

**EFEK PENAMBAHAN *PLATELET-RICH PLASMA* (PRP) DAN
STROMAL VASCULAR FRACTION (SVFs) TERHADAP KADAR
SERUM *BASIC FIBROBLAST GROWTH FACTOR* (bFGF) PADA
PENYEMBUHAN LUKA BAKAR DEEP DERMAL TIKUS**

Effect of Platelet-Rich Plasma (PRP) and Stromal Vascular Fraction (SVFs) combination on the levels of Basic Fibroblast Growth Factor (bFGF) Serum in wound remodelling deep dermal burn injury in Rat



N a m a : Muhammad Faruk

NIM : C045171010

PEMBIMBING

dr. Sachraswaty R. Laididing, SpB. Sp.BP-RE

Dr.dr. Fonny Josh, Sp.BP-RE(K)

Dr.dr. Burhanuddin Bahar, MS

PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS I ILMU BEDAH

FAKULTAS KEDOKTERAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2020

KARYA AKHIR

Efek penambahan Platelet-rich plasma (PRP) dan stromal vascular fraction (SVFs) terhadap kadar serum basic Fibroblast growth factor (bFGF) pada penyembuhan luka bakar deep dermal tikus

Effect of Platelet-Rich Plasma (PRP) and Stromal Vascular Fraction (SVFs) combination on the levels of Basic Fibroblast Growth Factor (bFGF) Serum in wound remodelling deep dermal burn injury in Rat

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Dokter Spesialis Bedah

Program Studi Ilmu Bedah

Disusun dan diajukan oleh

MUHAMMAD FARUK

C045171010

Kepada

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS I
PROGRAM STUDI ILMU BEDAH
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN KARYA TESIS

**Efek penambahan Platelet-rich plasma (PRP) dan
stromal vascular fraction (SVFs)
terhadap kadar serum basic Fibroblast growth factor (bFGF)
pada penyembuhan luka bakar deep dermal tikus**

Disusun dan diajukan oleh


Muhammad Faruk
C045171010


Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian
yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi
Program Pendidikan Dokter Spesialis-1 Ilmu Bedah
Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin
pada tanggal 7 Mei 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui


Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Dr. dr. Sachraswaty R. Laidding, SpB Sp.BP-RE(K)
NIP. 19760112 200604 2 001


Dr. dr. Burhanuddin Bahar, MS
NIP. 19491015 198601 1 001

Ketua Program Studi


Dr. dr. Prihantono, Sp.B(K)Onk., M.Kes
NIP. 19740629 200812 1 001

Dekan Fakultas Kedokteran


Prof. dr. Eudu, Ph.D, Sp.M(K), M.MedEd
NIP. 19661231 199503 1 009



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MUHAMMAD FARUK

Nomor Induk Mahasiswa : C045171010

Program Studi : Ilmu Bedah

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa karya akhir yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan karya akhir ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 07 Mei 2020

Yang menyatakan,



Muhammad Faruk

KATA PENGANTAR

Saya panjatkan segala puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan kemurahan-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan karya akhir ini, sebagai salah satu prasyarat dalam Program Pendidikan Dokter Spesialis I Ilmu Bedah di Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, Makassar.

Saya menyadari banyak hambatan dan tantangan yang saya hadapi selama menyusun karya akhir ini. Namun, saya bisa menyelesaikan karya akhir ini berkat motivasi, dukungan, dan masukan yang diberikan pembimbing saya, Dr. dr. Sachraswaty R. Laidding, SpB Sp. BP-RE; dan Dr. dr. Burhanuddin Bahar, MS serta penguji saya Dr. dr. Fonny Josh, Sp. BP-RE(K)B. Mikro dan Dr. dr. Indra SpB(K)Onk.

Pada kesempatan kali ini, saya menyampaikan ungkapan terima kasih sebesar-besarnya kepada Prof. Dr. Dwia Aries Tina Palubuhu, MA selaku Rektor Universitas Hasanuddin, dr. Uleng Bahrin, Sp.PK(K), Ph-D selaku Manajer Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin, Prof. dr. Budu, Ph-D, SP.M(K), M. MedEd sebagai Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, Dr. dr. Irfan Idris, M. Kes. sebagai Wakil Dekan Bidang Akademik, Riset dan Inovasi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, dan Prof. Dr. dr. Andi Asadul Islam, Sp.BS(K) saat menjabat sebagai Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, yang telah memberi kesempatan kepada saya untuk dapat mengikuti Program Pendidikan Dokter Spesialis I Ilmu Bedah Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

Saya juga mengucapkan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada Dr. dr. Warsinggih, SpB.-KBD selaku Kepala Departemen Ilmu Bedah Universitas Hasanuddin, Dr. dr. Prihantono, Sp.B(K)Onk selaku Ketua Program Studi Ilmu Bedah Universitas Hasanuddin, dan Dr. dr. William Hamdani, SpB(K)Onk saat menjabat sebagai Ketua Program Studi Ilmu Bedah Universitas Hasanuddin, serta seluruh Guru Besar dan Staf Pengajar Departemen Ilmu Bedah Universitas Hasanuddin yang dengan sabar mendidik, membimbing serta menanamkan ilmu, ketrampilan, rasa percaya diri, dan profesionalisme dalam diri saya sejak saya mulai pendidikan ini pada bulan 1 Juli 2017. Saya tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada seluruh staf Departemen Ilmu Bedah Universitas Hasanuddin, terutama Kak Marlina Rajab (Lina) dan Kak Nunung Mujiwiyanti, yang selalu memberikan uluran tangan dan menyemangati tanpa henti selama masa pendidikan saya.

Terima kasih kepada saudara seperjuangan Residen Bedah Periode 1 Juli 2017 yang tanpa henti memotivasi dan mengingatkan untuk pantang menyerah dalam menyusun dan menyelesaikan karya akhir ini. Terima kasih saudara-saudaraku! Terima kasih untuk dr Andi Sinapati, dr Fransisca, dr Aldhi, dr Sartian Battung, dr Deasi, dr Agusni, dr Bayu Satria dan dr Nurhidayatullah,

yang sudah berkerja sama dan memberikan dukungan dalam penelitian ini, sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar. Terima kasih atas dukungan dan bantuan dari segenap Residen Bedah Universitas Hasanuddin.

Saya mengucapkan terima kasih secara khusus untuk Istriku dr Cheria Cahyaningtyas, MARS, Ibunda Hj Jamilah (almh.), Ayahanda H.M. Thaha (alm.), Mertua saya Anita P. Arianti dan Agustian Tahmid, anakku Fathia Reina Ammara, serta keluarga besar Ampel Surabaya dan Pondok Mutiara Sidoarjo yang senantiasa mendoakan saya, memberikan motivasi untuk menyelesaikan karya akhir ini, serta mencerahkan hari-hari selama penelitian dan penyusunan karya akhir ini. I love you all!

Penulis menyampaikan terima kasih dan permohonan maaf kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, yang telah membantu dalam menyelesaikan karya akhir ini.

Saya senantiasa berdoa kepada Tuhan Yang Maha Esa untuk melimpahkan karunia dan kemurahan-Nya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan selama pendidikan, penelitian dan penyusunan karya akhir ini.

Makassar, 7 Mei 2020

Yang Menyatakan,

A handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, overlapping loops and a long horizontal stroke at the end.

