

## ARTIKEL PENELITIAN

# Pengaruh aplikasi wound dressing kepompong ulat sutera (*Bombyx mori*) terhadap kepadatan kolagen dan kekuatan tarik luka insisi kulit

Adyaputra Indrapradana\*✉, Cahya Yustisia Hasan\*\*, Bambang Dwirahardjo\*\*

\*Program Studi Bedah Mulut dan Maksilofasial, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

\*\*Departemen Bedah Mulut dan Maksilofasial, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

\*Jl Denta No 1 Sekip Utara, Yogyakarta, Indonesia; ✉ koresponden: adya.omfs@gmail.com

### ABSTRAK

Kepompong ulat sutera (*Bombyx mori*) merupakan material yang sangat biokompatibel dan memiliki kemampuan regenerasi yang baik terhadap jaringan tubuh manusia dan studi terkini juga menunjukkan bahwa material ini digunakan sebagai *wound dressing*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *wound dressing* dari kepompong ulat sutera terhadap kepadatan kolagen dan kekuatan tarik luka pada penyembuhan luka insisi kulit. Tikus Wistar jantan sesuai kriteria inklusi sebanyak 28 ekor dibagi secara acak ke dalam 4 kelompok, masing-masing kelompok 7 ekor, berdasarkan waktu dekapitasi dan berdasarkan bahan *dressing* (*dressing* kasa sebagai kelompok kontrol dan kepompong ulat sutera sebagai perlakuan). Masing-masing tikus mendapatkan insisi sepanjang 3 cm di kulit punggung tikus dan dijahit 3 simpul *simple interrupted* dengan benang nylon 4.0. Luka insisi pada punggung tikus ditutup dengan bahan *dressing* sesuai dengan kelompoknya. Pengamatan kepadatan kolagen dan kekuatan tarik luka dilakukan pada hari pengamatan ke-7 dan ke-14. Uji statistik *independent t-test* menunjukkan kepadatan kolagen kelompok *wound dressing* kepompong ulat sutera (*bombyx mori*) lebih padat dari kelompok kontrol, baik pada pengamatan hari ke-7 ( $p = 0,000$ ) dan ke-14 ( $p = 0,000$ ). Kekuatan tarik kelompok *wound dressing* kepompong ulat sutera (*bombyx mori*) lebih tinggi dari kelompok kontrol, baik pada pengamatan hari ke-7 ( $p = 0,000$ ) dan ke-14 ( $p = 0,000$ ). Penggunaan *wound dressing* kepompong ulat sutera meningkatkan kepadatan kolagen dan kekuatan tarik penyembuhan luka insisi kulit tikus Wistar secara signifikan. Semakin padat kolagen akan meningkatkan kekuatan tarik.

**Kata Kunci:** *Bombyx mori*; insisi kulit; kepompong ulat sutera; kolagen; kekuatan tarik

**ABSTRACT:** *The effect of wound dressing applications from silkworm cocoon (Bombyx mori) on collagen density and the tensile strength on skin incision wounds (In Vivo Research on Wistar Mice). Silkworm cocoons (Bombyx mori) are highly biocompatible materials and have a good regenerating capacity for human tissue, and recent studies have also shown that these materials are used as wound dressings. This study aims to determine the effect of wound dressing from silkworm cocoons on collagen density and tensile strength of the wound on wound healing of skin incisions. According to inclusion criteria, twenty-eight male Wistar rats were randomly divided into four groups, each group of 7, based on decapitation time and dressing material (gauze dressing as a control group and silkworm cocoons as treatment). Each rat had a 3 cm long incision at the skin of the rat's back, and three simple interrupted stitches were placed with 4.0 nylon sutures. According to the group, the incision wound on the rat's back was closed with a dressing material. Observations of collagen density and wound tensile strength were carried out on the 7th and 14th days of observation. The independent t-test statistical test showed that the collagen density of the silkworm cocoon group (bombyx mori) was denser than the control group, both on the 7th ( $p=0.000$ ) and 14th ( $p=0.000$ ) observation days. The tensile strength of the silkworm cocoon (bombyx mori) wound dressing group was higher than the control group, both on the 7th ( $p=0.000$ ) and 14th ( $p=0.000$ ) observation days. The silkworm cocoon wound dressing significantly increased the collagen density and tensile strength of the wound healing of the skin incision of the Wistar rats. The denser the collagen, the higher the tensile strength.*

**Keywords:** *Bombyx mori*; collagen; silkworm cocoons; tensile strength; skin incision

### PENDAHULUAN

Luka pada wajah umumnya akan menyebabkan respon psikologis yang signifikan pada pasien. Kerusakan wajah karena cedera atau

pembedahan dapat mempengaruhi secara psikologis dan merusak kepercayaan diri individu tersebut. Penatalaksanaan luka insisi pada wajah merupakan tantangan tersendiri bagi ahli bedah

mulut dan maksilofasial. Hal ini disebabkan pasien cenderung memiliki tuntutan dan harapan agar fungsi dan estetik wajah dapat dipulihkan kembali seperti semula, namun pada kebanyakan kondisi, hal ini tidak selalu memungkinkan.<sup>1</sup>

Berbagai upaya perawatan post operatif bisa dilakukan untuk mendapatkan penyembuhan luka insisi yang optimal, di antaranya adalah dengan aplikasi *wound dressing*. *Wound dressing* adalah bahan yang digunakan secara lokal untuk melindungi luka dan membantu penyembuhan luka. *Wound dressing* bekerja dengan cara melindungi luka dari pengaruh mekanik (kotoran, tekanan, gesekan) serta kontaminasi dan iritasi kimia, melindungi luka dari infeksi, dan menciptakan suasana atau iklim disekitar luka untuk mengoptimalkan penyembuhan luka.<sup>1,2,3</sup>

Kepompong ulat sutera (*Bombyx mori*) sudah sejak lama digunakan sebagai bahan dasar medis, terutama dijadikan sebagai bahan *suturing*, yaitu benang *silk*. Banyak penelitian yang menunjukkan bahwa protein utama penyusun struktur kepompong ulat sutera, yaitu *fibroin* dan *sericin*, merupakan material yang sangat biokompatibel dan memiliki kemampuan regenerasi yang baik terhadap jaringan tubuh manusia.<sup>4,5</sup> Penelitian yang dilakukan oleh Yu dkk menjelaskan bahwa sebuah *wound dressing* dapat diproduksi dari kepompong ulat sutera.<sup>4</sup>

Penelitian-penelitian yang ada telah menunjukkan bahwa *fibroin* dan *sericin* dapat mendukung pertumbuhan sel epitel, fibroblas, keratinosit, osteoblas, dan sel endotel.<sup>4,5,6</sup> Hasil studi juga menunjukkan *fibroin* dan *sericin* memfasilitasi proses migrasi dan adesi sel fibroblas L929 dan keratinosit.<sup>4,5</sup> *Sericin* juga memiliki efek antibakterial, terutama terhadap *Streptococcus aureus* dan *Escherichia coli*, sehingga dapat mencegah terjadinya infeksi yang dapat mengganggu proses penyembuhan luka.<sup>4</sup>

Salah satu penilaian penyembuhan luka yang dapat dinilai secara histopatologis adalah kepadatan kolagen, sedangkan penilaian penyembuhan luka secara biomekanis adalah kekuatan tarik luka. Evaluasi pembentukan kolagen menjadi parameter penting dalam

mengevaluasi penyembuhan luka.<sup>7</sup> Penyembuhan luka pada kulit yang bergerak dan mendapatkan tarikan membutuhkan perhatian yang khusus, misalnya pada area rahang bawah saat terjadi gerakan membuka dan menutup mulut.<sup>8</sup>

