

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA DAN KERANGKA PEMIKIRAN

#### 2.1 Kajian Pustaka

##### 2.1.1 Industri

###### 2.1.1.1 Definisi Industri

Industri merupakan tempat produksi yang mengolah bahan mentah menjadi bahan baku atau bahan siap pakai yang hasilnya dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia.<sup>1</sup>

Menurut KBBI, industri adalah kegiatan memproses atau mengolah barang dengan menggunakan sarana dan peralatan. Definisi industri menurut UU Republik Indonesia No. 3 Tahun 2014 tentang Perindustrian adalah seluruh bentuk kegiatan ekonomi yang mengolah bahan baku dan/atau memanfaatkan sumber daya industri sehingga menghasilkan barang yang mempunyai nilai tambah atau manfaat lebih tinggi.<sup>10</sup>

###### 2.1.1.2 Dampak Industri

Pesatnya perkembangan industri beserta produknya memiliki dampak positif terhadap kehidupan manusia seperti semakin luasnya lapangan kerja, kemudahan dalam komunikasi dan transportasi yang akhirnya juga berdampak pada peningkatan sosial ekonomi masyarakat. Disisi lain dampak negatif yang terjadi adalah timbulnya penyakit akibat paparan bahan-bahan selama proses industri atau dari hasil produksi itu sendiri.<sup>2</sup>

## 2.1.2 PT Pupuk Kujang Cikampek<sup>9</sup>

### 2.1.2.1 Profil PT Pupuk Kujang

PT Pupuk Kujang adalah perusahaan penghasil pupuk yang terletak di Cikampek dan didirikan pada tanggal 9 Juni 1975, merupakan anak perusahaan dari BUMN Pupuk di Indonesia yaitu PT Pupuk Indonesia Holding Company.

Kegiatan-kegiatan yang dijalankan PT Pupuk Kujang adalah :

#### a. **Produksi**

Mengolah bahan-bahan mentah tertentu menjadi bahan-bahan pokok yang diperlukan dalam pembuatan pupuk, terutama pupuk urea dan bahan kimia lainnya, serta mengolah bahan pokok tersebut menjadi berbagai jenis pupuk dan hasil bahan kimia lainnya.

#### b. **Perdagangan**

Menyelenggarakan kegiatan distribusi dan perdagangan, baik dalam maupun luar negeri yang berhubungan dengan produk-produk tersebut diatas dan produk-produk lainnya serta kegiatan impor barang yang antara lain berupa bahan baku dan penolong/pembantu, peralatan produksi dan bahan kimia lainnya.

#### c. **Pemberian Jasa**

Melaksanakan studi penelitian, pengembangan, desain engineering, pengantongan, konstruksi, manajemen, pengoperasian pabrik, pabrikan/repairasi, pemeliharaan, konsultasi (kecuali konsultasi bidang hukum) dan jasa teknis lainnya dalam sektor industri pupuk dan industri kimia lainnya.

#### d. Usaha Lainnya

Menjalankan kegiatan-kegiatan usaha dalam bidang angkutan, ekspedisi dan pergudangan serta kegiatan lainnya yang merupakan sarana dan perlengkapan guna kelancaran pelaksanaan kegiatan-kegiatan usaha tersebut.

#### 2.1.2.2 Jenis Pupuk

Produksi merupakan salah satu kegiatan yang dijalankan oleh PT. Pupuk Kujang untuk mengolah bahan-bahan tertentu menjadi pupuk. Jenis-jenis pupuk yang di produksi oleh PT Pupuk Kujang adalah sebagai berikut :

##### 1. NPK 30-6-8

Kandungannya terdiri atas Nitrogen 30%, Phospat 6% dan Kalium 8%. Toleransi kandungan  $\pm 8\%$ . Berwarna kecoklatan dengan bentuk blending dan dikemas dalam ukuran kemasan 5 kg, 25 kg dan 50 kg.

##### 2. EXCOW

Kandungannya terdiri atas C-Organik : 20,26%, C/N : 16,47%, N : 1,23%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : 2,19%, K<sub>2</sub>O : 1,05%, Kadar Air : 12,21% dan pH : 7,21. Berwarna abu-abu kehitaman dengan bentuk serbuk dan granul dan dikemas dalam ukuran kemasan : 1 kg, 5 kg, 25 kg dan 50 kg.

##### 3. Bion-Up

Merupakan pupuk berbentuk cair dengan warna coklat kehitaman. Memiliki 6 kandungan mikroorganisme dan diproduksi dalam kemasan 1 liter.

#### 4. Kuriza

Merupakan jenis pupuk yang cocok untuk tanaman sayuran dan kerkebunan dengan kandungan yang terdiri atas Mikoriza. Diproduksi dalam kemasan ukuran 5 kg.

#### 5. KCL Kujang

Merupakan jenis pupuk dengan kadar KCl 95 - 99,5%, NaCl 0,5 - 5%, pH 7 - 10 (larut dalam air 10%) dan K<sub>2</sub>O 60%. Berwarna kemerahan atau kecoklatan dengan bentuk padat dan dikemas dalam ukuran kantong 50 kg, 25 kg dan 5 kg.

#### 6. Nitrea

Merupakan jenis pupuk yang 100% larut dalam air dengan kadar Biuret maksimal 1% dan kadar Nitrogen minimal 46%. Berwarna merah muda dengan bentuk butiran prill uncoated dan dikemas dalam kantong bercap Nitrea dengan isi 50kg dan 25kg.

