

**Review : Penurunan Kadar Trigliserida Pada Profil Lipid Model Sel 3T3-L1 Preadiposit dengan Peningkatan Bioavailabilitas Kalsium Cangkang Telur Menggunakan Nanoteknologi**

Dimas Teguh Prasetyo<sup>1</sup>, Rhifa Siti Fauziah Nur Dewi<sup>1</sup>, Nuha Nabilah Utrujjah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Peternakan, <sup>2</sup>Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Brawijaya  
Malang

**ABSTRAK**

Obesitas merupakan faktor independen utama untuk komplikasi kardiovaskular, diabetes, dan osteoporosis karena adanya resistensi insulin dan peningkatan kadar trigliserida dalam tubuh. Salah satu upaya untuk menurunkan obesitas, yaitu dengan memanfaatkan kandungan kalsium dari cangkang telur ayam. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji berbagai macam penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh kalsium cangkang telur ayam menggunakan nanoteknologi terhadap penurunan kadar trigliserida dalam sel lini 3T3-L1 sebagai upaya menurunkan obesitas tubuh dengan menggunakan metode review. Adapun informasi dalam paper ini mencakup teknik *Pulsed Electric Field* (PEF), analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Particle Size Analyzer* (PSA), konduktivitas, dan tingkat penurunan trigliserida. Pemberian nano kalsium pada sel lini 3T3-L1 preadiposit diharapkan mampu menurunkan kadar trigliserida sehingga mampu menghambat perkembangan preadiposit.

**Kata kunci:** Obesitas, cangkang telur, nanokalsium, sel 3T3-L1 Preadiposit, PEF

**ABSTRACT**

*Obesity is a major independent factor for cardiovascular complications, diabetes, and osteoporosis due to insulin resistance and increased levels of triglycerides in the body. One of the efforts to reduce obesity is to take advantage of the calcium content in chicken eggshells. This study aims to examine the various types of research that have been conducted on the effect of chicken eggshell calcium using nanotechnology on reducing triglyceride levels in 3T3-L1 cell lines as an effort to reduce body obesity by using the review method. The information in this paper includes the Pulsed Electric Field (PEF) technique, Scanning Electron Microscopy (SEM) analysis, Particle Size Analyzer (PSA), conductivity, and levels of triglyceride reduction. Nano calcium is expected to reduce triglyceride levels so that it can inhibit the development of preadipocytes.*

**Keywords:** Obesity, egg shells, nanocalcium, Preadipocyte 3T3-L1 cells, PEF

**1. Pendahuluan**

Obesitas merupakan suatu keadaan dimana seseorang memiliki akumulasi lemak yang berlebihan di jaringan adiposa sehingga dapat mengganggu kesehatan (Dewajanti & Rumiati, 2016). Obesitas menjadi permasalahan kesehatan masyarakat yang serius di seluruh dunia, di mana obesitas berperan dalam meningkatkan morbiditas dan mortalitas (David & Prijanti, 2013). Obesitas menjadi faktor risiko independen utama untuk komplikasi kardiovaskular, diabetes, dan osteoporosis karena adanya resistensi insulin dan peningkatan kadar trigliserida dalam tubuh (Sun et al, 2012; Putri & Isti, 2015). Faktor utama penyebab obesitas adalah 30% genetik yang memungkinkan orang tua menurunkan obesitas kepada anaknya dan sekitar 70% disebabkan oleh gaya hidup karena mengonsumsi makanan yang melebihi kebutuhan angka kecukupan gizi (AKG) per hari. Kelebihan ini terjadi dalam jangka waktu yang lama jika tidak diimbangi dengan aktivitas yang cukup, seperti olahraga yang akan menyebabkan energi diubah menjadi lemak dan ditimbun di dalam sel lemak di bawah kulit (Susanto et al, 2008).

Strategi menurunkan obesitas yaitu pengaturan pola makan dengan nutrisi rendah kalori (Khawandanah & Tewfik, 2016). Namun strategi ini dianggap tidak sehat karena

dilakukan tanpa olahraga dan dapat menimbulkan berbagai resiko akut seperti mual, muntah, dan hipoglekemia (Nurjannah & Muniroh, 2019). Selain itu, banyak digunakan obat-obatan atau suplemen diet yang memiliki harga yang relatif mahal, sehingga orang dengan latar belakang sosial ekonomi rendah akan merasa kesulitan untuk mendapatkannya (Sulistyan *et al*, 2016; Wahee *et al*, 2019). Oleh karena itu, diperlukan formulasi suplemen yang terjangkau.

Hal tersebut mendorong upaya untuk mencari metode penurunan obesitas yang lebih aman dan minim efek samping, salah satunya dengan memanfaatkan kandungan kalsium dalam cangkang telur ayam sebagai suplemen diet alami. *World Health Organisation* merekomendasi cangkang telur sebagai bahan alternatif yang dapat dimanfaatkan dengan biaya yang cukup rendah dan ketersediaan bahan yang sangat melimpah (Bartter *et al*, 2018). Cangkang telur merupakan salah satu biomaterial yang tersedia di alam dengan komponen mikro yang unik dengan didominasi 94% kalsium karbonat maka cangkang telur mengandung 360-440 mg kalsium per gram (Guru & Dash, 2014; Bartter *et al*, 2018). Interaksi komponen anorganik dan organik di dalam struktur cangkang telur yang muncul dalam skala nano mempengaruhi sifat mekanik cangkang telur (Lammie *et al*, 2005). Apabila ukuran biomaterial cangkang telur direduksi menjadi skala nano, maka cangkang telur dapat berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai suplemen diet (Huang *et al*, 2020). Nanoteknologi memungkinkan kalsium cangkang telur ayam menjadi lebih availabilitas sehingga mudah untuk diserap oleh tubuh.

