

Deselularisasi Makroalga *Eucheuma cottonii* dan *Ulva* sp. sebagai Bahan Dasar Perancah untuk Rekayasa Jaringan

I Kadek Adi Aryatama¹, Komang Trisna Sumadewi^{2*}, Fransiscus Fiano Anthony Kerans²

¹Mahasiswa Kedokteran Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Warmadewa, Bali, Indonesia

²Dosen Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Warmadewa, Bali, Indonesia

*email: drtriscel@gmail.com

Abstrak

Fabrikasi perancah merupakan komponen penting dalam rekayasa jaringan di dunia biomedis dan terapi kesehatan regeneratif. Salah satu metode fabrikasi perancah adalah metode deselularisasi jaringan. Pada umumnya metode deselularisasi menggunakan bahan dasar organ hewan. Namun, sejumlah penelitian dalam beberapa tahun terakhir berupaya mengeksplorasi potensi perancah rekayasa jaringan berbasis selulosa dari makroalga. Namun, hasil penelitian tersebut masih belum banyak dipublikasikan. Makroalga *Eucheuma cottonii* dan *Ulva* sp. merupakan jenis rumput laut dengan kandungan selulosa yang tinggi dan ketersediaan yang melimpah khususnya di Indonesia. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensimakroalga *Eucheuma cottonii* dan *Ulva* sp. sebagai media deselularisasi dengan metode fisika-kimiawi menggunakan teknik imersi-agitasi sampel dalam larutan Triton X-100 untuk nantinya dikembangkan sebagai perancah biologis. Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental yang dibagi menjadi kelompok kontrol dan kelompok perlakuan yang terdiri atas variasi konsentrasi Triton X-1000, yaitu 0,1%, 0,5%, dan 1%. Hasil penelitian ini menunjukkan keberhasilan deselularisasi *Eucheuma cottonii* menggunakan larutan Triton X-100 dengan konsentrasi 0,5% dan 1% selama 10 hari dan mampu memberikan gambaran makroskopis bening transparan dan gambaran mikroskopis hilangnya inti sel dengan tetap mempertahankan struktur dinding sel. Namun demikian, ketiga konsentrasi Triton X-100 tersebut tidak dapat mendeselularisasi makroalga *Ulva* sp. Pengujian karakteristik pori perancah, uji biodegradabilitas, dan uji biokompabilitas masih perlu dilakukan untuk mengevaluasi keberhasilan perancah berbasis makroalga ini agar dapat dimanfaatkan dalam rekayasa jaringan.

Kata Kunci: Perancah, Triton X-100, Deselularisasi, *Eucheuma cottonii*, *Ulva* sp.

Abstract

[Deselularization of Macroalgae *Eucheuma cottonii* and *Ulva* sp. as Scaffold Base Material for Tissue Engineering]

Scaffold fabrication is an essential component in tissue engineering which is important in the field of biomedicine and regenerative health therapy. One of the scaffold fabrication methods is tissue deselularization method. In general, deselularization methods use animal organ as the base material. However, a number of studies in recent years have explored the potential of cellulose-based tissue engineering scaffolds from macroalgae. Macroalgae *Eucheuma cottonii* and *Ulva* sp. are seaweed species with high cellulose content and high abundance in Indonesia. Therefore, this study aims to determine whether macroalgae *Eucheuma cottonii* and *Ulva* sp. can be desulphurized by physico-chemical methods using the immersion-agitation technique of samples in Triton X-100 solution to be used as biological scaffolds. The research method used was an experimental research method divided into control and treatment groups consisting of Triton X-100 concentration variations, namely 0.1%, 0.5%, and 1%. The results of this study showed that the successful deselularization of *Eucheuma cottonii* using Triton X-100 solution with a concentration of 0.5% and 1% for 10 days was able to provide a clear transparent macroscopic picture and a microscopic picture of the loss of cell nuclei by maintaining the cell wall structure. However, the three concentrations of Triton X-100 could not desulphurize the macroalgae *Ulva* sp. Testing the pore characteristics of the scaffold, biodegradability test,

and biocompatibility test still need to be done to evaluate the success of this macroalgae-based scaffold so that it can be utilized in tissue engineering.