#### 7. Jeranti

Kandunganya terdiri atas NPK dengan formula 18-10-14-2S+TE dengan kadar air 2%. Berwarna putih keabu-abuan dengan bentuk tablet berukuran 10gr. Dikemas dalam kantong 5 Kg, 1 kg dan 750 gr.

### 2.1.2.3 Kandungan Pupuk NPK

Spesifikasi bahan baku NPK yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

#### a. Urea

- Rumus Kimia :  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
- Kadar Nitrogen : 46 %
- Size : 1– 3.35 mm (97%)
- Moisture : Max 0.5 %
- Bentuk : Prill
- Penyimpanan : Urea bersifat higroskopis, penyimpanannya harus pada karung tertutup dan disimpan dalam tempat yang sejuk, kering, dan ventilasi cukup. Urea harus dijauhkan dari senyawa-senyawa asam nitrat, sodium nitrit, hipoklorir, dan fosfor pentaklorida.

#### b. DAP (Diammonium Phosphate)

- Rumus Kimia :  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
- Kadar Nitrogen : 18 %
- Kadar  $\text{P}_2\text{O}_5$  : 46 %
- Moisture : Max 2 %
- Size : Lolos ayakan 5 US Mesh (Min. 80%)
- Penyimpanan : Pada temperatur normal penyimpanan DAP hygroscopic rendah dan tidak mudah caking. Hindari temperatur yang ekstrim, jika terdekomposisi akan melepaskan oksida fosfor, oksida nitrogen dan ammonia. Hindarkan kontak dengan bahan-bahan alkaline. Bersifat korosif pada besi dan baja ringan, aluminium, seng, dan tembaga.

**c. Rock Phosphate**

**Grade 1 :**

- Moisture : Max 5 %
- Bentuk : Powder
- Kandungan  $P_2O_5$ : Min. 30% wt
- Ukuran : Lolos ayakan 80 US Mesh (min. 85%)

**Grade 2 :**

- Moisture : Max 5 %
- Bentuk : Powder
- Kandungan  $P_2O_5$ : Min. 28% wt
- Ukuran : Lolos ayakan 80 US Mesh (min. 40%)

**d. Potassium Chloride**

- Rumus Kimia : KCl
- Berat Molekul : 74,55
- Kadar  $K_2O$  : 60 %
- Size : Lolos ayakan 25 US mesh (Min. 60%)
- Moisture : Max 1 %
- Bentuk : Powder
- Kelarutan : 34,2 g/100g air pada 20 deg.C
- Penyimpanan : Harus disimpan pada tempat kering, sejuk dan ventilasi cukup. Jauhkan dari oksidator, asam kuat dan basa.

**e. Clay**

- Komposisi kimia:  $Al_2Si_2O_5(OH)_4$

- Moisture : Max 6 %
- Bentuk : Powder
- Kelengketan : Test dilakukan dengan melarutkan Clay dalam Air dengan perbandingan Air:Clay = (3:5)
- Ukuran : Lolos 80 US Mesh (Min 65%)
- Penyimpanan : Bahan ini tidak stabil. Jauhkan dari bahan-bahan oksidator, asam, dan alkali.

**f. Humite Powder**

- pH : Min. 8 (konsentrasi larutan 25%)
- Kelarutan dalam air : Larut Sempurna (300ml Air + Humit 0.5 spatulla)
- Warna Larutan : Coklat
- Humit Acid : 60 - 65% (Data technical)
- Particle Size : 80 Mesh
- Penyimpanan : Jauhkan dari sinar matahari. Simpan pada tempat yang kering dengan temperatur diatas -10 °C dan di bawah 45 °C.

**g. Coating Oil**

- Titik leleh : 40-80 °C
- Drop Point : 35 °C Min.
- Impuritas : 0.062%
- S.g pada 80°C : 0.8 - 0.9
- Moisture/H<sub>2</sub>O : 0.15% Max.
- Bentuk : Pasta Kuning

### 2.1.3 Penyakit Akibat Kerja

Penyakit akibat kerja adalah penyakit yang disebabkan oleh pekerjaan dan atau lingkungan kerja termasuk penyakit terkait kerja. Penyakit terkait kerja adalah penyakit yang mempunyai beberapa agen penyebab dengan faktor pekerjaan dan atau lingkungan kerja memegang peranan bersama dengan faktor risiko lainnya.<sup>11</sup>

#### 2.1.3.1 Faktor Risiko Penyakit Akibat Kerja<sup>11</sup>

1. Golongan fisika: Suhu ekstrem, bising, pencahayaan, vibrasi, radiasi pengion dan non pengion dan tekanan udara.
2. Golongan kimia: Semua bahan kimia dalam bentuk debu, uap, uap logam, gas, larutan, kabut, partikel nano dan lain-lain.
3. Golongan biologi: Bakteri, virus, jamur, bioaerosol dan lain-lain.
4. Golongan ergonomi: Angkat angkut berat, posisi kerja janggal, posisi kerja statis, gerak repetitif, penerangan, Visual Display Terminal (VDT) dan lain-lain.
5. Golongan psikososial: Beban kerja kualitatif dan kuantitatif, organisasi kerja, kerja monoton, hubungan interpersonal, kerja shift, lokasi kerja dan lain-lain.

