

**PENGARUH PAJANAN MERKURI TERHADAP KADAR  
MERKURI RAMBUT IBU HAMIL DI KABUPATEN  
BULUKUMBA TAHUN 2020**

***“THE EFFECT OF MERCURY EXPOSURE ON HAIR  
MERCURY LEVELS OF PREGNANT WOMEN IN  
BULUKUMBA DISTRICT IN 2020”***

**RAHMAT HIDAYAT**

**K012181119**



**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
DEPARTEMEN KESEHATAN LINGKUNGAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2020**

**PENGARUH PAJANAN MERKURI TERHADAP KADAR  
MERKURI RAMBUT IBU HAMIL DI KABUPATEN BULUKUMBA  
TAHUN 2020**

**Tesis**

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

**Program Studi  
Kesehatan Masyarakat**

Disusun dan diajukan oleh

**RAHMAT HIDAYAT**

**Kepada**

**PROGRAM STUDI MAGISTER KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2020**

**TESIS**

**PENGARUH PAJANAN MERKURI TERHADAP KADAR  
MERKURI RAMBUT IBU HAMIL DI KABUPATEN BULUKUMBA  
TAHUN 2020**

Disusun dan diajukan oleh :

**RAHMAT HIDAYAT**

Nomor Pokok K012181119

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

Pada tanggal 26 November 2020

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**MENYETUJUI  
KOMISI PENASIHAT,**

 Dr. Hasnawati Amqam, SKM., M.Sc.  Dr. dr. Rina Previna Amiruddin, Sp. OG(K).

Ketua

Anggota

Ketua Program Studi  
Kesehatan Masyarakat



Dr. Masni, Apt., MSPH

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rahmat Hidayat

Nim : K012181119

Program Studi : Kesehatan Masyarakat

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dengan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika pedoman penulisan tesis.

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

Bulukumba, Oktober 2020



Yang Menyatakan

*Rahmat Hidayat*  
RAHMAT HIDAYAT

## **PRAKATA**

Bismillahirrahmanirahim

Alhamdulillah atas limpahan berkah dan rahmatNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini .Salam dan shalawat senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, junjungan dan suri teladan umat Islam hingga akhir zaman.

Dengan selesainya tesis ini maka tak lupa penulis haturkan terima kasih dan apresiasi yang setinggi-tingginya kepada ibu Dr. Hasnawati Amqam, SKM, M.Sc, sebagai pembimbing I dan ibu Dr. dr. Rina Previana Amiruddin, Sp,OG (K) sebagai pembimbing II yang dengan sabar, tulus, ikhlas dan meluangkan waktu, tenaga serta pikiran untuk memberikan bimbingan, motivasi, arahan selama penulisan tesis ini.

Terima kasih kepada seluruh dosen pengampu mata kuliah program Magister Kesehatan Masyarakat Univeritas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu, motivasi dan diskusi selama penulis menempuh pendidikan di Fakultas kesehatan masyarakat. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada tim penguji Bapak Prof. dr. Rafael, Djayakusli, MOH, Bapak Prof. Dr. Anwar Daud, SKM, M.Kes dan Bapak Prof. Anwar Malongi, SKM, M, Sc. Ph, D yang telah bersedia menjadi tim penguji serta meluangkan waktu untuk memberikan masukan dan saran terhadap kesempurnaan tesis

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Dwia Aries Tina Palubuhu, MA, Rektor Universitas Hasunuddin yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengikuti program pascasarjana.
2. Dr. Aminuddin Syam, SKM, M.Kes, M.Med.Ed, Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat beserta dosen dan staf yang telah banyak membantu penulis selama proses pendidikan.
3. Dr. Masni, Apt, MSPH, Ketua Program studi Pasca sarjana Fakultas Kesehatan Masyarakat bersama staf yang telah banyak membantu penulis selama menempuh pendidikan.
4. Dr. Erniwati Ibrahim, SKM, M.Kes, Ketua Departemen Kesehatan Lingkungan bersama dosen dan jajarannya yang telah banyak membantu penulis selama menempuh pendidikan.
5. Dra. Hj. R. Krg. Sugina, Kepala Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu ( DPMPTSP) yang telah memberikan ijin penelitian di Kabupaten Bulukumba.
6. Dr. Hj. Wahyuni, AS, MARS, Kepala Dinas Kesehatan Kabupaten Bulukumba yang telah memberikan persetujuan dalam melakukan penelitian di Wilayah kerja Puskesmas Ponre dan Puskesmas Caile.

7. Dr. Abd Gaffar, MM, Direktur Rumah Sakit Umum Daerah H. Andi Sultan Daeng Radja Kabupaten Bulukumba yang telah memberikan kemudahan dalam proses penelitian .
8. Dr. Hj. Andi Asniar Siri, Sp.OG, M.Kes, Direktur Rumah Sakit Ibu dan Anak Yasira yang telah memberikan kemudan dan akses dalam proses penelitian.
9. Istri tercinta Gumala Rubiah, SKM, M.Kes, ananda Ahmad Fauzi Rahmat serta Ummi tersayang Hj. Bau Nurzannah dan Hj. St Nursyiah Said serta saudara-saudari dan ponakan yang senantiasa mewarnai kehidupan penulis dan selalu menyertai dengan doa serta semangat dan motivasi selama penulis menempuh pendidikan.
10. Rekan-rekan mahasiswa program Magister kesehatan masyarakat fakultas kesehatan masyarakat angkatan 2018 terkhusus rekan-rekan di Jurusan Kesehatan Lingkungan yang telah banyak membantu penulis dalam penyelesaian hasil penelitian ini.
11. Dan yang terakhir ucapan terima kasih disampaikan kepada mereka yang namanya tidak tercantum tetapi telah banyak berkontribusi dalam penyelesaian hasil tesis ini.

Akhirnya ke hadirat Allah SWT jualah tempat memohon, semoga bapak dan ibu mendapat balasan yang berlipat ganda disisi-Nya. Penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat dan menjadi sumber referensi untuk itu kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan sangat diharapkan.

Makassar, Oktober 2020

RAHMAT HIDAYAT

## ABSTRAK

**RAHMAT HIDAYAT.** *Pengaruh Paparan Merkuri Terhadap Kadar Merkuri Rambut Ibu Hamil Di Kabupaten Bulukumba Tahun 2020* (dibimbing oleh **Hasnawati Amqam** dan **Rina Previana Amiruddin**).

Kasus keracunan merkuri pernah dilaporkan di Indonesia pada beberapa tempat seperti kasus pencemaran di teluk Buyat akibat pencemaran penambangan emas. Paparan merkuri, dapat juga menyebabkan gangguan pada ibu hamil dan janin yang dikandungnya. Paparan merkuri pada ibu hamil terakumulasi pada plasenta yang selanjutnya melalui proses akan dialirkan ke janin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh paparan merkuri terhadap kadar merkuri rambut ibu di hamil di Kabupaten Bulukumba.

Desain penelitian cross sectional study. Responden dalam penelitian adalah ibu hamil yang berkunjung di Rumah Sakit Umum Daerah A. Sultan Daeng Radja, RSIA Yasira, Puskesmas Caile dan Puskesmas Ponre dengan usia kehamilan responden trimester satu, trimester II dan trimester III dengan sampel berjumlah 53 responden. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara dengan menggunakan kuesioner dan FFQ serta analisis kadar merkuri pada rambut dengan menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometer. Analisis data menggunakan uji Chi Square dan regresi logistik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 5 variabel yang diteliti hanya amalgam yang memiliki nilai  $p < 0,05$  ; ( $p= 0.002$  ;  $OR=0,59$  ;  $95\%CI=0,010 - 3,51$ ) tidak angka 1 maka dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh paparan merkuri terhadap kadar merkuri rambut ibu hamil terutama penggunaan amalgam di Kabupaten Bulukumba.

**Kata Kunci:** Amalgam, Ibu hamil, Paparan merkuri, Rambut



## ABSTRACT

**RAHMAT HIDAYAT.** *The Effect of mercury exposure on hair mercury levels of pregnant women in Bulukumba District in 2020* (supervised by **Hasnawati Amqam** and **Rina Previana Amiruddin**).

Mercury poisoning cases have been reported in Indonesia in several places, such as the case of pollution in Buyat Bay due to pollution from gold mining. Mercury exposure, can also cause harm to pregnant women and the fetus they are carrying. Mercury exposure in pregnant women accumulates in the placenta which is then passed through the process to the fetus. This study aims to determine the effect of mercury exposure on mercury levels in pregnant women's hair in Bulukumba district.

The research design was cross sectional study. Respondents in the study were pregnant women who visited the Regional General Hospital A. Sultan Daeng Radja, RSIA Yasira, Public Health Center Caile and Public Health Center Ponre with the respondent's pregnancy age in the first trimester, second trimester and third trimester with a sample of 53 respondents. The data were collected through interviews using a questionnaire and FFQ and analysis of mercury levels in hair using Atomic Absorption

The results showed that of the 6 variables studied, only amalgam had a p value  $<0.05$ ; ( $p = 0.002$ ;  $OR = 0,59$ ;  $95\% CI = 0,010- 3,51$ ). With an not value 1, it can be concluded that there is an effect of mercury exposure on hair mercury levels in pregnant women, especially the use of amalgam in Bulukumba Regency.

**Keywords:** Amalgam, Pregnant women, Mercury exposure, Hair



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGAJUAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS .....	iv
PRAKATA .....	v
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT .....	x
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
DAFTAR SINGKATAN .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar belakang .....	1
B. Rumusan masalah .....	9
C. Tujuan Penelitian .....	9
D. Manfaat Penelitian .....	10

E. Ruang Lingkup Penelitian .....	11
-----------------------------------	----

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

A. Tinjauan umum Merkuri.....	13
B. Tinjauan Umum Ibu Hamil.....	27
C. Paparan Yang Berpengaruh terhadap kadar Merkuri pada Ibu Hamil .....	34
D. Kerangka Teori.....	51
E. Kerangka Konsep.....	54
F. Hipotesis Penelitian.....	55
G. Defenisi Operasional .....	57
H. Kontrol Kualitas .....	58
I. Tabel Sintesa .....	61

## **BAB III METODE PENELITIAN**

A. Jenis penelitrnian .....	65
B. Lokasi dan waktu penelitian .....	65
C. Populasi dan sampel.....	67
D. Pengumpulan data .....	68
E. Instrumen penelitian .....	69
F. Analisa data .....	73
G. Pengolahan dan Penyajian Data.....	75
H. Etik Penelitian .....	76

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian .....	81
B. Hasil Penelitian .....	83
C. Pembahasan .....	97
E. Keterbatasan Penelitian .....	117

## **BAB V PENUTUP**

A. Kesimpulan .....	119
B. Saran .....	120

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Konsentrasi Hg pada berbagai organ induk dan janin .....	25
2. Defenisi Operasional dan kriteria obyektif .....	57
3. Sintesis artikel yang terkait dengan penelitian .....	61
4. Distribusi Responden berdasarkan karakteristik umum di Kabupaten Bulukumba tahun 2020 .....	84
5. Distribusi responden berdasarkan variabel dependen dan variabel independien di Kabupaten Bulukumbah tahun 2020 .....	85
6. Hubungan penggunaan amalgam terhadap kadar merkuri pada rambut ibu hamil di Kabupaten Bulukumba tahun 2020 .....	88
7. Hubungan pajanan asap rokok terhadap kadar merkuri pada rambut ibu hamil di Kabupaten Bulukumba tahun 2020 .....	89
8. Hubungan usia kehamilan terhadap kadar merkuri pada rambut ibu hamil di Kabupaten Bulukumba tahun 2020 .....	90
9. Hubungan umur terhadap kadar merkuri rambut ibu hamil di Kabupaten Bulukumba .....	91
10. Hubungan Frekuensi konsumsi seafood terhadap kadar merkuri pada rambut ibu hamil di Kabupaten Bulukumba tahun 2020 .....	92
11. Distribusi Responden berdasarkan uji chi-Square di Kabupaten Bulukumba tahun 2020. ....	92
12. Hasil Uji Multivariat antara variabel independen dengan kadar merkuri rambut ibu hamil di Kabupaten Bulukumba, tahun 2020 .....	94

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Proses Bioakumulasi dan Metilasi merkuri .....	20
2. Mekanisme Toksisitas merkuri dalam tubuh manusia .....	22
3. Modifikasi efek Merkuri pada ibu hamil dan bayi .....	39
4. Mekanisme rantai makanan diperairan yang merupakan proses bioakumulasi merkuri di sistem rantai makanan .....	44
5. Kerangka Teoritis .....	53
6. Hubungan antara Variabel dependen dan variabel independen .	54

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Dokumentasi Penelitian .....	129
2. Kuisisioner Penelitian .....	130
3. Output Analisis SPSS .....	134
4. Hasil Pemeriksaan Merkuri .....	142
5. Surat Ijin/Rekomendasi penelitian dari Dinas Penanaman Modal Dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu (DPMPTSP) .....	143
6. Surat persetujuan penelitian dari Dinas kesehatan Kabupaten Bulukumba .....	145
7. Surat keterangan telah melakukan penelitian dari RSUD H.Andi Sulthan Daeng Radja Kabupaten Bulukumba .....	146
8. Surat keterangan telah melakukan penelitian dari RSIA Yasira .....	147
9. Surat keterangan telah melakukan penelitian dari Puskesmas Caile Kabupaten Bulukumba .....	148
10. Surat keterangan telah melakukan penelitian dari Puskesmas Ponre Kabupaten Bulukumba .....	149
11. Etik Penelitian .....	150
12. Hasil Perhitungan.....	151
13. Master Tabel .....	155
14. Daftar Riwayat Hidup .....	156

## DAFTAR SINGKATAN

1. AAS : Atomic Absorption Spectrophotometric
2. FFQ : Food Frequency Quistionnaire
3. THg : Total Mercuri
4. PPb : Part perbillion
5. PPM : Part permellion
6. SRM : Standard Rapid Mercury
7. FDA : Food drugs association
8. EPA : Enviromental Protection Agency
9. WHO : Word Health Organization
10. USA : United States America
11. SPSS : Statistical Package for the Social Sciences
12. CI : Confidence interval
13.  $\mu\text{g}$  : Mikrogram
14. Gr : Gram
15. Mg : Melligram
16. PETI : Pertambangan emas tanpa ijin
17. ML : Melliliter
18. BBLR : Berat Badan Lahir Rendah
19. HPHT : Hari pertama haid terakhir

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Merkuri (Hg) adalah suatu unsur kimia yang terjadi secara alamiah ditemukan di kerak bumi dalam tiga bentuk kimia yaitu elemental, anorganik dan organik, berbentuk cair, berwarna putih perak, mudah menguap pada suhu ruangan dan mudah bercampur dengan logam lain seperti emas, perak dan timah (Mínguez, et al, 2018; Johnson, 2018; Irianti, et.al, 2017).