Beberapa penelitian secara *in vitro* dan *in vivo* mengenai penggunaan *wound dressing* dari kepompong ulat sutera pada perawatan luka eksisi kulit sudah pernah dilakukan dan terbukti membantu mempercepat penyembuhan luka namun penggunaan *wound dressing* dari kepompong ulat sutera untuk luka insisi kulit belum pernah diteliti. Berdasarkan hal tersebut, muncul pemikiran mengenai penelitian tentang pengaruh penggunaan *wound dressing* kepompong ulat sutera terhadap penyembuhan luka insisi kulit pada tikus *wistar* ditinjau dari kepadatan jaringan kolagen dan kekuatan tarik luka.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental semu laboratoris dengan jumlah subjek sesuai perhitungan besar sampel sebanyak 28 tikus Wistar (*Rattus norvegicus*) jantan terdiri dari 4 kelompok berdasarkan perlakuan dan waktu pengamatan yaitu pada fase proliferasi. Yaitu pada hari ke-7 dan ke-14 pasca diberikan perlakuan, masing-masing 7 subjek. Subjek diambil dengan kriteria inklusi meliputi: jenis kelamin jantan, umur 3 bulan, berat badan  $\pm$  250 gram, tampak sehat dan aktif secara fisik, tidak terdapat cacat anatomis. Kriteria Eksklusi meliputi: timbul sakit dan infeksi pasca operasi, mati sebelum proses dekapitasi, dan berat badan tidak stabil (terjadi penurunan berat badan < 20% dalam seminggu).

Penelitian ini menggunakan beberapa bahan, meliputi: Sarung tangan dan masker; makanan tikus (*Comfeed*, sesuai SOP LPPT); kepompong ulat sutera; benang *silk*; *Tegaderm*; set bahan kimia untuk pewarnaan IHC; Larutan salin (NaCl 0.9%); larutan CaCl<sub>2</sub>; larutan etanol; akuades steril; kasa steril; injeksi ketamin 10%; parasetamol; eter; *histology pot* dengan larutan *buffer* formalin 10%; alkohol 70%, 80%, 95% dan alkohol absolut; *xylo*

untuk menjernihkan jaringan; parafin cair; 0,5-1% iodine dalam larutan alkohol 80%; 5% *aqueous sodium thiosulfate*; 0,5% *aqueous acid fuchsin*; balsem Kanada. Alat penelitian meliputi: kandang tikus individual dengan ukuran panjang 24 cm, lebar 14 cm, tinggi 16,5 cm; timbangan elektrik dan mistar; *minor surgery kit*; mikroskop cahaya; *water bath*; spuit injeksi 1 ml; alat cukur.

Tikus terlebih dahulu diadaptasikan dengan lingkungan laboratorium dengan suhu dan kelembaban yang telah disesuaikan dengan standar laboratorium selama 1 minggu, diberi pakan dan minum standar, dan ditempatkan di kandang individual. Tikus kemudian dilakukan randomisasi acak secara sederhana untuk menentukan kelompok tikus.

Pembuatan *wound dressing* dari kepompong ulat sutera dilakukan dengan mengikuti pedoman yang dibuat oleh Yu dkk.<sup>4</sup> Kepompong yang digunakan adalah yang berbentuk oval dipotong pada kedua bagian ujungnya sehingga menjadi berbentuk tabung dan dipotong kembali pada satu sisi tabung hingga membentuk seperti lembaran persegi panjang berukuran 4x1,5 cm. Lembaran kepompong ulat sutera yang telah dipotong tersebut selanjutnya direndam dalam gelas beker berisi larutan  $\text{CaCl}_2$ -ethanol- $\text{H}_2\text{O}$  dengan rasio massa molar 1:2:8. Gelas beker berisi lembaran kepompong kemudian dimasukkan ke dalam *water bath* pada suhu 58 °C selama 90 menit. Lembaran kepompong ulat sutera selanjutnya dibilas dengan akuades steril pada suhu ruangan sebanyak 4

kali dan dikeringkan dengan *dessicant silica gel* selama 24 jam. Lembaran kepompong ulat sutera yang telah diproses dibentuk menjadi potongan film yang transparan berukuran 4x1,5 cm dengan ketebalan 0,7 mm dan siap untuk digunakan sebagai *wound dressing* pada luka. *Wound dressing* selanjutnya disterilkan menggunakan *sterilization pack* dan *ethylene oxide gas* (EOG) pada suhu 36 °C selama 7 jam (Gambar 1).

Tikus Wistar jantan sesuai kriteria inklusi sebanyak 28 ekor dibagi secara acak ke dalam 4 kelompok berdasarkan waktu dekapitasi (H+7 dan H+14) dan berdasarkan bahan *dressing* yang digunakan (*dressing* kasa sebagai kelompok kontrol dan kepompong ulat sutera sebagai perlakuan). Masing-masing tikus mendapatkan insisi sepanjang 3 cm di kulit punggung tikus kemudian dilakukan penjahitan dengan 3 buah simpul *simple interrupted* dengan benang *nylon 4.0*. Luka insisi pada punggung tikus kemudian ditutup dengan bahan *dressing* sesuai dengan kelompoknya dengan menggunakan *dressing* kasa atau *dressing* dari kepompong ulat sutera. Seluruh tikus dalam kondisi sehat dan tidak ada tanda infeksi pada area insisi kulit (Gambar 2 dan 3).

Pengambilan sampel kemudian dilakukan pada tikus yang telah didekapitasi sesuai dengan hari pengamatan. Sampel kulit pada area insisi diambil sesuai dengan desain yang telah ditentukan kemudian digunakan untuk pengamatan kepadatan kolagen dan kekuatan tarik luka (Gambar 4).



Gambar 1. Proses pembuatan film *dressing* kepompong ulat sutera



**Gambar 2.** Insisi pada punggung tikus sepanjang 3 cm kemudian dijahit dengan benang *nylon* 4.0 sebanyak 3 simpul *simple interrupted*



**Gambar 3.** Aplikasi *wound dressing* dengan menggunakan *dressing* kasa sebagai kontrol (kiri) dan *dressing* kepompong ulat sutera sebagai kelompok perlakuan (kanan)

Pengamatan kepadatan kolagen dilakukan pada hari pengamatan ke-7 dan ke-14, dengan jumlah sampel 7 tikus wistar pada masing-masing kelompok perlakuan. Pengamatan diawali dengan mencari area luka insisi pada preparat yang telah diwarnai *Trikhrom Mallory* dengan perbesaran 40x yang tampak berbeda dengan jaringan normal yang di sekitarnya yang masih banyak terdapat folikel rambut dan glandula *sebacea*. Lima lapang pandang pada stratum retikularis dengan perbesaran 400x dari masing-masing preparat dipilih, kemudian dilakukan pemotretan dengan intensitas pencahayaan standar di dalam ruangan dengan menggunakan lampu penerangan yang sama dan kamera yang sama kemudian gambar diolah dengan aplikasi *imageJ* versi 1.52a. Hasil rerata dari 5 lapang pandang akan mewakili

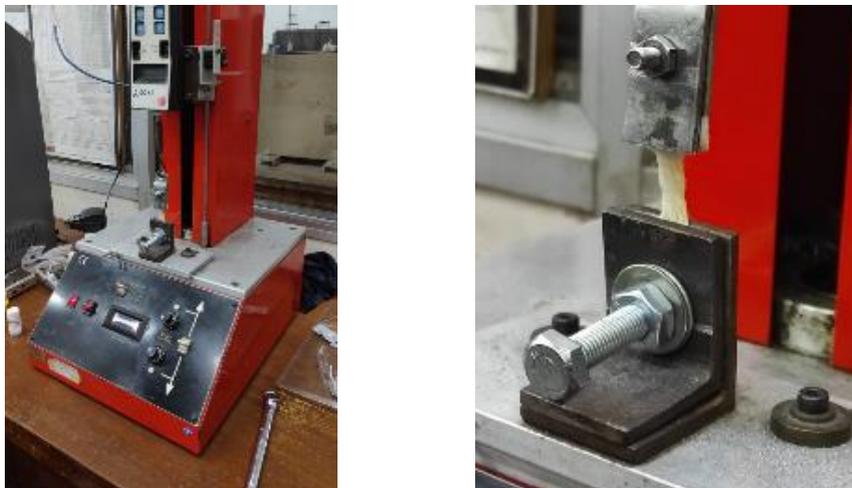
besarnya kepadatan kolagen dalam satu sampel.

