

## Nanoenkapsulasi Kalsium Bubuk Kerabang Ayam Dengan Kombinasi Penyalut Pati Beras Dan Gum Arab

**Khaspiyati Hasanah<sup>1\*</sup>, Addion Nizori<sup>1</sup>, Silvi Leila Rahmi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Teknologi Hasil Pertanian, Pertanian, Universitas Jambi

\*Email: [khaspiyatihasanahh@gmail.com](mailto:khaspiyatihasanahh@gmail.com)

### Abstrak

Cangkang telur ayam memiliki potensi sebagai sumber kalsium yang mudah untuk didapatkan. Setiap 1 g cangkang telur ayam mengandung 380 mg kalsium. Enkapsulasi merupakan proses yang dilakukan guna membentuk struktur kecil berkapsul yang mempunyai matriks heterogen atau homogen yang didalamnya terdapat senyawa padat, cair, ataupun gas. Dengan melakukan enkapsulasi dapat memperpanjang umur simpan molekul bioaktif yang peka terhadap panas dengan cara mengubahnya menjadi bubuk kering berlapis, dapat melindungi dari kondisi lingkungan yang merugikan, serta dapat memfasilitasi pelepasan terkendali. Nanoenkapsulasi merupakan metode yang efektif untuk meningkatkan ketersediaan hayati kalsium dari kerabang telur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui formulasi terbaik dari kombinasi penyalut pati beras dan gum arab terhadap kualitas nanoenkapsulasi kalsium bubuk kerabang. Proses enkapsulasi dilakukan melalui pencampuran serbuk kerabang telur dengan larutan penyalut, kemudian dikeringkan untuk memperoleh produk akhir. Evaluasi meliputi kadar kalsium, kadar air, rendemen dan daya larut kalsium. Hasil menunjukkan bahwa kombinasi penyalut tertentu mampu meningkatkan daya larut kalsium. Formulasi ini menunjukkan potensi sebagai alternatif fortifikasi kalsium berbasis limbah yang ramah lingkungan dan dapat diterapkan dalam produk pangan fungsional.

**Kata Kunci:** Nanoenkapsulasi, Kalsium, Kerabang, Penyalut

---

### PENDAHULUAN

Konsumsi telur ayam sejak tahun 2017-2018 mengalami kenaikan sebesar 6,6% dan terus mengalami peningkatan setiap tahunnya (Direktorat Jendral Peternakan dan Kesehatan Hewan Kementerian. 2018). Menurut data hasil Survey Sosial Ekonomi Nasional dalam Badan Pusat Statistik (2019) angka konsumsi telur sebagai komoditas pangan sumber protein hewani lebih tinggi jika dibandingkan dengan angka konsumsi komoditas pangan sumber protein hewani lainnya.

Hasil samping dari telur belum dimanfaatkan secara optimal di Indonesia. Hal ini dapat berdampak buruk bagi lingkungan dan Kesehatan (Prayitno, *et al.* 2019). Cangkang telur ayam memiliki potensi sebagai sumber kalsium yang mudah untuk didapatkan. Setiap 1 g cangkang telur ayam mengandung 380 mg kalsium (Bartter, *et al.* 2018).

Cangkang telur merupakan salah satu limbah rumah tangga yang mudah didapat, selain itu cangkang telur juga dapat berasal dari buangan sampah peternakan ayam petelur. Bisanya limbah cangkang telur hanya diolah menjadi bahan kerajinan. Didalam cangkang telur kering mengandung 97% kalsium dalam bentuk senyawa kalsium karbonat (Suhastyo, & Fanny. 2021). Kalsium merupakan salah satu faktor penting dalam metabolisme tulang (Paula, *et al.* 2014).

Cangkang telur ayam merupakan salah satu sumber kalsium alami dalam bentuk karbonat hingga 92% sampai 96% dari bahan bakunya (Quina, Micaela, & Rosa. 2016). Di dalam cangkang telur terdapat 39% Ca didalam unsurnya. Unsur lain yang terdapat didalam cangkang

telur berupa magnesium, fosfor, serta senyawa organic seperti glikoprotein dan proteoglikan (Mijan, Choi, & Kwak. 2014).

Enkapsulasi merupakan proses yang dilakukan guna membentuk struktur kecil berkapsul yang mempunyai matriks heterogen atau homogen yang didalamnya terdapat senyawa padat, cair, ataupun gas. Dengan melakukan enkapsulasi dapat memperpanjang umur simpan molekul bioaktif yang peka terhadap panas dengan cara mengubahnya menjadi bubuk kering berlapis, dapat melindungi dari kondisi lingkungan yang merugikan, serta dapat memfasilitasi pelepasan terkendali (Arshad, Tahira, Abid. 2020). Suatu material yang memiliki ukuran nanopartikel dapat menyebabkan ekstrak menjadi lebih mudah larut dan memiliki tingkat efisiensi penyerapan yang lebih tinggi di dalam usus (Gunsekar, Tedesse, & Magharla. 2014).

Perkembangan teknologi nanoenkapsulasi pada saat ini tidak hanya digunakan pada bidang farmasi saja, akan tetapi sudah merambah pada bidang pangan. Hal ini karena nanoenkapsulasi memiliki fungsi yang bermanfaat untuk Kesehatan. Penyampaian komponen biaktif produk pangan kedalam tubuh dipengaruhi oleh ukuran partikel (Wicaksono & Fafa, 2021).