Muhammad Faruk

ABSTRAK

MUHAMMAD FARUK. *Efek Penambahan Platelet-Rich Plasma (PRP) dan Stromal Vascular Fraction (Svfs) terhadap Kadar Serum Basic Fibroblast Growth Factor (Bfqf) pada Penyembuhan Luka Bakar Deep Dermal Tikus (dibimbing oleh Sachraswaty R. Laidding, Fonny Josh, dan Burhanuddin Bahar).*

Penelitian ini bertujuan menilai efektivitas kombinasi injeksi SVF dan PRP terhadap kadar bFGF serum pada model luka bakar deep dermal pada tikus Wistar.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental laboratorium pada tikus wistar dengan menggunakan rancang *post test control group design*. Sebanyak 64 tikus Wistar dewasa yang dibagi ke dalam 4 kelompok. Kelompok A, B, dan C diberikan perlakuan luka bakar dan treatment; kelompok D merupakan kelompok kontrol negatif, kelompok A perlakuan luka bakar dan injeksi PRP dan SVF, kelompok B perlakuan luka bakar dan topical PRP dan SVF dan kelompok C perlakuan luka bakar dan vaseline. Pada kelompok A, B,C dan D, kadar bFGF serum diukur pada hari pertama, keempat, ketujuh, kesepuluh, dan keempat belas.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar bFGF serum kelompok A, B, dan C lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok D pada setiap hari penelitian. Hasil uji independent t-test menunjukkan bahwa peningkatan signifikan kadar bFGF serum kelompok A dibandingkan dengan kelompok B pada hari pertama hingga hari kesepuluh ($p < 0.05$) dan peningkatan signifikan kadar bFGF serum kelompok A dibandingkan dengan kelompok C pada hari pertama hingga hari empat belas ($p < 0.05$). Uji regresi linier menunjukkan bahwa pemberian injeksi *stem cell* memengaruhi kadar FGF sebesar 90.3% dan pemberian topikal *stem cell* mempengaruhi kadar FGF sebesar 79.2%

Kata kunci: *Stromal Vascular Fraction, Platelet-Rich Plasma, Basic Fibroblast Growth Factor, Luka Bakar, Penyembuhan Luka.*



ABSTRACT

MUHAMMAD FARUK. *Effect of Platelet-Rich Plasma (PRP) and Stromal Vascular Fraction (SVFs) Combination on The Levels of Basic of Basic Fibroblast Growth Factor (bFGF) Serum in Wound Remodelling Deep Dermal Burn Injury in Rat (Supervised by Sachraswaty R. Laidding, Fonny Josh, and Burhanuddin Bahar)*

This study aims to assess the effectiveness of the combined injection of SVF and PRP on serum bFGF levels in a model of deep dermal burns in Wistar rats.

This study method used was a laboratory experimental method on wistar rats using a post test control group design. A total of 64 adult Wistar rats were divided into 4 groups. Group A, B, and C were given burn treatment and treatment, group D was a negative control group. Group A was treated with burns and injections of PRP and SVF, group B was treated with burns, and topical PRP and SVF and group C was treated with burns and Vaseline. In groups A, B, and C, we measured serum bFGF levels on the first, fourth, seventh, tenth, and fourteenth days.

This study shows that the mean serum bFGF levels of groups A, B, and C are higher than group D on each study day. The results of the independent t-test shows a significant increase in serum bFGF levels in group A compared to group B on the first to tenth days ($p < 0.05$) and a significant increase in serum bFGF levels in group A compared to group C on the first to fourteenth days ($p < 0.05$). Linear regression test shows that the administration of stem cell injection affects FGF levels by 90.3%, and topical administration of stem cells affects FGF levels by 79.2%.

Keywords: Stromal vascular fraction, Platelet-rich plasma, basic Fibroblast growth factor, burn injury, wound healing



DAFTAR ISI

Daftar Isi.....	I
Daftar Tabel.....	V
Daftar Gambar.....	VI
Daftar Singkatan.....	VIII
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	8
1.3 Tujuan Penelitian.....	9
1.3.1 Tujuan Umum.....	9
1.3.2 Tujuan Khusus.....	9
1.4 Manfaat Penelitian.....	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Luka Bakar dan Penyembuhan Luka.....	11
2.1.1 Definisi Luka Bakar.....	11
2.1.2 Klasifikasi Luka Bakar.....	13
2.1.3 Penyembuhan Luka.....	17
2.2 Tinjauan Tentang PRP, SVFs, Vaseline dan Kombinasi PRP + SVFs.....	26
2.2.1 PRP.....	26
2.2.2 SVFs.....	30
2.2.3 Vaseline.....	33
2.2.4 Kombinasi PRP + SVFs.....	35
2.3 Sel Punca (Stem Cell).....	35
2.4 Basic Fibroblast Growth Factor (bFGF).....	42
2.4.1 Definisi.....	42
2.4.2 Klasifikasi.....	43
2.4.3 Mekanisme Kerja.....	43

2.4.4	Ekspresi dan Aktifitas Biologis.....	46
BAB III	KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL	50
3.1	Kerangka Teori.....	52
3.2	Kerangka Konsep.....	53
3.3	Variabel.....	53
3.4	Hipotesis.....	54
3.5	Definisi Operasional.....	54
BAB IV	METODE PENELITIAN.....	56
4.1	Desain Penelitian.....	56
4.2	Populasi dan Sampel.....	56
4.3	Kriteria Inklusi dan Eksklusi.....	64
4.4	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	64
4.5	Cara Pengumpulan Data.....	64
4.6	Analisa Data.....	64
4.7	Prosedur Penelitian.....	65
4.8	Etika Penelitian.....	68
4.9	Alur Penelitian.....	69
BAB V	HASIL PENELITIAN.....	70
5.1	Analisis Univariat	70
5.2	Analisis Bivariat	73
5.3	Regresi Linier	84
BAB VI	PEMBAHASAN.....	87
6.1	Kadar bFGF	87
6.2	Pengaruh Pemberian Terapi Stem Cell (PRP dan SVFs) terhadap Luka Bakar.....	91
6.3	Pengaruh Pemberian Terapi Vaseline terhadap Luka Bakar.....	93
6.4.	Perbedaan Efektivitas Pemberian Terapi Stem Cell (PRP dan SVFs) secara injeksi dan topical terhadap Luka Bakar..	94

6.5. Perbedaan Efektivitas Pemberian Terapi injeksi Stem Cell (PRP dan SVFs) dengan Vaseline terhadap Luka Bakar.....	94
6.6. Perbedaan Efektivitas Pemberian Terapi Topikal Stem Cell (PRP dan SVFs) dengan Vaseline terhadap Luka Bakar....	95
6.7. Kelebihan dan Keterbatasan Penelitian.....	96
BAB VII KESIMPULAN.....	98
DAFTAR PUSTAKA	99

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Diagnosis Kedalaman Luka Bakar.....	16
Tabel 2.2	Fungsi fibroblast growth factors (FGF).....	49
Tabel 5.1	Karakteristik sampel penelitian.....	70
Tabel 5.2	Hasil uji normalitas dan homegenitas data penelitian.....	72
Tabel 5.2.1	Perbandingan kadar FGF pada setiap kelompok perlakuan (uji oneway ANOVA).....	74
Tabel 5.2.2	Hasil uji t independen kadar bFGF setelah diberi perlakuan berupa pemberian injeksi stem cell.....	76
Tabel 5.2.3	Hasil uji t independen kadar bFGF setelah diberi perlakuan topikal stem cell.....	77
Tabel 5.2.4	Hasil uji t independen kadar bFGF setelah diberi perlakuan Vaselin dibandingkan dengan kontrol.....	79
Tabel 5.2.5	Hasil uji t independen kadar bFGF pada kelompok A dan kelompok B.....	80
Tabel 5.2.6	Hasil uji t independen kadar bFGF pada kelompok A dan kelompok C.....	82
Tabel 5.2.7	Hasil uji t independen kadar bFGF pada kelompok B dan kelompok C.....	83
Tabel 5.3	Hasil Uji Regresi Linier Pemberian Injeksi Stem Cell.....	84
Tabel 5.4	Hasil Uji Regresi Linier Pemberian Topikal Stem Cell.....	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kedalaman Luka Bakar	16
Gambar 2.2	Fase penyembuhan luka	18
Gambar 2.3	Sitokin yang berpengaruh pada penyembuhan luka	20
Gambar 2.4	Faktor pertumbuhan yang berpengaruh pada penyembuhan luka	23
Gambar 2.5	Hubungan antara waktu munculnya sel yang berbeda- beda pada proses penyembuhan luka.....	26
Gambar 2.6	Jenis Sel Punca	39
Gambar 2.7	Aktivitas FGF dalam penyembuhan luka.....	49
Gambar 4.1	Sampel tikus wistar.....	58
Gambar 4.2	Proses pengambilan Donor PRP dan SVFs.....	59
Gambar 4.3	Proses preparasi Donor SVFs.....	60
Gambar 4.4	Proses pemodelan luka bakar.....	62
Gambar 4.5	Perlakuan injeksi PRP dan SVFs.....	62
Gambar 4.6	Bahan dan Proses pemeriksaan EGF.....	68
Gambar 5.1	Kadar bFGF secara keseluruhan.....	71
Gambar 5.2.1	Kadar bFGF (pg/ml) pada setiap kelompok perlakuan....	75
Gambar 5.2.2	Rata-rata kadar bFGF (pg/ml) setelah dilakukan terapi injeksi kombinasi PRP dan SVF dibandingkan Kontrol.....	76
Gambar 5.2.3	Rata-rata kadar bFGF (pg/ml) setelah dilakukan terapi	

