhu dingin (4°C) selama 72 jam. Migrasi monomer dipengaruhi oleh suhu makanan atau suhu penyimpanan, lama kontak dan kadar lemak. Semakin tinggi suhu tersebut, semakin banyak monomer yang dapat bermigrasi ke dalam makanan.

Hampir semua kasus yang berhubungan dengan Plastik non biodegradable yang berdampak terhadap kesehatan, karena adanya aditif melalui difusi dan migrasi. Menurut hasil penelitian bahwa Monomer vinil klorida dan akrilonitril cukup tinggi potensinya untuk menimbulkan kanker pada manusia.

Bioplastik merupakan jenis plastik aman untuk pengemas makanan. Sifat perlindungan bioplastik sangat ditentukan oleh sifat mekanik dan sifat fisiknya. Pada penelitian Darni, dkk. Laras dan Rizqonia Hillan bahwa pembuatan bioplastik dari pati pisang dan Gelatin dengan Plastizer Gliserol menghasilkan bioplastik yang memiliki pori-pori yang sangat rapat, sehingga menjadikan plastik baik untuk pengemas makanan. Dodol dijual ditempat-tempat terbuka dengan pengemas kertas minyak dan plastik nonbiodegradable LDPE (*Low density Polyethylene*), plastik jenis ini tidak diperbolehkan untuk pengemas primer. Monomer LDPE dikhawatirkan bermigrasi selama penyimpanannya, dan berpengaruh terhadap Penurunan kualitas dodol diantaranya tekstur, proses oksidasi lemak dan tumbuh jamur. sehingga tidak aman untuk dikonsumsi.

Bioplastik sebagai alternative pengemas primer yang aman, dapat mempertahankan kualitas makanan. Penggunaan bioplastik memperhatikan sifat mekanis dan sifat fisik bioplastik. Sifat bioplastik dapat memperkirakan daya simpan produk dan jenis makanan/produk yang tepat untuk dikemas.

Faktor penting dalam penyimpanan makanan adalah lingkungan penyimpanan makanandan lama waktu berpengaruh.⁹ Fenomena penyimpanan makanan di lapangan memberikan pengaruh terhadap fungsi Pengemasan makanan dan masa simpan makanan diantaranya menurunkan fungsi perlindungan pengemas dan memperpendek masa simpanmakanan. Menurut Wiyono T,dkk, 2016 bahwa ada pengaruh penggunaan pengemasan terhadap masa simpan makanan.

Pada buku ini penulis akan menerapkan pennggunaan edible film bioplastik dari pati kulit singkong. Bioplastik dipersiapkan dari pati kulit singkong dengan menggunakan plastizer gliserol yang maksudkan mendapatkan karakteristik fisik dan mekanis dari bioplastik. Selanjutnya bioplastik digunakan untuk mengemas dodol, penyimpanan dilakukan dengan pada suhu dan kelembaban dengan lama penyimpanan 21 hari dan 28 hari untuk mengetahui kemampuan bioplastik dalam melindungi makanan/dodol dengan melakukan pemeriksaan pada kadar air, bilangan peroksida dan total jamur.

BAB II

PENGEMAS MAKANAN

A. Pengertian Kemasan Makanan

Kemasan Pangan adalah bahan yang digunakan untuk mewadahi dan/atau membungkus pangan baik yang bersentuhan langsung dengan pangan maupun tidak. Pada dasarnya peran utama kemasan dalam industri pangan adalah untuk melindungi produk dari kontaminasi luar, termasuk menjamin keamanan pangan, memelihara kualitas, dan meningkatkan masa simpan. Kemasan harus dapat melindungi pangan dari pengaruh lingkungan seperti cahaya, oksigen, kelembaban, mikroorganisme, serangga, debu, emisi gas, tekanan, dan lain lain.

Selain memberikan perlindungan dan menjaga mutu produk, pengemasan menjadi sangat penting karena dapat menjadi kunci keunggulan kompetitif dalam industri pangan. Kemasan dapat ditujukan untuk memenuhi keinginan konsumen, memperluas pangsa pasar, memungkinkan biaya lebih rendah, meningkatkan keuntungan, memberikan keunikan suatu produk, dan mempermudah distribusi dan transportasi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kerusakan bahan pangan sehubungan dengan kemasan yang digunakan dapat dibagi dalam dua golongan utama yaitu:

1. Kerusakan yang sangat ditentukan oleh sifat alamiah produk sehingga tidak dapat dicegah dengan pengemasan saja (perubahan-perubahan fisik, biokimia, dan kimia serta mikrobiologis).
2. Kerusakan yang tergantung pada lingkungan dan hampir seluruhnya dapat dikontrol dengan kemasan yang digunakan (kerusakan mekanis, perubahan kadar air, absorpsi dan interaksi dengan oksigen, kehilangan dan penambahan cita rasa yang tidak diinginkan).

B. Fungsi Kemasan

Pengemasan sebagai bagian integral dari proses produksi dan pengawetan bahan pangan dapat pula mempengaruhi mutu seperti antara lain:

1. Perubahan fisik dan kimia karena migrasi zat-zat kimia dari bahan pengemas (monomer plastik, timah putih, korosi).
2. Perubahan aroma (flavor), warna, tekstur yang dipengaruhi oleh perpindahan

uap air dan oksigen.

Ada 6 fungsi utama kemasan yang seharusnya dipenuhi oleh suatu bahan pengemas, yaitu:

1. Menjaga produk bahan pangan atau hasil pertanian agar tetap bersih dan terlindung dari kotoran dan kontaminasi.
2. Melindungi makanan dari kerusakan fisik, perubahan kadar air dan penyinaran.
3. Mempunyai kemudahan dalam membuka atau menutup, dan juga memudahkan dalam tahap-tahap penanganan, pengangkutan dan distribusi.
4. Mempunyai fungsi yang baik efisien dan ekonomis, aman untuk lingkungan.
5. Mempunyai ukuran, bentuk dan bobot yang sesuai dengan norma atau standar yang ada, mudah dibuang dan mudah dibentuk atau dicetak.
6. Menampilkan identifikasi, informasi, daya tarik dan penampilan yang jelas sehingga dapat membantu promosi atau penjualan.

Kemasan juga hendaknya bersahabat dengan lingkungan, baik dilihat dari bahan pengemas yang digunakan, cara pembuatan bahan pengemas, pengoperasian dan limbah kemasan. Pedoman ISO 14000 yang menyangkut lingkungan hidup berkaitan sangat erat dengan pengemasan.

Manfaat penyimpanan bahan pangan meliputi 3 hal utama, yaitu:

1. Mempertahankan atau mengurangi susut (kehilangan) kuantitatif atau susut bobot (volume)
2. Mempertahankan susut kualitatif atau mempertahankan mutu agar bahan pangan memenuhi standar mutu yang ada, mempunyai nilai nutrisi yang baik, aman untuk dikonsumsi dan tidak menimbulkan gangguan kesehatan baik yang akut maupun yang menahun.
3. Mempertahankan nilai ekonomi dari produk pangan yang disimpan.

C. Klasifikasi Kemasan

Kemasan dapat digolongkan berdasarkan berbagai hal, antara lain: berdasarkan frekuensi pemakaian, struktur sistem kemasan, sifat kekakuan bahan pengemas, sifat perlindungan terhadap lingkungan, tingkat kesiapan pakai dan sifat edible.

1. Berdasarkan Frekuensi Pemakaian

- a. Kemasan sekali pakai (disposable), yaitu kemasan yang langsung dibuang setelah satu kali pakai. Contohnya: bungkus plastik untuk es, bungkus permen dari kertas, bungkus yang berasal dari daun-daunan, kaleng hermetis, karton dus.
- b. Kemasan yang dapat dipakai berulang kali (multi trip), seperti beberapa jenis botol minuman (limun, bir), botol kecap. Wadah-wadah ini umumnya tidak dibuang oleh konsumen, akan tetapi dikembalikan lagi pada agen penjual untuk kemudian dimanfaatkan ulang oleh pabrik.
- c. Kemasan atau wadah yang tidak dibuang atau dikembalikan oleh konsumen (semi disposable). Setelah dipakai, wadah-wadah tersebut biasanya digunakan untuk kepentingan lain di rumah konsumen, seperti beberapa jenis botol, wadah dari kaleng (susu, makanan bayi, dan lain- lain).

2. Berdasarkan Struktur Sistem Kemasan

Berdasarkan letak atau kedudukan suatu bahan pengemas di dalam sistem kemasan keseluruhan dapat dibedakan atas:

- a. Kemasan primer, yaitu apabila bahan pengemas langsung mewadahi atau membungkus bahan pangan (kaleng susu, botol minuman, bungkus tempe, dan lain-lain).
- b. Kemasan sekunder, yaitu kemasan yang fungsi utamanya melindungi kelompok-kelompok kemasan lainnya, seperti halnya kotak karton untuk wadah susu dalam kaleng, kotak kayu untuk wadah buah-buahan yang sudah dibungkus, keranjang tempe, dan sebagainya.
- c. Kemasan tersier, kuartener, yaitu apabila masih diperlukan lagi pengemasan setelah kemasan primer, sekunder, dan tersier (untuk kemasan kuartener). Umumnya digunakan sebagai pelindung selama pengangkutan.

3. Berdasarkan Sifat Kekakuan Bahan Kemasan

- a. Kemasan fleksibel, yaitu bila bahan pengemas mudah dilenturkan tanpa adanya retak atau patah. Bahan pengemas jenis ini pada umumnya tipis, misalnya: plastik, kertas, foil. Kemasan fleksibel sering disebut pengemas bentuk.
- b. Kemasan kaku, yaitu bila bahan pengemas bersifat keras, kaku, tidak tahan benturan, patah bila dipaksa dibengkokkan. Relatif lebih tebal daripada kemasan fleksibel, misalnya: kayu, gelas dan logam.

- c. Kemasan semi kaku atau semi fleksibel, yaitu bahan pengemas yang memiliki sifat-sifat antara kemasan fleksibel dan kemasan kaku, seperti: botol plastik (susu, kecap, saus) dan wadah bahan yang berbentuk pasta.
4. Berdasarkan Sifat Perlindungan terhadap Lingkungan
- a. Kemasan hermetis (tahan uap dan gas), yaitu wadah yang secara sempurna tidak dapat dilalui oleh gas, udara maupun uap air. Selama masih hermetis maka wadah tersebut juga tidak dapat dilalui oleh bakteri, ragi, kapang dan debu. Wadah-wadah yang biasanya digunakan untuk pengemasan secara hermetis adalah kaleng dan botol gelas, tetapi penutupan dan penyumbatan yang salah dapat mengakibatkan wadah tidak lagi hermetis, karena beberapa di antaranya dapat ditembus uap air atau gas. Kemasan hermetis masih bisa memberikan bau (odor) yang berasal dari wadah itu sendiri, misalnya pada wadah kaleng yang tidak berenamel.
 - b. Kemasan tahan cahaya, yaitu wadah yang tidak bersifat transparan (kemasan logam, kertas, foil). Botol atau wadah gelas dapat dibuat gelap atau keruh. Kemasan tahan cahaya sangat cocok untuk bahan pangan yang mengandung lemak dan vitamin yang tinggi, serta makanan yang difermentasi (cahaya dapat mengaktifkan reaksi kimia dan aktivitas enzim).
 - c. Kemasan tahan suhu tinggi, jenis wadah ini digunakan untuk bahan pangan yang memerlukan proses pemanasan, sterilisasi atau pasteurisasi. Umumnya terdiri dari wadah logam dan gelas.
5. Berdasarkan Tingkat Kesiapan Pakai
- a. Wadah siap pakai, yaitu bahan pengemas yang siap untuk diisi dengan bentuk yang telah sempurna sejak ke luar dari pabrik. Contohnya adalah botol, wadah kaleng dan sebagainya.
 - b. Wadah siap dirakit atau disebut juga wadah lipatan, yaitu kemasan yang masih memerlukan tahap perakitan sebelum pengisian, misalnya kaleng yang ke luar dari pabrik dalam bentuk lempengan atau silinder fleksibel, wadah yang terbuat dari kertas, foil atau plastik. Keuntungan kemasan siap dirakit adalah penghematan ruang dalam pengangkutan serta kebebasan dalam menentukan ukuran.
6. Berdasarkan Sifat Edible

- a. Non-Edible, yaitu bahan pengemas yang tidak boleh dimakan karena bisa mengganggu atau membahayakan kesehatan. Contohnya kemasan gelas, kayu, plastik, alufo dan sebagainya.
- b. Kemasan edible, adalah lapisan tipis dan kontinu yang dibuat dari bahan yang dapat dimakan, dibentuk melapisi pangan (coating), atau diletakkan di antara komponen makanan (film) yang berfungsi sebagai barrier terhadap transfer massa (kelembaban, oksigen, cahaya, lipida, zat terlarut), dan/atau sebagai carier bahan makanan aditif, serta untuk meningkatkan penanganan suatu pangan. Penggunaan kemasan edible banyak dijumpai pada pembuatan kapsul obat, permen, sosis, pelapis coklat, wafer dan sebagainya.

D. Pengemas dan Penurunan Mutu Produk

Penyimpangan mutu bahan pangan dan produk olahan adalah penyusutan kualitatif di mana bahan tersebut mengalami penurunan mutu sehingga menjadi tidak layak lagi untuk dikonsumsi manusia. Bahan pangan dikatakan rusak apabila telah mengalami perubahan cita rasa, penurunan nilai gizi, atau tidak aman lagi untuk dimakan karena dapat mengganggu kesehatan. Makanan rusak adalah makanan yang sudah kadaluwarsa atau melampaui masa simpan (shelf-life). Makanan kadaluwarsa barangkali masih tampak bagus akan tetapi mutunya sudah menurun, demikian pula nilai gizinya. Walaupun penyimpangan mutu dapat berarti positif yaitu bahan pangan menjadi lebih baik secara subjektif, akan tetapi pada umumnya penyimpangan mutu hasil pertanian diartikan negatif yaitu makanan atau hasil pertanian menjadi rusak atau telah kadaluwarsa.

Di samping penyusutan kualitatif dikenal pula penyusutan kuantitatif, yaitu kehilangan jumlah atau bobot hasil pertanian baik karena penanganan yang kurang baik maupun karena gangguan biologi (proses fisiologi, serangan serangga dan tikus). Susut kualitatif dan kuantitatif sangat penting dalam proses pengemasan. Apabila dibandingkan antara kedua jenis susut tersebut, maka susut kualitatif lebih berperan dalam pengemasan pangan.

Pengemasan sebagai bagian integral dari proses produksi dan pengawetan bahan pangan dapat pula mempengaruhi mutu seperti antara lain:

1. Perubahan fisik dan kimia karena migrasi zat-zat kimia dari bahan kemasan (monomer plastik, timah putih, korosi).
2. Perubahan aroma (flavour), warna, tekstur yang dipengaruhi oleh perpindahan uap air dan oksigen.

Pengemas sesuai dengan fungsinya harus dapat memberikan perlindungan pada bahan makanan atau makanan yang dikemas. Namun faktualnya ada beberapa kejadian penurunan kualitas makanan yang dikemas, yaitu:

- 1). Perubahan Biokimia, kimiawi dan Migrasi senyawa

Perubahan biokimia terutama terjadi pada komoditi pertanian segar (belum terolah), misalnya biji-bijian, sayur, buah, daging segar dan susu. Reaksi kompleks terjadi akibat aktivitas enzim yang ditunjang oleh kadar air yang tinggi, menyebabkan perubahan warna, tekstur, aroma dan nilai gizi. Daging segar yang rusak berwarna dan bau busuk, atau perubahan warna menjadi coklat pada buah yang memar merupakan contoh dari kerusakan biokimiawi.

Antioksidan, fungisida, plasticizer bahan pewarna, dan pestisida dapat bermigrasi ke bahan pangan. Sangat sulit mengukur dan menganalisis tingkat keracunan, oleh sebab itu kemasan yang baik harus dapat mencegah migrasi racun ke dalam makanan.

- a) Keracunan Logam

Timah, besi, timbal dan aluminium selain menyebabkan keracunan, jika jumlahnya melewati batas (menurut standar FAO/WHO, timah maksimal 250 ppm, besi maksimal 250 ppm dan timbal maksimal 1 ppm). Logam-logam lain mungkin dapat mencemari makanan antara lain merkuri, kadmium, arsen, antimoni, tembaga dan seng kemungkinan berasal dari kontaminasi selama proses pengolahan berlangsung (wadah dan mesin pengolah) atau dari campuran bahan kemasan. Keracunan yang ditimbulkan bersifat ringan atau berat, bahkan sampai berakibat seperti mual, muntah-muntah, pusing dan keluar keringat dingin berlebih. Sifat korosif sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti asam organik kadar nitrat, kehadiran zat pengoksidasi atau pereduksi, lama penyimpanan, suhu, kelembaban, ada tidaknya lacquer atau bahan pelapis (enamel). Ambang batas kandungan logam berat dan

kontaminasi lainnya dapat menunjuk pada ketepatan Codex Alimentarius Commission, yaitu lembaga (forum) yang membahas berbagai norma (kode, standar) untuk makanan.

b). Migrasi Komponen Plastik ke dalam Makanan

Plastik dan bahan-bahan tambahan untuk pembuatan plastik (plasticizer, stabilizer, antioksidan) sering dijumpai sebagai penyebab pencemaran organoleptik dan keracunan. Monomer vinil klorida dan akrilonitril cukup tinggi potensinya untuk menimbulkan kanker pada manusia. Kedua, monomer ini dapat beraksi dengan komponen-komponen DNA seperti guanin dan sitosin pada vinil klorida, adenin pada akrilonitril (vinil sianida). Metabolit vinil klorida berupa senyawa epoksi kloretilin merupakan oksida yang sangat reaktif dan bersifat karsinogen. Tetapi metabolit ini hanya akan bereaksi dengan DNA apabila adenin tidak berpasangan dengan sitosin. Vinil asetat menimbulkan kanker tyroid, uterus dan liver pada hewan. Vinil klorida dan vinil sianida keduanya bersifat metagenik terhadap mikroba *Salmonella typhimurium*. Akrilonitril mampu menimbulkan cacat lahir pada tikus-tikus yang memakannya. (Sapto Kuntoro, 1988). Monomer-monomer lain seperti akrilat, stirena dan metakrilat serta senyawa-senyawa turunannya seperti vinil asetat, polivinil klorida, kaprolaktam, formaldehida, kresol, isosianat organik, heksa-metilendiamin, melamin, apidilorohidrin, bisphenol dan akrilonitril dapat menyebabkan iritasi pada saluran pencernaan terutama mulut, tenggorokan dan lambung. "Plasticizer" seperti ester posporik, ester ptatik dan glikolik "chlorinated aromatic" serta ester asam alipatik dapat menyebabkan iritasi.

Pemlastik jenis dibutil ptalat (DBP) dan diaoktil ptalat (DOP) pada PVC termigrasi cukup banyak ke dalam minyak zaitun, minyak jagung, minyak biji kapas dan minyak kedelai pada suhu 300C selama 60 hari kontak. Jumlah aditif DBP atau DOP yang termigrasi tersebut berkisar 155 - 189 mg. Pemlastik jenis DEHA [di(2-etilheksi) adipat pada PVC dapat termigrasi ke dalam daging yang dibungkusnya, pada daging yang berkadar lemak antara 20 - 90 persen, DEHA yang termigrasi 14,5 - 23,5 mg tiap dm² pada suhu 4⁰ C selama 72 jam.

Beberapa plasticizer dinyatakan tidak berbahaya untuk kemasan makanan. Jenis plasticizer ini antara lain heptil ptalat, dioktil adipat, dimetil heptil di-

Ndesil adipat, benzil aktil adipat, ester dari asam stearat, oleat dan sitrat. Stabilizer seperti garam-garam Ca, Mg dan Na pada umumnya digunakan, sedangkan antioksidan jarang digunakan mengingat sifat karsinogenik.

Toleransi maksimal yang ditetapkan di Belanda adalah 60 ppm migran di dalam makanan atau 0,12 mg per cm² permukaan plastik, sedangkan di Jerman Barat 0,06 mg per cm² lembaran plastik. Bahan berbahaya setingkat dengan monomer vinil klorida tidak boleh lebih dari 0,05 ppm, di Swedia hanya mengizinkan vinil monomer vinil klorida maksimal 0,01 ppm, di Jepang 0,05 ppm.

2). Kerusakan Mikrobiologis

Kerusakan karena jasad renik menentukan pilihan jenis kemasan yang cocok untuk suatu produk. Kemasan yang baik akan mencegah pencemaran mikroba dan menekan pertumbuhan jasad renik dalam kemasan. Hal ini erat hubungannya dengan aktivitas air.

Tabel 1: Aktivitas air (aw) minimum untuk bertumbuh Jasad Renik

Jenis jasad renik	aW minimum
Bakteri	0,90
Khamir	0,62
Kapang	0,62
Bakteri osmofilik	0,75
Ragi osmofilik	0,61

Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam seleksi jenis kemasan antara lain:

1. Perlindungan isi produk terhadap kontaminasi jasad renik dari luar ke dalam.
2. Kemungkinan berkembang-biaknya jasad renik di ruangan antara produk dengan tutup (head space).
3. Serangan jasad renik terhadap material kemasan.

3). Kerusakan Mekanis

Beberapa komoditas hasil pertanian seperti telur, buah-buahan segar, biskuit, produk-produk kering sangat memerlukan perlindungan terhadap faktor-faktor mekanis. Faktor-faktor mekanis tersebut yaitu:

1. Stres atau Tekanan Fisik

Yang disebabkan oleh dropping (jatuhan) dan shunting (gesekan) atau tumbuhan yang mengakibatkan kerusakan produk.

2. Vibrasi (getaran)

Vibrasi dapat mengakibatkan kerusakan kemasan dalam perjalanan dan distribusi (penyok, isi berhamburan). Penggunaan bahan anti getaran sangat diperlukan untuk menanggulangnya.

Tumpukan barang atau kemasan, jenis transportasi (darat, laut, udara) dan jenis barang sangat menentukan macam perlindungan yang harus diberikan untuk mencegah hancurnya bahan. Selain itu perlu perlindungan terhadap debu, sengatan panas dan serangan serangga. Debu berupa partikel halus atau kasar yang lebih ringan dari udara. Jika partikel-partikel ini bersatu, makin lama makin besar sehingga mengendap dan mengotori produk.

3). Faktor Hidratasi

Dalam pengemasan pangan, karakteristik hidratasi sangat penting, khususnya yang menyangkut uap air. Faktor hidratasi dapat dinyatakan dengan aktivitas air (a_w), kadar air (KA), dan kelengasan nisbi atau kelembaban relatif (RH).

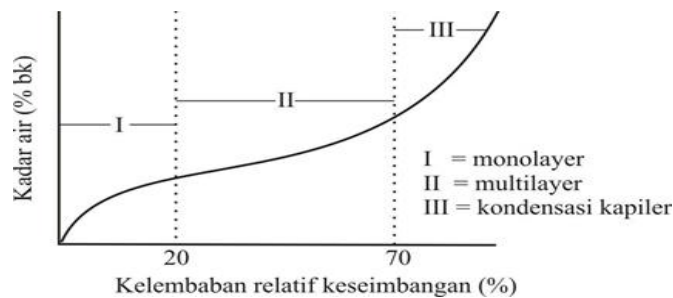
Perpindahan uap air ini berlangsung dari produk yang mempunyai tekanan uap air lebih tinggi ke produk yang bertekanan lebih rendah. Di samping itu sifat hidropilik dan hidropobik dari bahan pangan akan mempengaruhi perpindahan air. Produk yang hidropilik tidak mungkin melepaskan air sedangkan yang bersifat hidropobik dapat melepaskan air bebasnya dengan mudah.

Seperti telah dikemukakan sebelumnya aktivitas air bahan hasil pertanian berperan sangat penting pada kerusakan mikrobiologis, contoh jenis-jenis jasad renik pada berbagai kondisi a_w atau ERH.