Merkuri terbentuk secara alami melalui kegiatan antropogenik, gunung berapi atau melalui rembesan air tanah yang melewati deposit merkuri. Kegiatan antropogenik dapat menyebabkan meningkatkan paparan dan residu merkuri di lingkungan. Data dari penelitian di Brasil terhadap kadar merkuri sungai Amazon adalah 10 µg/gr. Hasil ini melebihi standar EPA (1 µg/gr). Tingginya kadar merkuri disungai karena kegiatan antropogenik dari kegiatan industri disekitar sungai Amazon (Sandra Souza, et.al, 2020).

Menurut Egani et, al (2016) kegiatan antropogenik yang terjadi di Pakistan menyebabkan kadar merkuri di udara melalui partikel debu sudah melewati ambang batas aman dimana dari hasil pengukuran di 22 lokasi berbeda diperoleh 3000 ppb, tingginya konsentrasi merkuri di udara

disebabkan karena aktivitas antropogenik seperti buangan industri dan rumah sakit.

Sebuah penelitian di Peru menjelaskan tentang sumber antropogenik merkuri yang berasal dari penambangan emas dimana dari hasil pemeriksaan sedimen dan ikan disungai sudah melewati nilai aman yang dipersyaratkan oleh WHO ( $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Hasil pemeriksaan kadar merkuri pada sedimen  $2,4 \text{ mg kg}^{-1}$  dan pada ikan  $1 \text{ mg kg}^{-1}$ . Tingginya konsentrasi merkuri pada sedimen dan ikan akibat kegiatan pertanian dan tambang emas yang ada disekitar aliran sungai (Sarah, et.al, 2014).

Di Indonesia penelitian dilakukan untuk melihat kadar merkuri di tubuh ikan dan sedimen dimana diperoleh hasil  $0,257 \text{ mg/l}$  di sungai Rungan dan  $0,676 \text{ mg/l}$  di sungai Kahayan. Nilai Ambang batas kadar merkuri pada ikan seharusnya  $0,5 \text{ mg/l}$ . Sedangkan kadar Merkuri di dasar sungai Rungan sebesar  $0,554 \text{ mg/l}$  dan di dasar sungai Kahayan  $0,789 \text{ mg/l}$  padahal ambang batas untuk sedimen hanya  $0,005 \text{ mg/l}$ . Tingginya kadar merkuri pada ikan dan sedimen sungai karena akibat dari kegiatan antropogenik di sekitar sungai (Reza, et al., 2016).

Studi juga dilakukan untuk membandingkan kadar merkuri pada ikan tuna yang berasal dari Samudera Asia Pasifik dan berasal dari samudera Hindia, Hasil yang diperoleh kadar merkuri melebihi batas  $1 \text{ mg/kg}$ . Kandungan merkuri tuna hasil tangkapan di Samudera Hindia lebih tinggi

dibandingkan Samudera Pasifik dan berbeda nyata, sehingga dapat mengindikasikan Samudera Hindia lebih tercemar merkuri yang berasal dari aktivitas antropogenik dipesisir pantai yang memasuki perairan (Handayani et al. 2019)

Studi yang dilakukan oleh Bali Fokus di beberapa hotspot, menemukan bahwa konsentrasi merkuri di udara cukup tinggi, berkisar antara 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  hingga 55  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ditemukan dalam rantai makanan, terutama beras dan ikan, kemudian ditemukan juga hasil pada air dan sedimen dimana kadar merkuri antara 0,6 – 4 ppm yang artinya melebihi kadar dari WHO yaitu 1 ppm (Yuyun , 2019).

kasus keracunan yang disebabkan oleh merkuri pernah dilaporkan di Turki pada tahun 2013 dimana 179 anak dirawat ke rumah sakit karena keracunan merkuri dan sebanyak 3 orang meninggal dunia (Rosa et.al, 2018). Tahun 2019 di Turki terjadi keracunan merkuri yang mengakibatkan 29 orang dirawat dirumah sakit dan meninggal 1 orang. Keracunan merkuri yang terjadi di Turki ini disebabkan karena menghirup uap merkuri pada saat praktek di laboratorium yang menggunakan thermometer yang mengandung air raksa (Gungor, et al, 2019).

Di Indonesia kasus keracunan merkuri pernah dilaporkan di beberapa tempat seperti kasus pencemaran di teluk Buyat akibat pencemaran penambangan emas PT. Newmont dan aktivitas pertambangan

emas tanpa ijin (PETI) yang mencemari sungai di Kalimantan Tengah (Reza, et al., 2016).

Sebagaimana mana kontaminan lainnya merkuri dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui mekanisme paparan yang dikenal dengan "*port d entry*" yaitu kulit, pernapasan dan pencernaan. Konsumsi ikan pemakaian amalgam dalam kedokteran gigi, pemakaian kosmetik dan merokok merupakan persoalan yang turut berkontribusi dalam peningkatan paparan merkuri dalam tubuh manusia terkhusus kepada ibu hamil dan anak-anak yang merupakan kelompok paling rentan terkena dampak dari paparan merkuri.

Cara masuk logam merkuri ke dalam tubuh mempengaruhi bentuk gangguannya yang ditimbulkan. Orang yang terpapar dari uap merkuri dapat mengalami gangguan berupa kemunduran pada fungsi otak. Kemunduran tersebut disebabkan karena gangguan korteks yang berimplikasi pada perkembangan sistem saraf. Dampak dari gangguan sistem saraf menyebabkan komplikasi psikologis dan gangguan emosional, cepat marah yang diluar kewajaran dan mental hiperaktif yang berat (Widiowati, 2008; Palar, 2012).

Paparan merkuri, dapat juga menyebabkan gangguan pada ibu hamil dan janin yang dikandungnya. Paparan merkuri pada ibu hamil terakumulasi pada plasenta yang selanjutnya melalui proses transfor akan

dialirkan ke janin dan dapat merusak otak sehingga melahirkan bayi yang cacat (Palar, 2012). Beberapa senyawa merkuri mengalami bioakumulasi, dapat melewati plasenta ke janin dan dapat masuk ke kolostrum dan ASI, yang menyebabkan masalah kesehatan yang serius untuk bayi yang baru lahir berupa bayi menjadi cacat dan kecenderungan hiperaktif atau autisme (Yasida, 2002; Al-saleh, et al. 2015).

Beberapa penelitian menjelaskan keterkaitan kadar merkuri pada ibu hamil dengan konsumsi makanan laut, pemakaian amalgam dan terpapar asap rokok. Kadar Merkuri pada wanita hamil trimester tiga (3) 0,5 µg / g berkorelasi dengan kadar merkuri pada anak, temuan ini diperkuat dengan pola Konsumsi rata-rata tuna kalengan, ikan segar, ikan sarden kalengan, dan kerang pada wanita hamil (Basu et al. 2014).

Penelitian yang dilakukan tentang Kadar total merkuri (THg) dalam rambut dan kadar metil merkuri MeHg dalam darah tali pusat. Kadar Total merkuri (THg) di rambut dan Total merkuri THg di darah tali pusat meningkat secara signifikan dengan meningkatnya frekuensi dari total konsumsi ikan, tapi tidak ada korelasi antara tingkat THg dalam ASI dan frekuensi konsumsi ikan ditemukan. Korelasi sangat lemah ditemukan antara THg dalam ASI dan metil merkuri (MeHg) pada spesies ikan yang paling sering dimakan (Miklavčič, et al. 2011).

Menurut Miklavic, et.al, (2011) paparan dapat diperkirakan dengan mengukur kadar polutan dalam berbagai jaringan tubuh. Pengukuran ini juga dikenal sebagai biomarker paparan. Kadar Total Merkuri (THg) di rambut dan darah digunakan sebagai biomarker dari paparan.

Konsentrasi total merkuri (THg) pada rambut wanita hamil 2 % dari total sampel rambut wanita hamil yang melebihi standar EPA ( 1.0 µg/g ). Ada korelasi positif dengan pola konsumsi ikan dan korelasi negatif dengan pola konsumsi sayur dan buah. Selain itu, hubungan yang signifikan ditemukan antara waktu pertama melakukan penambalan gigi, jumlah tambalan, jarak kehamilan, dan periode menyusui (Barghi, et.al, 2012).

Taylor (2018) menjelaskan keterkaitan kadar merkuri pada tali pusat yaitu 2,29 µg/l dengan kemampuan skolastik anak. Tingginya konsentrasi merkuri pada tali pusat hamil berhubungan dengan pola konsumsi ikan yang lebih 12 ons/minggu (Sagiv, et al. 2012).

Kobayasi (2019) menjelaskan bahwa kadar merkuri yang tinggi pada darah wanita hamil yaitu 3,66 µg/g berhubungan dengan peluang anak untuk menjadi berat bayi lahir rendah (BBLR), dan tingginya konsentrasi merkuri pada darah berhubungan dengan pola konsumsi ikan.

Penelitian lain membahas kaitan paparan merkuri dengan amalgam yang digunakan dalam rehabilitasi gigi. Menurut Johnson (2018) amalgam yang dipakai dalam rehabilitasi gigi mengeluarkan uap yang mengandung

merkuri dan berpotensi masuk dalam tubuh manusia melalui pernapasan. Jumlah amalgam di awal kehamilan menyumbang sebagian besar varian Total merkuri yang sebanding dengan konsumsi makanan laut (Golding, et al. 2016). Menurut Al-Saleh, et al (2015) dalam penelitiannya bahwa tambalan amalgam gigi dan konsumsi ikan adalah faktor utama paparan Merkuri (Hg) pada ibu hamil. Bayi yang baru lahir terpapar merkuri sejak kehamilan.

Penelitian juga pernah dilakukan untuk melihat hubungan paparan merkuri pada ibu hamil dengan kebiasaan merokok. Merokok berkorelasi terhadap konsentrasi total merkuri (THg) pada rambut ibu hamil. Umumnya wanita hamil terpapar karena menjadi perokok pasif dan aktif terutama pada kehamilan trimester pertama (Gaxiola, et al., 2014). Perokok pasif jangka panjang berpotensi meningkatkan tingkat paparan merkuri yang sangat berbahaya bagi wanita hamil dan janin mereka yang belum lahir (Zhu, et al, 2018).

Kabupaten Bulukumba merupakan kabupaten yang berada disebelah selatan ibu kota Propinsi Sulawesi Selatan. Kabupaten Bulukumba memiliki garis pantai atau daerah pesisir yang menjadi tempat penyanggah kabupaten Bulukumba dari sektor perikanan laut dan budidaya perikanan laut.

Umumnya masyarakat pesisir bermata pencaharian dari sektor perikanan, tinggal di pesisir yang minim infrastruktur sarana kesehatan lingkungan seperti tempat sampah dan pembuangan limbah cair sehingga masyarakat pesisir membuang limbah rumah tangga termasuk limbah B3 ke pinggir pantai atau bahkan ke laut, dan tidak menutup kemungkinan ada limbah –limbah rumah tangga yang mengandung merkuri yang akan masuk ke sistem perairan dan mempengaruhi rantai makanan (Irianti, et.al, 2017).

Kabupaten Bulukumba memiliki potensi perikanan laut yang menjanjikan, tuna dan cakalang merupakan jenis ikan terbanyak yang dihasilkan dari nelayan. Masyarakat Bulukumba gemar mengonsumsi makanan laut sehingga hampir tidak pernah absen menjadi menu andalan dari masyarakat. Bagi ibu hamil Konsumsi ikan tuna , cakalan, udang, kerang dan kepiting adalah hal yang bagus untuk pertumbuhan janin namun konsumsi dalam skala yang berlebihan bagi Ibu hamil dapat menyebabkan bioakumulasi merkuri organik pada ibu hamil terutama pada plasenta dan janin (Widiowati, 2008 ; Palar, 2012).

Berdasarkan fenomena di atas maka paparan merkuri dapat mencemari dan masuk ke dalam tubuh manusia melalui udara yang tercemar, media makanan, minuman, peralatan kedokteran gigi dan gaya hidup merokok. Masalah kesehatan utama akibat terpapar merkuri (Hg) terutama uap raksa terjadi pada otak, paru-paru, sistem syaraf pusat dan

ginjal. Ibu yang sedang hamil dapat mengkontaminasi merkuri organik pada janin melalui plasenta sehingga merusak otak dan organ tubuh janin yang dapat menyebabkan keterbelakangan, bahkan kematian. Bayi dan anak kecil yang terkontaminasi merkuri dapat mengalami kesulitan belajar atau tingkat kecerdasan yang rendah ( Lestari, 2010).

Penelitian terkait pajanan Merkuri (Hg) pada ibu hamil di Indonesia masih kurang, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk melihat pengaruh pajanan Merkuri terhadap kadar merkuri pada rambut Ibu hamil.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka peneliti dapat merumuskan masalah sebagai berikut: “Bagaimana hubungan pajanan merkuri terhadap kadar merkuri rambut Ibu hamil di Kabupaten Bulukumba tahun 2020”

## **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

### **1. Tujuan Umum**

Untuk Mengetahui pengaruh pajanan Merkuri terhadap kadar Merkuri rambut Ibu di hamil Kabupaten Bulukumba tahun 2020.

## 2. Tujuan Khusus

Tujuan khusus yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Untuk Mengetahui pengaruh penggunaan Amalgam terhadap Kadar Merkuri rambut ibu hamil di Kabupaten Bulukumba Tahun 2020
- b. Untuk mengetahui pengaruh pajanan asap rokok terhadap kadar merkuri rambut ibu hamil di Kabupaten Bulukumba tahun 2020.
- c. Untuk mengetahui pengaruh usia kehamilan terhadap kadar merkuri rambut Ibu hamil di Kabupaten Bulukumba tahun 2020.
- d. Untuk mengetahui pengaruh umur terhadap kadar merkuri rambut ibu hamil di Kabupaten Bulukumba tahun 2020.
- e. Untuk mengetahui pengaruh frekuensi konsumsi seafood terhadap kadar merkuri rambut ibu hamil di Kabupaten Bulukumba tahun 2020
- f. Untuk mengetahui model yang paling berpengaruh dalam menurunkan kadar merkuri rambut di Kabupaten Bulukumba tahun 2020

## **D. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

### **1. Manfaat Ilmiah**

Penelitian ini diharapkan bisa menjadi bahan acuan sekaligus menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya mengingat kurangnya penelitian mengenai Logam Berat ( Merkuri ) dan, ataupun sebagai rujukan untuk dilakukannya penelitian dalam menindak lanjuti hasil dari penelitian ini dengan variabel yang berbeda.

### **2. Manfaat Institusi**

Dapat menjadi salah satu sumber informasi bagi Dinas Kesehatan Kabupaten Bulukumba dan Rumah sakit Umum Darah Sultan Daeng Radja Kabupaten Bulukumba dalam memberikan upaya preventif terhadap pengaruh pajanan Merkuri (Hg) pada ibu hamil di Kabupaten Bulukumba.