Susu kaya kalsium yang diberikan pada pasien obesitas dapat menurunkan berat badan dengan tingkat keberhasilan 60-80% karena adanya hubungan antara kinerja kalsium intraseluler dalam metabolisme pada jaringan adiposa (Gropper *et al*, 2009). Suplementasi makanan 1,4% dan 2,8% kalsium secara signifikan menurunkan berat badan dan komposisi lemak dalam tubuh (Sun *et al*, 2012). Dalam kerjanya, kalsium juga berfungsi sebagai katalisator dan berperan sebagai kunci pengaturan pada metabolisme lemak adiposit dan simpanan triasilgliserol (Dewajanti & Rumianti, 2016).

Nanokalsium dari cangkang telur memiliki berbagai macam keunggulan, diantaranya bahan baku yang alami, mudah ditemukan dan dapat dimanfaatkan dari limbah serta ramah lingkungan (Yin. *et al*, 2008). Selain itu, dengan perlakuan menggunakan teknik PEF (*Pulsed Electric Field*) menggunakan pulsa listrik pendek untuk menonaktifkan mikroorganisme dan enzim pada suhu kamar yang bertujuan untuk memurnikan nilai makanan dan obat (Lin *et al*, 2013). Prinsip di balik ekstraksi zat yang berguna melalui PEF adalah elektroporasi (pembentukan pori di membran). Hasilnya getah debit sel yang digunakan untuk mengekstrak isi seluler. Keuntungan dasar menggunakan PEF adalah homogenitasnya karena tidak hanya permukaan tetapi juga semua sel (Siemer *et al*, 2018). Selain itu, PEF mudah digunakan dan bersifat non-termal sehingga tidak memiliki efek samping dari energi panas yang dihasilkan. Waktu yang dibutuhkan pun lebih cepat dan menghasilkan kandungan nano kalsium terlarut yang lebih banyak dibandingkan metode lain (Yin *et al*, 2008). Namun, terdapat kekurangan dari topik ini, yaitu studi yang ditinjau tidak dilakukan secara langsung pada manusia, melainkan pada sel lini 3T3-L1 preadiposit.

Pada *paper* ini, akan dikaji berbagai penelitian mengenai pengaruh nanokalsium dari cangkang telur yang diekstrak dengan penerapan teknik PEF dapat menurunkan trigliserida pada sel lini 3T3-L1 preadiposit sebagai upaya penurunan masa lemak sebagai model obesitas.

## 2. Metode

Metode yang digunakan pada *paper* ini yaitu metode *review* dari beberapa *database* jurnal nasional dan jurnal internasional, seperti *science direct*, *springer*, dan *research gate*. Jurnal yang digunakan berkisar antara tahun 2000 – 2020 dan kata kunci yang digunakan dalam penelusuran, diantaranya yaitu cangkang telur, teknik PEF, nanokalsium, sel lini 3T3-L1 preadiposit, obesitas, dan penurunan trigliserida. Dilakukan pengkajian studi literature mengenai sel lini 3T3-L1 preadiposit, teknik PEF, analisis SEM (*Scanning*

*Electron Microscopy*) dan PSA (*Particle Size Analyzer*), konduktivitas dan penurunan kadar trigliserida terdahulu.

### 3. Pembahasan

#### 3.1 Sel Lini 3T3-L1 Preadiposit

Sel 3T3-L1 preadiposit merupakan sel Swiss albino 3T3 yang berasal dari embrio tikus yang dikembangkan melalui isolasi klonal berdasarkan kemampuannya dalam mengakumulasi lipid (Morrison & McGee, 2015). Mekanisme perkembangan sel preadiposit serupa dengan hewan pengerat dan sel preadiposit manusia sehingga menjadi salah satu model *in vitro* yang paling umum digunakan untuk memahami perkembangan dan metabolisme sel (Jensen *et al*, 2014; Morrison & McGee, 2015).

#### 3.2 Teknik PEF (*Pulsed Electric Field*)

Secara umum, proses PEF didasarkan pada pengaplikasian pulsa pendek pada tegangan tinggi (20 kV/cm-80 kV/cm) di mana makanan ditempatkan di antara dua elektroda. Tujuan utama dari teknik PEF adalah untuk mengekstrak konten kalsium dengan menerapkan medan listrik untuk merusak kristal mineral pada cangkang telur (Sejati *et al*, 2018). Beberapa penelitian menggunakan teknologi PEF untuk mengekstraksi kandungan kalsium dengan beberapa tambahan zat kimia lain pada **Tabel 1**.

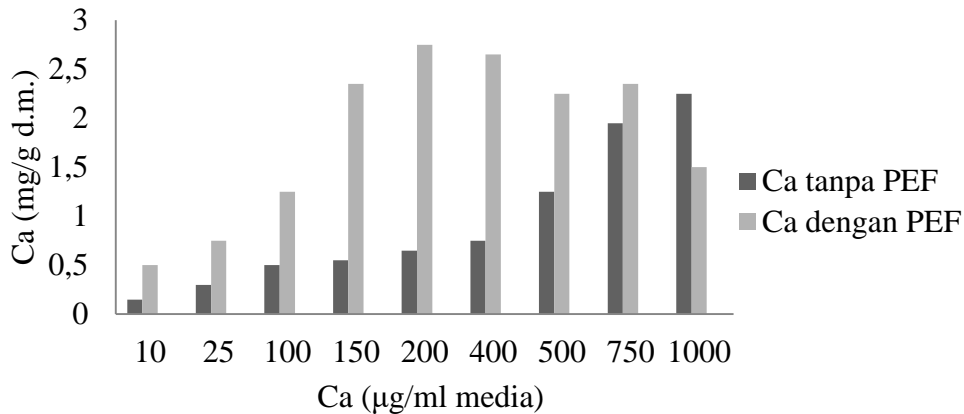
**Tabel 1.** Perlakuan PEF dalam membentuk kandungan kalsium