Pada industri pupuk NPK, bila dilihat melalui hasil observasi yang dilakukan oleh peneliti, *hazard* yang dapat timbul dan memungkinkan menjadi faktor risiko penyakit akibat kerja adalah sebagai berikut:

1. Golongan fisika: Bising dari mesin pengolahan pupuk NPK yang dapat meningkatkan risiko terjadinya *noise induce hearing loss*. Selain itu mesin juga dapat menimbulkan vibrasi yang memungkinkan terjadinya risiko *hand arm vibration syndrome*.



2. Golongan kimia: Debu partikel yang berasal dari bahan baku pupuk NPK dapat memicu timbulkan risiko penyakit paru akibat kerja seperti *pneumoconiosis* yang disebabkan oleh tertimbunnya debu di paru-paru.
3. Golongan biologi: Bakteri, virus yang mungkin dapat ditularkan antar sesama pekerja seperti infeksi saluran pernapasan akut.
4. Golongan ergonomi: Angkat angkut berat bahan baku pupuk NPK sebelum akhirnya dimasukan ke mesin pengolahan. Hal ini dapat memicu terjadinya *musculoskeletal disease* seperti *lower back pain* atau *upper back pain*.
5. Golongan psikososial: Beban kerja, hubungan interpersonal, kerja shift, lokasi kerja dan lain-lain yang dapat menimbulkan risiko terjadinya stress akibat kerja.

### 2.1.3.2 Penyakit Paru Akibat Kerja

Penyakit paru akibat kerja merupakan penyakit atau kelainan paru yang terjadi akibat terhirupnya partikel, kabut, uap atau gas yang berbahaya saat seseorang sedang bekerja.<sup>2</sup> Dari 31 penyakit akibat kerja yang telah ditetapkan oleh pemerintah pada Surat Keputusan Presiden No 22 tahun 1993 beberapa penyakit diantaranya adalah penyakit paru dan saluran napas seperti *pneumoconiosis*.<sup>5</sup> Penyakit paru-paru akibat pekerjaan adalah kelompok diagnosa luas yang disebabkan oleh penghirupan debu, bahan kimia, atau protein. *Pneumoconiosis* adalah salah satu penyakit yang berhubungan dengan terhirupnya debu di lingkungan kerja. Tingkat keparahan penyakit terkait dengan bahan yang dihirup dan intensitas serta durasi paparan. Bahkan individu yang tidak bekerja di industri dapat terkena penyakit akibat kerja melalui paparan tidak langsung. Kejadian penyakit ini meningkat dengan perkembangan industri modern.<sup>12</sup>

Etiologi dari beberapa penyakit paru akibat kerja mungkin bersifat multifaktorial, karena dapat disebabkan oleh faktor pekerjaan yang berinteraksi dengan faktor lain seperti merokok dan risiko genetik. Riwayat pasien sangat penting dalam menilai potensi paparan pekerjaan atau lingkungan. Penyelidikan ke praktik kerja khusus harus mencakup pertanyaan tentang kontaminan spesifik yang terlibat, keberadaan debu yang terlihat, bau kimia, ukuran dan ventilasi ruang kerja, penggunaan peralatan pelindung pernapasan, dan apakah rekan kerja memiliki keluhan serupa. Hubungan temporal paparan di tempat kerja dan gejala dapat memberikan petunjuk untuk penyakit terkait pekerjaan. Selain itu, pasien harus ditanyai tentang sumber paparan alternatif terhadap agen yang berpotensi toksik, termasuk hobi, karakteristik rumah, paparan asap rokok, dan kedekatan dengan lalu lintas atau fasilitas industri. Eksposur jangka pendek dan jangka panjang untuk agen toksik potensial di masa lalu juga harus dipertimbangkan.<sup>13</sup>

#### **2.1.4 Masker**

Masker adalah salah satu alat pelindung diri yang berfungsi untuk mengurangi polutan yang masuk lewat rongga pernapasan.<sup>7</sup> Masker termasuk kedalam kelompok alat pelindung pernapasan yang dapat melindungi organ pernapasan dengan cara menyaring cemaran bahan kimia, mikro-organisme, partikel yang berupa debu, kabut (aerosol), uap, asap, gas, dan bahan-bahan berbahaya lainnya.<sup>14</sup> Ada dua jenis alat pelindung pernapasan yang dapat digunakan, yaitu:<sup>15</sup>

1. Masker hijau atau disebut juga masker bedah merupakan jenis masker yang tidak memiliki kemampuan menutupi hidung dan mulut dengan sempurna karena terdapat celah di keempat sisi masker tersebut. Tujuan utama

pemakaian masker ini adalah untuk menyaring udara yang keluar dari mulut atau hidung pemakai. Masker jenis ini biasanya hanya dapat menyaring udara yang terkontaminasi oleh partikel berukuran  $>10\mu\text{m}$ .

2. Respirator merupakan suatu alat pelindung diri yang minimal dapat meliputi hidung dan mulut dan berfungsi untuk mengurangi risiko bahaya partikel di udara, gas dan uap. Berdasarkan cara penggunaan, respirator dibagi menjadi dua yaitu:
  - a. Respirator pakai ketat (tight fitting) adalah respirator yang cara pakainya secara ketat menutupi setengah wajah ataupun seluruh wajah. Tepi respirator berfungsi sebagai pembatas kedap dengan udara luar.
  - b. Respirator pakai longgar (loose fitting) berupa helm atau kerudung yang menutupi seluruh kepala.