Pengukuran kekuatan tarik luka dilakukan dengan mesin *tensile strength tester* (Gambar 5), sampel dipasang pada penjepit dengan jarak sesuai dengan pola sampel yang telah dipilih, dikuatkan dengan kunci pengeras yang tersedia dan jarum skala penunjuk beban pada angka nol. Mesin dijalankan setelah disesuaikan ketebalan dan ukurannya seragam sehingga kulit tertarik sampai putus, kemudian besarnya beban maksimal diamati dan dicatat.

Data penelitian yang diperoleh berupa data numerik rasio diolah menggunakan perangkat lunak IBM SPSS (versi 23, US). Data dilakukan uji parametrik dengan *two way ANOVA*. Kemudian setelah terdapat perbedaan data yang bermakna pada masing-masing kelompok, dilakukan uji



**Gambar 4.** Proses pengambilan sampel kulit tikus untuk kepadatan kolagen dan uji tarik



**Gambar 5.** Pengukuran kekuatan tarik luka dilakukan dengan mesin *tensile strength tester*

*Post Hoc* menggunakan metode *LSD (Least Significance Difference)* untuk mengetahui variabel yang memiliki perbedaan antar kelompok dan hari. Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan *independent T-test* untuk menguji perbedaan selisih nilai antar hari pengamatan di setiap kelompok dan *paired T-test* untuk menguji perbedaan selisih nilai antar kelompok perlakuan. Uji korelasi dilakukan dengan menggunakan uji regresi linier untuk melihat hubungan antar variabel. Perhitungan statistik dilakukan menggunakan software statistik dengan tingkat kepercayaan 95% ( $\alpha < 0,05$ ).

## HASIL PENELITIAN

Pengamatan kepadatan kolagen dilakukan pada hari pengamatan ke-7 dan ke-14, dengan jumlah

sampel 7 tikus pada masing-masing kelompok. Pengamatan diawali dengan mencari area luka insisi pada preparat yang telah diwarnai *Trikhrom Mallory* dengan perbesaran 40x yang tampak berbeda dengan jaringan normal yang di sekitarnya yang masih banyak terdapat folikel rambut dan glandula *sebacea* (Gambar 6 dan 7). Hasil rerata dari 5 lapang pandang akan mewakili besarnya kepadatan kolagen dalam satu sampel. Rerata hasil perhitungan kepadatan kolagen berdasar kelompok perlakuan dan hari pengamatan dirangkum dalam Tabel 1.

Gambar 8 menunjukkan peningkatan kepadatan kolagen dalam diagram *scatter* pada kelompok *dressing* kasa dan *dressing* kepompong ulat sutera dari hari ke-7 sampai

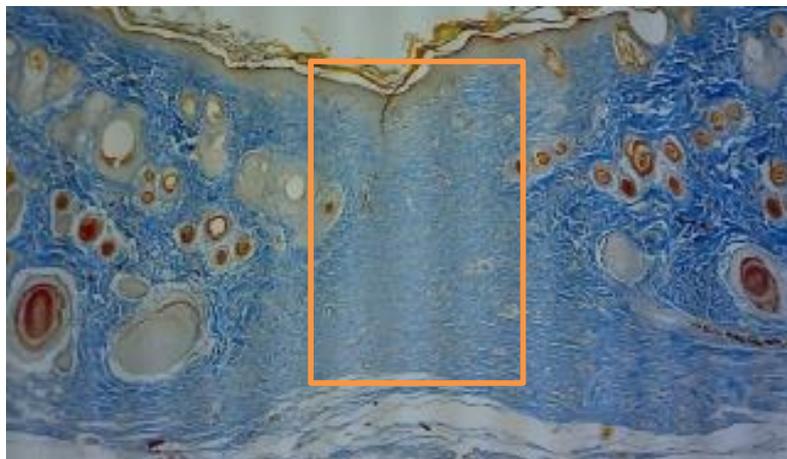
hari ke-14 pengamatan. Kepadatan kolagen pada pengamatan hari ke-7 kelompok *dressing* kepompong ulat sutera adalah sebesar  $45,92 \pm 2,604\%$ , dan meningkat lebih tinggi daripada kepadatan kolagen pada kelompok *dressing* kasa yang sebesar  $36,82 \pm 1,632\%$  dengan selisih  $9,1 \pm 0,972\%$ . Kepadatan kolagen pada pengamatan hari ke-14 kelompok *dressing* kepompong ulat sutera adalah sebesar  $57,89 \pm 1,649\%$ , lebih tinggi daripada *dressing* kasa yang sebesar  $52,25 \pm 2,132\%$  dengan selisih  $5,64 \pm 0,722\%$ .

Hasil uji normalitas *Shapiro-Wilk* dan uji homogenitas *Levene test* kepadatan kolagen menunjukkan data terdistribusi normal dan homogen ( $p > 0,05$ ). Hasil uji ANOVA 2 jalur didapatkan hasil seperti Tabel 2. Uji ANOVA 2 jalur menunjukkan perbedaan yang bermakna antar kelompok perlakuan dengan signifikansi  $0,000$  ( $p < 0,05$ ). Perbedaan kepadatan kolagen yang lebih besar secara signifikan pada kelompok *dressing* kepompong ulat sutera daripada *dressing* kasa menunjukkan bahwa penggunaan *wound dressing* kepompong ulat sutera berpengaruh terhadap kepadatan kolagen pada penyembuhan luka insisi kulit tikus Wistar. Uji ANOVA 2 jalur menunjukkan perbedaan yang bermakna antar kelompok waktu pengamatan hari ke-7 dengan hari ke-14 dengan signifikansi  $0,000$  ( $p < 0,05$ ), sehingga dapat dikatakan terdapat pengaruh lamanya waktu terhadap kepadatan kolagen

