

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Telaah Pustaka**

##### **1. Imunisasi**

###### **a. Definisi Imunisasi**

Imunisasi merupakan proses pemberian antigen dalam bentuk vaksin untuk merangsang sistem kekebalan tubuh menghasilkan antibodi dan membentuk imunitas terhadap penyakit tertentu (Hadinegoro, 2024). Tujuan imunisasi adalah memberikan kekebalan tubuh sehingga imunisasi menjadi sangat penting bagi kesehatan manusia. Dengan melakukan imunisasi maka kesehatan individual maupun masyarakat secara keseluruhan dapat berdampak baik dan kemungkinan seseorang terserang penyakit tersebut menjadi lebih kecil. Imunisasi juga terbukti sangat efektif dalam mencegah terjadinya penyakit menular. Dengan demikian, imunisasi merupakan langkah yang sangat penting dalam menjaga kesehatan individu maupun masyarakat secara keseluruhan, serta membantu mencegah penyebaran penyakit menular yang dapat membahayakan kesehatan dan kehidupan manusia (Tribakti et al., 2023).

###### **b. Jenis-jenis Imunisasi**

Jenis imunisasi dapat diklasifikasikan berdasarkan mekanisme pertahanan tubuh dan sifat penyelenggaraan imunisasi.

1) Dilihat dari mekanisme pertahanan tubuh

a) Imunisasi Aktif

Pemberian vaksin yang mengandung antigen dari penyakit tertentu sehingga dapat merangsang tubuh untuk memproduksi antibodi. Tujuannya untuk membentuk kekebalan jangka panjang. Contohnya vaksin BCG, DPT, Hepatitis B, atau campak.

b) Imunisasi Pasif

Pemberian antibodi langsung tanpa stimulasi sistem imun melalui suntikan imunoglobulin atau plasma. Tujuannya untuk memberikan perlindungan cepat tetapi sementara. Imunisasi pasif tidak memberikan memori imunologis. Contohnya yaitu imunoglobulin tetanus (TIG) dan imunoglobulin rabies (RIG) (Tribakti et al., 2023).

2) Dilihat dari sifat penyelenggaraan imunisasi

Berdasarkan sifat penyelenggaraan imunisasi di Indonesia, imunisasi dibagi menjadi imunisasi wajib dan imunisasi pilihan. Imunisasi wajib yaitu imunisasi yang harus atau wajib dilakukan oleh seseorang berdasarkan arahan pemerintah sesuai dengan kebutuhannya dalam rangka melindungi yang bersangkutan dan masyarakat sekitarnya dari penyakit menular tertentu. Sedangkan imunisasi pilihan adalah jenis imunisasi yang tidak termasuk dalam program imunisasi wajib, namun diberikan berdasarkan keputusan

orang tua atau individu sesuai dengan kebutuhan atau keinginan. Imunisasi wajib terdiri atas imunisasi rutin, imunisasi tambahan, dan imunisasi khusus (Pusdiklatnakes, 2014).

a) Imunisasi rutin

Imunisasi rutin adalah kegiatan imunisasi yang dilaksanakan secara terus-menerus sesuai jadwal. Imunisasi rutin terdiri atas imunisasi dasar dan imunisasi lanjutan.

i. Imunisasi Dasar

Imunisasi yang diberikan pada bayi sejak lahir hingga usia 1 tahun dan biasanya diberikan pada waktu yang sudah ditentukan dalam jadwal vaksinasi nasional. Yang termasuk dalam imunisasi ini adalah BCG, Hepatitis B, polio, DPT-HiB, dan campak/MR.

ii. Imunisasi Lanjutan

Imunisasi yang diberikan pada usia lebih lanjut, seringkali pada anak-anak yang lebih besar, dan terkadang pada orang dewasa untuk mempertahankan atau meningkatkan kekebalan terhadap penyakit tertentu setelah imunisasi dasar. Contohnya yaitu DPT Booster dan campak/MR Booster.

b) Imunisasi Tambahan

Imunisasi tambahan adalah imunisasi yang diberikan di luar jadwal imunisasi rutin untuk mencegah penyakit-penyakit

tertentu yang berisiko atau yang sedang mewabah. Imunisasi ini diberikan sesuai dengan kebutuhan situasi tertentu atau untuk meningkatkan cakupan kekebalan. Contohnya yaitu PIN, sub-PIN.

c) Imunisasi Khusus

Imunisasi khusus adalah imunisasi yang diberikan kepada individu atau kelompok tertentu dengan kondisi kesehatan khusus, faktor risiko tinggi, atau orang yang berisiko tinggi terpapar penyakit tertentu. Contohnya seperti vaksinasi untuk calon jamaah haji atau umrah.

c. Fisiologi Imunisasi

Fisiologi imunisasi adalah proses biologis ketika tubuh merespon vaksin yang diberikan untuk menghasilkan kekebalan terhadap suatu penyakit. Sistem kekebalan merupakan sistem kompleks dari interaksi sel dengan tujuan utamanya yaitu mengenali datangnya antigen. Proses ini melibatkan mekanisme kekebalan bawaan dan kekebalan adaptif. Kekebalan bawaan mempresentasikan garis pertahanan pertama terhadap patogen yang mengganggu. Ini adalah mekanisme pertahanan yang bersifat tidak spesifik yang digunakan oleh inang segera setelah menemukan antigen. Respon kekebalan bawaan tidak memiliki memori imunologis oleh karena itu respon ini tidak dapat mengenali patogen yang sama jika tubuh terpapar di masa depan. Di sisi lain, kekebalan adaptif bergantung pada antigen dan spesifik antigen oleh

karena itu, kekebalan adaptif membutuhkan waktu jeda antara paparan antigen dan respons maksimal. Kekebalan adaptif juga bersifat mengingat yang memungkinkan inang untuk merespons kekebalan yang lebih cepat dan efisien setelah terpapar antigen berikutnya (Marshall et al., 2018).

Ketika seseorang diberi vaksin, maka tubuh akan merespons dengan mengenali komponen tersebut sebagai antigen untuk memulai proses yang merangsang inisiasi respon imun. Antigen merupakan fragmen atau bentuk yang dilemahkan (*attenuated/inaktif*) dari mikroorganisme penyebab penyakit (bakteri atau virus), atau bagian tertentu dari mikroorganisme tersebut (misalnya protein atau toksin). Pertama sistem imun akan mendeteksi antigen sebagai zat asing sehingga akan difagositasi dan dipecah oleh makrofag. Kemudian, peptida yang dihasilkan oleh pemecahan bahan protein diproses dan ditampilkan di permukaan sel makrofag menggunakan molekul *Major Histocompatibility Complex* (MHC) (Ginglen and Doyle, 2023).