Topikal kombinasi PRP dan SVF dibandingkan Kontrol....	78
Gambar 5.2.4 Rata-rata kadar bFGF (pg/ml) setelah dilakukan terapi vaselin dibandingkan Kontrol.....	79
Gambar 5.2.5 Rata-rata kadar bFGF (pg/ml) setelah dilakukan terapi Injeksi Stem Cell dibandingkan Topikal Stem Cell.....	81
Gambar 5.2.6 Rata-rata kadar bFGF (pg/ml) setelah dilakukan terapi Injeksi Stem Cell dibandingkan Vaseline Topikal.....	82
Gambar 5.2.7 Rata-rata kadar bFGF (pg/ml) setelah dilakukan terapi Topikal Stem Cell dibandingkan Vaseline Topikal.....	84
Gambar 6.1 Pola kadar bFGF temuan Komi-Kuromuchi dkk.....	88
Gambar 6.2 Tahapan penyembuhan luka bakar dan faktor pertumbuhan yang berperan.....	89
Gambar 6.3 Pola kadar bFGF pada penelitian Mansoub dkk.....	90
Gambar 6.4 Kadar bFGF pada penelitian Le dkk.....	91
Gambar 6.5 Hasil penelitian Karina et al.....	92
Gambar 6.6 Terapi stem cell pada luka bakar di unit luka bakar CHUV..	92

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- β	: <i>Transforming Growth Factor-β</i>
PAF	: <i>Platelet Activating Factor</i>
IL-1	: <i>Interleukin-1</i>
TNF- α/β	: <i>Tumor Necrosis Factor- α/β</i>
ECM	: <i>Extracellular Matriks</i>
aFGF	: <i>acidic Fibroblast Growth Factor</i>
bFGF	: <i>basic Fibroblast Growth Factor</i>
eFGF	: <i>epidermal Fibroblast 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). Tujuan dari penanganan luka adalah penyembuhan luka dengan cepat dan memuaskan secara fungsi dan estetika (Barret-Nerin, 2004).

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). Tentunya hasil yang diharapkan adalah metode ini dapat mempercepat penyembuhan yang nantinya akan memberikan hasil penyembuhan luka bakar deep

dermal yang bagus dengan masa perawatan menjadi lebih singkat sehingga biaya perawatan dapat lebih rendah (Ghieh *et al.*, 2015).

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, Minn and Chang, 2012; Darinskas *et al.*, 2017).

SVFs merupakan komponen lipoaspirat yang diperoleh dari liposuction jaringan lemak (Comella, Silbert and Parlo, 2017; Darinskas *et al.*, 2017; Gentile *et al.*, 2017). Lipoaspirat mengandung sejumlah besar stem sel yang disebut *Adipose derived stem cell* (ASCs). SVFs dari jaringan lemak diketahui mengandung sel T regulator, sel precursor endothelial, pre-adiposit yang diketahui sebagai anti inflamasi makrofag, *superoxide dismutase* (SOD), IGF, TGF, FGF, *hepatocyte growth factor* (HGF) dan *interleukin* (IL), selain itu didalam SVFs juga terdapat adipose tissue-derived stromal cells (ASCs), hematopoietic stem dan sel progenitor, sel endothelial, eritrosit, fibroblasts, limfosit, monosit/*macrophages* dan *pericytes* (Rigotti, Marchi and Sbarbati, 2009; Bourin *et al.*, 2013; Gentile *et al.*, 2017). SVFs diketahui dapat memperbaiki penyembuhan luka bakar melalui peningkatan proliferasi sel dan vaskularisasi, memperkuat inflamasi, dan meningkatkan aktivitas fibroblast (Rigotti, Marchi and Sbarbati, 2009; Tantuway *et al.*, 2016; Darinskas *et al.*, 2017).

SVFs dapat diisolasi dari jaringan lemak kurang lebih 30-90 menit di klinik menggunakan teknik mini-lipoaspirate. SVFs berisi campuran sel-sel yang termasuk ASCs dan faktor pertumbuhan dan sudah tidak mengandung sel *adiposit* (Comella, Silbert and Parlo, 2017). SVFs Pertama kali digunakan oleh Matsumoto dkk untuk memperkaya graft lemak pada tikus untuk meningkatkan viabilitas *graft* lemak pada tikus (Karagergou *et al.*, 2018).

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 mesenchymal stem cells (MSC) sumsum tulang untuk menghabiskan sebagian besar populasi sel hematopoietik dari SVFs. Proses ini memungkinkan munculnya populasi sel yang homogen disebut ASCs (Ferraro, Mizuno and Pallua, 2016).

ASCs termasuk sel multipoten dengan kemampuan untuk berdiferensiasi menjadi adiposit, kondrosit dan osteoblasts. ASCs menunjukkan sifat yang serupa dengan MSCs sumsum tulang yang menyebabkan beberapa peneliti menyatakan bahwa kedua populasi itu identik (Motamed *et al.*, 2017). 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, Mizuno and Pallua, 2016).

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* (bFGF), *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 (El-Sharkawy *et al.*, 2007; Borrione *et al.*, 2010; Choi, Minn and Chang, 2012; Raposio *et al.*, 2016)

Efek positif dari PRP dalam merangsang proses angiogenesis dan proliferasi *undifferentiated stem cells* telah ditunjukkan secara eksperimental. Dalam kaitannya dengan angiogenesis, Eppley dkk melaporkan bahwa PRP merangsang sel-sel endotel dekat daerah luka, merangsang proliferasi dan pembentukan pembuluh darah kapiler baru (Eppley, Pietrzak and Blanton, 2006). Selain itu, dalam studi *in vitro*, Hu dkk. menyimpulkan bahwa PRP merupakan sel-sel penyumbang yang potensial dalam memulai proses angiogenesis, yang merekrut endotel pembuluh darah daerah tersebut, dan mulai inisiasi regenerasi tulang (Hu *et al.*, 2009). PRP mampu merangsang proliferasi *stem cell undifferentiated* dan diferensiasi sel untuk regenerasi jaringan (Horwitz *et al.*, 2005). Stem cells *undifferentiated* bermigrasi ke lokasi konsentrasi faktor pertumbuhan PRP, dan faktor pertumbuhan memicu proliferasi sel-sel ini ke daerah luka (Kevy, Jacobson and Benoit, 2001).

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).

