

#### 4. PEMBAHASAN

Pala merupakan salah satu rempah asli dari Indonesia dengan nama latin *Myristica fragrans* Houutt. Pala memiliki kandungan yang multiguna seperti minyak atsiri, aromatik eter dan monoterpen (Nurdjannah, 2007). Salah satu pengolahan lebih lanjut dari biji pala adalah oleoresin. Oleoresin yang didapat dari biji pala pada penelitian ini menggunakan metode ekstraksi dengan *Ultrasonic Assisted Extraction* dengan pelarut etanol 96% dengan formulasi 10 gram serbuk biji pala dan 100 ml etanol 96% pada frekuensi 45 kHz suhu 50°C selama 37,5 menit (Rahardjo, 2019). Oleoresin yang dihasilkan perlu diolah lebih lanjut agar produk lebih multifungsi dan memiliki umur simpan yang lebih panjang sehingga dilakukan enkapsulasi. Enkapsulasi adalah proses penyalutan suatu bahan menggunakan penyalut (Kustiyah *et al*, 2011). Enkapsulasi dapat melindungi komponen aktif yang terkandung dalam oleoresin. Proses enkapsulasi dilakukan menggunakan metode *foam mat drying* dengan bahan penyalut maltodekstrin dan *foaming agent* tween 80. Formulasi yang digunakan adalah 5 ml oleoresin biji pala, 10,85 maltodekstrin, tween 80 4%, dan aquades 7 ml dengan proses pengeringan menggunakan oven selama 24 jam pada suhu 50°C (Azari, 2020).

Enkapsulat oleoresin biji pala disimpan menggunakan *metallized plastic* dan dimasukkan pada desikator dengan pengkondisian RH 75%. RH 75% didapat dengan meletakkan larutan garam di dalam desikator. Produk disimpan pada suhu 20°C, 30°C, dan 40°C selama 8 minggu. Pengemasan *metallized plastic* dilakukan untuk memperpanjang umur simpan produk karena jenis pengemas ini efektif melindungi produk dari uap air, cahaya, dan oksigen sehingga produk dapat bertahan lebih lama (Gorijzadeh *et al*, 2017). Namun pengemas juga memiliki sifat permeabilitas yang dapat mempengaruhi kondisi enkapsulat oleoresin biji pala.

Pengujian profil karakteristik kimiawi enkapsulat oleoresin biji pala dilakukan melalui 4 analisa yaitu uji *trapped* dan *surface oil*, uji derajat keasaman (pH), uji aktivitas antioksidan (*% inhibition*), dan uji intensitas warna sebagai salah satu pendukung karakteristik kimiawi enkapsulat oleoresin biji pala. Profil karakteristik produk secara kimiawi perlu dilakukan untuk melakukan identifikasi apakah produk mampu memberikan fungsi sesuai tujuan awal produk dan pengaruh umur simpan terhadap karakteristik kimiawi produk. Enkapsulat oleoresin biji pala merupakan produk dengan kandungan antioksidan dan asam lemak yang tinggi sehingga perlu diketahui profil kimiawinya agar produk dapat bertahan dan berfungsi sesuai tujuan awal produk selama umurnya.