Proses inilah yang memicu aktivasi sel T dan sel B. Sel T membantu mengenali antigen untuk meningkatkan dan mengarahkan respons imun. Selain itu, sel T juga akan membunuh sel-sel yang terinfeksi dan merangsang sel B untuk berkembang biak dan berdiferensiasi menjadi sel plasma pembentuk antibodi yang secara spesifik menargetkan antigen tersebut. Beberapa dari sel-sel imun ini akan bertahan sebagai sel memori. Sel-sel ini akan “mengingat”

antigen yang sama sehingga sistem kekebalan tubuh memungkinkan untuk merespons lebih cepat dan lebih efektif jika terpapar antigen yang sama di masa depan. Mekanisme respons imun ini bisa bervariasi berdasarkan faktor-faktor seperti usia, genetika, dan kondisi kesehatan seseorang (Marshall et al., 2018).

d. Imunisasi DPT-HB-Hib

Imunisasi DPT-HB-Hib adalah kombinasi vaksin yang diberikan untuk melindungi anak-anak dari tiga penyakit berbahaya yaitu Difteri, Pertusis (batuk rejan), Tetanus, Hepatitis B, dan Haemophilus influenzae tipe B (Tribakti et al., 2023). Imunisasi DPT (Difteri, Pertusis dan Tetanus) merupakan imunisasi yang diberikan untuk mencegah terjadinya penyakit difteri yang disebabkan oleh bakteri *Corynebacterium diphtheriae* yang menghasilkan racun (toksin) yang merusak jaringan tubuh, terutama saluran pernapasan bagian atas. Kemudian pertussis yang disebabkan oleh bakteri *Bordetella pertussis*, dan tetanus yang disebabkan oleh bakteri *Clostridium tetani* yang menghasilkan toksin yang bisa menyebabkan kejang otot yang serius dan bahkan kematian. Imunisasi DPT merupakan vaksin yang mengandung racun kuman difteri yang telah dihilangkan sifat racunnya akan tetapi masih dapat merangsang pembentukan zat anti (toksoid) (Purwanti, 2018).

Imunisasi HB digunakan untuk melawan semua virus Hepatitis B yang disebabkan oleh virus *Hepatitis B* (HBV), yang menyerang hati

dan bisa menyebabkan penyakit kronis, sirosis, atau bahkan kanker hati. Vaksin Hepatitis B mengandung protein permukaan virus (HBsAg) yang akan merangsang tubuh untuk menghasilkan antibodi terhadap protein ini. Dengan demikian, jika tubuh terpapar dengan virus HBV di masa depan, sistem kekebalan tubuh akan dapat mengenali dan melawan virus tersebut sebelum menyebabkan infeksi (Tribakti et al., 2023).

Pemberian imunisasi Hib bertujuan untuk mencegah infeksi bakteri *Haemophilus influenzae* tipe B (Hib) yang dapat menyebabkan infeksi serius, terutama pada anak-anak, seperti meningitis, pneumonia, dan epiglottitis. Vaksin Hib mengandung polisakarida kapsular dari bakteri ini, yang akan merangsang sistem imun untuk menghasilkan antibodi. Antibodi ini akan membantu melindungi tubuh dari infeksi bakteri *Hib* (Bora, 2015).

Imunisasi DPT-HB-Hib diberikan dengan cara disuntikan pada bagian intramuskular anterolateral paha atas dengan dosis 0,5 ml (Pusdiklatnakes, 2014). Imunisasi DPT menjadi program pemerintah yang termasuk dalam imunisasi dasar diberikan bertahap yaitu pada bayi usia 2 bulan, 3 bulan, dan 4 bulan dengan interval pemberian 4 minggu lalu imunisasi lanjutan pada balita usia 18 bulan yang diberikan hanya sekali. Setelah diberikan pada usia 2 – 4 bulan, 12 – 18 bulan, imunisasi DPT yang terakhir diberikan kepada anak ketika berusia 4 – 6 tahun (Danik Riawati et al., 2020). Imunisasi DPT-HB-

Hib tidak boleh diberikan saat kondisi kejang atau gejala kelainan otak pada bayi baru lahir atau kelainan saraf serius. Efek samping imunisasi DPT-HB-Hib antara lain reaksi lokal sementara seperti bengkak, nyeri dan kemerahan dan disertai demam (Danik Riawati et al., 2020). Hal ini dapat terjadi karena tindakan imunisasi yang memicu peradangan dan mengakibatkan kerusakan jaringan yang merangsang pelepasan lokal dari serotonin, prostaglandin, dan bradikinin sehingga menstimulasi respon nyeri (Dewi et al., 2020). Selain itu, respon nyeri saat injeksi imunisasi DPT-HB-Hib juga terjadi karena proses pembentukan antibodi terhadap antigen yang masuk. Karena imunisasi DPT-HB-Hib mengandung paling banyak vaksin diantara imunisasi yang lain maka imunisasi DPT-HB-Hib menimbulkan rasa nyeri paling tinggi. Tindakan imunisasi DPT-HB-Hib yang dilakukan secara konsisten juga dapat menimbulkan skor respon nyeri yang relatif sama pada sebagian besar bayi (Wijayanti dan Oktarina, 2021). Maka dari itu, tindakan ini selain menyebabkan trauma dan rasa sakit atau nyeri pada bayi juga memberikan efek *toxic stress* negatif terhadap perkembangan anak selanjutnya (Permatasari dan Ritanti, 2020).

## 2. Konsep Nyeri

### a. Definisi Nyeri

Definisi nyeri menurut Asosiasi Internasional untuk Studi Nyeri (IASP) saat ini adalah pengalaman gabungan dari 2 komponen utama yaitu sensorik dan emosional yang tidak menyenangkan yang berkaitan

dengan kerusakan jaringan aktual atau potensial, atau dijelaskan dalam bentuk kerusakan tersebut (Raja et al., 2020). Respon nyeri pada bayi dapat diidentifikasi dengan memperhatikan adanya perilaku distress yang ditunjukkan oleh bayi, seperti mengerutkan dahi, meringis, menyentak kaki, menangis atau meronta (Rahayuningsih et al., 2021). Sistem saraf pada bayi masih sangat plastis karena belum matang dan sedang mengalami perkembangan, sehingga rangsangan nyeri yang diberikan terus menerus dapat menimbulkan komplikasi jangka pendek hingga jangka panjang (Williams and Lascelles, 2020). Komplikasi jangka pendek seperti takikardi, desaturasi oksigen, takipnea, perubahan terhadap perilaku dan metabolisme. Sementara itu, komplikasi jangka panjang dapat berupa gangguan perkembangan sistem saraf, peningkatan sensitivitas terhadap nyeri, gangguan regulasi hormon stres (kortisol), serta perubahan pada axis *Hypothalamus Pituitary Adrenal* (HPA) (Oktaviani et al., 2018).

