

## **DISERTASI**

# **EFEK PENGGUNAAN KOMBINASI PLATELET-RICH PLASMA (PRP) DAN STROMAL VASCULAR FRACTION (SVFs) TERHADAP KADAR SERUM FGF2 DAN EGF PADA PROSES RE-EPITELISASI LUKA BAKAR DEEP DERMAL PADA MODEL TIKUS WISTAR**

*Effect of using Platelet-Rich Plasma (PRP) and Stromal Vascular Fraction (SVFs) combination on the levels of FGF2 and EGF Serum in Re-epitelization of deep dermal burn injury in the wistar rat model*

**Sachraswaty R. Laidding**  
**C013171021**



**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU KEDOKTERAN**  
**FAKULTAS KEDOKTERAN**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**  
**MAKASSAR**  
**2020**

## DISERTASI

**EFEK PENAMBAHAN PLATELET RICH PLASMA (PRP) DAN STROMAL VASCULAR FRACTION (SVFS) TERHADAP KADAR SERUM FGF2 DAN EGF PADA PROSES RE-EPITELISASI PENYEMBUHAN LUKA BAKAR DEEP DERMAL TIKUS WISTAR.**

Disusun dan diajukan oleh


**Sachraswaty**  
C013171021

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Disertasi  
pada tanggal 29 Desember 2020  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui  
Komisi Penasehat,


  
**Prof. Dr. dr. Andi Asadul Islam, Sp.BS-FICS**  
Promotor

  
**Dr. dr. Fonyy Josh, Sp.BP.RE(K), B.Mikro**  
Ko-Promotor

  
**dr. Agussalim Bukhari, M.Med, Ph.D, Sp.GK(K)**  
Ko-Promotor

Ketua Program Studi S3  
Ilmu Kedokteran,

Dekan Fakultas Kedokteran  
Universitas Hasanuddin

  
**dr. Agussalim Bukhari, M. Med, Ph.D, Sp.GK (K)**

  
**Prof. dr. Budu, Ph.D, Sp.M(K), M.Med.Ed**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
FAKULTAS KEDOKTERAN  
**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU KEDOKTERAN**

Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar 90245 Telp.(0411)586010,(0411)586297  
EMAIL : s3kedokteranunhas@gmail.com

**PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Sachraswaty  
NIM : C013171021  
Program Studi : Doktor Ilmu Kedokteran  
Jenjang : S3

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

Efek Penambahan Platelet Rich Plasma (PRP) dan Stromal Vascular Fraction (SVFS) terhadap Kadar Serum FGF2 dan EGF pada Proses Re-Epitelisasi Penyembuhan Luka Bakar Deep Dermal Tikur Wistar.

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain, bahwa Disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Disertasi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar,

Yang menyatakan,



Sachraswaty

## ABSTRAK

**SACHRASWATY.** *Kombinasi Platelet Rich Plasma dan Fraksi Vaskuler Stroma pada Tingkat Transformasi Faktor Pertumbuhan-B pada Subjek Tikus yang Mengalami Luka Bakar Dermal Dalam* (dibimbing oleh Andi Asadul Islam, Fonny Josh, dan Agussalim Bukhari).

Penelitian ini bertujuan mengetahui efek pemberian kombinasi SVF<sub>s</sub> dan PRP terhadap kadar TGF- $\beta$  dalam proses penyembuhan luka bakar dermal dalam (*deep dermal*).

Penelitian ini bersifat eksperimental pada tikus wistar dengan menggunakan metode rancang *post-testcontrol group design* yang terdiri atas 1 grup perlakuan injeksi kombinasi SVF<sub>s</sub> dan PRP, 1 grup pemberian topical kombinasi SVF<sub>s</sub> dan PRP, 1 grup pemberian vaseline, dan 1 grup kontrol. Tikus secara random telah dikelompokkan ke dalam 4 kelompok yang terdiri atas 3 grup perlakuan (*sacrifice* hari ke-1, ke-4, ke-7, ke-10 dan ke-14 *post*-perlakuan) dan 1 grup kontrol (*sacrifice* hari ke-0).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kadar TGF- $\beta$  yang signifikan antara grup luka bakar *deep dermal* yang diberikan kombinasi SVF<sub>s</sub> dan PRP injeksi dan topical, grup vaseline dan grup kontrol dengan nilai  $p < 0,05$ . Pemberian kombinasi SVF<sub>s</sub> dan PRP meningkatkan kadar TGF- $\beta$  dalam proses penyembuhan luka bakar *deep dermal*.

Kata kunci: *transforming growth factor- $\beta$ , stromal vascular fraction, platelet rich, plasma, luka bakar deep dermal*





## ABSTRACT

**SACHRASWATY.** *Combination of Platelet Rich Plasma and Stromal Vascular Fraction on the Level of Transforming Growth Factor- $\beta$  in Rat Subjects Experiencing Deep Dermal Burn Injury*, (Supervised by **Andi Asadul Islam, Fonny Josh, and Agussalim Bukhari**)

This study aims to determine the effect of giving a combination of SVFs and PRP TGF- $\beta$  levels in the healing process of deep dermal burns. Burns are defined as damage to the skin and underlying tissue caused by heat, chemicals, or electricity. 1 Stromal vascular fraction (SVFs) is a component of lipoaspirates obtained from liposuction of fatty tissue, Combination of stromal vascular fraction (SVFs) and platelet rich plasma (PRP) is effective in increasing the concentration of growth factors including TGF- $\beta$ . This growth factor increase is expected to accelerate the healing of burns.

This study was experimental in wistar rats using a post-test control group design consisting of 1 group of SVFs and PRP combination injection treatment groups, 1 group giving topical combination of SVFs and PRP, 1 group giving Vaseline, and 1 control group. Rats were randomly assigned to four groups: 3 treatment groups (sacrifice days 1, 4, 7, 10 and 14 post treatment) and 1 control group (sacrifice day 0)

The results indicate that there is a significant difference in levels of TGF- $\beta$  between the deep dermal burns group that is given a combination of SVFs and PRP injection and topical, the vaseline group and the control group with p value <0.05. The combination of SVFs and PRP increases TGF- $\beta$  levels in the healing process of deep dermal burns.

**Keywords:** transforming growth factor-B. stromal vascular fraction, platelet rich plasma, deep dermal burns



## ABSTRAK

### Pendahuluan

*Stromal Vascular Fraction* (SVFs) meningkatkan penyembuhan luka karena potensi re-epitelisasi dan kemotaksis dari *growth factors* dan *stem cells* yang ada didalamnya. Dalam penelitian ini, kami menyelidiki pengaruh SVFs yang dikombinasikan dengan *Platelet-Rich Plasma* (PRP) yang juga mengandung banyak *growth factors*, untuk *deep dermal burn injury* yang dievaluasi menggunakan model hewan coba.

### Metode

PRP dari darah vena dan SVFs dari lipoaspirate diambil dari donor. Kombinasi PRP + SVFs injeksi, Kombinasi PRP + SVFs topikal, dan Vaseline topikal sebagai kontrol negatif diperlakukan untuk *deep dermal burn injury* di punggung 60 tikus *Sprague-Dawley* jantan. Pada hari 1,4,7,10,dan 14 setelah perawatan, tikus di-*eutanasia*, tes darah untuk memeriksa FGF2, dan EGF serta penyembuhan dianalisis secara mikroskopis dari proses re-epitelisasi pada luka.

### Hasil

Luka menutup lebih cepat pada kelompok SVFs + PRP injeksi daripada pada kelompok PRP + SVFs topikal maupun kelompok kontrol, dengan tanda re-epitelisasi yang menonjol. Kami menemukan peningkatan yang signifikan dalam kadar FGF2 dan EGF ( $p < 0,05$ ) pada kelompok yang diberikan kombinasi PRP + SVFs injeksi dibandingkan dengan kelompok lain pada hari 1, 4 7, 10, dan hari 14.

### Kesimpulan

Kombinasi SVFs dan PRP dapat memberikan efek stimulasi aditif untuk mendukung re-epitelisasi dan mempercepat proses penyembuhan luka; karenanya, kombinasi ini merupakan alternatif potensial untuk mengobati *deep dermal burn injury*.

**Kata Kunci:** *Epitelisasi; stromal vascular fraction; platelet-rich plasma; luka bakar.*

## ABSTRACT

### Introduction

Stromal vascular fraction (SVFs) improve wound healing owing to re-epithelialization potency and chemotactic from growth factors and stem cells. In this study, we investigated the efficacy of the SVFs combined with platelet-rich plasma (PRP) which contains abundant growth factors, for deep dermal burn injury was evaluated using an animal model.

### Methods

PRP from venous blood and SVFs from lipoaspirates were harvested from donors. Combination of PRP+SVFs injection, Combination of PRP+SVF topical, and Vaseline topical as a negative control were treated for deep dermal burn injury in the backs of 60 male Sprague-Dawley mice. On the first, fourth, seventh, tenth and fourteenth day after treatment, rats were euthanized, blood test to examine FGF2, and EGF and also reepitelitation wounds were analyzed microscopically.

### Results

Wounds closed faster in the SVFs + PRP injection group than in the PRP + SVFs topical or control group, with prominent signs of re-epithelization. We found a significant increase in FGF2 and EGF levels ( $p < 0.05$ ) in the group that treatment with combination of PRP+SVF injection compared to another group on day 1, 4 7, 10, and day 14.

### Conclusions

The combination of SVFs and PRP may provide an additive stimulatory effect to support re-epithelization and accelerate the wound healing process; accordingly, this combination is a potential alternative to treat deep dermal burn injury.

**Keywords:** *Epithelization; stromal vascular fraction; platelet-rich plasma; burn injury.*

## DAFTAR ISI

|  |          |
|--|----------|
| Halaman Judul.....                                     | i        |
| Lembar Pengesahan.....                                 | ii       |
| Tim Penilai Pra Promosi.....                           | iii      |
| Pernyataan Keaslian Disertasi.....                     | iv       |
| Kata Pengantar.....                                    | v        |
| Abstrak.....   | viii     |
| Abstract.....  | ix       |
| Daftar Isi.....  | x        |
| Daftar Tabel.....                                      | xiii     |
| Daftar Gambar.....                                     | xv       |
| Daftar Singkatan.....                                  | xviii    |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                          | <b>1</b> |
| 1.1 Latar Belakang.....                                | 1        |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                               | 5        |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....                             | 6        |
| 1.3.1 Tujuan Umum.....                                 | 6        |
| 1.3.2 Tujuan Khusus.....                               | 6        |
| 1.4 Manfaat Penelitian.....                            | 7        |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                    | <b>8</b> |
| 2.1 Luka Bakar dan Penyembuhan Luka.....               | 8        |
| 2.1.1 Definisi Luka Bakar.....                         | 8        |
| 2.1.2 Klasifikasi Luka Bakar.....                      | 10       |
| 2.1.3 Penyembuhan Luka.....                            | 14       |
| 2.2 Tinjauan Tentang PRP, SVFs, Vaseline dan Kombinasi |          |
| PRP + SVFs.....  | 24       |
| 2.2.1 PRP.....   | 24       |
| 2.2.2 SVFs.....  | 28       |
| 2.2.3 Vaseline.....                                    | 31       |



|   |           |
|---|-----------|
| 2.2.4 Kombinasi PRP + SVFs.....                               | 32        |
| 2.3 Sel Punca (Stem Cell).....                                | 33        |
| 2.4 Basic Fibroblast Growth Factor (FGF2).....                | 39        |
| 2.4.1 Definisi.....   | 39        |
| 2.4.2 Klasifikasi.....  | 40        |
| 2.4.3 Mekanisme Kerja.....                                    | 40        |
| 2.4.4 Ekspresi dan Aktifitas Biologis.....                    | 43        |
| 2.4 Epidermal Growth Factor (EGF).....                        | 47        |
| 2.4.1 Definisi.....   | 47        |
| 2.4.2 Klasifikasi.....  | 47        |
| 2.4.3 Mekanisme Kerja.....                                    | 48        |
| 2.4.4 Ekspresi dan Aktifitas Biologis.....                    | 48        |
| <b>BAB III KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL .....</b> | <b>51</b> |
| 3.1 Kerangka Teori.....                                       | 53        |
| 3.2 Kerangka Konsep.....                                      | 54        |
| 3.3 Variabel.....   | 54        |
| 3.4 Hipotesis.....  | 55        |
| 3.5 Definisi Operasional.....                                 | 55        |
| <b>BAB IV METODE PENELITIAN .....</b>                         | <b>57</b> |
| 4.1 Desain Penelitian.....                                    | 57        |
| 4.2 Populasi dan Sampel.....                                  | 57        |
| 4.3 Kriteria Inklusi dan Drop Out.....                        | 64        |
| 4.4 Lokasi dan Waktu Penelitian.....                          | 65        |
| 4.5 Cara Pengumpulan Data.....                                | 65        |
| 4.6 Analisis Data.....  | 65        |
| 4.7 Prosedur Penelitian.....                                  | 66        |
| 4.8 Etika Penelitian.....                                     | 69        |
| 4.9 Alur Penelitian.....                                      | 70        |
| <b>BAB V HASIL PENELITIAN .....</b>                           | <b>71</b> |
| 5.1 Analisis Univariat.....                                   | 71        |

|   |            |
|---|------------|
| 5.2 Analisis Bivariat.....  | 73         |
| 5.3 Analisis Epitelisasi .....  | 90         |
| 5.4 Hubungan kadar FGF2 & EGF terhadap Epitelisasi .....  | 98         |
| <b>BAB VI PEMBAHASAN.....</b>   | <b>106</b> |
| 6.1 Kadar FGF2.....   | 111        |
| 6.2 Kadar EGF.....  | 115        |
| 6.3 Epitelisasi.....  | 117        |
| 6.4 Pengaruh Pemberian Terapi Stem Cell<br>( PRP dan SVFs ) terhadap Luka Bakar.....                                    | 120        |
| 6.5 Pengaruh Pemberian Terapi Vaselin terhadap Luka Bakar.....  | 124        |
| 6.6 Perbedaan Efektivitas Pemberian Terapi Stem Cell.(PRP&SVSs<br>terhadap Luka Bakar secara injeksi dan topical.....   | 125        |
| 6.7 Perbandingan Proses Re-Epitelisasi pada ketiga kelompok<br>dan lama perlakuan .....                                 | 127        |
| 6.8 Perbedaan Efektivitas Pemberian Terapi Topikal Stem Cell (PRP dan<br>SVFs) dengan Vaseline terhadap Luka Bakar..... | 129        |
| 6.9 Hubungan Pertumbuhan Epitel, kadar FGF2,<br>dan Kelompok Perlakuan.....   | 131        |
| 6.10 Hubungan FGF2 dengan reepitelisasi.....  | 132        |
| 6.11 Hubungan Pertumbuhan Epitel dengan kadar EGF.....  | 135        |
| 6.12 Kelebihan dan Keterbatasan Penelitian.....   | 140        |
| <b>BAB VII KESIMPULAN.....</b>  | <b>142</b> |
| <b>REFERENSI</b>  |            |
| <b>LAMPIRAN</b>   |            |

