

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Keracunan**

Racun adalah suatu zat yang ketika tertelan, terhisap, diabsorpsi, menempel pada kulit, atau dihasilkan di dalam tubuh dalam jumlah yang relatif kecil dapat mengakibatkan cedera dari tubuh dengan adanya reaksi kimia. Racun merupakan zat yang bekerja pada tubuh secara kimiawi dan fisiologik yang dalam dosis toksik akan menyebabkan gangguan kesehatan atau mengakibatkan kematian. Racun dapat diserap melalui pencernaan, hisapan, intravena, kulit, atau melalui rute lainnya. Reaksi dari racun dapat seketika itu juga, cepat, lambat atau secara kumulatif.<sup>11</sup>

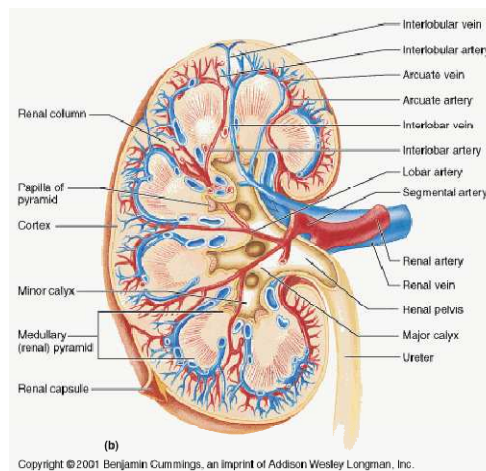
Sedangkan definisi keracunan atau intoksikasi menurut WHO adalah kondisi yang mengikuti masuknya suatu zat psikoaktif yang menyebabkan gangguan kesadaran, kognisi, persepsi, afek, perilaku, fungsi, dan respon psikofisiologis. Sumber lain menyebutkan bahwa keracunan dapat diartikan sebagai masuknya suatu zat ke dalam tubuh yang dapat menyebabkan ketidaknormalan mekanisme dalam tubuh bahkan sampai dapat menyebabkan kematian.<sup>12</sup>

#### **2.2 Ginjal**

Ginjal merupakan organ utama untuk membuang produk sisa metabolisme yang tidak diperlukan lagi oleh tubuh. Produk-produk ini meliputi urea (dari metabolisme asam amino), Kreatinin (dari kreatin otot), asam urat (dari asam nukelat).<sup>7</sup>

### 2.2.1 Anatomi Ginjal

Ginjal terletak dibagian belakang abdomen atas, dibelakang peritonium (retroperitoneal), didepan dua kosta terakhir dan tiga otot-otot besar (transversus abdominis, kuadratus lumborum dan psoas mayor) di bawah hati dan limpa. Di bagian atas (*superior*) ginjal terdapat kelenjar adrenal (juga disebut *kelenjar suprarenal*). Kedua ginjal terletak di sekitar vertebra T12 hingga L3. Ginjal pada orang dewasa berukuran panjang 11-12 cm, lebar 5-7 cm, tebal 2,3-3 cm, kira-kira sebesar kepalan tangan manusia dewasa. Berat kedua ginjal kurang dari 1% berat seluruh tubuh atau kurang lebih beratnya antara 120-150 gram.<sup>13</sup>



**Gambar 1. Ginjal<sup>7</sup>**

Ginjal Bentuknya seperti biji kacang, dengan lekukan yang menghadap ke dalam. Jumlahnya ada 2 buah yaitu kiri dan kanan, ginjal kiri lebih besar dari ginjal kanan dan pada umumnya ginjal laki-laki lebih panjang dari pada ginjal wanita. Ginjal kanan biasanya terletak sedikit ke bawah dibandingkan ginjal kiri

untuk memberi tempat lobus hepatis dexter yang besar. Ginjal dipertahankan dalam posisi tersebut oleh bantalan lemak yang tebal. Kedua ginjal dibungkus oleh dua lapisan lemak (lemak perirenal dan lemak pararenal) yang membantu meredam guncangan.<sup>13</sup>

