

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan**

##### **1. Konsep dan Definisi**

Analisis adalah proses mencari dan menyusun secara sistematis data yang diperoleh dari hasil wawancara, catatan lapangan, dan bahan-bahan lain, yang dilakukan dengan mengorganisasikan data, menjabarkannya ke dalam unit-unit, melakukan sintesa, menyusun ke dalam pola, memilih mana yang penting dan yang akan dipelajari, dan membuat kesimpulan sehingga dapat mudah dipahami dan temuannya dapat diinformasikan kepada orang lain (Sugiyono, 2019). Sedangkan menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, analisis didefinisikan sebagai penyelidikan dan penguraian terhadap suatu masalah untuk mengetahui keadaan yang sebenar-benarnya dan proses pemecahan masalah yang dimulai dengan dugaan dan kebenarannya.

Analisis risiko didefinisikan sebagai proses untuk menghitung atau mengestimasi risiko pada suatu organisme sasaran, sistem atau (sub) populasi, termasuk mengidentifikasi ketidakpastian-ketidakpastian yang menyertainya setelah terpajan oleh agen tertentu dengan memperhatikan karakteristik yang melekat pada agen yang menjadi perhatian dan karakteristik sistem sasaran yang spesifik (IPCS, 2004 dalam Rahman, 2014).

Analisis risiko juga didefinisikan yaitu sebuah proses untuk mengendalikan situasi atau keadaan dimana organisme, sistem, atau sub/populasi mungkin terpajan bahaya. Sedangkan analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) adalah sebuah proses yang dimaksudkan untuk menghitung atau memprakirakan risiko pada kesehatan manusia, termasuk juga identifikasi terhadap keberadaan faktor ketidakpastian, penelusuran pada pajanan tertentu, memperhitungkan karakteristik yang melekat pada agen yang menjadi perhatian dan karakteristik dari sasaran spesifik (Dirjen P2PL, 2012).

ARKL merupakan perkembangan spesifik dari *Health Impact Assessment* (HIA). Di Indonesia ARKL merupakan bagian dari Analisis Dampak Kesehatan Lingkungan (ADKL). ADKL sendiri dibedakan penyelidikan dan penguraian terhadap suatu masalah untuk mengetahui keadaan yang sebenar-benarnya dan proses pemecahan masalah yang dimulai dengan dugaan dan kebenarannya.

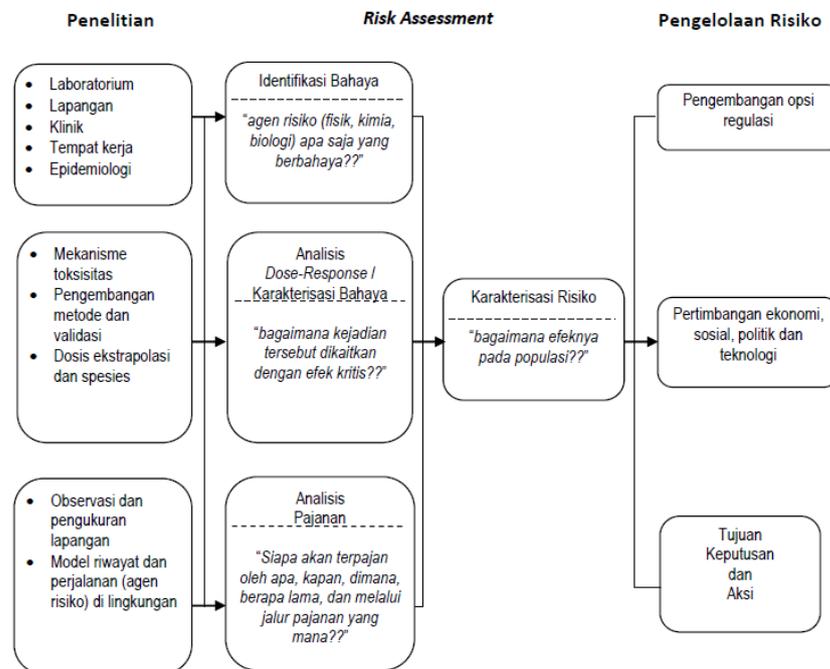
Metode ARKL memiliki beberapa perbedaan dari kebanyakan studi epidemiologi kesehatan lingkungan (EKL). Setidaknya ada 6 ciri perbedaan yang membedakan studi ARKL dengan studi EKL (Rahman, 2014), yaitu :

- a. Dalam ARKL, pajanan *risk agent* yang diterima setiap individu dinyatakan sebagai *intake* atau asupan. Studi epidemiologi umumnya tidak memperhitungkan asupan individu ini.

- b. Dalam ARKL, perhitungan asupan membutuhkan konsentrasi *risk agent* didalam media lingkungan tertentu, karakteristik antropometri (berat badan, laju inhalasi, atau pola konsumsi) dan pola aktivitas waktu kontak dengan *risk agent*. Dalam EKL konsentrasi juga dibutuhkan tetapi karakteristik antropometri dan pola aktivitas individu bukan determinan utama dalam menetapkan besaran risiko.
- c. Dalam risiko ARKL, risiko kesehatan oleh pajanan setiap *risk agent* dibedakan atas efek karsinogenik dan efek non-karsinogenik, dengan perhitungan yang berbeda. Dalam EKL, teknik analisis efek kanker dan non-kanker pada dasarnya adalah sama.
- d. Dalam EKL, efek kesehatan (kanker dan non-kanker) yang ditemukan dengan berbagai pernyataan risiko (seperti *odd ratio*, *relative risk* atau *standardized mortality ration*) didapat dari populasi yang dipelajari. ARKL tidak dimaksudkan untuk mencari indikasi, menguji hubungan atau pengaruh dampak lingkungan terhadap kesehatan (kejadian penyakit berbasis lingkungan), melainkan untuk menghitung atau menaksir risiko yang telah, sedang, atau akan terjadi. Efek tersebut yang dinyatakan sebagai nilai kuantitatif dosis-respon, harus sudah ditegakkan lebih dahulu, yang didapat dari luar sumber-sumber populasi yang dipelajari, bahkan dari studi-studi toksisitas uji hayati (*bioassay*) atau studi keaktifan biologis *risk agent*.

- e. Dalam ARKL, besaran risiko (dinyatakan sebagai  $RQ$  untuk non-karsinogenik dan ECR untuk karsinogenik) tidak dibaca sebagai kelipatan risiko melainkan sebagai besaran probabilitas. Jadi misalnya  $RQ = 2$  tidak sama dengan  $OR = 2$ .
  - f. Kuantitas risiko non-karsinogenik dan karsinogenik digunakan untuk merumuskan pengelolaan dan komunikasi risiko secara lebih spesifik. ARKL menawarkan pengelolaan risiko secara kuantitatif seperti penetapan baku mutu dan reduksi konsentrasi. Pengelolaan dan komunikasi risiko bukan bagian integral studi EKL dan jika ada, hanya relevan untuk populasi yang dipelajari.
2. Paradigma Analisis Risiko

Paradigma analisis risiko mengacu pada *Risk Assessment and Management Handbook* tahun 1996, analisis risiko mengenal dua istilah yaitu *risk analysis* dan *risk assessment*. *Risk analysis* meliputi 3 komponen yaitu penelitian, asesmen risiko (*risk assessment*) atau ARKL dan pengelolaan risiko. Di dalam prosesnya, analisis risiko dapat diilustrasikan sebagai berikut :