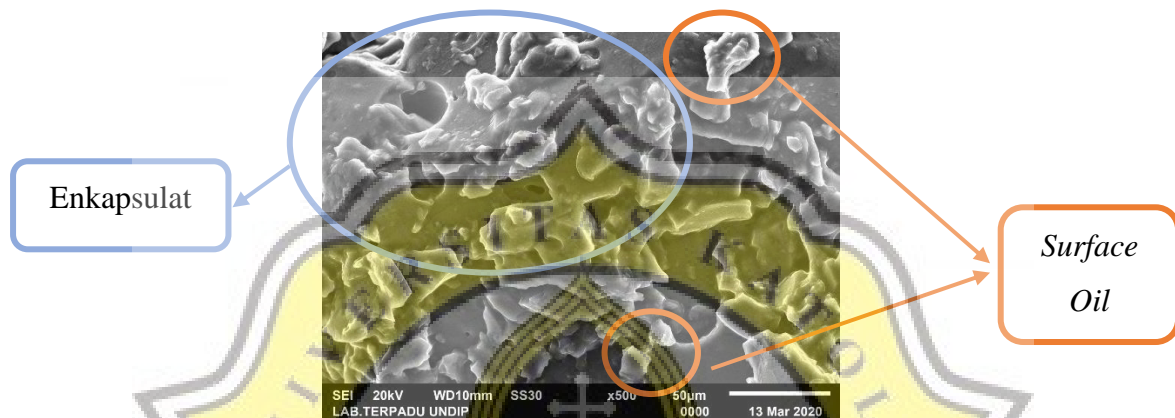
#### 4.1. *Trapped Oil* dan *Surface Oil*

*Trapped oil* adalah parameter yang menunjukkan jumlah kadar oleoresin yang berhasil terperangkap di dalam kapsul enkapsulat sedangkan *surface oil* merupakan parameter yang menunjukkan jumlah kadar oleoresin yang tidak terkapsulkan atau yang melekat pada permukaan kapsul (Desmawari, 2007). Nilai *trapped* dan *surface oil* penting untuk diketahui karena berfungsi untuk mengukur keefektifan dan keefisienan produk enkapsulasi oleoresin biji pala. Semakin tinggi nilai *trapped oil* maka semakin tinggi kadar oleoresin yang terperangkap di dalam kapsul sehingga semakin bagus kualitas produk, namun semakin tinggi *surface oil* maka semakin banyak kadar oleoresin di permukaan yang berakibat oleoresin lebih mudah mengalami kerusakan. *Surface oil* yang tinggi dapat menyebabkan oleoresin mengalami hidrolisis dan oksidasi lebih cepat sehingga dapat menurunkan kualitas bahan aktif yang terkandung pada oleoresin. Nilai *trapped oil* didapatkan dari jumlah *total oil* yang terkandung pada enkapsulat dikurangi dengan jumlah *surface oil*.

Salah satu kandungan asam lemak utama di dalam enkapsulat oleoresin biji pala adalah methyl eugenol dengan bahan penyalut yang digunakan adalah maltodekstrin dan *foaming agent* tween 80. Maltodekstrin bertindak sebagai bahan penyalut sedangkan tween 80 merupakan *emulsifier* dalam proses enkapsulasi oleoresin biji pala. Menurut Azari (2020), kombinasi kedua bahan tersebut mampu memberikan produk enkapsulat yang optimal. Maltodekstrin dapat membentuk *body* secara baik dan memiliki sifat pengemulsi yang baik sehingga dapat menjaga bahan aktif yang berada di dalam kapsul. Tween 80 juga mampu menjadi *emulsifier* yang baik karena dapat membantu menggabungkan fase air dan fase minyak oleoresin.

Berdasarkan Tabel 1. terjadi peningkatan jumlah *surface oil* pada setiap perlakuan suhu selama 8 minggu penyimpanan. Nilai *surface oil* yang didapat pada minggu ke-0 untuk setiap perlakuan suhunya adalah 0,070% dan mengalami kenaikan pada akhir penelitian yaitu minggu ke-8 untuk setiap perlakuan suhunya yaitu suhu 20°C sebesar 0,076%; suhu 30°C sebesar 0,079%; dan suhu 40°C sebesar 0,085%. Pada Tabel 1. juga dapat dilihat melalui *Analysis of Variance* (ANOVA) bahwa perlakuan suhu 20°C memiliki signifikansi yang berbeda nyata dengan perlakuan suhu 40°C namun perlakuan suhu 30°C tidak memiliki signifikansi yang berbeda nyata dengan perlakuan suhu 20°C dan suhu 40°C.