## DAFTAR TABEL

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| Tabel 2.1   | Diagnosis Kedalaman Luka Bakar.....  | 14  |
| Tabel 2.2   | Fungsi fibroblast growth factors (FGF2).....   | 47  |
| Tabel 5.1   | Hasil uji normalitas dan homegenitas data penelitian.....  | 72  |
| Tabel 5.2.1 | Perbandingan kadar FGF2 dan EGF pada setiap kelompok<br>perlakuan (uji oneway ANOVA).....                                      | 75  |
| Tabel 5.2.2 | Hasil uji t independen kadar FGF2 dan EGF setelah diberi<br>perlakuan injeksi stem cell.....                                   | 78  |
| Tabel 5.2.3 | Hasil uji t independen kadar FGF2 dan EGF setelah diberi<br>perlakuan topikal stem cell.....                                   | 80  |
| Tabel 5.2.4 | Hasil uji t independen kadar FGF2 dan EGF setelah diberi<br>perlakuan Vaseline dibandingkan dengan kontrol negatif.....        | 82  |
| Tabel 5.2.5 | Hasil uji t independen kadar FGF2 dan EGF pada kelompok<br>A dan kelompok B.....   | 84  |
| Tabel 5.2.6 | Hasil uji t independen kadar FGF2 dan EGF pada kelompok<br>A dan kelompok C.....   | 86  |
| Tabel 5.2.7 | Hasil uji t independen kadar FGF2 dan EGF pada kelompok<br>B dan kelompok C.....   | 88  |
| Tabel 5.3.1 | Perbandingan Sebaran proses keratinisasi antara kelompok<br>pemberian Injeksi PRP+SVFs dan Kelompok PRP +<br>SVFs Topikal..... | 90  |
| Tabel 5.3.2 | Tabel Uji Post hoc perlakuan hari ke – 14.....   | 92  |
| Tabel 5.4   | Hasil uji korelasi Kendall's Tau-B untuk melihat<br>hubungan kadar FGF2 dan EGF terhadap epitelisasi.....                      | 98  |
| Tabel 5.5   | Hasil Uji Regresi Linier Pemberian Injeksi Stem Cell .....   | 102 |
| Tabel 5.6   | Hasil Uji Regresi Linier Pemberian Topikal Stem Cell .....   | 103 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1 Kedalaman Luka Bakar .....  | 13 |
| Gambar 2.2 Fase penyembuhan luka .....   | 15 |
| Gambar 2.3 Sitokin yang berpengaruh pada penyembuhan luka .....  | 18 |
| Gambar 2.4 Faktor pertumbuhan yang berpengaruh pada<br>penyembuhan luka .....  | 21 |
| Gambar 2.5 Hubungan antara waktu munculnya sel yang berbeda-<br>beda pada proses penyembuhan luka.....   | 24 |
| Gambar 2.6 Jenis Sel Punca .....   | 37 |
| Gambar 2.7 Aktivitas FGF2 dalam penyembuhan luka.....  | 46 |
| Gambar 5.1.1 Pesebaran data penelitian FGF2 dan EGF.....   | 73 |
| Gambar 5.2.1 Kadar FGF2 dan EGF pada setiap kelompok perlakuan..   | 77 |
| Gambar 5.2.2 Rata-rata kadar FGF2 (pg/ml) dan EGF (pg/ml) setelah<br>dilakukan terapi injeksi kombinasi PRP dan SVF<br>dibandingkan Kontrol negatif..... | 80 |
| Gambar 5.2.3 Rata-rata kadar FGF2 (pg/ml) dan EGF (pg/ml) setelah<br>dilakukan terapi topikal kombinasi PRP dan SVF<br>dibandingkan Kontrol negatif..... | 82 |
| Gambar 5.2.4 Rata-rata kadar FGF2 (pg/ml) dan EGF (pg/ml) setelah<br>dilakukan terapi vaselin dibandingkan Kontrol.....                                  | 84 |
| Gambar 5.2.5 Rata-rata kadar FGF2 (pg/ml) dan EGF (pg/ml) setelah<br>dilakukan terapi Injeksi Stem Cell dibandingkan Topikal                             |    |

|  |     |
|--|-----|
| Stem Cell.....   | 86  |
| Gambar 5.2.6 Rata-rata kadar FGF2 (pg/ml) dan EGF (pg/ml) setelah dilakukan terapi Injeksi Stem Cell dibandingkan Vaselin... | 88  |
| Gambar 5.2.7 Rata-rata kadar FGF2 (pg/ml) dan EGF (pg/ml) setelah dilakukan terapi Topikal Stem Cell dibandingkan Vaselin... | 90  |
| Gambar 5.3. Perbandingan Sebaran proses Keratinisasi.....  | 92  |
| Gambar 5.3.2 Gambaran histopatologi Re-Epitelisasi pada tahapan penyembuhan luka.....  | 98  |
| Gambar 6.1.1 Pola kadar FGF2 temuan Komi-Kuromuchi dkk.....  | 109 |
| Gambar 6.1.2 Tahapan penyembuhan luka bakar dan faktor pertumbuhan yang berperan.....  | 110 |
| Gambar 6.1.3 Pola kadar FGF2 pada penelitian Mansoub dkk.....  | 113 |
| Gambar 6.1.4 Kadar FGF2 pada penelitian Le dkk.....  | 112 |
| Gambar 6.2.1 Pola kadar EGF pada penelitian Mansoub dkk.....   | 113 |
| Gambar 6.2.2 Tahap penyembuhan luka dan molekul yang terlibat.....   | 113 |
| Gambar 6.2.3 Temuan kadar EGF pada penelitian Marck dkk.....   | 114 |
| Gambar 6.4.1 Pengaruh pemberian stem cell pada luka bakar temuan Mansoub dkk.....  | 119 |
| Gambar 6.4.2 Peran stem cell dalam tahapan penyembuhan luka.....   | 121 |
| Gambar 6.4.3 Terapi stem cell pada luka bakar di unit luka bakar CHUV.   | 122 |
| Gambar 6.11 Peran EGF dalam reepitelisasi.....   | 134 |

## DAFTAR SINGKATAN

|                     |   |
|---------------------|---|
| PRP                 | : <i>Platelet Rich Plasma</i>                             |
| SVFs                | : <i>Stromal Vascular Fraction cells</i>                  |
| ASCs                | : <i>Adipose-derived Stem Cells</i>                       |
| PMN                 | : <i>Polimorfonuclear</i>                                 |
| PDGF                | : <i>Platelet-Derived Growth Factor</i>                   |
| TGF- $\beta$        | : <i>Transforming Growth Factor-<math>\beta</math></i>    |
| PAF                 | : <i>Platelet Activating Factor</i>                       |
| IL-1                | : <i>Interleukin-1</i>                                    |
| TNF- $\alpha/\beta$ | : <i>Tumor Necrosis Factor- <math>\alpha/\beta</math></i> |
| ECM                 | : <i>Extracellular Matriks</i>                            |
| aFGF2               | : <i>acidic Fibroblast Growth Factor</i>                  |
| FGF2                | : <i>basic Fibroblast Growth Factor</i>                   |
| EGF                 | : <i>Epidermal Growth Factor</i>                          |
| VEGF                | : <i>Vascular Endothelial Growth Factor</i>               |
| MMPs                | : <i>Matriks Metalloproteinase</i>                        |
| EGF                 | : <i>Endothelial Growth Factor</i>                        |
| EDTA                | : <i>Ethylene Diamine Tetraacetic Acid</i>                |
| DMEM                | : <i>Dulbecco Modified Eagle Media</i>                    |
| FBS                 | : <i>Fetal Bovine Serum</i>                               |
| SPSS                | : <i>Statistical Package for the Social Sciences</i>      |



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Luka bakar didefinisikan sebagai kerusakan pada kulit dan jaringan di bawahnya yang disebabkan oleh panas, bahan kimia, atau listrik (Gillenwater and Garner, 2020). Setiap tahun di Amerika Serikat 450.000 orang mendapat perawatan medis untuk luka bakar. Diperkirakan 4.000 orang meninggal setiap tahun karena kebakaran dan luka bakar (Toussaint and Singer, 2014).

Berbagai macam penelitian telah dan terus dilaksanakan untuk mengatasi dan mendapatkan metode yang terbaik dalam menangani masalah luka bakar dan bagaimana mendapatkan suatu metode yang dapat mempercepat proses penyembuhan luka bakar. Salah satunya adalah terapi sel punca (Ghieh et al., 2015). Sel punca merupakan sel primitif yang belum berdiferensiasi namun memiliki kemampuan untuk berdiferensiasi mulai dari hanya menjadi satu jenis sel (*unipoten*), atau menjadi beberapa jenis sel (*multipoten*) bahkan dapat menjadi berbagai jenis sel (*totipotent*). Kemampuan ini lah yang dapat digunakan untuk memperbaiki sel-sel tubuh yang rusak akibat penyakit atau trauma (Singh et al., 2016).

Jaringan adiposa visceral dan subkutan telah menunjukkan bahwa ia mengandung progenitor cells yang mampu membelah diri menjadi beberapa sel yang berbeda. Setelah jaringan adiposa ini disentrifugasi, didapatkan sel heterogen

bernama *stromal vascular fraction* (SVFs) (Choi et al., 2012; Darinskas et al., 2017). SVFs merupakan komponen lipoaspirat yang diperoleh dari liposuction jaringan lemak (Comella et al., 2017; Darinskas et al., 2017; Gentile et al., 2017).

Platelet-rich plasma (PRP) adalah trombosit konsentrat dalam volume kecil plasma, yang berisi setidaknya enam faktor pertumbuhan yang utama, termasuk diturunkan *platelet-derived growth factor* (PDGF), *basic fibroblast growth factor* (FGF2), *epidermal growth factor* (EGF), *vascular endothelial growth factor* (VEGF), *insulin-like growth factor-1* (IGF-1), dan *transforming growth factor-b* (TGF-b) yang di lepaskan setelah aktivasi trombosit (Borrione et al., 2010; Choi et al., 2012; El-Sharkawy et al., 2007; Raposio et al., 2016)

Efek positif dari PRP dalam merangsang proses angiogenesis dan proliferasi *undifferentiated stem cells* telah ditunjukkan secara eksperimental (Eppley et al., 2006). Semua cedera/luka pada jaringan dapat mengakibatkan regenerasi, perbaikan normal dengan pembentukan parut, luka penyembuhan yang kurang atau berlebihan dengan endapan matriks berlebih. Mekanisme perbaikan melalui epitelisasi, kontraksi dan pengendapan matriks (terutama kolagen). Deposisi kolagen baru pada tepi penutupan luka menyediakan kekuatan dan integritas. Penyembuhan luka *partial-thickness* disebabkan epitelisasi, sedangkan penyembuhan luka *full-thickness* terutama oleh kontraksi (dengan beberapa epitelisasi) (Nazzal et al., 2019).

FGF2 berfungsi untuk proliferasi sel, migrasi sel, diferensiasi sel, perkembangan sel, respon terhadap cedera, penyembuhan luka, dan tumorigenesis

(Plichta and Radek, 2012). FGF2 diekspresikan dalam banyak jaringan dengan variabilitas pola yang signifikan dan waktu ekspresinya, yang telah terbukti menjadi penting selama perkembangan luka (Powers et al., 2000).

Sebagian besar anggota keluarga FGF2 memiliki spektrum mitogenik yang luas. Mereka merangsang proliferasi berbagai sel asal mesodermal, ectodermal, dan juga endodermal. Secara khusus, FGF1 dan FGF2 menunjukkan dapat merangsang angiogenesis dalam berbagai penelitian. Lebih lanjut, FGF2 bersifat mitogenik untuk beberapa tipe sel yang ada di lokasi luka, termasuk fibroblast dan keratinosit (Abraham and Klagsbrun, 1988; Werner and Grose, 2003).

*Epidermal growth factor* (EGF) adalah growth factor pertama yang karakter biokimia dan namanya sesuai dengan kemampuannya untuk menstimulasi mitosis dan hipertrofi epidermis kulit (Tarnuzzer et al., 1997). EGF mempunyai kemampuan yang poten mitogenesis untuk sel epidermis, fibroblast dan sel vascular endotelial secara in vitro, yang mana ketiga sel tersebut terlibat pada penyembuhan luka (Ju et al., 1993; Rohovsky and D'Amore, 1997). EGF meningkatkan jumlah deposit ekstraseluler matriks pada jaringan subcutan pada luka di hewan coba dengan meningkatkan sintesis matriks ekstraseluler dan meningkatkan jumlah sel (Tarnuzzer et al., 1997).

Oleh karena adanya peningkatan jumlah faktor pertumbuhan dan protein pada kombinasi antara PRP dan SVFs sehingga diharapkan lebih mempercepat penyembuhan luka bakar *deep dermal*. Hal ini lah yang mendasari penelitian

sebelumnya untuk membandingkan tiga macam produk dari sel punca yaitu PRP, SVFs serta kombinasi antara PRP dan SVFs.

Pada penelitian awal tersebut dibandingkan efek injeksi intradermal antara kelompok PRP, kelompok SVFs, kelompok kombinasi PRP + SVFs dan kelompok kontrol menggunakan yang perawatan luka bakar standar (vaselin). Kemudian di nilai secara mikroskopik dan makroskopis dimana hasilnya didapatkan bahwa kombinasi PRP dan SVFs memiliki laju percepatan penyembuhan yang paling tinggi.

