

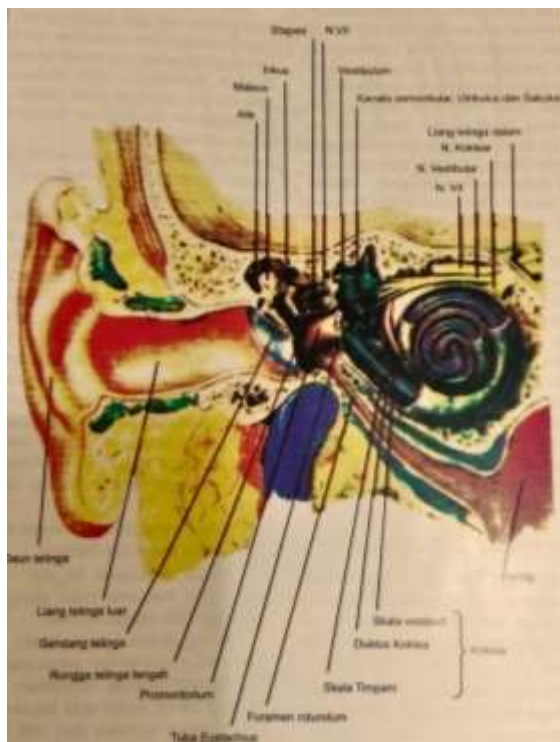
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Anatomi Telinga

2.1.1 Telinga luar

Telinga luar terdiri dari aurikula dan kanalis auditorius eksternus. Aurikula tersusun atas kartilago dan ditutupi oleh kulit. Kanalis auditorius pada orang dewasa mempunyai panjang kurang lebih 2,5 cm dan berbentuk huruf S. Pada sepertiga bagian luar kulit liang telinga terdapat banyak kelenjar serumen (kelenjar keringat) dan rambut disebut *pars cartilago*. Pada dua pertiga bagian dalam hanya sedikit dijumpai kelenjar serumen dan disebut juga *pars osseus*.^{16,17}



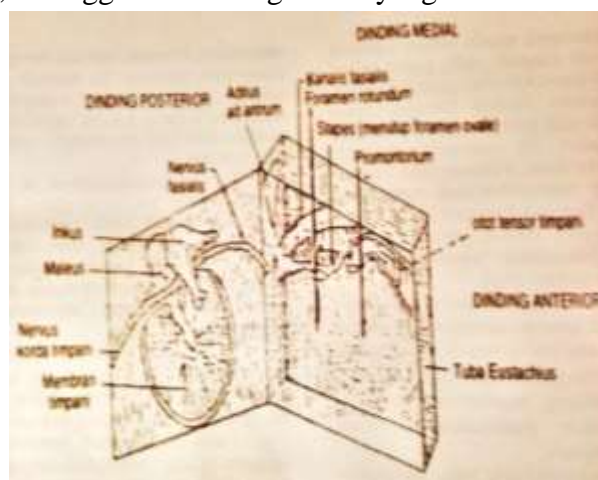
Gambar 1. Potongan Frontal Telinga¹⁶

2.1.2 Telinga tengah

Telinga tengah berbentuk ruangan berisi udara dalam tulang temporal yang terdiri dari 3 tulang artikulasi. Secara skematis telinga tengah berbentuk kubus dengan:

- Batas luar : membran timpani
- Batas depan : tuba eustachius
- Batas bawah : *aditus ad antrum*, kanalis fasialis pars vertikalis.
- Batas atas : Tegmen timpani (meningen/otak)
- Batas dalam : Berturut turut dari atas ke bawah kanalis semi-sirkularis horizontal, kanalis fasialis, tingkap lonjong, tingkap bundar dan promontorium.^{16,17}

Organ konduksi di dalam telinga tengah ialah membran timpani, rangkaian tulang pendengaran, ligamentum penunjang, tingkap lonjong dan tingkap bundar. Kontraksi otot tensor timpani akan menarik manubrium maleus ke arah anteromedial, mengakibatkan membran timpani bergerak ke arah dalam, sehingga besar energi suara yang masuk dibatasi.^{17,18}



Gambar 2. Telinga tengah¹⁶

2.1.3 Telinga dalam

Telinga dalam terdiri dari koklea yang berupa dua setengah lingkaran dan vestibuler yang terdiri dari 3 buah kanalis semisirkularis. Ujung atau puncak koklea disebut helikotrema, menghubungkan perilimfa skala timpani dengan skala vestibuli.¹⁶

Koklea membentuk tabung ulir yang dilindungi oleh tulang dengan panjang sekitar 35 mm dan terbagi atas skala vestibuli, skala media dan skala timpani. Skala timpani dan skala vestibuli berisi cairan perilimfa dengan konsentrasi K^+ 4 mEq/l dan Na^+ 139 mEq/l. Skala media berada di bagian tengah, dibatasi oleh membran reissner, membran basilaris, dan lamina spiralis dan berisi cairan endolimfa dengan konsentrasi K^+ 144 mEq/l dan Na^+ 13 mEq/l. Skala media mempunyai potensial positif (+ 80 mv) pada saat istirahat dan berkurang secara perlahan dari basal ke apeks.¹⁹

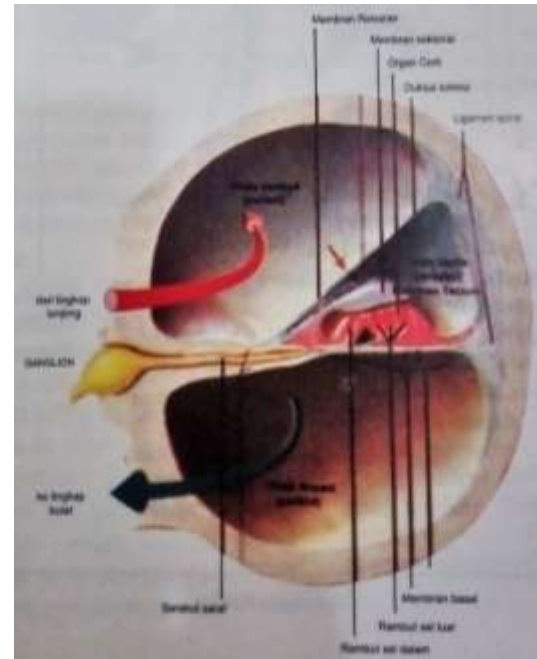
Pada membran basilaris terletak organ Corti yang mempunyai lebar 0.12 mm di bagian basal dan 0.5 mm di bagian apeks, berbentuk seperti spiral. Organ Corti mempunyai komponen penting seperti sel rambut dalam, sel rambut luar, sel penunjang Deiters, Hensen's, Claudiu's, membran tektoria dan lamina retikularis.^{17,20}