#### b. Teori Nyeri

Ada sejumlah teori yang digunakan untuk menjelaskan mekanisme neurologik yang mendasari sensasi nyeri antara lain (Trachsel et al., 2023):

##### 1) Teori Intensitas

Asal-usul teori tentang persepsi nyeri pertama kali diungkapkan oleh filsuf Yunani kuno, Plato (sekitar tahun 428–347 SM), yang dalam karyanya *Timaeus* menggambarkan nyeri bukan sebagai

pengalaman yang sepenuhnya unik, melainkan sebagai bentuk emosi yang muncul ketika suatu rangsangan berlangsung dengan intensitas tinggi dan dalam durasi yang cukup lama. Pemahaman ini kemudian berkembang seiring waktu kemudian di era modern, nyeri terutama nyeri kronis diakui sebagai suatu pengalaman kompleks dan dinamis yang dapat berubah secara spasial maupun temporal. Pada abad ke-19, sejumlah eksperimen ilmiah dilakukan untuk menemukan dasar biologis dari fenomena nyeri ini. Penelitian tersebut menggunakan berbagai jenis rangsangan, termasuk rangsangan taktil dan listrik, untuk mempelajari ambang persepsi sensorik serta peran penting neuron di tanduk dorsal medula spinalis dalam proses transmisi dan modulasi sinyal nyeri.

## 2) Teori Dualisme Cartesian

Pandangan awal tentang nyeri dipengaruhi oleh kepercayaan religius, yang menganggap nyeri sebagai hukuman atas dosa atau bentuk penebusan. Pergeseran menuju pendekatan ilmiah dimulai dengan teori Dualisme Cartesian oleh René Descartes pada tahun 1644, yang memisahkan nyeri fisik dan psikologis sebagai entitas berbeda tanpa interaksi. Ia juga menyatakan bahwa pusat nyeri berada di kelenjar pineal. Meskipun terbatas, teori ini menjadi fondasi penting bagi pemahaman nyeri modern.

### 3) Teori Spesifitas

Setelah Descartes memperkenalkan teori dualisme nyeri, Charles Bell mengembangkan teori spesifisitas pada tahun 1811 yang menekankan adanya jalur saraf khusus untuk setiap jenis sensasi. Bell menolak pandangan bahwa otak bersifat homogen dan menegaskan kompleksitas fungsionalnya. Teori ini kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh Johannes Müller, yang menyatakan bahwa setiap sensasi berasal dari energi spesifik pada reseptor tertentu, serta oleh Maximilian von Frey yang mengidentifikasi empat modalitas sensorik utama yaitu dingin, panas, sentuhan, dan nyeri. Meskipun teori spesifisitas memberikan dasar penting bagi fisiologi nyeri, teori ini masih terbatas karena tidak mampu menjelaskan aspek psikologis nyeri maupun nyeri kronis yang bertahan setelah penyembuhan.

### 4) Teori Pola

Teori pola nyeri, yang dikemukakan oleh John Paul Nafe pada tahun 1929, menyatakan bahwa sensasi nyeri ditentukan oleh pola aktivitas saraf, bukan oleh reseptor spesifik. Berbeda dengan teori spesifisitas, teori ini menolak adanya jalur khusus untuk tiap sensasi. Meskipun awalnya mendapat dukungan, teori ini kemudian dianggap kurang akurat setelah ditemukan reseptor spesifik untuk berbagai jenis sensasi melalui penelitian lanjutan.

## 5) Teori Kontrol Gerbang

Pada tahun 1965, Patrick David Wall dan Ronald Melzack memperkenalkan teori kontrol gerbang (*gate control theory*), yang menjadi tonggak penting dalam studi nyeri karena untuk pertama kalinya mengintegrasikan dimensi psikologis dan fisiologis dalam mekanisme persepsi nyeri. Teori ini tidak hanya mengakomodasi elemen dari teori nyeri sebelumnya, seperti teori spesifisitas dan pola, tetapi juga memperluas pemahaman tentang bagaimana nyeri diproses dalam sistem saraf pusat. Menurut teori ini, sebelum mencapai otak, impuls nyeri harus melewati tiga struktur utama di sumsum tulang belakang, yaitu substantia gelatinosa di tanduk dorsal, serabut di kolom dorsal, dan sel transmisi di area yang sama. Substantia gelatinosa berperan sebagai mekanisme pengatur atau "gerbang" yang menentukan apakah sinyal nyeri diteruskan ke otak atau tidak. Jika impuls sensorik memiliki intensitas rendah, gerbang tetap tertutup sehingga sinyal tidak diteruskan. Namun, jika impuls cukup kuat, gerbang akan terbuka dan sinyal diteruskan ke otak, tempat sensasi nyeri akhirnya disadari. Teori ini menjelaskan bahwa persepsi nyeri merupakan hasil dari interaksi kompleks antara sinyal perifer dan mekanisme penghambatan atau fasilitasi di tingkat spinal. Lebih jauh lagi, Melzack dan Wall menekankan bahwa persepsi nyeri tidak hanya bergantung pada aktivitas saraf perifer dan spinal, melainkan juga dipengaruhi oleh

pusat kontrol di otak, khususnya di area kortikal. Faktor psikologis seperti stres, emosi, dan kognisi dapat memodulasi aktivitas gerbang ini. Penelitian lanjutan menunjukkan bahwa kondisi emosional negatif, seperti depresi, cenderung membuka gerbang nyeri lebih lebar, sehingga meningkatkan kemungkinan seseorang merasakan nyeri yang berlebihan terhadap stimulus ringan. Selain itu, gaya hidup tidak sehat seperti kurang tidur, konsumsi alkohol, dan stres kronis juga berpotensi memfasilitasi aktivasi gerbang tersebut, menghasilkan nyeri yang tidak sebanding dengan penyebabnya. Teori kontrol gerbang memberikan kontribusi besar terhadap paradigma modern dalam studi nyeri, dengan menekankan bahwa nyeri bukan semata-mata akibat kerusakan jaringan, tetapi merupakan pengalaman multidimensional yang melibatkan komponen biologis, psikologis, dan sosial.