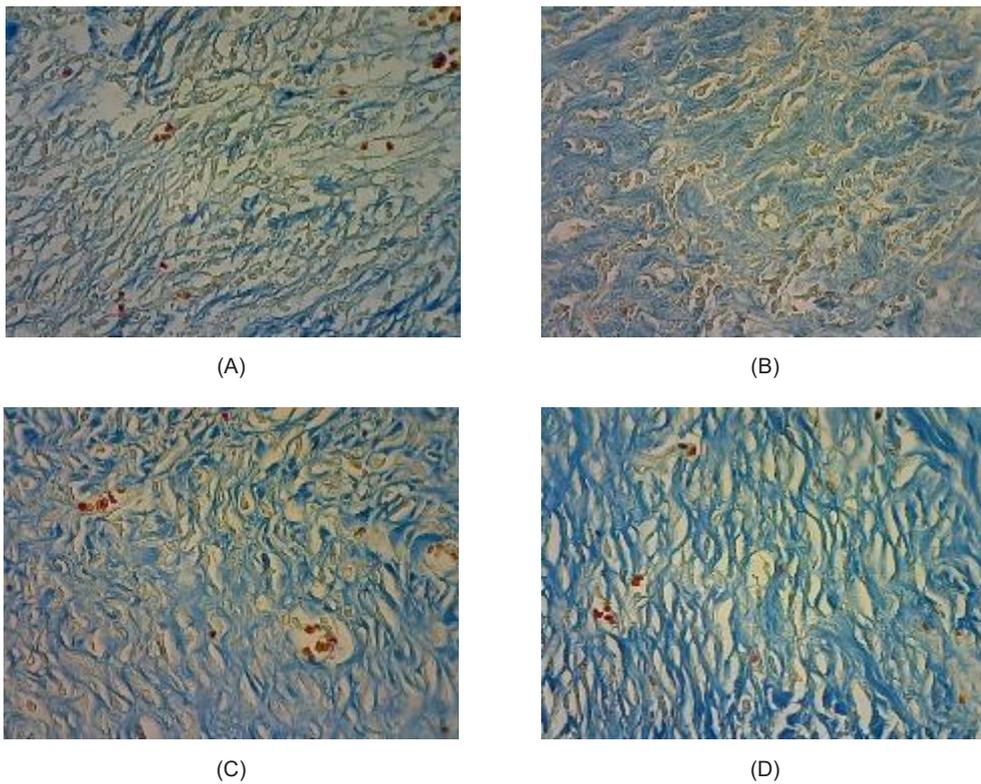
pada penyembuhan luka insisi kulit tikus Wistar. Interaksi antara kelompok perlakuan dan waktu pengamatan didapatkan perbedaan bermakna dengan signifikansi  $0,035$  ( $p < 0,05$ ), sehingga dapat dikatakan terdapat interaksi antara jenis aplikasi *wound dressing* (*dressing* kasa dan *dressing* kepompong ulat sutera) dengan hari pengamatan ke-7 dan ke-14 terhadap kepadatan kolagen pada luka insisi kulit tikus Wistar.

Uji *post hoc* *LSD* dilakukan untuk mengetahui perbedaan yang bermakna antar kelompok perlakuan yang disajikan pada Tabel 3, menunjukkan adanya perbedaan bermakna ( $p < 0,05$ ) antara semua kelompok, yaitu kepadatan kolagen antara kelompok kontrol (*dressing* kasa) hari ke-7 dengan kelompok kontrol hari ke-14 ( $p = 0,000$ ), dengan kelompok perlakuan (*dressing* kepompong ulat sutera) hari ke-7 ( $p = 0,000$ ), dan dengan kelompok perlakuan hari ke-14 ( $p = 0,000$ ). Selanjutnya perbedaan bermakna kepadatan kolagen antara kelompok kontrol hari ke-14 dengan kelompok perlakuan hari ke-7 ( $p = 0,000$ ), dan dengan kelompok perlakuan hari ke-14 ( $p = 0,000$ ), serta perbedaan bermakna kepadatan kolagen antara kelompok perlakuan hari ke-7 dengan kelompok perlakuan hari ke-14 ( $p = 0,000$ ).

Hasil perbandingan selisih peningkatan antara hari ke-7 dan ke-14 pada setiap kelompok (*paired sample t-test*) menunjukkan kepadatan



**Gambar 6.** Foto mikroskopik pada perbesaran 40x menunjukkan area insisi (di dalam tanda persegi) pada kulit yang tidak terdapat folikel rambut dan glandula.



**Gambar 7.** Foto mikroskopik gambaran kepadatan kolagen dengan pewarnaan *Trikhrom Mallory* (perbesaran 400x) pada penyembuhan luka insisi kulit punggung tikus Wistar untuk kelompok (A) *dressing* kasa hari ke-7, (B) *dressing* kasa hari ke-14, (C) *dressing* kepompong ulat sutera hari ke-7, dan (D) *dressing* kepompong ulat sutera hari ke-14.

**Tabel 1.** Rerata dan simpangan baku (SD) kepadatan kolagen dalam setiap kelompok perlakuan berdasarkan waktu pengamatan

Waktu	Rerata± SD (%)	
	<i>Dressing</i> Kasa (Kontrol)	<i>Dressing</i> Kepompong ulat sutera (Perlakuan)
Hari ke-7	36,82 ± 1,632	45,92 ± 2,604
Hari ke-14	52,25 ± 2,132	57,89 ± 1,649

**Tabel 2.** Hasil uji ANOVA 2 jalur untuk data hasil pengukuran kepadatan kolagen antar hari pengamatan, antar kelompok perlakuan, dan interaksi antara hari pengamatan dan kelompok perlakuan

	F	Sig.
Perlakuan	91,069	0,000
Waktu	314,209	0,000
Waktu*Perlakuan	5,003	0,035

kolagen hari ke-14 lebih tinggi dari hari ke-7 secara bermakna pada kelompok *dressing* kasa ( $p = 0,000$ ) dan kelompok kepompong ulat sutera ( $p = 0,000$ ) (Tabel 4). Selisih rerata peningkatan kepadatan kolagen hari ke-7 dan ke-14 sebesar 15,43% pada kelompok kontrol, sedangkan kelompok *dressing* kepompong ulat sutera sebesar 11,97%. Hasil perbandingan selisih kepadatan kolagen antar kelompok perlakuan pada hari pengamatan ke-7 dan ke-14 (*Independent t-test*) menunjukkan pada

kelompok *dressing* kasa lebih tinggi dari kelompok *dressing* kepompong ulat sutera secara bermakna ( $p = 0,055$ ) (Tabel 5). Selisih rerata peningkatan kepadatan kolagen kelompok *dressing* kasa dan *dressing* kepompong ulat sutera sebesar 3,45%.

Hasil rerata dan simpang baku kekuatan tarik pada penggunaan *dressing* kasa dan *dressing* kepompong ulat sutera pada luka insisi kulit tikus wistar berdasarkan hari pengamatan dapat dilihat pada Tabel 6. Gambar 9 menunjukkan hasil uji

**Tabel 3.** Hasil uji *post hoc* LSD kepadatan kolagen antar kelompok perlakuan

Perbedaan Antara:		Mean Difference	P-Value
<i>Dressing</i> Kasa Hari ke-7	<i>Dressing</i> Kasa Hari ke-14	-15,421	0,000 <sup>)</sup>
	<i>Dressing</i> Kepompong Ulat Sutera Hari ke-7	-9,100	0,000 <sup>)</sup>
	<i>Dressing</i> Kepompong Ulat Sutera Hari ke-14	-21,066	0,000 <sup>)</sup>
<i>Dressing</i> Kasa Hari ke-14	<i>Dressing</i> Kepompong Ulat Sutera Hari ke-7	6,321	0,000 <sup>)</sup>
	<i>Dressing</i> Kepompong Ulat Sutera Hari ke-14	-5,644	0,000 <sup>)</sup>
<i>Dressing</i> Kepompong Ulat Sutera Hari ke-7	<i>Dressing</i> Kepompong Ulat Sutera Hari ke-14	-6,321	0,000 <sup>)</sup>

Keterangan: tanda <sup>)</sup> menunjukkan perbedaan yang bermakna (P<0,05)

**Tabel 4.** Hasil uji *T-test* selisih peningkatan kepadatan kolagen antara hari ke-7 dengan hari ke-14 pada setiap kelompok perlakuan

