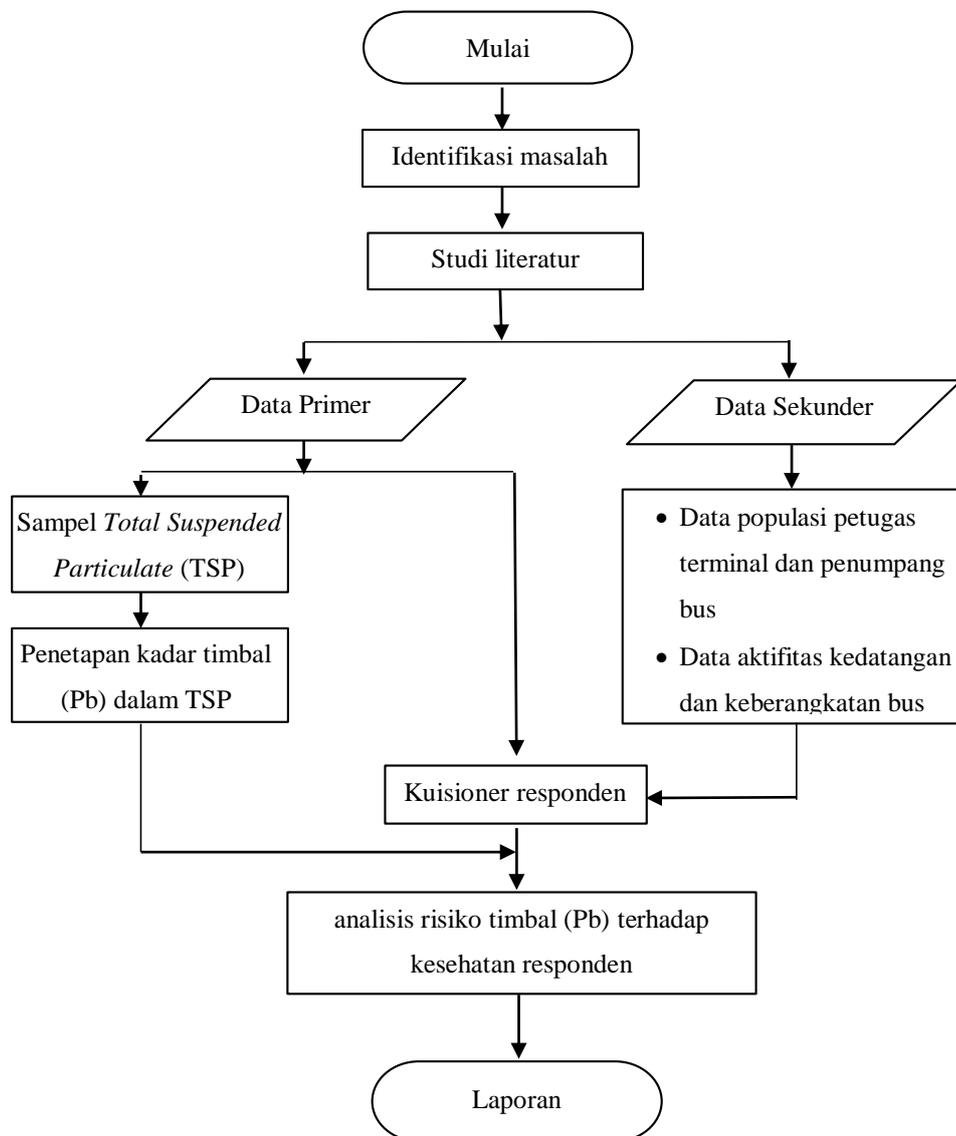


BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Skema Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan mengikuti skema seperti berikut:



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Skema Metodologi penelitian dijelaskan sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah

Adanya masalah dalam kehidupan sehari-hari memunculkan ide untuk mengetahui risiko kesehatan pengguna terminal bus Giwangan dan terminal bus Jombor di provinsi D.I. Yogyakarta

2. Studi Literatur

Studi dilakukan dengan mengkaji literatur berupa buku, karangan dan jurnal ilmiah, situs internet, serta peraturan-peraturan yang terkait dengan topik penelitian.