Penyembuhan luka secara normal diatur dan urutan prosesnya tumpang tindih: koagulasi, inflamasi, fibroplasia, dan remodelling (Nazzal *et al.*, 2019). Sitokin adalah para *mesenger* yang memediasi semua peristiwa dari proses penyembuhan dari saat cedera sampai akhir perbaikan jaringan. Sitokin dari proses koagulasi dan seluruh proses inflamasi [platelet-derived growth factor (PDGF), transforming growth factor- β (TGF- β), epidermal growth factor (EGF), basic fibroblast growth factor (bFGF), dan banyak sitokin lain] yang faktor utama dalam penyembuhan luka (McGee *et al.*, 1988; Mansoub *et al.*, 2018).

FGF berfungsi untuk proliferasi sel, migrasi sel, diferensiasi sel, perkembangan sel, respon terhadap cedera, penyembuhan luka, dan tumorigenesis (Plichta and Radek, 2012). FGF diekspresikan dalam banyak jaringan dengan variabilitas pola yang signifikan dan waktu ekspresinya, yang telah terbukti menjadi penting selama perkembangan luka (Powers, McLeskey and Wellstein, 2000).

Sebagian besar anggota keluarga FGF memiliki spektrum mitogenik yang luas. Mereka merangsang proliferasi berbagai sel asal mesodermal, ectodermal, dan juga endodermal. Satu-satunya pengecualian adalah FGF7 (faktor pertumbuhan keratinosit, KGF), yang tampaknya spesifik untuk sel epitel, setidaknya pada organisme dewasa (Werner, 1998; Maddaluno, Urwyler and Werner, 2017). Selain efek mitogeniknya, FGF juga mengatur migrasi dan diferensiasi sel target mereka, dan beberapa FGF telah terbukti *cytoprotective* dan untuk mendukung kelangsungan hidup sel dalam kondisi stres (Werner, 1998). Secara khusus, FGF1 dan FGF2 menunjukkan dapat merangsang angiogenesis dalam berbagai penelitian. Lebih lanjut, FGF bersifat mitogenik untuk beberapa tipe sel yang ada di lokasi luka, termasuk fibroblast dan keratinosit (Abraham and Klagsbrun, 1988; Werner and Grose, 2003).

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 untuk menilai efek injeksi intradermal antara kelompok PRP, SVFs, kombinasi antara PRP + SVFs dan kontrol yang diaplikasikan secara intra dermal pada model luka bakar deep dermal tikus wistar (kelompok kontrol menggunakan perawatan luka bakar standar vaselin). Kemudian di nilai secara mikroskopik dan makroskopis dimana hasilnya didapatkan bahwa

kombinasi antara PRP dan SVFs memiliki laju percepatan penyembuhan yang paling tinggi. Penilaian mikroskopis, yaitu:

1. Percepatan epitelisasi dan penutupan luka,
2. Ketebalan kolagen,
3. Rata-rata *Capillary Density/angiogenesis* lebih banyak dan memuncak pada hari ke 14 perlakuan,
4. Sel Polimorfonuklear (PMN), pada fase akut inflamasi hari ke 7 perlakuan infiltrasi sel PMN lebih banyak dan pada hari ke 14 jumlah PMN mulai menurun disertai mulai tampak adanya makrofag.
5. Jumlah fibroblast dan ketebalan granulasi

Penilaian makroskopik:

1. Warna luka bakar,
2. Adanya bula,
3. Tanda-tanda edema,
4. Adanya krusta pada hari ke 4 perlakuan
5. Timbulnya *scar* pada hari ke 14 perlakuan

Saat ini di Indonesia, belum ada data yang membuktikan efek penyembuhan luka bakar deep dermal yang diberikan stem cell kombinasi PRP + SVFs dibandingkan dengan perawatan luka moist standar (vaselin).

Hal ini yang melatarbelakangi untuk melakukan penelitian lanjutan dengan menilai kuantitas penyembuhan luka bakar baik secara mikroskopis maupun secara

makroskopis dan menilai kadar protein FGF dalam serum. Dengan tujuan melihat pengaruh FGF terhadap kuantitas penyembuhan luka bakar deep dermal pada model tikus wistar yang di terapi dengan kombinasi PRP + SVFs topikal maupun suntikan.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Apakah kombinasi *Platelet rich plasma (PRP)* dan *Stromal vascular fraction (SVFs)* topikal mempercepat penyembuhan luka bakar dibandingkan perawatan dengan vaselin pada model luka bakar deep dermal burn tikus wistar?
2. Apakah kombinasi *Platelet rich plasma (PRP)* dan *Stromal vascular fraction (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 FGF antara kombinasi *Platelet rich plasma (PRP)* dan *Stromal vascular fraction (SVFs)* topikal dibandingkan perawatan dengan vaselin pada model luka bakar deep dermal burn tikus wistar?
4. Apakah ada perbedaan kadar FGF serum antara kombinasi *Platelet rich plasma (PRP)* dan *Stromal vascular fraction (SVFs)* injeksi dibandingkan perawatan dengan vaselin 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 dan hubungannya dengan peningkatan kadar protein FGF 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 FGF lebih tinggi 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 FGF lebih tinggi pada yang diberikan kombinasi PRP + SFVs topikal dibandingkan perawatan dengan vaselin 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 (Anderson, Mandell and Gibran, 2019; Gillenwater and Garner, 2020). 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 (ANZBA, 2016; Gillenwater and Garner, 2020). Secara garis besar penyebab terjadinya luka bakar dapat dibagi menjadi (Barret-Nerin, 2004; Moenadjat *et al.*, 2013; ANZBA, 2016; Gillenwater and Garner, 2020):

- Paparan api
- *Scalds* (air panas)

Terjadi akibat kontak dengan air panas. Semakin kental cairan dan semakin lama waktu kontakannya, 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 cedera 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 (Benson, Dickson and Boyce, 2006; ANZBA, 2016; 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*

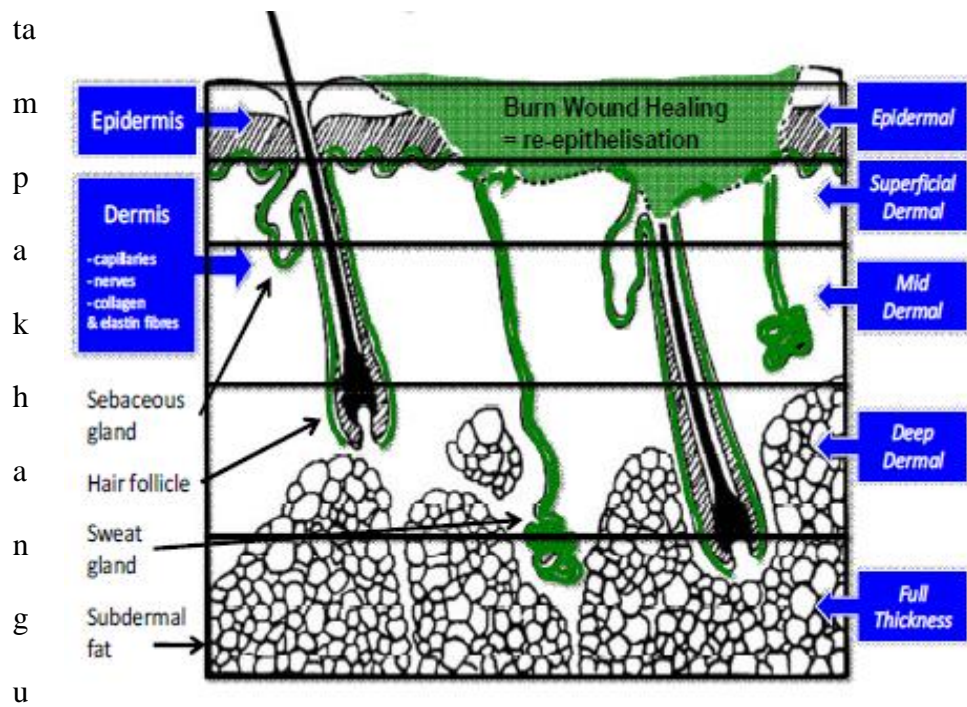
Luka bakar yang lebih dalam tampak lebih parah dan tidak sembuh secara spontan dengan epithelialisation, atau hanya sembuh setelah jangka waktu yang lama dengan jaringan parut yang signifikan. Luka bakar ini terbagi menjadi luka bakar deep dermal dan luka bakar full thickness (ANZBA, 2016).