Kepadatan Kolagen Kelompok:	Waktu	Mean ± SD	t <sub>hitung</sub>	Sig. (2-tailed)
<i>Dressing</i> kasa	Hari ke-7	36,82 ± 1,632	-12,464	0,000 <sup>)</sup>
	Hari ke-14	52,25 ± 2,132		
<i>Dressing</i> kepompong ulat sutera	Hari ke-7	45,92 ± 2,604	-11,378	0,000 <sup>)</sup>
	Hari ke-14	57,89 ± 1,649		

Keterangan:

<sup>)</sup> = Signifikan pada taraf signifikansi 0,05

**Tabel 5.** Hasil uji *T-test* selisih peningkatan kepadatan kolagen hari ke-7 ke hari ke-14 antar kelompok perlakuan.

Variabel	Waktu	Mean ± SD	t <sub>hitung</sub>	Sig. (2-tailed)
Peningkatan Kepadatan Kolagen	<i>Dressing</i> kasa	15,42 ± 3,274	2,128	0,055 <sup>)</sup>
	<i>Dressing</i> kepompong ulat sutera	11,97 ± 2,782		

Keterangan:

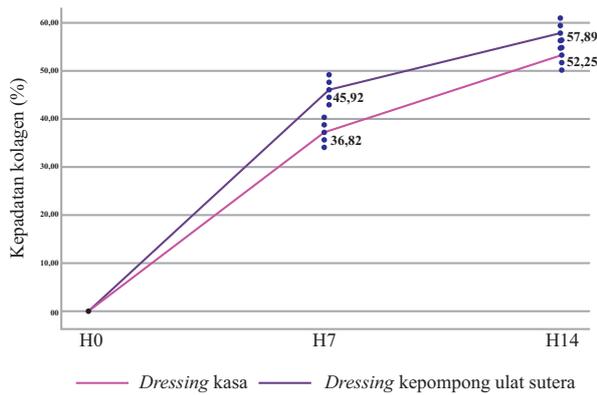
<sup>)</sup> = Signifikan pada taraf signifikansi 0,05

**Tabel 6.** Rerata dan simpangan baku (SD) kekuatan tarik luka dalam setiap kelompok perlakuan berdasarkan waktu pengamatan

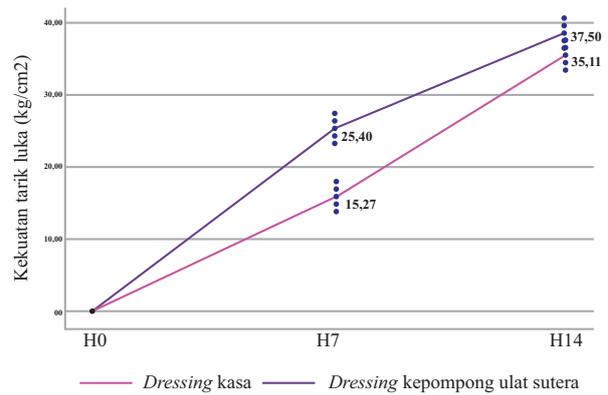
Waktu	Rerata ± SD (kg/cm <sup>2</sup> )	
	<i>Dressing</i> kasa (Kontrol)	<i>Dressing</i> Kepompong ulat sutera (Perlakuan)
Hari ke-7	15,27 ± 1,362	25,40 ± 1,331
Hari ke-14	35,11 ± 1,395	37,50 ± 1,160

**Tabel 7.** Hasil uji ANOVA 2 jalur untuk data hasil pengukuran kekuatan tarik luka kulit antar hari pengamatan, antar kelompok perlakuan, dan interaksi antara hari pengamatan dan kelompok perlakuan

	F	Sig.
Perlakuan	157,717	0,000
Waktu	1031,649	0,000
Perlakuan * Waktu	60,649	0,000



**Gambar 8.** Diagram *scatter* kenaikan kepadatan kolagen kelompok *dressing* kasa (merah) dan *dressing* kepompong ulat sutera (biru) pada hari pengamatan ke-7 dan ke-14



**Gambar 9.** Diagram *Scatter* kenaikan kekuatan tarik luka dalam kg/cm<sup>2</sup> antar kelompok berdasarkan hari pengamatan ke-7 dan ke-14.

**Tabel 8.** Hasil uji *post hoc* LSD kekuatan tarik luka kulit antar kelompok perlakuan

Perbedaan Antara:		Mean Difference	P-Value
Dressing kasa Hari ke-7	Dressing Kasa Hari ke-14	-19,838	0,000 <sup>*)</sup>
	Dressing Kepompong Ulat Sutera Hari ke-7	-10,134	0,000 <sup>*)</sup>
	Dressing Kepompong Ulat Sutera Hari ke-14	-22,230	0,000 <sup>*)</sup>
Dressing kasa Hari ke-14	Dressing Kepompong Ulat Sutera Hari ke-7	9,704	0,000 <sup>*)</sup>
	Dressing Kepompong Ulat Sutera Hari ke-14	-2,391	0,002 <sup>*)</sup>
Dressing Kepompong Ulat Sutera Hari ke-7	Dressing Kepompong Ulat Sutera Hari ke-14	-9,707	0,000 <sup>*)</sup>

kekuatan tarik luka pada kelompok *dressing* kasa dan *dressing* kepompong ulat sutera dari hari ke-7 sampai hari ke-14 pengamatan. Peningkatan kekuatan tarik luka kulit menunjukkan pada kelompok *dressing* kepompong ulat sutera lebih tinggi daripada *dressing* kasa baik pada pengamatan hari ke-7 maupun ke-14.

Hasil uji normalitas *Shapiro-Wilk* dan uji homogenitas *Levene test* kepadatan kolagen menunjukkan data terdistribusi normal dan homogen ( $p > 0,05$ ). Hasil uji ANOVA 2 jalur didapatkan hasil seperti Tabel 7, menunjukkan perbedaan yang bermakna antar kelompok perlakuan dengan signifikansi 0,000 ( $p < 0,05$ ). Perbedaan kekuatan tarik luka kulit yang lebih besar secara signifikan pada kelompok *dressing* kepompong ulat sutera daripada *dressing* kasa menunjukkan bahwa penggunaan *wound dressing* kepompong ulat sutera berpengaruh terhadap kekuatan tarik pada

penyembuhan luka insisi kulit tikus Wistar. Uji ANOVA 2 jalur juga menunjukkan perbedaan yang bermakna antar kelompok waktu pengamatan dengan signifikansi 0,000 ( $p < 0,05$ ), sehingga dapat dikatakan terdapat pengaruh lamanya waktu terhadap kekuatan tarik pada penyembuhan luka insisi kulit tikus Wistar. Interaksi antara kelompok perlakuan dan waktu pengamatan hari ke-7 dan ke-14 didapatkan perbedaan bermakna dengan signifikansi 0,000 ( $p < 0,05$ ), sehingga dapat dikatakan terdapat interaksi antara jenis aplikasi *wound dressing* (*dressing* kasa dan *dressing* kepompong ulat sutera) dengan hari pengamatan ke-7 dan ke-14 terhadap kekuatan tarik pada penyembuhan luka insisi kulit tikus Wistar.