Berdasarkan mekanisme kerja, respirator dibagi menjadi dua yaitu:

- a. Respirator pemurni udara (*air purifying*). Mekanisme respirator pemurni udara bekerja dengan cara menghilangkan kontaminan dari udara, salah satu contoh respirator ini yang banyak dipakai adalah N95. N95 merupakan salah satu respirator yang tersertifikasi lembaga seperti *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) di Amerika. N95 mampu memfiltrasi partikel molekul berukuran  $0,3\ \mu\text{m}$  sebesar 95%.
- b. Respirator pemasok udara (*air supplying*) merupakan respirator menyediakan sumber udara bersih dan sebagai contoh sumber udara berasal dari tabung berisi oksigen terikat di punggung pemakai.

## 2.1.5 Paru-Paru

### 2.1.5.1 Anatomi Paru<sup>16</sup>

Paru-paru adalah organ vital pernapasan yang memiliki fungsi utama untuk mengoksigenasi darah dengan membawa udara yang telah diinspirasi ke kapiler paru. Karakteristik paru biasanya ringan, lunak, kenyal, elastis dan sepenuhnya menempati rongga paru. Paru-paru dipisahkan satu sama lain oleh mediastinum. Bagian paru:

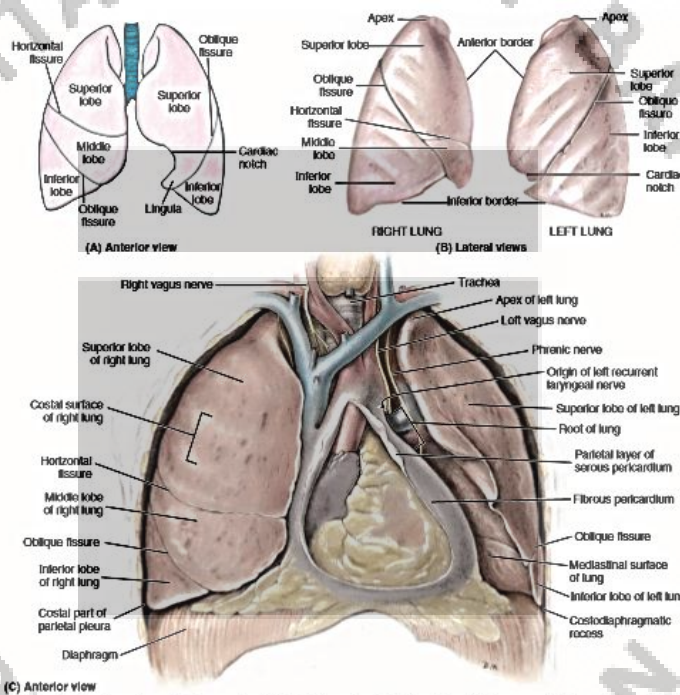


FIGURE 1.33. Costal surfaces of lungs. The lungs are shown in isolation in anterior (A) and lateral views (B), demonstrating lobes and fissures. C. The heart and lungs are shown in situ. The left lung is retracted from the heart (covered by fibrous pericardium) revealing the phrenic nerve as it passes anterior to the root of the lung, while the vagus nerve (CN X) passes posterior to the root. The superior lobes of the left lungs in B and C are variations that have neither a marked cardiac notch nor lingulae.

### Gambar 2. 1 Anatomi Paru

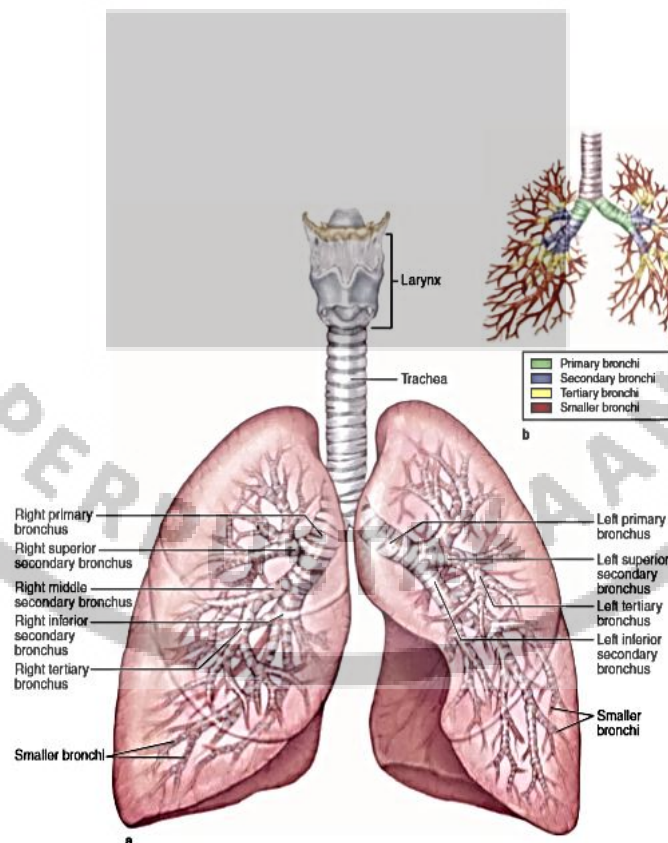
Dikutip dari: Moore 6<sup>th</sup> Edition<sup>16</sup>

1. *Apex*, merupakan ujung tumpul pada bagian superior, berada dalam satu garis bersama tulang rusuk ke satu dan dilapisi oleh *pleura cervicalis*.
2. *Base*, merupakan bagian cekung pada dasar paru yang letaknya berlawanan dengan *apex*, dekat dengan diafragma.