Sel-sel rambut tersusun dalam 4 baris, yang terdiri dari 3 baris sel rambut luar yang terletak lateral terhadap terowongan yang terbentuk oleh pilar-pilar Corti, dan sebaris sel rambut dalam yang terletak di medial terhadap terowongan. Sel rambut dalam yang berjumlah sekitar 3500 dan

sel rambut luar dengan jumlah 12000 berperan dalam mengubah hantaran bunyi dalam bentuk energi mekanik menjadi energi listrik.¹⁹



Gambar 3. Potongan Koklea¹⁶



Gambar 4. Organ Corti¹⁶

2.2 Fisiologi Telinga

2.2.1 Fisiologi Pendengaran

Proses mendengar diawali dengan ditangkapnya energi bunyi oleh daun telinga dalam bentuk gelombang yang dialirkan melalui udara atau tulang ke koklea. Getaran tersebut menggetarkan membran timpani diteruskan ke telinga tengah melalui rangkaian tulang pendengaran yang akan mengamplifikasi getaran melalui daya ungkit tulang pendengaran dan perkalian perbandingan luas membran timpani dan tingkap lonjong. Energi getar yang telah di amplifikasi ini akan diteruskan ke stapes yang

menggerakkan tingkap lonjong sehingga perilimfa pada skala vestibule bergerak. Getaran diteruskan melalui membran Reissner yang mendorong endolimfa, sehingga akan menimbulkan gerak relatif antara membran basilaris dan membran tektoria. Proses ini merupakan rangsangan mekanik yang menyebabkan terjadinya defleksi stereosilia sel-sel rambut.¹⁶

Defleksi stereosilia dengan cara terbuka dan tertutupnya kanal ion, menyebabkan aliran ion K^+ menuju sel sensori. Perubahan ion potasium dari nilai positif 80-90 mV di skala media menjadi potensial negatif pada sel rambut luar dan dalam. Hasil depolarisasi ini akan menghasilkan enzim cascade melepaskan transmitter kimia dan kemudian mengaktifasi serabut saraf pendengaran.²¹

Pola pergeseran membran basilaris membentuk gelombang berjalan dengan amplitudo maksimum yang berbeda sesuai dengan besar frekuensi stimulus yang diterima. Gerak gelombang membran basilaris yang timbul oleh bunyi berfrekuensi tinggi (10 kHz) mempunyai pergeseran maksimum pada bagian basal koklea, sedangkan stimulus berfrekuensi rendah (125 kHz) mempunyai pergeseran maksimum lebih ke arah apeks. Gelombang yang timbul oleh bunyi berfrekuensi sangat tinggi tidak dapat mencapai bagian apeks, sedangkan bunyi berfrekuensi sangat rendah dapat melalui bagian basal maupun bagian apeks membran basilaris. Sel rambut luar dapat meningkatkan atau mempertajam puncak gelombang berjalan dengan meningkatkan gerakan membran basilaris pada frekuensi tertentu. Keadaan ini disebut sebagai *cochlear amplifier*.²²

Suara berfrekuensi rendah menyebabkan aktivasi maksimal pada membran basiliar di dekat apeks koklea, dan suara berfrekuensi tinggi mengaktifasi membran basiliar di dekat basis koklea. Suara dengan frekuensi di antaranya akan mengaktifasi membran pada jarak di antara kedua keadaan yang berbeda ini. Selanjutnya, ada pengaturan spasial pada serabut saraf di jaras koklearis, yang berasal dari koklea ke korteks serebri. Perekaman sinyal di traktus auditorius pada batang otak dan di area penerima pendengaran korteks serebri memperlihatkan neuron-neuron otak yang spesifik diaktifasi oleh frekuensi suara tertentu. Oleh karena itu, metode utama yang digunakan oleh sistem saraf untuk mendeteksi perbedaan suara adalah dengan menentukan posisi di sepanjang membran basiliar yang paling terangsang.²³



Gambar 5. Skema Fisiologi Pendengaran¹⁶

2.2.2 Fungsi Tuba Eustachius

Tuba eustachius menghubungkan telinga tengah dengan saluran pernapasan sebagai sistem sirkulasi antara telinga tengah dan saluran pernapasan. Fungsi pembukaan dan penutupan tuba eustachius secara fisiologis dan patologis penting. Pembukaan normal tuba bertujuan untuk menyetarakan tekanan atmosfer di telinga tengah, sedangkan penutupan tuba eustachius berfungsi untuk melindungi telinga tengah dari fluktuasi tekanan yang tidak diinginkan dan suara keras. Pembersihan mukosiliar mengalirkan mukus dari telinga tengah ke saluran pernapasan sehingga mencegah terjadinya infeksi ke telinga tengah.²⁴

2.2.3 Fungsi Organ Corti

Organ Corti adalah organ reseptor yang membangkitkan impuls saraf sebagai respons terhadap getaran membran basilar. Organ Corti terletak pada permukaan serabut basilar dan membran basilar. Reseptor sensoris yang sebenarnya di dalam organ Corti adalah dua tipe sel saraf yang khusus, yang disebut dengan satu baris sel rambut dalam, dan tiga sampai empat baris sel rambut luar. Bagian dasar sel rambut bersinaps pada ujung saraf koklearis.²³

Serabut saraf yang dirangsang oleh sel rambut akan menuju *ganglion spiralis Corti*, yang terletak di modiolus koklea. Neuron ganglion spiralis akan mengirimkan akson yang seluruhnya sekitar 30.000 ke dalam

nervus koklearis kemudian ke dalam sistem saraf pusat pada tingkat medula spinalis bagian atas.²³