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



s. 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)

Kedalaman	Warna	Bula	Capillary Refill	Sensasi	Penyembuhan
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

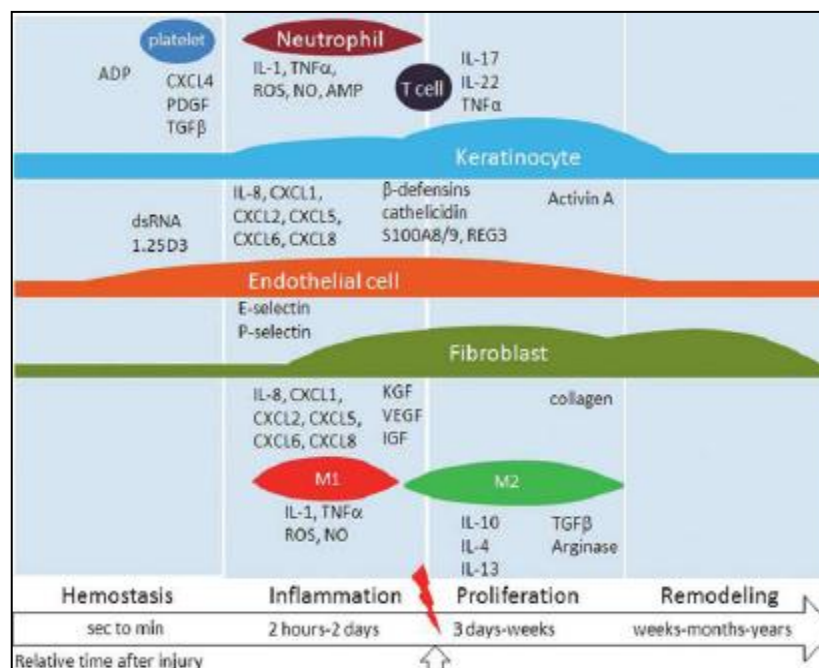
Tabel 2.1 Diagnosis Kedalaman Luka Bakar (ANZBA, 2016)

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 (Rohovsky and D'Amore, 1997; Cervelli *et al.*, 2010; Nazzal *et al.*, 2019).

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; Oryan, Alemzadeh and Moshiri, 2017; Nazzal *et al.*, 2019).



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- α* melepaskan sejumlah zat kimia seperti platelet-derived growth factor (PDGF), transforming growth factor- β (TGF- β), 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- α (TNF- α), TNF- β , 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 (MacLeod and Mansbridge, 2016; Gillenwater and Garner, 2020).

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. Sesudah 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 (MacLeod and Mansbridge, 2016; Gillenwater and Garner, 2020).

CYTOKINE	CELL SOURCE	FUNCTION	Type of Wound	
			ACUTE	CHRONIC
Proinflammatory Cytokines				
TNF- α	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- γ	T lymphocytes, macrophages	Activates macrophages and PMNs, retards collagen synthesis and cross-linking, stimulates collagenase activity		
Anti-inflammatory Cytokines				
IL-4	T lymphocytes, basophils, mast cells	Inhibition of TNF- α , IL-1, IL-6 production; fibroblast proliferation, collagen synthesis		
IL-10	T lymphocytes, macrophages, keratinocytes	Inhibition of TNF- α , 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, fibronektin, 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 (Nauta *et al.*, 2013; MacLeod and Mansbridge, 2016).

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 fibronektin, 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 (MacLeod and Mansbridge, 2016; Gillenwater and Garner, 2020).

Sitokin merupakan stimulan potensial untuk pembentukan formasi baru pembuluh darah termasuk basic fibroblast growth faktor (bFGF), asidic FGF (aFGF), transforming growth factor α - β (TGF α - β) dan epidermal fibroblast growth factor (eFGF). FGF 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- β (including isoforms β_1 , β_2 , and β_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- β 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- α	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 (Nazzal *et al.*, 2019)

HA: Hyaluronic acid

➤ Fase Remodeling

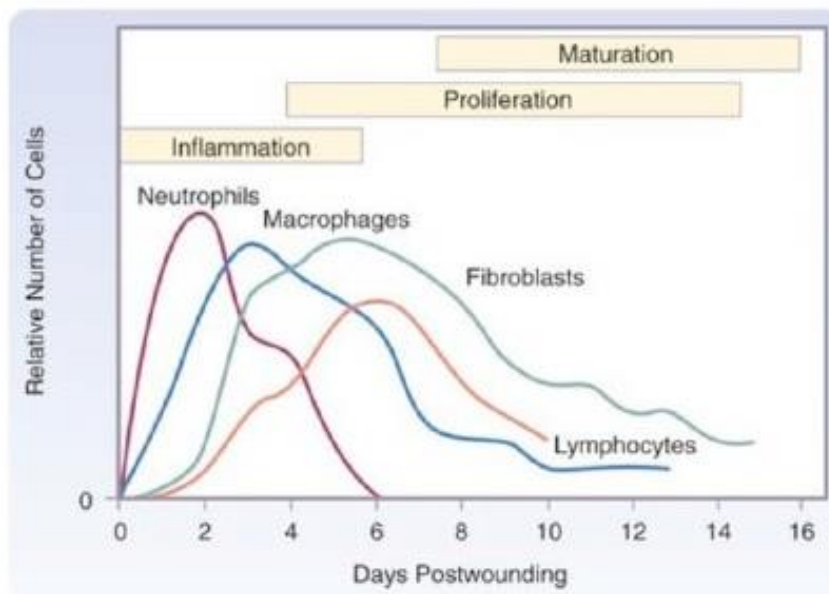
Fase remodeling adalah bagian yang paling lama dalam penyembuhan luka dan pada manusia berkisar pada hari ke 21 hingga 1 tahun. Sekali luka telah terisi jaringan granulasi dan setelah migrasi keratinosit yang telah mengalami re-epithelisasi, proses remodeling terjadi. Walaupun durasi remodeling yang 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 (Rohovsky and D'Amore, 1997; Moenadjat *et al.*, 2013).

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 epithel. Sekresinya dipicu oleh growth factor (PDGF, FGF), sitokin (IL-1,

TNF), dan fagositosis dalam makrofag dan di hambat oleh TGF- β 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 (Witte and Barbul, 1997; Lawrence, 1998; MacLeod and Mansbridge, 2016).

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 (McGee *et al.*, 1988; Lawrence, 1998).



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/ μ l dengan volume 5 ml plasma (Li *et al.*, 2009; Tohidnezhad *et al.*, 2011). PRP diketahui mengandung 7 macam faktor pertumbuhan yaitu: TGF- β , bFGF, 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 (Tohidnezhad *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 2014; Tajima *et al.*, 2014). FGF-1 dan FGF-2 adalah promotor proliferasi sel endotel dan organisasi fisik dari sel-sel endotel untuk pembentukan struktur tubuler. Fungsi utama FGF adalah stimulasi proliferasi fibroblast yang menimbulkan granulasi jaringan dan *remodeling* jaringan (Borrione *et al.*, 2010; Gentile *et al.*, 2017). TGF- β 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 (Rigotti, Marchi and Sbarbati, 2009; Kim *et al.*, 2014).

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) (Rigotti, Marchi and Sbarbati, 2009; Kim *et al.*, 2014).