3. Persiapan Penelitian

Melakukan persiapan sebelum melakukan proses pengumpulan data seperti observasi awal di lokasi penelitian, surat-surat terkait perizinan lokasi penelitian, serta alat dan bahan yang digunakan dalam pengambilan sampel.

4. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder seperti berikut ini:

- Data primer diperoleh dari hasil pengukuran timbal (Pb) dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) di terminal Giwangan dan terminal Jombor. Pengujian sampel dilakukan di laboratorium kualitas udara program studi teknik lingkungan UII. Metode pengujian mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 7119-4:2017 mengenai cara uji kadar timbal (Pb) dengan metoda destruksi cara basah menggunakan spektrofotometer serapan atom nyala.
- Data sekunder diperoleh dari UPT terminal dan Dinas Perhubungan D.I. Yogyakarta.

5. Pengolahan Data

Data tersebut dianalisis untuk mengetahui risiko timbal (Pb) dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) terhadap kesehatan pengguna terminal. Analisa dan pembahasan yang dilakukan mengacu pada studi literature yang digunakan.

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah terminal Giwangan dan terminal Jombor, yang merupakan salah satu terminal tipe A dan tipe B di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Penentuan titik lokasi pengambilan sampel sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 19-7119.6:2005 mengenai penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambie. Pada masing-masing terminal, dilakukan pengukuran di 2 (dua) titik yang ditentukan berdasarkan tata guna lahan dan fungsi area yaitu titik 1 di pintu masuk terminal dan titik 2 di area area bus.

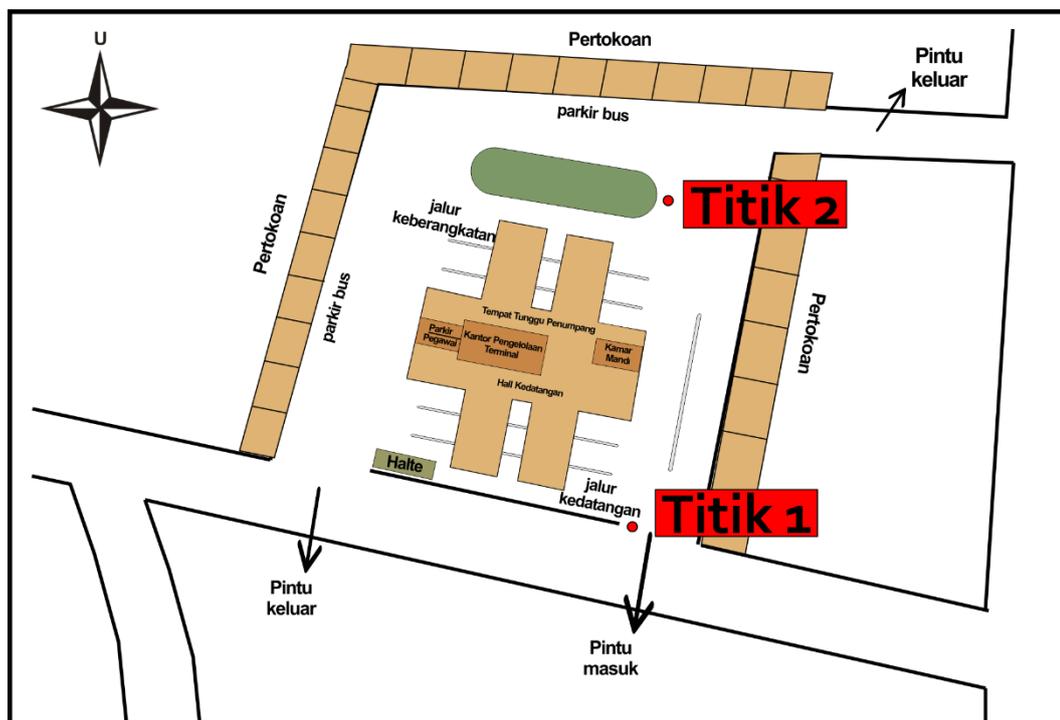
Pintu masuk bus berfungsi sebagai satu-satunya jalur masuk bus menuju terminal, sehingga responden yang terpapar langsung dengan *Total Suspended Particulate* (TSP) di bagian pintu masuk terminal difokuskan pada petugas lapangan. Sementara itu, tempat naik dan turunnya penumpang (*bus drop area*) yang merupakan area lanjutan jalur bus setelah melalui pintu masuk terminal dan juga merupakan area tempat berjualan dan tempat menunggu, sehingga responden yang terpapar langsung oleh *Total Suspended Particulate* (TSP) difokuskan pada penumpang dan penjaga warung makan. Titik koordinat lokasi pemantauan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3.1 Titik Koordinat Lokasi Pengukuran