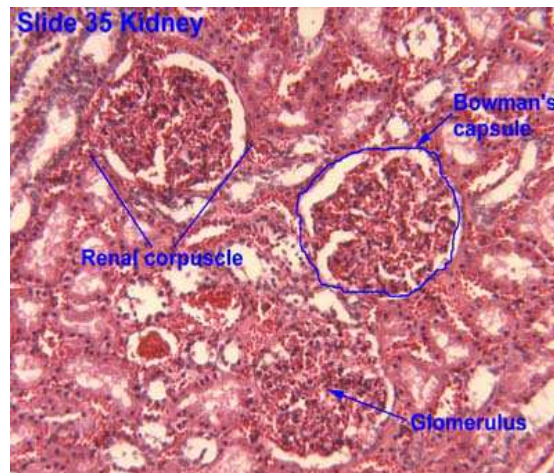
Setiap ginjal terbungkus oleh selaput tipis yang disebut kapsula fibrosa, terdapat cortex renalis di bagian luar, yang berwarna coklat gelap, dan medulla renalis di bagian dalam yang berwarna coklat lebih terang dibandingkan cortex. Bagian medulla berbentuk kerucut yang disebut pyramides renalis, puncak kerucut tadi menghadap kaliks yang terdiri dari lubang-lubang kecil disebut papilla renalis.<sup>7</sup>

Hilum adalah pinggir medial ginjal berbentuk konkaf sebagai pintu masuknya pembuluh darah, pembuluh limfe, ureter dan nervus. Pelvis renalis berbentuk corong yang menerima urin yang diproduksi ginjal. Terbagi menjadi dua atau tiga kaliks renalis majores yang masing-masing akan bercabang menjadi dua atau tiga kaliks renalis minores. Medulla terbagi menjadi bagian segitiga yang disebut piramid. Piramid-piramid tersebut dikelilingi oleh bagian korteks dan tersusun dari segmen-segmen tubulus dan duktus pengumpul nefron. Papila atau apeks dari tiap piramid membentuk duktus papilaris bellini yang terbentuk dari kesatuan bagian terminal dari banyak duktus pengumpul.<sup>7,13</sup>

### **2.2.2 Histologi Ginjal**

Ginjal terbentuk oleh unit yang disebut nefron yang berjumlah 1-1,2 juta buah pada tiap ginjal. Nefron adalah unit fungsional ginjal. Setiap nefron terdiri

dari kapsula bowman, tumbai kapiler glomerulus, tubulus kontortus proksimal, lengkung henle dan tubulus kontortus distal, yang mengosongkan diri ke ductus pengumpul.<sup>7</sup>



**Gambar 2. Histologi ginjal<sup>13</sup>**

Unit nephron dimulai dari pembuluh darah halus / kapiler, bersifat sebagai saringan disebut Glomerulus, darah melewati glomerulus/ kapiler tersebut dan disaring sehingga terbentuk filtrat (urin yang masih encer) yang berjumlah kira-kira 170 liter per hari, kemudian dialirkan melalui pipa/saluran yang disebut Tubulus. Urin ini dialirkan keluar ke saluran Ureter, kandung kencing, Kemudian keluar melalui uretra. Nefron berfungsi sebagai regulator air dan zat terlarut (terutama elektrolit) dalam tubuh dengan cara menyaring darah, kemudian mereabsorpsi cairan dan molekul yang masih diperlukan tubuh. Molekul dan sisa cairan lainnya akan dibuang. Reabsorpsi dan pembuangan dilakukan menggunakan mekanisme pertukaran lawan arus dan kotranspor. Hasil akhir yang kemudian diekskresikan disebut urin.<sup>7</sup>