2.3 Gangguan Fisiologi Telinga

Proses pengantaran bunyi pada telinga dapat terganggu jika terdapat gangguan pada bagian-bagian telinga. Pada dasarnya gangguan pendengaran dibagi berdasarkan letak gangguan tersebut. Ada tiga jenis gangguan pendengaran yaitu tuli konduktif, tuli saraf dan gabungan keduanya atau tuli campuran.¹⁶

Pada tuli konduktif dapat terjadi karena organ yang berperan menghantarkan bunyi dari telinga luar ke telinga dalam tidak berfungsi secara baik. Gangguan telinga luar dan telinga tengah yang menyebabkan tuli konduktif antara lain kelainan anatomi, serumen, otitis eksterna, otitis media, dan tumor di telinga luar. Hal tersebut juga bisa terjadi bila terdapat sumbatan pada tuba eustachius yang menghubungkan telinga tengah dengan saluran pernapasan.¹⁶

Tuli saraf disebabkan oleh kerusakan koklea atau retrokoklea. Audiologi khusus diperlukan untuk membedakan tuli sensorineural koklea atau retrokoklea. Tuli saraf dapat bersifat akut yaitu tuli saraf yang dapat terjadi tiba-tiba dimana penyebab tidak diketahui dengan pasti dan dapat bersifat kronik yang terjadi secara perlahan. Tuli saraf dapat disebabkan oleh karena infeksi, kelainan kongenital, degenerasi sel, ototoksik, tumor dan akibat bising.¹⁶

2.4 Pemeriksaan pendengaran

Suara yang didengar dapat dibagi menjadi bunyi, nada murni dan bising. Bunyi (frekuensi 20-18000 Hz) merupakan frekuensi nada murni yang dapat didengar oleh telinga normal. Nada murni (*pure tone*), hanya satu frekuensi, misalnya dari garpu tala atau piano. Bising (*Noise*) dibedakan menjadi dua yaitu : *Narrow Band* (NB) terdiri atas beberapa frekuensi/spektrumnya terbatas dan *White Noise* (WN) yang terdiri dari banyak frekuensi.¹⁶

Pemeriksaan pendengaran untuk mengetahui hantaran udara dan tulang dapat dilakukan dengan memakai garpu tala atau audiometri nada murni. Kelainan hantaran melalui udara menyebabkan tuli konduktif, berarti ada kelainan di telinga luar atau telinga tengah, seperti atresia liang telinga, eksostosis liang telinga, serumen, sumbatan tuba Eustachius serta radang telinga tengah. Kelainan di telinga dalam menyebabkan tuli saraf koklea atau retrokoklea.¹⁶

Frekuensi yang dapat didengar manusia secara fisiologis yaitu antara 20 sampai 18.000 Hz. Pendengaran sehari-hari yang paling efektif antara 500-2000 Hz. Oleh karena itu untuk memeriksa pendengaran dipakai garpu tala 512, 1024 dan 2048 Hz. Pemeriksaan pendengaran dilakukan secara kualitatif dengan menggunakan garpu tala dan kuantitatif menggunakan audiometri.¹⁶

2.4.1 Audiometri Nada murni

Audiometri nada murni adalah pengukuran pendengaran dengan alat elektroakustik. Pengukuran pendengaran dengan alat ini dapat mengetahui adanya jenis gangguan pendengaran dan derajat gangguan pendengaran. Pengukuran ini menggunakan rangsang bunyi berupa nada murni pada beberapa frekuensi dengan intensitas (dB) mulai -10 hingga lebih dari 110 dB.²⁵

Terdapat dua pengukuran pada audiometri, yaitu pengukuran hantaran bunyi melalui udara (*Air Conduction, AC*) dan hantaran bunyi melalui tulang (*Bone Conduction, BC*). Audiometri hantaran udara berfungsi untuk mengukur kepekaan suatu hantaran bunyi pada seluruh mekanisme pendengaran di telinga. Audiogram hantaran udara diperoleh dengan mendengarkan getaran nada murni melalui *earphone* ke telinga. Pada tiap frekuensi yang diuji, pemeriksa mengubah-ubah intensitas untuk menentukan ambang dengar pasien untuk nada tersebut.²⁵

Audiometri hantaran tulang berfungsi untuk mengukur kepekaan mekanisme sensorineural (koklea dan nervus auditori). Audiogram pada pemeriksaan ini diperoleh dengan memasang vibrator hantaran tulang langsung ke tulang mastoid sehingga akan memberikan bunyi langsung ke tengkorak pasien. Stimulasi yang diberikan langsung ke koklea mengabaikan penghantaran bunyi melalui telinga tengah.²⁵

Menurut panduan yang dikeluarkan oleh Departemen Ketenagakerjaan Amerika Serikat untuk melakukan pemeriksaan audimetri tidak harus menggunakan ruangan kedap suara. Pada pemeriksaan audiometri ambang dengar pada ruangan harus tidak melebihi ambang dengar maksimum pada setiap frekuensi pada tabel berikut²⁶ :

Tabel 2. Intensitas Ambang Dengar Maksimum pada Setiap Frekuensi

	Frekuensi (Hz)				
	500	1000	2000	4000	8000
Intensitas Ambang dengar Maksimum (dB)	40	40	47	57	62

Pada pemeriksaan audiometri nada murni perlu dipahami hal-hal seperti

- Nada murni : Merupakan bunyi yang hanya mempunyai satu frekuensi, dinyatakan dalam jumlah getaran per detik
- Bising : Merupakan bunyi yang mempunyai banyak frekuensi, terdiri dari NB dan WN
- Frekuensi : Nada murni yang dihasilkan oleh getaran suatu benda yang sifatnya harmonis sederhana.
- Intensitas bunyi : Dinyatakan dalam desibel (dB). dB HL (*Hearing Level*), dB SL (*Sensation Level*), db SPL (*sound pressure level*)

- Ambang dengar : Bunyi nada murni yang terlemah pada frekuensi tertentu yang masih dapat didengar oleh telinga seseorang
- Nilai Nol Audiometrik : Intensitas nada murni yang terkecil pada suatu frekuensi tertentu yang masih dapat didengar oleh telinga rata-rata orang dewasa muda normal (18-30 tahun)¹⁶