Lokasi Pengukuran	Ket.	Titik Koordinat
Terminal Giwangan	Titik 1	7°50'4.20"S dan 110°23'29.40"E
	Titik 2	7°50'5.05"S dan 110°23'34.09"E
Terminal Jombor	Titik 1	7°44'51.65"S dan 110°21'42.35"E
	Titik 2	7°44'48.55"S dan 110°21'40.77"E



Gambar 3.2 Titik Pengambilan Sampel di Terminal Giwangan



Gambar 3.3 Titik Pengambilan Sampel di Terminal Jombor

3.3 Waktu Penelitian

Pengambilan sampel dilakukan dalam rentang bulan April - Mei 2018 dengan waktu pengambilan sampel *Total Suspended Particulate* (TSP) yaitu 6 (enam) jam pada masing-masing titik. Waktu pengambilan sampel dilakukan pada pukul 09.00 sampai dengan pukul 15.00 yang merupakan waktu terpadat di terminal Giwangan dan terminal Jombor berdasarkan hasil observasi. Pengambilan sampel masing-masing titik dilaksanakan dalam 2 (dua) waktu yaitu hari kerja (*weekdays*) dan akhir pekan (*weekend*).

3.4 Metode Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan 2 (dua) metode yaitu :

1) Metode pengukuran di lapangan

Metode ini dilakukan untuk mendapatkan sampel *Total Suspended Particulate* (TSP) dikawasan terminal. Pengambilan sampel di lapangan ini merupakan jenis *active sampling* yang dilakukan sesuai dengan tahapan pengambilan sampel dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 7119-3:2017 mengenai uji *Total Suspended Particulate* (TSP) metode gravimetri udara ambien, yaitu menggunakan media penyaring (kertas filter) dengan alat *High Volume Air Sampler* (HVAS).

Pengambilan contoh uji menggunakan nilai rata-rata laju alir pompa vakum sebesar 1,13 – 1,70 m³/menit sehingga dapat diperoleh partikel tersuspensi kurang dari 100 µm. Dalam penelitian ini digunakan kertas filter dengan merek “wattman” yang merupakan kertas filter jenis *fiber-glass* terbuat dari *micro fiber-glass* dengan porositas < 0,3 µm, yaitu mempunyai efisiensi pengumpulan partikulat dengan diameter 0,3 µm sebesar 95%.

Berdasarkan periode waktunya, jenis pengambilan sampel ini masuk ke dalam jenis *long term sampling*, yaitu pengambilan sampel yang dilakukan selama periode waktu 6 jam. Berdasarkan penempatan lokasinya, jenis pengambilan sampel ini masuk ke dalam jenis *area sampling* karena pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui pajanan di lingkungan kerja dan diletakkan di lingkungan kerja (Lestari, 2007).