Keywords: Scaffolds, Deselularization, Triton X-100, *Eucheuma cottonii*, *Ulva sp.*

PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan rekayasa jaringan mengakibatkan pembuatan perancah biologis menjadi faktor penting karena mampu mendukung interaksi sel, jaringan hidup atau sistem metabolisme yang tidak menimbulkan toksisitas atau reaksi penolakan imun serta menyediakan kekuatan mekanik yang memadai untuk sel.⁽¹⁾ Pengembangan perancah mendukung sel agar dapat tumbuh dan berkembang menjadi jaringan baru pada daerah kerusakan dengan bentuk dan ukuran seperti yang diharapkan.⁽²⁾ Tujuan utama pengembangan perancah adalah meniru lingkungan alami jaringan. Perancah matriks ekstraseluler (ECM) dapat memberikan sifat struktural dan lingkungan mikro untuk pengaturan aktivitas seluler seperti adhesi, proliferasi, diferensiasi, migrasi, apoptosis, dan ekspresi gen melalui pensinyalan biokimia.⁽³⁾

Salah satu teknik fabrikasi perancah rekayasa jaringan adalah teknik deselularisasi. Deselularisasi adalah proses menghilangkan kompartemen seluler dari jaringan hidup secara kimiawi atau fisik, yang menghasilkan perancah ECM sehingga dapat digunakan untuk berbagai tujuan.⁽⁴⁾ Proses deselularisasi memerlukan bahan kimia dan teknik tertentu. Deselularisasi adalah proses pengambilan organ alami yang sudah ada sebelumnya, baik dari donor hewan atau manusia. Proses deselularisasi menyisakan komponen kolagen; jaringan bebas sel yang tersisa diklasifikasikan sebagai perancah alami.⁽⁵⁾

Perancah berbasis tumbuhan merupakan pendekatan alternatif dari perancah berbasis organ hewan. Keunggulan dari menggunakan bahan dasar berbasis tumbuhan antara lain ketersediaan yang melimpah dan relatif mudah dimanipulasi, serta tumbuhan cukup lentur dan dapat dengan mudah dipotong, dibentuk, digulung atau ditumpuk untuk membentuk berbagai ukuran dan bentuk

yang berbeda. Dari perspektif fisik dan struktur, jaringan tumbuhan memiliki sifat yang menjanjikan, termasuk luas permukaan yang tinggi, porositas yang saling berhubungan, jaringan vaskular alami, berbagai kekakuan dan sifat mekanik, serta transportasi dan retensi air yang sangat baik. Selain itu, dari sifat biokimianya, bahan dasar nabati yang terdiri atas material selulosa merupakan bahan biokompatibel dan non-immunogenik yang memungkinkan untuk adhesi sel.⁽⁶⁾

Pengembangan perancah berbasis tanaman umumnya merupakan perancah berbasis selulosa yang dikandung pada dinding sel tanaman. Sifat selulosa memberikan keunggulan struktural yang stabil sebagai perancah biologis. Selulosa merupakan biomaterial yang juga dihasilkan oleh makroalga (rumput laut). Rumput laut, memiliki tingkat kristalinitas selulosa yang tinggi sehingga selulosa rumput laut relatif kuat terhadap perlakuan kimia dan panas.⁽⁷⁾ Matriks makroalga terdiri dari struktur kerangka yang sangat kuat yang dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan sel. Komposisi kimianya banyak mengandung polisakarida yang tidak larut, yang memberikan kekakuan struktural dan mekanik, dan kristalinitas.⁽⁷⁾ Namun demikian fabrikasi perancah dengan pendekatan teknik deselularisasi makroalga (rumput laut) belum banyak diteliti dan dimanfaatkan. Oleh karena itu, pengembangan metode fabrikasi perancah berbasis selulosa dari biomaterial alternatif seperti makroalgae masih sangat perlu dilakukan.

Eucheuma cottonii dan *Ulva sp.* merupakan jenis makroalga yang kemelimpahannya sangat tinggi di Indonesia khususnya di Bali. Selain itu, jenis rumput laut ini juga memiliki kandungan selulosa yang tinggi sehingga diharapkan mampu dimanfaatkan sebagai bahan dasar perancah. ECM berbasis selulosa merupakan bidang penelitian yang

relatif baru.⁽⁸⁾ Penelitian sebelumnya oleh Bar-shai et al. telah mengeksplorasi upaya deselularisasi *Ulva* sp. dan *Cladopora* sp. dengan metode deselularisasi asam-basa.⁽⁹⁾ Namun demikian, informasi ilmiah terkait rekayasa jaringan berbasis selulosa dari makroalga ini masih sangat minim. Selain itu, pengembangan metode deselularisasi makroalga yang sederhana, murah, dan optimal untuk menghasilkan perancah berbasis selulosa dari makroalga masih perlu untuk terus dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah makroalga *Eucheuma cottonii* dan *Ulva* sp. dapat dideselularisasi dengan teknik sederhana metode fisika-kimia menggunakan teknik imersi-agitasi dalam larutan Triton X-100.