Gum arab memiliki sifat yang mudah larut serta aktif pada permukaan, serta telah banyak digunakan untuk enkapsulan minyak dan perasa (Higuita, Malacrida, & Telis. 2015). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Busch., *et al.* (2017) dengan menggunakan kombinasi maltodekstrin (30 g) dan gum arab (0,3 g) sebagai bahan penyalut propolis menghasilkan serbuk propolis dengan partikel-partikel yang lebih homogen, bentuk permukaan yang lebih fleksibel jika dibandingkan dengan penyalutan yang hanya menggunakan maltodekstrin saja. Kemudian berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Silva., *et al* (2013) perbandingan dari ekstrak propolis dan gum arab 1:6 memberikan stabilitas tertinggi selama penyimpanan. Kegiatan ini dilakukan sebagai bentuk lanjutan yang dapat digunakan demi mengurangi limbah cangkang telur yang ada pada masyarakat sekitar yang memiliki usaha yang membutuhkan cukup banyak telur, agar dapat dimanfaatkan dengan baik, memiliki nilai tambah bagi masyarakat khususnya pelaku UMKM dibidang pangan fungsonal.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Naz, Luh, & Wartini (2022) dengan menggunakan gum arab dan keragenan sebagai bahan penyalut untuk enkapsulasi ekstrak pewarna bunga kenop dengan berbagai perbandingan didapatkan hasil perbandingan terbaik antara gum arab dan keragenan adalah 1:2 dengan hasil rendemen 93,51%, kadar air 10,35%, kelarutan 41,75% serta efisiensi enkapsulasi adalah 79,72%. Penelitian yang telah dilakukan oleh Wartini & Ganda (2018) yang menggunakan gum arab sebagai bahan penyalut untuk enkapsulasi ekstrak buah pandan didapatkan perlakuan terbaik adalah 10% dengan nilai efisiensi  $99,88 \pm 0,09\%$ . Penelitian yang telah dilakukan oleh Sarungallo, *et al* (2019) dengan menggunakan maltodekstrin dan gum arab sebagai bahan penyalut pada proses mikroenkapsulasi minyak buah merah dengan konsentrasi maltodekstrin 18% dan gum arab 2,6% didapatkan hasil kelarutan tertinggi, yaitu 80 %.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Moongngarm., *et al* (2016) yang menggunakan pati beras asli, pati beras pregelatinisasi, WPI dan gabungan dari pati beras pregeletanisasi dengan WPI (1:1) sebagai bahan penyalut pada proses mikroenkapsulasi gamma oryzanol, dapat disimpulkan bahwa pati beras memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan penyalut pada proses enkapsulasi. Penelitian yang telah dilakukan oleh Das, DK., Himjyoti & Charu (2013) yang menggunakan pati beras, gliserol, lipid, ekstrak

antioksidan sebagai pelapis tomat dengan penyimpanan suhu kamar dapat menghambat mikroba, memperpanjang masa pematangan buah tomat. Penelitian yang telah dilakukan oleh Marquez-Gomez. *et al* (2017) yang menggunakan pati beras asli, pati beras termodifikasi, maltodekstrin, serta protein terhidrolisis sebagai bahan penyalut minyak atsiri dengan menggunakan metode *spray drying* pada formulasi 50 % pati beras asli dan 50% pati beras termodifikasi didapatkan nilai retensi yang tinggi yaitu 98,82%. Menurut Naz, Wrasiati & Wartini (2022) beberapa teknik yang dapat dilakukan untuk melakukan enkapsulasi berupa *thin layer drting*, penguapan pelarut, *freeze drying*, koekstruksi, polimerisasi, *Fluidizedbed*, cairan superkritikal, serta Teknik koaservasi.

Dari beberapa uraian diatas menunjukkan bahwa penelitian nanoenkapsulasi kalsium laktat bubuk kerabang dengan menggunakan bahan penyalut berupa gum arab dan pati beras untuk mendapatkan hasil enkapsilasi yang terbaik belum pernah dilakukan. Kerabang ayam tinggi akan kadar kalsium, serta ukuran dari partikel yang mempengaruhi tingkat penyampaian komponen bioaktif produk pangan kedalam tubuh. Maka dari itu penulis tertarik untuk melakukan nanoenkapsulasi kalsium yang ada pada bubuk kerabang ayam dengan judul **“Nanoenkapsulasi Kalsium Bubuk Kerabang Ayam dengan Kombinasi Penyalut Pati Beras dan Gum Arab”**.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan kombinasi penyalut pati beras dan gum arab terhadap kualitas nanoenkapsulasi kalsium bubuk kerabang. Dan untuk mengetahui formulasi terbaik dari kombinasi penyalut pati beras dan gum arab terhadap kualitas nanoenkapsulasi kalsium bubuk kerabang.

## METODE

### Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah bubuk kerabang ayam. Bahan yang digunakan untuk pembuatan nanopartikel berupa larutan 1 mol/L kalsium oksida, 6 mol/L asam laktat, serta ethanol (50%). Bahan penyalut yang digunakan untuk proses enkapsulasi adalah gum arabik dan pati beras. Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini berupa ayakan 110 mesh, oven, *freeze dryer* neraca ohaus PA224 220 x 0,1mg, neraca ohaus PA2201 x 0,01g, pH meter, spektrofotometer AAS, serta colour reader.

### Pelaksanaan Penelitian

#### Rancangan Percobaan

Penelitian yang dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 7 perlakuan. Setiap perlakuan dilakukan 3 kali percobaan (total 21 satuan percobaan). Bubuk nanopartikel kalsium yang digunakan sebanyak 10 g untuk setiap perlakuan. Berikut rancangan penelitian proses pembuatan enkapsulasi nanopartikel kalsium bubuk kerabang telur, yaitu:

P1 = tanpa penambahan

P2 = gum arab 10 g

P3 = gum arab 7 g: pati beras 3 g

P4 = gum arab 5 g: pati beras 5 g

P5 = gum arab 3 g: pati beras 7 g

P6 = pati beras 10 g

### **Pembuatan bubuk kerabang**

Kerabang dibersihkan dan dibilas menggunakan air bersih, kemudian dilakukan pengecilan ukuran dan direndam didalam aquades dengan suhu 100° C selama 15 menit. Kemudian kerabang direndam dengan pelarut berupa asam sitrat (0,75%) dengan suhu 60° C selama 3 jam. Dengan perbandingan kerabang dan pelarut adalah 1:2. Kerabang kemudian didinginkan dan dibilas dengan menggunakan aquades. Selanjutnya kerabang dipindahkan ke atas loyang untuk dikeringkan menggunakan *cabinet dryer* dengan suhu 50° C selama 3 jam. Proses selanjutnya adalah penepungan dengan menggunakan *elektrik grinder* dan diayak menggunakan ayakan 110 mesh (Yonata., Siti, & Wikanastri. 2017).