2) Metode kuesioner

Metode ini dilakukan untuk mengetahui data diri responden yang akan digunakan pada tahap analisis risiko kesehatan. Responden merupakan pengguna terminal bus yang terbagi atas 3 (tiga) jenis pekerjaan yaitu penjaga warung makan, penumpang dan petugas tiket guna membandingkan intensitas waktu terpapar pajanan. Jumlah sampel responden ditentukan dengan menggunakan rumus slovin seperti sebagai berikut :

$$n = \frac{N}{1+N(e^2)} \dots\dots\dots(3. 1)$$

dimana :

n = Jumlah sampel responden (penjaga warung makan, penumpang dan petugas tiket)

N = Jumlah populasi responden (penjaga warung makan, penumpang dan petugas tiket)

e = Koreksi kelonggaran ketelitian kesalahan pengambilan sampel (digunakan 0,1)

Pertanyaan data diri meliputi usia, berat badan, durasi bekerja dalam satu hari, lama bekerja, serta intensitas penumpang mengunjungi terminal sebagai pengguna bus. Adapun kuesioner terlampir pada **Lampiran 2** mengenai formulir data diri responden.

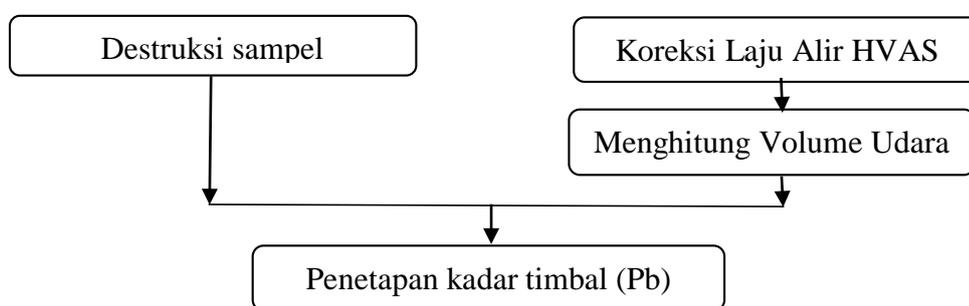
3.4 Metode Analisis Data

3.4.1 Penetapan Konsentrasi Timbal (Pb) dalam *Total Suspended Particulate (TSP)*

Sampel *Total Suspended Particulate (TSP)* dari pengukuran di lapangan, dianalisis dengan metode uji kadar timbal (Pb) dalam *Total Suspended Particulate (TSP)* sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 7119-4:2017 mengenai cara uji kadar timbal (Pb) dengan metoda destruksi cara basah menggunakan spektrofotometer serapan atom nyala. Prinsip pengujiannya yaitu partikel di udara ambien ditangkap melalui media penyaring dengan menggunakan alat *High Volume Air Sampler (HVAS)*. Untuk mengetahui

konsentrasi timbal (Pb) yang terkandung di dalam partikel tersuspensi tersebut, kertas filter contoh uji didestruksi dengan menggunakan pelarut asam, kemudian diukur dengan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) nyala. Panjang gelombang yang digunakan untuk menganalisis logam berat timbal (Pb) adalah 283,3 nm.

Tahapan penetapan konsentrasi timbal (Pb) dalam *Total Suspended Particulate* (TSP) adalah sebagai berikut:



Gambar 3.4 Alur Analisis Sampel

Langkah kerja destruksi sampel dengan metode destruksi basah terlampir pada **Lampiran 1** mengenai diagram alir analisis Pb dalam *Total Suspended Particulate*. Laju alir HVAS perlu dilakukan koreksi untuk mengkondisikan pada kondisi standar (suhu 25°C dan tekanan udara 760 mmHg) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_s = Q_o \times \left[\frac{T_s \times P_o}{T_o \times P_s} \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(3. 2)$$

dimana:

- Q_s = laju alir volume dikoreksi pada kondisi standar (m³/menit)
- Q_o = laju alir volume uji (1,13 -1,7 m³/menit)
- T_s = temperatur standar , 298 K
- T_o = temperatur absolut (273 + t ukur) dimana Q_o °c ditentukan
- P_s = tekanan baromatik standar, 101,3 kPa (760 mmHg)
- P_o = tekanan baromatik dimana Q_o ditentukan

Untuk menghitung volume udara yang diambil selama proses pengambilan contoh uji, dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$V = \frac{Q_{s1} \times Q_{s2}}{2} \times T \dots\dots\dots (3. 3)$$

dimana:

- V = volume udara yang diambil (m³)
- Q_{s1} = laju alir awal terkoreksi pada pengukuran pertama (m³/menit)
- Q_{s2} = laju alir akhir terkoreksi pada pengukuran kedua (m³/menit)
- T = durasi pengambilan contoh uji (menit)