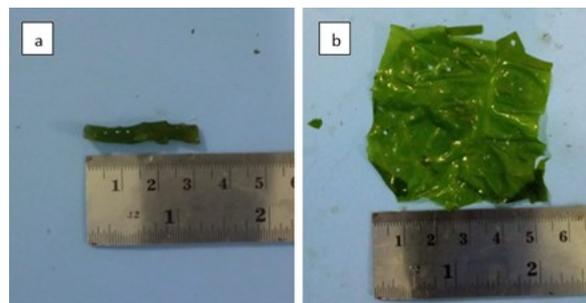
METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Penelitian Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Warmadewa pada bulan Februari sampai April 2024. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan dua kelompok yaitu: kelompok perlakuan dan kelompok kontrol. Penelitian ini menggunakan beberapa peralatan yang terdiri dari gunting, *beaker glass*, penggaris, *rotaty shaker*, pinset, dan *aluminium foil*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan Triton X-100 dan *aquabidest*. Sampel penelitian ini adalah rumput laut dengan jenis sebagai kelompok kontrol dan kelompok perlakuan *Eucheuma cottonii* dan *Ulva* sp. diperoleh dari pedagang rumput laut di Pantai Serangan, Desa Serangan, Kecamatan Denpasar Selatan, Kota Denpasar, Bali.

Prosedur penelitian ini dimulai dengan mengisolasi *Eucheuma cottonii* dan *Ulva* sp. Yang diambil dari tempat budidaya rumput laut, selanjutnya *Ulva* sp. dipotong bulat kecil seragam dengan ukuran 5 x 5 cm sebanyak 12 potongan dan *Eucheuma cottonii* dipotong seragam dengan ukuran 3 cm sebanyak 12 potongan. Selanjutnya proses deselularisasi, *Eucheuma cottonii* dan *Ulva* sp. dimasukkan ke dalam *beaker glass* yang berisi larutan Triton X-100 dengan konsentrasi 0,1%,

0,5%, dan 1% dengan volume 100 ml dari masing-masing konsentrasi Triton X-100. Masing-masing konsentrasi berisi 3 potong *Eucheuma cottonii* dan 3 potong *Ulva* sp. kemudian akan diberikan perlakuan imersi-agitasi di dalam rotary shaker hingga sampel berubah warna menjadi bening atau prosesnya dilakukan selama 10 hari.

Sebelum dipotong sampel disimpan di lemari pendingin pada suhu -80o C. Setelah 24 jam, sampel lembaran *Ulva* sp. lalu dipotong dengan ukuran $\pm 5 \times 5$ cm, sedangkan *Eucheuma cottonii* dipotong dengan ukuran panjang 3 cm (Gambar 1). Proses pemotongan ini dibagi menjadi 4 perlakuan pada masing-masing sampel dengan 3 konsentrasi (0,1 %, 0,5 %, 1 %) dan 1 kontrol negatif.



Gambar 1. Hasil Pemotongan Sampel. (a) Pemotongan *Eucheuma cottonii* 3 cm, (b) Pemotongan *Ulva* sp. 5 x 5 cm

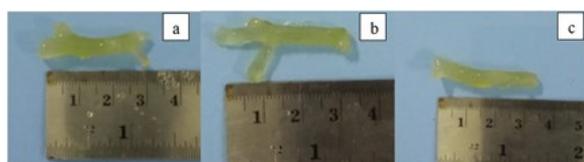
Evaluasi hasil dilakukan dengan cara makroskopis dan mikroskopis. Evaluasi makroskopis dilihat dengan mata tanpa bantuan alat. Sampel hasil proses deselularisasi dimasukkan ke dalam formalin dengan konsentrasi 10% untuk dilakukan fiksasi. Sampel kemudian di kirim ke laboratorium imunologi Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Udayana untuk dilakukan prosedur histo-teknik. Prosedur ini terdiri tahap dehidrasi dengan konsentrasi alkohol gradien, pembersihan spesimen, penanaman parafin dalam kaset, pemotongan mikrotom dan pemasangan ke slide histologi. Selanjutnya, slide diwarnai dengan hematoxilin-eosin (HE)¹⁰. Selanjutnya, pengamatan histologi dilakukan di laboratorium Biomedik kering Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Warmadewa. Evaluasi

keberhasilan proses deselularisasi dilakukan mengamati bentuk inti sel dan komponen dinding sel pada sampel.