### **3. Manfaat Praktis**

Sebagai sebuah pengalaman bagi penulis untuk mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh selama menempuh studi di Program Studi Kesehatan Masyarakat jurusan Kesehatan Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin.

#### 4. Manfaat bagi Masyarakat

Penelitian ini dapat memberi wawasan kepada Ibu hamil tentang pengaruh paparan merkuri terhadap Ibu hamil dalam upaya pencegahan dampak merkuri pada ibu hamil.

### **E. Ruang Lingkup Penelitian**

#### 1. Lingkup Waktu

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Juni – Agustus 2020

#### 2. Lingkup Lokasi

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Bulukumba Tahun 2020

#### 3. Lingkup Sasaran

Sasaran dari penelitian ini adalah semua ibu hamil yang berkunjung di poli kandungan dan kebidanan di Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) H.A sultan Daeng Radja, RSIA Yasira, Puskesmas Caile dan Puskesmas Ponre Kabupaten Bulukumba tahun 2020

#### 4. Lingkup Materi

Materi dari penelitian membahas tentang paparan merkuri pada rambut ibu hamil di Kabupaten Bulukumba tahun 2020.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Tinjauan Umum Merkuri**

##### **1. Defenisi Umum Merkuri**

Merkuri atau raksa berasal dari bahasa Yunani disebut Hydrargyrum yang artinya cairan perak, dilambangkan dengan Hg, sesuai dengan nama Hydrargyrum. Merkuri (Hg) adalah salah satu unsur kimia pada susunan tabel periodik, dengan nomor atom 80 dan nomor massa atau berat atom 200,59 g/mol, titik lebur – 38,9 °C dan titik didih 356,60 ( ikhsan , 2013; widowati ,et.al, 2008).

Merkuri merupakan unsur kimia transisi dalam susunan tabel periodik di mana merkuri ada pada golongan II B dan periode 6. Kelimpahan Hg di bumi menempati urutan ke-67 di antara unsur lainnya pada kerak bumi. Hg akan memadat pada tekanan 7.640 Atm, dapat larut dalam asam sulfat atau asam nitrit dan tahan terhadap basa (Iksan, 2013 ; Widowati, et.al, 2008).

Merkuri adalah logam yang terbentuk secara alami yang memiliki beberapa bentuk. antara lain merkuri logam, merkuri organik dan merkuri anorganik (ATSDR, 2011). Ada beberapa bentuk merkuri di alam yaitu:

### **a) Merkuri Logam**

Merkuri logam adalah logam putih perak mengkilap yang merupakan cairan pada suhu kamar. Merkuri metalik adalah bentuk merkuri murni atau unsur yang tidak berikatan dengan unsur lainnya. Uap merkuri tidak berwarna dan tidak berbau (Johnson, 2018). Merkuri metalik (elemental mercury) memiliki tekanan uap 0,00185 mm pada suhu 25°C yang berarti unsur merkuri sangat tidak stabil dan mudah menguap. Waktu paruh merkuri metalik pada orang dewasa adalah sekitar 60 hari atau kisaran 35 sampai 90 hari (Srimaulia, 2018)

Merkuri logam ( $Hg_0$ ) pada dasarnya tidak bersifat toksik dan tidak menimbulkan efek samping yang signifikan apabila tertelan. Merkuri metalik dapat berubah menjadi toksik apabila dimodifikasi secara kimiawi dan terionisasi menjadi bentuk anorganik ( $Hg^{2+}$ ). Biokonversi ke alkil merkuri, seperti metil merkuri ( $CH_3Hg^+$ ) menghasilkan jenis yang sangat toksik dan sangat selektif untuk jaringan kaya lipid (lemak) seperti sel saraf. Biokonversi merkuri metalik menjadi  $Hg^{2+}$  dan alkil merkuri oleh mikroorganisme dapat terjadi di usus manusia dan di dasar sedimen danau atau sungai. Ketika  $Hg_0$  memasuki dasar sedimen, maka akan diserap oleh bakteri, jamur, dan mikroorganisme lainnya. Organisme ini kemudian mengubahnya menjadi  $Hg^{2+}$ ,  $CH_3Hg^+$ ,  $(CH_3)_2Hg$  dan sejenisnya melalui metabolisme (Srimaulia, 2018)

## **b) Merkuri anorganik**

Merkuri organik terjadi ketika merkuri dikombinasikan dengan elemen lain seperti klorin (Cl), sulfur atau oksigen. Senyawa-senyawa ini biasa disebut garam-garam merkuri. Senyawa merkuri anorganik berbentuk bubuk putih atau kristal, kecuali merkuri sulfida (HgS) yang biasa disebut Chinabar adalah berwarna merah dan akan menjadi hitam setelah terkena sinar matahari. Senyawa Hg anorganik digunakan sebagai fungisida. Garam-garam merkuri anorganik termasuk amoniak mercurik klorida dan merkuri iodide digunakan untuk cream pemutih kulit. Merkuri chlorida (HgCl<sub>2</sub>) adalah sebagai antiseptik atau disinfektan (Lestari 2010; Johnson 2018)

## **c. Merkuri organik**

Senyawa merkuri organik atau organomerkurial terjadi saat merkuri berikatan dengan karbon. Merkuri organik yang paling umum di lingkungan adalah metilmerkuri. Metilmerkuri diproduksi terutama oleh mikroorganisme (bakteri dan jamur) di lingkungan, bukan oleh aktivitas manusia (ATSDR, 2011). Merkuri organik dapat ditemukan dalam tiga bentuk, yaitu aril, senyawa alkil rantai pendek dan senyawa alkil rantai panjang. Waktu paruh biologis metil merkuri kira-kira 65 hari (Srimaulia , 2018).

Pada limbah tailing yang mengandung merkuri metalik, akan diubah menjadi metil merkuri oleh mikroorganisme yang ada di sedimen atau dikenal juga dengan proses metilasi. Merkuri yang mencapai air tanah atau

perairan akan mencemari air dan biota air yang ada di dalamnya. Metil merkuri ini kemudian akan masuk ke tubuh biota air dan terakumulasi yang disebut juga sebagai proses bioakumulasi hingga kadar metil merkuri pada biota air dapat lebih tinggi dari pada kadar metil merkuri dalam air. Metil merkuri juga dapat mengalami biomagnifikasi dalam rantai makanan akuatik hingga mencapai konsentrasi tertinggi pada ikan predator (Srimaulia ,2018). Proses transformasi ion metil merkuri dalam sistem rantai makanan mengalami pelipatgandaan. Pelipatgandaan akumulasi merkuri dalam jaringan biota perairan sesuai dengan proses bioakumulasi dimana manusia sebagai sistem rantai makanan akan mengalami bioakumulasi tertinggi kadar merkuri di dalam tubuhnya dan akan mengalami keracunan kronis (Palar, 2012)

## **2. Sumber dan pemanfaatan Merkuri**

Umumnya merkuri terdapat pada batuan – batuan dan hasil letusan gunung berapi, selain itu berasal dari hasil aktifitas manusia atau antropogenik. Logam ini dihasilkan dari biji sinabar (HgS) yang mengandung unsur merkuri antara 0,1% - 4%, dengan bentuk persamaannya sebagai berikut :



Merkuri yang telah dilepas kemudian dikondensasi, sehingga diperoleh logam murni. Logam murni inilah yang kemudian digunakan oleh

manusia untuk bermacam – macam keperluan. ( Palar, 2005) . Merkuri dalam kehidupan sehari hari digunakan dalam produk antara lain bola lampu, thermometer, penambal gigi. Selain itu, digunakan pada kegiatan penambangan emas, industry kertas, pulp dan baterai dan lainnya. (Palar, 2005; Widowati, dkk, 2008).

Pemanfaatan merkuri dalam berbagai kehidupan manusia dapat diuraikan sebagai berikut:

**a. Bidang perindustrian**

Dalam industri khlor-alkali, merkuri digunakan untuk menangkap logam natrium (Na). Logam natrium tersebut dapat ditangkap oleh merkuri melalui proses elektrolisa dari larutan garam natrium Clorida (NaCl). Sedangkan dalam industri pulp dan kertas banyak digunakan senyawa FMA (fenil merkuri asetat) yang digunakan untuk mencegah pembentukan kapur pada pulp dan kertas basah selama proses penyimpanan. Merkuri juga digunakan dalam industri cat untuk mencegah pertumbuhan jamur sekaligus sebagai komponen pewarna (Lestari , 2010).

**b. Bidang Pertanian**

Merkuri banyak digunakan sebagai fungisida. Contohnya, senyawa Metil

merkuri disiano diamida ( $\text{CH}_3\text{-Hg-NH-CH}_2\text{NHCN}$ ), metil merkuri siano ( $\text{CH}_3\text{-Hg-CN}$ ), metil merkuri asetat ( $\text{CH}_3\text{-Hg-CH}_2\text{-COOH}$ ), dan senyawa etil merkuri klorida ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{-Hg-Cl}$ ) (Lestari 2010).

**c. Bidang pertambangan**

Logam merkuri digunakan untuk membentuk amalgam. Contohnya dalam pertambangan emas, logam merkuri digunakan untuk mengikat dan memurnikan emas (Lestari, 2010).

**d. Bidang kedokteran**

Logam merkuri digunakan dalam dunia kedokteran terutama pada kedokteran gigi yang menggunakan amalgam untuk rekonstruksi gigi/penambalan gigi. (Johnson 2018)

**3. Bagaimana Merkuri Ada Dilingkungan**

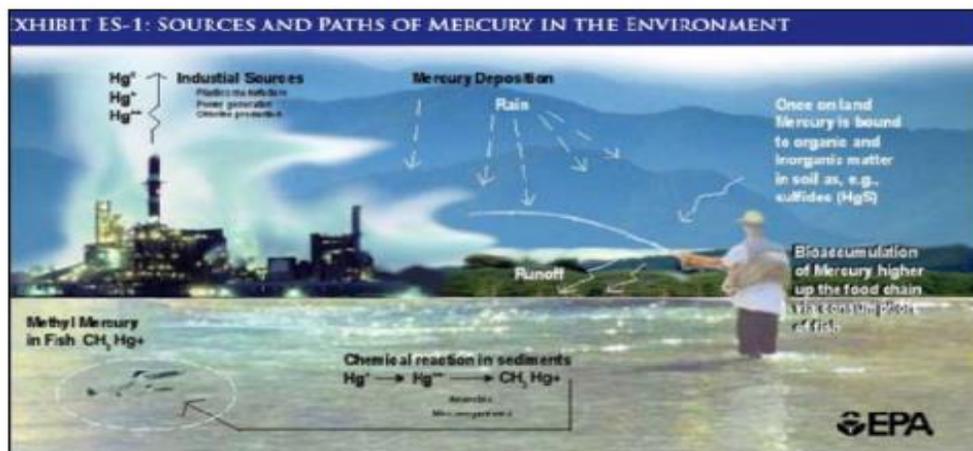
Logam merkuri secara alami terdapat dilingkungan terutama karena mengikuti siklus hidrologi. Pergerakan merkuri yang ada di kerak bumi juga terjadi bersamaan dengan aliran air hujan di permukaan bumi (runoff) dan juga akibat aliran air permukaan maupun air tanah yang melewati endapan sinit (HgS) begitu merkuri mencapai permukaan tanah, merkuri akan diikat menjadi merkuri organik dan anorganik di dalam tanah, misalnya HgCl. Sehingga di alam merkuri ditemukan dalam bentuk logam merkuri ( $\text{Hg}_0$ ), anorganik garam merkuri ( $\text{HgCl}$ ) dan metil merkuri ( $\text{MeHg}$ ). (Chamid, et al. 2010).

Logam merkuri akan mengalami oksidasi sehingga berubah menjadi ( $\text{Hg}^{+2}$ ) yang kemudian memungkinkan sulphate reducing bacteria (SRB) dalam sedimen perairan mengubah ( $\text{Hg}^{+2}$ ) menjadi metil Hg ( $\text{Hg-CH}_3$ ) atau disebut juga MeHg. Proses perubahan ini lebih efektif dalam kondisi sedikit oksigen di perairan, sehingga untuk memenuhi kondisi ini maka diperlukan kedalaman air yang cukup dalam yaitu lebih dari 5 meter, selain itu konsentrasi sulfida dalam perairan juga mempengaruhi kecepatan perubahan ( $\text{Hg}^{+2}$ ) menjadi MeHg. Derajat keasaman air juga mempengaruhi kecepatan perubahan ini, semakin rendah pH maka kecepatan perubahannya semakin tinggi. Tetapi MeHg juga terdemetilasi dengan efisien baik dalam lingkungan anaerob dan aerob. Perubahan ini dalam terjadi dalam hitungan beberapa hari sampai beberapa minggu, dan merkuri akan mengalami siklus perubahan dalam kedua bentuk ini cukup lama sebelum akhirnya akan mengalami bioakumulasi dalam ikan atau hilang dari sistem sebagai ( $\text{Hg}^{+2}$ ), elemen ( $\text{Hg}^0$ ) dan MeHg, atau melalui proses yang lain (Chamid, et al. 2010).

MeHg yang larut dalam air akan terserap oleh mikroorganisme yang kemudian mikroorganisme dimakan oleh ikan kecil dan ikan kecil termakan oleh ikan besar sehingga akan terjadi bioakumulasi dan biomagnifikasi MeHg pada jaringan daging ikan karnivora, yang akhirnya ikan dimakan oleh manusia. Terjadinya akumulasi MeHg dalam hewan air

disebabkan oleh pengambilan merkuri oleh hewan air lebih cepat daripada proses ekskresinya. Konsentrasi merkuri dalam tubuh ikan bisa mencapai 100.000 kali daripada konsentrasi merkuri pada air sekitarnya. Proses ini menjelaskan mengapa ikan pemangsa seperti ikan pedang dan hiu atau burung seperti Osprey dan Elang memiliki konsentrasi merkuri yang lebih tinggi di jaringan mereka daripada yang bisa dijelaskan dengan paparan langsung (EPA, 2017 ; Widowati, dkk.,2008 ; Chamid, et al. 2010).