2.4.2 Derajat Gangguan Pendengaran

Nilai ambang dengar ditentukan dengan cara menghitung rerata nilai ambang konduksi suara melalui udara (AC) pada frekuensi di audiometri. Interpretasi hasil berdasarkan *International Standart Organization* tentang derajat gangguan pendengaran¹⁶ :

1. 0 – 25 dB : Normal
2. 26 – 40 dB : Gangguan pendengaran ringan
3. 41 – 60 dB : Gangguan pendengaran sedang
4. 61 – 90 dB : Gangguan pendengaran berat
5. > 90 dB : Gangguan pendengaran sangat berat

2.5 Rokok

Rokok adalah hasil olahan tembakau yang terbungkus cerutu atau bentuk lainnya yang dihasilkan dari tanaman *nicotina tobacum*, *nicotina rustica* dan spesies lain atau sintetisnya yang mengandung nikotin dan tar dengan atau tanpa bahan tambahan.² Rokok berdasarkan bahan baku atau isinya dibagi menjadi tiga kategori : 1) rokok putih yaitu rokok yang berisi

hanya daun tembakau yang diberi saus untuk mendapat rasa dan aroma tertentu; 2) rokok kretek yaitu rokok yang bahan baku atau isinya berupa daun tembakau dan cengkeh yang diberi saus untuk mendapatkan rasa dan aroma tertentu; 3) rokok kalembak, yaitu rokok yang bahan baku atau isinya berupa daun tembakau, cengkeh dan kemenyan yang diberi saus untuk mendapatkan efek dan aroma tertentu.^{2,27}

2.5.1 Bahan yang Terkandung dalam Asap Rokok

a. Nikotin

Nikotin yaitu zat atau bahan senyawa pirididin yang terdapat dalam *nicotiana tobacum*, *nicotiana glauca* dan spesies lainnya yang sintesisnya bersifat adiktif. Komponen ini paling banyak dijumpai dalam rokok. Nikotin yang terkandung di dalam asap rokok antara 0,5-3 ng. Semua kandungan tersebut diserap oleh tubuh. Pada cairan darah atau plasma terdapat 30-50 ng/ml. Nikotin merupakan alkaloid yang bersifat simultan dan pada dosis tinggi bersifat racun.²⁷

b. Karbon Monoksida (CO)

Gas karbon monoksida (CO) adalah sejenis gas yang tidak memiliki bau. Unsur ini dihasilkan oleh pembakaran yang tidak sempurna dari unsur zat arang atau karbon. Gas CO yang dihasilkan sebatang rokok dapat mencapai 3-6%, sedangkan CO yang dihisap oleh perokok paling rendah sejumlah 400 ppm. Hal tersebut sudah dapat meningkatkan kadar karboksi-hemoglobin dalam darah sejumlah 2-16%.²⁷

c. Tar

Tar adalah senyawa polinuklir hidrokarbon aromatika yang bersifat karsinogenik. Kandungan tar yang beracun ini sebagian dapat menjadi lengket dan menempel pada jalan napas dan paru-paru sehingga mengakibatkan kanker. Setelah dingin akan menjadi padat dan membentuk endapan berwarna cokelat pada permukaan gigi, saluran pernapasan dan paru-paru. Pengendapan ini bervariasi antara 3-40 mg per batang rokok, sementara kadar dalam rokok berkisar 24-25 mg. Sedangkan bagi rokok yang menggunakan filter dapat mengalami penurunan 5-15mg.²⁷

d. Zat beracun lainnya

Amonia, benzene, nitrosamine, naftalen, hidrogen sianida, radon, aseton, toluena, metanol, arsenik, butana, kadmium, DDT, vinil klorida.²⁸

2.5.2 Definisi Perokok

Definisi merokok menurut Sitepoe adalah aktivitas menghisap asap rokok menggunakan pipa atau rokok.¹ Merokok merupakan sebuah kebiasaan yang dapat memberikan kenikmatan bagi si perokok, namun di lain pihak dapat menimbulkan dampak buruk baik bagi si perokok itu sendiri maupun orang-orang disekitarnya.²⁹ WHO mengungkapkan bahwa pada tahun 2015 terdapat lebih dari 1,1 miliar orang di dunia yang merokok.³⁰

2.5.3 Derajat Perokok

Derajat berat merokok dengan IB, yaitu perkalian jumlah rata-rata batang rokok dihisap sehari dikalikan lama merokok dalam tahun¹⁴ :

- Ringan : 0-200
- Sedang : 200-600
- Berat : >600

Menurut penelitian Leffondre *et al* mengenai model-model riwayat merokok, status merokok seseorang dapat dibagi menjadi *never smoker* dan *ever smoker*. *Never smoker* adalah orang yang selama hidupnya tidak pernah merokok atau selama kurang dari 1 tahunan (IB 0). *Ever smoker* adalah seseorang yang mempunyai riwayat merokok sedikitnya satu batang tiap hari selama kurang-kurangnya satu tahun baik yang masih merokok ataupun yang sudah berhenti.³¹

2.6 Dampak Merokok terhadap Gangguan Pendengaran

2.6.1 Dampak Merokok terhadap Gangguan Pendengaran Konduktif

Perokok terpapar zat-zat dalam rokok seperti nikotin serta sejumlah bahan kimia tambahan termasuk formalin, benzena, arsen, vinil klorida, amonia dan hidrogen sianida melalui inhalasi asap rokok. Beberapa studi tentang nikotin mengatakan bahwa terdapat peningkatan masalah saluran pernapasan atas dan peningkatan risiko untuk masalah telinga tengah.^{32,33}

Penelitian yang dilakukan S.Kong *et al* pada hewan coba menyebutkan bahwa terdapat perubahan jaringan pada tuba Eustachius

berupa proliferasi sel goblet dan peningkatan sekresi mukus. Jumlah sel goblet secara bertahap meningkat sesuai dengan durasi paparan dalam tuba Eustachius dan telinga tengah. Hal ini menimbulkan dampak terganggunya fungsi tuba Eustachius dan telinga tengah.³⁴ Abnormalitas pada tuba eustachius seperti hipersekresi mukus dapat mengakibatkan perubahan patologis pada telinga tengah. Hal tersebut dapat menjurus ke gangguan pendengaran dan komplikasi lain seperti otitis media.^{34,35}