Saat ini di Indonesia, belum ada data yang membuktikan efek penyembuhan luka bakar deep dermal yang diberikan kombinasi PRP+SVFs melalui suntikan intradermal; kombinasi PRP+SVFs topikal dibandingkan dengan perawatan luka moist standar (vaselin). Hal ini yang melatarbelakangi untuk melakukan penelitian lanjutan dengan menilai kuantitas penyembuhan luka bakar baik secara mikroskopis dan menilai kadar protein EGF serta FGF2 dalam serum. Dengan tujuan melihat pengaruh pada tingkat gen EGF serta FGF2 terhadap kuantitas penyembuhan luka bakar deep dermal pada model tikus wistar yang di terapi dengan kombinasi PRP dan SVFs baik diberikan secara topikal maupun suntikan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas maka dapat dirumuskan suatu masalah sebagai berikut:

1. Apakah kombinasi PRP dan SVFs topikal mempercepat penyembuhan luka bakar dibandingkan perawatan dengan vaselin pada model luka bakar deep dermal burn tikus wistar?
2. Apakah kombinasi PRP) dan SVFs injeksi mempercepat penyembuhan luka bakar dibandingkan perawatan dengan vaselin pada model luka bakar deep dermal burn tikus wistar?
3. Apakah ada perbedaan kadar serum EGF, serum FGF2 dan proses epitelisasi antara kombinasi PRP dan SVFs topikal dibandingkan perawatan dengan vaselin pada model luka bakar deep dermal burn tikus wistar?
4. Apakah ada perbedaan kadar serum EGF, serum FGF2 dan proses epitelisasi antara kombinasi PRP dan SVFs injeksi dibandingkan perawatan dengan vaselin pada model luka bakar deep dermal burn tikus wistar?
5. Apakah ada perbedaan kadar serum EGF, serum FGF2 dan proses epitelisasi antara kombinasi PRP dan SVFs injeksi dibandingkan perawatan dengan PRP dan SVFs topikal pada model luka bakar deep dermal burn tikus wistar?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

#### **1.3.1 Tujuan Umum**

Membuktikan efektivitas penggunaan kombinasi PRP dan SVFs dapat mempercepat proses penyembuhan luka bakar berdasarkan gambaran mikroskopis proses kecepatan re-epitelisasi penyembuhan luka Bakar deep dermal dan hubungannya dengan peningkatan kadar protein EGF dan FGF2 dalam serum.

#### **1.3.2 Tujuan Khusus**

1. Untuk membuktikan penyembuhan luka bakar *deep dermal* tikus wistar yang diberikan kombinasi PRP dan SVFs injeksi lebih baik dibandingkan perawatan dengan vaselin.
2. Untuk membuktikan penyembuhan luka bakar *deep dermal* tikus wistar yang diberikan kombinasi PRP dan SVFs topikal lebih baik dibandingkan perawatan dengan vaselin.
3. Untuk membuktikan bahwa kadar serum EGF, FGF2, dan proses epitelisasi penyembuhan luka lebih baik pada yang diberikan kombinasi PRP + SVFs injeksi dibandingkan perawatan dengan vaselin pada model luka bakar deep dermal burn tikus wistar
4. Untuk membuktikan bahwa kadar serum EGF, FGF2, dan proses epitelisasi penyembuhan luka lebih baik pada yang diberikan kombinasi PRP + SFVs topikal dibandingkan perawatan dengan vaselin pada model luka bakar deep dermal burn tikus wistar.



5. Untuk mengetahui bahwa kadar serum EGF, FGF2, dan proses epitelisasi penyembuhan luka lebih baik pada yang diberikan kombinasi PRP + SFVs injeksi dibandingkan perawatan dengan kombinasi PRP + SFVs topikal pada model luka bakar deep dermal burn tikus wistar.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar penelitian lebih lanjut terutama dalam pemanfaatan kombinasi PRP + SVFs topikal maupun injeksi untuk mempercepat proses penyembuhan luka bakar.
2. Hasil penelitian dapat dijadikan referensi penelitian lain dalam hal penatalaksanaan luka bakar.
3. Sebagai alternatif dalam pengobatan luka bakar.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Luka Bakar dan Penyembuhan Luka**

##### **2.1.1 Definisi Luka bakar**

Luka bakar adalah suatu bentuk kerusakan atau kehilangan jaringan yang disebabkan kontak dengan sumber panas seperti api, air panas, bahan kimia, listrik dan radiasi. Luka bakar merupakan suatu jenis trauma dengan morbiditas dan mortalitas tinggi yang memerlukan penatalaksanaan khusus sejak awal hingga fase lanjut. Luka bakar dapat disebabkan oleh paparan api, baik secara langsung maupun tidak langsung, misalnya akibat tersiram air panas yang banyak terjadi pada kecelakaan rumah tangga. Selain itu, pajanan suhu tinggi dari matahari, listrik maupun bahan kimia juga dapat menyebabkan luka bakar. Secara garis besar penyebab terjadinya luka bakar dapat dibagi menjadi (Barret-Nerin, 2004; Moenadjat et al., 2013):

- Paparan api
- *Scalds* (air panas)

Terjadi akibat kontak dengan air panas. Semakin kental cairan dan semakin lama waktu kontak, semakin besar kerusakan yang akan ditimbulkan. Luka yang disengaja atau akibat kecelakaan dapat dibedakan berdasarkan pola luka bakarnya. Pada kasus kecelakaan, luka umumnya menunjukkan pola percikan, yang satu sama lain dipisahkan oleh kulit sehat. Sedangkan pada kasus yang

disengaja, luka umumnya melibatkan keseluruhan ekstremitas dalam pola sirkumferensial dengan garis yang menandai permukaan cairan.

- Uap panas

Terutama ditemukan di daerah industri atau akibat kecelakaan radiator mobil.

Uap panas menimbulkan cedera luas akibat kapasitas panas yang tinggi dari uap serta dispersi oleh uap bertekanan tinggi. Apabila terjadi inhalasi, uap panas dapat menyebabkan cedera hingga ke saluran napas distal di paru.

- Gas panas

Inhalasi menyebabkan cedera thermal pada saluran nafas bagian atas dan oklusi jalan nafas akibat edema jaringan.

- Aliran listrik

Cedera timbul akibat aliran listrik yang lewat menembus jaringan tubuh.

Umumnya luka bakar mencapai kulit bagian dalam. Listrik yang menyebabkan percikan api dan membakar pakaian dapat menyebabkan luka bakar tambahan.

- Zat kimia (asam atau basa)

Luka bakar kimia biasanya disebabkan oleh asam kuat atau alkali yang biasa digunakan dalam bidang industri militer ataupun bahan pembersih yang sering digunakan untuk keperluan rumah tangga.

- Radiasi

Luka bakar radiasi disebabkan karena terpapar dengan sumber radio aktif. Tipe injuri ini sering disebabkan oleh penggunaan radio aktif untuk keperluan

terapeutik dalam dunia kedokteran dan industri. Akibat terpapar sinar matahari yang terlalu lama juga dapat menyebabkan luka bakar radiasi.

- *Sunburn* sinar matahari.

### 2.1.2 Klasifikasi Luka Bakar

Kedalaman luka bakar ditentukan oleh tinggi suhu, lamanya pajanan suhu tinggi, adekuasi resusitasi dan adanya infeksi pada luka. Selain api yang langsung menjilat tubuh, baju yang ikut terbakar juga memperdalam luka bakar (ANZBA, 2016; Benson et al., 2006; Gillenwater and Garner, 2020). Luka bakar dapat dikelompokkan dalam 3 klasifikasi utama bergantung pada kedalaman kerusakan jaringan yaitu *superficial*, *mid* dan *deep burns*. Klasifikasi ini kemudian lebih lanjut didefinisikan sebagai *epidermal*, *superficial dermal*, *middermal*, *deep dermal* atau *full thickness* (ANZBA, 2016; Gillenwater and Garner, 2020).

#### A. *Luka Bakar Superficial Dermal*

Adalah luka bakar yang memiliki kemampuan untuk menyembuhkan diri sendiri secara spontan dengan cara proses epithelialisasi (ANZBA, 2016).

##### 1. *Epidermal Burns*

*Epidermal burns* hanya terkena bagian epidermis. Penyebab umum dari luka bakar ini adalah sinar matahari dan luka kecil akibat ledakan. Bagian lapisan epidermis yang terkena luka bakar sembuh melalui proses regenerasi epidermis dari lapisan basal. Karena produksi mediator inflamasi, hiperaemia terjadi sehingga luka bakar ini berwarna merah dan menimbulkan nyeri. Luka

bakar ini menyembuh secara cepat (dalam tujuh hari), tanpa meninggalkan jejas berakibat ke kosmetik (ANZBA, 2016).

## 2. *Superficial Dermal Burns*

*Superficial dermal burns* termasuk jaringan epidermis dan bagian *superfisial dermis – papillary dermis*. Ciri khas dari luka bakar ini adalah adanya bula. Lapisan kulit yang menutupi bula ini sudah mati dan dipisahkan dari bagian dasar yang masih viabel dengan bagian inflamasi-edema. Edema ini akan mengangkat bagian atas jaringan nekrotik membentuk bula. Bula ini mungkin pecah sehingga mengekspos bagian dermis yang setelah paparan, mungkin mengalami *desiccate* dan mati. Hal ini menyebabkan peningkatan kedalaman jaringan yang hilang. Bagian *papillary dermis* yang terkena berwarna kemerahan. Karena saraf sensorik terkena, maka luka bakar ini biasanya sangat nyeri. Luka bakar *superficial dermal* akan sembuh secara spontan oleh karena proses epitelisasi dalam waktu 14 hari, hanya meninggalkan jejas perubahan warna tanpa menimbulkan *scar* pada jejas luka bakar ini (ANZBA, 2016).

### B. *Mid-dermal Burns*

Luka bakar mid-dermal adalah luka bakar yang terletak di antara luka bakar dermal yang akan menyembuhkan relatif cepat, dan luka bakar deep-dermal yang tidak menyembuh secara cepat. Pada luka bakar mid-dermal, jumlah sel-sel epitel yang bertahan hidup mampu re-epitelisasi lebih kurang daripada luka bakar yang lebih dalam dan penyembuhan luka bakar secara cepat dan spontan tidak selalu terjadi. Secara klinis, penampilan luka bakar ini ditentukan oleh

kerusakan pleksus vaskular dermal yang bervariasi. *Capillary refill time* mungkin lambat, dan edema pada jaringan dan bula akan ada. Area yang terbakar ini biasanya berwarna merah muda gelap daripada luka bakar *superficial dermal* (ANZBA, 2016).

### C. *Deep Burns*

Luka bakar yang lebih dalam tampak lebih parah dan tidak sembuh secara spontan dengan epithelialisation, atau hanya sembuh setelah jangka waktu yang lama dengan jaringan parut yang signifikan. Luka bakar ini terbagi menjadi luka bakar *deep dermal* dan luka bakar *full thickness* (ANZBA, 2016).

#### 1. *Deep Dermal Burns*

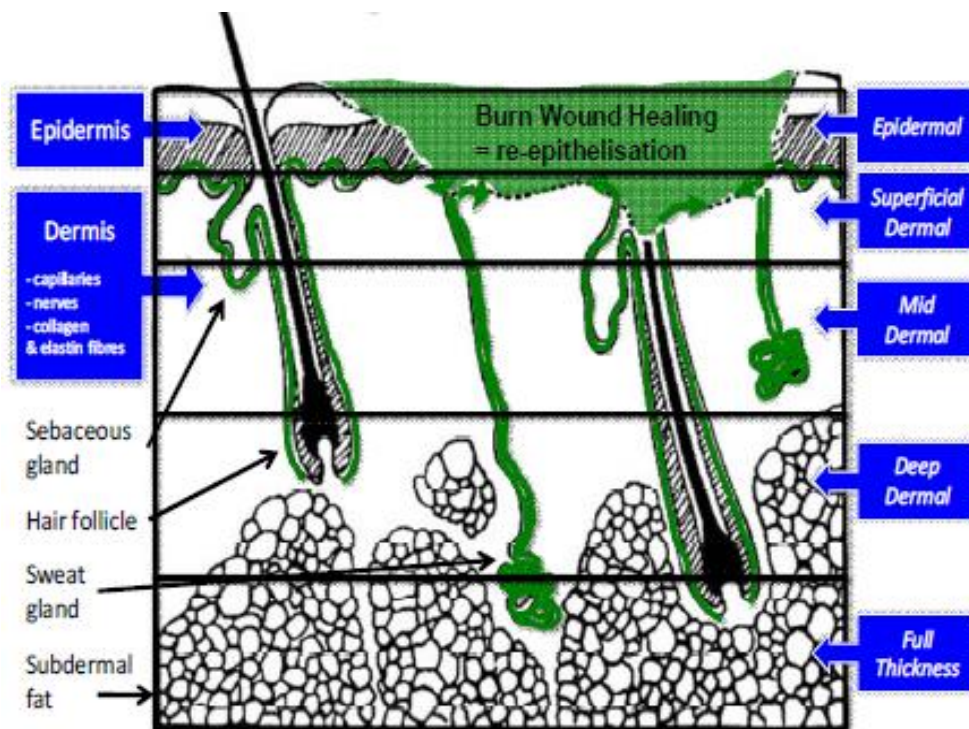
Pada luka bakar *deep dermal* terdapat bula, tapi dasar bula menunjukkan bagian dermis yang dalam dan bagian retikuler dermis sering tampak bintik-bintik warna merah. Bintik warna merah ini karena ekstrasvasasi hemoglobin dari sel-sel merah yang rusak dan keluar dari pembuluh darah yang pecah. Ciri penting luka bakar jenis ini adalah hilangnya fenomena *capillary refill*. Ini menunjukkan bahwa luka bakar *deep dermal* telah merusak pleksus vaskular dermal. Ujung saraf dermal juga terletak pada bagian ini sehingga tes *pinprick* akan hilang pada luka bakar *deep dermal* (ANZBA, 2016).

#### 2. *Full Thickness Burns*

Luka bakar *full thickness* merusak kedua lapisan kulit (epidermis dan dermis), dan dapat menembus lebih dalam ke dasar struktur kulit. Kulit pasien pada luka bakar ini berwarna putih padat, seperti lilin, atau bahkan tampak hangus.



Saraf sensorik dalam dermis rusak dan jadi sensasi untuk tes pinprick hilang.  
Kulit mati yang mengalami koagulasi tampak kasar yang disebut Eschar  
(ANZBA, 2016).