### **Pembuatan nanopartikel kalsium bubuk kerabang**

Mula-mula bubuk kerabang dilarutkan kedalam larutan 1 mol/Lkalsiumoksida sebanyak 45 ml dan 6 mol/L asam laktat sebanyak 55 ml. Dipanaskan menggunakan hot plate serta dimasukkan maghnetic stirer dengan kecepatan 2.500 RPM pada suhu 50°C selama 30 menit. Kemudian ditambahkan Etanol (50%) sebanyak 45 ml, lalu dioven dengan menggunakan suhu 105°C selama 5 jam. Langkah selanjutnya adalah penghalusan menggunakan mortal dan alu untuk mendapatkan bubuk kalsium laktat kerabang telur (Prayitno, Suryanto, & Rusman. 2016).

### **Nanoenkapsulasi kalsium dari bubuk kerabang**

Sesuai formulasi, bubuk kerabang di larutkan masing-masing ke dalam 50 ml aquades yang telah dipanaskan menggunakan hot plate dengan suhu 60°C. homogenkan larutan pada suhu ruang dengan menggunakan shaker dalam waktu 60 menit dengan kecepatan 200 rpm. Sampel kemudian dimasukkan kedalam *freezer* selama 24 jam, kemudian dimasukkan kedalam *freeze dryer* pada suhu - 70°C selama 24 jam. Langkah selanjutnya adalah penghalusan menggunakan mortar dan alu (Yogaswara, Wartini, & Wrasiati. 2017).

## **Analisis Parameter Penelitian**

### **Rendemen (AOAC 2005)**

Rendemen didapat dari hasil perbandingan berat bubuk kerabang sebelum dan sesudah dioven. Berikut merupakan rumus untuk menentukan rendemennya:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{berat sesudah di freeze drying}}{\text{berat sebelum di freeze drying}} \times 100\%$$

### **Kadar Air (Rukmawati, Sri & Margareta. 2017)**

Penghitungan kadar air diukur dengan cara mengeringkan cawan di dalam oven pada suhu 100-105°C selama 30 menit, kemudian didinginkan selama 30 menit dalam desikator dan ditimbang. Sampel ditimbang seberat ±3 g dalam cawan tersebut dan dikeringkan kembali menggunakan oven pada suhu 100- 105°C dalam waktu ±5 jam atau hingga didapatkan berat tetap. Terakhir sampel didinginkan ke dalam desikator selama 30 menit kemudian ditimbang berat akhirnya. Adapun rumus perhitungan kadar air sebagai berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{B1 - B2}{B1 - B0} \times 100\%$$

Keterangan :

B0 = Berat cawan (g)

B1 = Berat cawan yang diisi sampel (g)

B2 = Berat cawan yang diisi sampel dan sudah dikeringkan (g)

### Analisis Daya Larut (Ferdiaz et al, 1992 dalam Nurul, 2018)

Dalam menguji daya larut, pertama-tama sampel ditimbang sebanyak 0,75 g. kemudian kertas saring (whatman no.42) disiapkan dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 105°C dalam waktu 30 menit. Selanjutnya sampel dilarutkan didalam 50 ml aquades dan disaring menggunakan kertas saring, lalu ditimbang. Setelah dilakukan penyaringan kertas saring dan residu dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 3 jam. Langkah selanjutnya adalah pendinginan didalam desikator dan ditimbang. Berikut merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung daya larut pada nanopartikel kalsium laktat kerabang telur:

$$\text{kelarutan tepung (\%)} = \frac{(b - a)}{\frac{(100\% - c)}{100} \times 0,75} \times 100$$

Keterangan:

a = berat kertas saring yang dipakai

b = berat kertas saring dan residu

c = kadar air contoh yang digunakan

### Analisis Warna menggunakan Metode Hunter (Andarwulan et al., 2011)

**Tabel 1.** Deskripsi warna berdasarkan nilai L, a, dan b

Nilai	Deskripsi Warna
Nilai L	0 (hitam) sampai 100 (putih)
Nilai + a (Positif)	0-100 untuk warna merah
Nilai - a (Negatif)	0 - (-80) untuk warna hijau
Nilai + b (Positif)	0 - 70 untuk warna kuning
Nilai - b (Negatif)	0 - (-70) untuk warna hijau

**Tabel 2.** Bagian warna °Hue (Hutcing, 1999)

Nilai	Deskripsi Warna
18 -54	Red (R)
54-90	Yellow Red (YR)
90-126	Yellow (Y)
126-162	Yellow Green (YG)
162-198	Green (G)
198-234	Blue Green (BG)
234-270	Blue (B)
270-306	Blue Purple (BP)
306-342	Purple (P)
342-18	Red Purple (RP)

Alat yang digunakan untuk melakukan analisis warna berupa *colour reader* Konica Minolta CR-10. Pertama-tama sampel dimasukkan kedalam plastic klip, kemudian *colour reader* yang telah dilakukan kalibrasi ditempelkan pada sampel dan tombol *measuring* ditekan untuk mendapatkan hasil berupa (L) *Lightness*, (a) *Readness* dan (b) *Yellowness* serta nilai °Hue.

### Analisa Data

Data yang didapat kemudian dianalisis menggunakan metode ANOVA (*Analysis of Variance*) dengan menggunakan microsoft excel. Apabila hasil data yang didapatkan berpengaruh dimana p-value <0,05 maka akan dilanjutkan dengan uji *Duncans New Multiple Range Test* (DNMRT).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Deskripsi Produk

Produk akhir dari nanoenkapsulasi kalsium bubuk kerabang ayam dengan mengkombinasikan bahan penyalut alami berupa gum arab dan pati beras pada setiap perlakuan dapat dilihat pada gambar dibawah.