3. Tiga permukaan paru:
  - a. *Costal Surface*: Permukaan yang besar, halus dan cembung. Berhubungan dengan *costal pleura*.
  - b. *Mediastinal Surface*: Permukaan yang cekung dan berhubungan dengan mediastinum bagian tengah yang mengandung perikardium dan jantung.
  - c. *Diaphragmatic Surface*: Permukaan yang cekung dan membentuk bagian dasar dari paru, bertumpu pada bagian kubah dari diafragma.
4. Tiga batas paru: Anterior (*costal* dan *mediastinal surface*), inferior (mengelilingi *diaphragmatic surface*), posterior (*costal* dan *mediastinal surface*)
5. Lobus Paru
  - a. Pada paru-paru sebelah kanan, memiliki 3 lobus yaitu lobus *superior*, *middle*, dan *inferior* yang dipisahkan oleh *right oblique* dan *horizontal fissures*.
  - b. Pada paru-paru sebelah kiri, memiliki 2 lobus yaitu lobus *superior* dan *inferior* yang dipisahkan oleh *left oblique fissure*. Paru-paru sebelah kiri memiliki ukuran yang lebih kecil dari paru-paru sebelah kanan.
6. *Roots of the lung*, merupakan suatu struktur yang melekatkan paru-paru dengan pada mediastinum. Terdiri atas bronkus (dan pembuluh darahnya), *pulmonary arteries*, *superior* dan *inferior pulmonary veins*, *pulmonary plexuses* (*sympathetic*, *parasympathetic*, dan *visceral afferent fibers*), dan *lymphatic vessels*.
7. *Hilum of the lung*, adalah struktur *wedge-shaped* yang terletak di *Mediastinal Surface* dan menjadi tempat keluar masuknya *roots of the lung*.

### 2.1.5.2 Histologi Paru<sup>17</sup>

Trakea terbagi menjadi dua bronkus primer yang memasuki setiap paru di hilus, bersama dengan arteri, vena, dan pembuluh limfatik. Setelah memasuki paru-paru, bronkus primer akan membentuk tiga bronkus sekunder (lobar) di paru-paru kanan dan dua di paru-paru kiri, yang masing-masing memasok lobus paru. Bronkus sekunder (lobar) ini membelah lagi, membentuk bronkus tersier (segmental). Setiap bronkus tersier, bersama dengan cabang-cabang kecil yang disuplai akan membentuk segmen bronkopulmoner di setiap paru dengan kapsul jaringan ikat dan suplai darah sendiri. Bronkus tersier akan membentuk cabang-cabang bronkus yang lebih kecil disebut bronkiolus. Setiap bronkiolus memasuki lobulus paru dan bercabang untuk membentuk lima sampai tujuh bronkiolus terminal.



**Gambar 2. 2 Histologi Paru**

Dikutip dari: Junqueira 13<sup>th</sup> Edition<sup>17</sup>

## 1. Bronkus

Setiap cabang bronkus primer akan menjadi semakin kecil sampai mencapai diameter 1 sampai 2 mm. Mukosa bronkus yang lebih besar secara struktural mirip dengan mukosa trakea kecuali pada tulang rawan dan otot polos. Pada bronkus primer, sebagian besar cincin tulang rawan mengelilingi lumen sepenuhnya, tetapi ketika diameter bronkial menurun, cincin tulang rawan secara bertahap diganti dengan piring terisolasi dari tulang rawan hialin. Banyak kelenjar mukus dan serosa kecil, dengan saluran membuka ke lumen bronkial. Lamina propria juga mengandung otot polos dan serat elastis yang disusun secara spiral. Banyak limfosit ditemukan di dalam lamina propria dan di antara sel-sel epitel. Terdapat nodul limfatik, terutama pada titik percabangan pohon bronkial. Seperti otot polos dan serat elastis, jaringan limfoid mukosa (MALT) juga menjadi relatif lebih banyak karena bronkus menjadi lebih kecil dan tulang rawan dan jaringan ikat lainnya berkurang.

## 2. Bronkiolus

Bronkiolus saluran udara intralobular dengan diameter 1 mm atau kurang, mereka tidak memiliki kelenjar mukosa dan tulang rawan, meskipun jaringan ikat yang padat dikaitkan dengan otot polos. Pada bronkiolus yang lebih besar, epitel masih *ciliated pseudostratified columnar*, menjadi *ciliated simple columnar* atau *simple cuboidal epithelium* di bronkiolus terminal terkecil. Paling banyak dalam epitel kuboid bronkiolus terminal adalah sel clara, atau sel bronkiolar eksokrin, yang memiliki ujung apikal yang tidak bersilia, berbentuk kubah dengan butiran sekretori. Lamina propria bronkiolar masih mengandung serat elastis dan otot polos, menghasilkan lipatan di mukosa.