Penelitian yang dilakukan Sharabi *et al* menemukan bahwa gangguan pendengaran konduktif adalah yang paling sering ditemukan pada semua kelompok subjek (20-68 tahun).³⁶ Penelitian yang dilakukan Adesh Kumar juga mendapatkan hasil sebanyak 4.6% perokok menderita gangguan pendengaran konduktif. Hal tersebut dapat terjadi karena terdapat perubahan histopatologi pada telinga tengah dan tuba Eustacius.¹³

2.6.2 Dampak Merokok pada Gangguan Pendengaran Sensorineural

Merokok dianggap menjadi faktor predisposisi atas memburuknya gangguan pendengaran tipe saraf. Merokok dapat mempengaruhi suplai darah ke koklea yang mengakibatkan kerusakan *hair cell* pada koklea. Hal ini terjadi karena perubahan vaskuler perifer antara lain meningkatnya kekentalan dan menurunnya oksigen yang tersedia dalam darah.¹³ Peningkatan kekentalan darah terjadi karena ada peningkatan fibrinogen dan peningkatan agregasi sel darah merah. Hal tersebut mempunyai dampak

yang signifikan pada sirkulasi darah mikro. Kerusakan *hair cell* muncul pertama kali di bagian basal koklea yaitu mengenai frekuensi tinggi.¹⁰

Nikotin yang terkandung dalam rokok memasuki sel rambut luar koklea melalui *mechanotransducer channel* akan membentuk *monohydrate complex* (MHC) melalui reaksi hidrolisis. MHC bersifat lebih reaktif dibandingkan nikotin. Nikotin dan MHC kemudian mengaktifkan enzim NADPH oksidase (NOX-3) di epitel sensori telinga dalam dan neuron ganglion spiralis, sehingga terjadi produksi *Reactive Oxygen Species* (ROS) (O_2^+) yang berlebihan. Secara fisiologis NOX-3 memproduksi O_2^+ dalam jumlah tertentu untuk metabolismenya. O_2^+ kemudian dikatalis oleh *superoksida dismutase* (SOD) menjadi hidrogen peroksida (H_2O_2), H_2O_2 kemudian dipecah menjadi H_2O dan O_2 oleh enzim katalase dan enzim glutathion peroxide.³⁷

ROS pada keadaan patologis akan diproduksi oleh organela intraseluler, membran sel atau pada reaksi ekstraseluler. ROS akan melepaskan protein Bel-2. Anggota dari *family* Bel-2, proapoptosis protein Bak dan Bax berperan dalam fase promotif apoptosis pada mitokondria. Protein Bel-2 akan meningkatkan permeabilitas membran terluar mitokondria, memicu aktivasi enzim kapase dan kematian sel. Akumulasi ROS akan melepaskan sitokrom-e dari mitokondria melalui aktivasi e-Jun-*N-terminal Kinase* (JNK) dan p38MAPK. Sitokrom-e kemudian akan mengaktifasi caspase -8,-9 dan -3, sehingga menyebabkan terjadinya apoptosis pada sel dalam hal ini sel-sel di koklea. Efek kronik nikotin

terhadap endotel pada proses dilatasi arteriol yang berupa kongesti kapiler, nekrosis endotel, *foalm cell*, nekrosis stria vaskularis, degenerasi vaskuoler dan nekrosis sel rambut koklea sehingga berakibat kurang pendengaran sensorineural.^{37,38}

Karbonmonoksida menyebabkan iskemia melalui proses produksi karboksi hemoglobin (ikatan antara CO dan hemoglobin), dimana hemoglobin menjadi tidak efisien mengikat oksigen. Ikatan antara hemoglobin dengan CO jauh lebih kuat ratusan kali dibanding dengan oksigen. Akibatnya terjadi gangguan pasokan oksigen ke orgn korti di koklea dan menimbulkan efek iskemia. Keadaan ini menimbulkan stress oksidatif yang diduga sebagai faktor penentu kejadian disfungsi endotel. Keadaan hipoksia relatif juga kan menghasilkan produksi radikal bebas (ROS) dalam tubuh sehingga menyebabkan terjadinya apoptosis pada sel, dalam hal ini sel-sel di koklea. Selain itu efek lainnya adalah spasme pembuluh darah, kekntalan darah dan arterioskerotik.^{10,11}

Pada studi yang dilakukan Rogha M menunjukkan bahwa merokok mempunyai dampak yang destruktif pada pendengaran. Pada perokok terdapat peningkatan ambang dengar yang signifikan ($p < 0,001$) pada frekuensi tinggi.³⁹ Studi yang dilakukan Adesh Kumar pada 108 perokok usia 20-60 tahun membuktikan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara merokok dan gangguan pendengaran. Gangguan pendengaran yang sering terjadi pada perokok adalah SNHL (77,5%) diikuti MHL (18,3%). Gangguan pendengaran yang ditemukan adalah tipe gangguan saraf dengan