Perhitungan kadar timbal dalam contoh uji dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$C_{pb} = \frac{C_t \times V_t \times \frac{S}{S_t}}{V} \dots\dots\dots (3. 4)$$

dimana:

- C_{Pb} = kadar timbal (Pb) di udara (µg/m³)
- C_t = kadar timbal (Pb) dalam larutan contoh uji (µg/mL)
- V_t = volume larutan contoh uji (mL)
- S = luas contoh uji yang terpapar debu pasa permukaan filer (mm²)
- S_t = luas contoh uji yang digunakan
- V = volume udara yang dihisap dikoreksi pada kondisi normal 25°C, 760 mmHg (Nm³)

Untuk mendapatkan konsentrasi yang setara dengan waktu pencuplikan 24 jam, maka konsentrasi yang diperoleh dari **Persamaan 3.4** perlu dikonversikan ke persamaan model konversi Canter (Suhariyono, 2004), dengan persamaan sebagai berikut:

$$C_1 = C_2 \times \left[\frac{t_2}{t_1} \right]^p \dots\dots\dots (3. 5)$$

dimana:

- C₁ = konsentrasi udara rata-rata dengan lama pencuplikan t₁ (µg/m³)
- C₂ = konsentrasi udara rata-rata hasil pengukuran dengan lama pencuplikan contoh t₂ (dalam hal ini, C₂ = [C]) (µg/m³)
- t₁ = lama pencuplikan contoh 1 (jam)
- t₂ = lama pencuplikan contoh 2 dari hasil pengukuran contoh udara (jam)

p = faktor konversi; didapatkan dari penurunan **Persamaan 3.5** dengan menggunakan konsentrasi pada baku mutu PP No. 41 tahun 1999 tentang pencemaran udara

3.4.2 Analisis Risiko Timbal (Pb) Terhadap Kesehatan

Analisis risiko dilakukan dengan mengikuti Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) Direktorat Jendral PP dan PL Kementerian Kesehatan, serta *Environmental Protection Agency* (EPA) United States. Pelaksanaan analisis risiko kesehatan lingkungan meliputi 4 (empat) langkah berikut penjelasannya :

1. Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)

Identifikasi bahaya dilakukan guna mengetahui agen risiko apa yang berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan, di media lingkungan mana agen risiko menyebabkan gangguan dan seberapa besar kandungan agen risiko tersebut.

2. Analisis Dosis-Respon (*Dose-response Assessment*)

Analisis dosis-respon dilakukan dengan mencari jalur pajanan agen risiko, memahami efek dari peningkatan kandungan agen risiko yang terpajan, serta mencari nilai RfD, dan/atau RfC, dan/atau SF dari agen risiko yang menjadi fokus pada analisis risiko.

3. Analisis Pemajanan (*Exposure Assessment*)

Analisis pemajanan dilakukan dengan menghitung *intake* atau asuan dari agen risiko. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan *intake*/asupan pada jalur pemajanan inhalasi (terhirup) dengan rumus sebagai berikut:

$$I = \frac{C \times R \times Te \times Fe \times Dt}{Wb \times t_{avg}} \dots\dots\dots (3.6)$$

dimana :

I = *Intake*/asupan; konsentrasi agen yang masuk ke dalam tubuh setiap harinya (mg/kg.hari)

C = Konsentrasi agen pada media udara (mg/m³)

- R = Laju inhalasi atau volume udara yang masuk per jam (m^3/jam)
- Te = Lamanya terjadinya pajanan satiap harinya (jam/hari)
- Fe = Jumlah hari terjadinya pajanan setiap tahunnya (hari/tahun)
- Dt = Jumlah tahun terjadinya pajanan (*realtime exposure*) (tahun)
- Wb = Berat badan manusia yang terpajan (kg)
- t_{avg} = Periode waktu rata-rata (30 tahun x 365 hari/tahun untuk efek non-karsinogen, 70 tahun x 365 hari/tahun untuk efek karsinogen)