No	Peneliti	Bahan	Ringkasan	Hasil	Referensi
1.	Lin <i>et al</i>	Cangkang telur, asam malat	1 g cangkang telur yang dicampur 50 ml asam malat dibentuk pump dan diperlakukan dengan sistem PEF dengan kecepatan aliran 25 mL/menit dan intensitas medan listrik 0-10 kV/cm.	PEF meningkatkan pelarutan kalsium dan campuran asam malat. Kandungan kalsium terlarut tertinggi adalah 7,075 mg/mL saat asam malat 6,0% dengan intensitas medan listrik 20 kV/cm.	Lin <i>et al</i> , 2012
2.	Lin <i>et al</i>	Cangkang telur, asam sitrat	1 g cangkang telur dicampur 2% asam sitrat dan dibentuk pump kemudian diperlakukan ke dalam PEF dengan kecepatan aliran 25 mL/min.	Didapat kalsium sitrat yang di berikan pada tikus dan dapat meningkatkan absorpsi kalsium pada tikus.	Lin <i>et al</i> 2013
3.	Yu <i>et al</i>	Cangkang telur, asam sitrat	1 g serbuk cangkang telur dicampur dengan 50 mL asam sitrat dengan konsentrasi berbeda-beda. Diiperlakukan ke dalam sistem PEF dengan kecepatan 25 mL/min selama 2 menit.	PEF dapat meningkatkan konsentrasi kalsium sitrat secara signifikan dari 4,571 ± 0,036 mg/mL menjadi 5,623 ± 0,032 mg/mL saat intensitas medan listrik ditingkatkan dari 0-15 kV/cm.	Yu <i>et al</i> , 2013

4.	Yin & He	Tulang, asam sitrat	Tulang yang telah dalam bentuk pump diperlakukan dengan PEF dengan kekuatan medan listrik 0-70 kV/cm	Kandungan kalsium paling tinggi dengan konsentrasi asam sitrat 1,25 % dan medan listrik 70 kV/cm	Yin & He, 2008
----	----------	---------------------	--	--	----------------

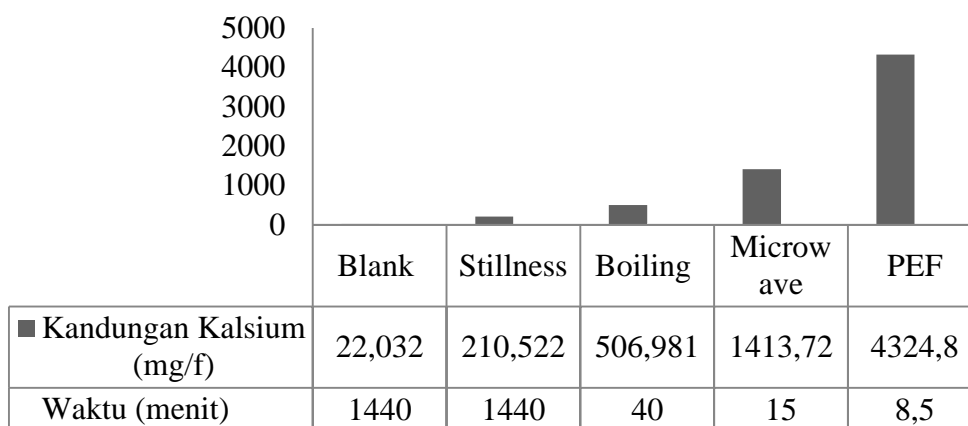
Dari berbagai penelitian dengan menggunakan PEF, kandungan konsentrasi kalsium yang dihasilkan mengalami peningkatan yang cukup signifikan, baik ketika dicampurkan dengan asam sitrat maupun asam malat. Peningkatan konsentrasi tersebut disebabkan karena sebagian besar gugus ion mampu bereaksi kimia akibat energi kinetik PEF. Sistem ini menggunakan pulsa listrik yang mengakibatkan getaran resonansi mampu menghasilkan energi yang sangat besar dan mempercepat reaksi kimia (Yin & He, 2007). Kalsium yang diekstrak akan memiliki muatan yang dapat diukur dengan pengukuran konduktivitas listrik (Wiktor *et al*, 2016). Struktur kalsium yang berubah akan memudahkan interaksi dengan kilomikron zat pembawa dalam metabolisme mineral dan metabolisme lipid dalam tubuh.

Studi yang dilakukan oleh Góral *et al* (2020) pada pengaruh PEF dalam sel *Lactobacillus rhamnosus* B 442, terjadi peningkatan akumulasi ion kalsium dalam sel sebanyak dua hingga empat kali lipat pada kisaran konsentrasi 10 hingga 750 µg/ml media yang diberi perlakuan PEF. Sementara penurunan konsentrasi hanya terjadi pada 1000 µg/ml media yang diberikan PEF yang kemungkinan disebabkan karena terjadinya penurunan kinerja difusi ke dalam sel. Namun hal ini justru semakin membuktikan bahwa PEF dapat meningkatkan konsentrasi kalsium pada sel dibandingkan kalsium biasa dengan batas yang berbeda pada tiap sel atau media yang diuji.



**Gambar 1.** Pengaruh konsentrasi kalsium dalam dalam sel *L. rhamnosus* B 442 (Góral *et al*, 2020)

Selain itu, PEF dapat menghasilkan kandungan kalsium yang lebih banyak dengan waktu yang sangat cepat dibandingkan metode lainnya seperti pada gambar 2. Yin & He (2008) membuktikan bahwa PEF dapat menghasilkan kandungan kalsium sebanyak 4324,8 mg/f dalam waktu 4,5 menit dibandingkan beberapa teknik lainnya, seperti teknik perebusan dan oven. Hal ini memungkinkan bahwa teknik PEF merupakan teknik yang tepat untuk mengekstraksi dan meningkatkan konsentrasi kalsium tanpa adanya efek negatif.