Pada umumnya dengan paparan rendah terjadi perubahan fisiologis dari tubulus proksimal, namun pada paparan dosis tinggi perubahan morfologi juga dapat terjadi. Terdapat dua perubahan morfologi yang sering terjadi pada ginjal adalah perubahan morfologi yang reversibel dan ireversibel. Perubahan reversibel antara lain adalah degenerasi sel tubulus, inflamasi sel tubulus dan terbentuknya cast, sedangkan perubahan ireversibel dari sel tubulus antara lain adalah atrofi atau dilatasi lumen, fibrosis sel tubulus, dan yang paling berat adalah nekrosis sel tubulus. Perubahan ireversibel biasanya ditandai dengan hilangnya *brush border*.<sup>13</sup>

### **2.2.3. Vaskularisasi ginjal**

Arteri renalis dicabangkan dari aorta abdominalis kira-kira setinggi vertebra lumbalis II. Vena renalis menyalurkan darah ke dalam vena kava inferior yang terletak disebelah kanan garis tengah. Saat arteri renalis masuk ke dalam hilus, arteri tersebut bercabang menjadi arteri interlobaris yang berjalan diantara piramid selanjutnya membentuk arteri arkuata kemudian membentuk arteriola interlobularis yang tersusun paralel dalam korteks. Arteri interlobularis ini kemudian membentuk arteriola aferen pada glomerulus. Glomeruli bersatu membentuk arteriola aferen yang kemudian bercabang membentuk sistem portal kapiler yang mengelilingi tubulus dan disebut kapiler peritubular. Darah yang mengalir melalui sistem portal ini akan dialirkan ke dalam jalinan vena selanjutnya menuju vena interlobularis, vena arkuata, vena interlobaris, dan vena renalis untuk akhirnya mencapai vena cava inferior. Ginjal dilalui oleh sekitar 1200 ml darah per menit suatu volume yang sama dengan 20-25% curah jantung (5000

ml/menit) lebih dari 90% darah yang masuk keginjal berada pada korteks sedangkan sisanya dialirkan ke medulla. Sifat khusus aliran darah ginjal adalah autoregulasi aliran darah melalui ginjal arteriol afferen mempunyai kapasitas intrinsik yang dapat merubah resistensinya sebagai respon terhadap perubahan tekanan darah arteri dengan demikian mempertahankan aliran darah ginjal dan filtrasi glomerulus tetap.<sup>7,13,14</sup>

#### **2.2.4 Persarafan Pada Ginjal**

Ginjal mendapat persarafan dari nervus renalis (vasomotor), saraf ini berfungsi untuk mengatur jumlah darah yang masuk kedalam ginjal, saraf ini berjalan bersamaan dengan pembuluh darah yang masuk ke ginjal.<sup>15</sup>

#### **2.2.5 Fisiologi Ginjal**

Unit fungsional dari ginjal adalah tubulus urinarius, yang merupakan struktur kompleks yang memodifikasi cairan yang melewatinya menjadi urine sebagai hasil akhir. Unit ini dapat dibagi menjadi nefron dan tubulus kolektif, dimana dalam satu ginjal terdapat sekitar 1.3 juta nefron. Perdarahan ginjal melalui arteri dan vena renalis yang akan berlanjut sebagai arteri afferen dari ginjal. Dari arteri afferen berlanjut sebagai vena renalis. Filtrat dari hasil penyaringan di glomerulus akan masuk ke dalam tubulus ginjal (tubulus proximal, loop Henle, dan tubulus distal), dan berlanjut masuk ke tubulus kolektif. Tubulus proksimal merupakan bagian ginjal yang aktif pada aktifitas absorpsi maupun sekresi dengan panjang sekitar 14 cm dan diameter lumen 60  $\mu$ m, maka dari itu tubulus proksimal sering mendapatkan paparan tertinggi dari zat toksik. Tubulus