Setiap bronkiolus terminal dibagi menjadi dua atau lebih bronkiolus respiratori yang meliputi alveoli seperti kantung. Mukosa bronkiolar respiratori secara struktural identik dengan bronkiolus terminal, kecuali beberapa bukaan ke alveoli tempat pertukaran gas terjadi. Lapisan mukosa terdiri dari sel Clara dan sel kuboid bersilia, dengan sel skuamosa sederhana pada bukaan alveolar dan memanjang ke alveolus. Berlanjut secara distal sepanjang bronkiolus pernafasan, alveoli lebih banyak dan lebih berdekatan. Otot halus dan jaringan ikat elastis membentuk lamina propria.

### 3. Alveoli

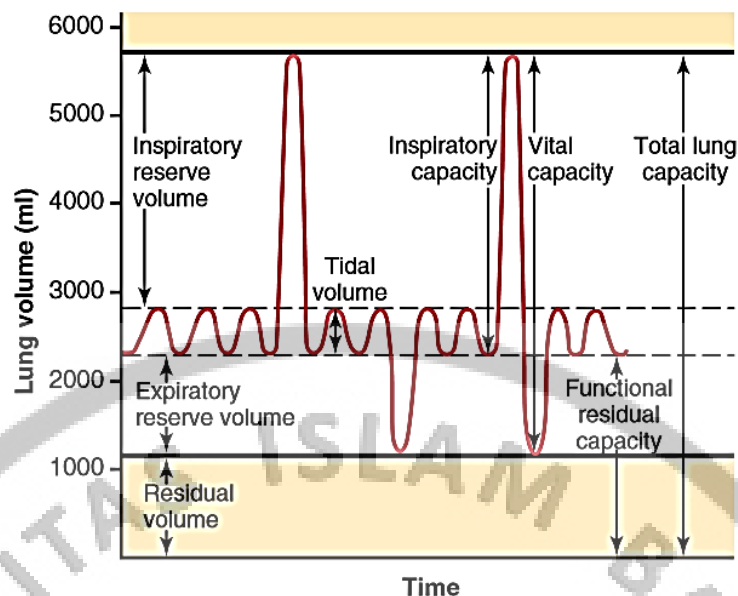
Alveoli adalah evaginasi seperti kantung, masing-masing berdiameter sekitar 200  $\mu\text{m}$  merupakan cabang dari bronkiolus respiratori membentuk *alveolar ducts* dan *alveolar sacs*. Alveoli merupakan struktur yang membentuk spons pada paru-paru. Setiap paru-paru orang dewasa memiliki sekitar 200 juta alveoli.

Sel alveolar tipe I (pneumosit tipe I) merupakan sel yang melapisi permukaan alveolar dan menutupi sekitar 95% permukaan alveolar dengan sel-sel alveolar tipe II yang akan menutupi bagian sisanya. Sel-sel alveolar tipe II (pneumosit tipe II atau sel-sel septum) adalah sel-sel kuboid yang membesar ke dalam ruang udara, diselingi di antara sel-sel alveolar tipe I. Makrofag alveolar disebut juga sel debu, ditemukan di alveoli dan di septum interalveolar.

#### 2.1.5.3 Fisiologi Paru<sup>18</sup>

Volume dan kapasitas seluruh paru pada wanita kira-kira 20 sampai 25 persen lebih kecil daripada pria, dan lebih besar lagi pada orang yang atletis dan bertubuh besar daripada orang yang bertubuh kecil dan astenis.





**Gambar 2. 3 Volume dan Kapasitas Paru**

Dikutip dari: Guyton 13<sup>th</sup> Edition<sup>18</sup>

#### A. Volume Paru

Volume paru adalah jumlah udara yang terdapat dalam paru. Bisa seluruh volume paru dijumlahkan maka akan sama dengan volume maksimal paru yang mengembang. Terdapat 4 volume paru, yaitu :

1. Volume tidal adalah volume udara yang diinspirasi atau diekspirasi setiap kali bernapas normal; besarnya kira-kira 500 ml pada laki-laki dewasa.
2. Volume cadangan inspirasi adalah volume udara ekstra yang dapat diinspirasi setelah dan di atas volume tidal normal bila dilakukan inspirasi kuat; biasanya mencapai 3.000 ml.
3. Volume cadangan ekspirasi adalah volume udara ekstra maksimal yang dapat diekspirasi melalui ekspirasi kuat pada akhir ekspirasi tidal normal; jumlah normalnya adalah sekitar 1.100 ml.
4. Volume residu yaitu volume udara yang masih tetap berada dalam paru setelah ekspirasi paling kuat; volume ini besarnya kira-kira 1.200 ml.

## B. Kapasitas Paru

Kapasitas paru adalah kombinasi dua atau lebih volume paru yang akan menggambarkan peristiwa-peristiwa dalam siklus paru. Terdapat 4 kapasitas paru, yaitu :

1. Kapasitas inspirasi sama dengan volume tidal ditambah volume cadangan inspirasi. Ini adalah jumlah udara (kurang lebih 3.500 ml) yang dapat dihirup oleh seseorang, dimulai pada tingkat ekspirasi normal dan pengembangan paru sampai jumlah maksimum.
2. Kapasitas residu fungsional sama dengan volume cadangan ekspirasi ditambah volume residu. Ini adalah jumlah udara yang tersisa dalam paru pada akhir ekspirasi normal (kurang lebih 2.300 ml).
3. Kapasitas vital sama dengan volume cadangan inspirasi ditambah volume tidal dan volume cadangan ekspirasi. Ini adalah jumlah udara maksimum yang dapat dikeluarkan seseorang dari paru, setelah terlebih dahulu mengisi paru secara maksimum dan kemudian mengeluarkan sebanyakbanyaknya (kurang lebih 4.600 ml).
4. Kapasitas paru total adalah volume maksimum yang dapat mengembangkan paru sebesar mungkin dengan inspirasi sekuat mungkin (kurang lebih 5.800 ml); jumlah ini sama dengan kapasitas vital ditambah volume residu.