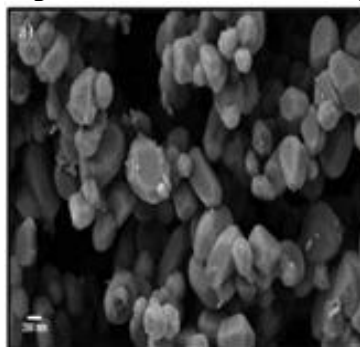


**Gambar 2.** Perbandingan PEF dengan metode lain (Yin & He, 2008)

### 3.3 Analisis SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dan PSA (*Particle Size Analyzer*)

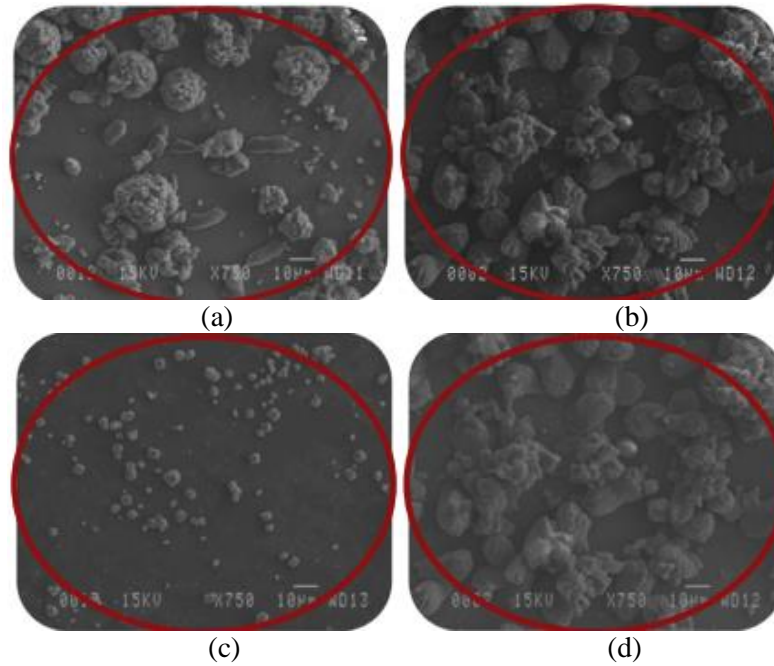
Setelah diberi perlakuan PEF, dilakukan analisis SEM (*Scanning Electron Microscopy*) yang berfungsi untuk mengkaji morfologi dan bentuk nanokalsium. Sementara analisis PSA (*Particle Size Analyzer*) dilakukan untuk mengkaji distribusi dan ukuran partikel nanokalsium yang dapat dimungkinkan dalam penyerapan tubuh.

Sementara itu Pandit & Fulekar (2019) menggunakan metode kalsinasi hidrasi dengan menggunakan limbah cangkang ayam untuk membentuk nanokalsium. Kalsium karbonat dari cangkang telur diuraikan menjadi kalsium oksida dan karbon dioksida dalam bentuk nanopartikel. Hasil gambar SEM pada Gambar 3 menggambarkan bentuk bola dari nanokatalis. Citra SEM nanokatalis CaO ditemukan teraglomerasi, karena luas permukaan spesifiknya yang tinggi dan dengan demikian membentuk agregat.



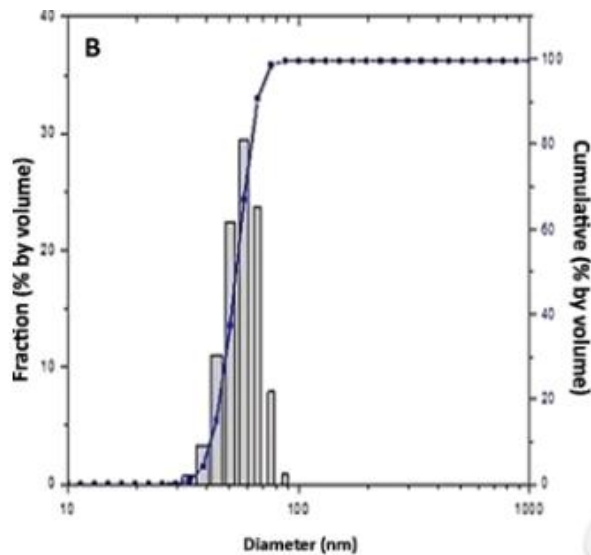
**Gambar 3.** Hasil gambar dari nanokatalis SEM (Pandit & Fulekar, 2019)

Sementara itu pada studi yang dilakukan Araya *et al* (2014) menggunakan PEF dalam mengamati mekanisme pertumbuhan membrane mineral pada membrane penukar anion (AEM) dan membrane pertukaran kation (CEM). Elemen utama penyusun lapisan mineral CEM sisi konsentrat adalah kalsium yang menunjukkan adanya  $\text{CaCO}_3$  karena adanya deteksi simultan dari C dan O. Kalsium diamati pada konsentrasi yang sama, tetapi untuk rasio PEF 2LF dan 2HF berturut-turut konsentrasinya sedikit menurun secara bertahap dimana endapan mineral terdispersi dan tidak teratur seperti gambar 4. Konsentrasi rendah yang terdeteksi pada ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  menggantikan beberapa ion  $\text{Na}^+$  yang terdapat dalam CEM. Dalam membrane ini, teramati konsentrasi  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  yang lebih tinggi sementara  $\text{CaCO}_3$  yang selalu ada di level rendah. Sementara pada AEM, jumlah kalsium yang bersama dengan C dan O menunjukkan adanya *fouling*  $\text{CaCO}_3$ . Untuk rasio PEF sebesar 2HF, terlihat jumlah kalsium menguatkan  $\text{CaCO}_3$  dimana strukturnya menunjukkan pengendapan kristal kubik kalsit kecil seperti gambar 4. (Araya *et al*, 2014).