Proses perubahan merkuri ke metil merkuri dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 1: Proses Bioakumulasi dan Metilasi merkuri ,EPA (2017)

#### 4 Jalur Paparan Merkuri Ke Dalam Tubuh

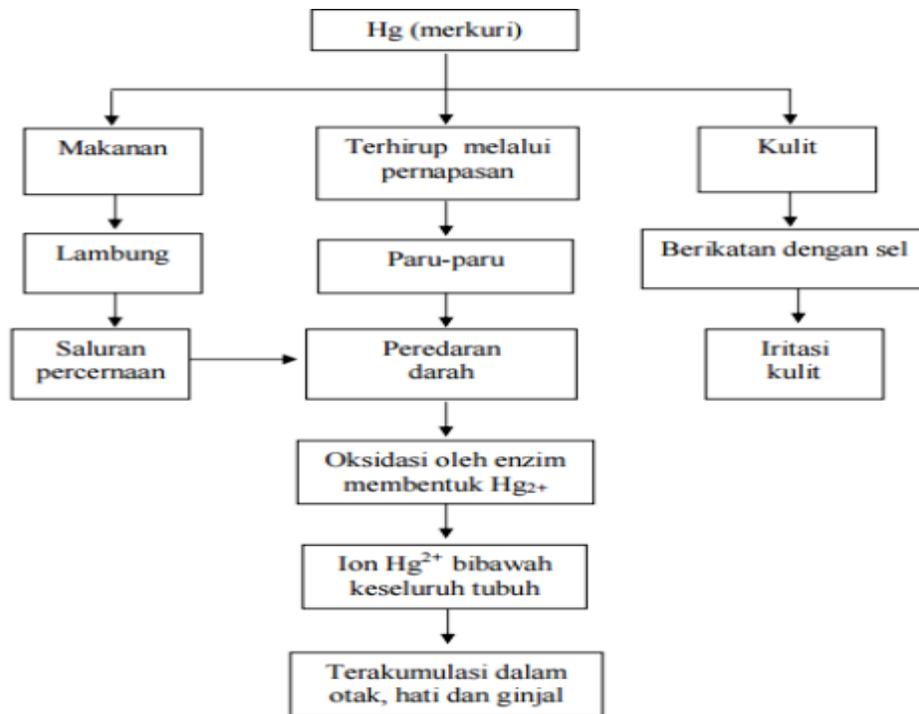
Cara masuk merkuri ke dalam tubuh akan mempengaruhi bentuk gangguan yang ditimbulkan. Masuknya merkuri ke dalam tubuh manusia

dapat melalui jalur inhalasi, absorpsi kulit dan ingesti. Jalur pajanan yang paling sering diteliti adalah jalur inhalasi untuk merkuri logam dan ingesti (oral) untuk merkuri anorganik atau merkuri organik (Srimaulia 2018). Penderita yang terpapar dari uap merkuri dapat mengalami gangguan pada saluran pernafasan atau paru – paru dan gangguan berupa kemunduran pada fungsi otak. Kemunduran tersebut disebabkan terjadinya gangguan pada korteks. Keracunan merkuri karena terpapar oleh garam-garam merkuri, baik yang masuk melalui pernapasan maupun melalui pencernaan akan mengakibatkan terjadinya kerusakan pada hati dan ginjal.(WHO, 1995; Palar, 2012; Iksan, 2013).

Kontaminasi Merkuri pada manusia bisa terjadi melalui makanan ,minuman dan pernapasan,serta kontak kulit. Paparan jalur kulit biasanya berupa senyawa  $HgCl_2$  atau  $K_2HgI_4$ . Jumlah merkuri yang diabsorpsi tergantung pada jalur masuknya, lama paparan, dan bentuk senyawa merkuri. Apabila gas merkuri terhirup, akan mengakibatkan penyakit bronchitis.Sebagian besar logam merkuri akan terakumulasi dalam ginjal, otak ,hati dan janin. Dalam organ, logam merkuri tersebut akan berubah menjadi senyawa anorganik, lalu merkuri akan dikeluarkan melalui sistem ekskresi yaitu urin, dan keringat (widowati, 2008).

Menurut irianti, et.al (2017) yang dikutip dari petric (2002) Metil merkuri adalah senyawa neurotoksik yang bertanggung jawab terhadap

kerusakan mikrotubul, keusakan mitokondria, peroksidasi lipid dan akumulasi molekul neurotoksik seperti serotonin, aspartat dan glutamat . Mekanisme toksisitas merkuri dalam tubuh manusia dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2: Mekanisme Toksisitas merkuri dalam tubuh manusia (Irianti, et al, 2017).

Menurut Palar (2012) keracunan merkuri umumnya disebabkan dari kebiasaan memakan makanan dari laut, terutama sekali ikan, udang dan tiram yang telah terkontaminasi oleh merkuri. Awal peristiwa kontaminasi merkuri terhadap biota laut adalah masuknya buangan industri yang mengandung merkuri ke badan perairan lautan. Selanjutnya dengan proses

biomagnifikasi yang bekerja di lautan konsentrasi merkuri yang masuk ditingkatkan dan masuk kemudian berasosiasi dengan system rantai makanan, sehingga masuk ke dalam tubuh biota perairan dan ikut termakan oleh manusia.

Menurut Irianti, et.al (2017) yang dikutip dari Petric (2002) Otak tetap menjadi organ target merkuri. Selain itu, saraf, ginjal dan otot juga dapat terganggu fungsinya akibat merkuri. Logam ini dapat menyebabkan gangguan potensial membran dan memutus homeostasis kalsium intraseluler. Merkuri berikatan ke thiol bebas yang ada ketika stabil. Uap merkuri dapat menyebabkan bronkitis, asma dan masalah pernapasan. Sementara Merkuri berperan penting dalam kerusakan struktur protein tersier dan kuaterner. Selain itu, merkuri juga dapat mengubah fungsi seluler dengan melekat pada gugus selenohidril dan sulfhidril yang bereaksi dengan metil merkuri kemudian terjadi penghambatan struktur seluler. Logam ini juga terlibat dalam proses transkripsi dan translasi. Akibatnya, ribosom, retikulum endoplasma dan aktivitas sel pembunuh alami menghilang. Integritas seluler juga terpengaruh, berakibat pada pembentukan radikal bebas.

Menurut Widiowati (2008) yang dikutip dari Klaassen, et.al (1986) bahwa toksisitas merkuri tergantung dari bentuk senyawanya. Bentuk toksisitas merkuri dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu:

- a. **Keracunan akut**; yaitu keracunan akut terjadi pada Hg uap sebesar 0,5-1,2 mg/l. Keracunan akut oleh merkuri(Hg) uap menunjukkan gejala faringitis, sakit pada bagian perut, mual-mual dan muntah yang disertai darah dan shock. Apabila tidak segera diobati, akan berlanjut dengan terjadinya pembengkakan kelenjer ludah, nefritis, dan hepatitis. Inhalasi uap Hg secara akut bisa mengakibatkan bronchitis, pneumonitis serta menyebabkan gangguan system syaraf pusat seperti tremor.
- b. **Keracunan kronis** ; yaitu keracunan yang terjadi secara perlahan-lahan dan berlanhsung dalam selang waktu lama dan selang waktu panjang. Penderita keracunan kronis biasanya tidak menyadari bahwa dirinya telah menumpuk sejumlah racun dalam tubuh mereka, sehingga pada batas daya tahan yang dimiliki. Racun yang telah mengendap dalam selang waktu yang panjang membuat pengobatan akan sulit dilakukan (Palar, 2012).

Keracunan kronis yang disebabkan oleh merkuri, peristiwa masuknya sama dengan keracunan akut yaitu melalui jalur pernafasan dan makanan. Akan tetapi pada peristiwa keracunan kronis jumlah merkuri yang masuk sangat sedikit sekali sehingga tidak memperlihatkan pengaruh pada tubuh. Namun demikian masuknya merkuri ini berlangsung secara terus menerus ,sehingga lama kelamaan jumlah merkuri yang ada dalam tubuh menjadi lebih besar dan melebihi batas toleransi yang dimiliki oleh

tubuh dan gejala keracunan mulai kelihatan. Pada peristiwa keracunan kronis ada dua organ tubuh yang paling sering mengalami gangguan yaitu gangguan pada sistem pencernaan dan gangguan pada sistem syaraf. Radang gusi (gingivitis) merupakan gangguan yang paling umum terjadi pada sistem pencernaan. Radang gusi pada akhirnya akan merusak jaringan penahan gigi sehingga gigi mudah lepas (Palar, 2012).

Gangguan sistem saraf dapat terjadi dengan atau tanpa diikuti oleh gangguan pada lambung dan usus. Ada dua bentuk gejala umum yang ditemukan pada korban yang mengalami gangguan sistem saraf yaitu tremor ringan dan parkinsonisme yang juga disertai tremor, dan biasanya satu dari kedua gejala ini akan mendominasi gejala keracunan kronis dan kemungkinan komplikasi dengan psikologis. Hal ini diperlihatkan dengan terjadinya gangguan emosional pada korban seperti cepat marah yang diluar kewajaran dan mental hiperaktif yang berat (Widiowati, 2008; Palar, 2012).

Menurut Widiowati (2008) Merkuri selain terakumulasi pada sistem organ, juga dapat menembus membran plasenta sehingga bisa mencapai janin. Konsentrasi merkuri pada berbagai organ induk dan janin dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini :

**Tabel 1: Konsentrasi Hg pada berbagai Organ induk dan janin**

<b>Organ</b>	<b>Hg pada Induk (µg/g)</b>	<b>Hg Pada Janin (µg/g)</b>
Ginjal	518	5,8
Paru-paru	77,5	0,6
Hati	8	10,1
Cerebrum	10,9	0,05
Cerebellum	5,8	0,24
Jantung	3,2	0,15
Limpa	5,2	1,8
Darah	15 µg/100 ml	2,32 µg/100 ml

Sumber : Smith (1970) dalam Widiowati ,2008)

Dari penelitian yang pernah dilakukan dapat diketahui bahwa konsentrasi merkuri yang mencapai 20 µg/l yang terdapat dalam darah wanita hamil selama satu bulan telah dapat mengakibatkan kerusakan pada otak janin yang dikandungnya. Sementara itu pada wanita-wanita menyusui yang terpapar oleh senyawa metil merkuri dapat mengakibatkan ASI yang dikeluarkan terkontaminasi oleh metil merkuri. Keadaan ini

menjadi salah satu jalur yang menyebabkan keracunan kronis oleh merkuri pada bayi (Widiowati, 2008; Palar, 2012).

## **5. Kadar Merkuri Dalam Rambut.**

Salah satu cara untuk mendeteksi tingkat konsentrasi merkuri pada manusia adalah dengan mengukur konsentrasi merkuri pada rambut. Konsentrasi merkuri pada rambut cukup persisten sehingga tidak hilang karena pencucian dengan shampo maupun pengecatan rambut, namun dapat menurun sebanyak 30-50% bila rambut diluruskan atau dikeriting karena pelurus rambut mengandung unsur *thyoglycolic acid* yang mempunyai efek mengurangi MeHg pada rambut (Chamid, et.al, 2010).

World Health Organization (WHO) menyatakan bahwa kadar normal Hg dalam darah berkisar antara 5 µg/l – 10 µg/l, dalam rambut berkisar antara 1 mg/kg – 2 mg/kg, sedangkan dalam urine rata-ratan 4 µg/l. Swedish Export Group kadar normal merkuri dalam darah adalah 200 µg/l dan kadar normal merkuri dalam rambut adalah sepermpat dari kadar dalam darah yaitu 50 µg/g ( WHO, 1990, Lestari , 2010). Batas konsentrasi merkuri pada rambut adalah 1 µg/g (EPA, 2007, Barghi et al. 2012; Hasnawati, 2019).

## **B. Tinjauan Umum Ibu Hamil**

### **1. Defenisi Kehamilan**

Kehamilan adalah masa dari ovulasi sampai partus atau kira-kira 280 hari (40 minggu), dan tidak lebih dari 300 hari (43 minggu). 40 minggu disebut kehamilan matur (cukup bulan), lebih dari 43 minggu disebut postmatur, kehamilan antara 28 dan 36 minggu disebut kehamilan prematur. (cunningham ,et.al 2002). Menurut Federasi Obstetri Ginekologi Internasional, Kehamilan didefinisikan sebagai fertilisasi atau penyatuan dari spermatozoa dan ovum dan dilanjutkan dengan nidasi atau implantasi. Bila dihitung dari saat fertilisasi hingga lahirnya bayi, kehamilan normal akan berlangsung dalam 40 minggu atau 10 bulan atau 9 bulan.

Menurut kalender internasional. Kehamilan terbagi dalam 3 trimester, dimana trimester ke satu berlangsung dalam 12 minggu, trimester kedua 15 minggu ( minggu ke-13 hingga ke-27 ), dan trimester ketiga 13 minggu ( minggu ke-28 hingga ke-40 ) (Mujtahidah, 2008).

Proses kehamilan merupakan mata rantai yang berkesinambungan dan terdiri dari ovulasi, migrasi spermatozoa dan ovum, konsepsi dan pertumbuhan zigot, nidasi (implementasi) pada uterus, pembentukan plasenta dan tumbuh kembang hasil konsepsi sampai aterm .wanita pada umumnya mempunyai 2 indung telur ( ovarium ) yaitu di sebelah kanan dan kiri, dan diperkirakan dalam ovarium wanita terdapat kira-kira

100,000 folikel primer. Pada setiap bulannya indung telur akan melepaskan 1 atau 2 sel telur (ovum) yang kemudian di tangkap oleh fimbria dan disalurkan ovum tersebut ke dalam tuba. Untuk setiap kehamilan yang dibutuhkan adalah spermatozoa, ovum, pembuahan ovum, dan nidasi hasil konsepsi (Mujtahidah, 2008).

Pada waktu koitus, jutaan spermatozoa pria dikeluarkan di fornix vagina dan di sekitar portio wanita, hanya beberapa ratus ribu spermatozoon saja yang dapat bertahan hingga kavum uteri dan tuba, dan beberapa ratus yang dapat sampai ke bagian ampula tuba dimana spermatozoon dapat memasuki ovum yang telah siap untuk dibuahi. Disekitar sel telur terdapat zona pellucida yang melindungi ovum, ratusan spermatozoon tersebut berkumpul untuk mengeluarkan ferment (ragi) agar dapat mengikis zona pellucida dan hanya satu spermatozoon yang mempunyai kemampuan untuk membuahi sel telur, peristiwa ini disebut pembuahan ( konsepsi ) (Mujtahidah , 2008).

Dalam beberapa jam setelah pembuahan terjadi, dimulailah proses pembelahan zigot sambil bergerak menuju kavum uteri oleh arus serta getaran silia pada permukaan sel-sel tuba dan kontraksi tuba. Pada umumnya jika hasil konsepsi telah sampai kavum uteri maka akan terjadi perlekatan pada dinding depan atau belakang uterus dekat fundus uteri, perlekatan itu disebut nidasi dan jika terjadi nidasi barulah dapat dikatakan

adanya kehamilan. Setelah adanya kehamilan dibutuhkan sesuatu untuk membuat janin tumbuh dengan baik yaitu plasenta, umumnya plasenta terbentuk dengan lengkap pada usia kehamilan kurang lebih 16 minggu. Plasenta ini sebagian besar berasal dari janin dan sebagian kecil dari ibu (Mujtahidah, 2008).