**Gambar 1.** Nanoenkapsulasi kalsium bubuk kerabang ayam dengan menggunakan penyalut gum arab dan pati beras

### Rendemen

Rendemen merupakan perbandingan antara berat kering dari suatu produk yang dihasilkan dengan berat baku yang digunakan, memiliki kaitan dengan senyawa bioaktif yang ada didalamnya, dimana semakin tinggi nilai yang didapatkan maka semakin tinggi pula kandungan zat yang terdapat pada bahan. Tabel 3 menunjukkan nilai rata-rata rendemen nanoenkapsulasi kalsium bubuk kerabang ayam dengan kombinasi penyalut berupa pati beras dan gum arab.

Berdasarkan hasil uji ANOVA diketahui bahwa nilai rendemen berbeda nyata. Dimana semakin tinggi jumlah gum arab yang digunakan akan semakin tinggi pula nilai rendemennya. Menurut (Selawa *et al.*, 2013) menyatakan bahwa nilai rendemen enkapsulasi dihitung dengan tujuan mengetahui keefektifan metode yang digunakan dalam enkapsulasi dan nilai rendemen dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti rasio bahan inti dengan penyalutnya, sifat bahan itu sendiri dan metode enkapsulasi yang dipakai.

**Tabel 3.** Nilai rata-rata rendemen dari nanoenkapsulasi kalsium kerabang ayam

Formulasi	Rendemen (%)
Bubuk kerabang	10 g $26,78 \pm 0,33^a$
Gum arab	10 g $28,13 \pm 2,38^b$
Gum arab 7 g: pati beras 3 g	$28,68 \pm 1,41^{bc}$
Gum arab 5 g: pati beras 5 g	$27,34 \pm 0,58^c$
Gum arab 3 g: pati beras 7 g	$26,62 \pm 0,31^d$
Pati beras 10 g	<u><math>26,05 \pm 1,33^e</math></u>

Nilai rendemen yang didapat berkisar antara 26,05-28,68% dengan nilai rendemen tertinggi terdapat pada perlakuan ketiga yaitu sebesar 28,68%, hal ini disebabkan karena penyalut seperti gum arab stabil dalam mengikat air (Abdelgader *et al.*, 2011). Penelitian yang telah dilakukan oleh (Kailapathy, 2002) yang menyatakan bahwa Gum arab memiliki kemampuan emulsifikasi dan dapat membentuk matriks pelindung yang baik dalam proses enkapsulasi, sehingga meningkatkan efisiensi dalam membentuk partikel serta dapat menurunkan resiko kehilangan bahan aktif selama proses pengeringan. Penelitian lain yang telah dilakukan (oleh Ali *et al.*, 2021) menyatakan bahwa gum arab memiliki tingkat kelarutan yang tinggi dalam air serta mampu membentuk matriks enkapsulasi yang stabil serta afinitas yang dimilikinya cukup baik terhadap senyawa aktif, termasuk ion kalsium.

Pati beras merupakan salah satu bahan penyalut yang umum digunakan namun kemampuannya dalam membentuk matriks pelindung tidak sebaik gum arab karena sifat kelarutan dan viskositasnya yang berbeda (Fang & Bhandari, 2010). Penelitian yang telah dilakukan oleh (Lestari *et al.*, 2018) menyatakan bahwa pati beras memiliki sifat film forming yang baik, daya larut dan stabilitasnya dalam sistem koloid relatif rendah. Hal inilah yang membuat penggunaan pati beras secara tunggal kurang memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan rendemen produk enkapsulasi.

Nilai rendemen terendah terdapat pada perlakuan keenam yaitu sebesar 26,05%, dalam analisa rendemen sendiri diketahui bahwasanya apabila nilai rendemen lebih besar dari 10% maka dinyatakan baik seiring dengan meningkatnya nilai rendemen tersebut. Semakin tinggi nilai rendemen maka semakin tinggi kandungan zat yang tertarik pada suatu bahan baku, hal ini didukung oleh penelitian (Widarta dan Arihantana, 2014) dimana semakin tinggi jumlah penambahan bahan penyalut menghasilkan nilai rendemen yang lebih tinggi karena tingginya konsentrasi bahan penyalut mengandung jumlah padatan yang tinggi pula dengan nilai rendemen sebesar 43,43%.

Dalam hasil nilai rendemen dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan gum arab dan pati beras yang dikombinasikan sebagai bahan penyalut menjadi lebih baik apabila gum arab memegang peran utama, sedangkan pati beras berfungsi sebagai pengisi tambahan. Kombinasi dari kedua bahan dapat memperbaiki kekurangan individu dari masing-masing bahan, sehingga menghasilkan enkapsulat dengan nilai rendemen yang lebih tinggi.

### Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu parameter penting dalam sebuah penelitian khusunya pada bahan pangan. Kadar air yang terdapat dalam bahan pangan sangat berpengaruh terhadap masa simpan dan kelarutan. Semakin tinggi kadar air yang dihasilkan maka akan semakin rendah pula nilai kelarutannya. Sebaliknya, apabila semakin rendah kadar air maka akan semakin tinggi pula nilai kelarutannya (Master, 1979 dalam Nabil 2005). Semakin rendah kadar air nya maka semakin kecil kemungkinan terjadinya reaksi degradasi seperti hidrolisis dan pertumbuhan mikroorganisme selama proses penyimpanan berlangsung (Desai & Jin Park, 2005). Nilai rata-rata kadar air dapat dilihat pada Tabel 4.

Berdasarkan hasil analisis ANOVA kadar air yang didapat berbeda nyata kadar air yang dihasilkan berkisar antara 6,53-8,15%, menurut SNI 01-3751-2006, tepung memiliki kadar air maksimal sebesar 14,5%. Kadar air terendah terdapat pada perlakuan ketiga sebesar 6,52%, hal ini terjadi karena gum arab memiliki kemampuan emulsifikasi serta pembentukan film yang yang baik, serta memiliki sifat hidrofilik namun cukup cepat dalam pembentukan matriks padat

pada saat terjadinya proses pengeringan, sehingga air lebih mudah terlepas sehingga kadar air akhir lebih rendah (Dickinson, 2003).