Berdasarkan Tabel 2. terjadi penurunan jumlah *total oil* pada setiap perlakuan suhu selama 8 minggu penyimpanan. Nilai *total oil* yang didapat pada minggu ke-0 untuk setiap perlakuan suhunya adalah 0,083% dan mengalami penurunan pada akhir penelitian yaitu minggu ke-8 untuk setiap perlakuan suhunya yaitu suhu 20°C sebesar 0,070%; suhu 30°C sebesar 0,069%; dan suhu 40°C sebesar 0,062%. Pada Tabel 2. juga dapat dilihat melalui *Analysis of Variance* (ANOVA) bahwa perlakuan suhu 20°C memiliki signifikansi yang berbeda nyata dengan perlakuan suhu 40°C dan suhu 30°C.



Gambar 6. Hasil SEM Enkapsulat Minggu ke-0 Oleoresin Biji Pala Perbesaran 500 kali

Penurunan kadar *trapped oil* enkapsulat oleoresin biji pala terjadi karena kemampuan bahan penyalut maltodekstrin untuk mengikat oleoresin melemah sehingga oleoresin dapat keluar dari kapsul dan melekat pada permukaan kapsul. Kekuatan mengikat maltodekstrin sebagai bahan penyalut dan tween 80 sebagai *emulsifier* fase air dan fase minyak mengalami penurunan sehingga kapsul pada enkapsulat mengalami pengkerutan dan keretakan. Pada Gambar 6. dapat dilihat bentuk morfologi enkapsulat oleoresin biji pala menggunakan SEM. Bentuk enkapsulat yang tidak beraturan dan tidak berbentuk butiran sempurna dapat memudahkan pengkerutan dan keretakan pada kapsul. Keretakan pada enkapsulat dapat meningkatkan tingkat pelepasan bahan aktif yaitu oleoresin sehingga oleoresin dapat keluar dari kapsul enkapsulat yang menyebabkan peningkatan kadar *surface oil* (Desmawari, 2007). Dapat dilihat pula pada Gambar 6. kandungan *surface oil* yang sudah berada diluar enkapsulat meskipun dalam jumlah yang masih sedikit, sedangkan *trapped oil* masih terkandung di dalam enkapsulat.

Pada grafik parameter *surface oil*, terjadi kenaikan dan penurunan pada masa penyimpanan minggu ke-1 hingga minggu ke-8 pada setiap perlakuan suhu. Pada suhu 20°C terjadi peningkatan kadar *surface oil* yang signifikan dari minggu ke-1 hingga minggu ke-4, pada suhu

30°C peningkatan signifikan terjadi pada minggu ke-1 hingga minggu ke-3, dan pada suhu 40°C peningkatan terjadi pada minggu ke-1 hingga minggu ke-2. Namun setelah memasuki minggu ke-5 hingga minggu ke-8 terjadi penurunan kembali namun tidak serendah pada minggu ke-0. Hal tersebut dapat terjadi karena ketika kadar *surface oil* meningkat maka oleoresin akan melekat pada permukaan kapsul sehingga menyebabkan reaksi hidrolisis dan oksidasi. Ketika oleoresin teroksidasi oleh oksigen dan terhidrolisis air, kadar asam lemak pada oleoresin akan mengalami penurunan (Alamsyah, 2014). Pada penyimpanan suhu 20°C, laju reaksi hidrolisis dan oksidasi tidak berjalan dengan cepat sehingga *surface oil* pada minggu ke-1 hingga minggu ke-4 belum mengalami penurunan. Penurunan kadar *surface oil* baru terjadi setelah memasuki minggu ke-5 dimana reaksi oksidasi dan hidrolisis mulai berjalan dengan cepat. Pada suhu penyimpanan 30°C, kenaikan signifikan terjadi pada minggu ke-1 hingga minggu ke-3 namun pada minggu ke-4 kadar *surface oil* mulai mengalami penurunan. Hal yang sama juga terjadi pada penyimpanan suhu 40°C, dimana pada minggu ke-1 hingga minggu ke-2 terjadi peningkatan kadar *surface oil* yang signifikan namun pada minggu ke-3 dan seterusnya mengalami penurunan.