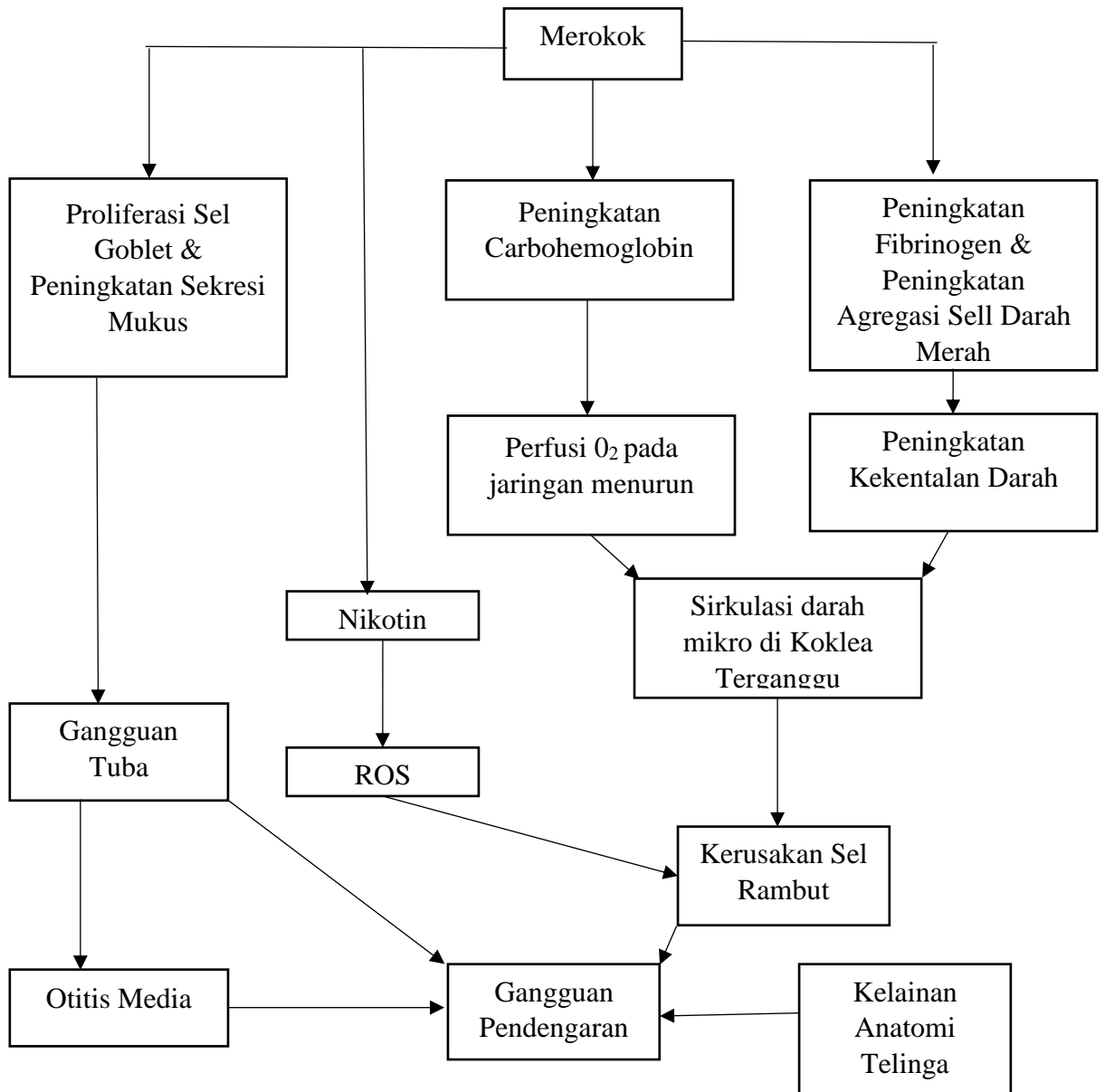
derajat ringan. Pada penelitian tersebut juga disebutkan penyebab gangguan pendengaran oleh karena berbagai mekanisme.¹³

Studi lain yang dilakukan Nair Prem pada 30 laki laki perokok dengan rentang usia 15-55 tahun didapatkan hasil pemeriksaan audiometri nada murni menunjukkan penurunan sensitivitas pendengaran pada frekuensi 6000 Hz dan 8000 Hz . Hal ini ditandai dengan meningkatnya ambang dengar sebesar > 25 dB pada frekuensi tersebut. Pada pemeriksaan DPOAE mengindikasikan ada permasalahan pada sel rambut luar.⁴⁰

2.6.3 Dampak Derajat Merokok Terhadap Gangguan Pendengaran

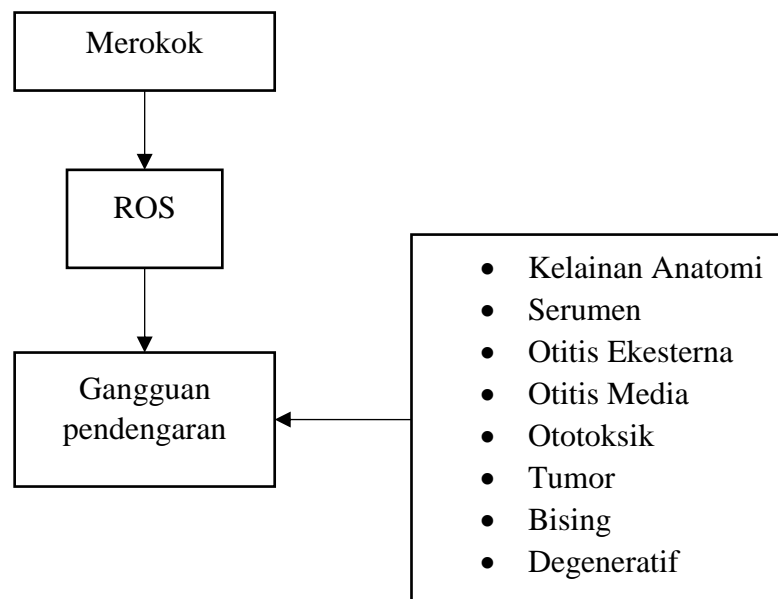
Beberapa studi menunjukkan bahwa derajat merokok mempunyai hasil yang cukup signifikan terhadap gangguan pendengaran. Pada studi yang dilakukan Ohgami Nobutaka didapatkan hasil pada perokok ringan (IB <200) didapatkan berpengaruh signifikan pada gangguan pendengaran pada frekuensi tinggi.⁴¹ Pada studi lain yang dilakukan Sumit AF didapatkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan Ohgami Nobutaka. Hal ini menunjukkan sekecil apa pun Indeks Brinkman dapat berpengaruh pada gangguan pendengaran.