**Tabel 4.** Nilai Rata-Rata Kadar Air Nanoenkapsulai Bubuk Kalsium Kerabang Ayam

Formulasi	Kadar Air (%)
Bubuk kerabang 10 g	8,15 ± 0,09 <sup>a</sup>
Gum arab 10 g	7,99 ± 0,10 <sup>b</sup>
Gum arab 7 g: pati beras 3 g	6,53 ± 0,29 <sup>c</sup>
Gum arab 5 g: pati beras 5 g	7,49 ± 0,27 <sup>d</sup>
Gum arab 3 g: pati beras 7 g	7,97 ± 0,07 <sup>e</sup>
Pati beras 10 g	7,92 ± 0,06 <sup>f</sup>

Pati beras juga memiliki peran penting dalam menurunkan kadar air, meskipun kontribusinya tidak sebesar gu arab, pati beras memiliki daya serap air yang relatif rendah dan dapat membentuk matriks yang cukup rapat sehingga proses pengeringan menjadi efektif (Saifullah et al., 2016). Pati memiliki kemampuan gelatinisasi dan viskositas tinggi yang dapat membantu dalam pembentukan matriks enkapsulasi, tetapi memiliki kecendrungan untuk mempertahankan sebagian air dalam strukturnya. (Lestari et al., 2018).

Nilai kadar air tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol dengan nilai sebesar 8,1%, hal ini menunjukkan bahwa keberadaan bahan penyalut memiliki peran penting dalam membantu pelepasan air selama berlangsungnya proses pengeringan dan membentuk partikel yang lebih stabil. Tanpa adanya penyalut, material aktif tidak memiliki matriks pelindung yang dapat membantu proses pelepasan air agar lebih cepat lagi, sehingga kadar air yang terdapat didalamnya cenderung lebih tinggi.

Dapat diambil kesimpulan bahwa kombinasi dari gum arab dan pati beras yang telah dilakukan tidak hanya mempengaruhi nilai rendemennya saja, tetapi juga sangat berkontribusi terhadap kadar akhir produk. Gum arab yang mendominasi struktur matriks serta pati beras mampu melengkapi dengan kemampuan pengikatnya dapat menghasilkan produk nanoenkapsulasi dengan kadar air yang lebih rendah dan stabil.

#### Daya Larut

Mengukur daya larut dilakukan guna mengetahui lama waktu yang diperlukan dalam proses pelepasan bahan aktif dalam aplikasi nanokapsul. Sebuah nanokapsul sebaiknya memiliki tingkatan yang tinggi dalam pelarut umum berupa air. Berikut merupakan nilai rata rata daya larut yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Nilai Rata-Rata Daya Larut Nanoenkapsulai Bubuk Kalsium Kerabang Ayam

Formulasi	Daya Larut (%)
Bubuk kerabang 10 g	11,08 ± 0,22 <sup>a</sup>
Gum arab 10 g	13,12 ± 0,80 <sup>b</sup>
Gum arab 7 g: pati beras 3 g	17,09 ± 0,72 <sup>c</sup>
Gum arab 5 g: pati beras 5 g	16,55 ± 0,67 <sup>d</sup>
Gum arab 3 g: pati beras 7 g	14,17 ± 0,07 <sup>e</sup>
Pati beras 10 g	11,26 ± 0,18 <sup>f</sup>

Berdasarkan analisis ragam pada lampiran 8 menunjukkan perbedaan nyata. Kelarutan berkisar antara 11,08-17,09% dimana nilai kelarutan tertinggi berada pada perlakuan ketiga sebesar 17,09%, hal ini disebabkan karena rendahnya kadar air pada perlakuan tersebut sehingga bubuk kerabang menjadi lebih larut, sejalan dengan penelitian (Master, 1979 dalam Nabil 2005) yang menyatakan bahwa semakin tinggi kadar air suatu bahan maka semakin rendah kelarutannya dan semakin rendah kadar airnya maka akan semakin tinggi kelarutannya.

Pernyataan diatas sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Mahdavi et al., (2016) yang menyatakan bahwa gum arab dapat membentuk lapisan pelindung yang tipis, fleksibel, serta mudah larut, sehingga tidak menghambat pelepasan zat aktif dari matriks penyalut. Penelitian lain yang telah dilakukan oleh Ali et al., (2021) gum arab memiliki sifat hidrofolik, serta memiliki struktur yang tersusun dari polisakarida kompleks dan glikoprotein, yang kaya akan gugus hidroksil dan karboksil. Gugus-gugus ini mampu berinteraksi kuat dengan molekul air sehingga dapat membantu proses penetrasi air ke dalam partikel enkapsulasi dan mempercepat proses pelarutan.

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Ibrahim et al., 2018) menyatakan penambahan pati beras yang dilakukan membantu dalam meningkatkan stabilitas bahan penyalut serta mempengaruhi daya larutnya. Adanya kombinasi antara gum arab dan pati beras yang digunakan menghasilkan suatu penyalutan yang lebih padat, sehingga dapat memperlambat proses pelarutan (Hsu et al., 2019).

Nilai kelarutan terendah terdapat pada perlakuan kontrol dengan nilai sebesar 11,08%. Hal ini dikarenakan karena tidak adanya lapisan pelindung, partikel yang dimiliki cenderung lebih besar, kasar, serta mudah menggumpal. Kalsium karbonat dari kerabang ayam memiliki sifat yang relatif hidrofobik dan memiliki nilai kelarutan alami yang rendah dalam air (Chau et al., 2020). Tidak adanya bahan penyalut yang digunakan juga dapat mengurangi luas permukaan kontak antara partikel dengan pelarut, sehingga semakin menurunkan kemampuan larutnya.

Dari hasil kelarutan dapat disimpulkan bahwa kombinasi dari gum arab dan pati beras memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap kemampuan nanoenkapsulasi kalsium bubuk kerabang ayam dalam kelarutan. Penggunaan pati beras dapat meningkatkan kelarutan produk, sementara itu besarnya jumlah gum arab atau kurangnya jumlah pati beras yang digunakan dapat menurunkan tingkat penyalutan, sehingga dapat memperlambat proses dalam pelarutan.