Peningkatan dan penurunan kadar *surface oil* yang terjadi pada setiap perlakuan suhu penyimpanan berbeda dikarenakan proses laju reaksi hidrolisis dan oksidasi yang berbeda. Proses oksidasi dan hidrolisis lemak berbanding lurus dengan suhu dan kadar air dalam produk, jika suhu penyimpanan meningkat serta pada kadar air dalam produk meningkat maka proses oksidasi dan hidrolisis juga akan meningkat. Pada penyimpanan suhu 20°C, kadar uap air di dalam desikator lebih rendah dan kadar air yang diserap oleh penyalut masih rendah, sehingga proses hidrolisis dan oksidasi lebih lambat. Pada penyimpanan suhu 30°C dan 40°C reaksi oksidasi dan hidrolisis berjalan lebih cepat karena semakin tinggi suhu penyimpanan maka laju reaksi oksidasi semakin tinggi. Peningkatan suhu penyimpanan juga menyebabkan kadar air yang menguap pada larutan RH 75% meningkat sehingga kondisi desikator menjadi lebih lembab yang dapat mengakibatkan peningkatan kadar air dan laju reaksi hidrolisis pada enkapsulat oleoresin biji pala (Kurniawan, 2018).

#### **4.2. Derajat Keasaman (pH)**

Derajat keasaman (pH) adalah fungsi dari konsentrasi ion hidrogen dalam produk makanan. Nilai ini menunjukkan ukuran keasaman atau alkalinitas yang akan mempengaruhi lingkungan di dalam suatu produk. Salah satu karakteristik penting dari makanan adalah kapasitas penyangganya (*buffering*), yaitu kemampuan produk untuk melawan perubahan pH. Produk

pangan dengan kapasitas penyangga yang rendah akan mengubah kadar pH dengan cepat sebagai respons terhadap senyawa asam atau basa, sedangkan makanan dengan kapasitas penyangga yang tinggi akan lebih mampu bertahan terhadap perubahan tersebut. Mikroorganisme juga dapat diidentifikasi dari derajat keasamannya, bakteri biasanya tumbuh lebih cepat pada kisaran pH 6.0 - 8.0, yeast antara 4.5 - 6.0 dan jamur antara 3.5 - 4.0 (Asiah *et al*, 2018). Derajat keasaman perlu diperhatikan dalam produk pangan karena akan mempengaruhi kualitas secara kimiawi produk dan derajat keasaman digunakan sebagai indikator pertumbuhan mikroorganisme pada produk pangan selama penyimpanan. Pengukuran pH menggunakan alat pH meter dengan kalibrasi menggunakan larutan buffer pH 4 dan pH 7.

Nilai pH yang didapat dari kandungan asam lemak yang pada kapsul oleoresin biji pala dapat digunakan sebagai indikator kerusakan produk selama umur simpan. Semakin banyak kandungan asam lemak bebas pada produk maka nilai pH yang dihasilkan akan semakin asam (Hapsari, 2014). Penurunan nilai pH kapsul oleoresin biji pala selama umur simpan pada setiap perlakuan suhu yang terjadi diakibatkan oleh peningkatan kadar asam lemak bebas melalui proses hidrolisis dan oksidasi lemak. Reaksi hidrolisis dan oksidasi selama masa penyimpanan menyebabkan jumlah asam lemak di dalam produk mengalami penambahan yang mengakibatkan penurunan nilai pH kapsul oleoresin biji pala.

Berdasarkan Tabel 3. terjadi penurunan nilai pH pada setiap perlakuan suhu selama 8 minggu penyimpanan. Nilai pH yang didapat pada minggu ke-0 untuk setiap perlakuan suhunya adalah 5,40 dan mengalami penurunan pada setiap perlakuan suhunya diakhir penelitian minggu ke-8 yaitu suhu 20°C sebesar 5,24; suhu 30°C sebesar 4,98; dan suhu 40°C sebesar 5,09. Pada Tabel 3. juga dapat dilihat melalui *Analysis of Variance* (ANOVA) bahwa perlakuan suhu 20°C memiliki signifikansi yang berbeda nyata dengan perlakuan suhu 30°C dan 40°C.