Ada beberapa faktor resiko yang dapat membuat ibu hamil dan janin yang dikandungnya berpotensi terpapar merkuri baik merkuri organik maupun merkuri anorganik. Konsumsi ikan secara berlebihan yang melebihi standar FDA ( *Food and Drugs Administratin*) yaitu 12 Ons/Minggu , terutama konsumsi ikan-ikan predator ( Ikan Tuna, Hiu dan King Makarel) (American Academy of Pediatrics 2019). Rekonstruksi gigi dengan pemakaian amalgam dalam penambalan gigi, pemakaian kosmetik dan terpapar asap rokok merupakan determinan paparan merkuri pada ibu hamil (Johnson , 2018).

Pada wanita hamil yang terpapar oleh senyawa merkuri dapat menyalurkan senyawa tersebut pada janin yang dikandungnya. Senyawa merkuri tersebut masuk bersama makanan melewati plasenta mengikuti proses metabolise dan transfor senyawa merkuri ke dalam sstem peredaran darah ke janin. Kontaminasi yang disebabkan oleh senyawa merkuri ini dapat merusak otak janin, sehingga pada saat lahir bayi menjadi cacat (Palar; 2012).

## **2. Usia Ibu Hamil**

Usia merupakan salah satu pertimbangan ketika memutuskan untuk hamil. Bagi sebagian wanita, usia mungkin tidak menjadi masalah untuk hamil namun pada umumnya semakin tua usia wanita hamil semakin meningkat resiko pada kesehatan dan kehamilannya. Ibu hamil dengan usia tua memiliki peningkatan resiko komplikasi seperti Diabetes , Hipertensi, dan pre eklamsia yang akan mempengaruhi kehamilan dan bahkan akan berimbas pada keguguran (Utami, 2015).

Istilah usia diartikan dengan lamanya keberadaan seseorang diukur dalam satuan waktu dipandang dari segi kronologik, individu normal yang memperlihatkan derajat perkembangan anatomis dan fisiologik sama (Dorland, 2010).

Usia hamil secara teori dikelompokkan menjadi 3 yaitu usia kehamilan beresiko rendah < 20 tahun, usia kehamilan normal > 20-35 tahun, dan usia kehamilan beresiko tinggi >35 tahun (utami , 2015).

Penyebab kematian maternal dari faktor reproduksi diantaranya adalah maternal age atau usia ibu. Dalam kurun reproduksi sehat dikenal bahwa usia aman untuk kehamilan dan persalinan adalah 20 tahun sampai dengan 30 tahun. Kematian maternal pada wanita hamil dan melahirkan pada usia di bawah 20 tahun ternyata 2 sampai 5 kali lebih tinggi dari pada kematian maternal yang terjadi pada usia 20 sampai 29 tahun. Kematian

maternal meningkat kembali sesudah usia 30 sampai 35 tahun (Prawirohardjo, 2012).

#### **1). Usia Ibu Kurang Dari 20 Tahun**

Kehamilan di bawah usia 20 tahun dapat menimbulkan banyak permasalahan karena bisa mempengaruhi organ tubuh seperti rahim, bahkan bayi bisa prematur dan berat lahir kurang. Hal ini disebabkan karena wanita yang hamil muda belum bisa memberikan suplai makanan dengan baik dari tubuhnya ke janin di dalam rahimnya (Marmi, 2012). Kehamilan di usia muda atau remaja (di bawah usia 20 tahun) akan mengakibatkan rasa takut terhadap kehamilan dan persalinan, hal ini dikarenakan pada usia tersebut ibu mungkin belum siap untuk mempunyai anak dan alat-alat reproduksi ibu belum siap untuk hamil (Prawirohardjo, 2012).

#### **2) Usia ibu lebih dari 35 tahun**

Umur pada waktu hamil sangat berpengaruh pada kesiapan ibu untuk menerima tanggung jawab sebagai seorang ibu sehingga kualitas sumber daya manusia makin meningkat dan kesiapan untuk menyehatkan generasi penerus dapat terjamin. Begitu juga kehamilan di usia tua (di atas 35 tahun) akan menimbulkan kecemasan terhadap kehamilan dan persalinan serta alat-alat reproduksi ibu terlalu tua untuk hamil (Prawirohardjo, 2012).

### 3. Perubahan Fisiologi Kehamilan

Selama kehamilan, terjadi adaptasi anatomis, fisiologis dan biokimia yang mencolok. Perubahan ini dimulai segera setelah pembuahan dan berlanjut selama kehamilan, dan sebagian besar terjadi sebagai respon terhadap rangsangan fisiologis yang ditimbulkan oleh janin dan plasenta. Selama kehamilan normal, hampir semua sistem organ mengalami perubahan anatomis dan fungsional yang dapat mengubah secara bermakna, kriteria untuk mendiagnosa dan mengobati penyakit. Karena itu, pemahaman atas berbagai adaptasi selama kehamilan merupakan tujuan utama ilmu obstetrik (Cunningham, et.al, 2012).

Beberapa perubahan fisiologi pada wanita hamil adalah sebagai berikut.:

- a). **Pembesaran Uterus**, selama kehamilan pembesaran terjadi akibat perenggangan dan hipertrofi mencolok sel-sel otot, sementara produksi miosit baru terbatas. Hipertrofi uterus pada awal kehamilan diperkirakan dirangsang oleh efek estrogen dan mungkin progesteron. Pembesaran uterus paling mencolok terjadi di fundus pada bulan-bulan pertama kehamilan, tuba uterine serta ligamentum ovarii proprium (Cunningham, et.al, 2012).
- b). **Perubahan Payudara**, pada minggu awal kehamilan, wanita sering merasakan paresthesia dan nyeri payudara. Setelah bulan kedua

payudara membesar dan memperlihatkan vena-vena halus dibawah kulit .Puting menjadi jauh lebih besar, berwarna lebih gelap, dan lebih tegak (Cunningham, et.al, 2012).

- c). **Perubahan pada Vagina**, Vagina merupakan saluran yang elastis, panjangnya sekitar 8 – 10 cm, dan berakhir pada rahim. Vagina dilalui oleh darah pada saat menstruasi dan merupakan jalan lahir. Karena terbentuk dari otot, vagina bisa melebar dan menyempit, perubahan yang nampak pada kehamilan trimester pertama adalah terjadi peningkatan vaskularisasi karena pengaruh hormon estrogen, peningkatan vaskularisasi menimbulkan tanda chadwick (warna merah tua atau kebiruan), Selama masa hamil pH sekresi vagina menjadi lebih asam. Keasaman berubah dari 4 - 6,5 sampai minggu ke-8 kehamilan (Mujtahidah , 2008).
- d). **Perubahan pada Ovarium**, Ovarium berjumlah sepasang dan terletak antara rahim dan dinding panggul. Ovulasi berhenti selama kehamilan dan pematangan folikel ditunda. Hanya satu korpus luteum yang berfungsi (max 6-7 minggu) di dalam ovarium wanita hamil kemudian fungsinya diganti oleh plasenta pada umur kehamilan 16 minggu. Pada permulaan kehamilan masih terdapat korpus luteum graviditatum, korpus luteum graviditatum berdiameter kira-kira 3 cm dan akan mengecil setelah plasenta terbentuk (Mujtahidah, 2008).

e). **Perubahan pada Serviks**, Satu bulan setelah konsepsi serviks akan menjadi lunak yg disebut dengan tanda Goodlell, selama kehamilan serviks tertutup (Mujtahidah 2008).

#### **4. Faktor Resiko Kehamilan**

Selama kehamilan berlangsung beberapa determinan faktor resiko yang membuat wanita hamil mengalami gangguan kehamilan baik karena indikasi medis maupun karena agen kimia yang masuk ke dalam tubuh melalui mekanisme paparan. Agen kimia yang masuk melalui mekanisme paparan salah satunya adalah merkuri yang berasal dari determinan konsumsi ikan, pemakaian amalgam, pemakaian kosmetik dan paparan asap rokok (ATSDR, 2011).

Menurut Cunningham, et. al (2002) makanan laut adalah sumber protein yang sangat baik, rendah dalam lemak jenuh dan mengandung asam lemak omega-3, tetapi hampir semua ikan dan kerang mengandung merkuri dalam kadar yang rendah sehingga wanita hamil dianjurkan untuk menghindari konsumsi makanan laut tertentu yang berpotensi banyak mengandung merkuri. Jenis-jenis makanan laut yang harus dihindari antara lain ikan hiu, ikan todak, king makarel dan *tilefish*.

Asap rokok mengandung banyak logam-logam berat termasuk merkuri. Merokok melipat gandakan resiko berat lahir rendah dan meningkatkan resiko pertumbuhan janin (Cunningham, et.al 2002).

### **C. Paparan Yang Berpengaruh Terhadap Kadar Merkuri pada ibu hamil**

Merkuri adalah logam alami yang ditemukan di seluruh lingkungan. Merkuri memasuki lingkungan sebagai hasil dari kerusakan normal mineral dalam batuan dan tanah dari paparan angin air, dan aktivitas vulkanik. Sebagian besar merkuri (Hg) yang ditemukan di lingkungan adalah dalam bentuk merkuri logam dan senyawa merkuri anorganik (Johnson, 2018). Beberapa penelitian mengindikasikan ada keterkaitan antara paparan merkuri pada ibu hamil dengan beberapa faktor antara lain frekwensi konsumsi ikan, pemakaian amalgam, dan konsumsi rokok. Untuk lebih jelas keterkaitan antara paparan yang berpengaruh terhadap kadar merkuri pada rambut ibu hamil maka akan diuraikan sebagai berikut:

#### **a. Konsumsi Makanan Laut**

Makanan laut memberikan nutrisi yang penting untuk perkembangan optimal janin, namun makanan laut juga merupakan sumber kontaminan termasuk merkuri (Hg) dan metilmerkuri (MeHg) yang dapat berdampak buruk pada perkembangan saraf janin. Manusia Sebagian besar terpapar MeHg melalui konsumsi makanan laut, namun tingkat paparan merkuri bervariasi antara individu (Naess, et.al, 2020). Dibawah ini akan diuraikan beberapa makanan laut yang biasa dikonsumsi ibu hamil:

### **a). Ikan**

Merkuri (Hg) dapat masuk ke lingkungan dan menumpuk di rantai makanan. Bentuk merkuri yang terakumulasi dalam rantai makanan adalah metilmerkuri (merkuri anorganik). Ketika ikan kecil memakan makanan yang mengandung merkuri kemudian masuk ke jaringan dan Saat ikan lebih besar makan ikan kecil atau organisme lain yang mengandung metilmerkuri, sebagian besar metilmerkuri awalnya hadir dalam ikan kecil kemudian akan disimpan dalam tubuh ikan yang lebih besar. Ikan yang lebih besar dan lebih tua yang hidup di perairan yang terkontaminasi akan memiliki kadar metilmerkuri tertinggi dalam tubuh mereka (Johnson 2018; Wang et al. 2019).

Jenis Ikan air laut yang memiliki kadar merkuri tertinggi terutama pada ikan-ikan predator seperti hiau, ikan todok dan ikan king makarel yang hidup lama dan dapat tumbuh hingga ukuran yang sangat besar. Konsentrasi merkuri pada ketiga ikan tersebut adalah 0.73 ppm, 0,979 ppm dan 0,995 ppm. (FDA, 2007) . Konsentrasi merkuri yang diperbolehkan pada ikan adalah 0,5 ppm (FDA-EPA, 2002). EPA dan FDA memberikan batasan tentang makan ikan dan kerang. Ikan dan kerang menyediakan protein, rendah lemak jenuh, dan memiliki nutrisi yang membantu pertumbuhan dan perkembangan anak-anak namun disisi lain, sebagai hasil dari proses alami dan aktivitas manusia, ikan juga mengandung merkuri dalam bentuk

metilmerkuri. Methylmercury dapat berdampak negatif pada sistem saraf pusat, terutama otak janin yang sedang berkembang. Beberapa lembaga telah menyimpulkan bahwa wanita usia subur, wanita hamil dan menyusui serta anak-anak harus membatasi/mengurangi konsumsi ikan yang mengandung kadar merkuri tinggi seperti ikan hiu, ikan tuna dan ikan todak untuk perkembangan dan kepentingan kesehatan, dan merekomendasi untuk mengkonsumsi tidak boleh lebih dari 12 ons setiap minggu) (FDA-EPA, 2019). Menurut Cunningham, et.al (2002) wanita hamil dianjurkan untuk menghindari jenis-jenis ikan tertentu seperti ikan hiu, ikan todak dan king makarel. Wanita hamil juga dianjurkan untuk tidak mengkonsumsi ikan lebih dari 12 ons/minggu atau 2 porsi tuna kalengan per minggu dan tidak lebih 6 ons tuna putih. Jika kandungan merkuri dalam ikan lokal tidak diketahui maka konsumsi ikan harus dibatasi 6 ons/minggu. Namun studi yang dilakukan oleh ALSPAC dengan metode longitudinal studi menyatakan bahwa wanita hamil harus membatasi konsumsi ikan hanya 340 gram setiap minggu (Hibbeln et al. 2007).

Banyak yang telah melakukan penelitian keterkaitan antara kadar merkuri pada ibu hamil dengan konsumsi ikan. Sebuah riset yang menjelaskan keterkaitan antara kadar merkuri dalam darah dengan konsumsi ikan dilakukan di "Mexico city" dengan tujuan untuk melihat kadar merkuri pada ibu hamil dan anak-anak yang mengkonsumsi ikan laut. Korelasi

signifikam pada ibu hamil yang mengkonsumsi ikan baik yang ada di perkotaan ( $r=0,663$ ;  $p<0,0001$ ) maupun perdesaaan ( $r=0,889$ ;  $p<0,0001$ ) (Marques, Bernardi, Dórea, Leão, et al. 2013). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar merkuri pada ibu hamil berkorelasi positif dengan konsumsi ikan laut terutama ikan- ikan predator ( Hiu, tuna dan king makarel) (Basu et al. 2014). Frekuensi konsumsi ikan selama kehamilan secara signifikan dan berhubungan positif dengan tingkat kadar merkuri pada ibu hamil terutama pada trimester kedua dan ketiga (Morrissette, et al. 2004).

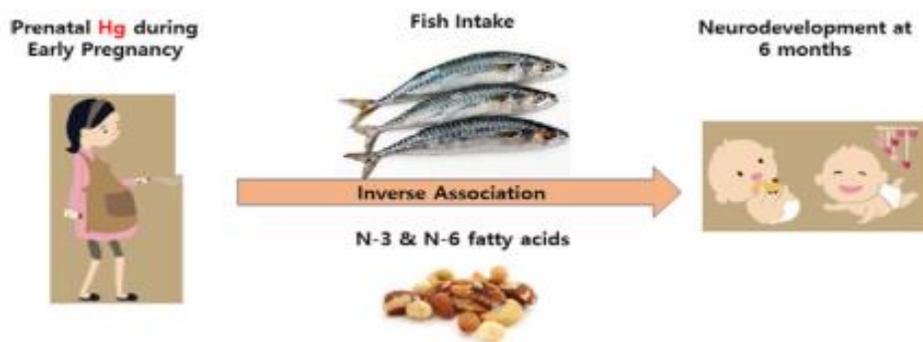
Tingkat paparan merkuri di rambut dikaitkan dengan asupan makanan laut , konsentrasi merkuri terakumulasi pada jaringan baru yakni pada rahim selama menyusui(Drouillet, et al. 2010). Rantai makanan dalam perairan laut memegang peranan penting dalam supply merkuri ke ibu hamil. Merkuri terutama metil merkuri dapat memberikan efek buruk terhadap perkembangan janin, dari pemeriksaan biomarker rambut relevan untuk terjadinya resiko pemaparan terhadap populasi yang rentang seperti ibu hamil dan anak-anak,remaja. Tingginya resiko pada kelompok itu karena, disebabkan tingkat pendidikan, tidak mengetahui ikan yang mengandung kadar rendah merkuri (Nunes, et.al, 2014).