### Warna

Pengujian warna dilakukan dengan menggunakan alat berupa *colour reader*, dimana nilai L atau *lightness* menentukan tingkat kecerahan, nilai a\* dan b\* menentukan nilai kromatik pada nanoenkapsulasi bubuk kerabang ayam. berikut merupakan nilai rata-rata dari warna yang dihasilkan terdapat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Nilai Rata-Rata Warna Nanoenkapsulai Bubuk Kalsium Kerabang Formulasi L\*

Formulasi	L*	°Hue	Colour hexa
Bubuk kerabang 10 g	92,23 ± 0,55	103,13 ± 8,64 <sup>a</sup>	Light grayish orange
Gum arab 10 g	90,80 ± 0,85	96,1 ± 3,78 <sup>b</sup>	Light grayish orange
Gum arab 7 g: pati beras 3 g	90,47 ± 1,63	96,3 ± 8,77 <sup>c</sup>	Light grayish orange
Gum arab 5 g: pati beras 5 g	91,97 ± 2,40	102,23 ± 2,70 <sup>d</sup>	Light grayish orange
Gum arab 3 g: pati beras 7 g	91,03 ± 1,82	100,83 ± 8,27 <sup>de</sup>	Light grayish orange
Pati beras 10 g	92,93 ± 0,45	100,26 ± 5,16 <sup>e</sup>	Light grayish orange

Hasil analisis ANOVA yang telah dilakukan menyatakan nilai *lightness* tidak berbeda nyata dengan rentang nilai berkisar antara 90,47-92,93, dimana nilai kecerahan tertinggi terdapat pada perlakuan keenam dengan penambahan pati beras sebesar 10 gram. Hal ini terjadi karena warna dasar dari bubuk kalsium kerabang yaitu putih dan ketika ditambahkan pati beras 10 g yang juga memiliki warna putih akan menghasilkan nilai kecerahan tertinggi. Konsentrasi pati modifikasi yang ditambahkan juga berpengaruh terhadap peningkatan nilai kecerahan,

penelitian yang telah dilakukan oleh (Gardjito,1992) menyatakan bahwa salah satu sifat fisik pati ialah berwarna putih, sehingga semakin banyak pati beras yang ditambahkan maka warna bubuk kalsium kerabang menjadi semakin cerah.

Nilai kecerahan terendah berada pada perlakuan ketiga sebesar 90,47 adanya penurunan nilai kecerahan ini diakibatkan oleh penggunaan bahan penyalut gum arab yang berwarna kuning karena nilai pH nya yang asam pada rentang 3,9-4,9 (Gitawuri *et al*, 2014), sehingga mempengaruhi warna yang dihasilkan, seiring dengan peningkatan konsentrasi gum arab juga mengakibatkan penurunan nilai kecerahan dari bubuk kalsium kerabang. Derajat hue atau sudut rona merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan jenis rona warna berdasarkan pada lokasi warna pada lingkaran warna. Dimana nilai yang didapat mulai dari 96,1-106,23 yang kemudian diklasifikasikan berdasarkan tabel °Hue (Hutching, 1999) rentang warna mulai dari 90- 126 dikategorikan sebagai warna yellow (Y). Untuk hasil pengujian selanjutnya menggunakan colour hexa dapat dilihat pada tabel bahwa seluruh sampel memiliki keterangan yang sama yaitu Light grayish orange. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Chung *et al*. (2010) yang menyatakan bahwa nilai hue pada produk enkapsulai dapat dipengaruhi oleh adanya penambahan polisakarida seperti gum arab, dengan hasil nilai hue yang cenderung menurun karena adanya perubahan komposisi permukaan partikel yang dapat mempengaruhi reflektansi cahaya. Semakin banyak gum arab yang digunakan maka partikel akan menunjukkan warna yang lebih hangat (lebih kuning).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Wibowo *et al*. (2017) pada nanoenkapsulasi pigmen alami yang menggunakan kombinasi antara gum arab dan maltodekstrin (karbohidrat sederhana seperti pati) dapat mempertahankan nilai hue yang lebih tinggi sehingga mendekati warna asli bahan aktif. Pernyataan ini konsisten dengan hasil penelitian yang telah dilakukan, dimana pati beras dapat berkontribusi dalam meningkatkan nilai hue yang lebih besar mendekati warna kuning.

Secara umum perubahan nilai hue yang terjadi dapat dikaitkan dengan kandungan bahan aktif dari bahan penyalut yg digunakan, dimana gum arab (protein-karbohidrat kompleks) dapat lebih banyak menyerap cahaya pada spektrum yang lebih gelap sehingga dapat menggeser warna kepada arah kuning. Dan pati beras (karbohidrat murni) memiliki sifat yang lebih netral terhadap cahaya, sehingga dapat mempertahankan warna alami dari bahan.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan dari formulasi yang telah dilakukan, terdapat pengaruh yang nyata pada setiap formulasi dari parameter yang ada. serta formulasi terbaik dapat dilihat dari nilai rata-rata daya larut yaitu pada formulasi ketiga sebesar 17,09%, rendemen sebesar 28,68%, serta kadar air dengan nilai terendah sebesar 6,52%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada bapak Addion Nizori, S.TP., M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan arahan juga dukungan pendanaan selama proses penelitian. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Universitas Negeri Semarang (UNNES) atas bantuan serta fasilitas yang telah diberikan selama penelitian berlangsung, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