Uji *post hoc* LSD dilakukan untuk mengetahui perbedaan yang bermakna antar kelompok perlakuan yang disajikan pada Tabel 8. Hasil uji *post hoc* LSD menunjukkan adanya perbedaan

bermakna ( $p < 0,05$ ) antara semua kelompok, yaitu kekuatan tarik luka kulit antara kelompok kontrol (*dressing* kasa) hari ke-7 dengan kelompok kontrol hari ke-14 ( $p = 0,000$ ), dengan kelompok perlakuan (*dressing* kepompong ulat sutera) hari ke-7 ( $p = 0,000$ ), dan dengan kelompok perlakuan hari ke-14 ( $p = 0,000$ ). Perbedaan kekuatan tarik luka kulit antara kelompok kontrol hari ke-14 dengan kelompok perlakuan hari ke-7 ( $p = 0,000$ ), dan dengan kelompok perlakuan hari ke-14 ( $p = 0,002$ ). Perbedaan kekuatan tarik luka kulit antara kelompok perlakuan hari ke-7 dengan kelompok perlakuan hari ke-14 ( $p = 0,000$ ).

Hasil perbandingan antar hari pada setiap kelompok (*Paired Sample t-test*) menunjukkan kekuatan tarik luka hari ke-14 lebih tinggi dari hari ke-7 secara bermakna pada kelompok *dressing* kasa ( $p = 0,000$ ) dan kelompok kepompong ulat sutera ( $p = 0,000$ ) (Tabel 9). Selisih rerata peningkatan kekuatan tarik luka hari ke-7 dan ke-14 sebesar 19,84% pada kelompok kontrol, sedangkan kelompok *dressing* kepompong ulat sutera sebesar 11,97%. Hasil perbandingan selisih kekuatan tarik luka antar kelompok perlakuan pada hari pengamatan ke-7 dan ke-14 (*Independent t-test*) menunjukkan pada kelompok *dressing* kasa

lebih tinggi dari kelompok *dressing* kepompong ulat sutera secara bermakna ( $p = 0,000$ ) (Tabel 10). Selisih rerata peningkatan kepadatan kolagen kelompok *dressing* kasa dan *dressing* kepompong ulat sutera sebesar 7,74%.

Pola peningkatan kekuatan tarik luka kulit dan kepadatan kolagen antara penggunaan *dressing* kasa dan *dressing* kepompong ulat sutera terlihat hampir sejalan, dengan kedua kelompok mengalami peningkatan dari awal pengamatan sampai akhir pengamatan. Korelasi antara kepadatan kolagen dan kekuatan tarik luka dilakukan dengan uji korelasi regresi linier karena data berskala rasio dengan data yang berhubungan linier (pengaruh). Hasil uji korelasi regresi linier antara kepadatan kolagen dan kekuatan tarik luka menunjukkan nilai  $p = 0,000$  ( $p < 0,05$ ) yang berarti ada pengaruh kepadatan kolagen terhadap kekuatan tarik luka kulit. Berdasarkan hasil perhitungan *model summary* didapatkan nilai *R Square* = 0,897 (Tabel 11). Nilai ini mengandung arti bahwa pengaruh kepadatan kolagen terhadap kekuatan tarik luka adalah sebesar 89,7%, sedangkan sisanya 10,3% dipengaruhi oleh variabel yang tidak diteliti. Hasil uji regresi linier menunjukkan besaran koefisien

**Tabel 9.** Hasil uji *t-test* selisih peningkatan kekuatan tarik luka antara hari ke-7 dengan hari ke-14 pada setiap kelompok perlakuan.

Kekuatan Tarik Luka Kelompok:	Waktu	Mean ± SD	$t_{hitung}$	Sig. (2-tailed)
<i>Dressing</i> Kasa	Hari ke-7	15,27 ± 1,362	-28,879	0,000 <sup>*)</sup>
	Hari ke-14	35,11 ± 1,395		
<i>Dressing</i> Kepompong Ulat Sutera	Hari ke-7	25,40 ± 1,331	-16,675	0,000 <sup>*)</sup>
	Hari ke-14	37,50 ± 1,160		

Keterangan:

<sup>\*)</sup> = Signifikan pada taraf signifikansi 0,05

**Tabel 10.** Hasil uji *t-test* selisih peningkatan kekuatan tarik luka hari ke-7 ke hari ke-14 antar kelompok perlakuan.

Variabel	Waktu	Mean ± SD	$t_{hitung}$	Sig. (2-tailed)
Peningkatan Kekuatan Tarik Luka	<i>Dressing</i> Kasa	19,84 ± 1,817	7,750	0,000 <sup>*)</sup>
	<i>Dressing</i> Kepompong Ulat Sutera	12,10 ± 1,919		

Keterangan:

<sup>\*)</sup> = Signifikan pada taraf signifikansi 0,05

**Tabel 11.** Model summary regresi linier kepadatan kolagen dengan kekuatan tarik luka kulit

Model	R	R Square	Adjusted R Square
1	0,947 <sup>a</sup>	0,897	0,893

a. Prediktor: (Konstan), Kepadatan Kolagen

**Tabel 12.** Koefisien uji regresi linier antara kepadatan kolagen dengan kekuatan tarik luka

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Konstan)	-22,049	3,387		-6,510	0,000
Kepadatan Kolagen	1,045**	0,069	0,947	15,077	0,000*

Keterangan:

Variabel dependen: Kekuatan Tarik Luka

tanda \*) menunjukkan perbedaan yang bermakna ( $p < 0.05$ )

tanda \*\*) menunjukkan koefisien regresi

regresi bernilai positif 1,045 (Tabel 12). Angka ini mengandung arti bahwa setiap penambahan 1% nilai kepadatan kolagen, maka kekuatan tarik luka kulit juga akan meningkat dengan besaran 1,045, sehingga dapat disimpulkan bahwa kepadatan kolagen berpengaruh positif terhadap kekuatan tarik luka kulit.

## PEMBAHASAN

Model luka berupa luka insisi yang dilakukan penjahitan pada kulit punggung tikus *Wistar* jantan sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Fenton dan West<sup>9</sup> dan Dorsett-Martin dan Wysocki.<sup>10</sup> Menurut Dorsett-Martin dan Wysocki, model insisi kulit pada tikus sangat cocok digunakan pada studi yang meneliti pengaruh penggunaan berbagai bahan *dressing* dan bahan penjahitan luka pada proses penyembuhan luka kulit. Model insisi kulit dapat digunakan untuk menganalisis *wound breaking strength* (kekuatan tarik luka), histologi, imunohistologi, kolagen, dan protein.<sup>10</sup> Model insisi kulit umumnya dapat sembuh sendiri meskipun tidak menggunakan *wound dressing*, tetapi untuk mendapatkan penyembuhan luka insisi kulit yang dapat sembuh dengan cepat, tanpa komplikasi, serta dapat diterima secara fungsional dan estetis penggunaan *wound dressing* sangat diperlukan.<sup>11</sup> Tujuan utama dari penelitian yang menggunakan model insisi kulit

pada penyembuhan luka adalah untuk mengetahui kontinuitas dan ketahanan jaringan yang sedang mengalami proses penyembuhan terhadap adanya gaya eksternal (*external applied forces*), misalnya dengan mengukur kekuatan tarik luka dan kepadatan kolagen.<sup>9,10,12</sup>

Penggunaan kepompong ulat sutera dalam sejarahnya telah dikenal sebagai pionir bahan biopolimer dalam aplikasi medis. Kepompong ulat sutera, sejak ditemukan pertama kali sampai saat ini, telah digunakan sebagai *suture material* yang biokompatibel. Sudah banyak penelitian yang menunjukkan bahwa protein utama penyusun struktur kepompong ulat sutera, yaitu *fibroin* dan *sericin*, merupakan material yang sangat biokompatibel dan memiliki kemampuan regenerasi yang baik terhadap jaringan tubuh manusia.<sup>4,5</sup> Penelitian ini menggunakan kepompong ulat sutera yang melalui proses *degumming* selama 90 menit untuk dijadikan bahan dasar *wound dressing* yang digunakan pada luka insisi kulit tikus *Wistar*.