Tabel 2: Jenis makanan, Kelembaban relatif (%) dan pertumbuhan Mikroba

Jenis makanan	RH (Relatif %)	Mikroba
Makanan yang mudah rusak (daging segar, buah, sayuran, krim)	100	Mikroba penghasil racun, bakteri
Daging asin, kornet	95 90	Mikrococcus, Ragi S. aureus
Produk bakery	85	Kapang
Selai (jem)	75	Kapang
Produk manisan	70 65	Ragi Bakteri
Kue kering	60	Osmofilik

Karakteristik hidratisasi dan jenis kerusakan bahan pangan digambarkan pada kurva di bawah ini :



Gambar 1 Kurva sorpsi isotermik

Pada kurva sorpsi isotermik terlihat ke daerah yaitu: monolayer, multilayer dan kondensasi kapiler, yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Daerah monolayer

Daerah yang berada pada kisaran 0 - 20 persen RH. Air yang terdapat pada produk adalah air terikat pada permukaannya. Dikatakan daerah ini sebagai daerah ambang batas ketengikan, karena air yang ada sangat terbatas, hanya cukup untuk melindungi produk dari serangan oksigen. Selama air masih melindungi produk, oksigen tidak akan bereaksi. Jika air dikurangi, polar grup dari produk dalam keadaan terbuka sehingga O₂ beraksi dan menyebabkan ketengikan.

Bila produk pangan disimpan pada kelembaban relatif di bawah daerah monolayer akan terjadi:

1. Kenaikan peroksida karena dekomposisi ikatan hidroperoksida dengan ikatan hidrogen.
2. Berkurangnya air yang tersedia untuk membentuk hidrasi dari trace metal sehingga reaksi katalisa aktif.

Contoh produk yang harus dijaga RH-nya agar tetap berada di daerah monolayer adalah: Egg-albumin (tepung putih telur); Pangan semi basah (dodol); Spray dried produk (tepung susu).

2. Daerah Multilayer

Daerah multilayer berada pada kisaran kelembaban relatif antara 20 - 70 persen. Daerah teraman berada pada kisaran 20 - 55 persen. Kenaikan kelembaban relatif tidak berpengaruh nyata terhadap ERH. Apabila produk pangan disimpan pada kondisi daerah multilayer teraman akan terbebas dari kemungkinan pencokelatan nonenzimatik (reaksi Maillard). Begitu RH meningkat melebihi 60 persen maka aktivitas pencokelatan nonenzimatik mulai meningkat pula. Kenaikan uap air disertai suhu yang tinggi menaikkan laju reaksi Maillard, disebabkan oleh reaksi antara karbonil dengan gugusan amino dari protein yang mengembang.

Selain itu pada akhir daerah (lebih dari 60 persen RH), kemungkinan terjadi ketengikan yang disebabkan oleh hidrolisis lemak menjadi asam lemak bebas karena hadirnya ion bebas dan suhu tinggi. Hidrolisis tersebut diaktifkan oleh lipase, lipoksidase dan sebagainya.

3. Daerah Kondensasi Kapiler

Pada daerah ini (di atas RH 70 persen) air bebas yang tersedia, cukup banyak sehingga sangat optimal bagi beberapa reaksi seperti:

- a. Reaksi kimia: reaksi pencokelatan yang disebabkan oleh aktivitas enzim.
- b. Kerusakan yang disebabkan oleh jasad renik.
- c. Kerusakan tekstur dan sifat-sifat reologi dari produk.

E. Cara Melindungi Produk dan Teknik Pengemasan

Berpedoman pada uraian sebelumnya maka langkah-langkah untuk dapat melakukan perlindungan produk pangan atau hasil pertanian dalam kemasan dari kemungkinan perpindahan air antara lain sebagai berikut:

1. Mengontrol Hidratasi

a. Mencegah masuknya uap air

Produk kering terutama yang bersifat hidrofilik harus dilindungi terhadap masuknya uap air. Umumnya produk-produk ini memiliki ERH yang rendah, sebab itu harus dikemas dalam kontainer yang mempunyai nilai permeabilitas air rendah untuk mencegah produk yang berkadar gula tinggi merekat atau produk-produk tepung menjadi basah sehingga tidak lagi bersifat "mawur" (free flowing).

b. Mencegah keluarnya uap air

Untuk komoditi yang memiliki kadar air tinggi seperti buah, sayur dan daging, penguapan air dari bahan yang dikemas harus dijaga supaya tetap segar, tidak mengerak di bagian atasnya. Untuk mencegah keluarnya uap air dari produk dapat dilakukan dengan mengatur sirkulasi udara di luar kemasan.

c. Mengontrol uap air

Untuk produk-produk yang dapat berkeringat jika hari panas dan berkondensasi jika dingin, maka kontrol uap air harus dijaga. Misalnya untuk produk pangan semi basah (Intermediate Moisture Food) dikemas dengan jenis pengemas semipermeabel.

2. Mengendalikan Suhu

Tingkat suhu tertentu dan fluktuasi suhu sangat mempengaruhi mutu produk. Sesuai dengan kaidah Arrhenius yaitu setiap kenaikan suhu sebesar 10°C terjadi kenaikan kecepatan reaksi sebanyak dua kali. Pengaruh suhu dapat dihindari dengan memberi isolator (penghambat panas) pada kemasan.

Beberapa perubahan yang dapat terjadi karena fluktuasi suhu adalah:

- a. Untuk, produk yang peka harus disimpan pada suhu rendah -18°C sampai 0,5°C guna mencegah kristalisasi es, pertumbuhan bakteri psikrofilik. Sebaiknya dikemas dengan foil atau saran (PVDC atau poliviniliden klorida).
- b. Produk konfeksioneri (seperti coklat batangan) sebaiknya disimpan di

tempat kering dan teduh untuk mencegah blooming yaitu mengumpulnya gula dipermukaan.

- c. Produk pangan kaleng atau botol, harus disimpan di tempat kering dan suhu rendah, untuk mencegah tumbuhnya bakteri pembentuk spora yang tahan panas.

3. Pengaturan Atmosfer Pengemasan dan Penyimpanan

Oksigen menyebabkan oksidasi terutama pada produk pangan yang mempunyai kandungan lemak dan vitamin yang peka terhadap oksidasi seperti Vitamin A dan C. Permeabilitas oksigen dapat terjadi melalui pori-pori film atau laminat. Reaksi oksidasi yang dapat menyebabkan perubahan warna seperti pada daging atau perubahan rasa dan aroma seperti pada minyak atau lemak, dapat dicegah dengan cara-cara berikut:

a. Pengaturan kadar oksigen

Untuk produk-produk yang peka terhadap oksidasi seperti susu, minyak dan lemak dapat disimpan dengan mengatur konsentrasi oksigen sekitar 3 - 5 persen. Ambang batas respirasi bahan segar memerlukan oksigen 2 persen. Di bawah konsentrasi ini produk akan rusak.

b. Pengaturan kadar CO₂

Beberapa komoditi pertanian dapat disimpan segar dengan mengatur CO₂ 5 - 10 persen, kecuali apel, tomat dan jeruk. Pada apel terjadi reaksi pencokelatan sedangkan pada tomat dan jeruk terjadi pembusukan.

c. Pengemasan dalam Gass tight packs

Komoditi seperti keju, makanan bayi, sebaiknya dikemas dalam kemasan hermetis dan vakum, untuk menekan sekecil-kecilnya kandungan oksigen.

4. Mencegah Migrasi Komponen Volatil dan Penyinaran Ultra Violet

Bahan makanan yang memiliki komponen aromatik umumnya memerlukan kemasan yang dapat menahan keluarnya komponen volatil.

Komponen ini sangat mempengaruhi rasa di samping aroma sehingga diperlukan kemasan yang kedap. Sifat kedap ini ditujukan agar:

- a. Kedap terhadap migrasi komponen volatil produk (komponen aromatik).
- b. Kedap terhadap migrasi komponen volatil dari materi kemasan.

Penelitian mengenai kehilangan aroma pada berbagai jenis bahan pangan

(konsentrat bawang putih, vanili dan anggur) dengan kemasan yang berbeda-beda (botol gelas, PE-pouch, poly/foil/polypouch) untuk periode waktu tertentu, hasilnya menunjukkan bahwa keuntungan Polietilen (PE) dan botol gelas memberikan perlindungan yang baik terhadap aroma. Untuk analisis anggur dapat dideteksi komponen metil antranilat yang merupakan komponen volatil yang mengandung aroma dan citarasa. Bau yang berasal dari wadah atau kemasan plastik dapat timbul dari:

- a. Pembentukan grup karbonil apabila plastik PE dipanaskan pada suhu tinggi.
- b. Zat antioksidan yang dapat mengadakan interaksi dan membentuk produk yang berbau.
- c. Pecahan-pecahan molekul dari kemasan.

Makanan yang peka terhadap sinar matahari atau ultra violet seperti daging, saus tomat, wortel, susu dan minuman ringan, sebaiknya disimpan di tempat terlindung (teduh). Perubahan yang terjadi antara lain:

- a. Pemudaran warna antara lain pada daging, saus tomat.
- b. Ketengikan pada mentega (terutama jika terdapat katalis Cu atau tembaga).
- c. Browning pada anggur, jus buah-buahan.
- d. Perubahan bau (menjadi rusak) menurunnya vitamin A, D, E, K, dan C, serta penyimpangan aroma bir.

Perlindungan produk terhadap sinar UV, dapat dilakukan dengan menggunakan botol berwarna (cokelat atau hijau).

BAB III

JENIS-JENIS PENGEMAS MAKANAN

Kebutuhan terhadap pengemas makanan dari berbagai bahan diperlukan, hal ini didorong oleh berbagai jenis, sifat dan bentuk makanan yang ada. Dengan berkembangnya teknologi makanan yang menghasilkan berbagai makanan, maka perkembangan yang pesat terjadi pada pengemas makanan.

Adapun jenis pengemas makanan diuraikan sebagai berikut :

A. Kemasan Plastik

Plastik dibuat dengan cara polimerisasi yaitu menyusun dan membentuk secara sambung menyambung bahan-bahan dasar plastik yang disebut monomer. Misalnya, plastik jenis PVC (Polivinil Chlorida), sesungguhnya adalah monomer dari vinil klorida. Disamping bahan dasar berupa monomer, di dalam plastik juga terdapat bahan non plastik yang disebut aditif yang diperlukan untuk memperbaiki sifat-sifat plastik itu sendiri. Bahan aditif tersebut berupa zat-zat dengan berat molekul rendah, yang dapat berfungsi sebagai pewarna, antioksidan, penyerap sinar ultraviolet, anti lekat, dan masih banyak lagi.

Beberapa jenis kemasan plastik yang dikenal antara lain polietilen, polipropilen, poliester, nilon, serta vinil film. Bahkan selama dua dasawarsa terakhir, pangsa pasar dunia untuk kemasan pangan telah direbut oleh kemasan plastik.

Plastik mempunyai beberapa keunggulan sifat antara lain : kuat tetapi ringan, tidak berkarat, bersifat termoplastis, yaitu dapat direkat menggunakan panas, serta dapat diberi label atau cetakan dengan berbagai kreasi. Selain itu plastik juga mudah untuk diubah bentuk. Sebagai bahan pembungkus, plastik dapat digunakan dalam bentuk tunggal, komposit atau berupa lapisan multilapis dengan bahan lain. Kombinasi tersebut dinamakan aminasi. Dengan demikian, kombinasi dari berbagai jenis plastik dapat menghasilkan ratusan jenis kemasan. Adapun jenis Kemasan Plastik sebagai berikut:

1). Politen/Polietilen (PE)

Merupakan polimerasi adisi gas etilen dari hasil samping industri minyak. Ada tiga jenis, Low Density Polyethylene (LDPE) yaitu Medium Density Polyethylene (MDPE) yang lebih kaku dari LDPE dan lebih tahan suhu tinggi, dan High Density Polyethylene (HDPE) yang paling kaku dan tahan suhu tinggi (suhu 120°C). Sifat

umum dari PE adalah mempunyai penampakan bervariasi dan transparan, berminyak; mudah dibentuk, lemas, gampang ditarik; daya rentang tinggi tanpa sobek; mudah dikelim panas; tidak cocok untuk bahan berlemak, gemuk, minyak; tahan terhadap asam, basa, alkohol, deterjen; untuk penyimpanan beku (-50°C); transmisi gas cukup tinggi (untuk makanan beraroma); serta kedap air dan uap air.

2). Poliester/Polietilen Tereftalat (PET)

Jenis plastik ini sering digunakan untuk kemasan buah kering, makanan beku dan permen. Sifat umumnya antara lain transparan, bersih, jernih; adaptasi suhu tinggi (suhu 300°C) sangat baik; permeabilitas uap air dan gas sangat rendah; tahan pelarut organik; serta tidak tahan asam kuat, phenol, benzil alkohol.

3). Polipropilen (PP)

Syarat utama PP antara lain ringan, mudah dibentuk, transparan, jernih (kemasan kaku tidak transparan); kekuatan tarik lebih besar dari PE, suhu rendah, rapuh, mudah pecah; lebih kaku dari PE, tidak mudah sobek; permeabilitas uap air rendah, permeabilitas gas sedang; tahan suhu tinggi (150°C) terutama untuk makanan sterilisasi; titik leleh tinggi, sulit dibuat kantung; tahan terhadap asam kuat, basa dan minyak; pada suhu tinggi bereaksi dengan benzena, siklen, toluen, terpentin, asam nitrat kuat.

4). Polistirene (PS)

Sifat utamanya adalah kekuatan tarik dan tidak mudah sobek; titik lebur rendah (80°C); tahan asam, basa; terurai dengan alkohol, ester, keton, klorin, hidrokarbon aromatik; permeabilitas uap air dan gas sangat tinggi; mudah dicetak, licin, jernih, mengkilap; keruh jika kontak dengan pelarut, mudah menyerap pemlastik; afinitas tinggi terhadap debu dan kotoran; serta baik untuk bahan dasar laminasi dengan logam.

5). Polivinil Klorida (PVC)

Ada tiga jenis yaitu plasticized vinyl chloride, vinyl co polimer, dan oriented film. Sifat umumnya adalah tembus pandang; permeabilitas gas dan uap air rendah; tahan terhadap minyak, alkohol dan petroleum; kekuatan tarik tinggi, tidak mudah sobek; dapat dipengaruhi hidrokarbon aromatik, keton, aldehid, ester, dan lain-lain; serta mempunyai densitas $1.35 - 1.4\text{g/cm}^3$.

6). Saran/Poliviniliden Klorida (PVDC)

Sifat umum PVDC saran antara lain adalah transparan, luwes, jernih, beragam; tahan terhadap bahan kimia, asam, basa, minyak; sekat lintasan yang baik untuk sinar UV; permeabilitas gas dan uap air sangat rendah; tahan terhadap pemanasan kering atau basah; serta tidak baik untuk kemas beku. Sedangkan sifat umum PVDC cryovac, yakni mempunyai permeabilitas uap air dan gas rendah; mengkerut jika kena panas; tahan suhu rendah (-40°C); tahan tekanan tinggi (vakum); mudah dicetak, licin, transparan; tidak mudah dibakar; mudah dikelim panas.

7). Selopan

Sifat umum selopan adalah transparan, terang; tidak termoplastik, tidak bisa direkat dengan panas; tidak larut air, minyak, tidak melalukan O₂; mudah retak pada RH dan suhu rendah; mudah dilaminasi; mudah dirobek; dan mengkerut pada suhu dingin. Ada beberapa kode atau jenis selopan, yaitu A/B (Anchored); C (Colored); D (du Pont); L (kedap air sedang); M (kedap uap air); O (dilapisi sebelah); P (tidak dilapisi); R (dilapisi dengan vinil); S (direkat dengan panas); T (tembus pandang); V, X/K (dilapisi dengan polimer saran); WO (White Opaque).

8). Film Plastik (bioplastik)

Contoh dari plastik film adalah film larut air dan dapat dimakan, yaitu amilosa pada bungkus permen dan sosis; selulosa asetat butirat, selulosa asetat propionat; selulosa nitrat dan selulosa triasetat; klorotrifluoroetilin (peralatan bedah); etilen buten (mirip HDPE); fluoro karbon (teflon, tahan bahan kimia); ionomer (kemasan vakum); polivinil alk (untuk produk kering); polietilen oksida (kemasan tepung); polialomer (karakter antara HDPE dan PP); dan H- film (toleransi terhadap suhu cukup besar, sekitar 269 - 400°C, tahan terhadap radiasi sinar X).

B. Kemasan makanan dari logam

Kemasan logam termasuk jenis kemasan yang sering digunakan pada produk pangan. Kemasan logam merupakan kemasan yang banyak digunakan. Kemasan ini digunakan untuk makanan karena praktis dan dapat mempertahankan ketahanan produk dan masa simpan produk yang lebih baik.

Menurut Perka BPOM No. 20 Tahun 2019 Tentang Kemasan Pangan menyebutkan bahwa kemasan pangan merupakan bahan yang digunakan untuk

membungkus dan mewadahi pangan baik yang bersentuhan langsung dengan pangan maupun tidak bersentuhan langsung dengan pangana. Penggunaan kemasan logam ditujukan untuk ketahanan produk dan masa simpan produk yang lebih baik.

Kemasan logam yang dapat digunakan seperti aluminium, baja tahan karat, pelat timah, baja bebas timah, dan bahan pengemas berbasis logam dalam bentuk semi kaku dan kaku, seperti kaleng, pembungkus foil dan kantong. Karakteristik kemas logam antara lain konduktor tinggi, dapat ditempa, kilap logam, tidak tembus pandang, densitas tinggi dan padat. Keunggulan kemas kaleng antara lain kekuatan mekanik besar, barrier tinggi sehingga hermetis, toksisitas rendah, tahan kondisi ekstrim dan permukaan ideal untuk pelabelan.

1) Tin Plate dan TFS

Jenis kaleng dibedakan berdasarkan komponen pelapisan, cara pelapisan, dan komponen baja utama, sehingga ada yang disebut kaleng pelat timah, kaleng TFS, kaleng 3 lapis dan kaleng lapis ganda. Kandungan Sn harus 1-1.25% dari berat kaleng. Cara pelapisan bisa dengan celup atau elektrolisa. Tipe kaleng antara lain N: ditambah 0.02% nitrogen untuk meningkatkan daya kaku dan untuk produk berkarbonat; D: ditambah lapisan aluminium; dan 2 CR: cold reduce lebih ringan, dan untuk bir dan sari buah.

Lapisan enamel merupakan lapisan non logam pada kaleng, melapisi metal (mencegah korosi), melindungi kontak langsung dengan produk. Enamel dalam berfungsi untuk mencegah korosi, sedangkan enamel luar berfungsi untuk mencegah korosi dan untuk dekorasi.

2) Aluminium dan Alufo

Aluminium merupakan jenis logam yang lebih ringan dari baja, daya korosif rendah, mudah dibengkokkan, mampu menahan masuknya gas, tidak berbau dan tidak berasa, dan sulit disolder sehingga sambungan tidak rapat.

Penggunaan aluminium secara komersial, aluminium murni: kurang menguntungkan; perlu penambahan komponen campuran untuk memperbaiki sifat-sifatnya dan meningkatkan daya tahan korosi; bahan campuran (alloy) antara lain tembaga 0.15%, magnesium, mangan, khromium 0.1-0.3%, besi, seng dan titanium; manfaat lain aluminium untuk tutup kaleng (tutup datar, penutup tipe mahkota, tutup sistem pembuka tarik, tutup sistem pembuka cincin) dan tube

logam lunak (collapsible tube).

3). Aluminium foil (Alufo)

Merupakan bahan kemas dari lembaran aluminium yang padat dan tipis dengan ketebalan <0.15 m. Mempunyai tingkat kekerasan berbeda, dimana tanda Oberarti sangat lunak; H-n: keras (semakin tinggi bilangan, maka semakin keras). Kemasan ini hermetis, tidak tembus cahaya, fleksibel, dan dapat digunakan sebagai bahan pelapis atau penguat dilapisi dengan plastik atau kertas.

4). Retort Pouch

Kemasan ini tahan suhu sterilisasi; mempunyai daya simpan tinggi; kuat; tidak mudah sobek/tertusuk; teknik penutupan mudah; contoh: PP-Alufo-PET. Penggunaan aluminium untuk kemasan pangan antara lain untuk produk buah-buahan, produk sayuran, produk daging, produk ikan, kerang, produk susu dan minuman.

5). Kemasan Aerosol

Kemasan ini terdiri dari tiga bagian utama yaitu produk cair, propelan pendorong cairan dan gas. Jenis kemasan aerosol ditentukan berdasarkan komposisi bahan (produk, propelan dan gas) dan mekanisme pengeluaran produk.

a) Aerosol satu fase

Terdiri dari produk cair dan gas propelan dengan jumlah sama banyak. Gas propelan menekan produk sehingga produk keluar melalui pipa dip dan membentuk seperti busa.

b) Aerosol dua fase

Terdiri dari propelan cair yang larut dalam produk (emulsi produk-propelan) dan gas/uap.

c) Aerosol tiga fase

Terdiri dari propelan cair, produk (mengambang pada propelan) dan gas/uap. Bentuk akhir produk (busa atau kabut) dan ukuran partikel tergantung pada katup wadah aerosol. Kombinasi lainnya yaitu ukuran mulut katup, pipa dip dan kran uap.

C. KEMAS KERTAS, KARTON DAN KARDUS

a. Bahan kertas

Pulp kayu lunak mempunyai panjang serat 0.25 in, sedangkan pulp kayu lunak (panjang serat < 0.10 in).

b. Jenis kertas

1. kertas kraft

Terbuat dari kayu lunak dengan proses sulfat; kuat; dan banyak digunakan untuk kemasan

2. kertas krep

Dibuat dengan jalan kertas dilewatkan pelan-pelan ke press rolls saat menjelang akhir pembuatannya sehingga kertas menjadi kerisut

3. kertas glasin dan kertas tahan minyak

Kertas ini permukaan licin; tahan lemak dan minyak, tidak tahan air karena dilapis lilin; dapat ditambahkan bahan lain seperti plastisizer (untuk produk lengket), antioksidan, dan penghambat pertumbuhan kapang; dan kertas glasin dapat untuk minyak.

4. kertas lilin

Hampir semua kertas dapat dilapis lilin, caranya ialah lilin ditambahkan pada saat proses pembuatan kertas atau lilin ditambahkan pada saat akhir (finished sheet) berupa lilin basah atau lilin kering. Bahan dasar yaitu parafin yang dicampur dengan salah satu dari PE, microcrystalline wax atau peetrolatum. Kertas lilin kering yaitu kertas dilapisi lilin dan dilewatkan heat roller. Kertas lilin basah yaitu lilin mengeras di permukaan kertas. Lilin dapat dilapiskan pada 1-2 permukaan; biaya produksi rendah; tahan minyak; dan dapat dikelim panas

5. daluang

Terdiri dari linerboard (dari kayu lunak/pinus) dan karton bergelombang (dari kayu keras dengan proses sulfat); sering disebut CFB (corrugated fiber board); banyak digunakan di industri sebagai kemas primer, sekunder maupun tertier.

6. chipboard

Bahan dari kertas koran, kertas bekas yang dimasak; dapat dibuat kertas tipis/ringan atau kertas tebal/karton lipat.

7. soluble paper

Kertas yang larut dalam air; nama dagang Dissolvo (oleh Gilbreth co., USA) misalnya Dissolvo A yang larut dalam larutan basa 2-5% dan tidak larut dalam air yang tidak mengandung alkali; dan dilarang untuk membungkus makanan oleh FDA

8. kertas plastik

Merupakan modifikasi plastik yang dibuat mirip dengan kertas. Kertas tertentu yang dilapisi oleh polistiren adalah Q-kote (lapisan polistiren dua sisi) dan Q-per (tidak dilapisi, tetapi permukaan kertas diolesi oleh larutan yang mengandung stiren); penemu: Japan Synthetic Paper co. Sifatnya tahan minyak; tahan air/lembab; tidak ditumbuhi kapang; dan sering disebut kertas sintetik

c. Karton Lipat

Merupakan kemasan yang populer karena pemakaian luas, bahan ekonomis, butuh ruangan sedikit untuk penyimpanan, dapat dibuat berbagai bentuk dan ukuran, dapat dicetak, ukuran kecil, tebal karton 0.014-0.032 in dan relatif kuat. Salah satu atau kedua sisi karton dapat diputihkan dengan cara solid bleached sulfate board dan sulfite board. Macam produk yang dikemas menentukan jenis bahan dan model. Dalam perdagangan dikenal sebagai FC (Folding Carton). Kadang dilaminasi dengan plastik; Lapisan luar untuk cetak atau promosi; dan lapisan dalam untuk meningkatkan daya tahan minyak.