Dalam penelitian ini, konsentrasi timbal (Pb) yang digunakan adalah konsentrasi timbal (Pb) pengukuran hari kerja (*weekdays*) untuk menghitung nilai *intake*/asupan pada hari kerja (*weekdays*) dan konsentrasi timbal (Pb) pengukuran akhir pekan (*weekend*) untuk menghitung nilai *intake*/asupan pada akhir pekan (*weekend*). Juga digunakan konsentrasi timbal (Pb) rerata *weekdays* dan *weekend* untuk dilakukan perbandingan nilai *intake* yang didapatkan. Konsentrasi timbal (Pb) yang digunakan hanya sebesar 50% dari konsentrasi tersebut dikarenakan faktor ukuran partikel yang *respirable* dari *Total Suspended Partikulat* (TSP) maksimum hanya sebanyak 50% (Kostecki, 1988).

Nilai frekuensi yang digunakan untuk populasi penjaga warung makan dan petugas tiket dalam penelitian ini yaitu 350 hari/tahun yang merupakan jumlah hari dalam setahun dikurangi jatah cuti/tidak bekerja. Nilai frekuensi pajanan ini dibagi menjadi 2 (dua) nilai, yaitu hari kerja (*weekdays*) dengan frekuensi pajanan sebesar 246 hari/tahun dan akhir pekan (*weekend*) dengan frekuensi pajanan sebesar 104 hari/tahun. Nilai frekuensi pajanan pada saat hari kerja (*weekdays*) didapatkan dari keseluruhan hari dalam setahun dikurangi akhir pekan yaitu sabtu minggu dan jatah cuti/tidak bekerja. Sedangkan Nilai frekuensi pajanan pada akhir pekan (*weekend*) didapatkan dari jumlah hari sabtu dan minggu dalam setahun. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai risiko yang lebih akurat dengan menggunakan konsentrasi timbal (Pb) yang telah didapatkan dari hasil pengukuran hari kerja (*weekdays*) dan akhir pekan (*weekend*). Nilai frekuensi pajanan untuk penumpang adalah nilai *real time* hasil kuisisioner.

4. Karakterisasi Risiko (*Risk Characterization*)

Karakterisasi risiko dilakukan untuk menetapkan tingkat risiko dari agen yang dianalisis. Karakterisasi terbagi menjadi 2 (dua) yaitu pada efek non karsinogenik dan karsinogenik. Berdasarkan US EPA, timbal (Pb) merupakan logam yang menghasilkan efek non-karsinogenik sehingga untuk mengetahui tingkat risiko non-karsinogeniknya digunakan perhitungan sebagai berikut :

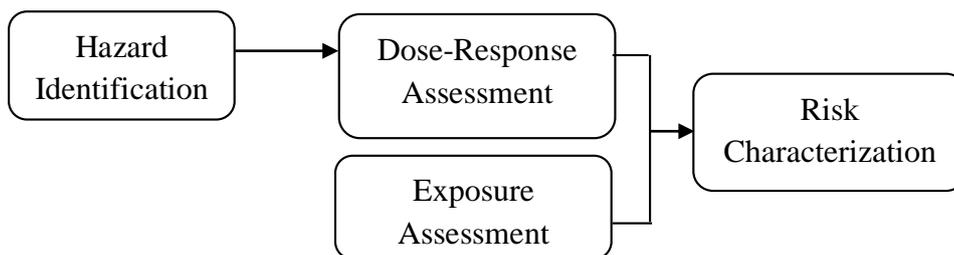
$$\text{Risk Quotien (RQ)} = \frac{I}{\text{RfC}} \dots\dots\dots (3. 7)$$

dimana :

I = *Intake*/asupan yang telah dihitung dengan **Persamaan 3.6** (mg/kg.hari)

RfC = Nilai referensi agen risiko pada pemajanan inhalasi (mg/kg.hari)

Tingkat risiko dikatakan aman apabila nilai *intake*/asupan \leq RfD atau RfCnya atau dinyatakan dengan $RQ \leq 1$.



Gambar 3.5 Alur Analisis Risiko