Kepadatan kolagen mulai terdeposisi pada fase proliferasi sejak hari ke-2 dan terus bertambah hingga puncak aktivitas berada di hari ke-7. Deposisi kolagen kemudian akan melambat dan mulai melandai pada hari ke-8 sampai hari ke-14.<sup>13</sup> Hal ini disebabkan karena deposisi kolagen pada area luka telah mencapai puncaknya (maksimal), sehingga sel makrofag, sel fibroblas,

dan sel endotel akan mengaktifkan matriks *metalloproteinase* yang berfungsi mendegradasi kolagen untuk mencegah deposisi kolagen yang berlebih. Aktifitas degradasi kolagen diimbangi juga oleh *tissue inhibitor metalloproteinase* (TIMP) membatasi enzim kolagenase dan matriks *metalloproteinase* sehingga akan terjadi keseimbangan antara sintesis kolagen baru dan degradasi kolagen, susunannya menjadi lebih tersusun teratur dan saling berikatan silang (*cross linking*).<sup>14</sup> Tinjauan-tinjauan tersebut menjadi dasar peneliti menentukan perbedaan nilai yang akan diamati dilakukan pada hari ke-7 dan ke-14, yaitu sesuai dengan *timeline* yang ideal.

Deposisi kolagen yang berlebih dan pada *timeline* yang terlambat bukan merupakan indikator penyembuhan luka yang baik.<sup>13</sup> Deposisi kolagen berlebih dapat ditemui pada *hypertrophic scar*. *Hypertrophic scar* didefinisikan sebagai bekas luka yang terlihat jelas, menonjol, dan menyebar ke jaringan sekitarnya, ditandai dengan pengendapan berlebihan dari serabut kolagen tidak beraturan akibat proses inflamasi dan fibrosis yang berkepanjangan dan persisten karena adanya komplikasi. Adanya komplikasi akan menyebabkan inflamasi yang memanjang, sehingga akan menghambat dimulainya fase proliferasi yang terjadi antara hari ke-2 sampai hari ke-14. Keterlambatan fase proliferasi ini akan dikompensasi dengan penimbunan kolagen berlebih dan tidak beraturan pada minggu kedua dan ketiga untuk segera mengisi *decayed tissue* yang terbentuk akibat pemanjangan inflamasi.<sup>15</sup>

Berdasarkan hal tersebut, kepadatan kolagen sebagai indikator penyembuhan luka yang baik tidak dilihat dari tingginya peningkatan kolagen semata, namun dari peningkatan kolagen yang tinggi pada *timeline* yang tepat (hari ke-7). Kemudian diikuti dengan peningkatan yang mulai melandai pada *timeline* yang tepat (hari ke-7 sampai ke-14) hingga menjadi stagnan dengan nilai yang tinggi namun tidak berlebihan (hari ke-14). Penyembuhan luka yang baik dapat terjadi sesuai *timeline* yang seharusnya atau bisa lebih singkat. Hal ini yang disebut dengan proses dinamis penyembuhan luka.<sup>13</sup> Grafik peningkatan

dan melandainya kepadatan kolagen dengan alur seperti ini juga terjadi pada studi yang dilakukan oleh Hanif dkk.,<sup>16</sup> dan Gantwerker dan Hom<sup>12</sup> yang meneliti kepadatan kolagen hingga hari ke-14.

Perbedaan bermakna pada penelitian ini ditemui pada uji ANOVA dua jalur perbandingan kepadatan kolagen antara luka insisi yang diberi *dressing* kasa dengan luka insisi yang diberi *dressing* kepompong ulat sutera pada hari pengamatan ke-7 dan ke-14 ( $p = 0,000$ ). Hasil uji *post hoc* LSD menunjukkan adanya perbedaan bermakna ( $p < 0,05$ ) antara semua kelompok. Luka yang diberi *wound dressing* dari kepompong ulat sutera memiliki kepadatan kolagen yang lebih tinggi secara signifikan daripada nilai kontrol ( $p = 0,000$ ) pada hari pengamatan ke-7 dan ke-14. Peningkatan kepadatan kolagen pada kelompok *dressing* kepompong ulat sutera yang sangat tinggi di hari ke-7 (45,92%) menunjukkan adanya aktivitas deposisi kolagen yang mencapai puncaknya sesuai dengan *timeline* penyembuhan luka.

Hasil perbandingan selisih kepadatan kolagen antar kelompok perlakuan pada hari pengamatan ke-7 dan ke-14 (*Independent t-test*) menunjukkan pada kelompok *dressing* kasa lebih tinggi dari kelompok *dressing* kepompong ulat sutera secara bermakna ( $p = 0,055$ ). Hal ini menunjukkan bahwa pada kelompok *dressing* kepompong ulat sutera terjadi deposisi kolagen yang sudah melandai dibandingkan kelompok *dressing* kasa, sehingga dapat disimpulkan deposisi kolagen kelompok *dressing* kepompong ulat sutera sudah sesuai dengan *timeline* penyembuhan luka, tidak berlebihan, namun masih memiliki nilai akhir kepadatan kolagen di hari ke-14 yang lebih tinggi daripada *dressing* kasa.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa *wound dressing* dari kepompong ulat sutera mampu meningkatkan kepadatan kolagen pada penyembuhan luka insisi kulit pada tikus Wistar lebih tinggi daripada *dressing* kasa pada hari ke-7 dan ke-14, sehingga hipotesis pertama yang diajukan telah terbukti dan dapat diterima. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Yu dkk.,<sup>4</sup> dan Liu dkk.,<sup>17</sup> yang menunjukkan kepadatan kolagen yang lebih tinggi pada

penyembuhan luka eksisi kulit tikus menggunakan *wound dressing* dari kepompong ulat sutera yang sama dibandingkan dengan kontrol. Penelitian yang dilakukan oleh Ju dkk., dengan bahan *wound dressing* kepompong ulat sutera yang sama juga menunjukkan peningkatan kolagen yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol pada model luka bakar di kulit.<sup>18</sup>

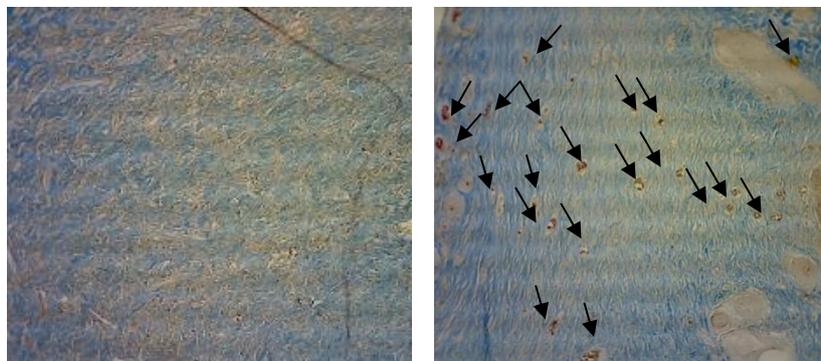
Perbedaan bermakna ini, seperti yang telah diprediksikan, disebabkan karena kemampuan *wound dressing* kepompong ulat sutera telah memenuhi persyaratan ideal dengan mengikuti prinsip-prinsip seperti yang telah dijelaskan oleh Gantwerker dan Hom.<sup>12</sup> *Wound dressing* kepompong ulat sutera dengan karakteristik *water vapor retention ratio* (WVTR) sebesar 2246 g/m<sup>2</sup>/hari dapat menciptakan kondisi lembab (*moist*) pada area luka.<sup>19</sup> Menurut Padamwar dan Pawar, protein *sericin* juga memiliki kemampuan meminimalkan penguapan air dari kulit karena bersifat hidrofobik.<sup>20</sup> Luka dengan kondisi kelembaban yang baik akan membantu migrasi dan aktifitas fibroblas yang berfungsi menyusun jaringan ikat melalui deposisi kolagen. Terciptanya kelembaban yang baik pada luka dapat membantu meningkatkan aktifitas fibroblas sehingga dapat meningkatkan kepadatan kolagen.<sup>18,20</sup>