D. KEMASAN GELAS

Wadah gelas barrier terhadap benda padat, cair dan gas sehingga baik sebagai pelindung terhadap kontaminasi bau dan cita rasa. Bahan gelas sesuai digunakan untuk produk pangan yang mengalami pemanasan seperti pasteurisasi atau sterilisasi. Walaupun mudah pecah tetapi gelas mempunyai kekuatan mekanik yang tinggi. Wadah gelas lebih tahan terhadap kompresi dari dalam dibandingkan tekanan dari luar. Sifat seperti ini penting untuk pembotolan minuman berkarbonasi. Daya tahan gelas dapat mencapai $1,5 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$

. Daya tahan ini dipengaruhi oleh komposisi, ketebalan dan bentuk dari wadah gelas. Gelas tidak tahan vibrasi serta perbedaan tekanan dan suhu yang besar. Untuk menghitung.

Wadah-wadah gelas terus berkembang hingga saat ini, mulai dari bejana-bejana

sederhana hingga berbagai bentuk yang sangat menarik.

Kemasan gelas mempunyai kelebihan dan keunggulan. Keunggulan gelas: inert (tidak bereaksi dengan bahan yang dikemas, tahan asam dan basa, dan tahan lingkungan), gelas dapat dibuat tembus pandang/transparan atau gelap, selama pemakaian, bentuknya tetap, tidak berbau dan tidak berpengaruh terhadap bahan yang dikemas (tidak ada migrasi), dan barrier yang baik terhadap uap air, air dan gas-gas lain. Adapun kelemahan gelas: rapuh/ mudah pecah, bobot besar biaya distribusi dan transportasi tinggi, perlu bahan pengemas kedua, membutuhkan banyak energi.

Cara mengatasi kelemahan tersebut adalah dengan membuat kemasan dari plastik seperti gelas, yang disebut botol gamma (kemasan dari plastik tetapi memiliki sifat-sifat yang hampir sama dengan gelas).

E.KEMASAN EDIBLE

Edible packaging pertama kali dikenal di Cina pada abad 12 dan 13, dimana jeruk dan oranges dicelup lilin lebah cair untuk mengatur laju respirasi sehingga proses pematangan bisa dikontrol. Aplikasi edible film antara lain pada daging beku, ayam beku, hasil laut, confectionary, dan makanan semi basah. Edible film ditambah dengan pengawet bisa menjadi antimikroba (misal benzoat, propionat); pengawet (sorbat); fungisida (benomyl, captan); antioksidan (askorbat, BHA, BHT); dan sequestran (sitrat).

Penyusun utama edible packaging adalah hidrokoloid, lipida, dan komposit. Hidrokoloid terdiri dari protein, selulosa, alginat, pektin dan pati yang berguna untuk mencegah reaksi deteriorasi dan bersifat polar/tahan lemak. Lipida terdiri dari lilin, acylglycerol, asam lemak dan berguna untuk mencegah atau menahan difusi uap air. Sedangkan komposit terbuat dari campuran hidrokoloid dan lipida, bersifat hidrofobik.

BAB IV

PENGEMAS PLASTIK UNTUK MAKANAN DAN MINUMAN

Penentuan bahan plastik sebagai pengemas makanan harus memperhatikan sifat dari makanan yang akan dikemas. Tidak mudah untuk menentukan jenis plastik yang baik untuk wadah atau kemasan makanan. Jenis kemasan plastik untuk makanan yang beredar dipasaran sangat banyak jenisnya, banyak jenis kemasan plastik yang beredar yang sebenarnya tidak sesuai atau tidak tepat untuk makanan dan minuman. a yang Di pasaran diperkirakan banyak dijumpai bahan kemasan yang sebetulnya tidak cocok dengan jenis makanan dan minuman yang dikemas. Setiap jenis makanan memiliki sifat yang perlu dilindungi, yang harus dapat ditanggulangi oleh jenis plastik tertentu. Kesalahan material kemasan dapat mengakibatkan kerusakan bahan makanan dan minuman yang dikemas (Buckle, 1987).

Selain dengan melihat pengkodean yang telah ditetapkan, aman-tidaknya adalah plastik (food grade dan non-food grade) bisa diketahui dari simbol atau pertanda khusus yang tertera di wadah plastik tersebut, diantaranya (Anonim, 2010):

1. Simbol Food Grade

Bergambar gelas dan garpu, artinya wadah tersebut aman digunakan untuk makanan dan minuman. Food Grade adalah standardisasi material yang layak digunakan untuk memproduksi perlengkapan makanan. Material akan dianggap memenuhi Food Grade jika tidak memindahkan zat-zat berbahaya dari produk wadah tersebut ke makanan yang akan dikonsumsi. Sehingga tujuan dari Food Grade ini adalah untuk menjaga kualitas makanan. Terdapat syarat-syarat yang dikualifikasikan sebagai Food Grade, antara lain: Tidak mengandung bahan-bahan berbahaya bagi kesehatan; Tidak mengubah rasa makanan; Dan tidak mentransfer unsur tertentu dalam makanan. Bentuknya bermacam-macam, mulai dari paper cup, paper bowl, bento box, paper tray, maupun takeaway box. Berikut fungsi-fungsinya: Melindungi makanan dari pengaruh lingkungan seperti kelembapan. Melindungi kerusakan makan dari pengiriman. Melindungi makanan dari bakteri dan jamur. Dan melindungi makanan dari suhu luar dan pengaruhnya.

2. Non Food Grade (bergambar gelas & garpu yang dicoret)

Simbol pada wadah makanan ini merupakan kebalikan dari simbol food grade. Artinya wadah tersebut bukan merupakan wadah yang bisa dipakai untuk makanan ataupun minuman karena didalamnya mengandung zat yang bisa berbahaya bagi kesehatan Anda.

3. Microwave Safe (gambar garis bergelombang)

Simbol ini diberikan pada wadah kemasan dengan arti aman untuk dipakai saat menghangatkan makanan di suhu tinggi microwave.

4. Non Microwave Safe (bergambar garis bergelombang yang dicoret)

Simbol pada wadah makanan ini artinya wadah tersebut tidak memiliki ketahanan saat dipakai untuk menghangatkan makanan di suhu tinggi microwave.

5. Oven Safe (gambar oven – dua garis horizontal)

Untuk wadah yang memiliki simbol ini artinya wadah tersebut aman dipakai untuk menghangatkan makanan di dalam oven sebab bisa menahan suhu panasnya.

6. Non Oven Safe (gambar dua garis secara horizontal yang dicoret)

Simbol pada wadah makanan ini artinya tidak aman dipakai untuk menghangatkan makanan di dalam suhu oven sebab tidak tahan suhu panasnya. Apabila dipaksakan memanaskan wadah ini di dalam oven maka ini akan merusak bentuk asli dari wadah tersebut.

7. Dishwasher Safe (bergambar gelas terbalik)

Simbol ini menyatakan bahwa wadah kuat dan aman untuk dicuci menggunakan mesin pencuci piring.

8. Non dishwasher Safe (gambar dicoret)

Simbol pada wadah makanan tentu menandakan bahwa wadah tersebut bukan ditujukan untuk dicuci menggunakan mesin pencuci piring. Pengguna harus mencucinya secara manual agar tidak terjadi kerusakan baik pada wadah makanan maupun mesin pencuci piring itu sendiri.

9. Freezer Safe (bergambar bunga salju)

Simbol pada wadah makanan mengartikan bahwa wadah aman dipakai untuk menyimpan berbagai makanan di dalamnya dengan suhu rendah/ beku, bisa juga diletakkan di dalam freezer.

10. Non Freezer Safe (gambar dicoret)

Simbol pada wadah makanan ini tidak disarankan untuk digunakan menyimpan makanan di dalam suhu rendah/ beku.

11. Grill Safe (gambar gril – tiga segitiga atau panggangan terbalik)

Simbol ini menandakan bahwa wadah aman untuk dipakai sebagai wadah saat memanggang makanan menggunakan pemanggang.

12. Non Grill Safe (bergambar dicoret)

Wadah yang memiliki simbol ini artinya tidak aman untuk dipakai di dalam alat pemanggang sebab tidak mempunyai ketahanan panas yang cukup baik.

13. Cut Safe (gambar pisau)

Simbol pisau ini menandakan bahwa wadah makanan aman dipakai sebagai alas ketika Anda memotong berbagai bahan makanan.

14. Non Cut Safe (bergambar pisau yang dicoret)

Artinya wadah tidak bisa atau tidak aman digunakan untuk memotong bahan makanan.

B. Penggunaan Kemasan Film Untuk Makanan Dan Minuman

1. Produk Susu

Kemasan yang terbaik adalah LDPE dan HDPE. LDPE digunakan dengan cara membentuknya mengisi dan di-seal, sedangkan HDPE digunakan untuk ukuran besar. Untuk produk keju lebih baik digunakan nilon/PE, selulosa/PE, PET/PE, selo/saran/PE, PET/saran/PE, nilon/PE.

2. Daging dan Ikan

Daging segar lebih baik dikemas dengan PVC/selapan, sehingga terlihat cerah, untuk daging beku digunakan LDPE. Kemasan etilen vinil asetat/PE digunakan untuk produk unggas. Untuk produk daging masak, bacon, awetan digunakan kemasan PE/PVDC/PA, PE/PET dimetalisasi, PE/alumunium foil/PET, PET/saran/Pe atau saran/nilon/PE (terutama untuk daging awetan). Dan untuk ikan beku digunakan HDPE dan LDPE.

3. Produk Roti

Untuk produk cake atau bolu digunakan selulosa berlapis/OPP untuk mencegah apek. Biskuit menggunakan kemasan selulosa berlapis/ PP, sedangkan keripik kentang digunakan kemasan netralisasi.

4. Makanan Kering dan Serelia

Kemasan makanan kering dan serelia digunakan LDPE dilapis kertas, LDPE/alumunium foil/LDPE/kertas, PET/PE, dan atau kertas/alumunium foil/PE.

5. Buah dan Sayur Segar

Buah dan sayur segar digunakan polistiren busa, LDPE, EVA, ionomer/PVC. Bisa juga digunakan film stretch dan PE untuk mengendalikan atmosfer.

6. Kopi

Kemasan Kopi digunakan foil atau poliester yang dimetalisasi dan PE, PET/saran/PE, nilon/saran/PE, OPP/saran/PE, dan OPP/alumunium foil/PE. Untuk kopi instan bisa digunakan kemasan PVDC melapis PVC.

7. Teh

Kemasan teh digunakan kemasan selapan/PE, Pet/PE, kertas/alumunium foil/PE, OPP/ PVDC/PE, dan LDPE/PVC/LDPE untuk mencegah ketengikan,

kehilangan aroma dan CO₂.

Cara Mengenal jenis Plastik pada Kemasan adalah :

1. Periksa nomor kode daur ulang, biasanya diletakkan pada bagian bawah botol, dalam tutup, atau dicetak pada label untuk kemasan fleksibel,
2. Periksa keras atau lunak : PP ditekan akan balik ke bentuk semula; HDPE ditekan tidak kembali; LDPE lebih lunak dari HDPE; PET keras; PC lebih keras; PVC kurang keras.
3. Periksa permukaan mengkilap atau tidak : PC, PET dan PVC mengkilap; PP mengkilap tapi tidak keras; HDPE dan LDPE tidak mengkilap.
4. Test bakar : HDPE dan LDPE akan berbau wax; PC berbau phenol; PVC berbau chlorine; PET berbau buah
5. Kemasan tersebut harus dapat melindungi produk dari kerusakan fisik dan mekanis.
6. Cegah penggunaan botol susu bayi dan cangkir bayi (dengan lubang penghisapnya) berbahan polycarbonate, cobalah pilih dan gunakan botol susu bayi berbahan kaca, polyethylene, atau polypropylene. Gunakanlah cangkir bayi berbahan stainless steel, polypropylene, atau polyethylene. Untuk dot, gunakanlah yang berbahan silikon, karena tidak akan mengeluarkan zat karsinogenik sebagaimana pada dot berbahan latex.
7. Jika penggunaan plastik berbahan polycarbonate tidak dapat dicegah, janganlah menyimpan air minum ataupun makanan dalam keadaan panas.
8. Hindari penggunaan botol plastik untuk menyimpan air minum. Jika penggunaan botol plastik berbahan PET (kode 1) dan HDPE (kode 2), tidak dapat dicegah, gunakanlah hanya sekali pakai dan segera dihabiskan karena pelepasan senyawa antimoni trioksida terus meningkat seiring waktu. Bahan alternatif yang dapat digunakan adalah botol *stainless steel* atau kaca.
9. Cegahlah memanaskan makanan yang dikemas dalam plastik, khususnya pada microwave oven, yang dapat mengakibatkan zat kimia yang terdapat pada plastik tersebut terlepas dan bereaksi dengan makanan lebih cepat. Hal ini pun dapat terjadi bila kemasan plastik digunakan untuk mengemas makanan berminyak atau berlemak.
10. Bungkuslah terlebih dahulu makanan dengan daun pisang atau kertas sebelum dibungkus dengan plastik pembungkus ketika akan dipanaskan di *microwave oven*. Cobalah untuk menggunakan kemasan berbahan kain untuk membawa

sayuran, makanan, ataupun belanjaan dan gunakanlah kemasan berbahan stainless steel atau kaca untuk menyimpan makanan atau minuman.

11. Cegah penggunaan piring dan alat makan plastik untuk masakan. Gunakanlah alat makan berbahan *stainless steel*, kaca, keramik, dan kayu.

Pada umumnya setiap produk pangan akan dikemas menggunakan suatu kemasan yang disebut dengan Kemasan Pangan. Kemasan pangan merupakan kemasan yang digunakan untuk mengemas/mewadahi suatu produk, baik yang bersentuhan langsung maupun tidak langsung dengan produk. Selain untuk mengemas dan mewadahi, kemasan pangan bertujuan untuk melindungi produk yang dikemas baik dari kontaminasi kimia, fisika dan mikrobiologi serta untuk menjaga kualitas produk selama penyimpanan. Selain untuk alasan keamanan, kemasan juga menjadi salah satu media informasi bagi konsumen dan menjadi daya tarik untuk produk yang dikemas.

Kemasan Pangan sangat beragam macamnya. Dewasa ini penggunaan kemasan untuk produk pangan sangat didominasi oleh plastik. Plastik menjadi salah satu pilihan bagi para produsen karena memiliki banyak keuntungan diantaranya bentuknya yang fleksibel sehingga mudah untuk di modifikasi. Namun demikian, bagaimanapun modifikasi dan inovasi yang dilakukan, kemasan pangan tersebut tetap harus dapat digunakan tanpa mempengaruhi atau mengkontaminasi produk yang dikemas sehingga aman bagi kesehatan manusia.

Tidak semua kemasan pangan yang beredar terbuat dari bahan yang aman, penggunaan yang tidak sesuai juga dapat memberikan dampak negatif bagi kesehatan. Penggunaan yang tidak sesuai pada suatu kemasan dapat memicu terjadinya migrasi. Migrasi merupakan proses terjadinya perpindahan suatu zat dari bahan pembentuk kemasan pangan ke dalam produk makanan. Migrasi yang terjadi dari suatu kemasan ke dalam produk yang dikemas dapat memberikan dampak terhadap kualitas produk yang dikemas, yaitu mempengaruhi aroma, bau serta rasa dari produk serta memberikan dampak terhadap kesehatan manusia. Apabila komponen atau senyawa yang termigrasi terakumulasi dalam tubuh manusia, maka dapat menyebabkan penyakit seperti kanker dll. Hal ini dikarenakan suatu kemasan pangan yang terbuat dari plastik tersusun dari polimer, yaitu rantai panjang dari satuan-satuan yang lebih kecil yang disebut dengan monomer. Dengan pengaruh panas atau pemakaian yang tidak sesuai, maka polimer tersebut dapat terurai menjadi monomer-monomer yang akan bermigrasi ke dalam produk makanan yang dikemas. Apabila produk makanan tersebut dikonsumsi dan masuk ke dalam tubuh, maka monomer

yang bermigrasi juga akan terakumulasi dalam tubuh. Monomer-monomer ini tidak dapat larut dalam air sehingga tidak dapat dibuang keluar baik melalui urine dan kotoran. Penumpukan monomer dalam tubuh inilah yang dapat memicu munculnya kanker.

B. Migrasi kemasan kedalam Makanan dan pengaruhnya terhadap kesehatan

Pada umumnya setiap produk pangan akan dikemas menggunakan suatu kemasan yang disebut dengan Kemasan Pangan. Kemasan pangan merupakan kemasan yang digunakan untuk mengemas/mewadahi suatu produk, baik yang bersentuhan langsung maupun tidak langsung dengan produk. Selain untuk mengemas dan mewadahi, kemasan pangan bertujuan untuk melindungi produk yang dikemas baik dari kontaminasi kimia, fisika dan mikrobiologi serta untuk menjaga kualitas produk selama penyimpanan. Selain untuk alasan keamanan, kemasan juga menjadi salah satu media informasi bagi konsumen dan menjadi daya tarik untuk produk yang dikemas.

Kemasan Pangan sangat beragam macamnya. Dewasa ini penggunaan kemasan untuk produk pangan sangat didominasi oleh plastik. Plastik menjadi salah satu pilihan bagi para produsen karena memiliki banyak keuntungan diantaranya bentuknya yang fleksibel sehingga mudah untuk di modifikasi. Namun demikian, bagaimanapun modifikasi dan inovasi yang dilakukan, kemasan pangan tersebut tetap harus dapat digunakan tanpa mempengaruhi atau mengkontaminasi produk yang dikemas sehingga aman bagi kesehatan manusia.

Tidak semua kemasan pangan yang beredar terbuat dari bahan yang aman, penggunaan yang tidak sesuai juga dapat memberikan dampak negatif bagi kesehatan. Penggunaan yang tidak sesuai pada suatu kemasan dapat memicu terjadinya migrasi. Migrasi merupakan proses terjadinya perpindahan suatu zat dari bahan pembentuk kemasan pangan kedalam produk makanan. Migrasi yang terjadi dari suatu kemasan ke dalam produk yang dikemas dapat memberikan dampak terhadap kualitas produk yang dikemas, yaitu mempengaruhi aroma, bau serta rasa dari produk serta memberikan dampak terhadap kesehatan manusia. Apabila komponen atau senyawa yang termigrasi terakumulasi dalam tubuh manusia, maka dapat menyebabkan penyakit seperti kanker dll. Hal ini dikarenakan suatu kemasan pangan yang terbuat dari plastik tersusun dari polimer, yaitu rantai panjang dari satuan-satuan yang lebih kecil yang disebut dengan monomer. Dengan pengaruh panas atau pemakaian yang tidak sesuai, maka polimer tersebut dapat terurai menjadi monomer-

monomer yang akan bermigrasi ke dalam produk makanan yang dikemas. Apabila produk makanan tersebut dikonsumsi dan masuk ke dalam tubuh, maka monomer yang bermigrasi juga akan terakumulasi dalam tubuh. Monomer-monomer ini tidak dapat larut dalam air sehingga tidak dapat dibuang keluar baik melalui urine dan kotoran. Penumpukan monomer dalam tubuh inilah yang dapat memicu munculnya kanker.

Migrasi yang terjadi pada suatu kemasan terbagi menjadi dua, yaitu:

1. Global Migrasi

Global migrasi merupakan hasil perpindahan semua komponen dari suatu kemasan dimana tidak dibedakan komponen tersebut berbahaya atau tidak bagi kesehatan manusia. Sumber bahan, jenis senyawa dan zat yang bermigrasi dari suatu kemasan dapat berupa residu reaksi polimerisasi (monomer, katalis, pelarut dll), bahan-bahan tambahan (stabilizer, plasticizer, filler) serta logam-logam berat termigrasi (Pb, Cd, Hg, Cr⁶⁺).

2. Spesifik migrasi

Berbeda dengan global migrasi, pada spesifik migrasi komponen yang berpindah dari suatu kemasan ke dalam produk sudah diketahui dan membahayakan bagi kesehatan manusia. Contoh dari spesifik migrasi ini adalah monomer-monomer dari kemasan seperti Monomer VCM (Vinil Chloride Monomer) pada Kemasan PVC dan Monomer Stirena pada kemasan Polystirena.

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi migrasi, diantaranya: durasi kontak antara kemasan dengan produk, Suhu kontak antara kemasan dengan produk, luas permukaan kontak dan bahan pangan yang agresif. Migrasi dapat meningkat apabila waktu kontak antara kemasan dengan produk yang dikemas meningkat. Semakin lama suatu produk dikemas dengan menggunakan suatu jenis kemasan memungkinkan migrasi yang terjadi semakin besar. Migrasi juga dipercepat dengan adanya panas. Bila suhu ditingkatkan, migrasi akan lebih tinggi. Bahan yang berbeda seharusnya digunakan dalam kondisi yang berbeda. Hal ini dikarenakan masing-masing jenis kemasan pangan terutama plastik memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda. Selain waktu kontak dan suhu, tipe pangan juga berpengaruh terhadap migrasi yang dihasilkan. Tipe pangan yang tercantum dalam Peraturan Kepala BPOM RI No. HK 03.1.23.07.11.6664 tahun 2011 tentang batas kemasan pangan mengacu pada tipe pangan yang digunakan di US FDA. Tipe pangan tersebut diklasifikasikan menjadi pangan berair, asam, beralkohol dan berlemak. Tipe pangan ini sangat penting untuk

diketahui dalam menentukan simulasi pangan yang akan digunakan pada saat pengujian migrasi. Ada beberapa standar acuan yang digunakan untuk menentukan ambang batas migrasi yang diperbolehkan, diantaranya Peraturan Kepala Badan Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM) No. HK.03.1.23.07.11.6664 tahun 2011, standar EU, dan standar Hygiene. Selain itu, ada juga beberapa Standar Nasional Indonesia (SNI) yang sudah diterbitkan untuk beberapa jenis kemasan pangan, seperti SNI 7323-2008 : Plastik- Wadah makanan dan Minuman – Polystyrene Foam, SNI 19-4370-2004 : Botol Plastik untuk AMDK, SNI 12-4259-2004 : Gelas Plastik untuk AMDK dan SNI 8218-2015 : Kertas dan Karton Untuk Kemasan Pangan.

C. Migrasi Bahan Kimia dari Kemasan Plastik pada Pangan dan Efeknya Pada Kesehatan

Sebagian besar bahan baku plastik berasal dari gas alam dan minyak bumi. Melalui proses polimerisasi, gas dan minyak bumi diubah menjadi plastik. Agar plastik memiliki sifat yang optimal, maka ditambahkan beberapa zat aditif, seperti plasticizer, penstabil/stabilizer, pewarna, pelumas, pengawet, antioksidan, bahan antistatik dan lain sebagainya. Selain memberikan sifat yang diinginkan, zat aditif tersebut juga dapat menimbulkan efek negatif bagi manusia dan lingkungan.

Bahan kimia yang dapat bermigrasi dari kemasan plastik ke dalam pangan dan berpotensi menimbulkan efek terhadap kesehatan antara lain adalah:

1. Polyvinyl chloride (PVC)

Efek terhadap kesehatan dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan kanker, cacat lahir, perubahan genetik, bronkitis kronik, ulser, penyakit kulit, tuli, gangguan penglihatan, gangguan pencernaan, disfungsi hati.