Konsentrasi merkuri pada rambut wanita hamil masih dalam keadaan aman yaitu  $0,58 \mu\text{g/g}$ , penyebabnya karena pengaturan pola makan ikan yang dilakukan oleh ibu hamil yaitu tidak melebihi 12 ons/minggu (Kirk et

al. 2017). Konsentrasi merkuri pada darah tali pusat kenderungan naik dari pengamatan kehamilan pertama sampai terakhir dan berhubungan positif dengan konsumsi ikan yang melebihi anjuran *Food drugs association* (FDA) 12 ons/minggu (Kim et al. 2018 ; Sagiv et al. 2012) , Konsumsi ikan dapat memiliki efek perlindungan pada berat lahir. Kadar merkuri pada kehamilan tidak terkait dengan variabel antropometri, atau kemungkinan berat lahir rendah atau kelahiran prematur (Taylor, et.al, 2016). Konsumsi ikan adalah sumber utama paparan merkuri pada wanita hamil dan anak-anak, konsentrasi merkuri pada rambut anak cenderung menurun seiring dengan usia anak-anak, Kadar merkuri pada rambut berhubungan positif dengan konsumsi ikan tetapi tidak berhubungan dengan perkembangan janin (Miyashita, et al. 2015) ,Wanita Hamil pertama 3,9 (95% CI = 1,2-12,9) memiliki konsentrasi tertinggi merkuri pada rambut dibandingkan dengan wanita dengan tiga anak atau lebih. Wanita yang mengkonsumsi makanan laut > sekali seminggu adalah 3,2 (95% CI = 1,02-10,19) kali memiliki konsentrasi tertinggi pada rambut daripada wanita hamil yang tidak mengkonsumsi makanan laut (Schaefer et al. 2019) , penurunan konsentrasi merkuri pada rambut ibu dihubungkan dengan kegiatan menyusui dengan mentransfer merkuri ke dalam jaringan Asi (air susu ibu), Kehamilan dan menyusui akan mempercepat proses metabolisme merkuri pada ibu,

biomarker paparan yang digunakan adalah rambut dan darah (S. A. Kim, Jeon, and Paek 2008).

Sebuah kajian di Korea menjelaskan bahwa ada keterkaitan antara frekuensi konsumsi ikan dengan paparan merkuri pada darah ibu hamil terutama pada kehamilan awal serta berhubungan juga dengan kecerdasan anak (Y. Kim et al. 2018). Hal ini sejalan dengan pendapat yang menyatakan ada perbedaan signifikan antara tingkat merkuri baik dalam darah ibu dan darah tali pusat pada kelompok ibu hamil, yang dikaitkan dengan frekuensi konsumsi ikan per bulan (Abdel Hamid ,et al. 2019). Nicola hagan, et.al, (2014) menyatakan bahwa ada hubungan yang signifikan antara frekuensi konsumsi seafood dengan peningkatan kadar merkuri pada rambut ibu hamil.



Gambar 3 : Modifikasi efek Merkuri pada ibu hamil dan bayi (Y. Kim et al. 2018).

Kajian selanjutnya adalah menyatakan bahwa tingginya konsentrasi merkuri pada tali pusat ibu hamil dan anak-anak berkorelasi karena adanya paparan pada lingkungan, konsumsi makanan dan gaya hidup yang mengganggu proses transmisi antara plasenta dan janin, proses ini terjadi selama kehamilan awal . Konsentrasi merkuri yang tinggi pada tali pusat (plasenta) dikaitkan dengan konsumsi ikan selama kehamilan (Salehi ,et.al, 2010 ;Yaginuma, et al. 2009; Jeong et al. 2017). Peningkatan kadar merkuri terutama metil merkuri pada ibu hamil merupakan masalah kesehatan masyarakat yang penting olehnya dibutuhkan intervensi dalam pencegahan tingginya konsentrasi paparan merkuri pada ibu hamil misalnya dengan pengaturan pola makan, intervensi ini tidak memerlukan biaya yang mahal, cukup dengan konsisten mengatur diet (Kirk et al. 2017) . wanita yang mengkonsumsi ikan pada saat kehamilan memiliki hubungan positif dengan kemampuan skolastik. turunnya kemampuan skolastik karena anak-anak terpapar merkuri pada saat kehamilan (J. Hibbeln, et al. 2018) Korelasi antara HHg ibu dan bayi baru lahir secara statistik signifikan di sungai ( $r = 0,8952$ ;  $p = 0,0001$ ), perkotaan ( $r = 0,6744$ ;  $p = 0,0001$ ), dan kelompok pedesaan ( $r = 0,8416$ ;  $p = 0,0001$ ) tetapi tidak pada pasangan ibu-bayi dalam kelompok penambang timah ( $r = 0,0638$ ;  $p = 0,2752$ ) ( Marques, et al. 2013) , Berat bayi lahir rendah (BBLR) berhubungan dengan kadar merkuri pada ibu hamil dan kadar merkuri yang tinggi berhubungan dengan konsumsi ikan (Burch et al.

2014). Konsentrasi DHA plasma berkorelasi dengan asupan ikan , konsentrasi merkuri (Hg ) darah dan rambut berkorelasi dengan asupan Ikan(Oken, et al. 2014) . Frekuensi konsumsi ikan merupakan faktor yang mempengaruhi, konsentrasi total merkuri dalam darah tali pusat, rambut dan ASI (Kobayashi et al. 2019) .

Kemampuan skolastik berhubungan dengan kadar merkuri pada ibu hamil,dan kadar merkuri berhubungan positif dengan konsumsi ikan selama kehamilan. Konsentersasi metil merkuri pada rambut dan darah wanita hamil kecenderungan meningkat dari waktu ke waktu, indikasi disebabkan karena konsumsi ikan yang melebihi batas normal (12 ons/Minggu). (Hibbeln et al. 2018;Yaginuma-Sakurai et al. 2012) · Menurut Naess (2020) ada pengaruh yang berbeda secara signifikan antara kelompok yang diberi intervensi konsumsi ikan 400 gram/minggu dengan kelompok yang tidak diberi intervensi. Perbedaan secara bermakna mempengaruhi kadar merkuri pada rambut ibu hamil dimana intervensi pemberian konsumsi ikan berkontribusi secara nyata terhadap kadar merkuri pada rambut wanita hamil trimester2 (16 minggu). Konsentrasi/Total merkuri dalam darah ibu hamil berkorelasi positif dengan konsumsi ikan laut. Hubungan positif lebih kuat ketika ibu pemakan ikan dianggap secara terpisah (+0,84: 95% CI + 0,13, + 1,56 poin IQ; P = 0,021) dibandingkan dengan hasil untuk non konsumsi ikan, di mana hubungan yang disesuaikan negatif. (-2,22; 95% CI -5,00, + 0,56

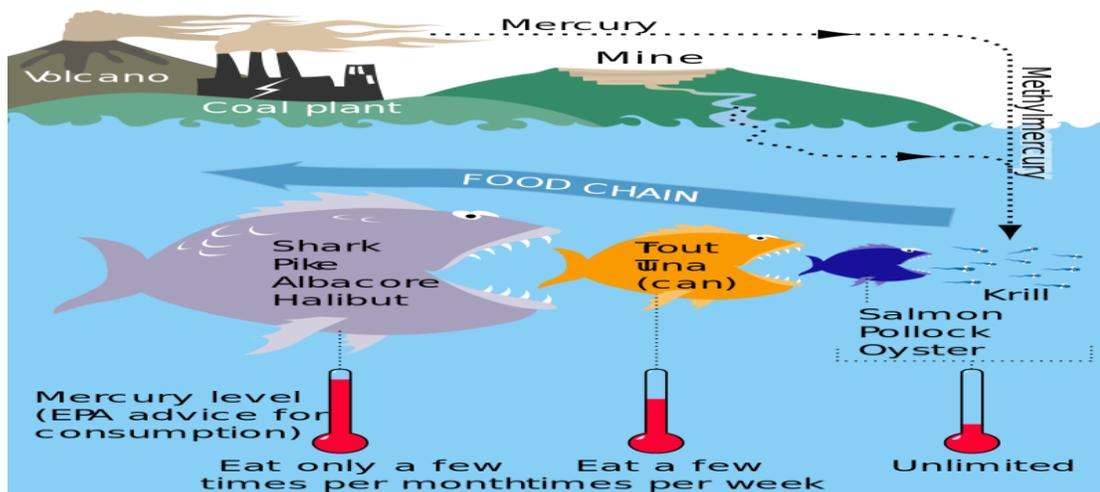
poin IQ;  $P = 0,117$ ) (Golding et al. 2013) ; Golding et al. 2017 ; Kim et al. 2016).

Merkuri pada rambut wanita yang tidak hamil dan wanita hamil 2,5 % melebihi ambang batas yang setara 10 nmol/g. Dengan menggunakan permodelan, isotop karbon mampu menurunkan konsentrasi karbon pada rambut ibu hamil. 12 % anak-anak di Spanyol terpapar metilmerkuri, Analisis dibandingkan pada kehamilan awal yaitu (3,22  $\mu\text{g} / \text{l}$ ), pada akhir kehamilan (4,92  $\mu\text{g} / \text{l}$ ) dalam darah tali pusat; tingginya konsentrasi pada akhir kehamilan dihubungkan konsumsi ikan yang meningkat, hasil statistik menunjukkan ada korelasi antara konsumsi ikan dengan kadar merkuri pada rambut (Pérez et al. 2019 ;Ripley et al. 2018; Harley et al. 2019; Ryu et al. 2017). Ada hubungan antara asupan ikan pada ibu hamil dan konsentrasi merkuri plasenta (Ricketts et al. 2016). Konsentrasi paparan merkuri pada ibu hamil baik darah maupun tali pusat berkorelasi dengan konsumsi ikan. Konsentrasi rata-rata total merkuri (THg) dalam darah tali pusat dan ASI adalah 0,949  $\mu\text{g}/\text{L}$  dan 0,376  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , Konsentrasi rata-rata methylmercury (MeHg) dalam darah tali pusat adalah 0,504  $\mu\text{g} / \text{L}$ . Pemakan ikan memiliki konsentrasi MeHg darah tali pusat yang secara signifikan lebih tinggi daripada pemakan non-ikan ( $p = 0,030$ ); tidak ada perbedaan yang ditemukan dalam konsentrasi THg susu atau darah tali pusat. Analisis bivariate menunjukkan korelasi positif antara darah tali pusat MeHg dan

konsumsi ikan laut dan kerang-kerangan ( $r_s = 0,320$ ,  $p < 0,001$ ); (Moy et al. 2019 ;Nair et al, 2014; Ursinyova et al. 2020 ;Teresa et al. 2020; Rosa , 2009 ; Kobayashi et al. 2019).

Konsumsi ikan sejauh ini merupakan sumber paling signifikan dari paparan merkuri terkait konsumsi pada manusia dan hewan. Merkuri dan metil merkuri hanya ada dalam konsentrasi yang sangat kecil di air laut. Dan diserap, biasanya sebagai metil merkuri, oleh ganggang di awal rantai makanan. Ganggang ini kemudian dimakan oleh ikan dan organisme lain yang lebih tinggi dalam rantai makanan. Ikan secara efisien menyerap metil merkuri, tetapi mengeluarkannya dengan sangat lambat. Metil merkuri tidak larut dan karenanya tidak diekskresikan. Sebaliknya, menumpuk, terutama di visera, meskipun juga di jaringan otot. Hal ini menghasilkan bioakumulasi merkuri, dalam penumpukan jaringan adiposa tingkat trofik berturut-turut: zooplankton, nekton kecil, ikan lebih besar, dan sebagainya. Semakin tua ikan tersebut, semakin banyak merkuri yang terserap. Apa pun yang memakan ikan-ikan ini di dalam rantai makanan juga mengkonsumsi merkuri yang lebih tinggi yang diakumulasikan oleh ikan. Proses ini menjelaskan mengapa ikan pemangsa seperti ikan pedang dan hiu atau burung seperti *Osprey* dan Elang memiliki konsentrasi merkuri yang lebih tinggi di jaringan mereka daripada dengan paparan langsung. Spesies pada rantai makanan dapat mengumpulkan konsentrasi merkuri hingga sepuluh kali lebih tinggi

dari spesies yang mereka konsumsi. Proses ini disebut biomagnifikasi. Misalnya, ikan haring mengandung kadar merkuri sekitar 0,1 bagian per juta, sementara hiu mengandung kadar merkuri lebih besar dari 1 bagian per juta. (EPA, 2017). Mekanisme rantai makanan di perairan dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4 : Mekanisme rantai makanan diperairan yang merupakan proses bioakumulasi merkuri di sistem rantai makanan.( EPA, 2017).

## b). Kerang

### Kerang Hijau

Kerang Hijau (*Perna viridis*) atau green mussels merupakan hewan lunak (Mollusca) yang hidup di laut, bercangkang dua dan berwarna hijau. Kerang hijau termasuk organisme kelas Pelecypoda karena memiliki sepasang cangkang katup yang disebut sebagai bivalvia. Ukuran antara 4,0-

6,5 cm diameter 1,5. Warna hijau terletak pada cangkangnya. Kerang hijau hidup pada perairan estuari, teluk dan daerah mangrove dengan substrat pasir lumpuran serta salinitas yang tidak terlalu tinggi. Umumnya hidup menempel dan bergerombol pada dasar substrat yang keras, yaitu batu karang, kayu, bambu atau lumpur keras dengan bantuan bysus. Kerang hijau tergolong dalam organisme/hewan sesil yang hidup bergantung pada ketersediaan zooplankton, fitoplankton dan material yang kaya akan kandungan organik (Cappenberg 2008).