Pada perlakuan suhu selama penyimpanan 8 minggu, suhu 40°C mengalami penurunan nilai pH paling besar dengan penurunan pada persamaan regresi sebesar -0,0614. Pada suhu 20°C mengalami penurunan nilai pH pada persamaan regresi sebesar -0,0562 dan penurunan paling kecil pada suhu 30°C pada persamaan regresinya yaitu sebesar -0,0393. Perlakuan suhu 40°C mengalami penurunan nilai pH terbesar dikarenakan proses oksidasi dan hidrolisis lemak berjalan dengan lebih cepat. Proses oksidasi dan hidrolisis lemak berbanding lurus dengan suhu dan kadar air dalam produk, jika suhu penyimpanan meningkat serta pada kadar air dalam

produk meningkat maka proses oksidasi dan hidrolisis juga akan meningkat. Kadar air dalam produk meningkat pada suhu 40°C dikarenakan penyimpanan dilakukan di dalam desikator dengan pengkondisian RH sebesar 75%, yang mengakibatkan proses penguapan air di dalam desikator lebih besar. Proses penguapan air pada penyimpanan suhu 40°C lebih tinggi dari suhu 20°C dan 30°C pada RH 75%, menurut Kurniawan (2018) semakin tinggi suhu penyimpanan maka proses penguapan air semakin lebih tinggi yang menyebabkan kondisi di dalam desikator menjadi lebih lembab sehingga penyerapan kadar air dalam enkapsulat meningkat. Penurunan nilai pH penyimpanan suhu 30°C lebih kecil dari suhu 40°C karena proses oksidasi dan hidrolisis lemak tidak lebih cepat dari perlakuan penyimpanan suhu 40°C, hal tersebut juga terjadi pada penyimpanan suhu 20°C. Semakin rendah suhu penyimpanan maka semakin kecil kemungkinan terjadinya proses oksidasi dan semakin kecil peningkatan kadar air dalam produk.

Faktor lain peningkatan kadar air di dalam enkapsulat oleoresin biji pala adalah permeabilitas pengemas dan sifat dari penyalut oleoresin yaitu maltodekstrin dan tween 80. Pengemas yang digunakan untuk penyimpanan enkapsulat oleoresin biji pala adalah *metallized plastic* yang memiliki permeabilitas yang cukup rendah. Penggunaan suhu penyimpanan yang berbeda dapat mempengaruhi sifat permeabilitas bahan kemasan. Semakin tinggi suhu penyimpanan, maka permeabilitas bahan kemasan terhadap uap air di lingkungan akan semakin meningkat. Meningkatnya permeabilitas kemasan akan menyebabkan meningkatnya laju difusi air yang melewati *metallized plastic* (Kurniawan, 2018). Hal ini menyebabkan meningkatnya kadar air dalam enkapsulat oleoresin biji pala yang mengakibatkan proses hidrolisis dan oksidasi asam lemak sehingga derajat keasaman juga meningkat. Maltodekstrin sebagai bahan penyalut juga memiliki penurunan kekuatan *body* yang menyebabkan sifat higroskopis enkapsulat meningkat. Tween 80 yang berfungsi sebagai emulsifier dan *foaming agent* mampu mempertahankan *body* maltodekstrin meskipun dalam penyimpanan 8 minggu tetap mengalami penurunan *body* enkapsulat yang menyebabkan sifat higroskopis produk meningkat.