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, Marchi and Sbarbati, 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 (Rigotti, Marchi and Sbarbati, 2009; Kim *et al.*, 2014). 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, Minn and Chang, 2012; Ghieh *et al.*, 2015; Raposio *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 (Rigotti, Marchi and Sbarbati, 2009; Kim *et al.*, 2014).

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 mesenchymal dan sel progenitor endotel, subtipe leukosit, sel limfatik, pericytes, sel T, sel B dan sel otot polos vaskular (Zuk *et al.*, 2002; Choi, Minn and Chang, 2012; Bourin

et al., 2013; Darinskas *et al.*, 2017). 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 (Zuk *et al.*, 2002; Han *et al.*, 2010; Darinskas *et al.*, 2017).

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, Katz and Bunnell, 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 (Josh *et al.*, 2012; Bourin *et al.*, 2013). 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, Mizuno and Pallua, 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 (Gimble, Katz and Bunnell, 2007; Bourin *et al.*, 2013). 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 (Josh *et al.*, 2012; Ferraro, Mizuno and Pallua, 2016).

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 mesenchymal yang menghasilkan indikator atau sinyal parakrin dan menginduksi sel induk hematopoietik terdahulu, sel induk folikel dan jaringan epitel untuk berdiferensiasi ke dalam jaringan (Cerqueira, Pirraco and Marques, 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 (Pettry *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, Halkier-Sorensen and Elias, 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 bFGF, EGF dan PDGF, yang merangsang proliferasi sel induk (Chiericato *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 (Zhang *et al.*, 2011; Van Pham *et al.*, 2013).

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 β 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, Pirraco and Marques, 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***

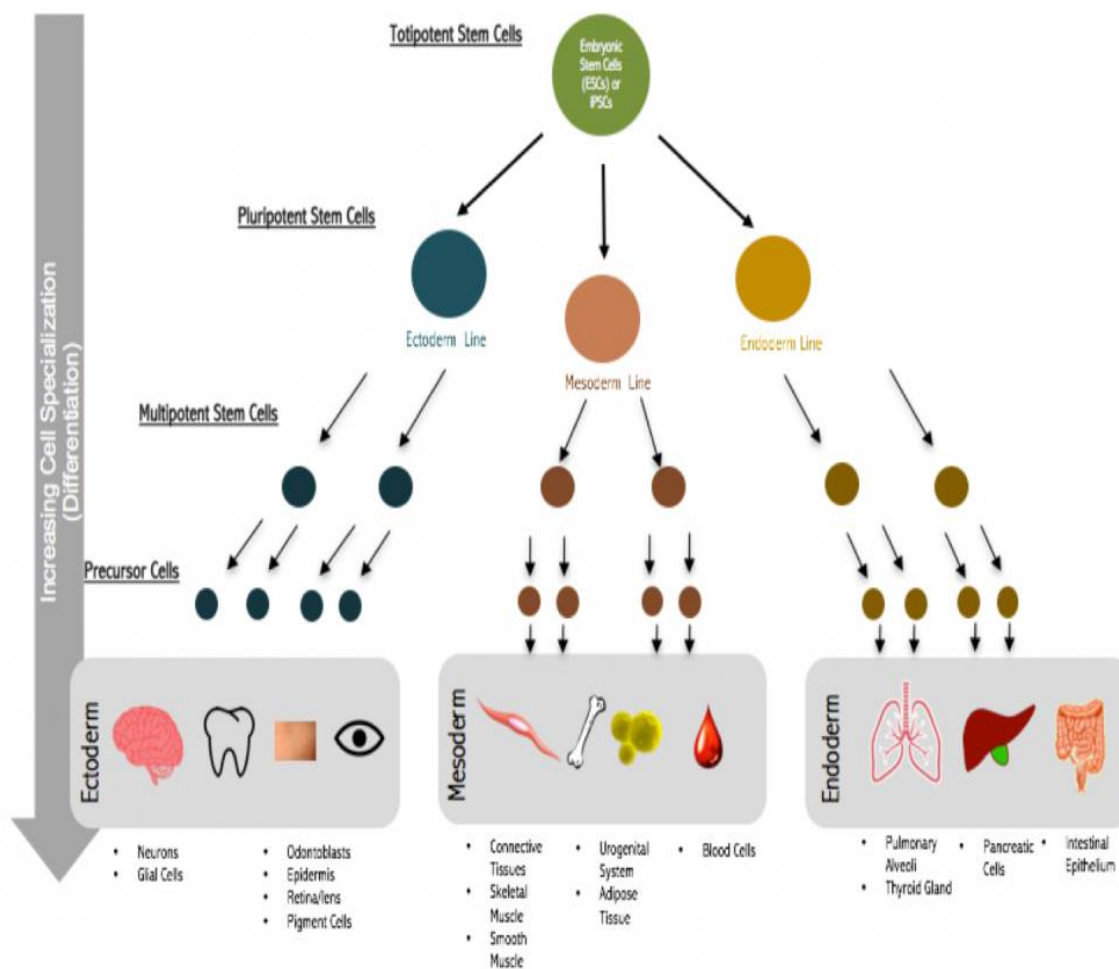
yaitu sel punca yang dapat berdiferensiasi menjadi organ hidup yang lengkap, termasuk dalam golongan ini adalah zigot (telur yang telah dibuahi).

- ***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). *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 mengidentifikasi 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 (bFGF)

2.4.1 Definisi

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

2.4.2 Klasifikasi

Gen FGF manusia / tikus terdiri dari 22 anggota keluarga. Pada tikus (FGF1–18, 20–23) dan pada manusia (FGF1–14, 16–23) (Itoh and Ornitz, 2008; Yun *et al.*, 2010; Patel, Duttaroy and Kacheriwala, 2014). Kebanyakan FGFs menengahi respon biologis mereka melalui protein ekstraseluler yang mengikat dan mengaktifkan reseptor sel permukaan tirosin kinase FGF (FGFRs) (Itoh and Ornitz, 2004, 2008; Thisse and Thisse, 2005). Namun, FGFs 11 – 14 berfungsi sebagai protein intraseluler, selanjutnya disebut sebagai iFGFs, dan bertindak dalam reseptor FGF (FGFR)-secara independen (Goldfarb, 2005).

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

2.4.3 Mekanisme Kerja

FGFs secara fisiologis berperan melalui ikatan pada *FGF receptors* (FGFR) dan mengatur jalur perkembangan, mengendalikan pola perubahan mesoderm pada awal masa embrio melalui pengembangan beberapa sistem organ. Pada mamalia yang termasuk keluarga FGF terdiri dari 18 ligan yang efek tindakan mereka melalui empat transmembran tirosin kinase reseptor (FGFR1, FGFR2, FGFR3, dan FGFR4) (Turner and Grose, 2010; Yun *et al.*, 2010). Empat FGFRs 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). FGFRs di ekspresikan oleh banyak jenis sel yang berbeda dan sebagai kunci pengatur perilaku sel, seperti proliferasi, differensiasi, dan survival sel, yang membuat signaling FGF rentan subversi oleh sel-sel kanker. Tidak seperti faktor pertumbuhan lain, FGFs berfungsi bila berikatan dengan heparin atau heparan sulfat proteoglycan (HSPG) untuk mengaktifkan FGFRs dan menginduksi respon pleiotropic yang mengarah ke berbagai respons selular yang diinduksi oleh faktor pertumbuhan lain (Eswarakumar, Lax and Schlessinger, 2005; Yun *et al.*, 2010).