Gambar 2.1 Kedalaman Luka Bakar (ANZBA, 2016)

| <b>Kedalaman</b>   | <b>Warna</b>           | <b>Bula</b> | <b>Capillary Refill</b> | <b>Sensasi</b> | <b>Penyembuhan</b> |
|--------------------|------------------------|-------------|-------------------------|----------------|--------------------|
| Epidermal          | Merah                  | Tidak ada   | Cepat                   | Nyeri          | Ya                 |
| Superficial Dermal | Merah muda pucat       | Ada         | Cepat                   | Nyeri          | Ya                 |
| Mid Dermal         | Merah muda gelap       | Ada         | Lambat                  | ±              | Pada umumnya       |
| Deep Dermal        | Merah berbintik-bintik | ±           | Tidak ada               | Tidak ada      | Tidak              |
| Full Thickness     | Putih                  | Tidak       | Tidak ada               | Tidak ada      | Tidak              |

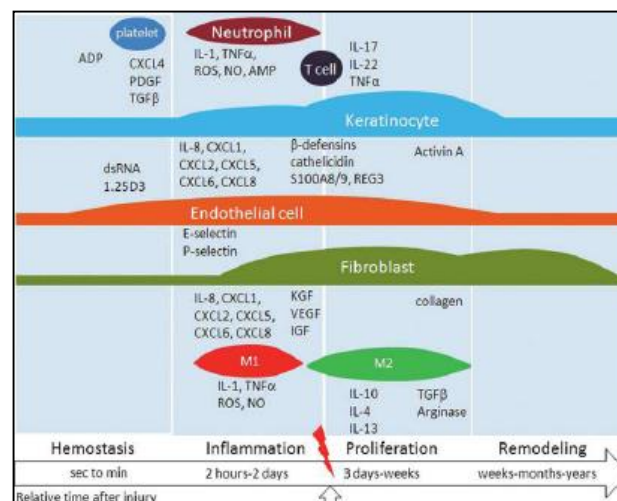
**Tabel 2.1** Diagnosis Kedalaman Luka Bakar (ANZBA, 2016)

### 2.1.3 Penyembuhan Luka

Definisi penyembuhan luka termasuk perbaikan dari kerusakan pada organ atau jaringan, umumnya kulit. Bagaimanapun, telah jelas bahwa proses sistemik pada luka yang mengubah jauh melebihi batas dari kerusakan itu sendiri (Nazzal et al., 2019). Lebih jauh lagi, riset sebelumnya melibatkan stem sel dan sel progenitor dalam proses penyembuhan luka membutuhkan perspektif yang luas

daripada yang satu semata-mata fokus pada kerusakan organ itu sendiri (Patel et al., 2015; Shpichka et al., 2019). Penyembuhan luka paling baik dipahami secara menyeluruh sebagai respon organisme terhadap cedera, tanpa melihat apakah lokasinya pada kulit, hati atau jantung (Cervelli et al., 2010; Nazzal et al., 2019; Rohovsky and D'Amore, 1997).

Terdapat dua proses yang penting dalam terjadinya proses homeostasis. Pertama adalah penggantian selular matriks yang berbeda sebagai tambalan untuk kembali menyusun kelanjutan baik fisik dan psikologis terhadap organ yang cedera. Hal tersebut merupakan proses terbentuknya *scar*. Proses yang kedua adalah rekapitulasi proses awal pembentukan organ yang cedera. Arsitektur organ asal dibentuk kembali, dengan mengaktifkan kembali jalur pembangunan. Ini merupakan proses regenerasi (Nazzal et al., 2019). Penyembuhan luka dapat dibagi ke dalam tiga fase, yaitu fase inflamasi, proliferasi dan remodeling (MacLeod and Mansbridge, 2016; Nazzal et al., 2019; Oryan et al., 2017).



Gambar 2.2 Fase penyembuhan luka (MacLeod and Mansbridge, 2016)

➤ **Fase Inflamasi (Hemostasis dan Inflamasi)**

Fase inflamasi berlangsung sejak terjadinya luka sampai kira-kira hari ke tiga. Pembuluh darah yang terputus pada luka akan menyebabkan perdarahan dan tubuh berusaha menghentikannya dengan vasokonstriksi, pengerutan ujung pembuluh yang putus (retraksi) dan reaksi hemostasis. Hemostasis terjadi karena trombosit yang keluar dari pembuluh darah saling melekat dan bersama jala fibrin yang terbentuk membekukan darah yang keluar dari pembuluh darah. Trombosit yang berlekatan akan berdegranulasi, melepas kemoatraktan yang menarik sel radang, mengaktifkan fibroblast lokal dan sel endotel serta vasokonstriktor. Hemostasis memicu inflamasi dengan terjadinya pelepasan faktor kemotaktik dari luka (MacLeod and Mansbridge, 2016; Nazzal et al., 2019).

Paparan kolagen subendothelial terhadap platelet menghasilkan agregasi platelet, degranulasi dan aktivasi koagulasi menghasilkan bekuan fibrin. Granul-granul *platelet- $\alpha$*  melepaskan sejumlah zat kimia seperti platelet-derived growth factor (PDGF), transforming growth factor- $\beta$  (TGF- $\beta$ ), platelet-activating factor (PAF), fibronectin dan serotonin. Sebagai tambahan untuk mencapai hemostasis, bekuan fibrin memungkinkan migrasi sel-sel inflamasi menuju luka seperti *polymorphonuclear leucocytes* (PMNs, neutrofil) dan monosit. PMN adalah sel pertama yang menuju ke tempat terjadinya luka. Jumlahnya meningkat cepat dan mencapai puncaknya pada 24 – 48 jam. Fungsi utamanya adalah memfagositosis bakteri yang masuk, meningkatkan permeabilitas pembuluh darah pelepasan prostaglandin dan adanya komponen kemotaktik seperti faktor komplemen,

interleukin-1 (IL-1), tumor nekrosis faktor- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), TNF- $\beta$ , factor platelet-4 atau produk bakteri kesemuanya merangsang migrasi netrofil. Elemen imun seluler yang berikutnya adalah makrofag. Sel ini turunan dari monosit yang bersirkulasi, terbentuk karena proses kemotaksis dan migrasi (Gillenwater and Garner, 2020; MacLeod and Mansbridge, 2016).

Makrofag muncul pertama 48-96 jam setelah terjadi luka. Makrofag berumur lebih panjang dibanding dengan sel PMN dan tetap ada di dalam luka sampai proses penyembuhan berjalan sempurna. Makrofag seperti halnya netrofil, memfagositosis dan mencerna organism-organisme patologis dan sisa-sisa jaringan. Makrofag juga memainkan peranan penting dalam regulasi angiogenesis dan terkumpulnya ekstraseluler matriks (ECM) oleh fibroblast dan proliferasi dari otot polos dan sel endothelial yang dihasilkan dalam angiogenesis. Setelah makrofag akan muncul Limfosit T dan jumlahnya mencapai puncak pada hari ketujuh. Jumlahnya lebih sedikit dibandingkan makrofag dan sebagai jembatan transisi dari fase inflamasi ke proliferasi. Fase ini juga disebut fase lamban karena reaksi pembentukan kolagen baru sedikit, dan luka hanya dipertautkan oleh fibrin yang amat lemah (Gillenwater and Garner, 2020; MacLeod and Mansbridge, 2016).

| CYTOKINE                           | CELL SOURCE                                 | FUNCTION  | Type of Wound    |                  |
|------------------------------------|---|---|------------------|------------------|
|                                    |   |   | ACUTE            | CHRONIC          |
| <b>Proinflammatory Cytokines</b>   |   |   |                  |                  |
| TNF- $\alpha$                      | PMNs, macrophages                           | Inflammation, reepithelialization, PMN margination and cytotoxicity, with or without collagen synthesis; provides metabolic substrate | Increased levels | Increased levels |
| IL-1                               | PMNs, monocytes, macrophages, keratinocytes | Inflammation, reepithelialization, fibroblast and keratinocyte chemotaxis, collagen synthesis   | Increased levels | Increased levels |
| IL-2                               | T lymphocytes                               | Increases fibroblast infiltration and metabolism  |                  |                  |
| IL-6                               | PMNs, macrophages, fibroblasts              | Inflammation, reepithelialization, fibroblast proliferation, hepatic acute-phase protein synthesis                                    | Increased levels | Increased levels |
| IL-8                               | Macrophages, fibroblasts                    | Inflammation, macrophage and PMN chemotaxis; reepithelialization, keratinocyte maturation and proliferation                           | Increased levels | Increased levels |
| IFN- $\gamma$                      | T lymphocytes, macrophages                  | Activates macrophages and PMNs, retards collagen synthesis and cross-linking, stimulates collagenase activity                         |                  |                  |
| <b>Anti-inflammatory Cytokines</b> |   |   |                  |                  |
| IL-4                               | T lymphocytes, basophils, mast cells        | Inhibition of TNF- $\alpha$ , IL-1, IL-6 production; fibroblast proliferation, collagen synthesis                                     |                  |                  |
| IL-10                              | T lymphocytes, macrophages, keratinocytes   | Inhibition of TNF- $\alpha$ , IL-1, IL-6 production, inhibition of macrophage and PMN activation                                      |                  |                  |

Gambar 2.3 Sitokin yang berpengaruh pada penyembuhan luka (Rumalla and Borah, 2001)

### ➤ Fase Proliferasi

Ketika respons akut hemostasis dan inflamasi mulai pulih, perancah diletakkan untuk memperbaiki luka melalui angiogenesis, fibroplasia, dan epitelisasi. Tahap ini ditandai dengan pembentukan jaringan granulasi, yang terdiri dari lapisan kapiler, fibroblast, makrofag, dan susunan kolagen, fibronectin, dan asam hialuronat yang longgar. Fase proliferasi disebut juga fase fibroplasia karena yang menonjol adalah proses proliferasi fibroblast. Fase ini berlangsung dari akhir fase inflamasi sampai kira-kira akhir minggu ke tiga. Apabila tidak ada kontaminasi atau infeksi yang bermakna, fase inflamasi berlangsung pendek. Setelah luka berhasil dibersihkan dari jaringan mati dan sisa material yang tidak berguna, dimulailah fase proliferasi. Fase proliferasi ditandai dengan pembentukan jaringan granulasi pada luka. Jaringan granulasi dibentuk dari tiga



tipe sel yang memainkan peranan yang penting dalam pembentukan jaringan granulasi, yaitu fibroblast, makrofag dan sel endothelial. Sel-sel ini membentuk ekstraseluler matrik (ECM) dan pembuluh darah baru, yang secara histologis merupakan bahan untuk jaringan granulasi. Fibroblast muncul pertama kali secara bermakna pada hari ke 3 dan mencapai puncak pada hari ke 7. Peningkatan jumlah fibroblast pada daerah luka merupakan kombinasi dari proliferasi dan migrasi (MacLeod and Mansbridge, 2016; Nauta et al., 2013).

Fibroblast berasal dari sel mesenkim yang belum berdiferensiasi, menghasilkan mukopolisakarida, asam amino glisin, dan prolin yang merupakan bahan dasar serat kolagen yang akan mempertautkan tepi luka. Pertumbuhannya disebabkan oleh sitokin yang diproduksi oleh makrofag dan limfosit. Fibroblast juga memproduksi kolagen dalam jumlah besar, kolagen ini berupa glikoprotein berantai tripel, unsur utama matriks luka ekstraseluler yang berguna membentuk kekuatan pada jaringan parut. Kolagen pertama kali dideteksi pada hari ke 3 setelah luka, meningkat sampai minggu ke 3. Kolagen terus menumpuk sampai tiga bulan. Fibroblast juga menyebabkan matriks fibronectin, asam hialuronik dan glikosaminoglikan. Pada fase ini, serat-serat dibentuk dan dihancurkan untuk penyesuaian diri dengan tegangan pada luka yang cenderung mengerut. Sifat ini bersama dengan sifat kontraktif miofibroblast, menyebabkan tarikan pada tepi luka. Pada akhir fase ini, kekuatan regangan luka mencapai 25% jaringan normal (Gillenwater and Garner, 2020; MacLeod and Mansbridge, 2016).

Sitokin merupakan stimulan potensial untuk pembentukan formasi baru pembuluh darah termasuk basic fibroblast growth faktor (FGF2), asidic FGF2 (aFGF2), transforming growth factor  $\alpha$ - $\beta$  (TGF $\alpha$ - $\beta$ ) dan epidermal fibroblast growth factor (eFGF2). FGF2 pada percobaan *invivo* merupakan substansi poten dalam neovaskularisasi. Proses tersebut terjadi dalam luka, sementara itu pada permukaan luka juga terjadi restorasi integritas epitel. Reepitelisasi ini terjadi beberapa jam setelah luka. Epitel tepi luka yang terdiri atas sel basal terlepas dari dasarnya dan berpindah mengisi permukaan luka. Tempatnya kemudian diisi oleh sel baru yang terbentuk dari proses mitosis. Proses migrasi hanya terjadi kearah yang lebih rendah atau datar. Proses ini baru berhenti setelah epitel saling menyentuh dan menutup seluruh permukaan luka. Dengan tertutupnya permukaan luka, proses fibroplasia dengan pembentukan jaringan granulasi juga akan berhenti dan mulailah proses pematangan dalam fase penyudahan. Proses reepitelisasi sempurna kurang dari 48 jam pada luka sayat yang tepinya saling berdekatan dan memerlukan waktu lebih panjang pada luka dengan defek lebar (Gillenwater and Garner, 2020).