c. Faktor-Faktor Penyebab Nyeri

Faktor-faktor yang mempengaruhi nyeri saat imunisasi pada bayi melibatkan berbagai aspek fisik, psikologis, dan sosial. Berikut adalah beberapa faktor utama yang berkontribusi terhadap pengalaman nyeri pada bayi saat imunisasi (St Clair-Jones et al., 2020):

1) Usia

Usia bayi merupakan faktor signifikan yang mempengaruhi respon nyeri. Bayi yang lebih muda (0-3 bulan) cenderung tidak dapat mengungkapkan rasa sakit secara verbal, sehingga respon nyeri

mereka mungkin lebih sulit untuk diukur. Penelitian menunjukkan bahwa bayi yang lebih tua mungkin memiliki pengalaman dan kemampuan untuk mengatasi nyeri dengan lebih baik dibandingkan dengan bayi yang lebih muda.

## 2) Jenis kelamin

Jenis kelamin juga dapat mempengaruhi persepsi nyeri. Beberapa studi menunjukkan bahwa ada perbedaan dalam cara laki-laki dan perempuan merasakan dan mengekspresikan nyeri, meskipun hasilnya bisa bervariasi tergantung pada konteks dan individu.

## 3) Teknik Imunisasi

Metode dan teknik yang digunakan selama imunisasi dapat mempengaruhi tingkat nyeri yang dirasakan. Misalnya, pemilihan lokasi suntikan (misalnya paha atau lengan) juga dapat berpengaruh terhadap intensitas nyeri.

## 4) Pengalaman Masa Lalu

Pengalaman sebelumnya mengenai nyeri akan mempengaruhi persepsi nyeri yang dialami saat ini. Individu yang sudah pernah mengalami pengalaman buruk tentang nyeri akan kesulitan untuk mengelola nyeri.

## 5) Dukungan emosional orang tua dan keluarga

Tingkat kecemasan baik pada bayi maupun orang tua dapat mempengaruhi pengalaman nyeri. Kecemasan yang tinggi dapat meningkatkan persepsi nyeri pada anak. Dukungan emosional dari

orang tua selama proses imunisasi juga berperan penting dalam mengurangi rasa sakit yang dirasakan oleh bayi (Butarbutar, 2018).

d. Klasifikasi Nyeri

Berikut adalah klasifikasi atau pengelompokan nyeri (Mardona and Kafiari, 2023):

1) Klasifikasi Nyeri Berdasarkan Durasi

a) Nyeri Akut

Nyeri akut adalah nyeri yang terjadi setelah cedera akut, penyakit, atau intervensi bedah dan memiliki proses yang cepat dengan intensitas yang bervariasi (ringan sampai berat), dan berlangsung untuk waktu yang singkat. Nyeri akut berdurasi singkat (kurang lebih 6 bulan) dan akan menghilang tanpa pengobatan setelah area yang rusak pulih kembali.

b) Nyeri kronik

Nyeri kronik adalah nyeri konstan yang intermiten yang menetap sepanjang suatu periode waktu, Nyeri ini berlangsung lama dengan intensitas yang bervariasi dan biasanya berlangsung lebih dari 6 bulan.

2) Klasifikasi Nyeri Berdasarkan Asal

a) Nyeri Nosiseptif

Nyeri nosiseptif merupakan nyeri yang diakibatkan oleh aktivitas atau sensitivitas nosiseptor perifer yang merupakan reseptor khusus yang mengantarkan stimulus noxious. Nyeri

nosiseptor ini dapat terjadi karna adanya adanya stimulus yang mengenai kulit, tulang, sendi, otot, jaringan ikat, dan lain-lain.

b) Nyeri neuropatik

Nyeri neuropatik merupakan hasil suatu cedera atau abnormalitas yang di dapat pada struktur saraf perifer maupun sentral, nyeri ini lebih sulit diobati.

3) Klasifikasi Nyeri Berdasarkan Lokasi

a) Supervicial atau kutaneus

Nyeri supervisial adalah nyeri yang disebabkan stimulus kulit. Karakteristik dari nyeri berlangsung sebentar dan berlokalisasi. Nyeri biasanya terasa sebagai sensasi yang tajam. Contohnya tertusuk jarum suntik dan luka potong kecil atau laserasi.

b) Viseral Dalam

Nyeri viseral adalah nyeri yang terjadi akibat stimulasi organ-organ internal. Nyeri ini bersifat difusi dan dapat menyebar kebeberapa arah. Nyeri ini menimbulkan rasa tidak menyenangkan dan berkaitan dengan gejala-gejala otonom. Contohnya sensasi pukul seperti angina pectoris dan sensasi terbakar seperti pada ulkus lambung.

4) Nyeri Alih (Referred pain)

Nyeri alih merupakan fenomena umum dalam nyeri viseral karna banyak organ tidak memiliki reseptor nyeri. Karakteristik nyeri dapat terasa di bagian tubuh yang terpisah dari sumber nyeri dan

dapat terasa dengan berbagai karakteristik. Contohnya nyeri yang terjadi pada infark miokard, yang menyebabkan nyeri alih ke rahang, lengan kiri, batu empedu, yang mengalihkan nyeri ke selangkangan.

#### 5) Nyeri Radiasi

Nyeri radiasi merupakan sensasi nyeri yang meluas dari tempat awal cedera ke bagian tubuh yang lain. Seperti nyeri punggung bagian bawah akibat diskusi intervertebral yang ruptur disertai nyeri yang meradiasi sepanjang tungkai dari iritasi saraf skiatik.

#### e. Mekanisme Nyeri

Meskipun bayi belum dapat mengungkapkan rasa nyeri secara verbal, mekanisme perjalanan nyeri pada bayi dapat dipahami dengan menggunakan dasar fisiologi transmisi nyeri pada individu dewasa. Mekanisme nyeri pada bayi melibatkan proses kompleks dan karakteristik khusus karena sistem saraf mereka masih dalam tahap perkembangan. Proses perjalanan nyeri adalah sebagai berikut (Mardona and Kafiar, 2023):

##### 1) Transduksi

Transduksi merupakan aktivasi reseptor nyeri yang merubah rangsangan menjadi impuls listrik yang berjalan dari perifer ke sumsum tulang belakang pada punggung. Serabut saraf perifer yang mentransmisikan nyeri disebut nosiseptor. Jaringan yang terluka akan melepaskan zat lain yang merangsang nosiseptor

seperti histamin, bradikinin, prostaglandin, dan zat p.