**Gambar 4.** Analisis SEM pada sisi konsetrat membran yang diuji (a) CEM rasio PEF 2HF; (b) CEM rasio PEF 2L; (c) AEM rasio PEF 2HF; (d) AEM rasio PEF 2HL (Araya *et al*, 2014)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Onwubu *et al* (2017) pada cangkang telur sebagai bahan abrasif gigi menjadi nanopartikel dengan metode preparasi, dilakukan analisis PSA pada serbuk nanokalsium menunjukkan cangkang telur menjadi bubuk yang sangat halus dengan ukuran partikel 0,3 µm – 50 nm. Perubahan partikel ini memungkinkan nanokalsium akan mudah terserap dan berinteraksi dengan sel lipid dalam tubuh.



**Gambar 5.** Analisis PSA pada serbuk nanokalsium (Onwubu *et al*, 2017)

### 3.4 Analisis Konduktivitas

Beberapa *paper* mengkaji analisis konduktivitas pada kalsium yang diekstrak dari cangkang telur, salah satunya penelitian yang dilakukan oleh Araújo *et al* (2017) yang mengkaji mengenai konduktansi pada cangkang telur tanpa diubah ke bentuk nanopartikel dengan teknik mengukur konduktivitas di seluruh permukaan cangkang. Berdasar dari studi yang telah dilakukan, konduktansi cangkang telur tidak menunjukkan korelasi yang

signifikan antara ketebalan atau porositas di wilayah ujung besar telur, namun terdapat korelasi antara konduktansi cangkang dan jumlah pori.

**Tabel 2.** Korelasi Pearson antara konduktansi cangkang telur dan parameter kualitas cangkang di berbagai daerah telur (Araújo *et al*, 2017)

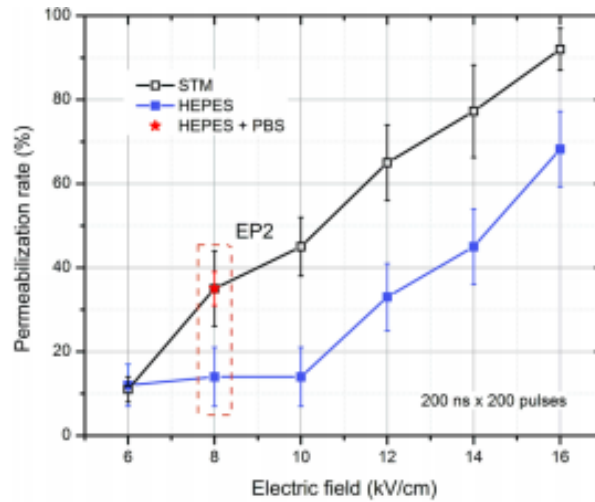
Konduktansi : kualitas cangkang telur	Wilayah telur	
	R	Nilai P
	Ujung luas	
Tebal (mm)	0,010	0,8876
Porositas (jumlah pori/cm <sup>2</sup> )	0,104	0,1563
	Ekuator	
Tebal (mm)	0,058	0,4560
Porositas (jumlah pori/cm <sup>2</sup> )	0,291	<0,0139*
	Ujung sempit	
Tebal (mm)	0,073	0,8200
Porositas (jumlah pori/cm <sup>2</sup> )	0,153	0,0373*

\*Korelasi P yang signifikan (P<0,05)

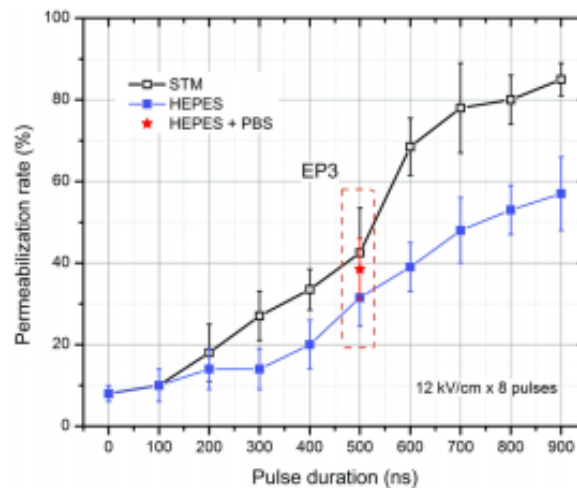
Hal ini menunjukkan bahwa konduktifitas tidak hanya bergantung pada ketebalan cangkang, melainkan pada pori-pori yang ada di kulit telur. Semakin tinggi konduktansi memungkinkan pertukaran gas yang lebih besar dan dapat meningkatkan nutrisi dukungan oleh cangkang telur (Araújo *et al*, 2017).

Kalsium memiliki koefisien serapan dan waktu retensi yang lebih tinggi sehingga memungkinkan kalsium untuk bertukar ion yang bermuatan negatif dalam membrane sel (Dufton *et al*, 2020). Pada studi yang dilakukan oleh Novickij *et al* (2020) yang mengkaji mengenai efek konduktivitas medium ekstraseluler dengan kalsium selama elektroporasi menggunakan garis sel karsinoma usus besar tikus MC38 / 0 sebagai model, dilakukan analisis parametrik pengaruh PEF pada penyerapan YO-PRO-1 (YP) yang dievaluasi dalam dua buffer, yaitu STM – untuk standar in vitro eksperimen elektroporasi dan HEPES – tipikal untuk in vitro studi elektroporasi kalsium hasil PEF. Dihasilkan konduktivitas rata-rata pada buffer HEPES yang lebih rendah yaitu 0,05 S/m sedangkan untuk STM yaitu 0,1 S. Dengan menggunakan 200 ns x 200 pulse sequences dalam kisaran 6-16 kV/cm, ditunjukkan dari gambar 6a konduktifitas HEPES yang lebih rendah akan menghasilkan efisiensi permeabilitas yang lebih rendah. Hasil yang sama didapatkan ketika diuji menggunakan kisaran 100-900 ns dan amplitudo PEF yang tetap ditunjukkan pada gambar 6b. Kecenderungan konsisten pada kisaran sub-mikrodetik medium konduktivitas yang lebih rendah berpengaruh negatif terhadap efisiensi permeabilisasi (Novickij *et al*, 2020).