Gambar 2. 1 Paradigma Analisis Risiko (Dirjen P2PL, 2012)

a. Penelitian

Penelitian bertujuan untuk membangun hipotesis, mengukur, mengamati dan merumuskan efek dari suatu bahaya ataupun agen risiko di lingkungan terhadap tubuh manusia, baik yang dilakukan secara laboratorium, maupun penelitian lapangan dengan maksud untuk mengetahui efek, respon atau perubahan pada tubuh manusia terhadap dosis, dan nilai referensi yang aman bagi tubuh dari agen risiko tersebut.

b. Asesmen risiko (*risk assessment*) atau ARKL

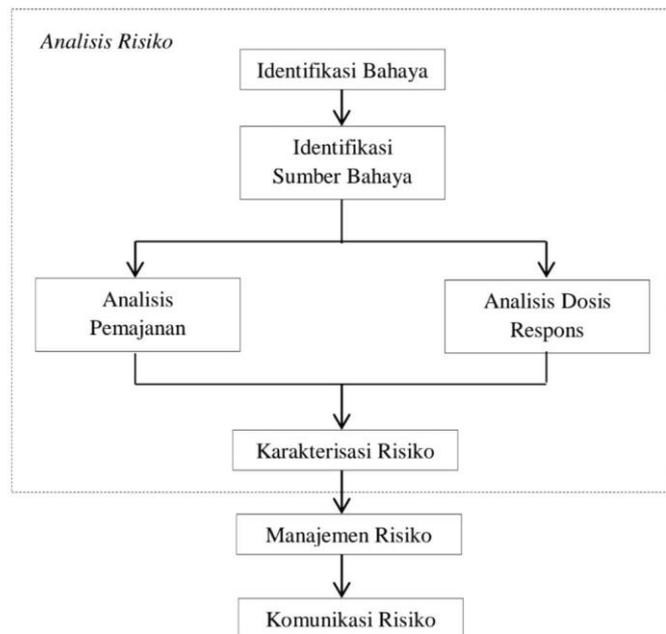
Asesmen risiko atau ARKL bertujuan untuk mengidentifikasi bahaya apa saja yang membahayakan, memahami hubungan antara

dosis agen risiko dan respon tubuh yang diketahui dari berbagai penelitian, mengukur seberapa besar pajanan agen risiko tersebut, dan menetapkan tingkat risiko dan efeknya pada populasi.

c. Pengelolaan risiko

Pengelolaan risiko dilakukan jika asesmen risiko menetapkan tingkat risiko suatu agen risiko tidak aman atau tidak bisa diterima pada suatu populasi tertentu melalui langkah – langkah pengembangan opsi regulasi, pemberian rekomendasi teknis serta sosial – ekonomi – politis, dan melakukan tindak lanjut.

Secara operasional pelaksanaan ARKL diharapkan tidak hanya terbatas pada analisis atau penilaian risiko suatu agen risiko atau parameter tertentu di lingkungan terhadap kesehatan masyarakat, namun juga dapat menyusun skenario pengelolaannya atau manajemen risiko. Tetapi menurut teori analisis risiko Louvar dan Louvar 1998 bahwa manajemen risiko bukan termasuk kedalam analisis risiko melainkan sebuah tindak lanjut dari hasil analisis risiko yang telah diperoleh. Hal tersebut dapat diilustrikan pada gambar berikut :

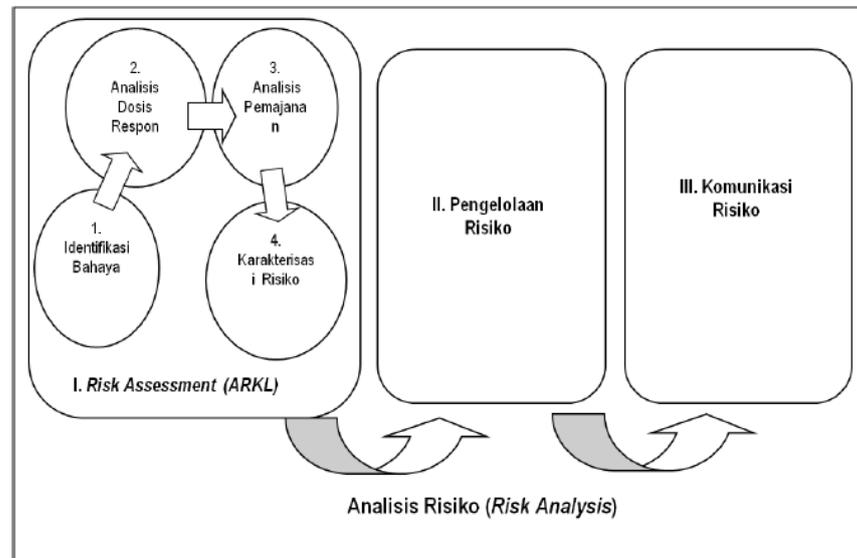


Gambar 2. 2 Tahapan Analisis Risiko (Louvar dan Louvar 1998)

Sumber : Dirjen P2PL, 2012

### 3. Langkah-Langkah ARKL

Dalam Buku Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan, analisis risiko terbagi menjadi tiga tahapan yaitu *risk Assessment* (ARKL), pengelolaan risiko dan komunikasi risiko. Selanjutnya mengenai ARKL dalam pedoman tersebut tahapan ARKL terbagi menjadi empat tahapan yaitu : identifikasi bahaya (*hazard identification*), analisis dosis-respon (*dose-response assessment*), analisis pemajanan (*exposure assessment*) dan karakterisasi risiko (*risk characterization*). Langkah-langkah tersebut dapat diilustrasikan sebagai berikut :



Gambar 2. 3 Langkah-langkah ARKL (Dirjen P2PL, 2012)

a. Identifikasi bahaya (*hazard identification*)

Identifikasi bahaya merupakan langkah pertama dalam analisis risiko kesehatan lingkungan. Identifikasi bahaya didefinisikan sebagai proses untuk menentukan apakah pajanan dari sebuah agen risiko dapat menyebabkan peningkatan kejadian gangguan kesehatan (kanker, kecacatan lahir, dll) (NRC, 1983 dalam Fitra, 2021). Identifikasi bahaya digunakan untuk mengetahui secara spesifik agen risiko apa yang berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan bila tubuh terpajan. Tahapan ini harus menjawab pertanyaan agen risiko spesifik apa yang berbahaya, di media lingkungan yang mana agen risiko eksisting, seberapa besar kandungan/konsentrasi agen di media lingkungan dan gejala kesehatan apa yang potensial (Dirjen P2PL, 2012). Uraian langkah identifikasi bahaya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. 1 Uraian Langkah Identifikasi Bahaya

Pertanyaan	Uraian
Agen risiko spesifik apa yang berbahaya	Agen risiko bahan kimia jelaskan spesi atau senyawa kimia apa yang berbahaya secara jelas
Di media lingkungan yang mana agen risiko eksisting	Jelaskan media lingkungan dimana agen risiko eksiting: apakah di udara ambien, air, tanah, <i>sludge</i> , biota, hewan dll.
Seberapa besar kandungan / konsentrasi agen risiko di media lingkungan	Jelaskan konsentrasi hasil pengukurannya di media lingkungan
Gejala kesehatan apa yang potensial atai efek kritis	Uraikan gejala kesehatan/ gangguan kesehatan apa yang dapat terkait dengan agen risiko : (dapat dicari pada situs web) : 1. ATSDR ( <i>Agency for Toxic Substances and Disease Registry</i> ) <a href="https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiledocs/">https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiledocs/</a> 2. EPA ( <i>Enviromental Protection Agency</i> ) <a href="https://iris.epa.gov/AtoZ/?list_type=alpha">https://iris.epa.gov/AtoZ/?list_type=alpha</a>

b. Analisis dosis-respon (*dose-response assessment*)

Analisis dosis-respon adalah proses karakterisasi hubungan antara dosis dari sebuah agen risiko yang diterima dengan kejadian efek gangguan kesehatan pada populasi terpajan dan memperkirakan efek kejadian tersebut pada manusia yang terpajan agen risiko (NRC, 1983 dalam Fitra, 2021). Langkah analisis dosis respon ini dimaksudkan untuk :

- 1) Mengetahui jalur pajanan (*pathways*) dari suatu agen risiko masuk ke dalam tubuh manusia.
- 2) Memahami perubahan gejala atau efek kesehatan yang terjadi akibat peningkatan konsentrasi atau dosis agen risiko yang masuk ke dalam tubuh.