Tingginya kepadatan kolagen pada luka insisi yang diberi *wound dressing* kepompong ulat sutera sejalan dengan prinsip kedua yang telah dijelaskan oleh Gantwerker dan Hom, yaitu adanya suplai darah yang adekuat.<sup>12</sup> Migrasi dan proliferasi sel

yang optimal akan menghasilkan penyembuhan luka yang baik dengan meningkatnya angiogenesis. Hal ini terjadi karena fibroblas dan keratinosit yang bekerja optimal dapat memproduksi FGF dan VEGF yang berfungsi menstimulasi pertumbuhan endotel.<sup>21</sup> Suplai darah yang baik dengan adanya angiogenesis ini dapat dilihat secara sekilas pada preparat penelitian ini (Gambar 10), namun pembuktiannya perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh *wound dressing* kepompong ulat sutera terhadap angiogenesis.

*Wound dressing* dari kepompong ulat sutera memiliki kandungan *sericin* yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri. Hal ini sejalan dengan prinsip ketiga yang dijelaskan oleh Gantwerker dan Hom.<sup>12</sup> *Sericin* memiliki efek antibakterial, terutama terhadap *Streptococcus aureus* dan *Escherichia coli*, sehingga dapat mencegah terjadinya infeksi yang dapat mengganggu proses penyembuhan luka.<sup>4</sup> Protein *sericin* pada kepompong ulat sutera dapat terdegradasi dan terbawa ke dalam luka melalui eksudat, *skin absorption*, dan molekul uap air yang dihasilkan oleh kelembaban di area luka dan proses berkeringat.<sup>22</sup>

Kemampuan *wound dressing* kepompong ulat sutera dalam meningkatkan kepadatan kolagen tidak hanya disebabkan oleh prinsip-prinsip *wound dressing* ideal seperti yang dijelaskan oleh Gantwerker dan Hom<sup>12</sup>, namun juga keunggulannya yang spesifik dalam peran asam amino *glycine*. Protein fibroin dalam kepompong



**Gambar 10.** Foto mikroskop perbesaran 100x pada area insisi kulit yang diberi *dressing* kepompong ulat sutera (kanan) menunjukkan pembuluh darah (tanda panah) yang melimpah daripada kelompok kontrol (kiri)

ulat sutera utamanya tersusun atas asam amino *glycine* yang juga merupakan asam amino utama penyusun kolagen tipe III pada jaringan ikat. Asam amino *glycine* yang terlepas dari protein fibroin setelah melalui proses degradasi dapat menjadi bahan baku kolagen dan berperan dalam modulasi aktifitas fibroblas.<sup>4,5,23</sup>

Penelitian ini juga mengamati kekuatan tarik luka kulit pada kedua kelompok *wound dressing* di hari ke-7 dan ke-14. Perbedaan signifikan pada uji ANOVA 2 jalur dan uji *post hoc LSD* kekuatan tarik pada tiap kelompok *wound dressing* antara hari ke-7 dan hari ke-14 ( $p = 0,000$ ) sesuai dengan fisiologis normal penyembuhan luka kulit tikus Wistar. Hasil ini sudah seharusnya karena kekuatan tarik luka berhubungan erat dengan jumlah deposisi kolagen seiring waktu penyembuhan luka.<sup>12</sup> Kekuatan Tarik luka meningkat perlahan pada hari ke-3 sampai hari ke-7, dan bertambah pesat pada hari ke-7 sampai ke-13 dan stabil pada hari ke-14.<sup>9,13</sup>

Perbedaan bermakna pada penelitian ini ditemui pada uji ANOVA dua jalur perbandingan kekuatan tarik antara luka insisi yang diberi *dressing* kasa dengan luka insisi yang diberi *dressing* kepompong ulat sutera pada hari pengamatan ke-7 dan ke-14 ( $p = 0,000$ ). Hasil uji *post hoc LSD* menunjukkan adanya perbedaan bermakna ( $p < 0,05$ ) antara semua kelompok. Luka yang diberi *wound dressing* dari kepompong ulat sutera memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi secara signifikan daripada nilai kontrol ( $p = 0,000$ ) pada hari pengamatan ke-7 dan ke-14. Kekuatan tarik luka pada kelompok *dressing* kepompong ulat sutera yang sangat tinggi di hari ke-7 (25,40%) menunjukkan terjadinya puncak peningkatan kekuatan tarik luka yang lebih cepat daripada kelompok *dressing* kasa. Hal ini merupakan suatu keuntungan karena kemungkinan risiko terbukanya kembali luka insisi (dehisensi) pada minggu pertama penyembuhan luka menjadi lebih kecil.

Hasil perbandingan selisih kekuatan tarik luka antar kelompok perlakuan pada hari pengamatan ke-7 dan ke-14 (*Independent t-test*) menunjukkan pada kelompok *dressing* kasa lebih tinggi dari

kelompok *dressing* kepompong ulat sutera secara bermakna ( $p = 0,055$ ). Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan tarik luka pada kelompok *dressing* kepompong ulat sutera sudah mulai melandai dibandingkan kelompok *dressing* kasa. Kemudian dapat dikatakan peningkatan kekuatan tarik luka kelompok *dressing* kepompong ulat sutera pada hari ke-7 sampai hari ke-14 sudah mendekati kekuatan tarik maksimal penyembuhan luka, dengan *timeline* yang lebih singkat, dan memiliki nilai akhir kekuatan tarik di hari ke-14 yang masih lebih tinggi daripada *dressing* kasa secara signifikan. Hasil ini menunjukkan bahwa *wound dressing* dari kepompong ulat sutera mampu meningkatkan kekuatan tarik pada penyembuhan luka insisi kulit pada tikus Wistar lebih tinggi daripada *dressing* kasa pada hari ke-7 dan hari ke-14, sehingga hipotesis kedua yang diajukan telah terbukti dan dapat diterima.

Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik pada penyembuhan luka insisi kulit tikus *Wistar* yang diberi *wound dressing* dengan kepompong ulat sutera belum pernah dilakukan sama sekali. Hal ini berarti belum ditemukan hasil penelitian lain yang dapat digunakan sebagai pembanding dalam penelitian ini, namun sudah banyak penelitian yang menganalisis korelasi antara kepadatan kolagen dan kekuatan tarik luka. Hal tersebut dapat menjadi dasar untuk membandingkan apakah peningkatan kekuatan tarik luka pada penelitian ini sudah berjalan sesuai dengan hubungannya terhadap peningkatan kolagen.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Fenton dan West, Gantwerker dan Hom, serta Greenhalgh, pengamatan pada minggu kedua pasca luka insisi merupakan waktu yang tepat untuk mengamati peningkatan kepadatan kolagen dan kekuatan tarik serta mengetahui hubungan peningkatan kepadatan kolagen terhadap peningkatan kekuatan tarik luka.<sup>9,12,24</sup> Kolagen memiliki peran vital dalam menjaga integritas struktural dan menentukan fungsi jaringan. Bersamaan dengan meningkatnya deposisi kolagen dan *remodeling* serabut kolagen menjadi