2. Phthalates

Phthalates merupakan bahan yang memberikan sifat lembut dan fleksibel pada polimer PVC. Efek terhadap kesehatannya dalam jangka waktu yang lama antara lain adalah endocrine disruption, terkait dengan asma, efek terhadap perkembangan dan reproduktif. Limbah medis yang mengandung PVC dan phthalates yang dibakar dapat melepaskan dioksin dan merkuri sehingga dapat mempengaruhi kesehatan masyarakat sekitarnya dalam jangka waktu yang lama, termasuk kanker, cacat lahir, perubahan hormon, penurunan jumlah sperma, infertilitas, endometriosis dan gangguan sistem imun.

3. Polycarbonate yang mengandung Bisphenol A

Studi mengenai Bisphenol A menunjukkan bahwa paparan bahan ini dalam kadar rendah dan dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan kanker, gangguan fungsi imunitas, pubertas yang muncul dini, obesitas, diabetes, dan hiperaktivitas.

4. Polystyrene

Polystyrene secara akut dapat mengiritasi mata, hidung, tenggorokan, menyebabkan pusing dan ketidaksadaran. Jika bermigrasi ke dalam pangan, bahan ini akan terakumulasi dalam jaringan lemak. Studi menunjukkan adanya peningkatan kanker limfatik dan hematopoietik bagi pekerja yang terpapar bahan ini.

5. Polyethylene

Bahan ini dicurigai sebagai karsinogen pada manusia.

6. Polyester

Polyester secara akut dapat menyebabkan iritasi pada mata dan saluran pernafasan serta ruam kulit akut.

7. Urea-formaldehyde

Melamin palsu biasanya terbuat dari urea yang mengandung formalin dengan kadar tinggi. Urea merupakan bahan yang tidak tahan panas dan dapat melepaskan formalin yang menjadi kontaminan pangan saat terkena panas. Formalin dicurigai sebagai karsinogen. Studi mengenai formalin menunjukkan bahwa bahan ini dapat menyebabkan cacat lahir dan perubahan genetik. Menghirup formalin dapat menyebabkan batuk, pembengkakan tenggorokan, mata berair, gangguan pernafasan, sakit kepala, ruam, dan rasa lelah.

8. Polyurethane foam

Polyurethane foam dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan bronkitis, batuk, gangguan kulit dan mata. Bahan ini dapat melepaskan toluen diisosianat yang menyebabkan gangguan paru berat.

9. Acrylic

Acrylic secara akut dapat menyebabkan gangguan pernafasan, diare, mual, lemah, sakit kepala.

BAB V

BIOPLASTK

A. Tinjauan Bioplastik

Bioplastik adalah plastik yang mudah terdegradasi baik melalui serangan mikroorganisme maupun oleh cuaca (kelembaban dan radiasi sinar matahari) berasal dari tanaman seperti pati, selulosa, lignin dan hewan seperti kasein, protein dan lipid. Plastik berbahan dasar pati aman bagi lingkungan. Secara umum, kemasan biodegradable diartikan sebagai film kemasan yang dapat didaur ulang dan dapat dihancurkan secara alami. Plastik biodegradable disebut juga bioplastik yaitu plastik yang seluruh atau hampir seluruh komponennya berasal dari bahan baku yang dapat diperbaharui dan kondisi tertentu, waktu tertentu mengalami perubahan dalam struktur kimianya, yang mempengaruhi sifat-sifat yang dimilikinya karena pengaruh mikroorganisme (bakteri, jamur, alga). Menurut Pranamuda, plastik biodegradable adalah plastik yang dapat digunakan layaknya seperti plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir air dan gas karbondioksida setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan. Plastik biodegradable merupakan bahan plastik yang ramah terhadap lingkungan karena sifatnya yang dapat kembali ke alam. Secara umum, kemasan biodegradable diartikan sebagai film kemasan yang dapat didaur ulang dan dapat dihancurkan secara alami. Pada dasarnya film kemasan mensyaratkan sifat-sifat fleksibel, dapat-dicetak, tidak berbau, mampu menghambat keluar masuknya gas dan uap air, serta transparan. Di samping bersifat dapat dihancurkan secara alami maupun mikrobiologis, bahan bioplastik mudah diperoleh dengan siklus waktu penyediaan yang singkat. Bahan pertanian yang mempunyai potensi untuk pembuatan film kemasan ramah lingkungan antara lain adalah polisakarida. Dengan mempertimbangkan segi kebutuhan komparatif, polisakarida dari hasil pertanian bernilai lebih murah karena tersedia melimpah. Beberapa penelitian terhadap polisakarida jenis pati sebagai bahan bioplastik telah dilakukan beras dan kacang polong, dan beberapa pati tropis.

Sumber atau cara memperolehnya, Klasifikasi biopolimer sebagai bahan baku

bio-kemasan menjadi tiga kelompok yaitu :

Kelompok 1 yaitu : biopolimer yang berasal dari sumber hewan yaitu; collagen gelatin, kelompok 2 adalah biopolimer yang berasal dari limbah industri pengolahan ikan yaitu chitin/chitosan,

kelompok 3 berasal dari pertanian yaitu diklasifikasikan menjadi 2 bagian yaitu lemak dan hydrocelloid. Yang berasal dari lemak terdiri dari : bees wax, camauba wax, asam lemak; sedangkan dari hydrocolloid dibagi menjadi 2 bagian yaitu: protein dan polysacharida. hydrocolloid yang berasal dari protein adalah: zein (protein jagung), kedelai, whey susu, glutera gandum sedangkan hydrocolloid yang berasal dari polysacharida adalah: cellulosa, serat, pati, pektin, garns. Selain dari polimer alami, ada beberapa zat sintetis yang merupakan campuran antara zat petrokimia dengan biopolimer dan atau biopolimer yang telah mengalami perlakuan yang kompleks tetapi tetap memiliki sifat biodegradable, contohnya adalah poly alkilene esters, poly lactic acid, poly amid esters, poly vinil esters, poly vinil alcohol, dan poly anhidrides. Polimer mikrobiologi (polyester) : biopolimer ini dihasilkan secara bioteknologi atau fermentasi dengan mikroba genus *Alcaligenes* . Biopolimer jenis ini diantaranya polihidroksi butirat (PHB), polihidroksi valerat (PHV), asam polilaktat (polylactic acid) dan asam poliglikolat (polyglycolic acid). Bahan ini dapat terdegradasi secara penuh oleh bakteri, jamur dan alga. Namun oleh karena proses produksi bahan dasarnya yang rumit mengakibatkan harga kemasan biodegradable ini relatif mahal. Berdasarkan bahan baku yang digunakan plastik biodegradable dikelompokkan menjadi dua, yaitu kelompok dengan bahan baku petrokimia (non-renewable resources) dengan bahan aditif dari senyawa bio-aktif yang bersifat biodegradable dan kelompok kedua dari semua bahan bakunya berasal dari sumber daya alam terbarukan (renewable resources), seperti dari bahan tanaman pati dan selulosa serta hewan seperti cangkang atau mikroorganisme yang dimanfaatkan untuk mengakumulasi plastik yang berasal dari sumber tertentu misalnya lumpur aktif dan limbah cair yang kaya akan bahan-bahan organik sebagai sumber makanan bagi mikroorganisme tersebut (Wikipedia, 2009; Adam et al, 2009).

Averous (2008), mengelompokkan polimer biodegradable ke dalam dua kelompok dan empat keluarga berbeda berikut ini klasifikasi polimer biodegradable. Klasifikasi Polimer Biodegradable Sumber: Averous, 2008. Kelompok utama adalah: (1) agro-polymer yang terdiri dari polisakarida, protein dan sebagainya; dan (2) biopoliester (biodegradable polyesters) seperti poli asam laktat (PLA), poly

hydroxy alkanoate (PHA), aromatik and alifatik kopoliester. Biopolimer yang tergolong agro-polymer adalah produk-produk biomassa yang diperoleh dari bahan-bahan pertanian. seperti polisakarida, protein dan lemak. Biopoliester dibagi lagi berdasarkan sumbernya. Kelompok Polyhydroxy-alkanoate (PHA) didapatkan dari aktivitas mikroorganisme yang didapatkan dengan cara ekstraksi. Contoh PHA diantaranya Poly (hydroxybutyrate) (PHB) dan Poly (hydroxy butyrate co-hydroxy valerate) (PHBV). Kelompok lain adalah biopoliester yang diperoleh dari aplikasi bioteknologi, yaitu dengan sintesa secara konvensional monomer-monomer yang diperoleh secara biologi, yang disebut kelompok polilaktida. Contoh polilaktida adalah poli asam laktat. Kelompok terakhir diperoleh dari produk-produk petrokimia yang disintesa secara konvensional dari monomer-monomer sintetis. Kelompok ini terdiri dari poly capro lactones (PCL), polyester amides, aliphatic co-polyesters dan aromatic co-polyesters. Bioplastik merupakan bahan kemasan edible film. bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan kemasan ini menggunakan biopolimer yaitu hidrokoloid dan lipida. Plastik biodegradable dan plastik konvensional memiliki kesamaan fungsi, tetapi berbeda bila ditinjau dari bahan baku pembuatan keduanya. Plastik biodegradable sering disebut dengan nama bioplastik. Prinsip bioplastik adalah jenis plastik yang ramah lingkungan yaitu dapat terdegradasi lebih cepat karena terbuat dari bahan yang berasal dari tumbuhan (biomassa) salah satu produk pertanian yang terbarukan (Pathak *et al.*, 2014). Penggunaannya seperti plastik biasa dan mampu terurai oleh faktor alam seperti cuaca, kelembaban dan radiasi matahari serta aktivitas mikroorganisme (*bio-degradeable*) (Wijayanti *et al.*, 2016; Illing and Satriawan, 2017). Prinsip bioplastik diatas merupakan parameter yang penting karena jenis bioplastik belum tentu *bio-degradeable* (seperti *polyamide*) dan beberapa jenis plastik yang memiliki prinsip *bio-degradeable* belum tentu termasuk ke dalam jenis bioplastik (seperti *polyvinyl alcohol*) (Kaeb, 2009).

Bioplastik dapat digunakan sebagai pengemas produk - produk pangan seperti buah dan sayur. Bioplastik memiliki fungsi untuk menahan difusi oksigen dan uap air. Fungsi sekunder dari bioplastik mampu digunakan sebagai kantung sampah yang bersifat *compostable* (tanpa proses pengomposan bersama). Kelebihan bioplastik mampu menjadi salah satu alternatif mengurangi dan mensubstitusi penggunaan plastik konvensional yang berasal dari minyak bumi. Banyak keunggulan dalam suatu bioplastik yaitu fleksibel, tidak mudah pecah, transparan, ringan, bentuk laminasi dapat dikombinasikan dengan bahan pengemas lain dan

beberapa diantaranya tahan panas dan juga stabil (Sriwahyuni, 2018; Kamsiati, Herawati dan Purwani, 2014).

Bioplastik memiliki banyak keunggulan daripada plastik konvensional yang berdasarkan penggunaan sumber daya terbarukan, *bio-degradability* dan toksisitas (University of Pittsburgh, 2010). Setidaknya ada 4 jenis plastik yang memenuhi kriteria sebagai bioplastik, yaitu *starch-based plastics/thermoplastic starch*, *cellulose-based plastics*, PLA (*polylactic acid*), dan PHA (*polyhydroxylalkanoates*) (Wijayanti *et al.*, 2016).

Tabel 3: Perbandingan Jenis-Jenis Bioplastik

Aspek Pembeda	Starch-based plastic	Cellulose-based plastics (<i>cellulose acetate</i>)	PLA (<i>polylactic acid</i>)	PHA (<i>polyhydroxylalkanoates</i>)
Bahan Baku	Berasal dari pati tumbuhan dan bisa juga limbah, contoh: jagung, kacang kapri dan cucian beras.	Berasal dari pati tumbuhan dan bisa juga limbah, contoh: limbah kertas dan limbah kelapa sawit.	Singkong, biji kapas, jagung, gula bit, gandum, sorgum, atau tebu.	Minyak tanaman, gliserol, dan karbon dioksida (CO ₂).
Sifat	Rapuh, mudah terurai, hidrofilik, serta permeabilitas yang baik.	Hidrofobik, mudah dibentuk, dan memiliki stabilitas yang tinggi.	Kaku, mengkilap, tidak berwarna, memiliki ketahanan mekanis yang kuat.	Hidrofobik, biocompatible, dan termoplastik.
Kelebihan	Bahan baku mudah ditemui, biaya produksi murah, cepat terdegradasi.	Bahan baku mudah ditemui, hidrofobik dan cepat kering (tahan air).	Dapat didaur ulang melalui hidrolisis atau alkoholisis serta dapat menjadi kompos.	Tidak beracun dari pendegradasinya, kompatibel dengan tubuh manusia.
Kekurangan	Rapuh, kekuatan dan ketahanan mekanis rendah, higroskopis sehingga tidak tahan air.	Kekuatan mekanisnya lebih rendah dari plastik konvensional, mudah rusak apabila kontak langsung dengan oksigen.	Hasil uraiannya bersifat asam, mudah terdeformasi pada suhu tinggi, masih berasal dari bahan pangan.	Biaya produksi relatif tinggi.

(Sumber :Wijayanti *et al.*, 2016).

B. Komponen-komponen Bioplastik

1. Hidrokoloid

Hidrokoloid adalah komponen polimer yang berasal dari tumbuhan, hewan, mikroorganisme dan komponen sintetik, dan terutama mengandung gugus hidroksil. Hidrokoloid memiliki kemampuan larut dalam air, mudah membentuk koloid, dan sebagai pengental atau pembentuk gel dalam larutan. Kemampuan ini juga dapat digunakan dalam pembuatan produk non pangan, antara lain produk farmasi, edible film, dan bioplastik (Herawati, 2018).

Sebagai komponen dasar bioplastik, polisakarida dapat digunakan sebagai pendingin udara untuk meningkatkan konsistensi dan viskositas bioplastik. Pembentukan gel hidrokoloid disebabkan oleh pembentukan jaringan tiga dimensi molekul primer, yang membentuk volume gel saat air meregang. Kekuatan bioplastik berkaitan dengan struktur kimia polimer, aditif dan kondisi lingkungan selama pembentukan bioplastik, dan interaksinya berpengaruh signifikan terhadap karakteristik seperti ketebalan, kekuatan tarik, dan perpanjangan (Herawati, 2018).

Komposisi hidrokoloid sangat berpengaruh terhadap kualitas bioplastik yang dihasilkan. Berbagai jenis hidrokoloid biasanya digunakan sebagai bahan penyusun bioplastik. Bioplastik yang ditambahkan komponen hidrokoloid akan memiliki sifat hidrofilis, yaitu kemampuan bahan untuk menyerap atau mengikat air. Bioplastik yang dihasilkan oleh bioplastik hidrofilik memiliki kapasitas retensi uap air yang rendah. Beberapa jenis hidrokoloid dapat dikombinasikan dengan bahan kemasan untuk menghasilkan bioplastik yang dapat menjaga kualitas dan memperpanjang umursimpan produk kemasan (Herawati, 2018).

2. Lipida

Bioplastik berbasis lipid banyak digunakan sebagai penghambat uap air dan bahan pelapis untuk memberikan efek mengkilap pada produk – produk makanan. Bioplastik dengan bahan bakulemak murni memiliki keterbatasan dalam sifat fisik dan mekaniknya sehingga perlu adanya penambahan bahan lain sehingga karakteristik yang dihasilkan menjadi lebih baik. Lipid yang umumnya digunakan sebagai bahan bioplastik antara lain seperti lilin (wax), asam lemak, monogliserida, dan resin (Nahwi, 2016). Lipida ditambahkan ke dalam bioplastik karena berperan dalam meningkatkan sifat tidak mudah larut air atau hidrofobik (Bourtoom, 2008).

3. Komposit

Bioplastik terdiri dari komponen lipida dan hidrokoloid. Bioplastik yang terbuat dari satu lapisan hidrokoloid dan satu lapisan lain merupakan lipida, dapat pula berpagabungan dari keduanya dalam satu kesatuan bioplastik yang dihasilkan. Gabungan dua komponen ini bila digunakan dapat meningkatkan sifat-sifat

karakteristik bioplastik yang dihasilkan. Lipida akan meningkatkan ketahanan terhadap penguapan air dan hidrokoloid sangat mudah dibentuk menjadi gel. Umumnya, pati dan lipid dalam bentuk lilin atau asam lemak digunakan sebagai komponen hidrokoloid (Nahwi, 2016; Marbun, 2012; Santoso et al., 2012).

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. Edible film dari lipid mempunyai kelebihan yaitu baik digunakan untuk melindungi penguapan air atau sebagai bahan pelapis untuk mengoles produk konfeksioneri, sedangkan kekurangannya yaitu kegunaan dalam bentuk murni sebagai film terbatas karena kekurangan integritas dan ketahanannya. Edible film dari komposit (gabungan hidrokoloid dan lipid) dapat meningkatkan kelebihan dari film hidrokoloid dan lipid serta mengurangi kelemahannya.

Edible film mempunyai banyak keuntungan jika dibandingkan dengan pengemas sintetik yang tidak dapat dimakan yaitu:

1. Edible film dapat dikonsumsi bersamaan dengan produk yang dikemas, tidak ada pembuangan pengemas sehingga ramah terhadap lingkungan.
2. Jika film tidak dikonsumsi, film tersebut dapat didaur ulang atau dapat terdegradasi oleh mikroorganisme.
3. Film dapat berfungsi sebagai suplemen gizi pada makanan terutama film yang dibuat dengan bahan dasar protein.
4. 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.
5. Film dapat digunakan sebagai pengemas satuan (individu) dari bahan makanan yang berukuran kecil seperti kacang, biji-bijian, dan strawberry.
6. Edible film dapat diterapkan pada sistem pengemasan berlapis-lapis dengan edible film sebagai pengemas bagian dalam dan pengemas non edible dibagian luar.

C. Pembentukan edible film

Edible film bioplastik dibuat dengan Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pembentukan edible film antara lain:

1. Temperatur Perlakuan suhu diperlukan untuk membentuk plastik biodegradable yang utuh tanpa adanya perlakuan panas kemungkinan terjadinya interaksi molekul sangatlah kecil sehingga pada saat plastik dikeringkan akan menjadi retak dan berubah menjadi potongan-potongan kecil. Perlakuan panas diperlukan untuk membuat plastik tergelatinisasi, sehingga terbentuk pasta pati yang merupakan bentuk awal dari plastik. Kisaran suhu gelatinisasi rata-rata 64,5°C-70°C (Mc Hugh dan Krochta, 1994).
2. Konsentrasi Polimer. Konsentrasi pati ini sangat berpengaruh terutama pada sifat fisik plastik yang dihasilkan dan juga menentukan sifat pasta yang dihasilkan. Menurut Krochta dan Johnson (1997), semakin besar konsentrasi pati maka jumlah polimer penyusun matrik plastik semakin besar sehingga dihasilkan plastik yang tebal.
3. Plasticizer, Plasticizer ini merupakan bahan nonvolatile yang ditambah ke dalam formula plastik akan berpengaruh terhadap sifat mekanik dan fisik plastik yang terbentuk karena akan mengurangi sifat intermolekul dan menurunkan ikatan hidrogen internal. Plasticizer mempunyai titik didih tinggi dan penambahan plasticizer diperlukan untuk mengatasi sifat rapuh plastik yang disebabkan oleh kekuatan intermolekul ekstensif (Gotard et al., 1993). Menurut Krochta dan Johnson (1997), plasticizer polyol yang sering digunakan yakni gliserol dan sorbitol.

Plasticizer didefinisikan sebagai bahan non volatil, bertitik didih tinggi jika ditambahkan pada material lain sehingga dapat merubah sifat material tersebut. Penambahan plasticizer dapat menurunkan kekuatan intermolekuler dan meningkatkan fleksibilitas film dan menurunkan sifat barrier film. Gliserol dan sorbitol merupakan plasticizer yang efektif karena memiliki kemampuan untuk mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekuler, plasticizer ditambahkan pada pembuatan edible film untuk mengurangi kerapuhan, meningkatkan fleksibilitas dan ketahanan film terutama jika disimpan pada suhu rendah (Teknopangan dan Agroindustri, 2008).

Komponen penyusun edible film mempengaruhi secara langsung bentuk morfologi maupun karakteristik pengemas yang dihasilkan. Komponen utama penyusun edible film dikelompokkan menjadi tiga, yaitu hidrokoloid, lipida dan komposit. Bahan-bahan tambahan yang sering dijumpai dalam pembuatan edible

film adalah antimikrobia, antioksidan, flavour dan pewarna. Komponen yang meningkatkan fleksibilitas dan ekstensibilitas film, menghindari film dari keretakan, meningkatkan permeabilitas terhadap gas, uap air dan zat terlarut, dan meningkatkan elastisitas film. Beberapa jenis plasticizer yang dapat digunakan dalam pembuatan edible film adalah gliserol, lilin lebah, polivinil alkohol dan sorbitol (Julianti dan Nurminah, 2007).

Plasticizer adalah bahan organik dengan berat molekul rendah yang ditambahkan dengan maksud untuk memperlemah kekakuan dari polimer, sekaligus meningkatkan fleksibilitas dan ekstensibilitas polimer. Plasticizer larut dalam tiap-tiap rantai polimer sehingga akan mempermudah gerakan molekul polimer dan bekerja menurunkan suhu transisi gelas (T_g), suhu kristalisasi atau suhu pelelehan dari polimer. Pada daerah diatas T_g , bahan polimer menunjukkan sifat fisik dalam keadaan lunak (soft) seperti karet, sebaliknya dibawah T_g polimer dalam keadaan sangat stabil seperti gelas (Paramawati, 2001).

Plasticizer 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 plasticizer. Plasticizer dari golongan polihidrik alkohol atau poliol di antaranya adalah gliserol dan sorbitol.

Sifat fisik yang menentukan kualitas dan penggunaan edible film antara lain ketebalan, pemanjangan (elongation), dan kekuatan peregangan (tensile strength). Ketebalan menentukan ketahanan film terhadap laju perpindahan uap air, gas, dan senyawa volatil lainnya. Edible film relatif tahan terhadap perpindahan oksigen dan karbondioksida, namun kurang tahan terhadap uap air (Pagella et al. 2002).

Pemanjangan menunjukkan kemampuan rentang edible film yang dihasilkan. Penambahan sorbitol dapat meningkatkan nilai pemanjangan sehingga kerapuhan edible film menurun dan permeabilitasnya meningkat (Gennadios et al. Dalam Prihatiningsih 2000). Kekuatan peregangan (tensile strength) merupakan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai film tetap bertahan sebelum putus/sobek, yang menggambarkan kekuatan film (Krochta et al. dalam Prihatiningsih, 2000).

a. Gliserol

Gliserol (bahasa Inggris :glycerol, glycerin, glycerine) adalah senyawa gliserida

yang paling sederhana, dengan hidroksil yang bersifat hidrofilik dan higroskopik. Gliserol merupakan komponen yang menyusun berbagai macam lipid, termasuk trigliserida. Gliserol terasa manis saat dikecap, namun bersifat racun.

Edible film membutuhkan plasticizer dengan berat molekul rendah untuk meningkatkan fleksibilitas dan ketahanannya, dengan cara menginterupsi interaksi rantai polimer dan menurunkan suhu Transition Glass (Brody, 2005). Menurut Winarno (1992). Rumus kimia gliserol adalah $C_3H_8O_3$, berat molekul gliserol 92,10 massa jenisnya 1,23 g/cm³ dan titik didihnya 204oC. Gliserol mempunyai sifat mudah larut air, meningkatkan viskositas larutan, mengikat air dan menurunkan Aw (Lindsay, 1985).

Gliserol merupakan salah satu plasticizer yang banyak digunakan karena cukup efektif mengurangi ikatan hidrogen internal sehingga akan meningkatkan jarak intermolekuler. Secara teoritis plasticizer dapat menurunkan gaya internal diantara rantai polimer, sehingga akan menurunkan tingkat kegetasan dan meningkatkan permeabilitas terhadap uap air (Gontard et al. 1993).