HASIL

Hasil Makroskopis *Ulva* sp. dan *Eucheuma cottonii* Terdeselularisasi

Proses deselularisasi dengan metode imersi agitasi menggunakan agen Triton X-100 konsentrasi (0,1%, 0,5%, 1%) dengan total volume 100 ml dari masing-masing konsentrasi Triton X-100 dengan lama waktu imersi agitasi 10 hari menggunakan *rotary shaker* dengan kecepatan 160 rpm⁴. Hasil akhir gambaran makroskopis dari proses deselularisasi ini menghasilkan perubahan warna pada sampel *Eucheuma cottonii* yang menjadi bening transparan (Gambar 2). Sementara itu pada *Ulva* sp. menunjukkan gambaran yang berbeda pada setiap konsentrasinya. Konsentrasi 1% dan 0,5 % menunjukkan warna hijau dan sedikit bening, sedangkan konsentrasi 0,1% gambaran masih berwarna hijau (Gambar 3).



Gambar 2. Hasil imersi agitasi *Eucheuma cottonii* dalam Triton X-100 (a) konsentrasi 1%, (b) konsentrasi 0,5%, dan (c) konsentrasi 0,1% selama 10 hari



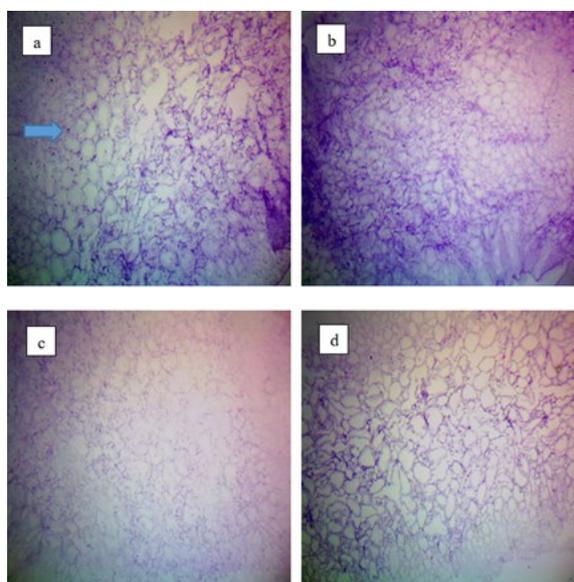
Gambar 3. Hasil imersi agitasi *Ulva* sp. dalam Triton X-100 (a) konsentrasi 1%, (b) konsentrasi 0,5%, dan (c) konsentrasi 0,1% selama 10 hari

Hasil Mikroskopis *Ulva* sp. dan *Eucheuma cottonii* Terdeselularisasi

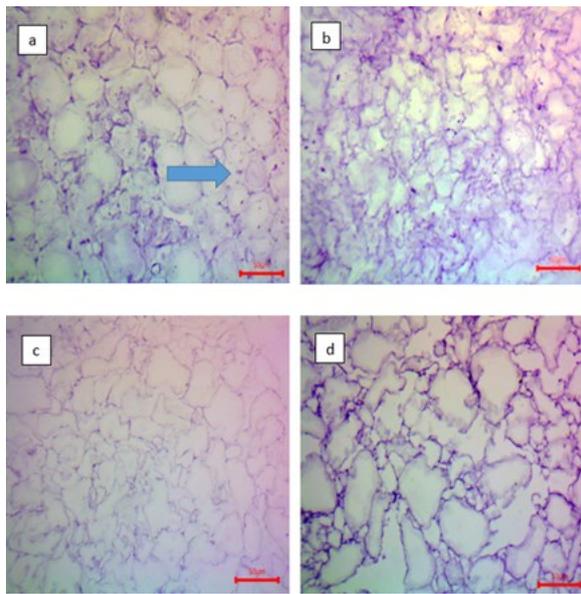
Pengecatan HE pada *Eucheuma cottonii* memperlihatkan perbedaan antara hasil gambaran mikroskopis jaringan yang telah terdeselularisasi dengan kontrol

(jaringan yang tidak terdeselularisasi). Hasil pengamatan memperlihatkan sel-sel dengan ukuran yang bervariasi dan struktur dinding sel yang masih utuh baik pada sampel kontrol maupun pada sampel yang dideselularisasi seperti yang terlihat (Gambar 2). Pengamatan pada perbesaran yang lebih besar (10X) seperti ditunjukkan oleh Gambar 4 menunjukkan terdapat inti sel berwarna ungu kebiruan di bagian perifer setiap sel pada kelompok kontrol. Sedangkan gambaran mikroskopis sampel konsentrasi 0,5 % dan 1 % menunjukkan hilangnya inti sel pada semua bidang pandang. Sementara itu, sampel dengan konsentrasi 0,1 % masih menunjukkan sejumlah sel dengan masih memiliki inti sel.