proksimal juga disebutkan memiliki daya regenerasi yang mencakup 3 proses besar yaitu migrasi, proliferasi, dan pengembalian fungsi fisiologis. Proses migrasi berguna untuk menyingkirkan sel yang rusak dan digantikan dengan sel yang baru (proliferasi), proses ini berlangsung sekitar 7 hari, lalu terjadi pengembalian daya dan fungsi yang sama dengan sel normal sebelumnya (pengembalian fungsi fisiologis) yang berlangsung kurang lebih 6 hari. Namun daya regenerasi ini dapat berkurang dengan berjalannya replikasi sel dikarenakan adanya kesalahan replikasi dalam pembentukan enzim untuk menempel pada basal membran yang berfungsi sebagai pencegah apoptosis, atau terjadi kerusakan sel yang irreversibel.<sup>14</sup>

#### **2.2.6. Fungsi Ginjal<sup>14</sup>**

- a) Memegang peranan penting dalam pengeluaran zat-zat toksis atau racun,
- b) Mempertahankan keseimbangan cairan tubuh,
- c) Mempertahankan keseimbangan kadar asam dan basa dari cairan tubuh
- d) Mengeluarkan sisa-sisa metabolisme akhir dari protein ureum, kreatinin dan amoniak.
- e) Mengaktifkan vitamin D untuk memelihara kesehatan tulang.
- f) Produksi hormon yang mengontrol tekanan darah.
- g) Produksi Hormon Erythropoietin yang membantu pembuatan sel darah merah.

#### **2.2.7 Penyakit pada Ginjal**

Pyelonephritis adalah Infeksi dan peradangan jaringan ginjal dan renal pelvis (ruang yang terbentuk dari perluasan ujung atas ureter tubulus yang

menyalurkan urin ke kandung kemih). Infeksi ini biasanya disebabkan karena bakteri. Kelainan ginjal yang paling sering terjadi, pyelonephritis dapat menjadi kronis dan akut.<sup>14</sup>

Pyelonephritis yang sudah akut biasanya menyerang satu daerah pada ginjal, dan tidak menyerang bagian yang lain. Pada banyak kasus, pyelonephritis dapat berkembang tanpa adanya penyebab yang jelas. Gangguan pada aliran darah atau urin, dapat membuat ginjal lebih mudah terserang infeksi, dan penumpukan kotoran pada ujung urethra juga diperkirakan meningkatkan kasus penyakit pada bayi (urethra merupakan saluran urin dari kandung kemih keluar). Wanita dapat mengalami cedera saluran kencing pada saat berhubungan atau kehamilan, dan kateterisasi (pengeluaran urin secara mekanik) dapat menyebabkan infeksi.<sup>14</sup>

Glomerulonephritis, ditandai dengan peradangan sebagian glomeruli ginjal. Kondisi ini dapat terjadi ketika sistem imun tubuh lumpuh. Antibodi dan zat-zat lainnya membentuk partikel dalam aliran darah yang terjebak dalam glomeruli. Hal ini menyebabkan peradangan dan membuat glomeruli tidak dapat bekerja dengan baik. Gejala dari penyakit ini bisa termasuk darah dalam urin, pembengkakan jaringan tubuh, dan adanya protein dalam urin, dalam hasil tes laboratorium. Glomerulonephritis bisa sembuh sendiri tanpa pengobatan. Jika pengobatan diperlukan, dapat dilakukan diet khusus, obat-obatan pencegah kekebalan (immunosuppressant), atau plasmapheresis (pemisahan plasma dari darah), suatu prosedur untuk membuang bagian darah yang mengandung antibodi.<sup>13-14</sup>