### 2.1.5.4 Pengukuran Fungsi Paru

Pengukuran fungsi paru atau *Lung function test* atau disebut juga *Pulmonary function test*, digunakan untuk mengevaluasi kemampuan paru yang berguna untuk menentukan adanya gangguan dan derajat gangguan fungsi paru.<sup>19</sup>

Secara konvensional pengukuran fungsi paru dapat menggunakan spirometer.

Spirometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur volume yang telah diekspirasi dan inspirasi dari waktunya, agar dapat menghitung seberapa efektif dan seberapa cepat paru-paru dapat dikosongkan dan diisi.<sup>20</sup> Pengukuran yang biasanya dilakukan adalah sebagai berikut:

1. *Forced Vital Capacity (FVC)* adalah seluruh volume udara yang bisa dikeluarkan secara paksa setelah dilakukan ekspirasi maksimum.<sup>21</sup> Pada fungsi paru normal akan menunjukkan hasil spirometer  $FVC \geq 80\%$ .<sup>22</sup>
2. *Forced Expired Volume in one second (FEV1)* adalah volume yang dihembuskan dalam detik pertama dari ekspirasi maksimal setelah inspirasi maksimal dan berguna untuk mengukur seberapa cepat paru-paru penuh dapat dikosongkan.<sup>20</sup> Pada fungsi paru normal akan menunjukkan hasil spirometer  $FEV1 \geq 80\%$ .<sup>22</sup>
3. Rasio  $FEV1/FVC$  adalah  $FEV1$  yang dinyatakan sebagai persentase dari  $FVC$  yang berguna untuk menilai ada tidaknya pembatasan aliran udara yang bermanfaat secara klinis.<sup>20</sup> Pada fungsi paru normal akan menunjukkan hasil spirometer rasio  $FEV1/FVC$  70-75%.<sup>21</sup>

#### 2.1.5.5 Gangguan Fungsi Paru

Pengukuran fungsi ventilasi paru sangat berguna dalam diagnostik, menilai risiko sebelum operasi dan dalam mengukur efek pengobatan. Kelainan fungsi ventilasi paru dapat disimpulkan jika ada  $FEV1$ ,  $FVC$ , atau rasio  $FEV1/FVC$  yang berada di luar dari kisaran normal.<sup>20</sup> Klasifikasi fungsi ventilasi paru abnormal:<sup>22</sup>

1. *Obstructive ventilatory defects*, adalah kondisi saat terjadinya penyempitan pada saluran napas dan gangguan aliran udara di dalamnya. Ditandai dengan

FVC yang normal ( $\geq 80\%$ ), namun terjadi penurunan pada FEV1 ( $< 80\%$ ) dan rasio FEV1/FVC ( $< 70\%$ ).