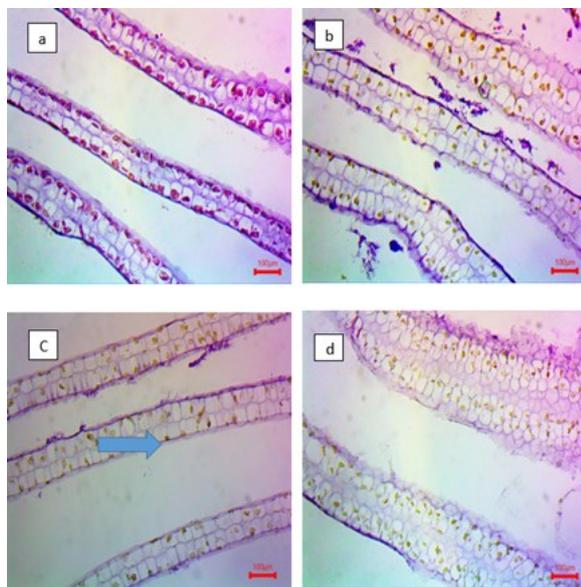
Pengecatan HE pada kelompok sampel *Ulva* sp. memperlihatkan gambaran yang sama pada jaringan yang telah terdeselularisasi maupun kontrol. Hasil pengamatan mikroskopis menunjukkan inti sel yang masih tersisa yang dapat dilihat pada hasil sampel analisis histologis dengan pembesaran 40X pada Gambar 5.



Gambar 4. Hasil Gambaran Mikroskopis *Eucheuma cottonii* dengan perbesaran 4X. (a) Kontrol pembesaran 4X, (b) Perlakuan konsentrasi 0,1 % dengan pembesaran 4X, (c) Perlakuan konsentrasi 0,5 % dengan pembesaran 4X, (d) Perlakuan konsentrasi 1% dengan pembesaran 4X.



Gambar 5. Hasil Gambaran Mikroskopis *Eucheuma cottonii* dengan perbesaran 10X. (a) Kontrol perbesaran 10X, (b) Perlakuan konsentrasi 0,1 % dengan perbesaran 10X, (c) Perlakuan konsentrasi 0,5 % dengan perbesaran 10X, (d) Perlakuan konsentrasi 1% dengan perbesaran 10X.



Gambar 6. Hasil Gambaran Mikroskopis *Ulva* sp. dengan perbesaran 40X. (a) Kontrol perbesaran 40X, (b) Perlakuan konsentrasi 0,1 % dengan perbesaran 40X, (c) Perlakuan konsentrasi 0,5 % dengan perbesaran 40X, (d) Perlakuan konsentrasi 1% dengan perbesaran 40X.

PEMBAHASAN

Kajian Hasil Pemotongan dan Isolasi Sampel

Pemotongan sampel bertujuan untuk memudahkan proses difusi larutan Triton X-100 ke dalam jaringan. Selain itu, pemotongan jaringan juga dilakukan untuk menyesuaikan ukuran petri dish atau ukuran multiwell microplate yang digunakan untuk proses reselularisasi. Oleh karena itu, pada penelitian ini lembaran *Ulva* sp. dipotong dengan ukuran 5 x 5 cm sedangkan sampel *Eucheuma cottonii* dipotong dengan ukuran panjang 3 cm seperti yang terlihat pada Gambar 6.

Ukuran sampel yang dideselularisasi dapat mempengaruhi laju difusi larutan deterjen yang digunakan sehingga mempengaruhi keberhasilan dan lama waktu proses deselularisasi. Pada penelitian sebelumnya Modulevsky et al mendeselularisasi buah apel dengan melakukan pemotongan jaringan buah apel berukuran 2 X 5 cm.⁽¹¹⁾ Sedangkan pada penelitian lainnya upaya deselularisasi daun bayam oleh Gershlak et al tidak menggunakan pemotongan jaringan, namun menggunakan daun utuh.⁽¹²⁾ Perbedaan metode ini dikarenakan perbedaan struktur jaringan yang akan diselularisasi. Pada penelitian Gershlak et al., daun bayam memiliki struktur pembuluh sehingga difusi larutan pendeselularisasi dapat dilakukan dengan metode perfusi melalui pembuluh daun tanpa melakukan pemotongan jaringan. Sedangkan pada penelitian ini, perlu dilakukan pemotongan jaringan untuk memudahkan proses difusi larutan Triton X-100 ke dalam jaringan, serta memudahkan evaluasi keberhasilan fabrikasi perancah dalam skala kecil.⁽¹²⁾

Kajian Makroskopis *Ulva* sp. dan *Eucheuma cottonii* Deselularisasi

Hasil deselularisasi dengan menggunakan larutan Triton X-100 dengan konsentrasi 0,1%, -0,5% dan -1% mampu menghasilkan gambaran makroskopis pada

Eucheuma cottonii yang mengalami perubahan warna menjadi bening atau putih transparan setelah 10 hari perlakuan imersi-agitasi. Sedangkan, deselularisasi dengan perlakuan yang sama pada kelompok sampel *Ulva sp.* juga menunjukkan sedikit perubahan warna menjadi bening atau putih transparan setelah diberi perlakuan imersi – agitasi selama 10 hari. Pada sampel *Ulva sp.* konsentrasi larutan Triton X-100 0,5% dan 1% menghasilkan sedikit perubahan warna menjadi bening. Sedangkan konsentrasi 0,1% tidak menghasilkan perubahan. Namun demikian kedua kelompok sampel tidak mengalami proses pembusukan ataupun kerusakan jaringan secara makroskopis.