| GROWTH FACTOR  | CELL SOURCE  | FUNCTION  | Type of Wound    |                  |
|--|--|---|------------------|------------------|
|  |  |   | ACUTE            | CHRONIC          |
| PDGF   | Platelets, macrophages, endothelial cells, keratinocytes, fibroblasts  | Inflammation; granulation tissue formation; reepithelialization; matrix formation and remodeling; chemotactic for PMNs, macrophages, fibroblasts, and smooth muscle cells, activates PMNs, macrophages and fibroblasts; mitogenic for fibroblasts, endothelial cells; stimulates production of MMPs, fibronectin, and HA; stimulates angiogenesis and wound contraction | Increased levels | Decreased levels |
| TGF- $\beta$ (including isoforms $\beta_1$ , $\beta_2$ , and $\beta_3$ ) | Platelets, T lymphocytes, macrophages, endothelial cells, keratinocytes, fibroblasts                                     | Inflammation; granulation tissue formation; reepithelialization; matrix formation and remodeling; chemotactic for PMNs, macrophages, lymphocytes, fibroblasts; stimulates TIMP synthesis, keratinocyte migration, angiogenesis, and fibroplasia; inhibits production of MMPs and keratinocyte proliferation; induces TGF- $\beta$ production                            | Increased levels | Decreased levels |
| EGF  | Platelets, macrophages, fibroblasts  | Mitogenic for keratinocytes and fibroblasts; stimulates keratinocyte migration  | Increased levels | Decreased levels |
| FGF-1 and FGF-2 family   | Macrophages, mast cells, T lymphocytes, endothelial cells, fibroblasts, keratinocytes, smooth muscle cells, chondrocytes | Granulation tissue formation; reepithelialization; matrix formation and remodeling; chemotactic for fibroblasts, mitogenic for fibroblasts and keratinocytes; stimulates keratinocyte migration; angiogenesis; wound contraction and matrix deposition  | Increased levels | Decreased levels |
| KGF (also called FGF-7)  | Fibroblasts, keratinocytes, smooth muscle cells, chondrocytes, endothelial cells, mast cells                             | Stimulate proliferation and migration of keratinocytes, increase transcription of factors involved in detoxification of ROS, potent mitogen for vascular endothelial cells; upregulates VEGF, stimulates endothelial cell production of UPA   | Increased levels | Decreased levels |
| VEGF   | Keratinocytes, platelets, PMNs, macrophages, endothelial cells, smooth muscle cells, fibroblasts                         | Granulation tissue formation; increases vasopermeability; mitogenic for endothelial cells   | Increased levels | Decreased levels |
| TGF- $\alpha$  | Macrophages, T lymphocytes, keratinocytes, platelets, fibroblasts, lymphocytes   | Reepithelialization; increase keratinocyte migration and proliferation  |                  |                  |
| IGF-1  | Macrophages, fibroblasts   | Stimulates elastin production and collagen synthesis, fibroblast proliferation  |                  |                  |

Gambar 2.4 Faktor pertumbuhan yang berpengaruh pada penyembuhan luka

(Nazal et al., 2019)

### ➤ Fase Remodeling

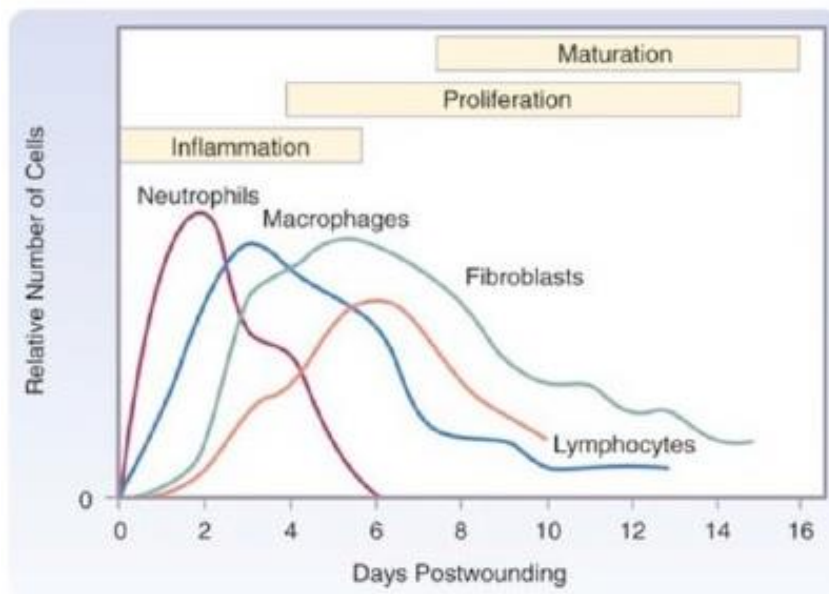
Fase remodeling adalah bagian yang paling lama dalam penyembuhan luka dan pada manusia berkisar pada hari ke 21 hingga 1 tahun. Sekali luka telah terisi jaringan granulasi dan setelah migrasi keratinosit yang telah mengalami re-epithelisasi, proses remodeling terjadi. Walaupun durasi remodeling yang lama dan hubungannya yang jelas sangat tampak, fase ini masih jauh dari pemahaman tentang penyembuhan luka. Pada fase ini terjadi proses pematangan yang terdiri atas penyerapan kembali jaringan yang berlebih, pengerutan sesuai dengan gaya gravitasi, dan akhirnya perupaan kembali jaringan yang baru terbentuk. Fase ini dapat berlangsung berbulan-bulan dan dinyatakan berakhir kalau semua tanda

radang sudah lenyap. Tubuh berusaha menormalkan kembali semua yang menjadi abnormal karena proses penyembuhan. Edema dan sel radang diserap, sel muda menjadi matang, kapiler baru menutup dan diserap kembali, kolagen yang berlebih diserap dan sisanya mengerut sesuai dengan regangan yang ada (Moenadjat et al., 2013; Rohovsky and D'Amore, 1997).

Pada manusia, remodeling ditandai oleh dua proses yaitu kontraksi luka dan remodeling kolagen. Proses kontraksi luka dihasilkan oleh miofibroblast, yang mana fibroblast dengan intraseluler aktin mikrofilamen mampu mendorong pembentukan dan kontraksi matriks. Miofibroblast menghubungkan luka melalui interaksi spesifik secara utuh dengan matriks kolagen (Lawrence, 1998; Nazzal et al., 2019). Beberapa growth factor yang menstimulasi sintesis kolagen dan molekul jaringan ikat yang lain juga merangsang sintesis dan aktivasi dari metalloproteinase, enzim yang mendegradasi komponen ECM ini. Matriks metalloproteinase termasuk interstitial collagenases (MMP-1,-2 dan -3) yang membelah menjadi kolagen tipe I, II dan III; gelatinases (MMP-2 dan 9), yang merubah kolagen tidak berbentuk sebaik fibronectin; stromelysin (MMP-3, 10, dan 11), yang beraksi pada berbagai komponen ECM, termasuk proteoglycans, laminin, fibronectin dan kolagen tak berbentuk; dan keluarga ikatan membran MMPs. MMPs diproduksi oleh fibroblast, makrofag, neutrofil, sel synovial, dan beberapa sel epitel. Sekresinya dipicu oleh growth factor (PDGF, FGF2), sitokin (IL-1, TNF), dan fagositosis dalam makrofag dan di hambat oleh TGF- $\beta$  dan steroid (Herndon et al., 1997). Enzim kolagen membelah kolagen di bawah

kondisi fisiologis. Mereka disintesis secara tersembunyi (procollagenase) yang diaktivasi secara kimiawi, seperti radikal bebas diproduksi selama oksidasi leukosit, dan enzim proteinase (plasmin). Sekali dibentuk, enzim kolagen yang diaktivasi secepatnya dihambat oleh golongan jaringan spesifik penghambat enzim metalloproteinase, yang diproduksi oleh hampir seluruh sel mesenkimal, hal ini mencegah aksi enzim protease yang tidak terkontrol. Serat kolagen membentuk bagian utama dari jaringan ikat dalam perbaikan dan penting untuk membangun kekuatan penyembuhan luka (Lawrence, 1998; MacLeod and Mansbridge, 2016; Witte and Barbul, 1997).

Akumulasi jaringan kolagen tergantung tidak hanya peningkatan sintesis kolagen namun juga penurunan degradasi. Ketika jahitan diangkat dari luka, biasanya di akhir minggu pertama, kekuatan luka  $\pm$  10% dari kulit normal. Kekuatan luka segera meningkat hingga 4 minggu kemudian, melambat hingga kira-kira tiga bulan setelah dilakukan luka insisi dan tensile strength mencapai kira-kira 70% – 80% dari kulit normal. Tensile strength pada luka yang lebih rendah mungkin berlangsung seumur hidup. Pemulihan tensile strength merupakan hasil dari sintesis kolagen lebih dari degradasi kolagen selama 2 bulan pertama penyembuhan dan selanjutnya dari modifikasi struktur serat kolagen setelah sintesis kolagen berakhir (Lawrence, 1998; McGee et al., 1988).



Gambar 2.5 Hubungan antara waktu munculnya sel yang berbeda-beda pada proses penyembuhan luka. Makrofag dan neutrofil yang dominan selama fase inflamasi (puncak masing-masing pada hari ke 3 dan 2). Limfosit muncul kemudian dan fase puncak pada hari ke 7. Fibroblast adalah sel dominan selama fase proliferasi (Witte and Barbul, 1997).

## 2.2 Tinjauan Tentang PRP, SVFs, Vaseline dan Kombinasi PRP + SVFs

### 2.2.1 Platelet Rich Plasma (PRP)

*Platelet Rich Plasma* (PRP) adalah suatu autologous dari trombosit manusia dalam volume yang kecil dalam plasma yang mengandung 1.000.000 trombosit/ $\mu$ l dengan volume 5 ml plasma (Li et al., 2009; Tohidnezhad et al., 2011). PRP diketahui mengandung 7 macam faktor pertumbuhan yaitu: TGF- $\beta$ , FGF2, PDGFa, PDGFb, EGF, VEGF. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui

peran *growth factor* dalam meningkatkan proses regenerasi jaringan luka dengan memeriksa epitelisasi, fibroblast dan neovaskular jaringan menggunakan pemeriksaan histologi (Kim et al., 2014; Tajima et al., 2014; Tohidnezhad et al., 2011). FGF2-1 dan FGF2-2 adalah promotor proliferasi sel endotel dan organisasi fisik dari sel-sel endotel untuk pembentukan struktur tubuler. Fungsi utama FGF2 adalah stimulasi proliferasi fibroblast yang menimbulkan granulasi jaringan dan *remodeling* jaringan (Borrione et al., 2010; Gentile et al., 2017). TGF- $\beta$  merangsang proliferasi sel-sel mesenchymal yang *undifferentiated*; mengatur mitogenesis sel-sel endotel, fibroblast dan osteoblast; meningkatkan produksi matriks ekstraseluler; meningkatkan aktivitas proliferasi fibroblast; merangsang biosintesis tipe I kolagen dan fibronectin; mendukung GFs (*growth factors*) lain (Borrione et al., 2010).

Darah terdiri dari 93% sel darah merah, 6% sel darah putih, platelet 1% dan plasma. Trombosit paling dikenal karena fungsi pembekuan darah untuk menghentikan perdarahan. Trombosit, bagaimanapun, jauh lebih penting daripada ini, karena trombosit manusia juga merupakan komponen penting dalam penyembuhan cedera. Trombosit secara alami sangat kaya akan faktor pertumbuhan untuk penyembuhan luka (Bakacak et al., 2016). Respon tubuh pertama terhadap cedera jaringan adalah mengantarkan trombosit ke daerah tersebut. Trombosit memulai perbaikan dan menarik sel punca pada luka. Menyuntikkan faktor pertumbuhan ini ke dalam ligamen, tendon, sendi dan spinal yang rusak akan merangsang proses perbaikan alami. Untuk

memaksimalkan proses penyembuhan, platelet harus terkonsentrasi dan terpisah dari sel darah merah (Nikolidakis and Jansen, 2008). Tujuan PRP adalah untuk memaksimalkan jumlah trombosit sambil meminimalkan jumlah sel darah merah dalam larutan yang disuntikkan ke daerah yang terluka atau sakit. Singkatnya, PRP menciptakan, merangsang, dan mempercepat proses penyembuhan alami tubuh. (Kim et al., 2014; Raposio et al., 2016).

PRP merupakan metode pengobatan mutakhir yang memanfaatkan plasma darah yang kaya akan faktor pertumbuhan dari darah kita sendiri untuk penyembuhan berbagai masalah pada tubuh. PRP ditemukan pertama kali pada tahun 1970-an dan digunakan pertama kali pada pembedahan jantung pada tahun 1987 (Zuk et al., 2002). Sejak saat itu PRP telah berkembang dan dipakai untuk mengobati berbagai cedera akibat olahraga (Kim et al., 2014; Rigotti et al., 2009).

Penggunaan PRP kini telah makin meluas di bidang kedokteran lainnya, misalnya untuk terapi pada kebotakan alopecia, peremajaan kulit, penyembuhan luka, perbaikan lubang-lubang bekas jerawat serta menghaluskan garis-garis pada kulit akibat kehamilan. Data klinis dan riset yang ada menunjukkan bahwa penggunaan terapi ini sangat aman, memiliki resiko minimal akan terjadinya efek samping, alergi, maupun reaksi penolakan karena diambil dari darah pasien sendiri (*autologue*) (Kim et al., 2014; Rigotti et al., 2009).

Luka yang berat seperti luka bakar atau ulkus diabetes merupakan jenis luka yang cukup sulit disembuhkan dan biasanya memberikan hasil yang kurang



memuaskan. Dengan PRP sel-sel akan dipacu oleh faktor pertumbuhan untuk diperbaiki lebih cepat sehingga hasilnya akan lebih memuaskan (Raposio et al., 2016). Peran trombosit pada pembekuan darah telah lama diketahui. Selain fungsi tersebut, trombosit juga merupakan sumber berbagai faktor pertumbuhan yang berperan penting pada proses penyembuhan luka, respons akut jaringan terhadap trauma, dan terlibat pada beberapa proses fisiologis selular, misalnya pertumbuhan, diferensiasi dan replikasi sel (Rigotti et al., 2009). Banyak ahli ingin mendapatkan berbagai manfaat faktor pertumbuhan dan menggunakan beberapa metode untuk mengekstraksi faktor pertumbuhan tersebut, salah satunya dengan membuat PRP (Kim et al., 2014; Raposio et al., 2016).

Kepustakaan lain menyebutkan konsentrasi trombosit dalam PRP 2-8 kali lebih tinggi dibandingkan dengan nilai normal. Tingginya konsentrasi trombosit dan berbagai faktor pertumbuhan di dalamnya, telah membuat PRP dimanfaatkan pada banyak cabang ilmu kedokteran, yaitu bedah mulut, bedah plastik, bedah kraniofasial, bedah jantung, ortopedi, neurologi, kedokteran olah raga, dan dermatologi (Kim et al., 2014). Pada makalah ini akan dibahas lebih lanjut mengenai penggunaan PRP pada luka bakar. Manfaat PRP pada luka bakar belum pasti karena terbatasnya uji klinis PRP pada kasus luka bakar. Pembuatan PRP biasanya dilakukan sebelum operasi atau tindakan medis lain, tetapi hal tersebut sulit dilakukan pada pasien luka bakar, mengingat kondisi hemodinamik yang mungkin terganggu. PRP hanya meningkatkan persentase relatif trombosit dalam plasma, sedangkan jumlah absolut trombosit dalam plasma pasien luka

bakar mungkin jauh lebih rendah, sehingga efektivitas PRP pada pasien luka bakar tidak dapat disamakan dengan pasien lain (Kim et al., 2014; Rigotti et al., 2009). Meskipun demikian, terdapat beberapa laporan mengenai efektivitas PRP untuk luka bakar. Melaporkan bahwa pemberian PRP pada 10 pasien dengan luka bakar pada mata mempercepat re-epitelisasi pada kelopak mata dan kornea (Choi et al., 2012; Ghieh et al., 2015; Rapisio et al., 2016).