Kadar *surface oil* yang tinggi juga dapat menurunkan nilai pH karena oleoresin dapat keluar dari kapsul sehingga dapat menyebabkan proses oksidasi dan hidrolisis lemak menjadi lebih cepat. Pada perlakuan suhu penyimpanan lebih tinggi, kadar *surface oil* mengalami peningkatan lebih banyak, sehingga terjadi reaksi oksidasi dan hidrolisis asam lemak pada

oleoresin yang lebih banyak juga. Reaksi oksidasi dan hidrolisis asam lemak yang lebih banyak dapat menyebabkan penurunan nilai pH yang lebih signifikan.

### 4.3. Aktivitas Antioksidan

Antioksidan merupakan senyawa yang memiliki kemampuan untuk menghalau pembentukan dan menangkap radikal bebas di dalam tubuh. Antioksidan sangat berguna untuk tubuh karena dapat meningkatkan sistem kekebalan tubuh serta menghambat timbulnya penyakit *degenerative* akibat penuaan sel (Edam *et al*, 2016). Pengukuran aktivitas antioksidan (% *inhibition*) dilakukan dengan metode 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazil (DPPH). Metode ini dipilih karena sederhana dan cepat namun mempunyai sensitivitas yang cukup tinggi (Setyowati *et al*, 2014). Enkapsulat oleoresin biji pala yang sudah dilarutkan dan dicampur dengan larutan DPPH didiamkan selama 30 menit agar terjadi interaksi antara larutan DPPH sebagai radikal bebas dengan larutan enkapsulat (Nurhasnawati *et al*, 2017). Perubahan warna yang terjadi kemudian dihitung nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometri UV-Vis dengan panjang gelombang 517 nm.

Berdasarkan Tabel 4. terjadi penurunan nilai aktivitas antioksidan pada setiap perlakuan suhu selama 8 minggu penyimpanan. Nilai aktivitas antioksidan yang didapat pada minggu ke-0 untuk setiap perlakuan suhunya adalah 93,383% dan mengalami penurunan pada setiap perlakuan suhunya diakhir penelitian minggu ke-8 yaitu suhu 20°C sebesar 91,913%; suhu 30°C sebesar 92,054%; dan suhu 40°C sebesar 90,363%. Pada Tabel 3. juga dapat dilihat melalui *Analysis of Variance* (ANOVA) bahwa perlakuan suhu 20°C, 30°C, dan 40°C tidak memiliki signifikansi yang berbeda nyata.

Antioksidan yang terkandung dalam enkapsulat oleoresin biji pala adalah myristicin, elimicin, dan safrole. Menurut Wulansari (2011) dalam jurnal Adi, *et al* (2016) menyatakan bahwa kadar aktivitas antioksidan enkapsulat oleoresin biji pala termasuk dalam aktivitas antioksidan yang tinggi karena memiliki persentasi di atas 50%. Penurunan aktivitas antioksidan dapat terjadi karena hilang ataupun rusaknya senyawa bioaktif yang terkandung di dalam produk. Senyawa antioksidan memiliki kelemahan yaitu mudah rusak apabila terpapar oleh oksigen, cahaya, suhu tinggi dan pengeringan. Pada ketiga perlakuan suhu penyimpanan, enkapsulat oleoresin biji pala mengalami penurunan aktivitas antioksidan selama 8 minggu penyimpanan. Penurunan dapat terjadi karena enkapsulat terpapar oksigen dan panas dari suhu penyimpanan. Semakin tinggi suhu penyimpanan maka penurunan aktivitas antioksidan semakin besar. Pada

perlakuan suhu penyimpanan 40°C, aktivitas antioksidan mengalami penurunan yang terbesar. Namun penurunan paling kecil justru terjadi pada perlakuan suhu penyimpanan 30°C. Hal tersebut dapat terjadi karena terdapat salah satu data dari perlakuan suhu 20°C yang mengalami kenaikan antioksidan cukup signifikan. Peningkatan tersebut terjadi pada suhu 20°C minggu ke-3. Peningkatan tersebut dapat terjadi karena pada pengujian minggu ke-3 larutan enkapsulat yang sudah tercampur dengan DPPH terpapar cahaya sehingga nilai absorbansi yang didapatkan kurang presisi.