2.6.4 Kerangka Patofisiologi



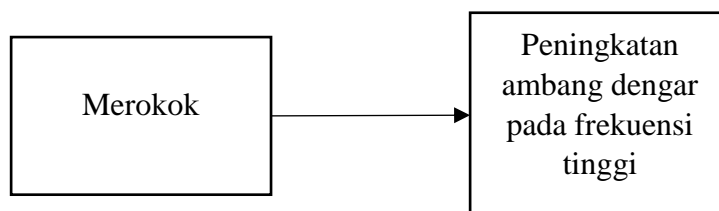
Gambar 6. Kerangka Patofisiologi

2.7 Kerangka Teori



Gambar 7. Kerangka Teori

2.8 Kerangka Konsep



Gambar 8. Kerangka Konsep

2.9 Hipotesis

Terdapat hubungan antara merokok dan peningkatan ambang dengar pada frekuensi tinggi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Ruang Lingkup Penelitian

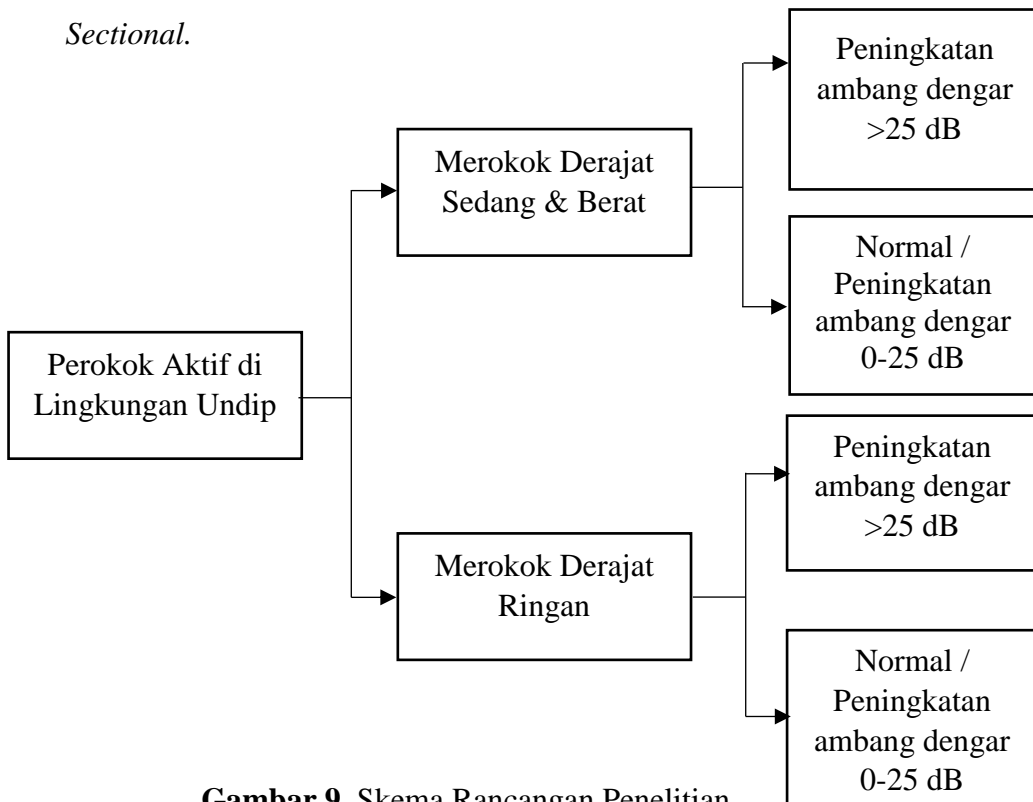
Ruang lingkup penelitian ini adalah ilmu kesehatan Telinga Hidung Tenggorok Kepala dan Leher, khususnya bagian otologi.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro dimulai bulan September 2017.

3.3 Jenis dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian observasional dengan rancangan *Cross-Sectional*.



Gambar 9. Skema Rancangan Penelitian

3.4 Populasi dan Sampel

3.4.1 Populasi Target

Populasi target adalah perokok aktif.

3.4.2 Populasi Terjangkau

Populasi terjangkau adalah perokok aktif yang berada di lingkungan Universitas Diponegoro pada periode bulan September 2017.

3.4.3 Sampel Penelitian

Kriteria inklusi :

1. Berjenis kelamin laki-laki
2. Berumur 18 - 40 tahun
3. Perokok aktif ≥ 1 tahun.
4. Jumlah rata rata rokok yang dikonsumsi minimal 3 batang per hari
5. Bersedia mengikuti penelitian dibuktikan dengan menandatangani lembar *informed consent*

Kriteria eksklusi :

1. Sedang menderita penyakit pada telinga
2. Mempunyai riwayat trauma kepala
3. Sedang dalam pengobatan obat ototoksik
4. Terdapat kelainan anatomi pada telinga
5. Mengonsumsi alkohol

3.4.4 Cara Sampling

Sampel dipilih secara *consecutive sampling* yaitu peneliti memilih sampel yang sesuai dengan kriteria yang memenuhi kriteria inklusi sejak bulan agustus 2017 sampai jumlah sampel terpenuhi

3.4.5 Besar Sampel

Besar sample dihitung dengan sample untuk data nominal⁴² :

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 PQ}{d^2}$$

n = Jumlah subjek penelitian

P = 0.261 Proporsi gangguan pendengaran pada perokok aktif yang didapat pada pustaka¹³

$Z_{\alpha} = 1,96$ Tingkat kemaknaan ditetapkan peneliti

d = 0,10 Tingkat ketepatan relatif yang diinginkan ditetapkan peneliti

Q = (1-P) = (1-0.261) = 0,739

$$n = \frac{1,96^2 \cdot 0,261 \cdot 0,739}{0,10^2}$$

$$n = \frac{0,740}{0,01}$$

$$n = 74$$

Pada penelitian ini jumlah sampel yang dibutuhkan adalah 74 subjek.