Glomerulonephritis merupakan kelainan yang dikenal dengan nephritis, atau penyakit Bright. Bagian utama yang terserang penyakit ini adalah pembuluh darah dalam bongkah glomerular. Imbuhan “-itis” menandakan luka peradangan, dan glomerulonephritis memang berhubungan dengan infeksi, dalam arti kata sempit, penyakit ini menyerang setelah adanya infeksi bakteri streptococcal dan kemudian semakin berat karena berbagai macam infeksi lainnya. Namun demikian, terdapat bukti yang meyakinkan bahwa glomerulonephritis bukan merupakan penyakit yang menyerang ginjal secara langsung karena satu penyebab infeksi. Penyakit ini lebih kepada kelainan sistem kekebalan tubuh, dimana pembentukan antibodi sebagai respon dari adanya protein asing (antigen) ditempat lain dalam tubuh. Hal ini mengakibatkan terbentuknya antigen-antibodi kompleks yang tersangkut dalam bongkah glomerular atau pada sedikit kasus, antigen ini menumpuk pada dinding kapiler glomerular.<sup>13-14</sup>

Pada tiap kasus, antibodi atau antigen-antibodi kompleks mencapai ginjal melalui sirkulasi, dan mekanisme ini disebut sebagai penyakit sirkulasi kompleks. Batu Ginjal Disebut juga Renal Calculus, plural Renal Calculi, terkumpulnya mineral dan benda organik yang terbentuk dalam ginjal. Ada batu yang menjadi demikian besar yang melumpuhkan fungsi ginjal. Urin mengandung banyak garam dalam bentuk larutan dan jika konsentrasi garam mineral menjadi berlebih, kelebihan garam ini mengendap menjadi partikel padat disebut batu ginjal. Batu ginjal diklasifikasikan sebagai primer jika batu tersebut terbentuk tanpa ada sebab yang jelas seperti infeksi atau penyumbatan. Diklasifikasikan sekunder jika berkembang setelah adanya infeksi ginjal atau kelainan. Beberapa keadaan

memperbesar peluang terbentuknya batu ginjal. Baik itu berkurangnya volume cairan atau bertumpuknya mineral cukup membuat terganggunya keseimbangan yang sempurna antara cairan dan larutan yang ada dalam ginjal. Ketika batu mulai berkembang, biasanya ia akan terus tumbuh. Sebuah nukleus dari endapan garam urin bisa merupakan kumpulan bakteri, jaringan yang rusak, sel mati, atau keping darah kecil. Mineral menarik partikel dari luar dan membungkusnya. Pada saat batu bertambah besar, bagian permukaan dapat menjadi tempat bagi mineral lain dan kemudian bertambah besar. Batu ginjal yang lebih kecil dapat keluar dari badan dengan sendirinya meski akan menimbulkan rasa sakit. Batu yang lebih besar memerlukan pembedahan, atau dapat dipecah menjadi bagian-bagian kecil dengan gelombang suara dalam prosedur yang disebut ultrasonic lithotripsy.<sup>7,13-14</sup>

Gagal Ginjal Disebut juga Renal Failure, hilangnya sebagian atau keseluruhan fungsi ginjal. Gagal ginjal digolongkan menjadi akut (ketika serangannya tiba-tiba) atau kronis. Gagal ginjal akut berakibat pada berkurangnya volume urin, kadar zat-zat bernitrogen, potasium, sulfat, dan fosfat di atas normal dalam darah, dan rendahnya kadar sodium, kalsium, dan karbon dioksida darah yang juga jauh dibawah normal. Biasanya orang yang terkena ini sembuh dalam enam minggu atau kurang. Sebab dari gagal ginjal ini antara lain karena rusaknya tubulus didalam ginjal oleh obat-obatan atau larutan organik seperti karbon tetraklorida, aseton, dan etilen glikol, bersinggungan dengan senyawa logam seperti merkuri, timah, dan uranium. Gagal ginjal dapat pula disebabkan karena cedera fisik atau operasi besar yang membuat kehilangan banyak darah atau juga akibat penyakit yang merusak korteks (bagian luar) dari ginjal. Penyebab lainnya

adalah infeksi bakteri berat, diabetes yang merusak medula (bagian dalam) ginjal, dan karena kelebihan garam kalsium dalam ginjal. Tersumbatnya arteri ginjal, penyakit liver, dan tersumbatnya saluran kencing dapat mengakibatkan gagal ginjal akut; pada situasi yang jarang terjadi, gagal ginjal dapat terjadi tanpa gejala awal. Komplikasi yang timbul dari gagal ginjal termasuk gagal jantung, paru-paru berair, dan bertumbuhnya potasium dalam tubuh.<sup>7,13-14</sup>