Rodriguez et al. (2006) menambahkan bahwa gliserol merupakan plastizicer yang bersifat hidrofilik, sehingga cocok untuk bahan pembentuk film yang bersifat hidrofilik seperti pati. Ia dapat meningkatkan sorpsi molekul polarseperti air. Peran gliserol sebagai plasticizer dan konsentrasinya meningkatkan fleksibilitas film (Gontard et al, 1993; Mali et al, 2005; Bertuzzi et al, 2007). Molekul plastizicer akan mengganggu kekompakan pati, menurunkan interaksi intermolekuler dan meningkatkan mobilitas polimer. Selanjutnya mengakibatkan peningkatan elongation dan penurunan tensile strength seiring dengan peningkatan konsentrasi gliserol. Penurunan interaksi intermolekuler dan peningkatan mobilitas molekul akan memfasilitasi migrasi molekul uap air (Rodriguez et al. 2006).

Selain sebagai plastizer gliserol juga sebagai bahan humektan. Selain itu efektivitas humektan dalam mengendalikan a_w pada suatu produk pangan sangat dipengaruhi oleh konsentrasi yang ditambahkan, semakin tinggi konsentrasi penambahan semakin besar pengaruhnya.

Bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai humektan salah satunya adalah gliserol (Soeratri et al., 2004). Menurut Purnomo (1995), penambahangula dan garam pada produk berperan sebagai humektan selain sebagai pembentuk cita rasa bersama bahan-bahan lainnya. Humektan merupakan zat kimia yang larut dalam air dimana zat tersebut akan mengikat air pada bahansehingga aktivitas airnya menurun.

Gliserol dapat mengurangi kelembaban bahan menjadi 60% (Jackson, 1995). Gliserol merupakan humektan yang termasuk golongan poliol. Poliol baik dipakai sebagai humektan, karena berat molekulnya relatif kecil, mempunyai daya serap yang besar terhadap air, kebanyakan berbentuk cairan dan toksisitasnya kecil (Mochamad Adnan, 1981).

Menurut Tim Maneely (2006), gliserol merupakan senyawa kimia dengan rumus $\text{HOCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$. Senyawa ini tidak berwarna, tidak berbau, dan merupakan cairan kental. Gliserol sering juga disebut sebagai gliserin, merupakan gula alkohol, dan memiliki rasa manis serta memiliki tingkat toksisitas yang rendah. Karakteristik gliserol dapat dilihat pada Tabel

Karakteristik Gliserol : Analisa Melting Point : $-17,8\text{ }^{\circ}\text{C}$; Boiling Point (1 atm): $290\text{ }^{\circ}\text{C}$; Density ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$): $1,262\text{ g/ml}$; Flashpoint (open cup): $176\text{ }^{\circ}\text{C}$; Solubility Water, ethanol. (Tim Maneely, 2006)

Gliserin mudah dicerna dan tidak beracun dan bermetabolisme bersama karbohidrat, meskipun berada dalam bentuk kombinasi pada sayuran dan lemak binatang. Untuk produk makanan dan pembungkus makanan yang kontak langsung dengan konsumen, tidak beracun adalah syarat utama. Gliserin, sejak 1959 diakui sebagai satu diantara bahan yang aman oleh *Food and Drug Administration* (Anonim^e, 2011).

b. Sorbitol

Sorbitol pertama kali ditemukan oleh ahli kimia dari Perancis yaitu Joseph Boosingault pada tahun 1872 dari biji tanaman bunga ros. Proses hidrogenasi gula menjadi sorbitol mulai berkembang pada tahun 1930. Pada tahun 1975 produsen utama sorbitol adalah Roguette Freres dari Perancis. Secara alami sorbitol juga dapat dihasilkan dari berbagai jenis buah.

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 (Suara merdeka, 2008).

Sorbitol adalah senyawa monosakarida polyhidric alcohol dengan rumus kimia $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6$. Struktur molekulnya mirip dengan struktur molekul glukosa hanya yang berbeda gugus aldehyd pada glukosa diganti menjadi gugus alkohol. Sorbitol juga dikenali glucitol, adalah sejenis alkohol gula dimana badan manusia boleh memetabolismakannya secara perlahan. Sorbitol atau dikenal juga hexitol dengan

rumus kimia $C_6H_{14}O_6$. Sifat-sifat fisika sorbitol : Specific gravity : 1.472 (-5 oC), Titik lebur : 93 oC (Metasable form) 97,5 oC (Stable form), Titik didih: 296 oC dan Kelarutan dalam air: 235 gr/100 gr H₂O, Panas Pelarutan dalam air : 20.2 KJ/mol dan Panas pembakaran : -3025.5 KJ/mol

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

D. Proses Pembuatan Bioplastik

Proses pembuatan kemasan *biodegradable* dari polisakarida dan protein umumnya menggunakan *plasticizer* (pemlastis). *Plasticizer* merupakan bahan dengan berat molekul kecil sehingga dapat bergabung ke dalam matriks protein dan polisakarida untuk meningkatkan sifat fleksibilitas dan kemampuan membentuk film. *Plasticizer* meningkatkan volume bebas atau mobilitas molekul primer dengan mengurangi ikatan hidrogen antarrantai polimer. Penggunaan gliserol sebagai *plasticizer* lebih unggul karena tidak ada gliserol yang menguap dalam proses. Hal ini terjadi karena titik didih gliserol cukup tinggi jika dibandingkan dengan bahan pemlastis lainnya dan didukung dengan tidak adanya interaksi gliserol dan molekul protein di dalam bahan baku plastik. Penambahan variasi gliserol dalam pembuatan bioplastik agar diperoleh plastik yang lebih fleksibel dan elastis. (Bayu et al., 2008). Hal ini sejalan dengan penelitian Yosephina AS dan Neneng, tahun 2016 : bahwa pada penambahan dosis gliserol 3 ml pada pembuatan bioplastik kulit singkong mendapatkan plastik yang fleksibel sehingga mudah digunakan sesuai dengan bentuk makanan.

E. Tinjauan Karakteristik Edible film

Pengujian sifat fisik bertujuan untuk mengetahui pengaruh ampas kelapa yang divariasikan terhadap sifat fisik dari bioplastik yang dihasilkan. Dengan melakukan pengujian sifat fisik dapat diketahui kualitas bioplastik berbahan dasar ampas kelapa, tepung maizenna dengan *plasticizer* sorbitol. Pengujian sifat fisika ini meliputi ketebalan (Sihaloho, 2011).

1. Ketebalan

Ketebalan merupakan salah satu parameter penting dalam proses pembuatan produk bioplastik. Pengaruh ketebalan yang tinggi akan menyebabkan daya tahan terhadap produk yang akan dikemas, sehingga produk dapat disimpan lebih lama

(Katili *et al.*,2013). Fraksiterlarut, luas, dan volume larutan dalam cetakan dapat menjadi faktor yang mempengaruhi pada ketebalan suatu produk bioplastik. Banyaknya padatan dalam suatu larutan akan menebalkan fisik dari bioplastik (Nur, Nazir and Taib, 2020). Ketebalan bioplastikakan mempengaruhi permeabilitas gas. Semakin tebal sebuah produk bioplastik yang dihasilkan, maka permeabilitas gas akan semakin kecil, hal ini menambah perlindungan terhadap produk yang dikemas menjadi lebih baik (Siswantiet *al.*, 2013).Uji ketebalan dilakukan dengan menggunakan alat micrometer secrup, jangka sorong maupun mikrometer manual.

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 plasticizer. 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 dapat membatasi pertukaran gas hasil respirasi, sehingga menyebabkan produk mengakumulasi etanol yang cukup tinggi dan meningkatkan off- flavor. Penelitian terdahulu dari (Sari *et al.*, 2019) menyatakan bahwa ketebalanbioplastik dengan hasil optimal pada jumlah volume sorbitol 2 ml dan waktu pencampuran 35 menit dengan ketebalan fisik bioplastik 0,18 mm.). Pengujian bioplastik juga wajib memenuhi dari ketentuan Standart Nasional Indonesia (SNI). Standart Nasional Indonesia (SNI) untuk ketebalan sebesar $\leq 0.25\text{mm}$ (Nahir, 2017).

2. 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 gliserol, selain sebagai plasticizer.

3. Biodegradasi

Menurut Kaplan et al. (1994), biodegradasi didefinisikan sebagai salah satu proses yang terjadi oleh sistem biologi (biasanya oleh bakteri atau jamur) dimana rantai polimer diputus melalui aktivitas enzimatik. Dua tahap proses biodegradasi adalah depolimerisasi atau pemutusan rantai dan mineralisasi. Pada langkah depolimerisasi, enzim ekstraseluler yang bertanggung jawab bertindak baik secara endoenzim (pemutusan secara acak pada ikatan rantai secara berurutan dari ujung rantai suatu polimer). Mineralisasi didefinisikan sebagai proses pengubahan fragmen oligomer yang lebih sederhana menjadi biomassa, garam dan mineral, air dan gas seperti CO₂, CH₄ dan N₂. Bioplastik merupakan suatu material polimer yang berubah ke dalam senyawa berat molekul rendah dimana paling sedikit satu tahap pada proses degradasinya melalui metabolisme organisme secara alami.

Bioplastik akan terurai oleh aktivitas pengurai melalui proses biodegradasi, polimer-polimer yang mampu terdegradasi harus memenuhi beberapa kriteria yaitu mengandung salah satu dari jenis ikatan asetal, amida, atau ester, memiliki berat molekul dan kristalinitas rendah, serta memiliki sifat hidrofilitas yang tinggi. Secara umum biodegradasi atau penguraian bahan (senyawa) organik oleh mikroorganisme dapat terjadi bila terjadi transformasi struktur sehingga terjadi perubahan integritas molekuler. Proses ini berupa rangkaian reaksi kimia enzimatik atau biokimia yang mutlak memerlukan kondisi lingkungan yang sesuai dengan pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroorganisme.

Biodegradasi hidrokarbon oleh komunitas mikroba tergantung pada komposisi komunitas dan respon adaptif terhadap kehadiran hidrokarbon. Laju biodegradasi senyawa hidrokarbon kompleks dengan berat molekul besar seperti senyawa aromatik, resin, dan asfalten lebih lambat dibandingkan dengan senyawa dengan berat molekul rendah. Kemudian hasil biodegradasi berupa mineral dan air akan dilah tanamkan dan tanaman akan berfotosintesis. Sebagai hasil fotosintesis akan disimpan

dalam bentuk cadangan makanan.

Menurut Krochta (1997) bahan yang dapat terbiodegradasi adalah harus sepenuhnya terdegradasi oleh mikroorganisme dalam suatu proses pengomposan yang akan menghasilkan hanya “natural compound” (CO₂, H₂O, metana, biomassa).

Menurut Andtady (2000), beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kemampuan biodegradasi suatu polimer adalah : (a) geometri molekuler ikatan rantai panjang (berkaitan dengan panjang rantai polimer dan berat molekulnya) kerumitan struktur polimer seperti adanya rantai panjang, rantai rangkap, amorf dan kristalin) dan (c) kompleksitas sifat hidrofolik polimer (kelarutan).

4. Kuat Tarik

Kekuatan tarik adalah kekuatan tarik maksimum yang dapat ditahan oleh lembaran plastik selama pengujian. Kapasitas maksimum yang dimaksud adalah tegangan maksimum yang dapat dicapai pada diagram tegangan-regangan. Tekanan ini disebabkan oleh pengecilan benda uji sebelum benda uji pecah (Jabbar, 2017). Nilai kekuatan tarik yang tinggi merupakan ukuran kemampuan plastik untuk menahan gaya yang diberikan. Semakin tinggi koefisien kekuatan tarik, semakin kuat kemampuan plastik untuk melindungi produk dari faktor mekanis seperti jatuh, benturan dan gesekan, serta getaran eksternal (Yuliasih dan Raynasari, 2014).

Hasil pengukuran ini berkaitan dengan sedikit banyaknya penambahan *plasticizer* pada proses produksi bioplastik. Penambahan plastisizer yang tinggi akan menghasilkan bioplastik dengan kuat tarik yang rendah (Rohman, 2016). Terbentuknya ikatan antarmolekul plastik akan melonggarkan ikatan pada plastik, sehingga mengurangi kekuatan yang dibutuhkan untuk memecahkan plastik. Sifat kekuatan tarik dipengaruhi oleh konsentrasi dan jenis bahan komponen bioplastik yang digunakan, terutama sifat kohesi struktural. Kohesi struktural adalah kemampuan suatu polimer untuk menentukan kekuatan ikatan antar rantai molekul antar rantai polimer (Ghozali, Wijaya, dan Rengganis, 2020). Menurut standar industri pengemasan makanan, kekuatan tarik minimum bioplastik adalah 0,39 MPa atau 4 kgf/cm². Pengujian bioplastik juga wajib memenuhi dari ketentuan Standart Nasional Indonesia (SNI). Standart Nasional Indonesia (SNI) untuk kuat tarik sebesar 24,7 hingga 302 (MPa) (Nahir, 2017).

5. Pemanjangan

Elongasi atau persen pemanjangan merupakan pemanjangan maksimal bioplastik saat mulai putus (Arini, Ulum dan Kasman, 2017). Pengujian

elongasi atau persen pemanjangan ini menjadi parameter untuk mengetahui seberapa besar regangan hingga putusnya bioplastik yang dihasilkan (Nahir, 2017). Secara umum, penambahan *plasticizer* yang lebih besar akan menyebabkan nilai persen pemanjangan suatu bioplastik menjadi semakin lebih baik atau plastis namun sebaliknya semakin rendah akan bersifat rapuh hal ini dikarenakan terlepasnya antar ikatan pada plastik (Warkoyo *et al.*, 2014). Nilai persen pemanjangan minimum bioplastik menurut standar industri kemasan makanan adalah 70%. Pengujian bioplastik juga wajib memenuhi dari ketentuan Standart Nasional Indonesia (SNI). Standart Nasional Indonesia (SNI) untuk pemanjangan sebesar >21-220 (%) (Nahir, 2017).

6. Laju Transmisi Uap Air (LTUA)

Laju Transmisi uap air (g.m⁻².hari⁻¹) adalah jumlah uap air yang melalui suatu permukaan film persatuan luas dengan kata lain laju transmisi uap air merupakan slope dari hubungan jumlah uap air yang melakukan transmisi dibagi waktu. Laju transmisi uap air diukur dengan menggunakan water vapour transmission rate tester Bergerlahr metode cawan.

Bahan biopolimer penyusun edible film mempengaruhi laju transmisi uap air terutama lipida. Makin tinggi konsentrasi lipida makin rendah laju transmisi uap air edible film tetapi edible film menjadi kaku dan mudah retak. Untuk membentuk edible film yang memiliki laju transmisi uap air rendah dan mempunyai sifat fisik tidak mudah retak maka bahan biopolimer yang digunakan adalah komposit. Bahan biopolimer komposit adalah bahan biopolimer yang terbentuk dari gabungan hidrokoloid dan lipida.

7. Permeabilitas gas O₂ dan CO₂

Permeabilitas gas O₂ dan CO₂ didefinisikan sebagai laju transmisi gas O₂ dan CO₂ melewati suatu unit luasan dari edible film yang permukaan datar sebagai akibat perbedaan tekanan udara pada kedua sisi permukaannya. Bahan biopolimer penyusun edible film sangat menentukan tingkat permeabilitas gas oksigen dan karbondioksida. Protein merupakan bahan biopolimer edible film yang dapat meningkatkan permeabilitas gas O₂ dan CO₂ pada kondisi pH rendah, namun sebaliknya jika pada pH tinggi. Bahan biopolimer polisakarida menurunkan permeabilitas gas O₂ dan CO₂ edible film pada kondisi RH rendah. Edible film yang disusun bahan biopolimer lipida mempunyai tingkat permeabilitas terhadap gas

oksigen sangat tinggi.

E. Kemasan Makanan *Biodegradable*.

Kriteria yang perlu dipertimbangkan dalam memilih kemasan pangan adalah Stabilitas dari pangan. Pengemas dapat mencegah terjadinya penguraian secara kimia, biokimia, reaksi mikrobiologi yang dapat terjadi. Kondisi lingkungan dari pangan selama proses distribusi dan penyimpanan seperti temperatur dan kelembaban merupakan faktor lingkungan yang sangat penting, karena faktor ini akan menentukan sifat penghalang yang diperlukan untuk kemasan makanan.

Kemasan dengan sifat anti mikroba sangat baik untuk digunakan sebagai kemasan bahan makanan. Keuntungan yang didapatkan dari penggunaan kemasan anti mikroba sebagai kemasan bahan makanan yaitu :

1. Melindungi konsumen dari penyakit akibat bakteri patogen yang terdapat pada makanan.
2. Meningkatkan umur simpan dan menjaga kualitas makanan dengan cara mengurangi oksidasi lemak dan ketengikan.
3. Tidak seperti *wax coating*, film berbasis protein dapat dibuat cukup berpori sehingga dapat meningkatkan umur simpan pada buah.
4. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengaplikasikan penggunaan film pada produk, antara lain dengan dibungkus, dicelup pada larutan film, dan menyemprotkan film ke produk. Sifat hidrofilik dan hidrofobik pada jenis film yang berbeda menyebabkan film ini dapat diterapkan pada berbagai jenis produk.
5. *Edible films* dengan penggunaan gliserol yang sedikit tidak menyebabkan perubahan rasa sehingga lapisan yang menempel pada makanan dapat dimakan atau ikut diolah pada produk yang perlu dimasak.

Bioplastik dapat digunakan sebagai kemasan makanan, untuk mengurangi resiko yang timbul akibat penggunaan kesehatan (Darni et al., 2008). Berdasarkan sifat perlindungannya bahwa kemasan makanan harus mampu mempertahankan pengaruh gas, cahaya, kelembaban dan dapat mencegah terjadinya kerusakan secara dini. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian bahwa ada pengaruh penggunaan bioplastik mempertahankan kualitas fisik dodol dan mencegah ketengikan dan kerusakan bakteriologis dodol, dan padadosis 3 ml Glycerol yang dapat mencegah kontaminasi bakteri paling tinggi. (Yosephina AS, dkk, 2016). Beberapa kelebihan *edible film* sebagai bahan kemasan pangan diantaranya adalah:

1. Dapat menurunkan α_w permukaan makanan sehingga kerusakan makanan yang

disebabkan oleh mikroorganisme dapat dihindari

2. Dapat memperbaiki struktur permukaan bahan sehingga permukaan bahan pangan menjadi mengkilat.

3. Dapat mengurangi terjadinya dehidrasi sehingga susut bobot bahan pangan dapat dicegah
4. Dapat mengurangi kontak oksigen dengan bahan pangan sehingga oksidasi dapat dihindari dengan demikian ketengikan bahan pangan dapat dihambat
5. Sifat asli produk seperti flavor tidak mengalami perubahan
6. Dapat memperbaiki penampilan produk.
7. Bersifat ramah lingkungan.

Aplikasi penggunaan edible film sebagai pengemas bahan pangan yaitu pembungkusan agar terjadi tahanan yang selektif terhadap transmisi gas dan uap air dan memberikan perlindungan terhadap kerusakan mekanik. Di bidang farmasi, edible film digunakan untuk melapisi obat-obatan dan di bidang pangan untuk melapisi manisan, produk konfeksioneri, buah-buahan, sayur-sayuran, dan beberapa produk daging, unggas maupun hasil laut.

BAB VI

BIOPLASTIK PATI KULIT SINGKONG

A. Pati

Pati merupakan cadangan makanan yang dihasilkan oleh tanaman dibagian plastisida dan tersimpan diberbagai organ seperti batang, buah, akar, dan umbi. Pati terdapat dalam bentuk granula. Granula pati berwarna putih, mengilap, tidak berbau, dan tidak berasa. Granula pati memiliki bentuk dan ukuran yang bervariasi, tergantung sumbernya. Granula pati ada yang berbentuk bulat, oval, elips terpotong, poligonal, dan sebagainya. Ukuran diameter granula pati juga bervariasi dengan kisaran 2-100 μm .

Granula pati terdiri atas molekul amilosa dan amilopektin dengan rasio yang berbeda setiap pati. Pati dengan amilosa yang tinggi bersifat kering, kurang lekat, dan menyerap air lebih banyak dan sebaliknya jika amilopektinnya tinggi.

Perbedaan antara fraksi amilosa dan amilopektin terletak pada struktur dan kelarutannya. Kedua fraksi ini disusun oleh monomer yang sama yaitu molekul glukosa, tetapi amilosa memiliki struktur linear rantai glukosa yang dihubungkan bersama dari satu glukosa dan glukosa lainnya, ini disebut ikatan α -1,4-glikosidik. Amilopektin memiliki struktur bercabang melalui ikatan α -1,6-glikosidik, namun juga memiliki ikatan α -1,4-glikosidik. Perbedaan lain antara keduanya adalah bahwa amilosa memiliki rantai 300-beberapa ribu jumlah unit glukosa, di sisi lain, amilopektin memiliki 2000-200.000 unit glukosa terkait dengan bercabang setelah setiap 20-30 unit. Fraksi amilopektin larut dalam air dingin sedangkan amilosa larut dalam air panas.

Granula pati dapat mengalami gelatinisasi jika dipanaskan pada suhu tertentu tergantung sumber pati. Menurut Hancock dan Tarbet (2000) bahwa mekanisme gelatinisasi dapat dibedakan menjadi 3 fase. Tahap awal, air secara perlahan-lahan dan bolak balik berimbibisi ke dalam granula, selanjutnya tahap kedua, yaitu pada suhu 60 hingga 85⁰C granula akan mengembang dengan cepat dan polimer yang lebih pendek akan larut, sehingga akhirnya pati kehilangan sifat birefringent. Pada tahap ketiga, jika temperatur tetap naik, maka molekul-molekul pati akan terdifusi keluar granula. Pada awal pengembangan granula secara cepat kejernihan suspensi akan naik dengan tiba-tiba.

Komposisi kimia dari ubi singkong dalam 100 g yang terbesar selain air (62,5 gram) yaitu karbohidrat (34,7 gram). Kandungan calcium dan vitamin C dalam ubi ini

cukup tinggi yaitu masing-masing 33 mg dan 36 mg. Komponen terbesar dari karbohidrat ubi singkong yaitu pati dan mengandung amilopektin yang mengakibatkan pasta yang terbentuk menjadi bening dan kecil kemungkinan untuk terjadi retrogradasi. Granula dari pati ini berukuran 4-35 μm dengan bentuk oval, kerucut dengan bagian atas terpotong, dan seperti kettle drum. Suhu gelatinisasi pati singkong pada 62-73⁰C.

Molekul amilosa dan amilopektin berperan dalam pembentukan karakteristik edible film. Edible film yang terbuat dari pati dengan kadar amilosa tinggi bersifat kurang transparan, rendah kekuatan dan elastisitasnya, tetapi tinggi kerapatannya. Sebaliknya kadar amilopektin tinggi, edible film bersifat transparan, kekuatan, dan elastisitasnya tinggi, tetapi rendah kerapatannya. Rasio amilosa dan amilopektin sangat menentukan karakteristik edible film berbasis pati. Sifat transparansi berkaitan derajat kejernihan dan kerapatan berpengaruh terhadap porisitas edible film sehingga berdampak pada laju transmisi gas dan uap air edible film. Kekuatan gel atau film pati lebih ditentukan oleh kandungan amilosa karena struktur amilosa yang linier lebih mudah berikatan dengan sesamanya melalui ikatan hidrogen. Sedangkan amilopektin dengan struktur besar membentuk ikatan hidrogen yang relatif lemah memberikan struktur gel pati dan film kurang kompak dan tidak cocok digunakan sebagai gelling agent atau *film forming* akan tetapi digunakan sebagai pengental.

B.Pati Ubi Kayu



[A]



[B]

Sumber : Santoso, 2011

Gambar 2. Pati [A] dan [B] granula pati ubi kayu

Pati ubi kayu sering juga disebut dengan tapioka. Granula pati ini berwarna putih dengan diameter bervariasi 5 hingga 35 μm dan rata-rata 17 μm . Pati singkong dapat dihasilkan dengan melakukan proses ekstraksi dari ubi singkong. Proses utama dari ekstraksi terdiri perendaman, disintegrasi, dan sentrifugasi. Perendaman dilakukan dalam

larutan natrium bisulfit pada pH yang diatur untuk menghambat reaksi biokimia seperti perubahan warna dari ubi. Disintegrasi dan sentrifugasi dilakukan untuk memisahkan pati dari komponen lainnya.