## 2) Konduksi

Proses perambatan dan penguatan dari potensial aksi atau impuls listrik dari ujung saraf sampai kornu posterior medulla spinalis. Proses ini dipengaruhi oleh mielin pada saat penghantaran impuls saraf melalui akson. Pada neuron impuls saraf atau potensial aksi menjalar sebagai gelombang yang tidak terputus. Sedangkan pada akson yang memiliki mielin, impuls saraf menjalar pada bagian tidak memiliki mielin, sehingga berlangsung lebih cepat. Nosisseptor A hanya peka rangsang mekanik, termal dan kimiawi.

## 3) Transmisi

Proses transmisi merupakan proses perpindahan impuls melalui saraf sensoris menyusul proses transduksi yang disalurkan melalui serabut A-delta dan serabut C ke medulla spinalis. Proses perpindahan impuls listrik dari neuron pertama ke neuron kedua, terjadi di kornu posterior dimana naik melalui traktus spinotalamikus dan otak tengah kemudian dari thalamus mengirim pesan nosisseptik ke korteks somatosensorik dan system limbik. Traktus spinotalamikus yaitu traktus yang berasal dari medulla spinalis sampai di thalamus kemudian berganti neuron menuju kortek serebri pada somatosense dimana nyeri sensoriknya dirasakan berupa lokalisasi, intensitas, dan lamanya. Sedangkan traktus spinoretikularis sebelum tiba di thalamus berganti neuron

di batang otak retikularis kemudian menuju limbik dimana nyeri emosional dirasakan berupa cemas, ketakutan, berteriak atau menangis.

#### 4) Modulasi

Modulasi merupakan interaksi antara sistem analgesik endogen dengan nosiseptik yang masuk ke kornu 3 posterior medulla spinalis. Rangsang nyeri yang diteruskan oleh serat ke sel neuron di medulla spinalis tidak semuanya diteruskan ke sentral spinotalamikus. Di setiap segmen medulla spinalis, terjadi interaksi antara impuls yang masuk dengan sistem interneuron dan desendern. Hal ini membuat perubahan transmisi impuls nyeri berupa peningkatan atau penurunan impuls nyeri. Jika impuls lebih dominan maka penderita merasa nyeri sedangkan bila efek inhibisi yang lebih kuat, maka penderita tidak merasakan nyeri.

#### 5) Persepsi

Persepsi nyeri yaitu bagian terakhir dari proses kompleks yang menghasilkan perasaan subjektif, dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pikiran, perasaan, kepercayaan, genetik. Persepsi nyeri adalah pengalaman sadar dari penggabungan kedua aktivitas sensorik di korteks somatosensorik dan emosional dari sistem limbik, kemudian dirasakan sebagai persepsi nyeri "pengalaman sensorik dan emosional yang tidak menyenangkan" sehingga faktor emosi memegang peranan penting dalam persepsi nyeri.

f. Penatalaksanaan Nyeri

Penatalaksanaan nyeri pada bayi dapat dilakukan dengan metode farmakologi dan non farmakologi.

1) Metode farmakologi

a) Anestesi topikal

Efektif untuk jenis nyeri procedural tertentu seperti venipuncture, atau pungsi lumbal. Satu studi melaporkan bahwa kombinasi pemberian sukrosa dengan analgesik topikal memberikan hasil skor *Douleur Aigue Nouveaune* (DAN) yang lebih rendah. Krim *Eutectic Mixture of Local Anesthetic* (EMLA) yang diberikan pada neonatus prematur yang menjalani procedure venipuncture memiliki skor N-PASS lebih rendah dibandingkan pada neonatus yang tidak diberikan analgesik topikal ini. Selain itu, krim tetracaine yang dikombinasikan dengan sukrosa memberikan hasil yang baik. Akan tetapi disamping manfaat yang diberikan, penggunaan krim topikal dapat menyebabkan risiko methemoglobinemia dan ruam kulit sementara. Methemoglobinemia dikhawatirkan pada neonatus prematur karena kondisi epidermis yang lebih tipis, permeabilitas kulit yang tinggi, dan sirkulasi antioksidan yang terbatas. Pada *heel prick*, anestesi lokal diketahui belum efektif dalam memberikan efek pereda nyeri meskipun dapat mengurangi efek hyperalgesia setelah cedera jaringan.

b) Opioid

Memberikan efek terapeutik yang efektif untuk nyeri sedang hingga berat. Opioid memberikan efek analgesik dan sedasi, serta melemahkan respon stres fisiologis pada neonatus. Morfin dan fentanyl merupakan opioid yang paling umum digunakan. Morfin sering digunakan sebagai infus kontinu pada bayi pasca operasi, atau secara intermiten untuk mengurangi nyeri akut terkait prosedur invasif. Morfin dimetabolisme di hati dan memiliki potensi untuk melewati slauran darah di otak pada neonatus yang dapat menyebabkan depresi pernafasan, sehingga dosis penggunaannya harus diperhatikan selama pemberian.

c) Analgesik non-opioid seperti acetaminophen, obat inflamasi non steroid (NSAID), benzodiazepine seperti midazolam dan lorazepam sering digunakan pada neonatus untuk menginduksi sedasi dan relaksasi otot. Efek analgesik dari beberapa obat tersebut terbatas. Karena efek samping yang dapat merugikan, maka pemberian pada neonatus harus dilakukan hati-hati (Keels, 2016).