Hasil penelitian ini menunjukkan perubahan warna menjadi bening atau putih transparan pada *Eucheuma cottonii* yang membutuhkan waktu 10 hari. Hasil ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Gershlak et al pada tahun 2017 yang membutuhkan waktu 9 hari untuk menghasilkan perubahan warna daun bayam menjadi bening atau putih transparan.⁽¹²⁾ Hal ini dikarenakan perbedaan teknik deselularisasi yang digunakan Gershlak et al menggunakan metode perfusi kanulasi dengan menggunakan SDS 10% selama 5 hari dilanjutkan dengan 0,1% Triton X-100 dalam 10% NaClO₂ selama 2 hari, lalu dilanjutkan dengan aquabidest selama 48 jam.⁽¹²⁾

Sampel *Ulva sp.* tidak menunjukkan perubahan warna menjadi bening atau putih transparan setelah 10 hari deselularisasi. Hasil ini dapat dikarenakan ketidakmampuan larutan Triton X-100 melarutkan klorofil ataupun mengganggu struktur membran pada *Ulva sp.* Hasil ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Bar-shai et al pada tahun 2021 yang menunjukkan *Ulva sp.* yang berubah warna menjadi putih transparan dalam waktu 1 hari. Namun demikian hasil yang berbeda ini dapat dikarenakan Bar-shai et al menggunakan metode asam basa untuk menghasilkan serat-serat perancah dan bukan perancah dalam bentuk lembaran

dengan menggunakan larutan aseton pada suhu pemanasan 60°C selama 60 menit dilanjutkan dengan perendaman dalam larutan NaClO₂ 20% selama 6-8 jam, lalu dialkilasi dengan larutan NaOH 20% selama 8-10 jam, kemudian diasamkan dalam HCl 5% selama 10 menit.⁽⁹⁾ Penggunaan larutan bleaching NaClO₂ 20% pada penelitian tersebut dapat membantu proses penghilangan klorofil pada makroalga sehingga warna sampel dapat berubah menjadi putih.⁽⁹⁾

Kajian Mikroskopis *Ulva sp.* dan *Eucheuma cottonii* Deselularisasi

Hasil kajian mikroskopis dengan pengecatan histologis Hematoksilin Eosin (HE) menunjukkan keberhasilan proses deselularisasi pada kelompok perlakuan *Eucheuma cottonii* dengan 3 konsentrasi yang berbeda. Hal ini ditunjukkan dengan hilangnya inti sel setelah proses imersi-agitasi sampel di dalam larutan Triton X-100 selama 10 hari. Evaluasi hilangnya inti sel sebagai materi genetik *Eucheuma cottonii* ini dilakukan untuk mengetahui apakah komponen seluler suatu jaringan berhasil dihilangkan dengan tetap menjaga keutuhan struktur dinding sel dan material ekstraselulernya. Metode ini umum dilakukan sebagai langkah awal mengevaluasi keberhasilan deselularisasi seperti yang dilakukan pada penelitian-penelitian lainnya, antara lain deselularisasi buah apel, wortel, persimon, dan brokoli,⁽¹³⁾ bunga lily,⁽¹⁴⁾ serta deselularisasi jaringan hewan seperti organ hati tikus,⁽¹⁰⁾ dan organ hati babi.⁽¹⁵⁾

Hasil pengecatan HE akan menunjukkan sitoplasma berwarna merah dan inti sel berwarna kebiruan. Pengecatan HE pada sampel *Eucheuma cottonii* baik pada kelompok kontrol maupun kelompok 3 konsentrasi lainnya (0,1%, 0,5%, 1%) menunjukkan perbedaan gambaran mikroskopis. Pada kelompok kontrol, terlihat jelas inti sel berwarna biru pekat di bagian perifer setiap sel. Sedangkan gambaran mikroskopis sampel konsentrasi 0,1 % menunjukkan beberapa sel yang masih memiliki inti sel. Sementara gambaran mikroskopis sampel konsentrasi

0,5% dan 1% menunjukkan hilangnya inti sel pada semua bidang pandang. Pengecatan histologis ini juga menunjukkan keutuhan dinding sel pada kelompok perlakuan yang menandakan keberhasilan deselularisasi. Dinding sel yang masih utuh ini juga memberikan gambaran ukuran sel *Eucheuma cottonii* yang bervariasi dengan diameter 10 – 50 µm.