Namun PRP menginduksi respons inflamasi hebat pada luka bakar dan dikhawatirkan akan menstimulasi pembentukan jaringan granulasi berlebihan atau parut hipertrofik (Shpichka et al., 2019). Jaringan granulasi berlebihan tidak diharapkan terjadi pada luka bakar dengan defek superfisial atau parsial, tetapi jaringan granulasi tersebut dapat berguna pada luka bakar dengan defek dalam (Kim et al., 2014; Rigotti et al., 2009).

### **2.2.2 Stromal Vascular Fraction Cell (SVFs)**

*Stromal vascular fraction cell* (SVFs) berasal dari jaringan adiposa autologous, dengan aktivitas regeneratif jaringan potensial. SVFs diperoleh melalui sedot lemak dan mengandung beberapa jenis sel, termasuk sel induk yang diturunkan dari *adiposa derivate stem cell* (ASCs), sel mesenkimal dan sel progenitor endotel, subtipe leukosit, sel limfatik, pericytes, sel T, sel B dan sel otot polos vaskular (Bourin et al., 2013; Choi et al., 2012; Darinskas et al., 2017; Zuk et al., 2002). SVFs diproses sedemikian rupa sehingga mengandung komposisi sel heterogen konsisten yang dapat di produksi kembali. Setelah

proses produksi dan pencatatan, SVFs yang berasal dari adiposa dapat berdiferensiasi menjadi jenis jaringan yang berbeda, mendukung neovaskularisasi, mengganti sel dan memperbaiki jaringan yang cedera (Darinskas et al., 2017; Han et al., 2010; Zuk et al., 2002).

Persepsi masyarakat umum tentang jaringan adiposa sebagai organ telah berubah secara dramatis selama 4 dekade terakhir. Meskipun jaringan adiposa telah secara rutin dibuang sebagai limbah medis, ahli bedah plastik dan peneliti lainnya telah mendokumentasikan penggunaan jaringan adiposa sebagai sumber sel stroma multipoten yang melimpah dan dapat diakses untuk pengobatan regeneratif (Zuk et al., 2002). Sejak laporan awal pada akhir 1960-an, beberapa laboratorium telah menetapkan bahwa sel stroma yang serupa dengan yang teridentifikasi dalam sumsum tulang dapat diisolasi dengan cara yang dapat direproduksi dari jaringan adiposa yang dapat direseksi sebagai jaringan utuh atau disedot dengan *liposuction* (Gimble and Guilak, 2003; Gimble et al., 2007). Umumnya jaringan adiposa dicerna oleh suatu kolagenase, tripsin atau enzim terkait (Bourin et al., 2013).

Setelah netralisasi enzim, unsur yang dilepaskan didefinisikan sebagai SVFs, dipisahkan dari adiposit matang dengan sentrifugasi. SVFs terdiri dari populasi sel mesenkim heterogen yang tidak hanya mencakup sel stroma dan sel hematopoietik serta sel progenitor adiposa tetapi juga sel endotel, eritrosit, fibroblast, limfosit, monosit dan pericytes. Ketika SVFs ditumbuhkan ke dalam kultur, sebagian sel mulai menempel pada plastik kultur jaringan. Sel-sel ini

dapat dimurnikan lebih lanjut dengan menggunakan kombinasi langkah pencucian dan ekspansi kultur dengan media yang serupa dengan yang digunakan untuk MSC sumsum tulang untuk menghabiskan sebagian besar populasi sel hematopoietik dari SVFs (Josh et al., 2012). Proses ini memungkinkan munculnya populasi sel yang sejenis disebut ASCs. ASCs termasuk sel multipoten dengan kemampuan untuk berdiferensiasi menjadi adiposit, kondrosit dan *osteoblasts* (Bourin et al., 2013; Josh et al., 2012). Dalam hal ini, ASCs menunjukkan sifat yang serupa dengan MSCs sumsum tulang yang menyebabkan beberapa peneliti menyarankan bahwa kedua populasi itu identik. Namun banyak fitur membedakan kedua populasi sel ini. Sebagai contoh, ASCs tampaknya lebih rentan untuk berdiferensiasi menjadi sel otot atau bahkan menjadi kardiomyosit dibandingkan dengan MSCs sumsum tulang, sementara kurang kuat pada sifat chondrogenik dan osteogenik menurut beberapa laporan. Variabilitas antara ASCs dan MSCs sumsum tulang mungkin mencerminkan sebagian lingkungan mikro yang berbeda atau dimana sel-sel ini berada di jaringan asal masing-masing dan perbedaan dalam protokol perluasan *ex vivo* (Ferraro et al., 2016).

Penelitian klinis pada populasi sel stromal dewasa ini telah meningkat dan beberapa penyelidikan klinis sedang dilakukan untuk memeriksa penggunaan ASCs, SVFs dan MSCs sumsum tulang untuk rekayasa jaringan dan aplikasi medis regeneratif (Bourin et al., 2013; Gimble et al., 2007). Metode untuk mengisolasi SVFs menggunakan teknik mekanis dan non enzimatis

sedang dikembangkan dan beberapa telah diterapkan dalam praktik klinis. Untuk alasan ini, sekarang saatnya untuk mengembangkan sebuah pernyataan ringkas yang mendefinisikan karakteristik dan sifat unik dari sel SVFs dan ASCs (Ferraro et al., 2016; Josh et al., 2012).

Jaringan adiposa seperti sumsum tulang berasal dari mesenkim dan terdiri dari stroma yang terpisah secara efektif. Mengingat hal ini, jaringan adiposa dapat mewakili sumber sel punca/*stem cell* yang memiliki keuntungan luas (Baglioni et al., 2009). Reaksi seluler terhadap luka terutama difasilitasi oleh sel induk mesenkimal yang menghasilkan indikator atau sinyal parakrin dan menginduksi sel induk hematopoietik terdahulu, sel induk folikel dan jaringan epitel untuk berdiferensiasi ke dalam jaringan (Cerqueira et al., 2016). Jenis sel ini memiliki peran spesifik dalam setiap tahap perbaikan dan mereka mempercepat proses peradangan. Dalam penelitian ini, penggunaan fraksinasi vaskular stroma untuk mengobati luka akibat luka bakar diselidiki. Uji *in vivo* dan *in vitro* digunakan untuk mengkonfirmasi keefektifan sel stroma dalam penyembuhan luka bakar (Foubert et al., 2016).

### **2.2.3 Vaseline**

Vaseline (*White Petrolatum*) adalah campuran dari mineral oil, paraffin dan lilin micro crystalline yang dilebur menjadi satu dalam bentuk gel halus yang biasanya berwarna *off-white* bening (Petry et al., 2017). Saat dioleskan ke kulit, gel ini meresap sempurna ke pori-pori kulit dan dengan cepat akan mengganti

sel kulit mati dengan sel kulit baru yang sehat. Setelah meresap ke kulit, petroleum jelly juga dapat langsung masuk ke dalam celah-celah sel kulit untuk menghalangi hilangnya air alami yang diproduksi kulit kita. Sehingga kelembapan kulit tetap terjaga secara natural (Ghadially et al., 1992). Pada dasarnya *Vaseline petroleum jelly* berfungsi untuk memperbaiki fungsi sel-sel pada kulit, dari fungsi inilah banyak sekali manfaat yg bisa kita dapat dari *vaseline petroleum jelly*. Vaseline mengandung 100% Petroleum Jelly yang berfungsi (Sethi et al., 2016):

- Sebagai tabir surya
- Penyembuhan luka (*hyaluronic acid*)
- Melembabkan dan menghaluskan kulit
- Antimikroba
- Anti inflamasi

#### **2.2.4 Kombinasi PRP dan SVFs**

PRP merangsang proliferasi ASCs, menunjukkan bahwa PRP mengandung faktor pertumbuhan yang penting untuk proliferasi ASCs. Ada berbagai faktor pertumbuhan yang penting, seperti FGF2, EGF dan PDGF, yang merangsang proliferasi sel induk (Chierigato et al., 2011; Said et al., 2019).

PRP tidak hanya merangsang proliferasi ASCs tetapi juga menjaga potensi diferensiasi ASCs secara *in vitro* seperti diferensiasi sel-sel *chondrogenic*. ASCs yang dikombinasi PRP didapatkan peningkatan ekspresi

gen terkait *chondrogenesis col-II*, *Sox9* dan *aggrecan* (Van Pham et al., 2013; Zhang et al., 2011).

### 2.3 Sel Punca (*Stem Cell*)

Perkembangan penelitian sel punca dimulai sejak tahun 1961, pada saat itu terapi pengobatan menggunakan sel punca pertama kali berhasil dilakukan transplantasi sumsum tulang pada tahun 1968. Pada tahun 1980-an berhasil dibuat sel punca embrio dari tikus di laboratorium, di tahun 1988 berhasil di isolasi sel punca embrio dari hamster, di tahun 1998 pertama kali berhasil di isolasi sel dari massa sel embrio dini dan dikembangkan sel punca embrio serta berhasil di isoalsi sel germinal berasal dari sel dalam jaringan gonad janin (manusia), dan pada tahun 1995 ditemukan sumber sel punca pluripoten (Fu et al., 2006). Penelitian sel punca terus dikembangkan untuk berbagai jenis terapi penyakit khususnya penyakit degeneratif, hingga kini banyak negara di dunia antara lain Eropa, Amerika, Jepang, Korea dan Singapura telah memakai sel punca sebagai terapi pilihan bagi penyakit kelainan hematologi maupun penyakit degeneratif (Rosenstrauch et al., 2005).

Sesuai dengan kata yang menyusunnya (*stem*: batang; *cell*: sel), stem cell adalah sel yang menjadi awal mula dari pertumbuhan sel lain yang menyusun keseluruhan tubuh makhluk hidup, termasuk manusia. Seperti batang pohon yang menjadi tumpuan bagi pertumbuhan ranting dan daunnya, *stem cell* juga merupakan awal dari pembentukan berbagai jenis sel penyusun tubuh (Kirschstein, 2001; Shpichka et al., 2019). Sel Punca merupakan sel dari embrio, fetus, atau sel dewasa yang

berkemampuan untuk memperbanyak diri sendiri dalam jangka waktu yang lama, belum memiliki fungsi spesifik, dan mampu berdiferensiasi menjadi tipe sel tertentu yang membangun sistem jaringan dan organ dalam tubuh (Tsien, 2006).

### **Karakteristik Sel Punca**

Untuk dapat digolongkan sebagai sel punca, harus memiliki beberapa karakteristik (Chiericato et al., 2011): belum berdiferensiasi (*undifferentiated*), mampu memperbanyak diri sendiri (*self renewal*) dan dapat berdiferensiasi menjadi lebih dari 1 jenis sel (*multipoten/pluripoten*).

### **Belum Berdiferensiasi (*undifferentiated*)**

Sel Punca yang belum memiliki bentuk dan fungsi spesifik seperti sel-sel lain di tubuh manusia. Sel-sel spesifik contohnya sel otot jantung (berdenyut), neuron (menghantarkan impuls), sel  $\beta$  pancreas (mengeluarkan hormon). Terdapat bukti ilmiah yang menunjukkan bahwa populasi sel punca dalam suatu jaringan matur, tampak sebagai suatu populasi sel inaktif, yang fungsinya baru terlihat dalam waktu dan kondisi tertentu (Tsien, 2006).

### **Mampu memperbanyak diri (*self renewal*)**

Sel Punca dapat melakukan replikasi dan menghasilkan sel berkarakteristik sama dengan sel induknya. Kemampuan memperbanyak diri dan menghasilkan sel-sel yang sama seperti induknya ini tidak dimiliki oleh sel-sel tubuh lainnya seperti sel



jantung, otak maupun sel pankreas. Kemampuan ini tidak dipunyai oleh sel-sel jantung, neuron dan pankreas. Itulah sebabnya apabila jaringan dalam jantung, otak, maupun pankreas mengalami kerusakan, maka pada umumnya kerusakan tersebut bersifat *irreversible* (Cerqueira et al., 2016).

### **Dapat berdiferensiasi menjadi > 1 jenis sel (*Multipoten/Pluripoten*)**

Keberadaan sel punca yang belum berdiferensiasi dimaksudkan untuk menjaga kontinuitas regenerasi populasi sel yang menyusun dan organ tubuh. Dibanding sel matur lainnya, sel punca mampu untuk berdiferensiasi menjadi > 1 jenis sel tubuh (Kirschstein, 2001). Sel punca bersifat *pluripoten*, *multipoten* atau *oligopoten* bergantung pada jenis dari sel punca tersebut (Schöler, 2016).

*Stem cell* merupakan sel yang paling berharga untuk pengobatan regeneratif. Penelitian tentang sel punca memberikan pengetahuan lanjut tentang bagaimana suatu organisme berkembang dari satu sel, dan bagaimana kualitas sel yang menggantikan sel lain yang rusak pada organ dewasa (Raposio et al., 2016). Sel punca memiliki kemampuan untuk secara berkesinambungan membelah baik untuk replikasi dirinya sendiri atau menghasilkan sel-sel khusus yang dapat berdiferensiasi menjadi berbagai jenis sel atau jaringan (*multilineage differentiation*) (Chiericato et al., 2011).

Jenis sel punca yaitu sel embrionik dan sel punca dewasa yang banyak terdapat dalam sumsum tulang, namun pada penelitian lebih lanjut ditemukan juga bahwa ternyata sel punca dapat pula diisolasi dari darah tali pusat, darah perifer hepar, kulit, maupun

pulpa dari gigi, dan bahkan dari jaringan lemak yang pada umumnya merupakan limbah buangan sisa operasi *liposuction* serta dari *human embryonic stem cell* (hESC) (Aleckovic and Simon, 2008).