- 3) Mengetahui dosis referensi (RfD) atau konsentrasi referensi (RfC) atau *slope factor* (SF) dari agen risiko tersebut (Dirjen P2PL, 2012).

Uraian tentang dosis referensi (RfD), konsentrasi referensi (RfC) dan *slope factor* (SF) adalah sebagai berikut (Dirjen P2PL, 2012) :

- 1) Dosis referensi dan konsentrasi yang selanjutnya disebut RfD dan RfC adalah nilai yang dijadikan referensi untuk nilai yang aman pada efek non karsinogenik suatu agen risiko, sedangkan SF (*slope factor*) adalah referensi untuk nilai yang aman pada efek karsinogenik.
- 2) Nilai RfD, RfC, dan SF merupakan hasil penelitian (*experimental study*) dari berbagai sumber baik yang dilakukan langsung pada obyek manusia maupun merupakan ekstrapolasi dari hewan percobaan ke manusia.
- 3) Untuk mengetahui RfC, RfD, dan SF suatu agen risiko dapat dilihat pada *Integrated Risk Information System* (IRIS) yang bisa diakses di situs [www.epa.gov/iris](http://www.epa.gov/iris)
- 4) Jika tidak ada RfD, RfC, dan SF maka nilai dapat diturunkan dari dosis eksperimental yang lain seperti NOAEL (*No Observed Adverse Effect Level*), LOAEL (*Lowest Observed Adverse Effect Level*), MRL (*Minimum Risk Level*), baku mutu udara ambien pada NAAQS (*National Ambient Air Quality Standard*) dengan catatan dosis eksperimental tersebut mencantumkan faktor antropometri yang jelas ( $W_b$ ,  $t_E$ ,  $f_E$ , dan  $D_t$ ).

Satuan dosis referensi (RfD) dinyatakan sebagai milligram (mg) zat per kilogram (kg) berat badan per hari, disingkat mg/kg/hari., Satuan konsentrasi referensi (RfC) dinyatakan sebagai miligram (mg) zat per meter kubik (m<sup>3</sup>) udara, disingkat mg/m<sup>3</sup>. Konsentrasi referensi ini dinormalisasikan menjadi satuan mg/kg/hari dengan cara memasukkan laju inhalasi dan berat badan yang bersangkutan.

Tabel 2. 2 Contoh RfC Beberapa Agen Risiko Spesi Kimia Jalur Inhalasi

No	Agent	Dosis Respon	Efek Kritis dan Referensi
1.	NH <sub>3</sub>	2,86E-2	Kenaikan keparahan rhinitis dan pneumonia dengan lesi pernafasan pada uji hayati tikus subkronik ( <i>Broderson et al, 1976</i> )
2.	H <sub>2</sub> S	5,71E-4	Lesi nasal lendir olfaktori pada uji hayati tikus subkronik ( <i>Brenneman et al, 2000</i> )
3.	Pb	4,93E-4	Perubahan tingkat enzim dan perkembangan neurobehavioral anak-anak ( <i>IRIS, 2006</i> )
4.	NO <sub>2</sub>	2E-2	Gangguan saluran pernafasan ( <i>EPA/NAAQS, 1990</i> )
5.	SO <sub>2</sub>	2,6E-2	Gangguan saluran pernafasan ( <i>EPA/NAAQS, 1990</i> )
6.	TSP	2,42	Gangguan saluran pernafasan ( <i>EPA/NAAQS, 1990</i> )

Sumber : Rahman, 2007 dalam Dirjen P2PL, 2012

Sementara itu menurut (Fitra, 2021) untuk mendapatkan nilai RfC atau RfD dari suatu agen risiko dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$RfC = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

Keterangan :

RfC	=	Konsentrasi referensi/dosis referensi (mg/kg/hari)
C ( <i>concentration</i> )	=	konsentrasi agen risiko (mg/m <sup>3</sup> ) sesuai baku mutu agen risiko berdasarkan peraturan yang berlaku di Indonesia
R ( <i>rate</i> )	=	laju inhalasi setiap jamnya (m <sup>3</sup> /jam) dengan nilai <i>default</i> : R dewasa = 0,83 m <sup>3</sup> /jam
t <sub>E</sub> ( <i>time of exposure</i> )	=	lamanya atau jumlah jam terjadinya pajanan setiap hari nya (jam/hari) dengan nilai <i>default</i> : lingkungan kerja = 8 jam/hari
f <sub>E</sub> ( <i>frecuency of exposure</i> )	=	jumlah hari terjadinya pajanan setiap tahunnya (hari/tahun) dengan nilai <i>default</i> : 350 hari/tahun
Dt ( <i>duration time</i> )	=	lamanya atau jumlah tahun terjadi pajanan (tahun) dengan nilai <i>default</i> : Dt lingkungan pemukiman/kerja = 30 tahun (proyeksi pajanan seumur hidup/ <i>lifetime</i> = 30 tahun)
W <sub>b</sub> ( <i>weight of body</i> )	=	Berat badan manusia (kg) dengan nilai <i>default</i> : Dewasa Asia/Indonesia : 55 kg
T <sub>avg</sub> ( <i>time average</i> )	=	Periode waktu rata-rata (30 x 365 hari/tahun )

(Sumber: Fitra, 2021)

c. Analisis pemajanan (*exposure assessment*)

Pajanan adalah proses dimana organisme kontak dengan bahaya dengan kata lain pajanan menjembatani antara bahaya dan risiko. Pajanan kontaminan dari sumber primer atau sekunder (media lingkungan) dapat terjadi melalui inhalasi, ingesti dengan konsumsi air dan makanan serta penyerapan melalui kulit (Kolluru, 1996 dalam Fitra, 2021).

Analisis pajanan adalah proses mengukur atau memperkirakan intensitas, frekuensi, dan durasi pajanan manusia terhadap agen lingkungan atau memperkirakan pajanan hipotesis yang mungkin timbul dari pelepasan bahan kimia ke lingkungan. Analisis pajanan bertujuan untuk mengenali jalur-jalur pajanan agen risiko agar jumlah asupan yang diterima individu dalam populasi berisiko dapat dihitung (Rahman, 2014).