Pada kasus melanoma (C32) yang dilakukan Novickij *et al* (2020) jumlah sel berkurang dan morfologi berubah setelah elektroporasi dengan ion kalsium. Penurunan volume sel yang signifikan karena penyusutan sel dan hilangnya adhesi oleh filopodia (Novickij *et al*, 2020). Konduktivitas media eksternal berdampak besar pada laju permeabilisasi sel. Hal ini disebabkan karena elektroporasi sel yang juga mempengaruhi perlakuan melalui polarisasi. Meski perbedaan kecil di konduktivitas tidak mengubah viabilitas secara signifikan, namun menghasilkan sebagian besar permeabilisasi sel yang sempurna. Namun, elektroporasi kalsium tidak dapat ditingkatkan secara efektif hanya dengan meningkatkan konsentrasi kalsium di atas ambang batas (Wasson *et al*, 2020).



(a)



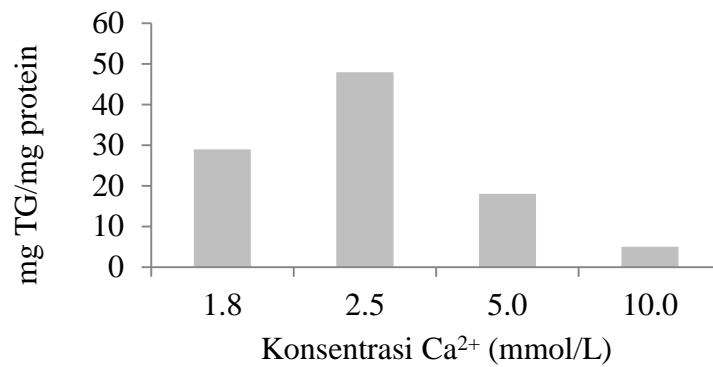
(b)

**Gambar 6.** Ketergantungan serapan YP pada parameter PEF di mana (a) – 200ns x 200 protokol pulsa; (b) - 12kV/cm x 8 protokol pulsa (Novickij *et al*, 2020)

### 3.5 Analisis Tingkat Penurunan Triglicerida

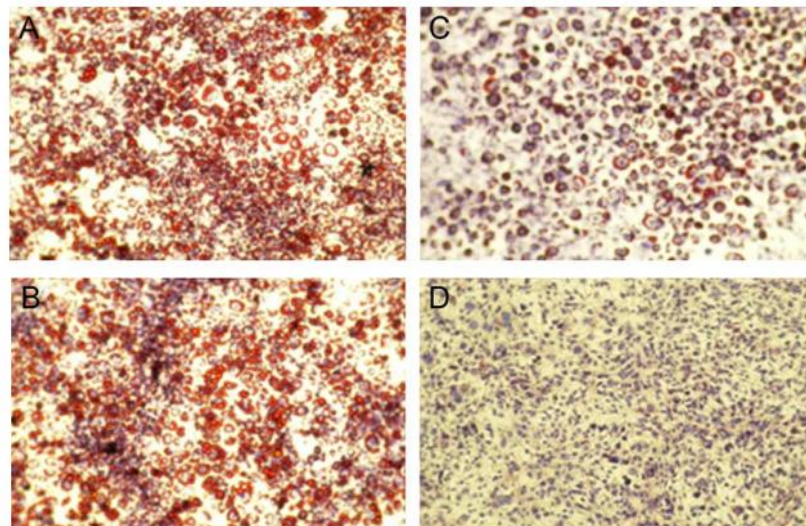
Pada studi yang dilakukan Jensen *et al* (2004) tentang perlakuan pemberian kalsium tinggi pada sel lini 3T3-L1 Preadiposit yang dirawat dalam media DMEM selama delapan hari. Sel diberikan beberapa konsentrasi berbeda diantaranya yaitu 2,5 mmol/L, 5,0 mmol/L, dan 10,0 mmol/L sementara 1,8 mmol/L sebagai fungsi kontrol. Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin meningkatnya konsentrasi kalsium, maka terjadi penurunan kadar triglicerida dalam sel, dimana pemberian konsentrasi kalsium 10,0 mmol/L menunjukkan penurunan paling pesat. Pemberian konsentrasi kalsium terbukti mampu mengakumulasi triglicerida karena adanya penurunan aktivitas triglicerida pada sel yang diberikan perlakuan pada sel di hari ke delapan.





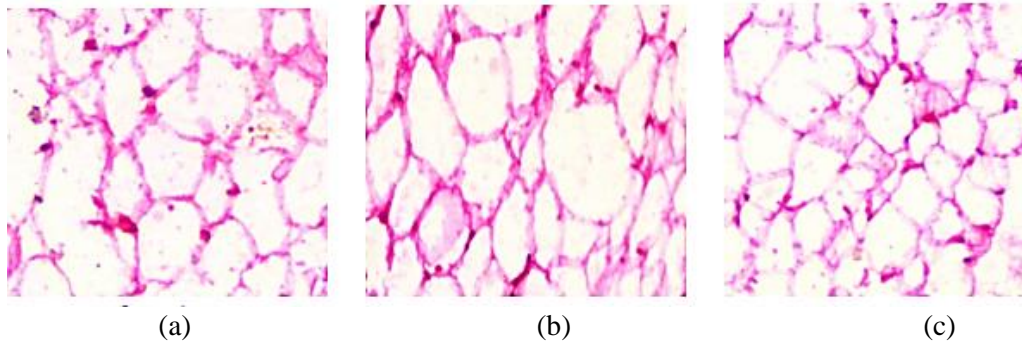
**Gambar 7.** Pemberian Konsentrasi kalsium terhadap kandungan trigleserida (Jensen *et al*, 2004)

Perbandingan penurunan trigliserida dapat diamati dari gambar 8 dimana sel 3T3-L1 diberikan pewarnaan oil red O setelah diberikan konsentrasi kalsium yang berbeda pada hari ke delapan. Ukuran yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan hambatan diferensiasi dalam sel preadiposit dimana ukuran sel semakin kecil ketika diberikan konsentrasi 10,0 mmol/L dibandingkan pemberian 1,8 mmol/L (Jensen *et al*, 2004).