Enkapsulat oleoresin biji pala terkena paparan oksigen karena pengemas yang digunakan mengalami penurunan permeabilitas. Penggunaan suhu penyimpanan yang berbeda juga dapat mempengaruhi sifat permeabilitas bahan kemasan. Semakin tinggi suhu penyimpanan, maka permeabilitas bahan kemasan terhadap oksigen yang berada di lingkungan penyimpanan akan semakin meningkat. Meningkatnya permeabilitas kemasan akan menyebabkan meningkatnya kemungkinan udara menembus pori-pori dari *metallized plastic* (Kurniawan, 2018).

#### 4.4. Intensitas Warna ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ )

Warna memiliki peranan yang penting pada komoditas pangan. Warna dapat mempengaruhi daya tarik produk, sebagai tanda pengenalan produk, maupun sebagai salah satu atribut mutu suatu produk secara fisik. Pengukuran intensitas warna dilakukan menggunakan parameter nilai *lightness* ( $L^*$ ), *redness* ( $a^*$ ), dan *yellowness* ( $b^*$ ). Nilai *lightness* ( $L^*$ ) menunjukkan intensitas kecerahan, dimana semakin mendekati 100 maka sampel memiliki intensitas warna yang semakin cerah. Sebaliknya, jika semakin menjauh dari angka 100 maka sampel memiliki intensitas warna yang semakin gelap. Nilai *redness* ( $a^*$ ) menunjukkan kecenderungan intensitas warna merah jika bernilai positif atau hijau jika bernilai negatif. Nilai *yellowness* ( $b^*$ ) menunjukkan kecenderungan intensitas warna kuning jika bernilai positif atau biru jika bernilai negatif (Azzahra *et al*, 2013). Uji intensitas warna dilakukan pada penelitian ini dengan tujuan untuk mendukung dan memperkuat hasil penelitian profil kualitas kimiawi enkapsulat oleoresin biji pala. Uji intensitas warna dilakukan menggunakan alat *chromameter* Konica Minolta CR-400.

Berdasarkan Tabel 5. terjadi penurunan nilai intensitas warna  $L^*$  pada setiap perlakuan suhu selama 16 minggu penyimpanan. Nilai intensitas warna  $L^*$  yang didapat pada minggu ke-0 untuk setiap perlakuan suhunya adalah 72,78 dan mengalami penurunan pada setiap perlakuan suhunya diakhir penelitian minggu ke-16 yaitu suhu 20°C sebesar 70,53; suhu 30°C sebesar



64,79; dan suhu 40°C sebesar 63,82. Berdasarkan Tabel 6. terjadi peningkatan nilai intensitas warna  $a^*$  pada setiap perlakuan suhu selama 16 minggu penyimpanan. Nilai intensitas warna  $a^*$  yang didapat pada minggu ke-0 untuk setiap perlakuan suhunya adalah 7,89 dan mengalami kenaikan pada setiap perlakuan suhunya diakhir penelitian minggu ke-16 yaitu suhu 20°C sebesar 8,01; suhu 30°C sebesar 9,42; dan suhu 40°C sebesar 9,56. Berdasarkan Tabel 7. terjadi penurunan nilai intensitas warna  $b^*$  pada setiap perlakuan suhu selama 16 minggu penyimpanan. Nilai intensitas warna  $b^*$  yang didapat pada minggu ke-0 untuk setiap perlakuan suhunya adalah 25,63 dan mengalami penurunan pada setiap perlakuan suhunya diakhir penelitian minggu ke-16 yaitu suhu 20°C sebesar 23,26; suhu 30°C sebesar 23,32; dan suhu 40°C sebesar 22,72.