2) Metode non farmakologi

a) Sukrosa oral dan larutan rasa manis lainnya

Cara ini dapat meningkatkan ketenangan dan mengurangi rasa nyeri pada neonatus. Bahwa 2 mL 12% sukrosa dibandingkan

dengan 2 mL air secara signifikan dapat mengurangi durasi menangis pada bayi selama prosedur heel prick dan sirkumsisi. Mekanisme dari efek analgesic dari larutan rasa manis dianggap karena adanya pelepasan opioid endogen yang dimediasi secara oral. Efek rasa manis memuncak pada dua menit setelah pemberian dan bertahan selama sekitar lima sampai delapan menit.

b) *Skin to skin contact* (Kontak kulit ke kulit)

Kontak ini dapat dilakukan antara bayi dan orang tua dan merupakan salah satu intervensi nyeri pada neonatus yang diketahui dapat mengurangi respon fisiologis dan perilaku pada neonatus selama prosedur yang menimbulkan nyeri. Prosedur ini memberikan efek analgesik melalui stimulasi multi-indra termasuk emosional, taktil, propioseptif, vestibular, penciuman, pendengaran, visual, dan stimulasi termal. Durasi yang dianggap efektif dalam mengurangi respon nyeri adalah 10-15 menit, 30-80 menit, atau 3 jam sebelum dan selama prosedur nyeri berlangsung.

c) *Non-Nutritive Sucking* (NNS)

NNS pada neonatus dapat digunakan dengan atau tanpa penambahan sukrosa. Meskipun tanpa sukrosa, penggunaan NNS tetap bermanfaat pada neonatus karena secara signifikan telah terbukti dapat mengurangi respon menangis dan nyeri

selama prosedur yang menyebabkan rasa nyeri ringan hingga sedang, seperti prosedur heel prick dan sirkumsisi. Akan tetapi efek yang diberikan akan berakhir ketika dot dikeluarkan dari mulut bayi, yang dapat menyebabkan respon *distress rebound* (Pillai Riddell et al., 2023).

d) *Facilitated Tucking*

Metode ini direkomendasikan dalam manajemen nyeri pada neonatus karena efektif dapat mengurangi nyeri pada neonatus saat pengambilan darah. Prosedur ini dapat memberikan efek durasi menangis yang lebih singkat pada neonatus, serta perubahan denyut nadi dan saturasi oksigen yang relatif konstan. Prosedur *facilitated tucking* dilakukan dengan memposisikan bayi dalam posisi fleksi dengan satu tangan memfiksasi bagian posterior kepala dan tangan, sedangkan tangan lainnya memfiksasi bokong dan memfleksikan ekstremitas. Posisi ini menyerupai posisi janin yang tertekuk seperti di dalam rahim (Oktaviani et al., 2018).

e) Menyusui/ASI

Pemberian Air Susu Ibu (ASI) selama proses imunisasi juga memberikan efek pada penatalaksanaan nyeri. ASI memiliki efek analgesik yang sama efektifnya dengan pemberian sukrosa oral karena rasa manis yang terkandung dalam ASI. Hal ini terjadi karena pelepasan Beta endorfin (hormon opiat

endrogen, yang diproduksi sendiri oleh tubuh, sifatnya mirip dengan morfin) dan mekanisme preabsorpsi dari rasa manis. Beta endorfin dihasilkan oleh fetus pada saat lahir oleh *glandula pituitary hypothalamus*, yang berikatan dengan reseptor di otak, serta mengatur regulasi perasaan nyeri (Keels, 2016).

f) Pijat

Nyeri dapat mempersulit kondisi pasien karena dapat meningkatkan stres, mengubah postur tubuh, dan mengurangi kemampuan seseorang untuk beraktivitas sehari-hari. Pijat adalah proses menggosok dan meremas bagian tubuh, terutama sendi dan otot dengan tangan untuk menghilangkan rasa sakit dan mengurangi ketegangan. Pijat dapat meningkatkan sirkulasi darah serta sirkulasi limfatik. Pijat juga dapat memulainya efek analgesik nonfarmakologis ke area yang digosok dan mengurangi peradangan dan edema akibat menjalani prosedur medis yang menyakitkan dengan mekanisme teori kontrol gerbang nyeri (Fitri et al., 2021). Selain itu, pijat dapat melepaskan kejang otot secara manual sambil meningkatkan pelepasan endorfin dan rangsangan sensorik yang bertentangan dengan mengesampingkan sinyal nyeri. Ada banyak manfaat pijat, seperti dapat mengurangi stres, meningkatkan relaksasi otot, menurunkan tekanan darah, meningkatkan sirkulasi,

membantu memperbaiki postur tubuh, dan memperkuat sistem kekebalan tubuh. Selain itu, ada beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa pijat terbukti dapat mengurangi rasa sakit dan kecemasan pada banyak pasien bedah dan nonbedah (El Geziry et al., 2018).

g. Alat Ukur Nyeri

Alat ukur nyeri adalah metode sistematis untuk mengukur intensitas nyeri dan memantau perubahan nyeri setelah terapi yang dialami oleh seseorang. Alat ukur ini dapat membantu dalam memahami dan menilai pengalaman nyeri yang bersifat subyektif sehingga dapat memberikan intervensi yang tepat. Pendekatan pengukuran nyeri dapat dilakukan dengan subyektif, melalui kuesioner atau pernyataan pasien, maupun obyektif, melalui monitor tanda-tanda fisiologis dan pengamatan perilaku (Chan et al., 2022). Pengukuran nyeri pada bayi membutuhkan alat ukur yang bergantung pada pengamatan perilaku dan tanda-tanda fisiologis sebab bayi tidak memiliki keterampilan verbal untuk melaporkan rasa nyeri. Alat ukur nyeri yang dapat digunakan pada bayi adalah skala FLACC (*Face, Leg, Activity, Cry, Consolability*). Skala FLACC merupakan skala nyeri observasional. Skala FLACC dikembangkan untuk membantu mengevaluasi pengalaman nyeri bayi dengan mengamati ekspresi wajah dan pola perilaku, untuk memungkinkan penyediaan intervensi nyeri yang efektif (Peng et al., 2023).

Skala FLACC pertama kali dikembangkan untuk mengukur nyeri pascaoperasi pada bayi dan anak-anak usia 2 bulan sampai 7 tahun. Namun pengembangan studi hingga saat ini telah merekomendasikan penerapan skala FLACC dalam berbagai situasi lain seperti nyeri akut dan nyeri prosedural. Skala ini mengamati lima indikator perilaku: ekspresi wajah, posisi kaki, aktivitas tubuh, tangisan, dan kemampuan untuk terhibur. Masing-masing indikator dinilai dari 0 hingga 2, dengan total skor berkisar antara 0 hingga 10. Nilai yang lebih tinggi menunjukkan tingkat nyeri yang lebih parah.