### **Kerang Darah**

Kerang darah *Anadara granosa* adalah salah satu jenis bivalvia yang sering dikonsumsi penduduk Asia Timur. Kerang darah memiliki cangkang yang tebal, lebih kasar, lebih bulat dan bergerigi di bagian puncaknya serta tidak ditumbuhi oleh rambut-rambut. Bagian dalam halus dengan warna putih mengkilat. Warna dasar kerang putih kemerahan (merah darah) dan bagian dagingnya merah. Disebut kerang darah karena menghasilkan hemoglobin dalam cairan .*A.granosa*. Kerang termasuk organisme filter feeder, filter feeder yaitu makhluk hidup yang cara makannya dengan memasukkan apa saja yang ada di sekitarnya, termasuk air dan sedimen. Akibatnya berbagai jenis cemaran yang ada di lingkungan perairan dapat masuk ke dalam tubuh kerang, termasuk mikroplastik (Widianarko and Hantoro 2018). Kerang darah banyak ditemukan pada substrat yang

berlumpur di muara sungai dengan topografi pantai yang landai sampai kedalaman 20 m. Kerang darah bersifat infauna yaitu hidup dengan cara membenamkan diri di bawah permukaan lumpur di perairan dangkal (Nagir, 2013)

Pada umumnya kerang kaya akan asam suksinat, asam sitrat, asam glikolat yang erat kaitannya dengan cita rasa dan memberikan energi sebagai kalori. Selain itu kerang juga mengandung enzim tiaminase dalam jumlah yang besar sehingga dapat merusak vitamin B1 bila dikonsumsi dalam keadaan mentah. Tiaminase dapat dinaktifkan dengan pemanasan atau pemasakan (Boalemo and Kustiyariyah 2005). Budiyanto dalam Kustiyariyah (1990) melaporkan bahwa *A.granosa* memiliki kandungan protein 9-13%, lemak 0-2%, glikogen 1-7% dan memiliki nilai kalori sebanyak 80 kalori dalam 100 gram daging segar. Selain itu terdapat komponen mineral tertentu yang berfungsi sebagai antioksidan antara lain Cu, Fe, Zn, dan Se.

### **c). Udang**

Udang merupakan salah satu hasil laut dan komponen penting bagi perikanan udang di Indonesia. Untuk udang bagian yang paling banyak dikonsumsi adalah otot. Pada udang terkandung senyawa aktif yang bermanfaat bagi manusia. Senyawa aktif memiliki peran penting untuk kesehatan, pertumbuhan dan perkembangan tubuh manusia khususnya pada ibu hamil. Senyawa aktif pada udang meliputi asam amino esensial,

komposisi lemak, makro mineral, dan mikro mineral, karotenoid ( $\beta$ -karoten, astaksantin). omega-3 adalah asam eicosapentaenoic. Omega-3 adalah asam lemak tak jenuh yang sangat dibutuhkan tubuh untuk pertumbuhan otak, kesehatan mata, dan perkembangan janin. Makanan laut sangat penting atau peran vital untuk kesehatan, ibu hamil, bayi, serta anak-anak (Ngginak et al. 2013).

#### **b. Pemakaian Amalgam**

Sumber potensial paparan merkuri logam untuk populasi umum adalah merkuri yang dilepaskan dari tambalan amalgam gigi. Amalgam adalah campuran logam yang digunakan dalam tambalan gigi mengandung kira-kira 50% logam merkuri, 35% perak, 9% timah dan 6% tembaga dan seng, jumlah merkuri dilepaskan dari amalgam gigi tergantung pada jumlah total tambalan dan permukaan setiap pengisian, kebiasaan mengunyah dan makan serta kondisi senyawa kimia di mulut. Perkiraan jumlah merkuri yang dilepaskan dari amalgam gigi berkisar 3 hingga 17 mikrogram per hari ( $\mu\text{g}$  / hari). Merkuri dari amalgam gigi mungkin berkontribusi 0 hingga lebih dari 75% dari total paparan merkuri tergantung pada jumlah tambalan amalgam (Johnson, 2018).

Penambahan amalgam pada gigi berlubang berkontribusi terhadap paparan merkuri melalui pernapasan ke dalam rongga mulut, seperti yang telah dilaporkan oleh beberapa penelitian. ' Elemen- uap merkuri

dilepaskan oleh penguapan langsung dari merkuri logam yang terkandung dalam amalgam bentuk emisi uap merkuri, dapat ditingkatkan ketika permukaan amalgam tergores pada saat menggiling gigi atau dengan mengunyah. Selain itu, asupan berbagai minuman dan makanan dapat mempengaruhi pelepasan merkuri jangka pendek. Dalam jangka panjang, penyerapan merkuri secara sistemik, sebagian besar tergantung pada beban aktual amalgam dan juga dipengaruhi oleh rasio rata – rata pernapasan mulut ke hidung. Selama pernapasan mulut uap merkuri dihembuskan atau diteruskan ke paru-paru, di mana ia diserap dengan mudah oleh darah. Selama pernapasan hidung, sebagian besar uap merkuri mungkin diubah dan terikat komponen dalam lapisan air liur sebelum menelan ludah. Unsur merkuri yang tersisa, bagaimanapun, mungkin diserap langsung melalui oral dan dan pernapasan (Skare and Engqvist, 2010).

Tambalan gigi amalgam merkuri telah digunakan sejak awal abad kesembilan belas. Secara berkala, perdebatan muncul tentang potensi bahaya dari merkuri ini, disebut sebagai "Perang amalgam." baru dimulai dengan sebuah pengamatan pada tahun 1970-an bahwa merkuri uap dilepaskan dari amalgam, terutama selama proses mengunyah dan uap ini bisa terhirup (Clarkson , 2002).

Dokter gigi dan asistennya terpapar merkuri logam karena menghirup uap merkuri yang dilepaskan dari tambalan amalgam dan pada

tingkat yang jauh lebih rendah dari kontak dengan kulit dengan restorasi amalgam. Wanita hamil, memiliki amalgam gigi atau bahan nonmercury yang digunakan untuk penambalan, atau ada tambalan harus diperbaiki atau diganti selama kehamilan, harus dilakukan melalui konsultasi dengan dokter gigi (Johnson , 2018). Beberapa penelitian amalgam dengan paparan merkuri pada ibu hamil menjelaskan keterkaitan, wanita hamil yang memiliki sejumlah tambalan amalgam memiliki kadar merkuri lebih tinggi dari pada yang tidak memiliki amalgam sehingga disarankan agar tidak menggunakan amalgam untuk tambal gigi selama proses kehamilan, dan akan lebih efektif pada wanita hamil yang baru mengisi amalgam untuk tambalan gigi , efek tambalan amalgam menyebabkan kadar merkuri yang lebih tinggi dalam darah dan tali pusat pada ibu hamil (Barghi et al. 2012; Skare and Engqvist, 2010; Gb, 2010) . Tambalan Amalagam gigi, jumlah tambalan amalgam merupakan paparan utama meningkatnya kadar merkuri pada ibu hamil (Al-Saleh et al. 2015; Kobal et al. 2017; Golding et al. 2016). Kadar THg otak bayi telah terbukti berkorelasi dengan THg rambut ibu dan penambahan amalgam menjadi faktor yang menguatkan paparan merkuri (Watson, et al. 2012). Peningkatan methylmerkuri dalam darah dan rambut pada wanita hamil tidak terkait dengan penggunaan amalgam (Sakamoto ,et al. 2016).

### **c. Paparan asap Rokok**

Penelitian juga pernah dilakukan untuk melihat hubungan paparan merkuri pada ibu hamil dengan kebiasaan merokok. Dengan menggunakan biomarker rambut maka didapatkan informasi bahwa merokok berkorelasi terhadap konsentrasi total merkuri (THg) pada rambut ibu hamil. Umumnya wanita hamil terpapar karena menjadi perokok pasif dan aktif terutama pada kehamilan trimester pertama (Gaxiola, et al. 2014). Menurut Nicole, et al., (2015) menyatakan bahwa konsentrasi Hg total pada rambut secara signifikan berhubungan kebiasaan merokok.

Perokok pasif jangka panjang berpotensi meningkatkan tingkat paparan merkuri yang sangat berbahaya bagi wanita hamil dan janin mereka yang belum lahir (Zhu et al. 2018). Kebiasaan merokok merupakan variabel yang ikut diteliti dalam kaitannya dengan paparan merkuri pada ibu hamil (Kobayashi et al. 2019), wanita hamil yang merokok memiliki kadar merkuri pada rambut dan darah yang lebih tinggi (Soler-Blasco et al. 2019).

### **d. Usia Kehamilan**

Periode antepartum adalah periode kehamilan yang dihitung sejak hari pertama haid terakhir (HPHT) sampai dimulainya persalinan. Periode antepartum dibagi menjadi tiga trimester, pembagian waktu ini diambil dari ketentuan yang mempertimbangan bahwa lama kehamilan diperkirakan kurang dari 40 minggu. Pembuahan berlangsung ketika terjadi ovulasi,

kurang lebih 14 hari setelah haid terakhir (dengan perkiraan siklus 28 hari). Pada praktiknya, trimester I secara umum dipertimbangkan berlangsung pada minggu pertama hingga ke-12 (12 minggu), trimester II minggu ke-13 sampai dengan minggu ke-25 (15 minggu), dan trimester III minggu ke-24 hingga minggu ke-40 (13 minggu) (Mujtahidah, 2008).

Lamanya kehamilan yaitu antara 280 hari atau 40 pekan (minggu) atau 10 bulan (lunar months) dihitung dari HPHT. Kehamilan dibagi atas 3 triwulan (trimester) kehamilan trimester I antar 0-14 minggu, kehamilan trimester II antara 13-24 minggu, kehamilan trimester III antara 25-40 minggu (Mujtahidah, 2008).

#### **D. Kerangka Teoritis**

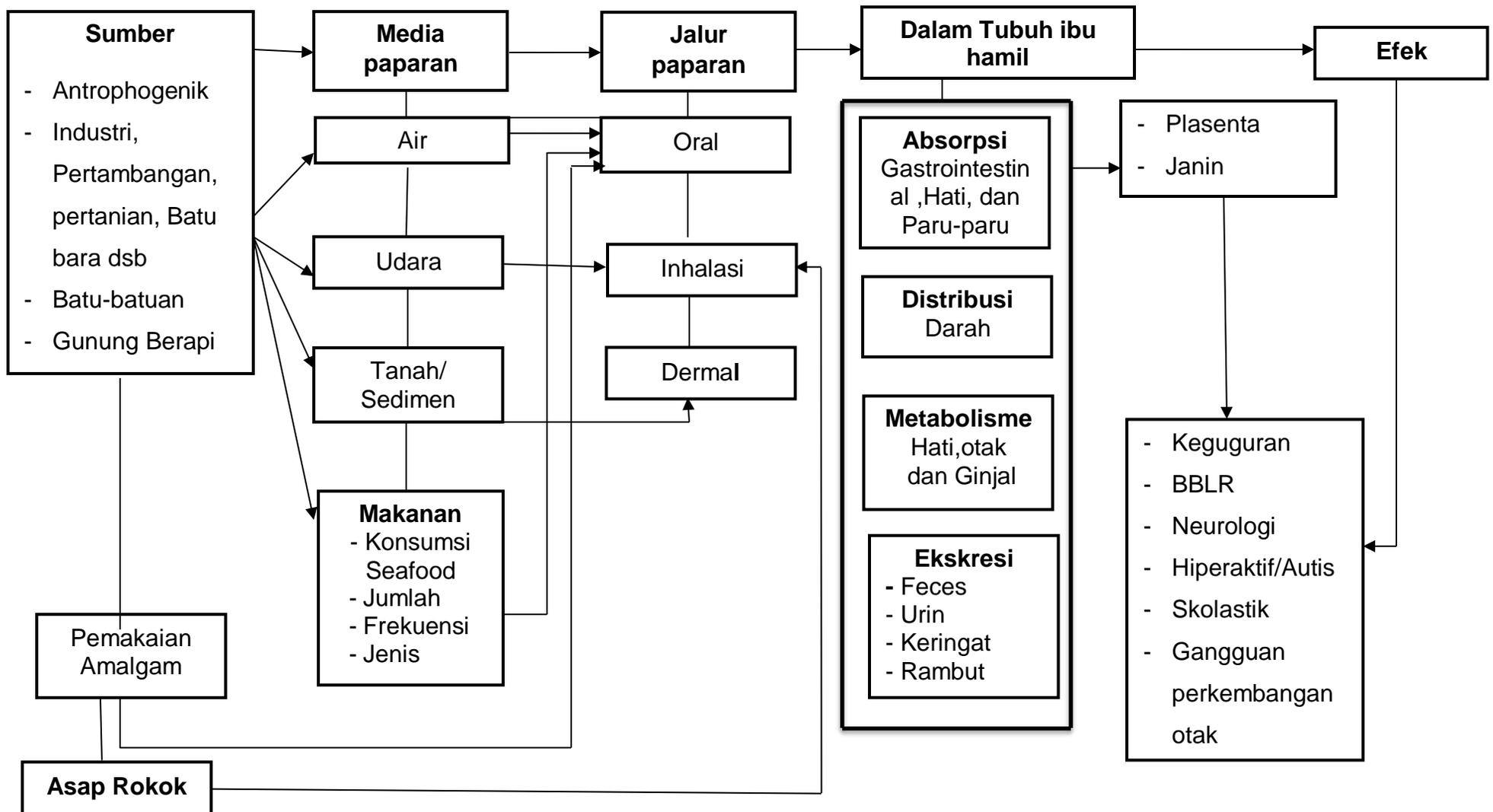
Sumber merkuri dilingkungan berasal dari proses antropogenik gunung berapi, industri dan aktivitas manusia yang menghasilkan residu merkuri dan remasan-rembesan air tanah yang melewati daerah deposit merkuri dan masuk ke dalam perairan ( Sungai, dan danau dan laut). Senyawa merkuri logam dan anorganik yang masuk ke dalam perairan mengalami proses bioakumulasi dan metilasi yang akhirnya membentuk merkuri organik yaitu metilmerkuri yang diserap oleh sedimen dan tanah. MeHg yang larut dalam air akan terserap oleh mikroorganisme yang kemudian mikroorganisme (bentos, plankton dan zooplankton) yang kemudian

dimakan oleh ikan kecil dan ikan kecil termakan oleh ikan besar sehingga akan terjadi bioakumulasi dan biomagnifikasi MeHg pada jaringan daging ikan karnivora, yang pada akhirnya ikan dimakan oleh manusia. Terjadinya akumulasi MeHg dalam hewan air disebabkan oleh pengambilan merkuri oleh hewan air lebih cepat daripada proses ekskresinya (EPA-USA, 2017; Iksan , 2013; Widiowati, et al, 2008).

Merkuri dan senyawanya masuk ke dalam tubuh manusia melalui mekanisme paparan yakni pernapasan, pencernaan dan kulit. Yang melalui mekanisme pencernaan misalnya konsumsi makanan laut memakai amalgam, dan terpajan asap rokok baik sebagai perokok pasif maupun sebagai perokok aktif melalui mekanisme inhalasi.

Dalam tubuh manusia merkuri mengalami proses absorpsi di Gastrointestinal, hati dan paru-paru serta distribusi melalui pengaliran darah dan metabolisme hati, otak dan ginjal serta sistem ekskresi melalui urin dan feces.