Analisis pajanan dilakukan dengan mengukur atau menghitung *intake*/asupan dari agen risiko. Untuk menghitung *intake* digunakan persamaan atau rumus yang berbeda. Data yang digunakan untuk melakukan perhitungan dapat berupa data primer (hasil pengukuran konsentrasi agen risiko pada media lingkungan yang dilakukan sendiri) atau data sekunder (pengukuran konsentrasi agen risiko pada media lingkungan yang dilakukan oleh pihak lain yang dipercaya seperti BLH, Dinas Kesehatan, LSM, dll), dan asumsi yang didasarkan pertimbangan yang logis atau menggunakan nilai *default* yang tersedia. Rumus perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut (Dirjen P2PL, 2012) :

$$I = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

Keterangan :

<i>I (Intake)</i>	=	jumlah konsentrasi agen risiko yang masuk kedalam tubuh manusia dengan berat badan tertentu setiap harinya (mg/kg/hari)
<i>C (concentration)</i>	=	konsentrasi agen risiko (mg/m <sup>3</sup> ) dari hasil pengukuran

R ( <i>rate</i> )	=	laju inhalasi setiap jamnya ( $\text{m}^3/\text{jam}$ ) dengan persamaan: $y = 5,3 \ln(x) - 9$
$t_E$ ( <i>time of exposure</i> )	=	lamanya atau jumlah jam terjadinya pajanan setiap hari nya ( $\text{jam}/\text{hari}$ )
$f_E$ ( <i>frecuency of exposure</i> )	=	jumlah hari terjadinya pajanan setiap tahunnya ( $\text{hari}/\text{tahun}$ )
$D_t$ ( <i>duration time</i> )	=	lamanya atau jumlah tahun terjadi pajanan (tahun) dengan nilai <i>default</i> : $D_t$ lingkungan pemukiman/kerja = 30 tahun (proyeksi pajanan seumur hidup/ <i>lifetime</i> = 30 tahun)
$W_b$ ( <i>weight of body</i> )	=	Berat badan manusia (kg)
$T_{\text{avg}}$ ( <i>time average</i> )	=	Periode waktu rata-rata ( $D_t \times 365$ hari/tahun untuk zat non-karsinogenik) dan ( $70 \text{ tahun} \times 365$ hari/tahun untuk zat karsinogenik)

d. Karakterisasi risiko (*risk characterization*)

Karakterisasi risiko adalah proses memperkirakan kejadian efek kesehatan akibat berbagai pajanan yang telah dijelaskan di analisis pajanan. Karakterisasi risiko dilakukan dengan menggabungkan analisis pajanan dengan dosis-respon (NRC, 1983 dalam Fitra, 2021). Karakterisasi risiko terbagi menjadi dua yaitu dinyatakan dalam *Risk Quotient* (RQ) untuk efek non-karsinogenik dan dinyatakan dalam *Excess Cancer Risk* (ECR) untuk efek karsinogenik. Nilai RQ dihitung dengan membagi nilai asupan non-karsinogenik dengan nilai dosis referensi (RfD atau RfC). Jika nilai  $RQ > 1$  maka risiko kesehatan ada atau tinggi serta perlu dikendalikan. Sedangkan jika nilai  $RQ \leq 1$  maka risiko tidak perlu dikendalikan tetapi segala kondisi harus dipertahankan agar nilai numerik RQ tidak melebihi 1. Nilai ECR

dihitung dengan mengalikan asupan karsinogenik dengan *cancer slope factor* (CSF) (Dirjen P2PL, 2012).

1) *Risk Quotient* (RQ) untuk efek non-karsinogenik :

$$RQ = \frac{I}{RfC}$$

Keterangan :

RQ = Karakteristik risiko (*risk quotient*)

I = *Intake*/asupan

RfC = *Concentration reference*

2) *Excess Cancer Risk* (ECR) untuk efek karsinogenik :

$$ECR = Intake_{cancer} \times CSF$$

Keterangan :

ECR = *Excess Cancer Risk*

*Intake* = Jumlah asupan kronis

CSF = *Cancer Slope Factor*

#### 4. Langkah Lanjutan ARKL

##### a. Manajemen Risiko

Manajemen risiko merupakan langkah selanjutnya diluar ARKL yang dilakukan apabila hasil karakterisasi risiko menunjukkan tingkat risiko yang tidak aman atau berisiko terhadap kesehatan. Dalam melakukan pengelolaan risiko perlu dibedakan antara strategi pengelolaan risiko dengan cara pengelolaan risiko.

Strategi pengelolaan risiko dapat dilakukan dengan cara menghitung konsentrasi agen risiko yang aman (C), waktu pajanan aman ( $t_{E \text{ aman}}$ ), dan frekuensi pajanan aman ( $f_{E \text{ aman}}$ ) bagi responden.

Lama pajanan harian ( $t_e$ ) hanya digunakan untuk pajanan secara inhalasi. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus dibawah ini (Dirjen P2PL, 2012).

1) Penentuan konsentrasi aman (C)

Dalam penentuan konsentrasi aman semua variabel dan nilai yang digunakan sama dengan variabel dan nilai pada perhitungan intake. Akan tetapi nilai intake yang digunakan adalah RfD atau RfC agen risikonya. Untuk menghitung konsentrasi aman digunakan rumus sebagai berikut (Dirjen P2PL, 2012) :

$$C \text{ aman} = \frac{RfC \times W_b \times t_{avg}}{R \times t_E \times f_E \times D_t}$$

2) Penentuan waktu pajanan aman ( $t_E$ )

Waktu pajanan aman dapat dikelola bila pemajanan terjadi pada lingkungan kerja ataupun lingkungan pendidikan yang tidak permanen seperti pada lingkungan tempat tinggal (pemukiman). Pengelolaan waktu pajanan dilakukan dengan mengurangi jumlah jam terpapar setiap harinya, oleh karenanya hanya dapat dilakukan pada populasi pekerja maupun siswa bukan pada populasi penduduk (masyarakat). Penerapannya dilakukan untuk pemajanan inhalasi, Untuk menghitung waktu pajanan aman digunakan rumus sebagai berikut (Dirjen P2PL, 2012) :

$$t_E \text{ aman} = \frac{RfC \times W_b \times t_{avg}}{C \times R \times f_E \times D_t}$$

### 3) Penentuan frekuensi pajanan aman ( $f_E$ )

Frekuensi pajanan aman dapat dikelola bila pemajanan terjadi pada lingkungan kerja ataupun lingkungan pendidikan yang tidak permanen seperti pada lingkungan tempat tinggal (pemukiman). Pengelolaan frekuensi pajanan dilakukan dengan mengurangi jumlah hari terpapar dalam satu tahun, oleh karenanya hanya dapat dilakukan pada populasi pekerja maupun siswa bukan pada populasi penduduk (masyarakat). Penerapannya dilakukan untuk pemajanan inhalasi, Untuk menghitung frekuensi pajanan aman digunakan rumus sebagai berikut (Dirjen P2PL, 2012) :

$$f_E \text{ aman} = \frac{RfC \times W_b \times t_{\text{avg}}}{C \times R \times t_E \times D_t}$$

Sedangkan cara pengelolaan risiko dapat dilakukan melalui tiga pendekatan yaitu :

#### 1) Pendekatan teknologi

Pengelolaan risiko menggunakan teknologi yang tersedia meliputi penggunaan alat, bahan, dan metode, serta teknik tertentu. Contoh pengelolaan risiko dengan pendekatan teknologi antara lain: penerapan penggunaan *local exhaust ventilation*, penggunaan IPAL, pengolahan / penyaringan air, modifikasi cerobong asap, penanaman tanaman penyerap polutan, dll.

#### 2) Pendekatan sosial – ekonomi

Pengelolaan risiko menggunakan pendekatan sosial - ekonomis meliputi pelibatsertaan pihak lain, efisiensi proses,

substitusi, dan penerapan sistem kompensasi. Contoh pengelolaan risiko dengan pendekatan sosial – ekonomis antara lain : 3R (*reduce, reuse, dan recycle*) limbah, pemberdayaan masyarakat yang berisiko, pemberian kompensasi pada masyarakat yang terkena dampak, permohonan bantuan pemerintah akibat keterbatasan pemrakarsa (pihak yang bertanggung jawab mengelola risiko), dll.