### 3. Pijat Bayi

#### a. Fisiologi Pijat

Pijat merupakan manipulasi sistematis jaringan lunak dengan tangan yang secara positif dapat mempengaruhi dan mendukung penyembuhan, mengurangi stres, meningkatkan relaksasi otot, melancarkan sirkulasi, dan menciptakan kenyamanan (Crawford et al., 2016). Stimulasi pijat bertujuan untuk memberikan rasa nyaman, mengurangi atau mengalihkan rasa nyeri, rasa cemas, dan stres serta dapat memperbaiki respon kekebalan tubuh. Pijat bayi juga dapat mempengaruhi fungsi saluran cerna sehingga penyerapan makanan menjadi lebih baik dan terjadi peningkatan berat badan (Kemenkes RI, 2016). Beberapa manfaat pijat bayi tersebut dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti besarnya tekanan yang diberikan saat sentuhan, luasnya lokasi tubuh yang disentuh, durasi sentuhan, serta waktu

pelaksanaannya (Ferreira et al., 2024). Teknik pijat pada bayi dapat dilakukan secara lembut dan sistematis, mencakup berbagai bagian tubuh, termasuk kepala, punggung, perut, dada, dan ekstremitas (Collin et al., 2022). Pijat ekstremitas, yang mencakup pijatan pada lengan dan tungkai bayi, memiliki peran penting dalam merangsang saraf perifer dan meningkatkan aliran darah ke jaringan otot serta sendi sehingga mampu mengurangi rasa nyeri dan bayi menjadi lebih rileks (Maftuchah et al., 2022). Oleh karena itu, pijat ekstremitas menjadi bagian yang signifikan dalam teknik pijat bayi yang komprehensif.

Pijat bayi yang dilakukan 3-4 kali selama sebulan berpengaruh signifikan terhadap proses penurunan ketegangan otot, pelepasan oksitosin dan endorfin sehingga bayi menjadi lebih nyaman dan rileks. Endorfin merupakan hormon pereda nyeri dan menghilangkan rasa tidak nyaman, sedangkan oksitosin berfungsi menurunkan kadar stres dalam otak (Umanailo, 2017). Fisiologi pijat adalah sebuah proses ketika stimulasi pijat pada tubuh berpengaruh terhadap sistem tubuh dan menghasilkan respon fisiologis tertentu. Beberapa proses fisiologis yang terlibat dalam stimulasi pijat adalah (Nelson, 2015):

1) *Decreased viscosity* atau penurunan viskositas darah

Viskositas darah merupakan ukuran seberapa kental atau cair darah yang dipengaruhi oleh komponen-komponen darah seperti sel darah merah, protein plasma (misalnya fibrinogen), dan jumlah air dalam darah. Viskositas adalah salah satu penentu aliran darah,

dimana penurunan viskositas menunjukkan peningkatan fluiditas darah. Dengan menurunkan konsentrasi komponen-komponen yang mempengaruhi viskositas darah seperti kepadatan sel darah merah dan kandungan fibrinogen, pijat dapat berkontribusi penuh dalam penurunan viskositas.

2) *Mechanical Action* atau tekanan mekanis

Pijat dapat menimbulkan tekanan mekanis, yang diharapkan dapat meningkatkan kelenturan otot sehingga menghasilkan rentang gerak sendi yang meningkat, mengurangi kekakuan pasif, dan mengurangi kekakuan aktif (mekanisme biomekanik). Tekanan mekanis juga berkontribusi meningkatkan aliran darah. Tekanan mekanis yang diberikan ke pembuluh darah selama pemijatan dapat menghasilkan efek pemompaan yang meningkatkan aliran balik vena. Kejadian tersebut menyebabkan peristiwa pengosongan aliran vena, sehingga tekanan vena berkurang, mengakibatkan peningkatan gradien tekanan melintasi lapisan kapiler dan selanjutnya meningkatkan aliran darah.

3) *Increased Vasodilation* atau melebarkan pembuluh darah

Stimulasi pijat dapat menyebabkan pembuluh darah melebar melalui beberapa proses. Salah satunya dengan melepaskan zat-zat aktif, seperti histamin dan nitrogen monoksida (NO). Histamin, yang bisa dilepaskan akibat rangsangan sentuhan atau penurunan aktivitas sistem saraf simpatis, berfungsi sebagai bahan yang dapat

melebarkan pembuluh darah di tubuh. Selain itu, hal ini menciptakan tekanan geser pada dinding pembuluh darah yang merangsang produksi NO dan prostaglandin. Zat-zat ini juga berperan dalam memperlebar pembuluh darah dan mengatur peradangan. Proses ini dapat menurunkan tekanan darah sistolik dan diastolik. Stimulasi pijat pijat juga dapat memberikan efek sementara yang positif pada fungsi endotel, disebut vasodilatasi konduksi, terjadi karena adanya komunikasi antar sel otot polos dan sel pembuluh darah yang saling berhubungan.

- 4) *Decreased HPA Axis Activity* atau penurunan aktivasi sumbu HPA HPA adalah singkatan dari *Hypothalamus-Pituitary-Adrenal*. Hipotalamus dapat mengaktifkan kerja kelenjar pituitari dan kemudian akan mempengaruhi korteks adrenal di ginjal dan membentuk kortisol (Yuliadi, 2021). Salah satu cara pijat memengaruhi aktivitas sumbu HPA adalah dengan mengurangi kadar kortisol, hormon utama yang dilepaskan selama stres. Dengan menurunnya kadar kortisol, aktivitas sumbu HPA juga berkurang, yang artinya tubuh tidak lagi merespons secara berlebihan terhadap stres. Penurunan kadar kortisol ini memberikan efek relaksasi dan menurunkan beban fisik serta psikologis (Nelson, 2015).