Berdasarkan potensi atau kemampuan berdiferensiasi, sel punca digolongkan menjadi (Schöler, 2016):

- ***Totipoten***

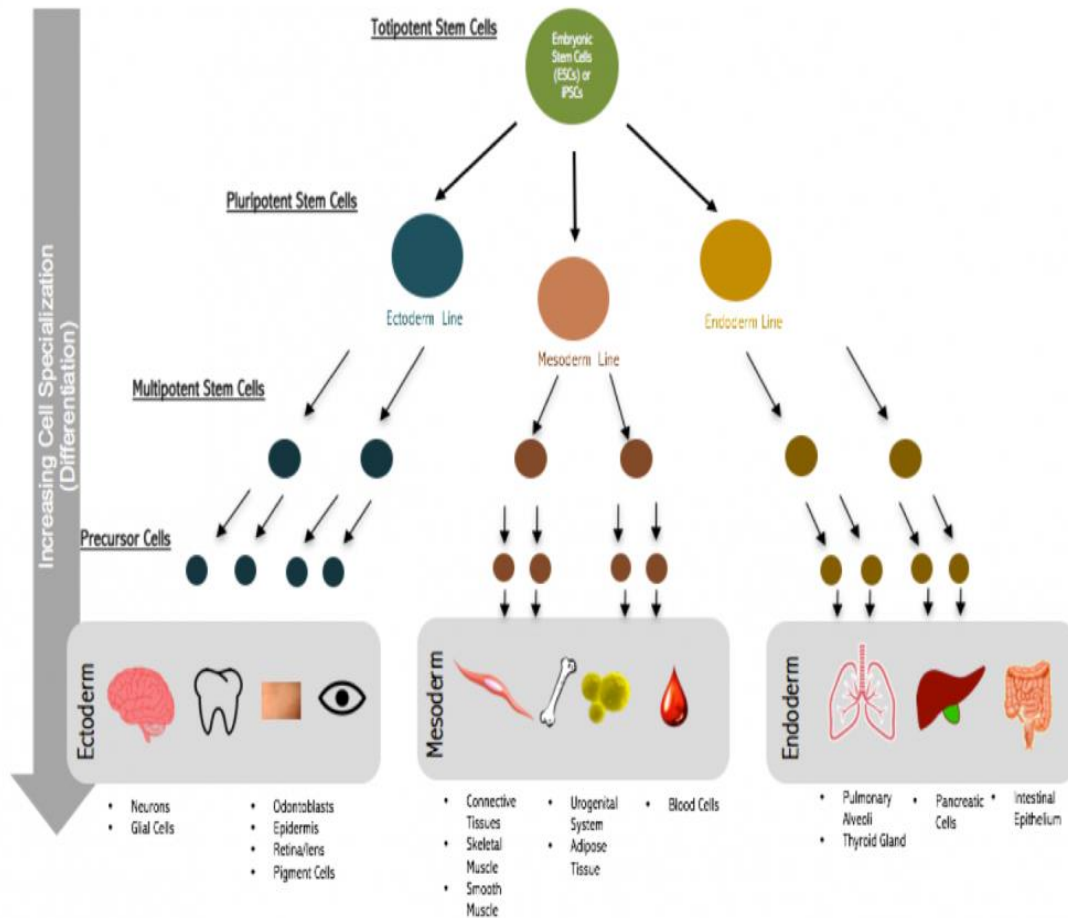
yaitu sel punca yang dapat berdiferensiasi menjadi organ hidup yang lengkap, termasuk dalam golongan ini adalah zigot (telur yang telah dibuahi).

- ***Pluripoten***

yaitu sel punca yang dapat berdiferensiasi menjadi tiga lapisan germinal: ektoderm, mesoderm, dan endoderm, tapi tidak dapat menjadi jaringan ekstra embryonik seperti plasenta dan tali pusat, termasuk golongan ini adalah sel punca embryonik.

- ***Multipoten***

yaitu sel punca yang dapat berdiferensiasi menjadi banyak jenis sel, misalnya: sel punca hematopoietik. *Unipoten*, yaitu sel punca yang hanya dapat menghasilkan satu jenis sel, tapi berbeda dengan non sel punca, jenis *unipoten* ini hanya mempunyai sifat dapat memperbaharui atau meregenerasi diri.



**Gambar 2.6 Jenis Sel Punca** (Hayes et al., 2012)

Sedangkan berdasarkan sumber asal *stem cell* diperoleh di berbagai jaringan tubuh, *stem cell* dibagi menjadi: zygote, yaitu pada tahap sesaat setelah sperma bertemu dengan sel telur, *stem cell embryonik* yang diperoleh dari *inner cell mass* dari suatu *blastocyst* (embrio yang terdiri dari 50-15 sel, kira-kira hari ke-5 pasca pembuahan)(Wobus and Boheler, 2005)(Wobus and Boheler, 2005). *Stem cell embryonik* umumnya diperoleh dari sisa embrio yang tidak dipakai pada IVF (*in vitro fertilization*)

(Wobus and Boheler, 2005). Tapi saat ini telah dikembangkan teknik pengambilan *stem cell embryonik* yang tidak membahayakan embrio tersebut, sehingga dapat bertahan hidup dan bertumbuh. Untuk masa depan hal ini mungkin dapat mengurangi kontroversi etik terhadap sel punca *embryonik* (Lo and Parham, 2009).

Sel punca dewasa merupakan sel-sel yang tidak berdiferensiasi dan ditemukan pada jaringan yang telah mengalami diferensiasi, serta mampu memperbaharui dirinya sendiri selama seumur hidup mikroorganisme tersebut (Zakrzewski et al., 2019). Peran sel punca dewasa adalah untuk mempertahankan dan memperbaiki jaringan tubuh di tempat sel punca ditemukan. Secara umum, *stem cell* dewasa dianggap memiliki potensi terbatas untuk menjadi jenis sel apapun dalam tubuh, dengan kata lain hanya dapat menghasilkan varietas tipe sel dalam garis keturunan atau jenisnya sendiri dan dianggap multipotensial. Terdapat dua karakteristik yang dimiliki oleh *stem cell* diantaranya adalah dapat menghasilkan sel yang serupa dengan dirinya dalam periode waktu yang panjang, kemampuan tersebut dikenal sebagai pembaharuan diri jangka panjang. Selain itu, sel tersebut dapat menghasilkan jenis sel dewasa mampu membentuk sel-sel yang berdiferensiasi sempurna dengan fenotip yang matang, mempunyai integrasi sempurna dengan jaringan dan mampu menjalankan fungsi khusus sesuai dengan jaringan tersebut (Schöler, 2016). Umumnya peneliti mengidentifikasikan sel punca dewasa dengan cara mengandalkan dua karakteristik yaitu morfologi sel dan identifikasi penanda permukaan (Widowati and Widyanto, 2013).

Beberapa sel punca dewasa memiliki kemampuan untuk berdiferensiasi menjadi sel jaringan lain selain jaringan asalnya atau disebut sebagai plastisitas atau

transdiferensiasi (Hombach-Klonisch et al., 2008). Untuk menunjukkan bahwa sel punca dewasa mempunyai sifat plastisitas, harus diidentifikasi terlebih dahulu bahwa pada populasi sel jaringan awal terdapat sel punca, kemudian dibuktikan bahwa sel punca dewasa mampu menghasilkan jenis sel normal jaringan lain, dan potensi ini dapat dideteksi pada lingkungan yang baru. Sel ini harus dapat berintegrasi dengan lingkungan barunya, bertahan dan berfungsi seperti sel dewasa yang lain pada jaringan tersebut. Sel punca dewasa merupakan sel multipotensial karena dapat menghasilkan seluruh jenis sel yang memiliki hubungan dengan jaringan asalnya (Widowati and Widyanto, 2013).

Sel Punca yang digunakan pada penelitian ini, adalah PRP dan SVFs yang di isolasi dan kultur dari darah serta lemak tikus wistar. Diproduksi oleh HUM-RC RSPTN Universitas Hasanuddin, Makassar. Sel punca PRP dan SVFs ini diambil dari darah dan lemak tikus wistar umur antara 10 minggu. Standar operasional prosedur sesuai Komite Etik Penelitian Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, Makassar.

## **2.4 Basic Fibroblast Growth Factor (FGF2)**

### **2.4.1 Definisi**

Adalah anggota dari keluarga *fibroblast growth factor* (FGF2). FGF2 anggota keluarga heparin mengikat faktor pertumbuhan yang berfungsi sebagai mediator penting dalam penyembuhan luka. FGF2 sebagai polipeptida tunggal dengan berat molekul yang berbeda dan memiliki efek mitogenik dan *angiogenesis* (Baird, 1997; Holland and Varmus, 1998; Komi-Kuramochi et al., 2005; Powers et al., 2000).

### 2.4.2 Klasifikasi

Gen FGF2 manusia / tikus terdiri dari 22 anggota keluarga. Pada tikus (FGF21–18, 20–23) dan pada manusia (FGF21–14, 16–23) (Itoh and Ornitz, 2008; Patel et al., 2014; Yun et al., 2010). Kebanyakan FGF2s menengahi respon biologis mereka melalui protein ekstraseluler yang mengikat dan mengaktifkan reseptor sel permukaan tirosin kinase FGF2 (FGF2Rs) (Itoh and Ornitz, 2008, 2004; Thisse and Thisse, 2005). Namun, FGF2s 11 – 14 berfungsi sebagai protein intraseluler, selanjutnya disebut sebagai iFGF2s, dan bertindak dalam reseptor FGF2 (FGF2R)-secara independen (Goldfarb, 2005).

Berat molekul FGF2s pada vertebrata bervariasi dari 17 hingga 34 kDa. Semua anggota keluarga mempunyai urutan 120 asam amino yang menunjukkan 16%-65% urutan identitas (Eswarakumar et al., 2005; Yun et al., 2010).

### 2.4.3 Mekanisme Kerja

FGF2 secara fisiologis berperan melalui ikatan pada *FGF2 receptors* (FGF2R) dan mengatur jalur perkembangan, mengendalikan pola perubahan mesoderm pada awal masa embrio melalui pengembangan beberapa sistem organ. Pada mamalia yang termasuk keluarga FGF2 terdiri dari 18 ligan yang efek tindakan mereka melalui empat transmembran tirosin kinase reseptor (FGF2R1, FGF2R2, FGF2R3, dan FGF2R4) (Turner and Grose, 2010; Yun et al., 2010). Empat FGF2Rs telah diidentifikasi pada manusia dan tikus dan *encode* reseptor tirosin siklin (ca. 800 asam amino) yang berisi mengikat ligan domain ekstraseluler

dengan tiga domain *immunoglobulin* (I, II, dan III), domain transmembran, dan split intraseluler tirosin kinase domain (Yun et al., 2010). FGF2Rs di ekspresikan oleh banyak jenis sel yang berbeda dan sebagai kunci pengatur perilaku sel, seperti proliferasi, differensiasi, dan survival sel, yang membuat signaling FGF2 rentan subversi oleh sel-sel kanker. Tidak seperti faktor pertumbuhan lain, FGF2s berfungsi bila berikatan dengan heparin atau *heparan sulfat proteoglycan* (HSPG) untuk mengaktifkan FGF2Rs dan menginduksi respon *pleiotropic* yang mengarah ke berbagai respons selular yang diinduksi oleh faktor pertumbuhan lain (Eswarakumar et al., 2005; Yun et al., 2010).

FGF2s bertindak sebagai molekul sinyal yang berikatan dan mengaktifkan FGF2Rs. FGF2Rs yang teraktivasi sebagai sinyal mediator dengan merekrut molekul spesifik yang mengikat *tirosin phosphorilase* pada bagian reseptor sitosol, memicu sejumlah jalur sinyal yang mengarah ke respon selular yang spesifik (Yun et al., 2010):

- Jalur RAS/MAP Kinase adalah *Serin/Treonina-specific protein kinase* yang menanggapi rangsangan ekstraseluler (mitogen) dan mengatur aktivitas selular seperti ekspresi gen, mitosis, *differentiation*, dan sel survival/apoptosis (Pearson et al., 2001; Yun et al., 2010). Jalur utama sinyal FGF2 adalah jalur RAS/MAP kinase, yang berisi banyak signaling protein. Kunci penting jalur FGF2 adalah fosforilasi residu tirosin, faktor pertumbuhan fibroblast reseptor substrat 2 $\alpha$  (FRS2 $\alpha$ ), yang menyediakan tempat-tempat pengikatan protein yang baru baik secara langsung atau

tidak langsung bertanggung jawab untuk aktivasi dan inhibisi sinyal (Wong et al., 2002; Yun et al., 2010). FRS2 $\alpha$  merekrut struktur yang kompleks terdiri dari protein adaptor, *guanine nucleotide exchange factor-2* (GRB2), *the son of sevenless* (SOS), tirosin fosfatase (SHP2), dan protein docking, *GRB2-associated binding protein 1* (GAB1). Pembentukan FRS2 sinyal kompleks mengakibatkan aktivasi RAS/MAP kinase (Dailey et al., 2005; Yun et al., 2010).

- Jalur PI3 Kinase/AKT. Mirip dengan jalur kinase RAS/MAP, jalur *phosphoinositide 3* (PI3) *kinase/AKT* dimulai dengan membentuk FRS2 sinyal kompleks. Selanjutnya, protein link GAB1 diaktifkan FGF2 reseptor dengan PI3 kinase. GAB1 terdiri dari domain Homologi pleckstrin, daerah kaya prolin dan beberapa situs fosforilasi tirosin yang berfungsi sebagai situs pengikatan untuk domain SH2. Subunit katalis p110 dari PI3 kinase berada di dalam kompleks dengan protein adaptor (p85) yang memiliki dua SH2 domain; dengan demikian p85 berikatan dengan residu *phosphorylated tirosin* GAB1 adaptor protein. Jalur kinase AKT PI3 terlibat dalam kelangsungan hidup sel (*survival*) dan kematian sel (Yun et al., 2010).
- Jalur PLC $\gamma$ . Salah satu molekul target untuk diaktifkan FGF2R adalah *phospholipase C gamma* (PLC $\gamma$ ), yang mengikat reseptor Tyr-766 *phosphorylated* dan kemudian menjadi tirosin fosforilasi PLC $\gamma$ , mengakibatkan aktivasi PLC $\gamma$ . Aktivasi PLC $\gamma$  menghidrolisasi



*phosphatidylinositol*, menghasilkan *inositol trifosfat* (IP3) dan *diacylglycerol* (DAG) (Yun et al., 2010). IP3 adalah *messenger seluler* kedua yang memfasilitasi pelepasan kalsium dari endoplasma. Peningkatan bersama kadar kalsium dan sitosol DAG mengaktifkan *protein kinase C* (PKC). Relevansi fisiologis jalur ini adalah untuk adhesi dan migrasi beberapa jenis sel (Kolkova et al., 2000; Yun et al., 2010).