### 3) Pendekatan institusional

Pengelolaan risiko dengan menempuh jalur dan mekanisme kelembagaan dengan cara melakukan kerjasama dengan pihak lain. Contoh pengelolaan risiko dengan pendekatan institusional antara lain : kerjasama dalam pengolahan limbah B3, mendukung pengawasan yang dilakukan oleh pemerintah, menyampaikan laporan kepada instansi yang berwenang, dll.

#### b. Komunikasi Risiko

Komunikasi risiko adalah langkah penting dari keberlanjutan ARKL agar data dan informasi yang diperoleh bisa diterima masyarakat. Penyampaian dalam bahasa yang mudah dimengerti dan tanpa adanya informasi yang ditutupi. Komunikasi risiko juga menyampaikan saran upaya pencegahan yang bisa dilakukan untuk mencegah temuan bahaya dan risiko di wilayah tersebut.

Komunikasi risiko dilakukan untuk menyampaikan informasi risiko pada masyarakat (populasi yang berisiko), pemerintah, dan pihak

yang berkepentingan lainnya. Komunikasi risiko merupakan tindak lanjut dari pelaksanaan ARKL dan merupakan tanggung jawab dari pemrakarsa atau pihak yang menyebabkan terjadinya risiko. Bahasa yang digunakan haruslah bahasa umum dan mudah dipahami, serta memuat seluruh informasi yang dibutuhkan tanpa ada yang ditutup – tutupi. Komunikasi risiko dapat dilakukan dengan teknik atau metode ceramah ataupun diskusi interaktif, dengan menggunakan media komunikasi yang ada seperti media massa, televisi, radio, ataupun penyajian dalam format pemetaan menggunakan *geographical information system* (GIS) (Dirjen P2PL, 2012).

## **B. Debu**

### **1. Definisi Debu**

Menurut Kementerian Kesehatan RI dalam Agustina (2019) debu ialah partikel-partikel kecil yang dihasilkan oleh proses mekanis seperti penghalusan (*grinding*) penghancuran (*chrushing*), peledakan (*blasting*), pengayakan (*shaking*) serta pengeboran (*drilling*). Debu termasuk kedalam golongan partikulat yaitu zat padat atau cair yang halus dan tersuspensi di udara misalnya embun, asap, *fumes* dan *fog*. Debu juga sering disebut sebagai partikel yang melayang di udara (*Suspended Particulate Matter/SPM*) dengan ukuran 1 mikron sampai dengan 500 mikron. Debu sering kali dijadikan sebagai salah satu indikator dalam kasus pencemaran udara yang terjadi baik didalam maupun di luar gedung (*Indoor and outdoor pollution*) untuk dapat menunjukkan tingkat bahaya terhadap

lingkungan maupun terhadap kesehatan dan keselamatan kerja (Suma'mur, 2009).

## 2. Sifat Debu

Menurut Muchtle dalam (Agustina, 2018), sifat-sifat debu dapat dikelompokkan dalam beberapa golongan sebagai berikut :

### a. Sifat pengendapan

Berat molekul debu yang dipengaruhi gaya gravitasi bumi menyebabkan debu cenderung tertarik turun ke permukaan lantai. Namun, jika beratnya terlalu rendah, debu akan terangkat dan melayang-layang di udara akibat dari aliran udara disekitar debu tersebut. Debu yang terendap mempunyai kemungkinan mengandung proporsi partikel yang lebih besar daripada yang terdapat di udara.

### b. Sifat permukaan basah (higroskopis)

Pada permukaan partikel debu terdapat lapisan air yang tipis yang disebabkan fenomenan absorpsi sehingga debu cenderung akan selalu basah. Sifat higroskopis yang dimiliki ini memungkinkan debu untuk berikatan dengan bahan kimia lain. Sifat ini dapat dimanfaatkan untuk melakukan pengendalian terhadap debu yaitu dengan menambah kandungan air pada debu sehingga beratnya bertambah dan mengendap di lantai atau tanah.

### c. Sifat penggumpalan

Lapisan air yang terdapat pada permukaan debu menyebabkan debu dengan mudah berikatan dengan bahan kimia lain dan

menyebabkan terjadinya penggumpalan. Fenomena ini akan dipengaruhi oleh turbulensi udara disekitar dan tingkat kelembaban yang melampaui titik saturasi yang akan meningkatkan pembentukan penggumpalan. Oleh karena fenomena-fenomena tersebut, terdapat cairan yang berkonsentrasi dalam debu dan menyebabkan ukuran partikel menjadi lebih besar.

d. Sifat listrik statis

Sifat ini menyebabkan debu dapat menarik partikel lain yang memiliki muatan listrik yang berbeda. Kontak yang terjadi antara partikel debu yang memiliki muatan debu yang berbeda muatan akan mempercepat penggumpalan dan pengendapan.

e. Sifat optis

Sifat optis yang dimiliki membuat debu dapat memantulkan cahaya yang dikenal dengan fenomena *Tyndall*. Fenomena ini dapat kita lihat jika terdapat sinar yang menimpa debu dalam kamar gelap.

3. Ukuran Debu

Udara yang kita hirup dalam pernapasan mengandung partikel – partikel dalam bentuk debu dimana sebagian dari debu tergantung dari ukurannya dapat tertahan atau tertinggal didalam paru. Tubuh manusia sebenarnya sudah mempunyai mekanisme pertahanan untuk menangkis sebagian besar debu. Mekanisme penimbunan debu tergantung dari ukuran debu, kecepatan aliran udara dan struktur anatomi saluran napas. Adapun

ukuran debu dan hubungannya dengan struktur saluran pernapasan adalah sebagai berikut (Suma'mur, 2014) :

- a. Partikel debu yang berukuran  $\geq 5$ -10 mikron tertahan oleh mukosa di nasofaring atau saluran pernafasan bagian atas.
- b. Partikel debu yang berukuran  $\geq 3$ -5 mikron tertahan oleh mukosa di trakeobronkial atau pernafasan bagian bawah.
- c. Partikel debu yang berukuran  $\geq 1$ -3 mikron terdeposisi di terminal saluran napas atau permukaan dalam alveoli.
- d. Partikel debu yang berukuran  $\geq 0,1$ -1 mikron karena ukuran dan massanya yang amat kecil, tidak mudah menempel di alveoli.
- e. Ukuran  $\leq 0,1$  karena ukuran dan massanya yang amat kecil, oleh gerakan *brown* cenderung tetap di udara dalam paru, bergerak bolak-balik mengikuti tarikan dan hembusan napas.

Meskipun batas debu respirabel adalah 5 mikron, tetapi debu dengan ukuran 5-10 mikron dengan kadar berbeda dapat masuk ke dalam alveoli. Debu yang berukuran lebih dari 5 mikron akan dikeluarkan semuanya bila jumlahnya kurang dari 10 partikel per milimeter kubik udara. Bila jumlahnya 1.000 partikel per milimeter kubik udara, maka 10% dari jumlah itu akan ditimbun dalam paru. Masalah pencemaran udara yang disebabkan oleh partikel padat TSP (*Total Suspended Particulate*) atau total partikel melayang dengan diameter maksimum sekitar 45 mm, partikel PM<sub>10</sub> (*Particulate matter*) dengan diameter kurang dari 10 mm dan PM<sub>2.5</sub> dengan diameter kurang dari 2,5 mm. partikel-partikel tersebut diyakini oleh para

pakar lingkungan dan kesehatan masyarakat sebagai pemicu timbulnya infeksi saluran pernafasan, karena partikel  $PM_{10}$  dan  $PM_{2.5}$  dapat mengendap pada saluran pernafasan daerah bronkiolus dan alveoli, sedangkan TSP tidak dapat terhirup kedalam paru, tetapi hanya sampai pada bagian saluran pernafasan atas (Arief, 2013).