5) *Limbic activity and neural correlates* atau korelasi aktivitas limbik dan struktur saraf

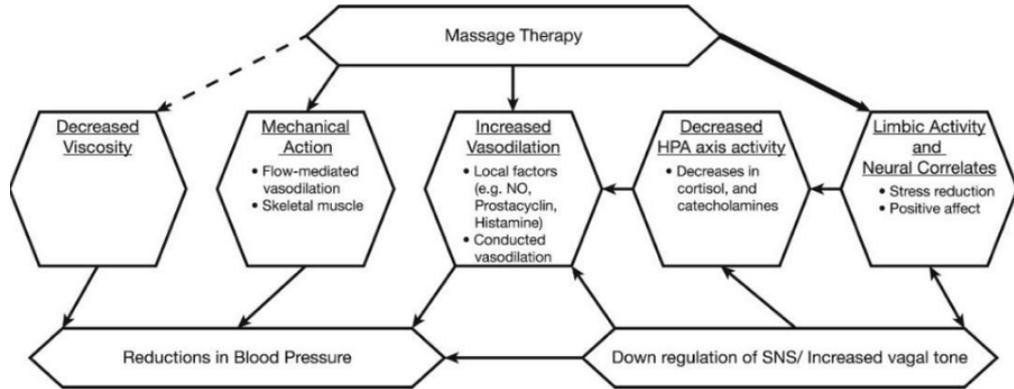
Efek fisiologi lain dari stimulasi pijat adalah korelasi aktivitas limbik dan struktur saraf yang menyebabkan pengaruh positif dan berkurangnya perasaan stres (*Stress Reduction and Positive Effect*). Efek ini dapat terlihat dalam pengurangan respon amigdala terhadap stres, peningkatan aktivitas korteks prefrontal, serta pelepasan endorfin. Beberapa mekanisme mendasari kondisi nyeri kemungkinan besar berhubungan dengan stres oksidatif (Hendrix et al., 2020). Sebab stres oksidatif terjadi ketika terdapat ketidakseimbangan antara produksi spesies oksigen reaktif (ROS) dan kemampuan tubuh untuk menghilangkannya melalui mekanisme perlindungan, yang pada akhirnya dapat memicu peradangan kronis (Hussain et al., 2016).

Hubungan antara stres oksidatif dan sensasi nyeri (nosisepsi) telah terbukti dalam berbagai penelitian. Setelah tubuh merespons peradangan, produksi zat berbahaya seperti hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ), superoksida ( $O_2^-$ ), dan peroksinitrit (ONOOH) meningkat untuk membantu tubuh melawan infeksi atau cedera. Selain itu, stres oksidatif berperan dalam meningkatkan rasa sakit (hiperalgesia), baik yang disebabkan oleh rangsangan termal (panas) maupun mekanis, misalnya pada suntikan yang memengaruhi serabut saraf perifer dan pusat. Faktor pertumbuhan

saraf ini meningkatkan produksi lipid teroksidasi, yang selanjutnya mengaktifkan reseptor TRPV1 yang terlibat dalam mendeteksi rangsangan nyeri, panas, dan asam. Peningkatan kadar ROS di sumsum tulang belakang juga dapat mengubah cara tubuh merasakan nyeri, memicu sensitisasi saraf, baik di sistem saraf perifer (sensitisasi perifer) maupun pusat (sensitisasi sentral). Hal ini menyebabkan nyeri yang lebih intens, bahkan tanpa adanya kerusakan saraf atau peradangan jaringan. Selain itu, oksida nitrat (NO) dapat menurunkan ambang batas rasa sakit, memperburuk sensitisasi saraf, dan mengaktifkan sistem saraf pusat yang mengarah pada peningkatan nyeri (Hendrix et al., 2020).

Stres oksidatif telah dikaitkan dengan nyeri dan diduga menjadi faktor utama dalam mempertahankan gejala nyeri dalam jangka panjang. Meskipun proses inflamasi dan oksidatif sama-sama berperan dalam nyeri, ROS tampaknya lebih penting dalam mempertahankan nyeri pada kondisi tertentu. Oleh karena itu, penurunan dan pencegahan stres dalam manajemen nyeri memiliki peranan penting karena hubungan signifikan antara stres dengan intensitas nyeri (Sitepu, 2014). Stimulasi pijat terbukti dapat menurunkan stres tubuh. Dengan menurunkan kadar stres maka seseorang dapat merasakan pengurangan rasa nyeri yang signifikan (Chanif, 2015). Teknik pijat bayi yang digunakan adalah teknik pijat baduta terlampir dalam lampiran 5 (Kemenkes RI, 2016).

**B. Kerangka Teori**



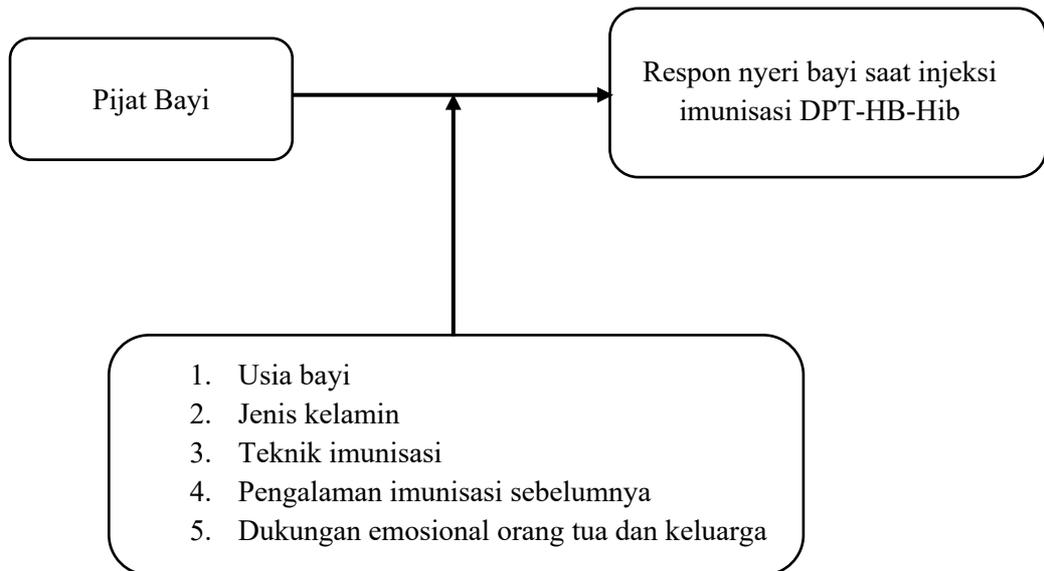
Sumber: *Nelson NL, Massage Therapy: Understanding the Mechanisms of Action on Blood Pressure. A Scoping Review, Journal of the American Society of Hypertension (2015), doi: 10.1016/j.jash.2015.07.009* (Nelson, 2015).

Gambar 1. Kerangka Teori

**C. Kerangka Konsep**

Variabel Independen  
*Massage Therapy*

Variabel Dependen  
*Limbic Activity and Neural Correlates in Stress Reduction and Positive Effect*



Gambar 2. Kerangka Konsep

**D. Hipotesis**

Ada pengaruh pijat bayi sebelum imunisasi terhadap respon nyeri injeksi imunisasi DPT-HB-Hib di Puskesmas Danurejan I