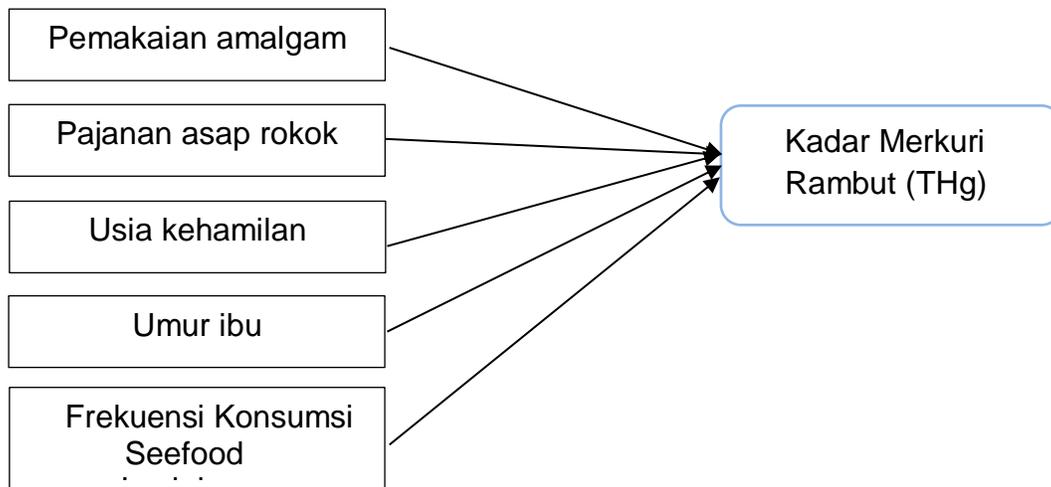
Dampak toksisitas merkuri menyebabkan keracunan akut dan keracunan kronis pada ibu hamil dan target terutama pada plasenta, ASI, janin dan otak yang dapat mengakibatkan Keguguran, BBLR, Neurologi, Hiperaktif /autis dan kemampuan Skolastik (Palar, 2012, Widiowati 2008).



Gambar 5: Kerangka Teoritis Modifikasi dari Widiowati (2008); Palar (2012)

## 2. Kerangka Konsep

Kerangka konsep ini terdiri dari variabel dependen (paparan Merkuri pada ibu hamil) dan variabel independen (Konsumsi makanan laut, pemakaian pemakaian amalgam, merokok dan usia kehamilan. Hubungan antara variabel independen dan variabel dependen digambarkan dalam bagan dibawah ini:



Gambar 6: Hubungan antara Variabel dependen dan independen

Keterangan :

□ : Variabel Bebas (Independen)

▭ : Variabel Terikat (Dependen)

### **3. Hipotesis Penelitian**

Hipotesis penelitian adalah sebagai berikut:

1. Ada pengaruh pemakaian amalgam terhadap kadar merkuri rambut ibu hamil di Kabupaten Bulukumba tahun 2020.
2. Ada pengaruh pajanan asap rokok terhadap kadar merkuri rambut ibu hamil di Kabupaten Bulukumba tahun 2020.
3. Ada pengaruh Usia kehamilan terhadap kadar merkuri rambut ibu hamil di Kabupaten Bulukumba tahun 2020.
4. Ada pengaruhn frekuensi konsumsi Seafood terhadap kadar merkuri rambut ibu hamil di Kabupaten Bulukumba tahun 2020
5. Ada Pengaruh umur terhadap kadar merkuri rambut ibu hamil di Kabupaten Bulukumba tahun 2020.

#### 4. Defenisi Operasional Dan Kriteria Obyektif Variabel Yang Diteliti

NO	Variabel	Defenisi Operasional	Cara Ukur	Satuan	Skala	Kriteria obyektif
1	Kadar merkuri	Konsentrasi Merkuri yang ada pada rambut ibu hamil	Atomic Absorption Spectrophotometric (AAS)	µg/l	Nominal	- Normal = $\geq 1$ µg/g - tidak Normal = $< 1$ µg/g ( EPA = 1µg/g)
2	Menggunakan amalgam	Merupakan pernyataan ibu hamil tentang menggunakan amalgam untuk menambal gigi selama kehamilan pertama	Wawancara Kuisisioner dengan menggunakan Kuisisioner	-	Nominal	- Memakai - Tidak memakai ( Menambal gigi dengan menggunakan amalgam)
3	Terpapar asap Rokok	Pajanan asap rokok selama kehamilan trimester I, II dan III	Wawancara dengan menggunakan kuisisioner	Batang/hari	Nominal	- Terpapar - Tidak terpapar (Perokok aktif dan pasif)
4	Usia Kehamilan	Pernyataan tentang usia kehamilan yang dinyatakan dengan minggu	Wawancara dengan menggunakan Kuisisioner	Minggu	Nominal	- Trimester 1 - Trimester 2 - Trimester 3

5	Umur Ibu Hamil	Pernyataan tentang umur responden yang dinyatakan dengan tahun	Wawancara dengan menggunakan kuisioner	Tahun	Nominal	- Beresiko, >35 Tahun - Tidak Beresiko <35 Tahun
6	Frekuensi konsumsi makanan laut	berapa kali ibu hamil mengkonsumsi makanan laut selama 1 minggu	Wawancara dengan menggunakan FFQ	Kali/mg	Nominal	- Sering, >3 kali/minggu - jarang, <3 kali/minggu

## 5. Kontrol Kualitas

Kontrol kualitas adalah upaya yang dilakukan oleh peneliti pada semua tahapan proses pengukuran untuk mencapai hasil yang valid (sahih) dan handal (reliable), dengan harapan diperoleh hasil pengukuran yang dianggap mendekati karakteristik populasi penelitian, sehingga dapat diambil kesimpulan yang baik dan tepat untuk menjawab tujuan penelitian (Buchari, 2003).

Salah satu cara yang dilakukan adalah dilakukan standarisasi petugas lapangan yaitu dengan memberikan pelatihan pada tenaga pewawancara untuk memperoleh pemahaman yang sama atau sesuai dengan tujuan peneliti (gold standart peneliti), untuk laboratorium pemeriksaan digunakan laboratorium yang terakreditasi oleh komite Akreditasi Nasional (KAN). Standarisasi alat ukur, dilaksanakan dengan mengkalibrasi alat sebelum digunakan. Pelaksanaan setiap tahapan penelitian, senantiasa dihadapkan pada kesalahan pengukuran yang terdiri dari kesalahan alfa ( $\alpha$ ) atau " *sampling error* " dan kesalahan betha ( $\beta$ ) atau " *systematic error* "

Dengan demikian maka tujuan pelaksanaan kontrol kualitas pada penelitian ini, adalah untuk melakukan minimalisasi atau memperkecil kesalahan bahkan kalau memungkinkan menghilangkan sama sekali kesalahan-kesalahn yang timbul oleh kedua jenis kesalahan tersebut.

Adapun langkah – langkah pelaksanaan kontrol kualitas pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

### **1. Kesalahan Alpha (sampling Error)**

Jenis kesalahan ini terdiri kesalahan yang terjadi pada jumlah sampel (ukuran sampel) yang dianggap mewakili populasinya, dan cara penarikan sampel dan populasi ( *sampling technics* ).

### **2. Kesalahan Betha (Sistemic Error)**

Jenis kesalahan ini juga terdiri dari kesalahan yang terjadi pada pengukur (peneliti), kesalahan yang terjadi pada alat ukur yang digunakan (instrument), serta kesalahan yang terjadi pada obyek yang diukur (responden).

Ketiga jenis sumber kesalahan tersebut diuraikan sebagai berikut:

#### **a. Kesalahan Pengukur (peneliti)**

Untuk mengurangi kesalahan yang terjadi karena faktor peneliti, maka penelitian harus dilaksanakan sendiri oleh peneliti tanpa minta bantuan kepada peneliti pembantu untuk melakukan wawancara terhadap responden. Hal ini dilakukan untuk menghindari adanya bias oleh karena menggunakan pewawancara yang berbeda.

#### **b. Kesalahan Alat Ukur**

Untuk mengurangi kesalahan yang terjadi maka alat ukur yang digunakan adalah alat ukur yang sudah terkalibrasi dan mendapatkan

standarisasi oleh badan standarisasi nasional Indonesia (SNI). Alat yang dipakai disini adalah *Atomic Absorption Spectrophotometric* (AAS) dan dilaksanakan dilaboratorium terakreditasi.

**c. Kesalahan Obyek Yang Diukur (responden)**

Untuk mendapatkan informasi yang benar dari responden, maka wawancara dilakukan dengan:

Terlebih dahulu meminta kesedian waktu dan waktu luang responden untuk diwawancarai.

- 1) Menyampaikan maksud dan tujuan penelitian yang dilkakukan
- 2) Wawancara dilakukan pada keadaan responden tenang, tidak capek/lelah,serta menciptakan suasana bersahabat dengan responden.
- 3) Memberikan jaminan kerahasiaan terhadap informasi yang diberikan oleh responden serta akibat yang mungkin ditimbulkan.

## 6. Tabel Sintesa

**Tabel 3. Sintesis artikel yang terkait pengaruh Pajanan merkuri pada rambut ibu hamil**

NO	Penulis/Judul	Metode	Sampel	Temuan	Referensi
1	<b>Drouillet-,et.al</b> Prenatal Mercury contamination: Relationship with maternal seafood consumption during pregnancy and fetal growth in the “EDEN mother-child” cohort. Br J Nutr. 2010;104(8):1096–100.	Cohort study	691 wanita hamil trimester pertama	Konsumsi ikan berhubungan dengan kadar merkuri pada rambut ibu hamil,tetapi kadar merkuri tidak berpengaruh pada perkembangan janin	British Journal of Nutrition (2010), 104, 1096–1100
2	<b>Nunes et al (2014)</b> Exposure assessment of pregnant portuguese women to methylmercury through the ingestion of fish: Cross-sectional survey and biomarker validation. J Toxicol Environ Heal - Part A Curr Issues. 2014;77(1–3):133–42.	Cross sectional study	341 ibu hamil Umur 15 s/d 43 Tahun	Konsentrasi merkuri pada ibu hamil adalah 2 µg/g melebihi batas normal yaitu 1µg/g (WHO) ,Konsumsi ikan berhubungan positif dengan kadar merkuri pada ibu hamil	Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A: Current Issues,
3	<b>Kirk LE, Jørgensen JS, et.al (2017)</b> Nielsen F, Grandjean P. Public health benefits of hair-mercury analysis and dietary advice in lowering methylmercury exposure in pregnant women. Scand J	Cross sectional study	146 ibu hamil	Konsentrasi merkuri pada rambut wanita hamil masih dalam keadaan aman yaitu 0,58 µg/g , penyebabnya karena pengaturan pola makan ikan yang dilakukan oleh ibu hamil yaitu	Scandinavian Journal of Public Health, 2017; 45: 444–451

	Public Health. 2017;45(4):444–51.			tidak melebihi 12 ons/mg	
4	<b>Al-Saleh, Iman Abduljabbar,(2015)</b> The extent of mercury (Hg) exposure among Saudi mothers and their respective infants	Cross sectional study	1016 ibu hamil	Konsentersasi metil merkuri pada rambut dan darah wanita hamil kecenederugan meningkat dari waktu ke waktu, indikasi disebabkan karena konsumsi ikan yang melebihi batas normal (12 ons)/Minggu	Journal Environmental Monitoring and Assessment
5.	<b>Marques RC, et.al (2013)</b> Mercury transfer during pregnancy and breastfeeding: Hair mercury concentrations as biomarker. Biol Trace Elem Res. 2013;154(3):326–32.	Cohor study	649 ibu hamil	Korelasi signifkama pada ibu hamil yang mengkonsumsi ikan baik yang ada di perkotaan ( r=0,663; p<0,0001) maupun perdesaaan (r=0,889;p<0,0001	Journal Biological Trace Element Research
6	<b>Basu N, , et al. (2014)</b> Mercury levels in pregnant women, children, and seafood from Mexico City.	Cross sectional study	346 ibu hamil	Kadar merkuri dalam darah tali pusat ibu hamil dikategorikan tinggi karena melewati batasan who yaitu 4,7µg/l,berhubungan positif	Environmental Research journal
7	<b>Sharon K. Sagiv, et,al (2012 )</b> Prenatal Exposure to Mercury and Fish Consumption During Pregnancy and Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder–	Cohor study	788 ibu hamil	Tingginya konsentrasi merkuri pada rambut ibu hamil berhubungan dengan pola konsumsi ikan yang lebih 12 ons/minggu	JournalArchives of Pediatrics and Adolescent Medicine

	Related Behavior in Children				
8	<b>Zohreh Salehi , et.al ( 2010)</b> Hair mercury levels in pregnant women in Mahshahr, Iran: Fish consumption as a determinant of exposure	Cross sectional study	324 ibu hamil	Tingginya konsentrasi merkuri pada ibu hamil berkorelasi dengan konsumsi ikan yang tinggi dan mempengaruhi janin dalam kandungan.	Journal Science of the Total Environment
9	<b>Anil Nair , et.al (2014)</b> Fish Consumption and Hair Mercury Levels in Women of Childbearing Age, Martin County, Florida	Cohor study	788 ibu hamil	Tingginya konsentrasi merkuri dirambut berkorelasi dengan konsumsi ikan yang tinggi	
10	<b>Susannah Ripleya, et.al (2018)</b> Blood and hair mercury concentrations among Cree First Nations of Eeyou Istchee (Quebec, Canada): time trends, prenatal exposure and links to local fish consumption	Cross sectional	1374 ibu hamil	Kadar merkuri pada rambut wanita yang tidak hamil dan wanita hamil 2,5 % melebihi ambang batas yang setara 10 nmol / g, konsumsi ikan di kaitan dengan tingginya kadar merkuri pada darah dan rambut	International Journal Of Circumpolar Health 2018, vol. 77, 1474706
11	<b>Mandana Barghi ,et.al (2012)</b> Mercury Exposure Assessment in Iranian Pregnant Women's Hair with Respect to Diet, Amalgam Filling, and Lactation	Cross sectional	79 ibu hamil	Menurut hasil penelitian ini, individu yang memiliki jumlah tambalan amalgam yang tinggi dan mengonsumsi ikan dalam jumlah besar memiliki kadar merkuri yang lebih tinggi .	Journal Biological Trace Element Research

NO	JUDUL/PENULIS	Metode	Sampel	Temuan	Sumber
12	<p><b>Ramón Gaxiola-et al (2014)</b></p> <p>Marine diet and tobacco exposure affects mercury concentrations in pregnant women (I) from Baja California Sur, Mexico</p>	Cross sectional	75 ibu hamil	Tembakau meningkatkan konsentrasi Hg dalam ASI, menghindari kebiasaan merokok selama kehamilan dan menyusui	Journal Toxicology Reports Toxicology Reports