#### 4. Jenis Debu

Jenis debu terkait dengan daya larut dan sifat kimianya. Suma'mur (2009) mengelompokkan partikel debu menjadi dua yaitu debu organik dan anorganik. Sedangkan berdasarkan tingkat bahayanya, debu diklasifikasikan menjadi :

- a. Debu fibrogenik (bahaya terhadap sistem pernapasan). Contohnya adalah silika (kwarsa, *chert*), *silicate* (asbestos, *talk*, mica, *silimate*), metal *fumes*, biji berilium, biji timah putih, beberapa biji besi, *carborundum*, batu bara (*anthracite*, *bituminous*).
- b. Debu karsinogenik (penyebab kanker). Contohnya adalah debu hasil peluruhan radon, asbestos, arsenik.
- c. Debu-debu beracun (toksik terhadap organ atau jaringan tubuh). Contohnya adalah biji berilium, arsen, timbal, uranium, radium, torium, kromium, vanadium, merkuri, kadmium, antimoni, selenium, mangan, tungsten, nikel dan perak.
- d. Debu radioaktif (berbahaya karena radiasi alfa dan beta) Contohnya adalah bijih-bijih uranium, radium, torium.

- e. Debu eksplosif. Contohnya adalah debu-debu metal (magnesium, aluminium, zink, timah putih, besi), batu bara (bituminous dan lignite), bijih-bijih sulfida dan debu-debu organik.
  - f. Debu-debu pengganggu/*nuisance dusts* (mengakibatkan kerugian yang ringan terhadap manusia). Contohnya adalah gipsum, koalin dan batu kapur.
  - g. *Inert dust* atau debu yang tidak bereaksi kimia dengan zat lain (tidak mempunyai akibat pada paru).
  - h. *Respirable dust* (debu yang dapat terhirup oleh manusia yang berukuran di bawah 10 mikron).
  - i. *Irrespirable dust* (debu yang tidak dapat terhirup oleh manusia yang berukuran di atas 10 mikron).
5. Mekanisme Penimbunan Debu

Mekanisme penimbunan debu dalam paru-paru dapat terjadi pada saat menarik nafas, dimana udara yang mengandung debu masuk kedalam paru. Debu yang berukuran antara 5-10 mikron akan ditahan oleh saluran pernafasan bagian atas, sedangkan yang berukuran 3-5 mikron ditahan oleh bagian tengah jalan pernafasan. Partikel-partikel yang besarnya antara 1 dan 3 mikron akan ditempatkan langsung dipermukaan alveoli paru. Partikel-partikel yang berukuran 0,1 mikron tidak begitu mudah hinggap pada permukaan alveoli, oleh karena partikel dengan ukuran yang demikian tidak mengendap di permukaan. Debu yang partikel-partikelnya berukuran kurang dari 0,1 mikron bermassa terlalu kecil, sehingga tidak mengendap

di permukaan alveoli atau selaput lendir, karena gerakan *brown* yang menyebabkan debu demikian bergerak ke luar masuk ke alveoli (Suma'mur, 2014).

Beberapa mekanisme tertimbunnya debu dalam paru menurut Suma'mur (2014) antara lain :

a. Inertia

Inertia terjadi pada waktu udara membelok ketika melalui jalan pernafasan yang tidak lurus, maka partikel-partikel debu yang bermassa cukup besar tidak dapat membelok mengikuti aliran udara, melainkan terus dan akhirnya menumbuk selaput lendir dan mengendap disana.

b. Sedimentasi

Sedimentasi merupakan penimbunan debu yang terjadi di *bronkhi* dan *bronkhioli*, sebab di tempat itu kecepatan udara sangat kurang kira-kira 1 cm/detik sehingga gaya tarik dapat bekerja terhadap partikel-partikel debu dan mengendapkannya.

c. Gerakan *Brown*

Gerak *Brown* merupakan penimbunan bagi partikel-partikel yang berukuran sekitar atau kurang dari 0,1 mikron. Partikel-partikel yang kecil ini digerakkan oleh gerakan *brown* sehingga ada kemungkinan membentur permukaan alveoli dan hinggap di sana.

## C. Debu Kayu

### 1. Definisi Debu Kayu

Debu kayu merupakan partikel kayu yang dihasilkan dari pengolahan atau penanganan kayu seperti proses penggergajian, penyerutan dan pengamplasan. Sekitar 10 – 13 % kayu yang digergaji dan dihaluskan akan berbentuk debu kayu yang berterbangan di udara (Andi *et al.*, 2021). Debu kayu ini akan mencemari udara dan lingkungannya sehingga pekerja dapat terpapar debu karena bahan baku, bahan antara maupun produk akhir.

Debu kayu merupakan partikel padat yang berasal dari pemecahan suatu bahan, debu kayu tersusun dari senyawa selulosa dan hemiselulosa, serta mengandung senyawa karbohidrat dalam jumlah rendah. Dinding sel kayu terdiri dari beberapa lapisan yang berbeda dalam struktur dan komposisi kimia. Komposisi jauh bervariasi sesuai dengan jenis pohon dan terutama terdiri dari selulosa, polyoses, dan lignin, dengan besar dan jumlah massa variabel zat molekul relatif lebih rendah, yang secara signifikan dapat mempengaruhi sifat-sifat kayu (Rachma, Mursid and Budiyo, 2018). Kayu diklasifikasikan menjadi dua keluarga yang luas yaitu :

#### a. Kayu keras

Sumber kayu keras termasuk pohon yang memiliki daun lebar dan merontokkan daunnya dimusim dingin. Contoh kayu keras seperti *oak*, *maple* dan *ceri*.

b. Kayu lunak

Sumber kayu lunak termasuk pohon yang tidak merontokkan daunnya dimusim dingin (*evergreen*) seperti pinus dan cemara.

2. Efek Debu Kayu bagi Kesehatan

Dalam industri *furniture* terdapat beberapa bagian dalam proses produksinya. Saat pekerja bernapas akan beresiko terpapar debu kayu dalam jumlah besar setiap kali kayu akan dipotong, saat proses pengerjaan atau setelah selesai dibuat. Partikel debu ini akan terlepas ke udara dengan baik sehingga dapat dengan mudah terhirup oleh pekerja.

Penyakit-penyakit pernapasan dapat diklasifikasikan berdasarkan etiologi, letak anatomis, sifat kronik penyakit dan perubahan-perubahan struktur serta fungsi. Penyakit pernapasan yang diklasifikasikan berdasarkan disfungsi ventilasi dibagi dalam 2 (dua) kategori, yaitu penyakit-penyakit yang terutama menyebabkan gangguan obstruktif dan gangguan restriktif. Konsekuensi patologis dan klinis akibat paparan terhadap debu sangat bervariasi dan tergantung dari sifat debu, intensitas dan durasi paparan serta kerentanan dari individu. Bagian dari alat pernapasan yang terkena dan respons paparan tergantung dari sifat kimia, fisika dan toksisitasnya (Mukono, 2014).

Debu dapat diinhalasi dalam bentuk partikel debu solid atau suatu campuran dan asap. Partikel yang berukuran kurang atau sama dengan 5 mikron dapat mencapai alveoli, sedangkan partikel yang berukuran 1 mikron memiliki kapabilitas yang tinggi untuk terdeposit didalam alveoli.