Hasil gambaran mikroskopis berbeda ditunjukkan oleh kelompok perlakuan *Ulva* sp. Pengamatan mikroskopis *Ulva* sp. menunjukkan masih terdapatnya inti sel di semua konsentrasi (0,1%, 0,5%, 1%) atau memiliki gambaran histologis yang sama dengan kelompok kontrol. Hal ini dapat dikarenakan ketidakmampuan Triton X-100 dalam mengganggu struktur membran sel *Ulva* sp. Kemungkinan lainnya sampel *Ulva* sp. membutuhkan waktu imersi agitasi yang lebih lama atau konsentrasi Triton X-100 yang lebih tinggi.

Hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian deselularisasi makroalga jenis *Ulva* sp. dan *Cladopora* sp. yang dilakukan oleh Bar-shai *et al* pada tahun 2021.⁽⁹⁾ Penelitian tersebut berhasil menunjukkan hilangnya inti sel pada *Ulva* sp. dan *Cladopora* sp. berdasarkan pengecatan HE. Perbedaan hasil ini dapat terjadi dikarenakan perbedaan metode yang digunakan oleh Bar-shai *et al*.⁽⁹⁾ Metode deselularisasi asam-basa yang dilakukan oleh Bar-shai *et al* lebih efektif dalam menghilangkan komponen sel, namun demikian perlakuan pemansan sampel pada metode tersebut dapat beresiko menyebabkan kerusakan pada struktur dinding sel.⁽⁹⁾ Untuk menghindari kerusakan tersebut, penelitian ini lebih mengupayakan metode alternatif lainnya yang relatif lebih mudah dan tidak beresiko menghasilkan kerusakan dinding sel. Selain itu, Bar-shai *et al*, menggunakan metode asam-basa untuk menghasilkan serat perancah, sedangkan penelitian ini memiliki tujuan menghasilkan perancah dalam bentuk lembaran utuh. Namun demikian, hasil ini menunjukkan metode imersi agitasi dengan larutan Triton X-100 selama 10 hari ini tidak dapat

mendeselularisasi *Ulva* sp.

Pemilihan deterjen ataupun larutan pendeselularisasi sangat menentukan keberhasilan deselularisasi. Deselularisasi dapat menggunakan satu jenis pelarut ataupun deselularisasi bertingkat dengan menggunakan beberapa pelarut. Hasil penelitian ini menunjukkan *Eucheuma cottonii* dapat dideselularisasi dengan pelarut tunggal Triton X-100. Hasil ini serupa dengan penelitian oleh Thippan *et al.*, berhasil mendeselularisasi daun katuk dan daun pegagan dengan pelarut tunggal larutan Triton X-100 dengan konsentrasi 0,1 % selama 5 hari.⁽¹⁶⁾ Sementara penelitian lainnya oleh Lacombe *et al*, berhasil mendeselularisasi daun bayam dengan menggunakan lebih dari satu jenis pelarut yaitu larutan SDS selama 2 hari dan dilanjutkan dengan larutan NaClO₂ dan Triton X-100 selama 2 hari.⁽¹⁷⁾

Dengan demikian hasil penelitian ini menunjukkan makroalga *Eucheuma cottonii* dapat diselularisasi dengan pelarut tunggal larutan Triton X-100 selama 10 hari. Sedangkan makroalga *Ulva* sp. tidak dapat diselularisasi dengan pelarut tunggal larutan Triton X-100 selama 10 hari, sehingga kemungkinan membutuhkan deselularisasi bertingkat atau metode deselularisasi alternatif lainnya.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, deselularisasi *Ulva* sp. dan *Eucheuma cottonii* dengan menggunakan larutan Triton X-100 dapat disimpulkan bahwa makroalga *Eucheuma cottonii* dapat dideselularisasi dengan metode imersi agitasi menggunakan larutan Triton X-100 selama 10 hari. Namun makroalga *Ulva* sp. tidak dapat dideselularisasi metode imersi agitasi menggunakan larutan Triton X-100 selama 10 hari. Metode deselularisasi imersi agitasi menggunakan larutan Triton X-100 dengan konsentrasi 0.5% dan 1% selama 10 hari mampu memberikan gambaran makroskopis bening transparan dan gambaran mikroskopis hilangnya inti sel dengan mempertahankan struktur dinding sel, sehingga menandakan keberhasilan deselularisasi pada *Eucheuma*

cottonii. Sebaliknya, metode yang serupa tidak dapat mendeselularisasi makroalga *Ulva sp.*