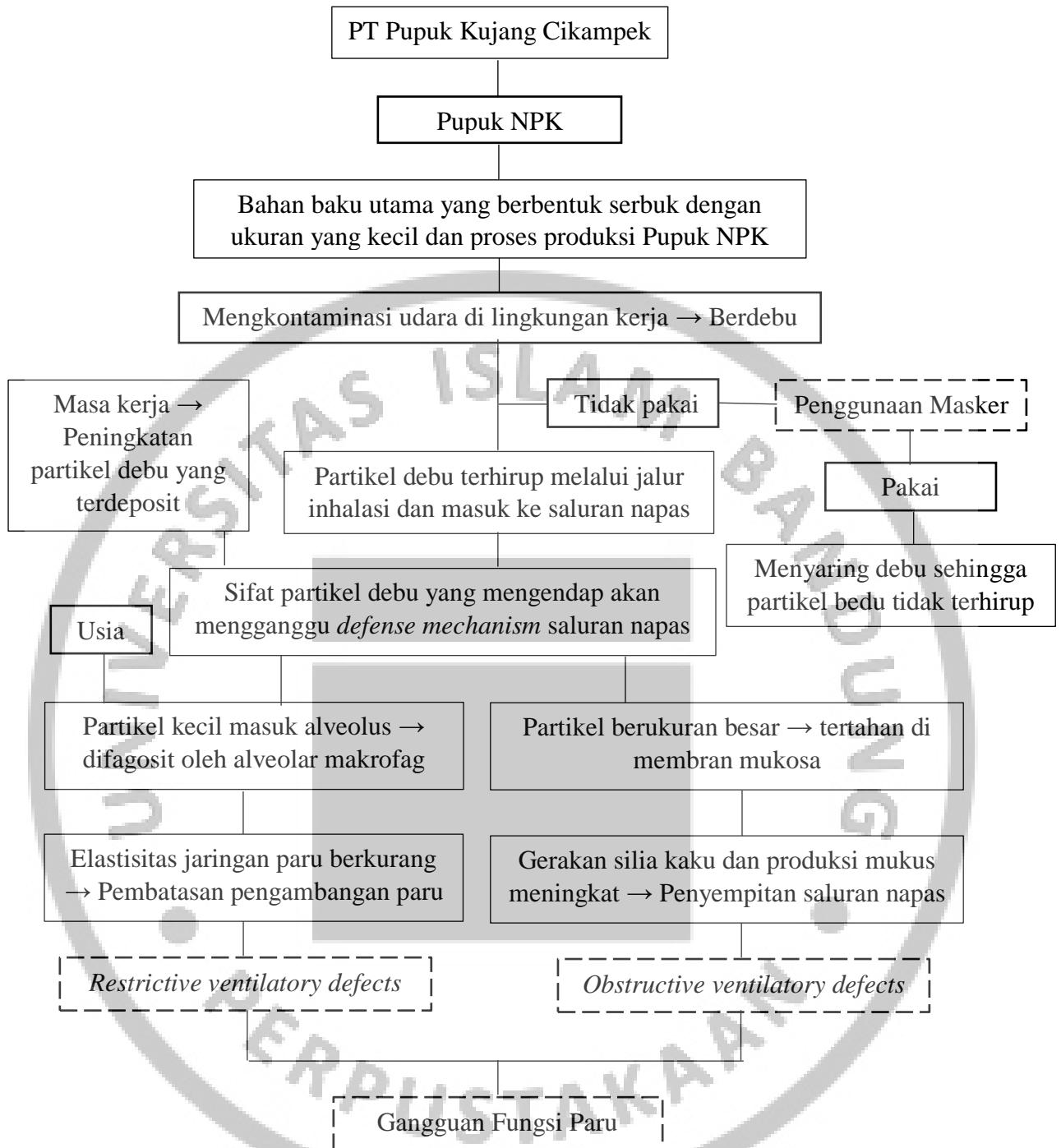
2. *Restrictive ventilatory defects*, adalah kondisi saat terjadinya hambatan dalam pengembangan paru sehingga mempengaruhi kerja pernapasan. Ditandai dengan penurunan FVC ( $< 80\%$ ), FEV1 yang normal/mengalami penurunan dan rasio FEV1/FVC ( $> 70\%$ ).
3. *Mixed ventilatory defect*, adalah kondisi kombinasi antara gangguan obstruktif dan restriktif. Ditandai dengan terjadinya penurunan pada FVC ( $< 80\%$ ), FEV1 ( $< 80\%$ ) dan rasio FEV1/FVC ( $< 70\%$ ).

## 2.2 Kerangka Pemikiran

Semakin pesat perkembangan industri maka akan memiliki potensi yang dapat mempengaruhi kesehatan tenaga kerja. Salah satu industri yang sedang berkembang saat ini adalah PT. Pupuk Kujang merupakan industri pupuk di Cikampek yang menghasilkan berbagai jenis pupuk yang diproduksi di beberapa pabrik sesuai dengan jenis pupuknya. Pabrik NPK merupakan pabrik menghasilkan Pupuk NPK, memiliki resiko terhadap paparan partikel debu berbahaya karena bahan baku utama yang digunakan dalam produksi Pupuk NPK seperti *urea*, *diammonium phosphate*, *phosphate*, *potasium chloride*, dan tanah liat memiliki bentuk serbuk dengan ukuran partikel yang kecil selain itu beberapa proses produksi yang menyebabkan udara dalam lingkungan kerja terkontaminasi oleh partikel-partikel yang berasal dari bahan baku Pupuk NPK sehingga menyebabkan kondisi pabrik menjadi berdebu. Salah satu upaya yang dapat mengurangi terhirupnya partikel-partikel berbahaya dengan penggunaan masker.

Masker berfungsi untuk mengurangi polutan yang masuk lewat rongga pernapasan dengan cara menyaring debu yang melayang di udara. Bila tidak menggunakan masker maka partikel debu yang berasal dari bahan baku pembuatan pupuk akan terhirup melalui jalur inhalasi lalu memasuki saluran pernapasan dan terdeposit di saluran pernapasan. Partikel yang masuk ke saluran pernapasan akan terjatuh di lapisan membran mukosa dan terdorong keluar oleh gerakan silia. Partikel debu cenderung bersifat mengendap sehingga akan mengganggu *defense mechanism* pada saluran napas yang menyebabkan pergerakan silia terganggu menjadi lambat atau kaku dan produksi lendir meningkat sehingga menyebabkan penyempitan pada saluran pernapasan, akibatnya terjadilah hambatan aliran udara (*Obstructive ventilatory defects*).

Selain akibat partikel debu yang terhirup, faktor usia dan masa kerja juga dapat mempengaruhi fungsi paru. Semakin bertambahnya usia akan menyebabkan fungsi elastisitas jaringan paru berkurang. Sifat elastisitas paru cenderung menurun setelah usia 25 tahun dan penurunan ini terlihat nyata setelah usia 30 tahun sehingga kekuatan bernafas menjadi lemah, akibatnya volume udara pada saat pernafasan akan menjadi lebih sedikit karena adanya pembatasan pada pengembangan paru (*Restrictive ventilatory defects*). Demikian pula, bagi tenaga kerja yang bekerja dengan paparan debu selama bertahun-tahun akan mengalami kelainan paru karena terjadi penambahan usia dan peningkatan jumlah partikel debu yang terdeposit sehingga memungkinkan terjadinya gangguan fungsi paru.



**Gambar 2. 4 Bagan Kerangka Pemikiran**

Keterangan :

- - - - - variabel yang diteliti