Meskipun batas ukuran debu respirabel adalah 5 mikron, tetapi debu dengan ukuran 5-10 mikron dengan kadar berbeda dapat masuk dalam alveoli. Debu yang berukuran lebih dari 5 mikron akan dikeluarkan semuanya bila jumlahnya kurang dari 10 partikel per milimeter udara. Bila jumlahnya 1.000 partikel per millimeter udara maka 10% dari jumlah itu akan ditimbun dalam paru (Arief, 2013).

Kayu terutama ketika terhirup debu halusnya dapat memiliki banyak efek pada saluran pernapasan, seperti :

a. Hidung

- 1) Rhinitis (pilek)
- 2) Bersin yang keras
- 3) Hidung tersumbat
- 4) Hidung berdarah (mimisan)
- 5) Kanker hidung (penyakit yang diakui industri yang terkait dengan menghirup debu kayu keras)

Efek yang paling umum muncul adalah iritasi, dimana gejala biasanya hanya bertahan selama penderita tetap dalam kontak dengan iritasi. Efek alergi, sebagai konsekuensi yang dapat terjadi akibat sensitif terhadap debu kayu, misalnya rhinitis (pilek).

b. Paru-paru

- 1) Asma
- 2) Penurunan fungsi paru

- 3) Alergi alveolitisekstrinsik (penyakit dengan gejala seperti flu yang dapat menyebabkan kerusakan paru-paru progresif), misalnya ketika menggunakan kayu cedar merah barat, iroko.
- 4) Kanker paru

Asma menjadi perhatian khusus. Debu kayu yang paling mengiritasi saluran pernapasan dapat menimbulkan serangan asma pada penderita, meskipun kontrol yang efektif dari tingkat debu biasanya meningkatkan masalah. Beberapa debu kayu dapat menyebabkan asma sebagai reaksi alergi tertentu. Setelah peka, tubuh akan cepat bereaksi jika terkena, bahkan debu kecil. Tidak seperti iritasi, dimana orang bias terus bekerja dengan debu setelah dikontrol dibawah tingkat dimana terjadi iritasi, orang yang menjadi peka biasanya tidak akan dapat terus bekerja dengan debu, tidak peduli seberapa rendah paparannya (Prasetyo, 2021)..

Berdasarkan data dari *Work Safe Alberta* (2009) dalam (*Canadian Centre for Occupation Health and Safety*, 2017) mengelompokan jenis kayu dan efek kesehatan yang ditimbulkan dalam tabel berikut :

Tabel 2. 3 Efek Kesehatan Berdasarkan Jenis Kayu

<b>Jenis Kayu</b>	<b>Efek Kesehatan</b>
Alder	Dermatitis (alder hitam), penurunan fungsi paru (alder merah)
Aspen	Tidak ada informasi efek terhadap kesehatan
<i>Beech</i>	Dermatitis, rhinitis, asma, kanker hidung
<i>Birch</i>	Dermatitis
Cedar	Asma, dermatitis, penurunan fungsi paru, iritasi mata dan konjungtiva, rhinitis
<i>Douglas Fir</i>	Ekzema, keruskan kapasitas paru
<i>Fir</i>	Iritasi kulit, dermatitis, rhinitis, asma, kemungkinan penurunan fungsi paru
<i>Hemlock</i>	Iritasi kulit, penurunan fungsi paru

<i>Larch</i> (eropa, barat)	Dermatitis alergi ( <i>larch</i> eropa), tidak ada informasi pada <i>larch</i> barat)
Mahoni	Dermatitis
<i>Maple</i>	Rhinitis, asma, Penyakit <i>Maple Bark Stripper</i> (Spora jamur pada kulit pohon)
<i>Oak</i>	Kanker hidung
<i>Pine</i> ( <i>white, lodgepole, jack</i> )	Iritasi kulit, kontak dermatitis, <i>Wood-pulp worker's disease</i> (jamur pada kulit pohon), rhinitis, asma
<i>Poplar</i>	Kontak Dermatitis
<i>Rosewood</i>	Ekzema, alergi kontak dermatitis
<i>Spruce</i>	Iritasi kulit, <i>Wood-pulp worker's disease</i> (spora jamur pada kulit pohon), penurunan fungsi paru
<i>Teak</i>	Toksin, dermatitis
Walnut (hitam)	Iritasi kulit, rhinitis, kemungkinan asma
<i>Yew</i>	Iritasi kulit, dermatitis, toksin

---

Sumber : *Work Safe Alberta* (2009) dalam *CCOHS* (2017)

### 3. Nilai Ambang Batas Debu Kayu

Nilai Ambang Batas yang selanjutnya disingkat NAB adalah standar faktor bahaya di tempat kerja sebagai kadar/intensitas rata-rata tertimbang waktu (*time weighted average*) yang dapat diterima tenaga kerja tanpa mengakibatkan penyakit atau gangguan kesehatan, dalam pekerjaan sehari-hari untuk waktu tidak melebihi 8 jam sehari atau 40 jam seminggu.

Nilai Ambang Batas (NAB) untuk debu kayu keras seperti kayu mahoni, kayu jati telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Ketenagakerjaan RI No. PER 5/MEN/IV/2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja bahwa nilai ambang batas debu kayu di lingkungan kerja tidak diperbolehkan melebihi 5,0 mg/m<sup>3</sup> (Kemnaker, 2018).

HSE (*Health and Safety Executive*) UK menetapkan nilai batas paparan debu kayu (*softwood* dan *hardwood*) di tempat kerja sebesar 5mg/m<sup>3</sup> (8 jam TWA/Time Weighted Average, debu total yang terhirup). (Arief, 2013).

#### 4. Cara Pengendalian Debu Kayu

Debu kayu hasil dari produksi barang mebel perlu dilakukan upaya pengendalian untuk dapat mengurangi dan meminimalkan konsentrasi debu kayu yang berada di tempat kerja agar tidak menimbulkan risiko kesehatan pada pekerja. Berikut cara pengendalian debu di tempat kerja agar memenuhi persyaratan kesehatan menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri, yaitu :

- a. Pada sumber dilengkapi dengan penangkap debu (*dust enclosure*)
- b. Untuk menangkap debu yang timbul akibat proses produksi, perlu dipasang ventilasi lokal (*local exhauster*) yang dihubungkan dengan cerobong dan dilengkapi dengan penyaring debu (*filter*)
- c. Ruang proses produksi dipasang dilusi ventilasi (memasukkan udara segar) (Kepmenkes RI, 2002)

Selain itu menurut Soputan (2014) dalam (Guspianto, Thursina and Putri, 2021) pada tempat kerja perlu dilakukan kegiatan pengendalian risiko yang bertujuan untuk meminimalisir/mengurangi tingkat risiko yang ada sampai tingkat terendah atau sampai tingkatan yang dapat ditolerir. Cara pengendalian risiko dapat dilakukan melalui :

- a. Eliminasi

Pengendalian ini dilakukan dengan cara menghilangkan sumber bahaya (*hazard*).

b. Substitusi

Mengurangi risiko dari bahaya dengan cara mengganti proses atau mengganti input dengan yang lebih rendah risikonya.

c. *Engineering*

Mengurangi risiko dari bahaya dengan metode rekayasa teknik pada alat, mesin, infrastruktur, lingkungan, dan atau bangunan.

d. Administratif

Mengurangi risiko bahaya dengan cara melakukan pembuatan prosedur, aturan, pemasangan rambu (*safety sign*), tanda peringatan, *training* dan seleksi terhadap kontraktor, material serta mesin, cara penyimpanan dan pelabelan.

e. Alat pelindung diri

Mengurangi risiko bahaya dengan cara menggunakan alat perlindungan diri misalnya *safety helmet*, masker, *safety shoes*, *coverall*, kacamata keselamatan, dan alat pelindung diri lainnya yang sesuai dengan jenis pekerjaan yang dilakukan.