3.5 Variabel Penelitian

3.5.1 Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah perokok aktif

3.5.2 Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah peningkatan ambang dengar pada frekuensi tinggi

3.6 Definisi Operasional Variable

Tabel 3. Definisi operasional variabel

No.	Variabel	Definisi	Skala
1	Derajat berat merokok	<p>Derajat berat merokok dengan Indeks Brinkman (IB), yaitu perkalian jumlah rata-rata batang rokok dihisap sehari dikalikan lama merokok dalam tahun :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ringan : 0-200 2. Sedang : 200-600 3. Berat : >600 <p>Pada penelitian ini derajat merokok dengan IB diklasifikasikan menjadi</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ringan • Sedang & Berat 	Nominal
2	Peningkatan ambang dengar pada frekuensi tinggi	<p>Peningkatan bunyi nada murni yang terlemah pada frekuensi 8000 Hz & 12000 Hz yang masih dapat didengar oleh telinga seseorang</p> <ul style="list-style-type: none"> • Normal apabila terjadi peningkatan 0-25 dB • Meningkat apabila terjadi peningkatan > 25 dB 	Nominal

3.7 Cara Pengumpulan Data

3.7.1 Alat dan Bahan Penelitian

Alat:

1. Lembar : *Informed consent*
2. Lembar : Kuesioner
3. Alat pemeriksaan telinga (otoskop)
4. Audiometri Nada Murni merk "*Amplaid 309*"

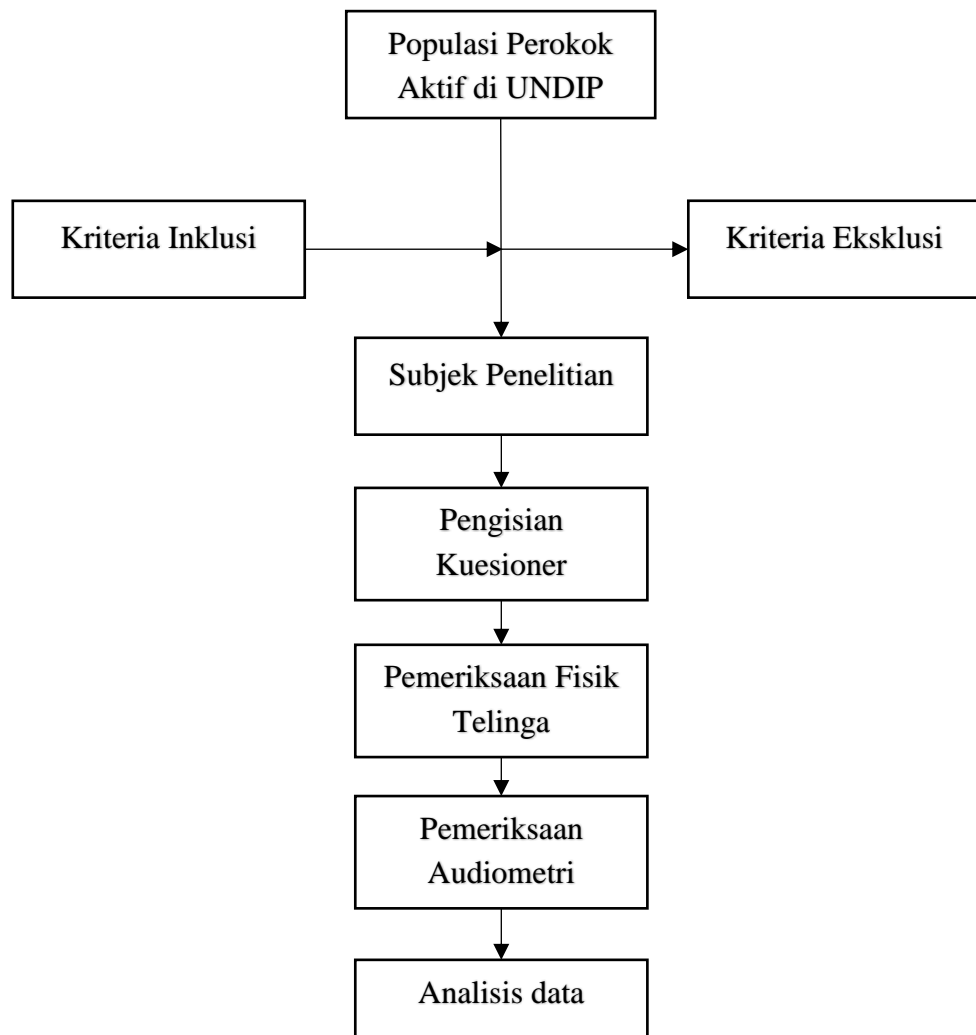
3.7.2 Jenis Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data primer yaitu data yang diperoleh dari hasil pengukuran sendiri.

3.7.3 Cara Kerja

1. Peneliti melakukan survei pada populasi terjangkau dan menentukan subjek penelitian menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi
2. Subjek yang memenuhi syarat diminta untuk menjawab beberapa pertanyaan pada kuesioner yang diberikan oleh peneliti
3. Peneliti akan melakukan pemeriksaan fisik telinga pada subjek menggunakan otoskop
4. Setelah melakukan pemeriksaa fisik subjek penelitian akan melakukan pemeriksaan audimetri oleh audiolog yang berpengalaman
5. Audiogram akan dianalisis untuk mendapatkan hasil penelitian

3.8 Alur Penelitian



Gambar 10. Alur Penelitian

3.9 Analisis Data

Analisis data meliputi analisis deskriptif dan uji hipotesis menggunakan program komputer. Data akan disajikan dalam bentuk tabel.

Pengolahan data meliputi pengeditan, pengkodean, dan pemberian nilai (*scoring*) kemudian data dimasukan (*entrying*) untuk dilakukan analisis dengan komputer menggunakan perangkat lunak *SPSS for windows*. Uji hipotesis menggunakan uji *Chi-Square*. Syarat untuk uji *Chi-Square* tidak terpenuhi maka menggunakan uji mutlak *Fischer*. Batas kemaknaan apabila $p \leq 0,05$ dengan *Ratio Prevalence* (RP) dan Interval kepercayaan 95%.

3.10 Etika Penelitian

Ethical Clearance penelitian diperoleh dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan (KPEK) Fakultas Kedokteran UNDIP/RSUP Dr Kariadi Semarang yaitu No. 465/EC/FK-RSDK/VII/2017 pada tanggal 26 Juli 2017. Responden yang bersedia berpartisipasi dalam penelitian ini dibuktikan dengan menandatangani *informed consent* dengan sebelumnya responden telah diberi penjelasan tentang maksud, tujuan, manfaat, dan protokol penelitian, dan subjek berhak menolak untuk keikutsertaan tanpa ada konsekuensi apa pun dan berhak keluar dari penelitian sesuai dengan keinginannya. Dan sebagai ucapan terima kasih, diberikan suvenir kepada responden. Semua biaya penelitian ditanggung oleh peneliti.