- Jalur Janus kinase/*signal transducers and activators of transcription* (JAK/STAT). JAK STAT cascade adalah jalur yang paling sederhana. Pengikatan ligan ekstraseluler ke jalur aktivasi melalui perubahan reseptor mengakibatkan intraselular JAKs yang berkaitan dengan mereka untuk terjadi fosforilasi satu sama lain. Transfosforilasi JAKs kemudian terjadi fosforilasi substrat ke hilir, termasuk reseptor JAKs dan STATs. STATs yang teraktivasi masuk ke nukleus dan mengikat sebagai dimers atau kompleks oligomer penambah tertentu dalam gen target dan mengatur transkripsi mereka. Tanggapan ini termasuk proliferasi, diferensiasi, migrasi, apoptosis, dan kelangsungan hidup sel, tergantung pada sinyal, Jaringan, dan konteks selular (Harrison, 2012).

#### **2.4.4 Ekspresi dan Aktifitas Biologis**

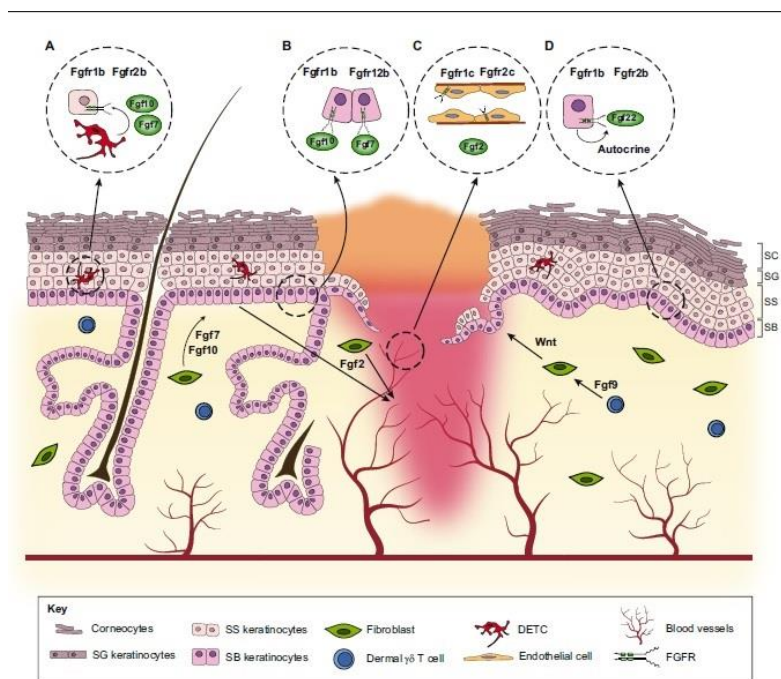
FGF2 berperan secara fisiologis dengan mengikat tirosin kinase FGF2Rs afinitas secara tinggi pada permukaan sel target. Oleh karena itu, fungsi FGF2s tergantung pada jalur sinyal FGF2 antara keluarga FGF2 dan FGF2Rs. Banyak penelitian

melaporkan bahwa FGF2 memiliki fungsi untuk proliferasi sel, migrasi, *differentiation*, dan *angiogenesis* di berbagai sel dan jaringan. Tabel 2.2 meringkas fungsi FGF2s (Yun et al., 2010).

- Proliferasi sel. Proliferasi sel oleh FGF2 telah dilaporkan di berbagai jenis sel, termasuk sel-sel endotel, sel punca, dan sel-sel epitel. FGF2 menginduksi proliferasi sel setelah transfer gen *flia-specific* pada tikus (Holland and Varmus, 1998) dan merangsang proliferasi dan survival sel-sel neuroepithelial yang terisolasi dari telencephalon dan mesencephalon tikus (Yun et al., 2010). FGF2 (sering disebut KGF manusia) berhubungan dengan pertumbuhan sel epithelial (Finch et al., 1989).
- Migrasi sel. Migrasi sel adalah proses utama dalam perkembangan dan pemeliharaan organisme multisel. Pembentukan jaringan selama perkembangan embrio, penyembuhan luka, dan respon imun semua memerlukan pengaturan gerakan sel khususnya petunjuk arah ke lokasi spesifik. Sel sering bermigrasi sebagai respon untuk dan terhadap sinyal eksternal spesifik yang dikenal sebagai *chemotaxis*. Migrasi sel antar famili FGF2s bervariasi. FGF1 dan FGF2 memainkan peran penting dalam migrasi neuron koklea ganglion pada tikus (Yun et al., 2010). FGF2 menginduksi migrasi sel setelah transfer gen *flia* khusus pada tikus (Holland and Varmus, 1998). FGF7 diketahui merangsang aktivitas migrasi dan aktivitas plasminogen keratinosit normal pada manusia (Yun et al., 2010).

- **Diferensiasi sel.** Pada perkembangan biologi, diferensiasi seluler adalah proses dimana sel yang kurang khusus menjadi jenis sel yang lebih khusus. Diferensiasi terjadi berkali-kali selama perkembangan organisme multisel ketika mereka berubah dari satu zigot untuk jaringan dan jenis sistem sel yang lebih kompleks. Khususnya, sel punca dewasa membagi dan membuat sel anak yang sepenuhnya berbeda selama perbaikan jaringan dan pergantian sel normal. Secara dramatis diferensiasinya yaitu perubahan ukuran, bentuk, potensi membran, aktivitas metabolik, dan responsifitas sel terhadap sinyal. Diferensiasi sel terhadap FGF2s juga bervariasi antar subfamili. FGF1 dan FGF2 memainkan peran penting dalam awal diferensiasi koklea ganglion neuron pada tikus. Selain itu, FGF2 merangsang diferensiasi sel-sel neuroepithelial ke neuron matang dan sel glia. FGF7 sangat penting untuk morphogenesis keratinosit suprabasal dan pembentukan program normal diferensiasi keratinosit (Yun et al., 2010).
- **Angiogenesis.** Angiogenesis adalah proses pembentukan pembuluh darah baru dari pembuluh darah yang sudah ada. Proses ini memainkan peran kunci dalam berbagai kondisi fisiologis dan patologis seperti perkembangan embrio, luka, inflamasi, dan pertumbuhan tumor. Angiogenesis adalah proses multi-langkah yang dimulai dengan degradasi membran dasar yang diaktifkan oleh sel-sel endotel yang bermigrasi dan proliferasi, menyebabkan pembentukan sel endotel padat yang menyebar

ke ruang stroma. Berikutnya, loop vaskular dibentuk dan terjadi perkembangan tabung kapiler dengan pembentukan *tight junctions* dan pengendapan membran dasar baru. Sifat angiogenik FGF1 dan FGF2 sudah banyak diketahui. Secara khusus, FGF1 dan FGF2 menginduksi promosi proliferasi sel endotel dan organisasi fisik sel-sel endotel ke struktur seperti tabung. Dengan cara demikian, mereka mempromosikan angiogenesis. FGF1 dan FGF2 adalah faktor angiogenik yang lebih kuat daripada *vascular endothelial growth factor* (VEGF) *platelet-derived growth factor* (PDGF) (Yun et al., 2010).



**Gambar 2.7** Aktivitas FGF2 dalam penyembuhan luka (Maddaluno et al., 2017).

| Fungsi               | Subfamili dihubungkan dengan fungsi | Sel Target  |
|----------------------|-------------------------------------|---|
| Cell proliferation   | FGF1, FGF2                          | Preadipocyte<br>Endothelial cell, epithelial cell,<br>fibroblast cell, neural stem cell |
|                      | FGF4                                | Trophoblast stem cell   |
|                      | FGF7, FGF10                         | Epithelial cell   |
|                      | FGF18                               | Osteoblast, chondrocytes, osteoclast  |
| Cell migration       | FGF2                                | Astrocyte, myogenic cell  |
|                      | FGF4                                | Myogenic cell   |
|                      | FGF7                                | Epithelial cell, keratinocyte   |
|                      | FGF8                                | Neural crest cell   |
| Cell differentiation | FGF1, FGF2                          | Neuroepithelial   |
|                      | FGF7                                | Keratinocyte  |
|                      | FGF20                               | Monkey stem cell  |
| Angiogenesis         | FGF1, FGF2                          | Endothelial cell  |

**Tabel 2.2 Fungsi *fibroblast growth factors* (FGF2)**  
(Yun et al., 2010).

## 2.5 Epidermal Growth Factor (EGF)

### 2.5.1 Definisi

Adalah polipeptida terdiri dari 53 asam amino yang pertama kali diisolasi dari kelenjar submaksila tikus oleh Stanley Cohen pada tahun 1962 (Hardwicke et al., 2008). Berat molekul EGF pada manusia sekitar 6 kDa. EGF terkandung dalam trombosit, makrofag dan cairan tubuh seperti urin, air liur, susu dan plasma (Esquirol Causa and Herrero Vila, 2015; Nexø et al., 1992).

### 2.5.2 Klasifikasi

Keluarga EGF terdiri dari empat protein: EGF, *TGF-alpha*, *heparin-binding EGF*, dan *amphiregulin*. Semuanya mirip dalam struktur, bekerja berdasarkan reseptor permukaan sel yang sama (EGF reseptor) dan memiliki efek biologis yang sama (Hardwicke et al., 2008; Rohovsky and D'Amore, 1997; Tarnuzzer et al., 1997)

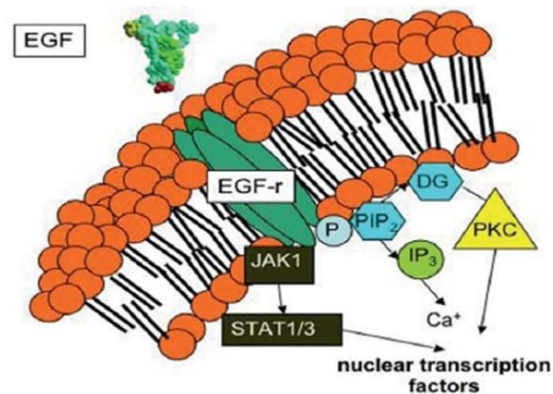
### **2.5.3 Mekanisme Kerja**

EGF memiliki reseptor ligan afinitas tinggi untuk membran sel EGFR; mengaktifkan reseptor kompleks ligan yang diaktifkan tirosin kinase dengan memulai perubahan selular biokimia secara berturut-turut: meningkat kalsium intraseluler, glikolisis, sintesis protein dan ekspresi gen tertentu (seperti EGFR gen), mengarah ke sintesis DNA, pertumbuhan sel dan proliferasi, mengakibatkan proliferasi keratinosit, meningkatkan adhesi dan motilitas keratinosit, dan merangsang fosforilasi ganda spesifik yang mengurangi sinyal mereka sendiri, menghambat aktivitas EGF (Chieregato et al., 2011; Esquirol Causa and Herrero Vila, 2015; Harris et al., 2003).

### **2.5.4 Ekspresi dan Aktifitas Biologis**

EGF awalnya dimurnikan dari kelenjar submandibula dan parotis (tikus dan manusia), yang berfungsi untuk pemeliharaan dan keutuhan epitel orofaringeal, esophagus dan lambung, dengan penyembuhan ulkus dan luka di epitel mulut dan gastro-esofagus, inhibisi produksi asam lambung, stimulasi sintesis DNA dan perlindungan mukosa dari kerusakan yang disebabkan oleh faktor-faktor intraluminal (asam lambung, asam empedu, pepsin, tripsin, trauma secara fisik, kimia dan bakteri) (Esquirol Causa and Herrero Vila, 2015; Venturi and Venturi, 2009). EGF juga mengatur pemeliharaan, kelengkapan dan regenerasi kulit dan selaput lendir, seperti epitel kornea, konjungtiva mata dan perkembangan embrio dari saluran bronkus (Desai and Cardoso, 2002; Esquirol Causa and Herrero Vila, 2015).

EGF memfasilitasi regenerasi sel epidermis dan memainkan peran penting dalam proses penyembuhan melalui stimulasi proliferasi dan migrasi keratinocytes. EGF juga mempromosikan pembentukan jaringan granulasi dan merangsang motilitas fibroblast. Sebagai aktivator proses mitogenesis, EGF pertama berikatan affinitas yang tinggi dan sel reseptor permukaan yang spesifik dan kemudian mendorong dimerisasi mereka, yang penting untuk mengaktifkan tirosin kinase pada domain reseptor sitoplasma, sehingga memulai sinyal transduksi yang mengakibatkan sintesis DNA dan proliferasi sel (gambar 2.7) (Hardwicke et al., 2008; Tarnuzzer et al., 1997).



**Gambar 2.8 Ligan EGF berikatan pada reseptor EGF dan jalur aktivasi-nya (Hardwicke et al., 2008)**

Pada hewan percobaan, pengaplikasian kombinasi faktor pertumbuhan rekombinan menyebabkan peningkatan proliferasi, migrasi sel dan sintesis fibers kolagen tipe I pada *fibroblasts* kulit, mempercepat penyembuhan luka, meningkatkan rata-rata re-epithelisasi dan mengurangi infiltrasi inflamasi

(Falanga et al., 1992). Respon mitogenik secara in vitro ditanggapi sel bila adanya EGF secara kontinyu selama 3-4 hari (onset efek terapeutik), dan ketiadaan EGF menurunkan aktivitas reseptor dalam waktu 4 jam (Hardwicke et al., 2008).

EGFR sebagai faktor kunci inflamasi kulit, fungsi *barier* kulit dan pertahanan melawan infeksi. Ini tampak significant dalam ekspresi dan aktivasi sistem komplemen pada epidermis dan keratinocytes manusia (Abu-Humaidan et al., 2014; Esquirol Causa and Herrero Vila, 2015), yang menanggapi lesi jaringan akut adalah proses yang menguntungkan, hal ini tampaknya untuk mencegah lesi kronik dari penyembuhan luka (Park et al., 2017). Pada daerah lesi keratinosit (secara in vivo dan in-vitro), beberapa komponen komplemen diaktifkan hanya jika dirangsang dengan adanya monosit, tetapi tidak terjadi bila monosit tidak ada: sel-sel inflamasi penting untuk penyembuhan luka (Esquirol Causa and Herrero Vila, 2015).