#### **D. Proses Produksi Mebel**

1. Bahan Baku

Kayu merupakan bahan baku dari pembuatan barang mebel. Kayu yang dipergunakan oleh usaha mebel sektor informal tersebut terdiri dari berbagai macam jenis kayu diantaranya kayu jati, kayu mahoni, kayu alba, dan kayu maranti. Masing masing dari jenis kayu tersebut memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Pemilihan jenis kayu biasanya

disesuaikan dengan jenis barang yang akan dibuat serta keinginan dari para konsumen.

## 2. Peralatan

Pembuatan mebel kayu dilakukan dengan bantuan peralatan baik berbentuk mesin maupun alat mekanik. Peralatan tersebut dilakukan untuk kegiatan penggergajian atau pemotongan, pengetaman, pelubangan, pengukiran, penyambungan, pengamplasan serta pengecatan. Adapun mesin dan peralatan yang banyak dipergunakan adalah sebagai berikut :

- a. *Circular sawing machine*
- b. Mesin ketam
- c. *Band saw*
- d. *Drilling machine*
- e. *Srew driver/obeng angan*
- f. Mesin profil
- g. Mesin amplas
- h. *Jing saw*
- i. *Hack saw*
- j. Tatah kuku/datar
- k. *Sprayer*
- l. Palu besi/kayu

## 3. Proses Produksi

Proses produksi barang mebel merupakan sebuah proses pengolahan bahan baku yaitu kayu dengan bantuan alat (mesin) serta bahan tambahan

lainnya dengan hasil akhir berupa barang-barang mebel yang memiliki berbagai macam kegunaan untuk kehidupan sehari-hari. Secara garis besar proses produksi dari barang mebel adalah sebagai berikut (Agustina, 2018):

a. Persiapan bahan baku

Dalam persiapan bahan baku yaitu kayu biasanya usaha mebel berskala kecil membeli kayu yang sudah berbentuk papan kayu pada pihak ketiga sehingga kayu siap langsung diolah menjadi barang mebel. Berbeda dengan industri mebel yang berskala besar, bahan baku kayu yang tersedia biasanya berbentuk kayu gelondong sehingga masih diperlukan penggergajian agar ukurannya menjadi lebih kecil seperti balok dan papan sebelum diolah menjadi barang mebel.

b. Pembuatan komponen

Pembuatan barang mebel biasanya dilakukan secara bertahap dengan membuat berbagai komponen bagian barang yang nantinya akan dilakukan perakitan. Berbagai proses produksi dilakukan dalam tahap ini diantaranya

- 1) Pemotongan
- 2) Penyerutan
- 3) Pengamplasan.

Pada tahap ini terbentuk banyak debu kayu dan potongan kayu yang dicurigai dapat menimbulkan gangguan kesehatan pada pekerja.

c. Perakitan dan pembentukan

Komponen mebel yang sudah jadi, dipasang dan dihubungkan satu sama hingga membentuk mebel sesuai pesanan. Pemasangan ini dilakukan dengan menggunakan peralatan mesin maupun mekanik serta lem untuk merekatkan hubungan antar komponen. Pada proses perakitan tidak banyak debu yang yang dapat dibentuk. Pembentukan debu dapat terjadi jika dilakukan penyesuaian kembali hubungan antar komponen.

d. Penyelesaian akhir

Kegiatan yang dilakukan pada penyelesaian akhir meliputi :

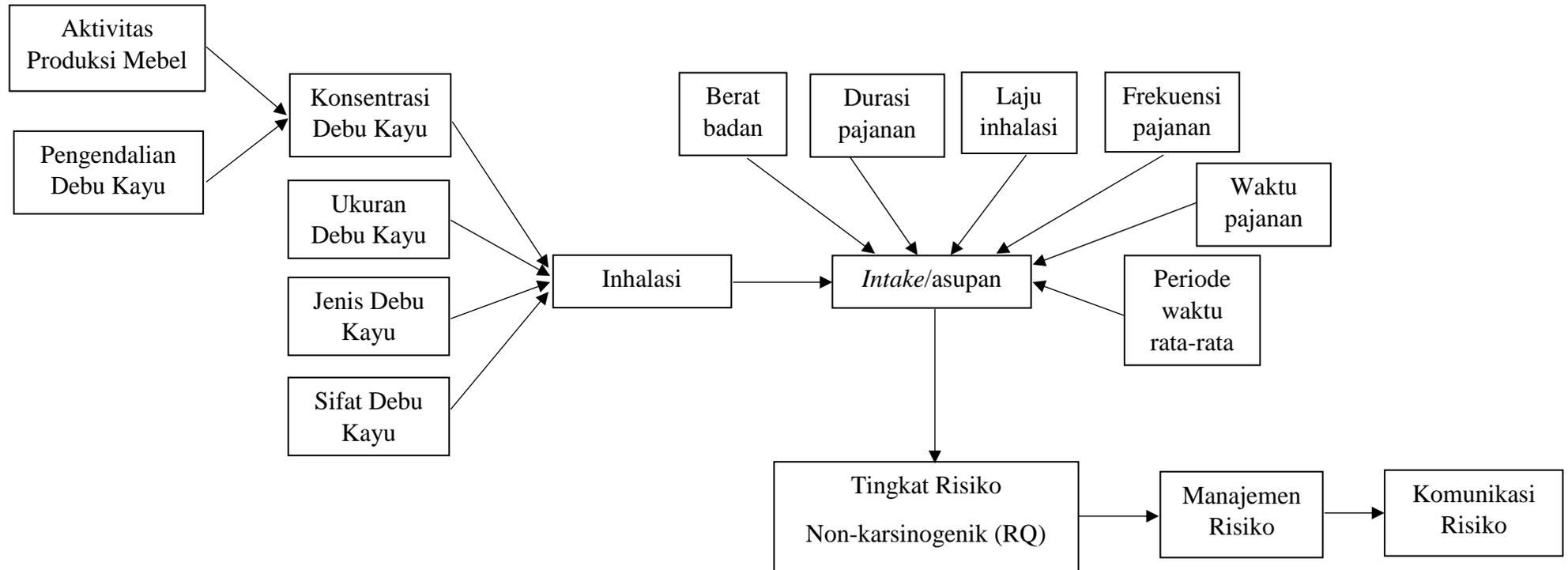
- 1) Pengamplasan atau penghalusan permukaan mebel
- 2) Pendempulan lubang dan sambungan
- 3) Pemutihan mebel
- 4) Pengkilapan dengan menggunakan *wax*

Bagian ini banyak menimbulkan debu yang berterbangan di udara, terutama bagian *sanding* (pengamplasan). Komponen mebel yang telah diwax siap akan siap untuk di *packing*. Proses ini sangat penting karena langsung berpengaruh terhadap permukaan mebel untuk menarik konsumen.

e. Pengepakan dan pengantaran

Proses pengepakan atau *packing* merupakan langkah persiapan mebel sebelum diantarkan kepada konsumen. Proses ini berguna untuk mencegah kerusakan mebel yang akan masuk kedalam kendaraan pengantar, sehingga didalam perjalanan sampai tujuan kondisi mebel tetap terjaga dan aman dari kerusakan yang mungkin terjadi.

### E. Kerangka Teori



Gambar 2. 4 Kerangka Teori Modifikasi

Sumber: Dirjen P2PL (2012), Louvar & Louvar (1998), dan Suma'mur (2014)