Granula ini berbentuk mangkok dan sangat kompak, tetapi selama pengolahan granula tersebut akan pecah menjadi komponen-komponen yang tidak teratur bentuknya. Granula pati tapioka sudah terpecah sempurna di bawah suhu 80°C. Suhu gelatinisasi pati ubi kayu berada di antara pati jagung *waxy* dan regular dengan viskositasnya lebih rendah dari pati jagung *waxy*. Suspensi pati ini mengalami retrogradasi dengan bentuk gel yang halus pada kondisi dingin dan lebih jernih dibanding pati-pati murni yang lainnya. Proses gelatinisasi pati menyebabkan perubahan viskositas larutan pati. Dengan menggunakan Brabender Viscoamylograph, terukur bahwa larutan pati sebelum dipanaskan memiliki viskositas 0 unit. Dengan adanya pemanasan, granula pati sedikit demi sedikit mengalami pembengkakan sampai titik tertentu. Pembengkakan pati diikuti dengan peningkatan viskositas. Semakin besar pembengkakan granula, viskositas semakin besar. Setelah pembengkakan maksimum, dan granula pati pecah dan pemanasan tetap dilanjutkan dengan suhu konstan, maka akan terjadi penurunan viskositas akibat proses degradasi.¹¹ Kulit ubi kayu yang diperoleh dari produk tanaman ubi kayu (*Manihot Esculenta Cranz*) merupakan limbah utama pangan. Semakin luas areal tanaman ubi kayu diharapkan produksi ubi yang dihasilkan semakin tinggi yang padagilirannya semakin tinggi pula limbah kulit yang dihasilkan. Setiap kilogram ubi kayu biasanya dapat menghasilkan 15 – 20 % kulit ubi. Kandungan pati kulit ubi kayu yang cukup tinggi, memungkinkan digunakan sebagai pembuatan film plastik biodegradasi. Komponen kimia kulit singkong adalah sebagai berikut: protein 8,11 %, serat kasar 15,20%, pektin 0,22 %, lemak kasar 1,44 %, karbohidrat 16,72 %, kalsium 0,63 %, air 67,74 % dan abu 1,86 %.¹² Sedangkan komponen kimia dan gizi daging singkong dalam 100 g adalah protein 1 g, kalori 154 g, karbohidrat 36,8 g dan lemak 0,1 g. Selain itu kulit singkong juga mengandung tannin, enzim peroksida, glukosa, kalsium oksalat, serat dan HCN.

C. Karakteristik Bioplastik Pati Singkong

Penambahan khitosan dan gliserol diharapkan dapat menambah fleksibilitas dan elastisitas pada plastik biodegradable. Pada tahapan pembuatan plastik biodegradable, bahan plastik biodegradable dibuat menggunakan metode blending dan dikeringkan dengan suhu oven (90)°C. Bahan utama plastic biodegradable ialah pati singkong 5 gram dan kitosan dengan variabel 0%, 1% dan 2%. Bahan tambahan CMC dan gliserol dengan konsentrasi 1% dan 1,5%. Karakteristik plastic biodegradable dilakukan dengan uji kuat tarik, uji elongasi, uji transparansi, uji biodegradabilitas, uji ketahanan air dan uji anti bakteri. Hasil pengujian plastic biodegradable untuk nilai kuat tarik pada gliserol 1% didapatkan 7,28 MPa, hasil pengujian persen elongasi optimal adalah 61,47% pada

konsentrasi gliserol 1,5%, hasil pengujian transparansi optimal adalah 90,7% pada konsentrasi kitosan 2%, terdegradasi 8,28% selama 3,5 hari dengan degradabilitas 20,75 mg/hari, menghasilkan plastik yang menyerap air paling sedikit 223,69% , dan plastik biodegradable yang terkontaminasi dan higroskopis pada pengujian aktivitas antimikroba.(Elza V dan Muryeti, 2020)

Pengaruh penambahan plasticizer pada pembuatan bioplastik terhadap sifat fisik dan kekuatan mekanis bioplastik dari tepung tapioka.menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan tepung tapioka maka kekerasan bioplastik semakin meningkat.sedangkan penambahan plasticizer gliserol akan menurunkan kekerasan bioplastik.(Heru et al, 2017).

Bioplastik ramah lingkungan yang terbuat dari pati kulit singkong dengan tambahan selulosa jerami padi, polivinil alkohol (PVA) dan zink oksida (ZnO). Kuat tarik terbaik adalah bioplastik menggunakan selulosa 1,2 g yaitu sebesar 37,38 Mpa, perpanjangan putus terbaik bioplastik 1,2 g yaitu sebesar 73 %. Bioplastik derajat swelling terbaik pada bioplastik sebesar 63,82 %, dan % weight loss bioplastik terbaik yaitu bioplastik sebesar 71,02 %. Bioplastik yang memiliki nilai degradasi terbaik yaitu pada bioplastik dengan variasi selulosa menunjukkan waktu optimal sebesar 11,62 minggu. Berdasarkan analisa statistik ANOVA, uji Duncan kepercayaan 95% bioplastik D4 (Variasi Selulosa) memiliki campuran optimal dengan komposisi pati 5 g; Selulosa 1,2 g; PVA 0,3 g; ZnO 0,3 g.(Irham M, 2017)

Campuran pati singkong dan tepung kentang masing-masing 10 gram, sorbitol plasticizer 5 ml, variasi kitosan 0,2 gram, 0,4 gram; 0,6 gram; 0,8 gram; 1 gram; 1,2 gram 1,4 gram, cuka 150 ml, dan aquadest.

Variasi kitosan dengan pati singkong dan tepung kentang, dan plasticizer sorbitol memiliki efek pada karakteristik, kekuatan tarik dan nilai perpanjangan, dengan kuat tarik tertinggi adalah 10 gram pati singkong, 5 ml sorbitol dan variasi kitosan seberat 1,4 gram adalah 17,28 MPa dan perpanjangan tertinggi adalah dengan 10 gram pati bak cuci, 5 ml sorbitol plasticizer, variasi kitosan berbobot 0,6 gram dengan 76,32 %.(Lutfi AN et al, 2020)

Campuran pati dan gliserol pada pembuatan mendapatkan lembaran tipis plastik (film plastik) yang telah diuji sifat mekanik diperoleh data variabel optimum yaitu komposisi pati singkong 3,5%, dan daya tarik 0,02122Mpa, dan lama penyimpanan film plastik selama 14 hari.(Zulisma A, 2013)

BAB VII

DODOL

A. Pengertian Dodol.

Dodol merupakan salah satu jenis produk olahan hasil pertanian yang bersifat semi basah, berwarna putih sampai coklat, dibuat dari campuran tepung ketan, gula, dan santandengan atau tanpa bahan pengawet. Dodol adalah jenis makanan yang mempunyai definisiyaitu bahan padat dengan penambahan gula pekat. Pengentalan dilakukan sampai mencapaikadar zat padat lebih besar dari 65% untuk mencapai kualitas yang dikehendaki.

Dodol sebagai makanan khas biasanya terbuat dari tepung beras ketan dicampur gula merah aren dan santan kelapa. Ketiga bahan baku tersebut kemudian diproses diatas tungkuperapian sampai mencapai tingkat kematangan tertentu. Ketiga komposisi yaitu : Tepung Beras Ketan Beras ketan (*Oryza sativa glutinosa*) mengandung karbohidrat yang cukup tinggi, yaitu sekitar 80%. Selain karbohidrat, kandungan dalam beras ketan adalah lemak sekitar 4%, protein 6%, dan air 10%. Karbohidrat di dalam tepung beras terdapat dua senyawa, yaitu 8 amilosa dan amilopektin dengan kadar masing-masing sebesar 1% dan 99%. Di dalam proses pembuatan dodol selain tepung beras ketan dalam adonan tepungberasketan ditambahkan tepung terigu dengan maksud agar sifat gel dari dodol dapat bertahan cukup lama.

Menurut Standar Nasional Indonesia, dodol adalah produk makanan yang dibuat dari tepung beras ketan, santan kelapa dan gula dengan atau tanpa penambahan bahan makanan dan bahan tambahan makanan lain yang diizinkan (SNI, 2013). Menurut Rosyidi (2006) dodol merupakan salah satu jenis makanan tradisional yang sudah dikenal oleh masyarakat dan termasuk makanan setengah basah (intermediate moisture food) yang memiliki kadar air sekitar 10-40%, tekstur lunak, memiliki sifat plastis, dapat langsung dimakan, tidak memerlukan pendinginan dan tahan lama disimpan.

Dodol memiliki nilai nutrisi yang tinggi, pembuatan dodol susu sebagai produk pangan asal susu olahan harus menarik bagi selera konsumen. Faktor daya tarik tersebut antara lain berhubungan dengan sifat fisik produk yang meliputi konsistensi, kadar air dan sifat organoleptiknya. Dodol merupakan salah satu produk olahan hasil pertanian yang bersifat semi basah, berwarna putih sampai coklat, dibuat dari campuran tepung ketan, gula, dan santan dengan atau tanpa bahan pengawet.

Sebagai salah satu jenis pangan semi basah, dodol merupakan produk yang awet karena

penambahan gula dalam proses pembuatannya. Alasan mengapa dodol awet dengan gula dan proses pembuatannya adalah karena gula memiliki fungsi antara lain adalah zat pemanis, zat pengawet, penambah flavor. Jika makanan dipanaskan terus menerus maka dapat menunjang daya simpan produk tersebut. Dodol memiliki sifat organoleptik yang khas, seperti warna coklat, rasa manis dan tekstur yang lengket seperti adonan liat. Produk dodol berwarna coklat terutama akibat penambahan gula yang bereaksi dengan protein serta akibat reaksi karamelisasi dari gula (Margareta, 2013).

Dodol merupakan salah satu produk olahan pangan yang termasuk dalam jenis makanan yang bersifat agak basah sehingga dapat langsung dimakan tanpa dibasahi terlebih dahulu (rehidrasi) dan cukup kering sehingga stabil dalam penyimpanannya. Menurut Noer (2006), dodol termasuk jenis makanan setengah basah (*Intermediate Moisture Food*) yang mempunyai kadar air 10-40 %; Aw 0,70-0,85; tekstur lunak, mempunyai sifat elastis, dapat langsung dimakan, tidak memerlukan pendinginan dan tahan lama selama penyimpanan.

Dodol memiliki kandungan kalori yang lebih rendah dibandingkan kue. Kandungan kalori dodol seberat 22 gram sebesar 71 kalori, sedangkan kue dengan berat yang sama memiliki kandungan kalori mencapai 100 kalori dan kandungan lemaknya sebesar empat kali kandungan dodol. Keunggulan dodol lainnya adalah adanya kandungan zat besi pada beras ketan yang lebih tinggi daripada beras putih. Kandungan besi organik yang dimiliki dodol juga lebih mudah untuk diserap. Kebutuhan zat besi dapat dipenuhi dengan mengkonsumsi seiris dodol yang empat kali lebih banyak daripada sepotong kue. Di samping itu kandungan lainnya seperti kalsium, niasin, zat besi, karoten, vitamin B₁ dan vitamin B₂ pada dodol lebih tinggi dibandingkan kue. Selain itu dodol memiliki kandungan natrium yang rendah. Kandungan natrium pada *cakeplain* empat puluh kali lebih banyak dibandingkan dengan dodol. Rendahnya kadar natrium pada dodol menjadikannya sebagai salah satu makanan yang baik untuk penderita hipertensi (Nurchasanah, 2008).

B. Bahan Pembuatan Dodol

Menurut Haryadi (1998), pembuatan dodol dilakukan dengan mendidihkan santan, tepung ketan dan gula kelapa secara terbuka hingga kental dan kalis, kemudian didinginkan hingga menjadi makanan semi- padat. Proses utama dari pembuatan dodol adalah pendidihan yang memerlukan waktu yang lama dan pengadukan terus menerus agar tidak terjadi pengendapan.

Tabel 4 Persen komposisi bahan pembuat Dodol :

Penyusun	Tepung Ketan %	Santan %	Gula Kelapa %
Air	12	52	10,9
Karbohidrat Total	79,4	15	
Sukrosa	-	-	68,35
Ggula Reduksi	-	-	6,58
Minyak	0,7	27	
Protein	6,7	4	1,64

Adanya kandungan minyak yang tinggi pada dodol yang berasal dari santan yaitu sebesar 27%, dapat menyebabkan ketengikan pada lama penyimpanannya. Oleh karena itu diperlukan suatu bahan yang ditambahkan dalam proses pengolahannya yang dapat mencegah kerusakan dodol, salah satu caranya adalah dengan penambahan humektan.

Proses pembuatan dodol secara umum menurut Suriaty (2002) sebagai berikut :

a. Pembuatan santan

Pada proses pembuatan santan, dipilih kelapa yang cukup tua, kelapa diparut kemudian ditambahkan air, dan diperas untuk menghasilkan santan. Santan dibagi menjadi 2, untuk melarutkan gula dan mencampur tepung ketan.

b. Pelarutan gula

Gula merah dan gula pasir dilarutkan dalam air mendidih, setelah itu gula disaring untuk menghilangkan kotoran atau endapan yang ada pada gula.

c. Pencampuran tepung ketan dan santan

Tepung ketan yang akan digunakan dicampur dengan santan, hingga tepung menjadi adonan seperti bubur.

d. Pemasakan dan pengadukan

Proses pemasakan dilakukan hingga memperoleh adonan yang pekat, tidak lengket dan kalis. Pada proses pemasakan dilakukan pengadukan secara terus-menerus, untuk mencegah kerak pada bagian wajan paling bawah.

e. Pendinginan

Proses pendinginan ditempatkan pada loyang-loyang, agar jenang cepat dingin, setelah dingin, dodol dapat dipotong-potong.

Pada proses pembuatan dodol terjadi proses gelatinisasi, proses gelatinisasi merupakan proses saat pati mentah dimasukkan dalam air, maka granula pati akan menyerap air dan menyebabkan granula pati mengembang atau bengkak. Pembengkakan atau pengembangan yang terjadi pada granula pati menyebabkan granula pati tidak dapat

kembali ke ukuran semula. Bahan penyusun utama pada dodol adalah pati, baik pati dari tepung ketan dan tepung beras sehingga apabila ditambah dengan air maka mengalami pembengkakan atau pengembangan ukuran granula pati yang menyebabkan granula pati tidak kembali ke ukuran semula. Pati adalah polimer dari satuan-satuan α -D-glukosa terdiri dari dua fraksi yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan polimer berbentuk rantai lurus, sedangkan amilopektin memiliki rantai bercabang. Pada pemanasan serta terdapat air maka pati akan menyerap air dan menggelembung atau mengalami gelatinisasi yang menentukan kemasakan olahan makanan. Selain proses gelatinisasi juga terjadi proses *retrogradasi*, yaitu pada saat proses pendinginan sehingga mengakibatkan tekstur menjadi lebih kenyal. *Retrogradasi* merupakan pengelompokan molekul atau bagian molekul yang berantai lurus yaitu *amilosa* dan berantai cabang yaitu *amilopektin*. Proses *retrogradasi* yaitu saat molekul-molekul amilosanya berikatan kembali satu sama lain serta berikatan dengan cabang amilopektin, sehingga membentuk mikrokristal. Pada tepung ketan banyak kandungan amilopektinnya dibandingkan amilosa. Perbandingan amilopektin dan amilosa cukup berpengaruh, semakin banyak kandungan amilopektinnya maka semakin lengket

Pada proses pengolahan dodol dapat menghasilkan warna coklat. Dihasilkannya warna coklat pada proses pembuatan dodol disebabkan adanya proses pencoklatan nonenzimatis. Reaksi ini sangat dipengaruhi oleh kadar air dalam bahan. Pengaruh ini sebagai akibat air berfungsi sebagai pelarut dan sebagai produk hasil reaksi, karena itu air juga berfungsi sebagai penghambat reaksi. Selain itu adanya warna coklat disebabkan oleh reaksi karamelisasi dan Maillard. Reaksi Maillard merupakan reaksi antara karbohidrat khususnya gula reduksi dengan gugus amina primer dan menghasilkan bahan berwarna coklat.

D.Mutu Dodol

Dodol dapat digolongkan sebagai makanan ringan yang dibuat dari campuran tepungberas ketan putih, gula merah, dan santan kelapa, dididihkan hingga mengental, berminyak dan tidak lengket, dan apabila dingin pasta akan menjadi padat, kenyal, dan dapat diiris (Nasaruddin, dkk., 2012). Dodol merupakan sejenis makanan yang terbuat dari tepung beras ketan, santan kelapa, dan gula dengan atau tanpa penambahan bahan lainnya yang diizinkan. Syarat dan mutu dodol di Indonesia telah diatur dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu SNI Dodol No. 01-2986-2013 Departemen Perindustrian. Karakteristik mutu dodol seperti tekstur dan umur simpan sangat ditentukan oleh

komponen penyusunnya yaitu pati. Interaksiantara tepung beras ketan, gula, dan santan kelapa selama proses pengolahan pada suhu tinggi menghasilkan dodol dengan karakteristik organoleptik yang rasa manis khas, dan tekstur yang lengket. Lukito, dkk. (2017) mensinyalir tekstur merupakan karakteristik fungsional yang diinginkan dari dodol yang berhubungan dengan sifat struktural produk pangan olahan. Sedangkan Nasaruddin, dkk. (2012) menunjukkan bahwa daya tarik dan kepuasan konsumen terhadap produk dodol sangat tergantung pada tekstur seperti lengket yang dihasilkan dan cita rasa yang enak. Disamping tekstur seperti lengket, konsumen juga memengharapkan tekstur kenyal. Sebagai salah satu makanan khas tradisional Indonesia yang telah dikenal luas, dodol telah memiliki spesifikasi persyaratan mutu yang telah ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional Indonesia.

Tabel 5: Syarat Mutu Dodol Menurut SNI No. 01-2986-2013

Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
Bau –	-	Normal/khas dodol
Rasa –	-	Normal/khas dodol
Warna –	-	Normal/khas dodol
Kadar air	%b/b	Maksimum 20%
Jumlah gula sebagai sukrosa	%b/b	Minimal 45
Protein	(Nx6,23) %b/b	Minimal 3
Lemak	%b/b	Minimal 3
Bahan tambahan makanan - Sesuai dengan SNI 0222-M dan peraturan MenKes No. 22/Menkes/Per/Lx/88		Sesuai dengan SNI 0222-M dan peraturan MenKes No. 722/Menkes/Per/Lx/88
Pemanis buatan –	-	Tidak nyata
Cemaran logam:	-	
Timbal (Pb)	Mg/Kg	Tidak nyata
Tembaga	Mg/Kg	Maksimum 1.0
Seng (Zn)	Mg/Kg	Maksimum 10,0
Arsen	Mg/Kg	Maksimum 40,0
Cemaran Mikroba:	1.0	Maksimum 50,5
Angka Lempeng Total	Koloni	Maksimum 5×10^2
E. coli	APM/g	3
Kapang Dan Khamir	Koloni/g	Maksimum 1×10^2

Sumber: SNI Dodol No. 01-2986-2013 Departemen Perindustrian (2013)

Menurut Winarno (2004), air merupakan komponen yang penting dalam bahan makanan karena air mempengaruhi tekstur, penampakan, serta cita rasa makanan. Selain itu air juga terdapat dalam bahan makanan kering sekalipun, seperti tepung serta biji-bijian mengandung air dalam jumlah tertentu.

Didalam bahan pangan air memiliki peranan yang sangat penting. Air merupakan sumber nutrien seperti bahan makanan lainnya, namun keberadaan air sangat penting untuk keberlangsungan proses biokimiawiorganisme hidup. Air yang terdapat dalam bahan pangan sangat berperan penting yaitu dapat berfungsi untuk

membentuk tekstur bahan pangan, cita rasa dan kesegaran bahan pangan. Air dalam bahan makanan terdapat dalam:

- a. Air bebas, terdapat dalam ruang-ruang antar sel dan interglanular dan pori-pori yang terdapat pada larutan.
- b. Air yang terikat secara lemah karena terserap (teradsorpsi) pada permukaan koloid makromolekular seperti protein, pektin pati dan selulosa. selain itu juga terdispersi diantara koloid tersebut, serta merupakan pelarut zat-zat yang ada dalam sel. Air merupakan pelarut zat-zat yang ada dalam sel. Air yang ada dalam bentuk ini masih tetap mempunyai sifat air bebas dan dapat dikristalkan pada proses pembekuan. Ikatan antara air dengan koloid tersebut merupakan ikatan hidrogen.
- c. Air dalam keadaan terikat kuat, yaitu air yang membentuk hidrat. Ikatan bersifat ionik sehingga relatif sukar dihilangkan atau diuapkan. (Rajman, 2010).

Menurut Rajman (2010), fungsi air dalam bahan pangan adalah sebagai berikut:

1. Air dapat mempengaruhi penampakan tekstur serta cita rasa makanan.
2. Air dalam bahan makanan menentukan kesegaran dan daya tahan pangan. Kerusakan bahan makanan seperti pembusukan oleh mikroba ditentukan oleh kandungan air yang ada dalam bahan makan tersebut.
3. Selain itu air dalam bahan makanan menentukan komposisi yang dapat menentukan kualitas bahan makanan tersebut.

D.Kerusakan Selama Penyimpanan Dodol

Pada produk pangan terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi penurunan mutu produk, diantaranya adalah massa oksigen, uap air, cahaya, mikroorganisme, atau *off flavor*. Faktor-faktor tersebut dapat menyebabkan kerusakan baik secara fisik, kimiawi, maupun biologis. Dodol sebagai makanan semi basah rentan terhadap kerusakan karena memiliki kadar air yang cukup tinggi yaitu 20%-50% dan aktivitas air (a_w) sebesar 0,7-0,9 .

Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap penurunan mutu produk pangan adalah perubahan kadar air dalam produk. Aktivitas air (a_w) berkaitan erat dengan kadar air, yang umumnya digambarkan sebagai kurva isothermis, serta pertumbuhan bakteri, jamur dan mikroba lainnya. Hal ini disebabkan kapang tumbuh pada a_w berkisar antara 0,7-0,8. Kadar air pada dodol akan mempengaruhi mutu, tekstur,

dan kenampakannya.

Dodol yang berkualitas baik adalah dodol dengan tekstur yang tidak terlalu lembek, bagian luar mengkilap akibat adanya pelapisan gula atau *glazing*, rasa yang khas dan jika mengandung minyak tidak terasa tengik. Lemak yang terdapat pada dodol berasal dari santan kelapa yang digunakan. Kerusakan lemak dalam bahan makanan dapat terjadi selama proses pengolahan dan selama penyimpanan. Kerusakan lemak yang utama adalah timbulnya bau dan rasa tengik. Hal ini disebabkan karena lemak bersifat mudah menyerap bau. Ketengikan dapat disebabkan oleh reaksi hidrolisis atau oksidasi.

Dodol memiliki kandungan air yang cukup tinggi. Air dalam bahan makanan terdapat dari beberapa bentuk dan dengan adanya air bebas dalam dodol dapat menyebabkan terjadinya proses hidrolisis lemak menghasilkan pembentukan asam lemak bebas (Fennema, 1976). Ketengikan hidrolitik disebabkan oleh hasil hidrolisa lemak yang mengandung asam lemak jenuh berantai pendek. Asam lemak itu mudah menguap dan berbau tidak enak misalnya asam butirrat, asam kaproat dan ester alifalitas yaitu metil nonil keton.

Hidrolisis sangat mudah terjadi dalam lemak dengan asam lemak rendah (lebih kecil dari C14) seperti mentega, minyak kelapa sawit dan minyak kelapa. Dengan adanya air, lemak dapat terhidrolisis menjadi gliserol dan asam lemak. Hasil hidrolisis lemak berupa asam lemak dan gliserol dimana reaksi bolak-balik ini dapat dikatalis oleh asam, suhu tinggi dan enzim lipase.