## REFERENSI

- AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis of Aoac in Ter Na Tional* (Issue February).
- WHO Recommendations on Antenatal Care for A Positive Pregnancy Experience. (2016).
- Abdelgader, M.O. dan Inaam, A.I. 2011. *Application of Gum Arabic for Coating of Dried Manggo Slices. Journal of Nutrition.* 10(5): 457–462.
- Ali, A., Maqbool, M., Ramachandran, S., & Alderson, P. G. (2021). Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf life and improving postharvest quality of fruits and vegetables: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 58(2), 361–372.
- Andarwulan, N., Kusnandar, F., dan Herawati, D. 2011. Analisis Pangan. Dian Rakyat: Jakarta.
- Arshad, H., Tahira, M. A., & Abid, H. (2020). Comparative study on efficiency of nutmeg microencapsulation (freeze-drying method) using native and OSA sorghum starch as wall materials in combination with gum arabic. *Cereal Chemistry*, 1–12.
- Bartter, J., Häslar, B., Diffey, H., Ying, H. Y., Fiona, O., Wende, M., & Robyn, A. (2018). Use of chicken eggshell to improve dietary calcium intake in rural sub - Saharan Africa. *Maternal & Child Nutrition*, 14(53), 1–10.
- Busch, V., Pereyra-Gonzalez, A., D, N. S., Santagapita, P. R., Ulrih, N. P., & Buera, M. P. (2017). Propolis encapsulation by spray drying: Characterization and stability. *Food Science and Technology*, 75(227), 235.
- Chau, C. F., Huang, Y. L., & Chang, C. J. (2020). Calcium bioavailability of egg shell powder compared with calcium carbonate in healthy postmenopausal Taiwanese women. *Food Science & Nutrition*, 8(3), 1468–1474.
- Chung, C., et al. (2010). “Effect of gum arabic and maltodextrin on physicochemical properties of encapsulated anthocyanin powder by spray drying.” *International Journal of Food Science & Technology*, 45, 1091-1097.
- Desai, K. G. H., & Jin Park, H. (2005). Recent defelopments in microencapsulation of food ingredients. *Drying Technology*, 23(7), 1361-1394.
- Dickinson, E. (2003). Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*, 17(1), 25–39.
- Djaelani, M. A. (2016). Kualitas Telur Ayam Ras (Gallus L.) Setelah Penyimpanan yang dilakukan Pencelupan pada Air Mendidih dan Air Kapur Sebelum Penyimpanan. *Buletin Anatomi Fisiologi*, 24(1), 122–127.
- Djaelani, M. A., Zuni, N., & Nur, A. (2019). Pengaruh Pencucian, Pembungkusan dan Penyimpanan suhu rendah Terhadap Kualitas Telur Ayam Ras (Gallus L.) Effect of Washing, Packaging, and Low Temperature Storaging on The Quality of Eggs. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 4(1), 29–34.
- Fang, Z., & Bhandari, B. (2010). Encapsulation of polyphenols – a riview. *Trends in food science & technology*, 21 (10), 510-523.
- Gago, J., & Yulis, DN. (2021). Pemanfaatan Cangkang Telur Ayam Sebagai Material Dasar Dalam Sintesis Hidroksiaiptit Dengan Metode Presipitasi Basah. *Jurnal Cakra Kimia*. 8(1). 29-34.
- Gardjito, M., 1992, “Ilmu Pangan: Pengantar Ilmu Pangan, Nutrisi Dan Mikrobiologi”, UGM Press, Yogyakarta.

- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A. Dan Saurel R. 2007. *Review: Applications Of Spray Drying In Microencapsulation Of Food Ingredients: An Overview*. *Food Research International* 40: 1107-1121.
- Gitawuri, G. 2014. Penambahan Gum Arab Pada Minuman Madu Sari Buah Jambu Merah (*Psidium Guajava*) Ditinjau Dari Ph, Viskositas, Tpc, Dan Mutu Organoleptik (*Doctoral Dissertation*, Universitas Brawijaya).
- Gunsekaran, T., Tedesse, H, & Tedele, N. (2014). Nanotechnology: an effective tool for enhancing bioavailability and bioactivity of phytomedicine. *Asian Pasific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(1), 51–57.
- Higuita, C. D., Malacrida, C. R., & Telis, V. R. N. (2015). Stability of Curcumin Microencapsulated by Spray and Freeze Drying in Binary and Ternary Matrices Of Maltodextrin, Gum Arabic And Modified Starch. *Journal of*
- Hofmeyr, G., Lawrie, T., Atallah, A., & Torloni, M. (2018). *Calcium Supplementation During Pregnancy for Preventing Hypertensive Disorders and Related Problems (Review)*.
- Hsu, J., Chen, M., & Chang, L. (2019). Optimization of encapsulation methods for improved solubility in powdered food ingredients. *Food Research International*, 122, 57-63.
- Hutching J.B. 1999. Food Color and Appearance. *Aspen Publisher Inc.*, Maryland.
- Ibrahim, M., Al-Farsi, S., & Mirdamadi, A. (2018). Effects of starch-based coating on the solubility of egg shell powder. *Journal of Food Science and Technology*, 55(8), 3119-3127.
- Marquez-Gomez, M., Galicia-Garcia, T., Marquez-Melendez, R., Ruiz-Gutierrez, M., & Quintero- Ramos, A. (2017). Spray-dried microencapsulation of orange essential oil using modified rice starch as wall material. *Journal of Food Processing and Preservation*, 7–9.
- Marzuki, A., Yushinta, F., Muhammad, R, & Haslina. (2013). Analisis Kandungan Kalsium (Ca) dan Besi (Fe) Pada Kepiting Bakau (*Scylla Olivacea*) Cangkang Keras dan Cangkang Lunak Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. *Farmasi dan Farmakologi*. 17(2). 31-34.
- Mijan, M. Al, Choi, K., & Kwak, H. (2014). Physicochemical, microbial, and sensory properties of nanopowdered eggshell-supplemented yogurt during storage. *Journal of Dairy Science*, 97(6), 3273–3280.
- Moongngarm, A., Amornpan, J., Homduang, A., Haoteng, C., & Jelekovac, A. (2016). Rice Starch as Coating Materials for Microencapsulation of Gamma Oryzanol to Improve its Stability. *American Journal of Applied Sciences*, 13(8), 900–906.
- Nabil, M. 2005. Pemanfaatan Limbah Tulang Ikan Tuna (*Thunnus Sp*) Sebagai Sumber Kalsium Dengan Metode Hidrolisis Protein (Skripsi). Bogor: Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- Naz, A. R., Wrasiati, L. P., & Wartini, N. M. (2022). Karakteristik Enkapsulat Ekstrak Pewarna Bunga Kenop (*Gomphrena globosa* L.) pada Perlakuan Perbandingan Gum Arab dan Karagenan. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 10(1), 68–82.
- Nurul, C. 2018. Pengaruh Perbedaan Lama Fermentasi terhadap Sifat Fisikokimia Tepung Telur Utuh Ayam Ras. Fakultas Pertanian. Universitas Semarang, Semarang.