**Gambar 8.** Fotomikrograf TG dalam sel adiposity 3T3-L1 dengan pewarnaan Oil Red O setelah diberikan konsentrasi Ca<sup>2+</sup> yang berbeda. A) 1,8 mmol/l B) 2,5 mmol/l c) 5,0 mmol/l D)10,0 mmol/l (Jensen *et al*, 2004)

Pada penelitian Sandeep & Dipayan (2017) mengenai peran diet rendah dan tinggi kalsium terhadap metabolisme adiposit pada tikus wistar jantan, kalsium memainkan peran penting dalam mengatur adiposit tubuh. Diet kalsium tinggi mampu menunjukkan efek menguntungkan pada profil lipid yang menurunkan kadar total trigliserida. Terjadi saponifikasi asam lemak bebas dengan adanya kalsium sehingga menurunkan penyerapan lipid usus dalam tikus sehingga mampu mengatur profil lipid. Sementara diet kalsium rendah mengarah ke akumulasi trigliserida yang lebih besar di jaringan adiposa.



**Gambar 9.** Bagian histologis jaringan adiposa di bawah pembesaran 20X pada tiga kelompok tikus yang diberi makan berbeda selama tiga bulan, (a) diet kontrol; (b) diet rendah kalsium; (c) diet rendah tinggi (Sandeep & Dipayan, 2017)

Ditunjukkan pada gambar 9 bagian histologis, luas permukaan adiposit yang diberikan diet kalsium rendah berukuran lebih besar menunjukkan ciri hipertrofi adiposit, dimana kondisi umum itu terjadi selama obesitas untuk menghemat jumlah energi berlebih yang dibentuk trigliserida. Sebaliknya, diet kalsium tinggi mengurangi ukuran adiposity dengan meningkatkan aktivitas lipolitik yang mencegah akumulasi lemak berlebih dalam adiposit tikus (Sandeep & Dipayan, 2017). Hal ini menunjukkan bahwa kalsium tinggi mampu mengurangi ukuran adiposit tikus secara nyata akibat terjadinya pengurangan trigliserida dalam tubuh. Penghambatan adiposit ini memungkinkan untuk terjadinya penghambatan obesitas dalam tubuh.

#### **4. Kesimpulan**

Tingginya penambahan konsentrasi nanokalsium cangkang telur ayam dengan tingkat bioavailabilitas tinggi mampu menurunkan trigliserida dengan menghambat pertumbuhan sel preadiposit sehingga memungkinkan kalsium dalam cangkang telur ayam menjadi suplemen diet alami yang dapat diuji secara in vivo.

#### **Daftar Rujukan**

- Araújo, Itallo Conrado Sousa de., Leandro, , Nadja Susana Mogyca., Mesquita, Mariana Alves., Café, Marcos Barcellos., Mello, Heloisa Helena Carvalho., Gonzales, Elisabeth. 2017. Water vapor conductance: a technique using eggshell fragments and relations with other parameters of eggshell. *Brazilian Journal of Animal Science*. 46(12):896-902.
- Araya, Nicolas Cifuentes., Castro, Carolina Astudillo., Bazinet, Laurent. 2014. Mechanisms Of Mineral Membrane Fouling Growth Modulated By Pulsed Modes Of Current During Electrodialysis: Evidences Of Water Splitting Implications In The Appearance Of The Amorphous Phases Of Magnesium Hydroxide And Calcium Carbonate. *Journal of Colloid and Interface Science*. 426: 221–234
- Badan Pusat Statistik. 2018. Rata-Rata Konsumsi per Kapita Seminggu Beberapa Macam Bahan Makanan Penting, 2007-2018. <https://www.bps.go.id/statictable/2014/09/08/950/rata-rata-konsumsi-per-kapita-seminggu-beberapa-macam-bahan-makanan-penting-2007-2018.html>. Diakses pada 18 Oktober 2019
- Barrter, Justin., Diffey, Helena., Yeung, Ying Hei., O’Leary, Fiona., Hasler, Barbara., Maulaga, Wende., Alders, Robyn. 2018. Use Of Chicken Eggshell To Improve Dietary Calcium Intake In Rural Sub-Saharan Africa. *Matern Child Nutr*. 1 : 1-10.