Penyebab kerusakan lemak oleh oksidasi disebabkan adanya autooksidasi radikal asam lemak tidak jenuh dalam lemak. Autooksidasi dimulai dengan pembentukan radikal-radikal bebas yang disebabkan oleh faktor-faktor yang mempercepat reaksi seperti cahaya, panas, peroksida lemak atau hidroperoksida, logam-logam berat seperti Cu, Fe, Co, dan Mn, logam porfirin seperti hematin, hemoglobin, mioglobin, klorofil dan enzim-enzim Lipoksidase.

Kerusakan lemak dapat diketahui dengan angka asam *thiobarbituric* (TBA). Uji Angka TBA merupakan analisa yang digunakan untuk mendeteksi adanya kerusakan lemak pada suatu produk pangan. Dalam reaksi oksidasi lemak, komponen hasil dekomposisi lemak yang dapat terbentuk adalah senyawa turunan *aldehida*, yaitu *malonaldehid*. Keberadaan *malonaldehid* pada lemak/minyak menunjukkan bahwa telah mengalami oksidasi lanjut.

BAB VIII

PENGGUNAAN BIOPLASTIK BEBAHAN DASAR PATI KULIT SINGKONG TERHADAP KADAR AIR, BILANGAN PEROKSIDA DAN TOTAL JAMUR

Bioplastik dari pati kulit singkong 10 gram, ditambahkan 2 ml asam cuka dan ditambahkan lagi gliserol bervariasi 3, 4 dan 5 ml, menghasilkan bioplastik sebagai berikut: .

A. Ketebalan Bioplastik

Pengaruh dosis gliserol terhadap sifat mekanik dan fisik bioplastiksbb :

Tabel 6: Dosis plastizer Bioplastik Terhadap Fisik (Ketebalan Bioplastik)

Dosis Platizer	n	Mean (SD)	Min- Max
Gliserol 3 ml	18	0,02150(0,000786)	0,020-0,023
Gliserol 4 ml	18	0,02528(0,000575)	0,024-0,026
Gliserol 5 ml	18	0,02744(0,000511)	0,027- 0,028
Gliserol 0 ml	18	0.010500(0,00051)	0,010-0,011

Ppenambahan dosis gliserol 3 ml menghasilkan bioplastik dengan ketebalan antara 0,020-0,023mm, pada penambahan gliserol 4ml ketebalan bioplastik yang dihasilkan antara 0,024-0,026 mm dan penambahan gliserol 5 ml mempunyai ketebalan 0.027-0,028 mm.

B. Kuat Tarik Bioplastik

Tabel 7: Dosis plastizer Bioplastik Terhadap kuat Tarik Bioplastik

Dosis Platizer	n	Mean (SD)	Min- Max	Normalitas	Nilai p
Gliserol 3 ml	18	0,11722(0,006691)	0,110-0,131		
Gliserol 4 ml	18	0,12967(0,005336)	0,122-0,138	0,028	<0,001
Gliserol 5 ml	18	0,14400(0,006029)	0,132- 0,153		

Rata-rata kuat tarik tertinggi adalah 0,14400 MPa pada penambahan gliserol 5 ml. Sesuai dengan hasil uji Kruskal wallis terdapat pengaruh variasi dosis pemlastis gliserol terhadap kuat tarik (p value<0,001).

C. Pemanjangan Bioplastik

Tabel 8: Dosis plastizer Bioplastik Terhadap persen Perpanjangan saat Putus (%)

Dosis Platizer	n	Mean (SD)	Min- Max	Normalitas	Nilai p
Gliserol 3 ml	18	4,69(0,087245)	4,50-4,80		
Gliserol 4 ml	18	5,49(0,018830)	5,46-5,52	0,193	<0,001
Gliserol 5 ml	18	6,08(0,490457)	5,65-6,71		

Rata-rata Perpanjangan saat Putus tertinggi adalah 6,08% pada penambahan gliserol 5 ml. Sesuai dengan hasil uji Anova terdapat pengaruh Variasi dosis pemlastis gliserol terhadap perpanjangan saat putus (p value < 0,001).

D. Pengaruh suhu, kelembabab dan lama waktu penyimpanan makanan terhadap fisik bioplastik.

Tabel 9: Suhu-Kelembabab dan Lama Waktu Penyimpanan Makanan terhadap Fisik/ketebalan (mm) Bioplastik setelah 28 hari digunakan sebagai pengemas

Dosis Platizer	n	Mean (SD)	Min- Max	Normalita s	Nilai p
Dosis Gliserol 3 ml					
- 10-15 °C,85,3-90,8%	9	0,02167 (0,001033)	0,020-0,023		
- 25-29 °C,46,5%-80,4%	9	0,02100 (0,001101)	0,021-0,022	0,008	0,095
Dosis Gliserol 4 ml					
- 10-15 °C,85,3-90,8%	9	0,02500 (0,000516)	0,025-0,026		
- 25-29°C,46,5%-80,4%	9	0,02533 (0,000500)	0,025-0,026	0,001	0,206
Dosis Gliserol 5 ml					
- 10-15 °C,85,3-90,8%	9	0,02767(0,000516)	0,027-0,028		
- 25-29 °C,46,5%-80,4%	9	0,02733(0,000528)	0,027-0,029	0,001	0,427
Dosis Gliserol 0 ml					
- 10-15 °C,85,3-90,8%	9	0,01000(0,010500)	0,010-0,011		
- 25-29 °C,46,5%-80,4%	9	0,01100(0,001095)	0,010-0,012	0,001	0,110

Rata-rata ketebalan terbesar pada suhu- kelembabab 10-15°C-85,3-90,8% adalah 0,02767 mm dan suhu-kelembaban 25-29°C- 46,5%-80,4% adalah 0,02733 mm. Sesuai hasil uji kruskal wallis tidak ada pengaruh suhu-kelembaban terhadap ketebalan bioplastik sebagai pengemas pada semua kelompok gliserol selama 28 hari penyimpanan makanan.

E. Pengaruh kualitas fisik bioplastik terhadap kualitas makanan.

Tabel10: Kualitas Fisik/Ketebalan (mm) Bioplastik terhadap Bilangan Peroksida, Kadar air dan Total Jamur pada hari ke 28.

variabel	n	Mean (SD)	Min- Max	Normalita s	Nilai p	r
- Bilangan Peroksida (meq/kg)	54	0,4913(0,12894)	0,30-0,87	0,072	<0,001	-0,422
- Kadar air(%)	54	2,2165(0,43504)	1,63-2,90	0,002	0,001.	-0,421
- Total Jamur (CFU/gr)	54	140,22(61,974)	45 -345	0,389	<0,001	-0,780

Penggunaan bioplastik/ketebalan berpengaruh terhadap Bilangan Peroksida, kadar air dan Total jamur pada makanan. Sesuai hasil uji korelasi Spearman terdapat Pengaruh ketebalan bioplastik terhadap Bilangan Peroksida, kada air dan Total Jamur makanan mempunyai bentuk hubungan negatif (r), artinya semakin bertambah ketebalan maka Bilangan Peroksida, Kadar air dan Total Jamur padamakanan akan berkurang atau semakin tebal bioplastik memiliki kemampuan lebih baik melindungi makanan .

F. Suhu-kelembaban dan lama Penyimpanan terhadap BilanganPeroksida dodol.

Tabel 11: Suhu-kelembaban dan lama Penyimpanan terhadap Bilangan Peroksida Makanan (meq/kg) pada hari ke 21 dan ke 28

Suhu-kelembaban	n	Mean (SD)	Min- Max	Normalitas	Nilai p
1. Penyimpanan 21 hari					
Dosis Gliserol 3 ml					
- 10-15 °C,85,3-90,8%	9	0,5156 (0,07568)	0,41-0,65	0,200	0,001
- 25-29 °C,46,5-80,4%	9	0,3867 (0,05874)	0,32-0,47		
Kontrol	9	0,5700(0,08078)	0.43-0, 68		
Dosis Gliserol 4 ml					
- 10-15 °C,85,3-90,8%	9	0,3433 (0,01936)	0,32-0,37	0,068	<0,001
- 25-29°C,46,5-80,4%	9	0,2789 (0,3180)	0,24-0,32		
Kontrol	9	0,5933 (0,06690)	0,48-0,68		
Dosis Gliserol 5 ml					
- 10-15 0C,85,3-90,8%	9	0,4122 (0,04147)	0,34-0,45	0,103.	<0,001
- 25-29 0C,46,5%-80,4%	9	0,2800 (0,05362)	0,23-0,38		
- Kontrol	9	0,5789 (0,06030)	0,48-0,63		
2. Penyimpanan 28 hari					
Dosis Gliserol 3 ml					
- 10-15 °C,85,3-90,8%	9	0,6878 (0,10035)	0,55-0,87	0,200	0,001
- 25-29 °C,46,5%-80,4%	9	0,5167 (0,07984)	0,43-0,63		
- Kontrol	9	0,5744 (0,07316)	0.50-0,72		
Dosis Gliserol 4 ml					
- 10-15 °C,85,3-90,8%	9	0,4544 (0,02651)	0,42-0,49	0,200	<0,001
- 25-29 °C,46,5%-80,4%	9	0,3711 (0,04226)	0,32-0,43		
- Kontrol	9	0,5556(0,06064)	0,47-0,65		
Dosis Gliserol 5 ml					
- 10-15 °C,85,3-90,8%	9	0,5500 (0,05612)	0,45-0,60	0,093	0,008
- 25-29 °C,46,5%-80,4%	9	0,3678 (0,07138)	0,30-0,50		
- Kontrol	9	0,5156(0,07568)	0,41-0,65		

Pada suhu 10-15°C,85,3-90,8% dan lama penyimpanan selama 4 minggu dan 8 minggu Bilangan Peroksida tertinggi yaitu sebesar 0,65 meq/kg dan 0,87 meq/kg pada penambahan gliserol 3 ml. Pada suhu-kelembaban 25- 29 °C,46,5%-80,4% dan lama penyimpanan 21 hari dan 28 hari Bilangan Peroksida tertinggi yaitu 0,3867 meq/kg dan 0,6878 meq/kg. Sesuai dengan hasil uji T independent terdapat pengaruhpaparan suhu-kelembaban dan lama penyimpanan terhadap Bilangan Peroksida makanan yang dikemas dengan bioplastik pada setiap kelompok gliserol.

G. Ketebalan Bioplastik terhadap Kandungan Total Jamur dodol.

Tabel 12: Suhu-kelembaban dan lama Penyimpanan terhadap Total Jamur Makanan (CFU/gram makanan)

Suhu-kelembaban	n	Mean (SD)	Min- Max	Normalitas	Nilai p
Penyimpanan 21 hari					
Dosis Gliserol 3 ml					
- 10-15 ⁰ C,85,3-90,8%	9	190,223 (29,24799)	144-229	0,492	0,023
- 25-29 ⁰ C,46,5%-80,4%	9	158,556 (23,87525)	129-205		
- Kontrol	6	1201,444(215,94450)	861-1456		
Dosis Gliserol 4 ml					
- 10-15 ⁰ C,85,3-90,8%	9	153,778 (27,47271)	116-205	0,218	<0,001
- 25-29 ⁰ C,46,5%-80,4%	9	99,222 (12,51777)	79-119		
- Kontrol	9	1462,000(147,2837)	1212-1678		
Dosis Gliserol 5 ml					
- 10-15 ⁰ C,85,3-90,8%	9	62,777 (13,71840)	41-78	0,581	0,008
- 25-29 ⁰ C,46,5%-80,4%	9	42,444(14,64677)	23-62		
- Kontrol	9	1074,667(291,2189)	626- 1420		
Penyimpanan 28 hari					
Dosis Gliserol 3 ml					
- 10-15 ⁰ C,85,3-90,8%	9	215,000 (30,97176)	160-345	0,19	<0,001
- 25-29 ⁰ C,46,5%-80,4%	9	153,111 (19,98661)	115-167		
- Kontrol	6	(547,630980,13688)	861-2430		
Dosis Gliserol 4 ml					
- 10-15 ⁰ C,85,3-90,8%	9	185,667 (43,97442)	79-210	0,195	0,009
- 25-29 ⁰ C,46,5%-80,4%	9	128,667 (15,8223)	128-256		
- Kontrol	9	1924,333 (553,55781)	1275-2780		
Dosis Gliserol 5 ml					
- 10-15 ⁰ C,85,3-90,8%	9	76,778 (22,79681)	60-132	0,622	0,009
- 25-29 ⁰ C,46,5%-80,4%	9	48,,889(16,48316)	45-84		
- Kontrol	9	1385,444(53,7223)	626-2195		

Pada penyimpanan suhu-kelembaban 10-15⁰C - 85,3-90,8% dan lama penyimpanan 21 hari dan 28 hari rata-rata tertinggi total jamur sebesar 190,333 cfu/gr dan 215,000 cfu/gram pada penambahan 3 ml. Pada suhu-kelebabandan lama penyimpanan 4 minggu rata-rata tertinggi total jamur sebesar 158,556 cfu/gr padadosis gliserol 3 ml dan 185,667 cfu/gr pada lama penyimpanan 28 hari dengan 4 ml gliserol. Sesuai dengan hasil uji T independent terdapat pengaruh secara signifikan suhu- kelembaban dan lama penyimpanan terhadap total jamur dodol pada setiap dosis gliserol 3 ml, 4 ml dan 5 ml.

H. Pengaruh Suhu-Kelembaban dan Lama Penyimpanan terhadap Kadar Air Dodol.

Tabel13: Suhu-kelembaban dan lama Penyimpanan Makanan terhadap Kadar Air Makanan (%) pada penyimpanan hari ke 21 dan ke 28

Suhu-kelembaban	n	Mean (SD)	Min- Max	Normalitas	Nilai p
1. Penyimpanan 21 hari					
Dosis Gliserol 3 ml					
- 10-15 ⁰ C,85,3-90,8%	9	2,0589 (0,08992)	1,97-2,18	0,001	0,036
- 25-29 ⁰ C,46,5%-80,4%	9	2,0689 (0,08892)	1,97-2,20		
- Kontrol	9	2,7511 (0,12663)	2,53-2,90		
Dosis Gliserol 4 ml					
- 10-15 ⁰ C,85,3-90,8%	9	1,3056 (0,06464)	1,97-2,18	0,001	<0,001
- 25-29 ⁰ C,46,5%-80,4%	9	1,6656 (0,09799)	1,47-1,80		
- Kontrol	9	2,7144 (0,13333)	2,25-2,90		
Dosis Gliserol 5 ml					
- 10-15 ⁰ C,85,3-90,8%	9	1,4357(0,06218)	1,22-1,43	0,001	0,036
- 25-29 ⁰ C,46,5%-80,4%	9	1,3367(0,06144)	1,22-1,43		
- Kontrol	9	2,7511 (0,12663)	2,55-2,90		
2. Penyimpanan 28 hari					
Dosis Gliserol 3 ml					
- 10-15 ⁰ C,85,3-90,8%	9	2,0611 (0,22718)	1,38-1,74	0,200	0,002
- 25-29 ⁰ C,46,5%-80,4%	9	2,2178 (0,12979)	1,40-1,96		
- Kontrol	9	2,5844 (0,18709)	2,25-2,78		
Dosis Gliserol 4 ml					
- 10-15 ⁰ C,85,3-90,8%	9	2,7422 (0,12050)	2,62-2,90	0,200	0,023
- 25-29 ⁰ C,46,5%-80,4%	9	2,7600 (0,12124)	2,62-2,90		
- Kontrol	9	2,5689 (0,20829)	2,55-2,90		
Dosis Gliserol 5 ml					
- 10-15 ⁰ C,85,3-90,8%	9	1,3056 (0,06464)	1,64-1,85	0,001	0,007
- 25-29 ⁰ C,46,5%-80,4%	9	1,3367 (0,06144)	1,63-1,90		
- Kontrol	9	2,5833 (0,20273)	2,14-2,90		

Penyimpanan suhu-kelembaban 10-15⁰C,85,3-90,8% dan lama penyimpanan 21 hari dan 28 hari rata-rata tertinggi kadar air secara berurutan sebesar 2,18% pada penambahan gliserol 3 ml dan 2,90% pada penambahan gliserol 4 ml. Pada penyimpanan suhu-kelembaban 25-29⁰C-46,5%-80,4% kadar air tertinggi sebesar 2,90% dengan penambahan 4 ml gliserol. Sesuai dengan hasil uji T independent terdapat pengaruh secara signifikan perbedaan suhu-kelembaban penyimpanan terhadap kadar air makanan/dodol pada penambahan dosis gliserol 3 ml, 4 ml dan 5 ml.

Pembahasan

1. Pengaruh Penambahan pemlastis gliserol terhadap sifat fisik dan Mekanis bioplastik

Pada penelitian ini peneliti membuat bioplastik dari pati kulit singkong. Kulit singkong diambil bagian yang berwarna putih, kemudian di blender. Setelah di blender diperas dan endapkan selama 24 jam. Hasil endapan diambil kemudian di keringkan untuk mendapatkan keringnya. Bioplastik dibuat dari 10 gram pati kulit singkong ditambahkan dengan 100 ml air, asam cuka 2 ml, pemlastis gliserol dengan variasi 3 ml, 4 ml dan 5 ml. Sifat Fisik bioplastik yang dideskripsikan sebagai ketebalan bioplastik yang merupakan faktor penting yang akan menentukan kemampuan bioplastik sebagai pengemas makanan. Pemlastis yang ditambahkan saat pembuatan bioplastik berpengaruh terhadap ketebalan bioplastik. Bioplastik hasil penelitian ini memiliki ketebalan yang berbeda, ketebalan bertambah dengan bertambahnya gliserol dengan plastik paling tipis pada penambahan 3 ml gliserol dengan ketebalan bioplastik berkisar 0,020-0,023 mm, dan bioplastik paling tebal 0,028 mm dengan penambahan gliserol 5 ml. Secara nyata ada pengaruh bermakna dosis gliserol terhadap ketebalan bioplastik. Hal ini disebabkan pada penambahan dosis gliserol akan meningkatkan jumlah padatan terlarut bahan pada larutan pembuat bioplastik, dan akan menghasilkan ketebalan bioplastik. Menurut Nugroho dkk, 2013 bahwa polimer-polimer penyusun matrik edible film akan meningkat bersamaan dengan meningkatnya jumlah padatan terlarut dalam larutan. Kandungan polimer dan viskositas larutan juga berpengaruh terhadap ketebalan bioplastik.

Penambahan gliserol menghasilkan bioplastik memiliki sifat elastis dan fleksibel sehingga memudahkan untuk dibentuk dan digunakan sesuai bentuk dan ukuran makanan yang dikemas. Dengan dosis pemlastis maka ikatan antara molekul hidrogen menurunkan kekuatan ikatan antara rantai polimer sehingga dihasilkan fleksibilitas bioplastik. Jadi semakin besar dosis pemlastis yang ditambahkan maka akan semakin fleksibel bioplastik karena semakin banyak pula ikatan molekul hidrogen yang melemah. Menurut Suppakul, 2006 bahwa Selain itu, pemlastis dapat menurunkan gaya intermolekul dan meningkatkan fleksibilitas film dengan memperlebar ruang kosong molekul serta melemahkan ikatan hidrogen rantai polimer.

Ketebalan bioplastik sebagai pengemas menentukan kualitas makanan yang dikemas. Pengemas makanan harus dapat melindungi makanan dari pengaruh lingkungan seperti suhu dan kelembaban udara, debu, cemaran bakteri dan bahan kontaminan lainnya.

Ketebalan menentukan kemampuan bioplastik mempertahankan laju perpindahan uap air, senyawa volatil dari dalam dan luar makanan dan mencegah cemaran lingkungan seperti bakteri, suhu dan kelembaban udara bahkan debu udara ke makan. Menurut Indriyanto, 2014 tentang pengaruh penambahan kitosan terhadap karakteristik bioplastik menghasilkan bioplastik dengan ketebalan optimum 0,07-0,12 mm.

2. Pengaruh suhu-kelembaban terhadap ketebalan bioplastik

Suhu-kelembaban penyimpanan makanan tidak berpengaruh terhadap ketebalan bioplastik pada setiap dosis gliserol. Bioplastik yang dibuat memiliki kerapatan partikel polimer bioplastik yang stabil karena proses pengeringan akhir dalam oven suhu 48°C, sehingga tidak mengalami perubahan ketebalan selama penyimpanan dengan suhu-kelembaban selama penyimpanan 8 minggu.

3. Pengaruh ketebalan (fisik) bioplastik terhadap Bilangan Peroksida, Kadar air dan Total Jamur Makanan.

Pengemasan makanan merupakan bagian penting untuk mendapatkan makanan yang sehat. Pengemas mampu melindungi makanan dari cemaran dan kontaminasi dari lingkungan. Keuntungan yang didapat dari penggunaan pengemas yang tepat adalah mencegah kerusakan makanan, mengurangi kehilangan makanan karena rusak, memperpanjang waktu simpan, didapatkan makanan yang aman dan berkualitas (Qian *et al.* 2021).

Hubungan ketebalan dengan bilangan peroksida makanan menunjukkan hubungan negatif, artinya semakin besar dosis gliserol yang digunakan maka semakin rendah bilangan peroksida. Dengan besar keeratan hubungan 0,422, yang artinya hubungan ini cukup kuat. Bioplastik sebagai pengemas mampu untuk memperlambat reaksi kerusakan lemak atau terjadinya proses oksidasi, hal ini disebabkan karena sifat permeabilitas terhadap udara dari bioplastik sehingga dapat mencegah kelolosan udara masuk kedalam kemasan. Semakin tebal bioplastik maka ikatan polimer bioplastik semakin kuat menyebabkan sulit untuk ditembus uap air, gas dari lingkungan penyimpanan.

Kadar air dodol mengalami penurunan dengan semakin bertambahnya dosis gliserol yang digunakan. Pati dan gliserol sebagai bahan pembuat bioplastik mempunyai sifat hidrofilik yang artinya dapat bereaksi dengan air atau uap air, ditambah dengan sifat higroskopis dari gliserol yang dapat menyerap air. Gliserol yang ditambahkan memberikan hasil ketebalan pada bioplastik, hal ini memberikan kemampuan bioplastik untuk melindungi

makanan yang dikemas penggunaan gliserol yang mempunyai sifat hidrofilik dan higroskopis sehingga bioplastik memiliki kemampuan lebih besar untuk menyerap air ditambah dengan pati sebagai bahan dasar bioplastik yang bersifat hidrofilik dengan gugus hidroksilnya. Kedua sifat ini dapat menahan uap air yang ada di udara mencemari makanan dan dapat mengurangi air yang ada pada makanan. Pada penelitian ini hubungan ketebalan dan kadar air mempunyai arah hubungan negatif, dengan koefisien hubungan 0,421, artinya hubungan ini cukup kuat. Semakin banyak gliserol yang ditambahkan maka ketebalan bioplastik dan meningkatkan kemampuan bioplastik menyerap air dan mengikat air/uap air karena bertambahnya senyawa higroskopis dan hidrofilik. Penambahan gliserol memberikan pengaruh berbeda terhadap kadar air pada makanan yang dikemas. Secara fisik gliserol 5 ml menghasilkan ketebalan bioplastik yang lebih tebal dibandingkan dengan dosis 3 ml dan 4 ml, diketahui ketebalan memiliki hubungan terhadap kemampuan menyerap air karena semakin banyak partikel gliserol yang terdifusi dalam pati yang menurunkan ikatan polimer hal ini memberikan jarak lebih besar antar polimer dan meningkatkan kemampuan menyerap air, dimana semakin tebal ukuran bioplastik maka ketahanan air pada bioplastik juga semakin meningkat (Setiani, 2013), artinya gliserol memiliki kemampuan yang tinggi dalam mengikat air sehingga kadar air dari lingkungan tidak menjangkau makanan. Sifat higroskopis gliserol menambah kemampuan bioplastik menyerap molekul air. Kondisi ini menyebabkan pengaruh bioplastik sebagai pengemas terhadap kadar air pada makanan dan memberikan peluang lebih besar untuk terjadinya peningkatan penyerapan air oleh bioplastik sehingga cemaran dalam bentuk uap air, gas atau senyawa volatil yang dapat meningkatkan kadar air makanan dapat dicegah. Sentiani, dkk., 2013 menjelaskan bahwa semakin tebal ukuran bioplastik maka nilai ketahanan air dan nilai kuat tarik semakin meningkat (Setiani, dkk., 2013).