FGFs bertindak sebagai molekul sinyal yang berikatan dan mengaktifkan FGFRs. FGFRs yang teraktivasi sebagai sinyal mediator dengan merekrut molekul spesifik yang mengikat tirosin phosphorilase pada bagian reseptor sitosol, memicu sejumlah jalur signaling 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 FGF adalah jalur RAS/MAP kinase, yang berisi banyak signaling protein. Kunci penting jalur FGF adalah fosforilasi residu tirosin, faktor pertumbuhan fibroblast reseptor substrat 2 α (FRS2 α), 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 α 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 FGF 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 γ . Salah satu molekul target untuk diaktifkan FGFR adalah phospholipase C gamma (PLC γ), yang mengikat reseptor Tyr-766 phosphorylated dan kemudian menjadi tirosin fosforilasi PLC γ , mengakibatkan aktivasi PLC γ . Aktivasi PLC γ 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

FGFs berperan secara fisiologis dengan mengikat tirosin kinase FGFRs afinitas secara tinggi pada permukaan sel target. Oleh karena itu, fungsi FGFs tergantung pada jalur sinyal FGF antara keluarga FGF dan FGFRs. Banyak penelitian melaporkan bahwa FGFs memiliki fungsi untuk proliferasi sel, migrasi, differentiation, dan angiogenesis di berbagai sel dan jaringan. Tabel 2.2 meringkas fungsi FGFs (Yun *et al.*, 2010).

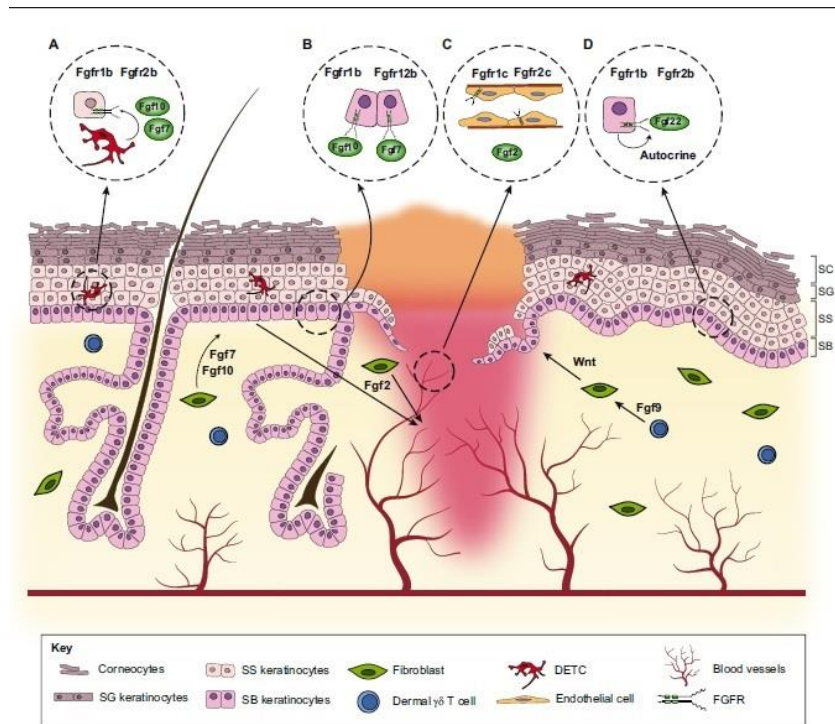
- Proliferasi sel. Proliferasi sel oleh FGFs telah dilaporkan di berbagai jenis sel, termasuk sel-sel endotel, stem sel, dan sel-sel epitel. FGF2 menginduksi proliferasi sel setelah transfer gen *flia-specific* pada tikus (Holland and Varmus, 1998) dan merangsang proliferasi dan survival sel-sel neuroepithelial yang terisolasi dari telencephalon dan mesencephalon tikus (Yun *et al.*, 2010). FGF7 (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 FGFs 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).

- Differensiasi sel. Pada perkembangan biologi, differentiation seluler adalah proses dimana sel yang kurang khusus menjadi jenis sel yang lebih khusus. Differensiasi terjadi berkali-kali selama perkembangan organisme multisel ketika mereka berubah dari satu zigot untuk jaringan dan jenis sistem sel yang lebih kompleks. Khususnya, stem sel 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. Differensiasi sel terhadap FGFs 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 FGF dalam penyembuhan luka (Maddaluno, Urwyler and Werner, 2017).

Fungsi	Subfamili dihubungkan dengan fungsi	Sel Target
Cell proliferation	FGF1, FGF2	Preadipocyte Endothelial cell, epithelial cell, fibroblast cell, neural stem cell
	FGF4	Trophoblast stem cell
	FGF7, FGF10	Epithelial cell
Cell migration	FGF18	Osteoblast, chondrocytes, osteoclast
	FGF2	Astrocyte, myogenic cell
	FGF4	Myogenic cell
	FGF7 FGF8	Epithelial cell, keratinocyte 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 (FGF)* (Yun *et al.*, 2010).

BAB III

KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL

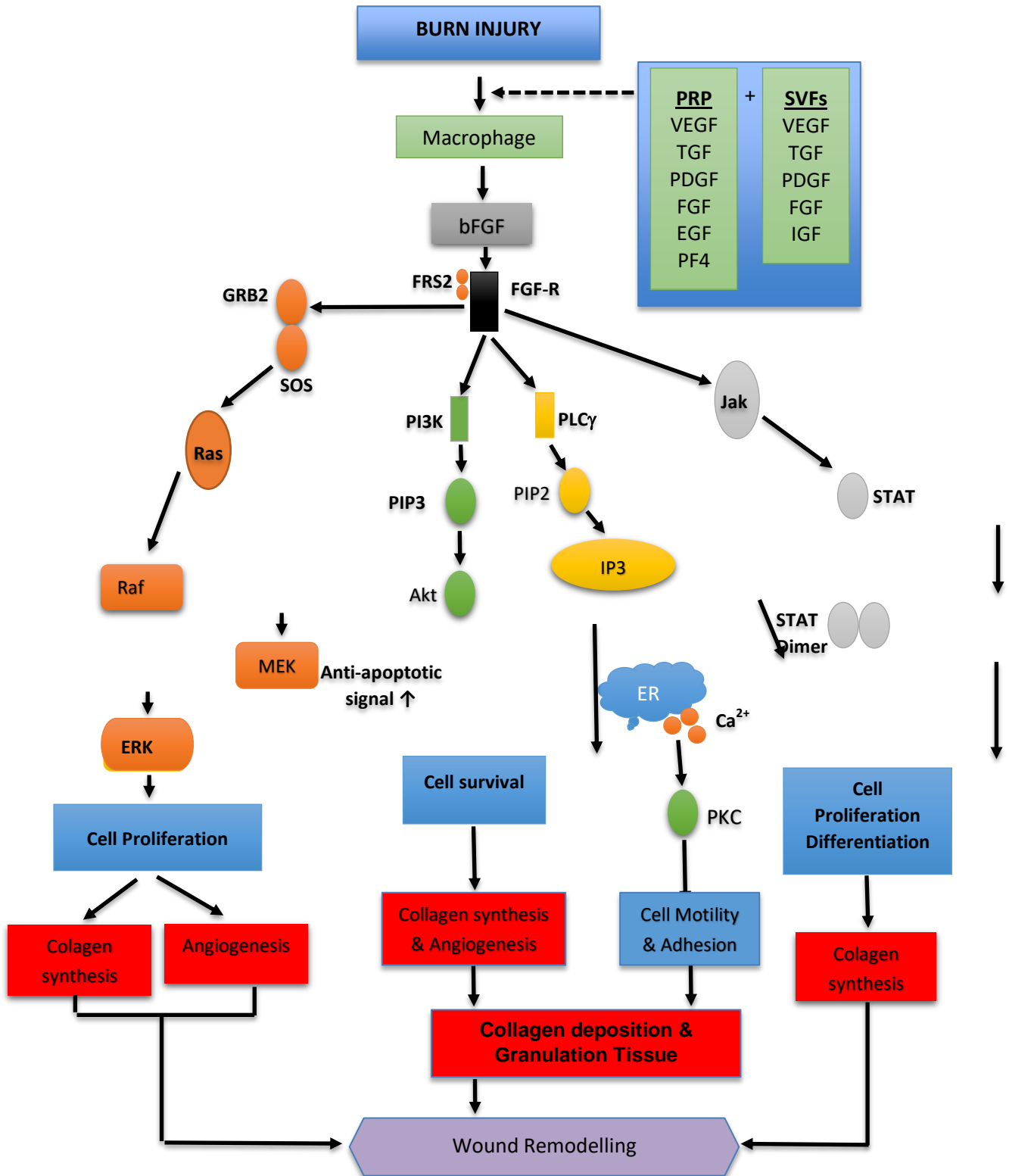
Pada Kondisi luka bakar terbentuk *thrombin formation* dan degranulasi platelets pada subendothelial (Park, Hwang and Yoon, 2017). Trombosit teraktivasi oleh trombin melepaskan beberapa faktor pertumbuhan yang membentuk sebuah plug hemostatik (Schaffer and Nanney, 1996). Faktor pertumbuhan yang dilepaskan oleh trombosit seperti EGF, IGF 1, TGF-alpha dan TGF-beta (Lawrence, 1998; Braund, Hook and Medlicott, 2007; Mansoub *et al.*, 2018).