Nilai intensitas warna dapat dipengaruhi oleh kandungan yang terdapat pada produk khususnya enkapsulat oleoresin biji pala. Nilai intensitas warna  $L^*$  mengalami penurunan dikarenakan proses oksidasi asam lemak yang terkandung pada enkapsulat oleoresin biji pala. Proses oksidasi juga terjadi lebih cepat pada oleoresin yang melekat pada permukaan kapsul atau *surface oil* (Aminah, 2010). Suhu penyimpanan yang tinggi juga dapat menyebabkan proses oksidasi asam lemak yang mampu mengubah warna enkapsulat menjadi lebih gelap. Nilai intensitas warna  $L^*$  yang menurun dapat diartikan bahwa warna enkapsulat mengalami penghitaman. Nilai intensitas warna  $a^*$  setelah penyimpanan mengalami peningkatan sedangkan nilai intensitas warna  $b^*$  setelah penyimpanan mengalami mengalami penurunan. Peningkatan nilai  $a^*$  dapat diartikan bahwa warna kemerahan produk meningkat dan penurunan nilai  $b^*$  dapat diartikan bahwa warna kebiruan produk meningkat. Pada semua perlakuan suhu, warna enkapsulat penyimpanan minggu ke-16 berubah menjadi lebih gelap serta warna lebih pucat.

Perubahan warna enkapsulat oleoresin biji pala yang terjadi mendukung hasil penelitian uji parameter *surface oil* dan derajat keasaman bahwa asam lemak yang terkandung pada enkapsulat mengalami reaksi oksidasi. Reaksi oksidasi asam lemak menyebabkan perubahan warna, penurunan nilai pH, serta perubahan jumlah *trapped oil* dan nilai fluktuatif yang didapat pada awal penelitian untuk uji parameter *surface oil*. Peningkatan suhu penyimpanan juga mempengaruhi intensitas warna enkapsulat, dimana pada suhu penyimpanan 40°C terjadi penurunan nilai *lightness* paling besar. Hal ini membuktikan bahwa suhu penyimpanan mempengaruhi laju oksidasi pada asam lemak enkapsulat oleoresin biji pala.

#### 4.5. Analisa Korelasi

Berdasarkan data hasil analisa korelasi pada Tabel 8. dapat dilihat bahwa parameter uji derajat keasaman (pH), *trapped oil*, dan *surface oil* memiliki korelasi antar parameter. Parameter uji pH memiliki hubungan lemah pada tingkat kepercayaan 95% yang berbanding terbalik dengan *trapped oil*. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai pH maka semakin rendah kadar *trapped oil*. Menurunnya kadar *trapped oil* menyebabkan kadar asam lemak pada enkapsulat mengalami penurunan sehingga nilai pH meningkat namun pada tingkat korelasi yang lemah. Parameter uji pH memiliki hubungan lemah pada tingkat kepercayaan 99% yang berbanding lurus dengan *surface oil*. Korelasi tersebut menunjukkan bahwa semakin rendah nilai pH maka semakin rendah pula kadar *surface oil* namun dalam tingkat korelasi yang lemah. Hal tersebut dapat terjadi karena pada kadar *surface oil*, seiring dengan waktu penyimpanan *surface oil* mengalami peningkatan namun pada minggu ke-2 hingga minggu ke-7 mengalami penurunan meskipun tidak serendah saat produk minggu ke-0. Penurunan kadar *surface oil* dapat terjadi akibat proses hidrolisis dan oksidasi lemak sehingga kadar pH yang terkandung dalam enkapsulat semakin rendah juga. Hapsari (2014) menyatakan bahwa semakin rendah kandungan asam lemak yang terkandung pada enkapsulat maka semakin tinggi nilai pH, begitu pula sebaliknya jika kandungan asam lemak meningkat maka kadar pH pada enkapsulat akan meningkat pula. Parameter *trapped oil* memiliki hubungan sangat kuat yang berbanding terbalik dengan *surface oil*, hal ini sesuai dengan hasil penelitian dimana semakin menurunnya kadar *trapped oil* maka kadar *surface oil* akan semakin meningkat. Menurut Desmawari (2007), meningkatnya kadar *surface oil* dapat disebabkan karena penurunan kadar *trapped oil* pada enkapsulan.