Bioplastik dengan ketebalannya dapat juga melindungi dodol dari cemaran total jamur. Dengan kemampuan bioplastik menyerap air dan bereaksi dengan air (sifat hidrofilik dari gliserol dan pati) berpengaruh pula pada jumlah total jamur pada makanan, karena berkurangnya jumlah air yang membawa pencemar mikroba masuk ke dalam kemasan, mengurangi kebutuhan air untuk tumbuhnya jamur. Cemaran jamur dapat dicegah dengan sifat hidrofilik dan higroskopis gliserol yang terpersentasi pada ketebalan bioplastik. Arah hubungan negatif antara ketebalan dengan total jamur, menunjukkan semakin tebal bioplastik akan semakin menurun total jamur. Ketebalan bioplastik mempresentasikan dosis gliserol yang menunjukkan banyaknya senyawa hidrofilik dan higroskopis pada pengemas makanan. Dengan koefisien hubungan erat/kuat sebesar 0,780.

Hubungan antara ketebalan bioplastik dan bilangan peroksida, kadar air dan total jamur pada makanan terletak pada kemampuan pengemas bioplastik. Sifat hidrofilik, higroskopis dan permeabilitas terhadap udara dan air meningkatkan kualitas bioplastik sebagai pengemas makanan. Semakin tebal bioplastik maka ikatan polimer bioplastik semakin kuat menyebabkan sulit untuk ditembus uap air, gas dari lingkungan penyimpanan.

4. Pengaruh suhu-kelembaban dan lama penyimpanan makanan dikemas bioplastik terhadap Bilangan Peroksida, kadar air dan total jamur makanan.

a. Pengaruh suhu-kelembaban dan lama Penyimpanan terhadap Bilangan Peroksida makanan.

Dodol merupakan makanan yang mengandung lemak sehingga dapat mengalami kerusakan yaitu ketengikan. Suhu-kelembaban dan lama penyimpanan meningkatkan Bilangan Peroksida, semakin lama penyimpanan makanan akan meningkat Bilangan Peroksida. Bilangan Peroksida pada makanan jika dibiarkan akan menyebabkan ketengikan dodol.

Pada penelitian ada Perbedaan pengaruh suhu-kelembaban dan lama penyimpanan dodol yang dikemas bioplastik terhadap Bilangan Peroksida makanan. Suhu-kelembaban penyimpanan 10-15⁰C-85,3-90,8% menunjukkan bilangan peroksida dodol lebih tinggi dibandingkan suhu-kelembaban 25-29⁰C-46,5%-80,4% pada semua dosis gliserol bioplastik dan lama penyimpanan, artinya ada pengaruh suhu-kelembaban dan lama penyimpanan terhadap bilangan peroksida pada makanan. Bilangan peroksida pada penyimpanan 21 hari terbentuk karena suhu-kelembaban dan lama penyimpanan dapat menyebabkan terjadinya proses autooksidasi dari bahan lemak dan minyak pada makanan dan disebabkan oleh kemampuan permeabilitas udara bioplastik. Pada suhu yang lebih rendah permeabilitas bioplastik terhadap udara lebih rendah dibandingkan dengan permeabilitas udara bioplastik pada penyimpanan suhu lebih tinggi. Peningkatan bilangan peroksida pada penyimpanan 28 hari terjadi karena ada udara yang lolos kedalam kemasan lebih besar dan menyebabkan oksidasi pada makanan.

Bioplastik memperlambat dan mempercepat oksidasi dipengaruhi faktor suhu dan kelembaban penyimpanan. Penelitian ini tidak sejalan dengan Raynasari dalam Tajul, 2012 menunjukkan permeabilitas uap air bioplastik mengalami penurunan dengan semakin rendahnya suhu penyimpanan dimana nilai permeabilitas bioplastik yang disimpan selama

30 hari pada suhu 3-7⁰C (13.8528-19.1088 g/m² /24 jam) lebih kecil dari pada suhu -10(-6) ⁰C (16.7208-20.5416 g/m² /24 jam). Ketebalan merupakan sifat fisik yang akan mempengaruhi laju transmisi uap air, gas dan senyawa volatil serta sifat-sifat lainnya seperti tensile strength dan elongation Mc Hugh,dkk dalam Baskara, 2012). Ketebalan merupakan parameter penting yang berpengaruh terhadap penggunaan film dalam pembentukan produk yang akan dikemasnya. Ketebalan film akan mempengaruhi permeabilitas gas, semakin tebal edible film maka permeabilitas gas akan semakin kecil dan melindungi produk yang dikemas dengan lebih baik. Permeabilitas lebih kecil memberikan pengaruh pada kecilnya oksigen yang dapat lolos pada bioplastik yang dapat menyebabkan oksidasi lemak pada makanan. Ketebalan bioplastik dipengaruhi oleh penambahan gliserol, semakin besar gliserol yang ditambahkan akan meningkatkan ketebalan bioplastik. Penelitian ini sejalan dengan Baskara, 2012 bahwa penambahan gliserol 50% pada pati jagung menghasilkan ketebalan biolastik paling tebal yaitu 0,256 mm dibandingkan dengan konsentrasi gliserol 20%, 30% dan 40%. Pada penelitian ini ada interaksi antara dosis gliserol, ketebalan dan suhu penyimpanan terhadap bilangan Peroksida opNamun dalam penggunaannya, ketebalan edible film harus disesuaikan dengan produk yang dikemasnya (Kusumasmarawati, 2007). Pada penelitian ini kemampuan kemasan bioplastik untuk megurangi proses oksidasi pada dodol terjadi pada suhu penyimpanan 25-29 ⁰C,46,5%-80,4% dibandingkan dengan suhu- kelembaban penyimpanan 10-15⁰C,85,3-90,8%

Kemampuan pengemas bioplastik dalam mencegah proses oksidasi pada dodol masih dapat mencegah proses oksidasi bahkan permeabilitas udara pada penelitian ini lebih rendah terjadi pada penyimpanan 25-29⁰C,46,5%-80,4%. Permeabilitas udara yang rendah memberikan oksigen sulit untuk masuk dalam kemasan. Meskipun permeabilitas udara rendah pada suhu yang lebih rendah-kelembaban tinggi namun ketersediaan uap air dilingkungan lebih besar dibandingkan dengan penyimpanan suhu tinggi-kelembaban udara rendah, hal ini sebab bilangan peroksida pada penyimpanan suhu dingin-kelembaban tinggi lebih tinggi. Pada suhu tinggi-kelembaban yang lebih rendah bilangan peroksida yang terbentuk disebabkan karena terjadinya proses autooksidasi pada komponen lemak atau minyak dodol terus berjalan selama penyimpanan dan proses oksidasi karena permeabilitas udara yang berbeda serta kadar air pada dodol. Dewita dan Syahrul (2014) menyatakan bahwa semakin lama penyimpanan berpengaruh terhadap peningkatan Bilangan Peroksida amplang dan misagu yang dikemas. Adanya reaksi antara asam lemak tak jenuh dengan oksigen di dalam kemasan mempercepat laju oksidasi dan ketengikan.

Pada penyimpanan dingin dengan kelembaban tinggi bioplastik lebih cepat jenuh dengan

uap air dengan sifat permeabilitas udara meningkat sehingga kehilangan fungsinya untuk menahan udara masuk kedalam kemasan. Hal menyebabkan terjadinya oksidasi pada dodol meningkat dan semakin besar bilangan peroksida. Menurut Waryati,dkk bahwa suhu penyimpanan rendah maka permeabilitas udara bioplastik semakin kecil memberikan pengaruh signifikan terhadap permeabilitas bioplastik terhadap uap air, O₂ dan CO₂. Menurut Arif, dkk, 2014 terdapat pengaruh suhu rendah (10-11⁰C) dan suhu ruang (30-31⁰C) dan lama penyimpanan 96 jam dan 48 jam terhadap sensori, angka peroksida dan total bakteri mie basah (p= 0,020).

b. Pengaruh suhu-kelembaban dan lama penyimpanan terhadap Total Jamur dodol.

Dodol merupakan makanan dengan kadar air rendah, mengandung lemak dan gula menyebabkan dodol mengalami kerusakan mikroba berupa jamur. Jamur pada makanan tumbuh karena suhu dan kelembaban, kadar air dan tersedianya nutrisi untuk tumbuh. tempat penyimpanan makanan, kadar air pada makanan dan tersedianya nutrisi untuk jamur tumbuh. Jamur menyukai tempat dengan suhu rendah dan kelembaban yang tinggi. Kemampuan bioplastik untuk menyerap air berpengaruh terhadap pertumbuhan jamur.

Pada penelitian Ada perbedaan pengaruh suhu-kelembaban dan lama penyimpanan dodol yang dikemas bioplastik terhadap total jamur makanan. Suhu-kelembaban penyimpanan 10-15⁰C-85,3-90,8% menunjukkan total jamur dodol lebih tinggi dibandingkan suhu-kelembaban 25-29⁰C-46,5%-80,4% pada semua dosis gliserol bioplastik dan lama penyimpanan, artinya ada pengaruh suhu-kelembaban penyimpanan terhadap total jamur untuk lama penyimpanan 4 minggu dan 8 minggu. Suhu rendah dan kelembaban tinggi pada penyimpanan dodol merupakan faktor fisik yang mempercepat pertumbuhan jamur pada dodol, meskipun bioplastik dapat mengurangi tumbuhnya jamur dengan sifat hidrofilik dan hygroskopisnya namun lama penyimpanan memberikan pengaruh pada total jamur.

Pada lama penyimpanan 8 minggu pengaruh faktor lingkungan dapat menurunkan kualitas pengemas yaitu bioplastik sudah jenuh dengan uap air hal menyebabkan kemampuan menyerap air tidak terjadi sehingga dodol terkontaminasi oleh uap air, oksigen yang dapat membawa pencemar lain. Pengaruh bioplastik terhadap pertumbuhan total jamur terjadi karena sifat hidrofilik (dapat mengikat air) dan hygroskopis (dapat menyerap air) yang dapat mengurangi cemaran uap air yang membawa jamur dari udara ke makanan. Pertumbuhan jamur yang ada disebabkan karena faktor suhu-kelembaban penyimpanan. Pada kelembaban tinggi jamur dapat tumbuh secara optimum pada suhu antara 25 ⁰C – 30⁰C dan kelembaban udara optimum 70% - 85% (rekayasa pengolahan produk agro industri,

Lorine Tantaludkk, 2017, Media Nusa Creative, h.135). Kondisi suhu-kelembaban penyimpanan makanan pada penelitian ini mendukung untuk tumbuh jamur, meningkatnya jumlah jamur lebih disebabkan karena lama waktu penyimpanan dodol. Waktu penyimpanan yang terlalu lama akan menyebabkan kerusakan yang lebih besar akibat pertumbuhan dan perkembangbiakan jamur.

c. Pengaruh Suhu-kelembaban dan lama penyimpanan terhadap kadar air dodol.

Pada penelitian ini suhu-kelembaban dan lama penyimpanan berpengaruh pada kadar air dodol. Dengan pengaruh suhu-kelembaban 10-15⁰C-85,3-90,8% - dan 25-30⁰C-46,5%-80,4% pada lama penyimpanan 4 minggu berbeda secara signifikan terhadap kadar air, pada suhu lebih rendah dan kelembaban lebih tinggi menunjukkan kadar air pada makanan lebih tinggi. Semakin besar dosis gliserol bioplastik memberikan kadar air semakin rendah pada semua suhu-kelembaban penyimpanan. Bioplastik sebagai pengemas makanan dapat mempengaruhi kadar air pada makanan padat karena sifat bahan pembuat bioplastik yaitu pati bersifat hidrofilik yang artinya dapat mengikat air sedangkan gliserol mempunyai sifat hidrofilik dan higroskopis memiliki kemampuan menyerap air. Menurut Utami, 2014 bahwa gliserol memiliki gugus-OH yang menyebabkan sifat hidrofilik pada bioplastik. sehingga memiliki kemampuan menurunkan kadar air pada makanan. Sejalan dengan Sitompul dan Zubaidah, 2015 yang menjelaskan gliserol bersifat hidrofilik yaitu mudah larut dalam air sehingga dapat menurunkan ketahanan bioplastik terhadap air, namun dapat bertahan terhadap uap air. Lama waktu berpengaruh terhadap penggunaan bioplastik, selama waktu penggunaan bioplastik menyerap air dari lingkungan dan makanan, mengalami kejenuhan menyerap uap air dan perubahan pada fleksibilitasnya dan permeabilitas udara semakin berkurang. Penggunaan selama 8 minggu menunjukkan menurunnya serapan air, sehingga fungsi bioplastik sebagai pengemas menurun. Hal ini ditunjukkan pula dengan bioplastik menjadi kaku dan sulit dibentuk pada minggu ke 8. Menurut Fathanah *et al.* (2017), semakin besar daya serap airnya maka plastik kurang mampu melindungi produk dari air yang dapat menyebabkan produk cepat rusak atau berkurang kualitasnya.

Secara fisik gliserol 5 ml menghasilkan ketebalan bioplastik yang lebih tebal dibandingkan dengan dosis 3 ml dan 4 ml, diketahui ketebalan memiliki hubungan terhadap kemampuan menyerap air karena semakin banyak gliserol yang terdifusi dalam pati yang menurunkan ikatan polimer hal ini memberikan jarak lebih besar antar polimer dan meningkatkan kemampuan menyerap air, dimana semakin tebal ukuran bioplastik maka ketahanan air pada bioplastik juga semakin meningkat (Setiani, 2013), artinya dengan penambahan gliserol 5

ml memiliki kemampuan meningkat mengikat air lebih besar. Dengan penambahan gliserol meningkat pula jumlah senyawa hygroskopis dari bioplastik sehingga meningkatkan kemampuan bioplastik menyerap kadar air dari lingkungan. Penambahan gliserol mengurangi ikatan molekul polimer pada bioplastik sehingga menghasilkan bioplastik lebih tebal dibandingkan dengan dosis lebih kecil, ikatan yang melemah ini meningkatkan kemampuan bioplastik menyerap air. Jika semakin tebal ukuran bioplastik maka nilai ketahanan air dan nilai kuat tarik semakin meningkat (Setiani, dkk., 2013, Huri dan Nisa, 2014).

DAFTAR PUSTAKA

1. Aditya LN, Rita DT, Diananto P. Uji Perbandingan Plastik Biodegradasi Pati Singkong dan Pati Kentang terhadap Kekuatan Tarik dan Pemanjangan. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 20(1), 17-28.
2. Anita Z, Akbar F, Harahap A. 2013. Pengaruh Penambahan Gliserol terhadap Sifat Mekanik Film Plastik Biodegradasi dari Pati Kulit Singkong. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(2).
3. Apridinata. 2017. Analisis Migrasi Ftalat Dari Kemasan Plastik Makanan Pada Simulan Makanan Dengan Kromatografi Gas-Detektor Nyala Ionisasi (GC-FID). <https://repository.unsri.ac.id/17716>. Diakses 20 Januari 2021
4. Ardiani Yosephina S, dkk, 2016. Waste utilization of cassava leather and doseplastizer glycerol as bioplastiks packaging food and its effect on physical quality and food microbiology). *International Journal of Current Research* , 8(09):38453-38455
5. Darni Yuli, Herti Utami, Rina Septiana, dan Rizka Aidilla. 2017. Comparative Studies of the Edible film Based on Low Pectin Methoxyl with Glycerol and Sorbitol Plastikizers. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan (JBAT)*, 6(2): 158- 167.
3. 6. Febrianto R Sinaga, Gita Minawarisa G, M. Hendra S Ginting, Rosdanelli Hasibuan. Pengaruh Penambahan Gliserol terhadap sifat kekuatan Tarik dan Pemanjangan saat putus bioplastik dari pati. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(2), 19-23.
7. Heru S, Nanang EW, Reza W, Poppy P, Sukarni S. 2016. Struktur dan Kekerasan Bioplastik dari pati Singkong. Prosiding Seminar Nasional Terapan Teknologi (SeNTerTek) 2016-JTM Polinema, 91-95
8. J. Bonilla, Vicentini M, Dos Rodolfo M C, Bittante Q B, and Sobral Paulo J A. 2015. Mechanical properties of cassava starch films as affected by different plastikizers and different relative humidity conditions. *Int. J. Food Study*, 1. 4: 116–125.
9. Khusnul Laila , Gina Aulia P. 2018. Kajian jenis plastikizer campuran gliserol dan sorbitol terhadap sintesis dan karakterisasi edible film pati bonggol pisang sebagai pengemas buah apel. *Jurnal Kompetensi tehnik Unnes*, 10(1):35- 47.
10. Kirwan MJ., Plant S. and Strawbridge J W. (2011). *Plastics in Food Packaging*.
11. Li T Li., Meng F., Chi W Chi., S. X. and L. W. (2022). An Edible and Quick-Dissolving Film from Cassia Gum and Ethyl Cellulose with Improved Moisture Barrier for Packaging. *Journal Polymers*, 2, 2–11. Available at: <https://doi.org/10.3390/polym14194035> .
12. Maladi I. 2019. Pembuatan Bioplastik Berbahan Dasar Pati Kulit Singkong (Manihot utilissima) dengan Selulosa Jerami Padi, Polivinil Alkohol dan Bio- Compatible Zink Oksida. <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/47669>
13. Meenatchisundaram S., Chandrasekar CM., Udayasoorian LP., Kavindapadi RR., Kesavan RK, Srinivasan B., Muthusamy S. (2016). Effect of spice-incorporated starch edible film wrapping on the shelf life of white shrimps stored at different temperatures. *J Sci Food Agric*, 96(12), 4268-75. doi: 10.1002/jsfa.7638. Epub 2016 Feb 26. PMID: 26800104.
14. Nasaruddin N.L., Chin Y.A., dan Yusof. 2012. Effect of processing on instrumental textural properties of traditional dodol using back extrusion. *Int. Journal Food Process*, 15(3):495–506.
15. Rusley Arham., Mulyati MT., Metusalach M, and Salengke S. (2016).

- Physical and mechanical properties of the agar-based edible film with glycerol plasticizer. *International Food Research Journal*, 23(4), 1669-1675
16. Rainasari. Pengaruh suhu penyimpanan terhadap sifat fisik dan Mekanik plastik non biodegradable. Unnes. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/56986> . Diakses 4 Januari 2021
 17. Rusli Arham, et al. 2016. Physical and mechanical properties of agar based edible film with glycerol plastikizer. *International Food Research Journal*, 23(4): 1669-1675
 18. Santhi Dharma. *Plastik Sebagai Pengemas Makanan*. <https://simdos.unud.ac.id/uploads/filependidikan1dir/b08f2213f6fac505e71538badabaaf19.pdf>
 19. Santoso B. (2020). *Edible Film: Teknologi dan Aplikasinya*. Noer Fikri Offset. Indonesia
 20. Sitompul Alfredo Johan Wahyu Sagita, dan Elok Zubaidah. 2017. Pengaruh Jenis Dan Konsentrasi Plastikizer Terhadap Sifat Fisik Edible Film Kolang Kaling (Arenga Pinata). *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 5(1): 13-25.
 21. Sinaga, R F., Minawarisa G M., Ginting S., Hasibuan R. (2014). Umbi Talas. <https://talenta.usu.ac.id/jtk/article/view/1608/1090>
 22. Syarief Rizal. (2020). Pengemasan dan Perlindungan Mutu Bahan Pangan. <http://repository.ut.ac.id/4605/1/PANG4227-M1.pdf> diakses 12 Januari 2020
 23. Triawan A and Eka L. (2016). The Effect of Substitution Glutinous Rice Flour With Bogortaro Tubers Flour (*Colocasia esculenta* L Schoott) on Quality of Milk Sweet Pastry Viewed From Physical Qualities and Chemical Qualities. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 11(2), pp. 28–37.
 24. Unsa LK and Paramastri GA. (2018). Study of the type of plasticizer mixed with glycerol and sorbitol on the synthesis and characteristics of banana weevil starch edible films as packaging for apples. *Journal of Technical Competency*, 10(1): 35-46.
 25. Veranita EN, 2020. Muryeti. Pembuatan Plastik Biodegradable dari Pati Singkong dan Kitosan N. *Journal Printing and Packaging Technology*, 1, 57-68.
 26. Wiyono T., Y. Khasanah A., Kusumaningrum, and D. Ariani. (2016). The Effect of Type of Glutinous Jenang Packaging on Shelf Life: A Case Study of Rongkop Gunungkidul Jenang. *Journal of Yogyakarta Special Region Government Development Research*, 8(1), 58-64.
 27. Wulandari K and Ardiani Yosephina S. (2019). *Penyehatan Makanan dan Minuman*. Badan PPSDM Kesehatan Kemenkes RI.
 28. Yulianti Rahmi and Ginting, Erliana. (2012). Differences in Physical Characteristics of Edible Film from Roots Made with the Addition of Plasticizers. *Journal of Food Crop Agriculture Research*, 31 (2).
 29. Yulianti, C. H. (2020). Analysis of the Effect of Food Simulant Temperature on Formalin Migration from Melamine Dishes. *Journal Pharmascy and Science*, 5(2), 73–79.
 30. Zuraida Ahmad, et al. 2012. The effect of water and citric acid on sago starch bio-plastiks. *International Food Research Journal*, 19(2) :715 - 719



PROFIL PENULIS

Yosephina Ardiani S, lahir di Jakarta, 11 September 1965. Lulus Program Akademik Penilik Kesehatan Teknologi Sanitasi tahun 1987. Pada tahun 1987 penulis diangkat sebagai staff di Akademi Penilik Kesehatan Bandung. Menyelesaikan Pendidikan Program Sarjana tahun 2003 di Universitas Respati Indonesia dan Pada tahun 2009 menyelesaikan Pendidikan Magister di Fakultas Kedokteran Program Studi Kesehatan Masyarakat Universitas Padjajaran. Sejak 1987- tahun 2000 penulis bekerja sebagai staf Pengajar di Akademi Penilik Kesehatan dan sejak tahun 2001- sekarang sebagai staf Pengajar Pada Program Studi Sanitasi dan Program Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan pada Jurusan Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan Bandung Kementerian Kesehatan RI. Sebagai staff pengajar mata kuliah yang pernah diampu Mikrobiologi Lingkungan, dan saat ini mengampu mata kuliah Penyehatan Makanan dan Minumant dan Epidemiologi lingkungan.



BIOGRAFI Penulis

Mimin Karmini, lahir di Garut , 05 April 1961. Lulus Program Diploma 3 Akademik Penilik Kesehatan Teknologi Sanitasi Jakarta pada tahun 1984. Pada tahun 1985 penulis diangkat sebagai staff di Akademi Penilik Kesehatan Teknologi Sanitasi Bandung, dan menjadi pengajar pada pada Akademi Penilik Kesehatan Bandung pada tahun 1985. Menyelesaikan Pendidikan Program Sarjana tahun 2000 di Universitas Pendidikan Indonesia Bandung dan Pendidikan Magister di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Dipenogoro Semarang tahun 2011. Sejak 1985 - tahun 2000 penulis bekerja sebagai staf pada Pengajar Pendidikan Ahli Madya Kesehatan Lingkungan Bandung di Akademi Penilik Kesehatan Teknologi Sanitasi Bandung dan sejak tahun 2001- sekarang sebagai staf Pengajar Pada Program Studi Sanitasi dan Program Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan pada Jurusan Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan Bandung Kementerian Kesehatan RI. Mata kuliah yang diampu sampai saat ini : Sanitasi Rumah Sakit, Pengendalian Vector dan Bintang Pengganggu, Dasar-Dasar kesehatan Lingkungan dan sebagai Pengajar bidang Penyehatan Makanan Minuman mendorong Penulis untuk menuangkan dalam karyanya yang berjudul Bioplastik Berbasis Pati kulit Singkong: Karakteristik dan Kemampuannya Melindungi Makanan”. Melalui buku ini Penulis mencoba menginspirasi penggunaan Pengemas biopastik sebagai pengemas primer makanan.