- Paula, N. De, Aloisio, H. P. de S., Moreira, I. C., Aline, K. G., Ana, F. de O., & Lucia, F. D. (2014). Calcium fortification of roasted and ground coffee with different calcium salts. *Acta Scientiarum Technology*, 3(4), 707–712.
- Prayitno, A. H., Suryanto, E., & Rusman. (2016). Pengaruh fortifikasi nanopartikel kalsium laktat kerabang telur terhadap sifat kimia dan fisik bakso ayam. *Buletin Peternakan*, 40(1), 40–47.
- Prayitno, Ah., Suryanto, E., Rusman, Setiyono, Jamhari, & Utami, R. (2019). Pengaruh Fortifikasi Kalsium dan Nanopartikel Kalsium Laktat Kerabang Telur Terhadap Sifat Sensoris Bakso Ayam (The Effect of Calcium and Calcium Lactate Nanoparticle Fortification of Eggshell on Sensory Properties of Chicken Meatballs). *Prosiding Seminar Peternakan Dan Veteriner*, 725–732.
- Rukmawati, Y. E. A., Sri, H., & Margareta, N. C. (2017). Isoterm Sorpsi Air pada Tepung Ubi Jalar Terfermentasi dengan Angkak. *Kimia*, 3(1), 71–78.
- Saifullah, M., Yusof, Y. A., (2016). Morphological and flow properties of microencapsulated orthosiphon staminues in different carrier agents. *Powder Technology*, 301, 396-402.
- Sarungallo, Z. L., Santoso, B., Murtiningrum, Roreng, M. K., & Murni, V. (2019). Karakteristik Mutu Mikroenkapsulat Minyak Buah Merah (Pandanus Conoideus) Dengan Perbandingan Konsentrasi Bahan Pengemulsi Dan Bahan Pelapis [The Characteristics of Quality of Microencapsulate Red Fruit Oil (Pandanus conoideus) With a Comparison of the Co. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan*, 5(2), 528–239.
- Selawa, W., Runtuwene, M. R., dan Citraningtyas, G. 2013. Kandungan Flavonoid Dan Kapasitas Antioksidan Total Ekstrak Etanol Daun Binahong [Anredera Cordifolia (Ten.) Steenis.]. *Pharmacon*, 2(1).
- Shaddel, R., Hesari, J., Safari, M., & Ghavami, M. 2018. Development of Calcium Fortified Yogurt Using Nanoencapsulated Calsium Lactate. *Food science & Nutrition*. 6(4). 1052-1059.
- Silva, F. C. d., Fanesca, C. R. da, Alencar, S. M. de, Thomazini, M., Balieiro, J. C. de C., Pittia, P., & Favora-Trindade, C. S. (2013). Assesment of Production Efficiency, Physicochemical Properties and Stroge Stability of Spray-Dried Propolis, a Natural Food Additive, Using Gum Arabic and OSA Starch-Based Carrier Systems. *Journal Hompage*, 91, 28–36.
- Suhastyo, A. A., & Fanny, T. R. (2021). Pengaruh Pemberian Pupuk Cair Daun Kelor dan Cangkang Telur Terhadap Pertumbuhan Sawi Samhong. *Agrosains Dan Teknologi*, 6(1), 1–6.
- Tooy, M. D., Lontaan, N. N., Karsioh, & Wahyuni, I. (2021). Kualitas fisik telur ayam ras yang direndam dalam larutan teh hijau (*Camellia sinensis*) komersial. *Zootec*, 41(1), 283–290.
- Wartini, M., & Ganda, P. (2018). Karakteristik enkapsulat pewarna buah pandan pada perlakuan jenis dan konsentrasi enkapsulan. *Scientific Journal of Food Technology*, 5(2), 66–148.
- Wibowo, S., et al. (2017). “Spray drying for the encapsulation of bioactive ingredients: a riview.” *Trends in Food Science & Technology*, 68. 77-90.
- Wicaksono, D. S., & Fafa, N. (2021). Aplikasi Teknologi Nanoenkapsulasi untuk Melindungi Senyawa Bioaktif Bahan Pangan Application of Nanoencapsulation Technology to Protect

- Bioactive Compounds in Food System. *Jurnal Ilmu Pangan Dan Hasil Pertanian*, 5(2), 222– 231.
- Widarta, I. W. R., & Arihantana, N. M. I. H. 2014. Mikroenkapsulasi Ekstrak Bekatul Beras Merah: Kajian Jenis Dan Konsentrasi Enkapsulan. In Seminar Nasional Sains Dan Teknologi.
- Wulandari, R. D., Nur, N. A., & Nurjanah, S. (2021). Formulasi bubuk kalsium dari limbah cangkang telur ayam sebagai suplemen mineral. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 32(1), 65–71.
- Yogaswara, IB., Wartini, NM, & Wrasiati, LP. (2017). Karakteristik Enkapsulat Ekstrak Pewarna Buah Pandan (Pandanus Tectorius) Pada Perlakuan Enkapsulan Gelatin dan Maltodekstrin. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 5(4), 31- 40.
- Yonata, D., Siti, A., & Wikanastri, H. (2017). Kadar Kalsium dan Karakteristik Fisik Tepung Cangkang Telur Unggas dengan Perendaman Berbagai Pelarut. *Jurnal Pangan dan Gizi*. 7(2), 82-93.