- David, L., Prijanti, AR. 2013. Hantaran Sinyal Leptin Dan Obesitas : Hubungannya Dengan Penyakit Kardiovaskular. *E Journal Kedokteran Indonesia*. 1(2) : 149-55.
- Dewajanti, Anna Maria., Rumiati, Flora. 2016. Peran Kalsium dalam Penurunan Berat Badan pada Obesitas. *Jurnal Kedokteran Meditek* 22(58).
- Dufton, Guillaume., Mikhaylin, Sergey., Gaaloul, sami., Bazinet, Laurent. 2020. Systematic Study of the Impact of Pulsed Electric Field Parameters (Pulse/Pause Duration and Frequency) on ED Performances during Acid Whey Treatment. *Membranes*. 10 (14): 1-20.
- Góral, Malgorzata., Pankiewicz, Urszula., Sujka, Monika., Kowalski, Radosław., Kozłowicz, Katarzyna. 2020. Influence of Pulsed Electric Field on Accumulation of Calcium in *Lactobacillus rhamnosus* B 442. *J. Microbiol. Biotechnol.* 30(1), 44–53.
- Gropper SS, Jack L.Smith, James L.Groff. 2009. Advance nutrition and human metabolism. *Wadsworth Cenage Learning*. 1(1)
- Guru P. S., Dash S.. 2014. Sorption On Eggshell Waste-A Review On Ultrastructure, Biomineralization And Other Applications. *Adv. Colloid Interface Sci.* 209:49–67
- Huang, Xiang., Donga, Kai., Liua Lan., Luoa, Xin., Yanga, Ran., Songa, Hongbo., Lic, Shugang., Huang, Qun. 2020. Physicochemical And Structural Characteristics Of Nano Eggshell Calcium Prepared By Wet Ball Milling. *LWT - Food Science and Technology*. 131 : 1-12.
- Jensen, Brian., Farach-Carson, Mary C., Kenaley, Erin., Akanbi, Kamil A. 2004. High Extracellular Calcium Attenuates Adipogenesis in 3T3-L1 Preadiposit. *Experimental Cell Research*. 301: 280-292.
- Khawandanah, J., Tewfik, I. 2016. Fad Diets: Lifestyle Promises And Health Challenges. *Journal of Food Research*. 5(6).
- Lammie., M. M. Bain., T, J. Wess. 2005. Microfocus X-Ray Scattering Investigations Of Eggshell Nanotexture. *J. Synchrotron Radiat.* 12. 721–726
- Morrison, Shona., McGee, Sean L. 2015. 3T3-L1 adipocytes display phenotypic characteristics of multiple adipocyte lineages. *Adipocyte*. 4(4) : 295-302.
- Novickij, Vitalij., Rembialkowska, Nina., Staigvilla, Gediminas., Kulbacka, Julita. 2020. Effects Of Extracellular Medium Conductivity On Cell Response In The Context Of Sub-Microsecond Range Calcium Electroporation. *Scientific Reports*. 10: 3718.
- Nurjannah, Imas., Muniroh, Lailatul. 2019. Body Image, Tingkat Kecukupan Zat Gizi, Dan Fad Diets Pada Model Remaja Putri Di Surabaya. *Media Gizi Indonesia*. 14(1) : 95-105.
- Onwubu, Stanley C., Vahed, Anisa., Singh, Shalini., Kanny, Krishnan M. 2017. Physicochemical Characterization Of A Dental Eggshell Powder Abrasive Material. *J. Microbiol. Biotechnol.* 15 (4) : 341-346.

- Pandit, Priti., Fulekar, M. H. 2019. Biodiesel Production From Microalgal Biomass Using Cao Catalyst Synthesized From Natural Waste Material. *Renewable Energy*. 136: 837-845.
- Putri, Septyne R., Isti, Dian A. 2015. Obesitas sebagai Faktor Resiko Peningkatan Kadar Trigliserida. *Jurnal Universitas Lampung*. 4 (9): 78-82.
- Sandeep, Das., Dipayan, Choudhuri. 2017. Role of Low Calcium and High Calcium Diet on Adipocyte Metabolism with Respect to Serum Parathyroid Hormone (PTH) Levels in Males Wistar Rats. *Indian J Physiol Pharmacol*. 61 (4) : 430-439.
- Sejati, P, A., Ardhi, W, S., Rella, M., Arief, B. 2018. Application Of Pulse Electric Field For Chemical Extraction Process. *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences*. 55 (2): 69-77.
- Siemer, Svenja., Halhbrock, Angelina., Vallet, Cecilia. 2018. Nanosized Food Additives Impact Beneficial And Pathogenic Bacteria In The Human Gut: A Simulated Gastrointestinal Study. *Science of Food*. 22: 1-9
- Sulistyan, A., Huryati, E., Hastuti, J. 2016. Distorsi Citra Tubuh, Perilaku Makan dan Fad Diets Pada Remaja Putri Di Yogyakarta. *Jurnal Gizi Klinik Indonesia*, 12(3), 99–107.
- Sun, C., Qi, R., Wang, L., Yan, J., Wang, Y. 2012. P38 MAPK Regulates Calcium Signal-Mediated Lipid Accumulation Through Changing VDR Expression In Primary Preadipocytes Of Mice. *Mol. Biol. Rep*. 39: 3179–3184
- Susanto, E., Effendi, H., Hartati Y. 2008. Hubungan aktifitas fisik rendah dan pola konsumsi terhadap obesitas remaja di Kota Palembang. *JKK*, Th.40 April 2008, No.2: 2109
- Wahee, M., Masood S, B., Aamir S., Noranizan, M, A . Muhammad A, S., Hafiz A, R, S., Rana M,A. 2019. Eggshell calcium: A cheap alternative to expensive supplements. *Trends in Food Science & Technology*. 1 (91): 219-230.
- Wasson, Elisa M., Alinezhadbalalami, Nastaran., Brock, Rebecca M., Allen, Irving C., Verbridge, Scott S., Davalos, Rafael V. 2020. Understanding the Role of Calcium-Mediated Cell Death in High-Frequency Irreversible Electroporation. *Bioelectrochemistry*. 131
- Wiktor, Artur., Nowacka, Malgorzata., Dadan, Magdalena., Rybak, Katarzyna.,Lojkowski, Witold., Chudoba, Tadeusz., Witrowa-Rajchert, Dorota. 2016. The Effect of Pulsed Electric Field on Drying Kinetics, Color, and Microstructure of Carrot. *Drying Technology*. 34 (11) : 1286-1296.
- Yin, Yongguang., He, Guidan. 2007. A fast high-intensity pulsed electric fields (PEF)-assisted extraction of dissoluble calcium from bone. *Separation and Purification Technology*. 61 (2008) : 148-152.
- Yu, Yiding., Liu, Jingbo., Lin, Songyi. 2013. Optimized Preparation Of Eggshells Calcium Citrate (ESCC) By PEF Technology And Its Accumulation In Mice

Bone. *International Conference on Food Engineering and Biotechnology*. 50 :  
136-140.