Faktor-faktor pertumbuhan ini menyebar ke jaringan sekitar luka dan secara kemotaksis menarik neutrofil dan monosit ke daerah itu (Kiritsy, C.P. 1993). Monosit berdiferensiasi menjadi makrofag yang akan melepaskan substansi seperti *reactive oxygen specific* (ROS), prostaglandin, sitokin dan *Growth factor* seperti PDGF, bFGF, TGF- β . bFGF yang akan berikatan pada reseptornya di permukaan sel, sehingga terjadi (Rohovsky and D'Amore, 1997):

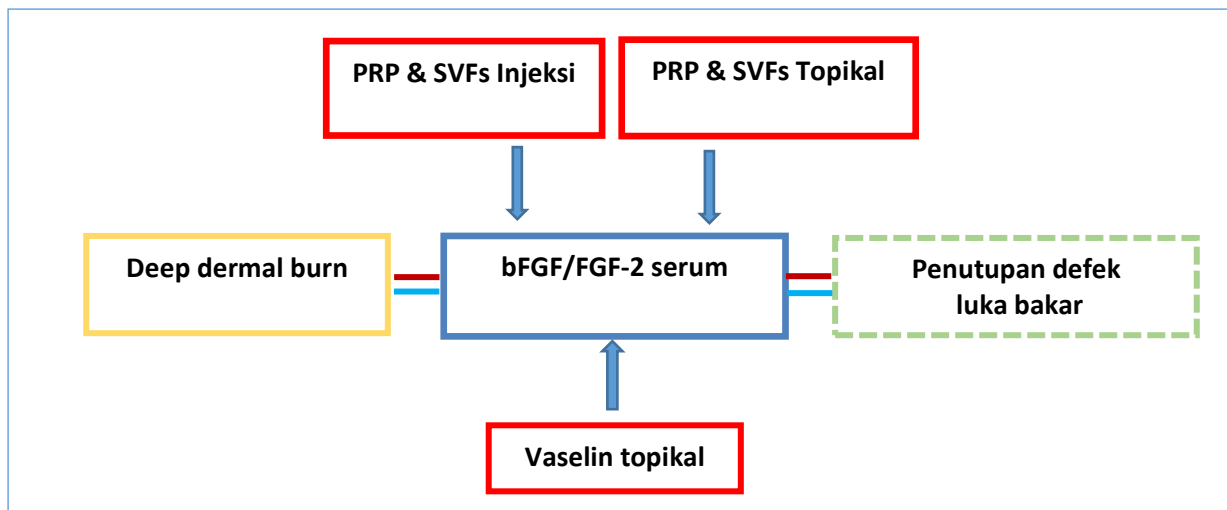
1. Faktor pertumbuhan fibroblast reseptor substrat 2α (FRS2 α) merekrut struktur kompleks terdiri dari protein adaptor, *guanine nucleotide exchange factor 2* (GRB2), *the son of sevenless* (SOS), *tirosin fosfatase* (SHP2), dan protein docking, *GRB2-associated binding protein 1* (GAB1). Pembentukan FRS2 kompleks mengakibatkan aktivasi RAS/MAP kinase (Dailey *et al.*, 2005; Yun *et al.*, 2010).

2. Aktivasi PLC γ menghidrolisasi phosphatidylinositol, menghasilkan inositol trifosfat (IP3) dan diacylglycerol (DAG) (Yun *et al.*, 2010). IP3 adalah messenger seluler yang memfasilitasi pelepasan kalsium dari retikulum endoplasma. Peningkatan kadar kalsium dan DAG mengaktifkan protein kinase C (PKC). Jalur ini untuk adhesi dan migrasi sel keratinosit, fibroblast dan endotel (Kolkova *et al.*, 2000; Yun *et al.*, 2010).
3. PI3K teraktivasi menyebabkan aktivasi protein kinase Akt, yang meningkatkan survival sel (mencegah apoptosis) (Yun *et al.*, 2010).
4. Aktivasi JAK STAT cascade mengakibatkan intraselular JAKs yang berkaitan dengan mereka terjadi 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 dalam gen target dan mengatur transkripsi mereka sehingga terjadi proliferasi, diferensiasi, migrasi, apoptosis, dan survival sel yang tergantung pada sinyal, jaringan, dan konteks seluler (Harrison, 2012).

3.1 Kerangka Teori



3.2 Kerangka Konsep



Luka bakar deep dermal diberi perlakuan: Vaselin dibandingkan PRP dan SVFs injeksi dibandingkan dengan PRP & SVFs topikal kemudian dilakukan pengukuran terhadap kadar serum bFGF.

3.3 Variabel

1. Variabel Bebas (Independent)
 - Kombinasi PRP + SVFs topikal
 - Kombinasi PRP + SVFs injeksi
 - Vaselin topikal
2. Variabel Dependent
 - bFGF serum
3. Variabel Antara
 - Deep dermal burn
4. Variabel yang tak dinilai
 - Penutupan defek luka bakar

3.4 Hipotesis

- bFGF terlibat pada proses percepatan penyembuhan luka bakar.
- Kombinasi SVFs + PRP injeksi maupun topikal dapat mempercepat manifestasi klinis penyembuhan luka bakar.
- Terdapat perbedaan kadar serum bFGF pada penggunaan kombinasi SVFs + PRP injeksi dibandingkan dengan kombinasi SVFs + PRP topikal dibandingkan dengan perawatan konservatif vaselin.

4.5 Definisi Operasional

4.5.1 Luka bakar *deep dermal*

Luka bakar *deep dermal* terdapat bula, tapi dasar bula menunjukkan bagian dermis yang dalam dan bagian retikuler dermis sering tampak bintik-bintik warna merah karena ekstrasvasasi hemoglobin. Secara klinis adalah hilangnya fenomena capillary refill dan tes pinprick negatif.

4.5.2 *Platelet Rich Plasma* (PRP)

Suatu produk darah yang berfungsi mempercepat regenerasi endotelial, epitelial dan epidermal, menstimuli angiogenesis, merangsang sintesa kolagen, mempercepat penyembuhan jaringan lunak, menurunkan jaringan parut pada kulit, mempercepat respon homeostasis pada cedera, dan melawan efek penghambatan penyembuhan luka.

4.5.3 *Stromal Vascular Fraction cell* (SVFs) merupakan komponen lipoaspirat yang diperoleh dari liposuction jaringan lemak.

4.5.4 *Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA)* merupakan teknik pengujian serologi yang didasarkan pada prinsip interaksi antara antibody dan antigen

4.5.5 Kadar bFGF diperiksa dengan metode ELISA.