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada seluruh pihak di Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Warmadewa karena telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini selama periode penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ma'ruf MT. Fiksasi Tulang Dengan Alat Berbahan Dasar Polimer (Uji Biokompatibilitas). *Interdental Jurnal Kedokteran Gigi (IJKG)*. 2018;14 (2):27–31.
2. Li M, Mondrinos MJ, Chen X, Gandhi MR, Ko FK, Lelkes PI. Elastin Blends for Tissue Engineering Scaffolds. *J Biomed Mater Res A*. 2006;79(4):963–73.
3. Cheng YL, Lee CY, Huang YL, Buckner CA, Lafrenie RM, Dénommée JA, et al. We are IntechOpen, the world's leading publisher of Open Access books Built by scientists, for scientists TOP 1%. Intech [Internet]. 2016;11 (tourism):13. Available from: <https://www.intechopen.com/books/advanced-biometric-technologies/liveness-detection-in-biometrics>
4. Grisales PA, Aziz JM, Muir SM, Marino DI, Pointe C La, Asthana A, et al. How the transplant landscape is changing in the regenerative medicine era [Internet]. *Organ Repair and Regeneration*. Elsevier Inc.; 2021. 273–284 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-819451-5.00009-3>
5. Ren H, Shi X, Tao L, Xiao J, Han B, Zhang Y, et al. Evaluation of two decellularization methods in the development of a whole-organ decellularized rat liver scaffold. *Liver International*. 2013;33(3):448–58.
6. Hickey RJ, Pelling AE. Cellulose biomaterials for tissue engineering. *Front Bioeng Biotechnol*. 2019;7 (MAR):1–15.
7. Yang Z, Peng H, Wang W, Liu T. Crystallization behavior of poly(ϵ -caprolactone)/layered double hydroxide nanocomposites. *J Appl Polym Sci*. 2010;116(5):2658–67.
8. Zhou S, Nyholm L, Strømme M, Wang Z. Cladophora Cellulose: Unique Biopolymer Nanofibrils for Emerging Energy, Environmental, and Life Science Applications. *Acc Chem Res*. 2019;52(8):2232–43.
9. Bar-Shai N, Sharabani-Yosef O, Zollmann M, Lesman A, Golberg A. Seaweed cellulose scaffolds derived from green macroalgae for tissue engineering. *Sci Rep [Internet]*. 2021;11(1):1–17. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-90903-2>
10. Antarianto RD, Dewi AAAAP, Pragiwaksana A, Pawitan JA. Decellularization of liver cubes using multiple site syringe injection for generating native liver scaffold: Preliminary report. *AIP Conf Proc*. 2019;2193.
11. Modulevsky DJ, Lefebvre C, Haase K, Al-Rekabi Z, Pelling AE. Apple derived cellulose scaffolds for 3D mammalian cell culture. *PLoS One*. 2014;9(5).
12. Gershlak JR, Hernandez S, Fontana G, Perreault LR, Hansen KJ, Larson SA, et al. Crossing kingdoms: Using decellularized plants as perfusable tissue engineering scaffolds. *Biomaterials [Internet]*. 2017;125:13–22. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biomaterials.2017.02.011>
13. Lee J, Jung H, Park N, Park SH, Ju JH. Induced Osteogenesis in Plants Decellularized Scaffolds. *Sci Rep*. 2019;9(1):1–10.
14. Esmacili J, Jadbabae S, Far FM, Lukolayeh ME, Kırboğa KK, Rezaei FS, et al. Decellularized *Alstroemeria* flower stem modified with chitosan for tissue engineering purposes: A cellulose/chitosan scaffold. *Int J Biol Macromol*. 2022;204(October 2021):321–32.

15. Shimoda H, Yagi H, Higashi H, Tajima K, Kuroda K, Abe Y, et al. Decellularized liver scaffolds promote liver regeneration after partial hepatectomy. *Sci Rep.* 2019;9(1):1–11.
16. Thippan M, Mayakkannan T, Dhoolappa M, Lakshmishree K, Sheela P, Prasad R. Morphology of medicinal plant leaves for their functional vascularity: A novel approach for tissue engineering applications. *Int J Chem Stud.* 2019;7(3):55–8.
17. Lacombe J, Harris AF, Zenhausern R, Karsunsky S, Zenhausern F. Plant-Based Scaffolds Modify Cellular Response to Drug and Radiation Exposure Compared to Standard Cell Culture Models. *Front Bioeng Biotechnol.* 2020;8(August):1–15.