Gagal ginjal kronis biasanya merupakan akibat dari penyakit yang sudah lama diidap oleh ginjal. Pada gagal ginjal kronis darah menjadi lebih asam dibandingkan biasanya dan dapat terjadi hilangnya kalsium dalam tulang. Kerusakan saraf dapat pula terjadi.<sup>13</sup>

### **2.2.8 Faktor yang mempengaruhi kerusakan ginjal**

Nefrotoksikasi ginjal dipengaruhi oleh berbagai hal dalam sistem tubuh manusia maupun hewan.

#### **a. Obat atau zat kimia toksik**

Ada beberapa jenis obat atau zat kimia yang dapat menyebabkan nefrotoksikasi, contohnya antara lain, *Acetaminophen* dosis tinggi dapat menyebabkan terjadinya nekrosis tubulus, obat Anti Inflamasi Non-Steroid (NSAID) menyebabkan nekrosis papiler, maupun Aminoglikoksida dapat menyebabkan gagal ginjal non oliguri.<sup>16-18</sup>

**b. Dosis**

Dosis obat atau zat kimia yang digunakan sangat berpengaruh pada tingkat kerusakan ginjal. Semakin tinggi dosis yang masuk ke dalam peredaran sistemik maka semakin besar pula kerusakan sel yang dapat terjadi.<sup>16-18</sup>

**c. Nutrisi**

Keadaan gizi dari seseorang berpengaruh terhadap timbulnya kerusakan pada sel-sel termasuk sel ginjal. Nutrisi diperlukan untuk menjaga keadaan fisiologis dari sel tersebut.<sup>16-18</sup>

**d. Usia**

Pada usia lanjut keadaan tubuh akan mengalami kemunduran, hal ini juga akan berpengaruh terhadap sel ginjal. Semakin tua seseorang maka akan semakin besar resiko terjadinya kerusakan sel ginjal.<sup>16-18</sup>

**e. Jenis Kelamin**

Jenis kelamin sangat berkaitan dengan proses hormonal di dalam tubuh, diduga hormone juga berpengaruh terhadap metabolisme maupun reaksi zat di dalam tubuh.<sup>16-18</sup>

**f. Penyakit**

Adanya penyakit penyerta atau penyakit pendahulu pada seseorang akan mengakibatkan terganggunya baik fisiologi maupun morfologi dari ginjal tersebut, sehingga akan memperberat kerusakan ginjal yang terjadi.<sup>16-18</sup>

### **g. Alkohol**

Konsumsi Alkohol yang berlebihan dalam jangka waktu yang panjang akan menyebabkan kerusakan pada sel ginjal. Dengan adanya paparan dari alkohol maka akan memperberat kerusakan ginjal yang terjadi.<sup>16-18</sup>

### **h. Stress**

Adanya stress pada organ ginjal akan dapat mengakibatkan kerusakan pada sel-sel ginjal. Sehingga adanya stres sebelum pemaparan akan memperberat kerusakan ginjal.<sup>16-18</sup>

## **2.3 Boraks**

Boraks berasal dari bahasa Arab yaitu Bouraq. Merupakan kristal lunak lunak yang mengandung unsur boron, berwarna dan mudah larut dalam air. Boraks merupakan garam Natrium  $\text{Na}_2 \text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  yang banyak digunakan dalam berbagai industri non pangan khususnya industri kertas, gelas, pengawet kayu, dan keramik. Jika terlarut dalam air akan menjadi natrium hidroksida dan asam borat ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ).<sup>19</sup>

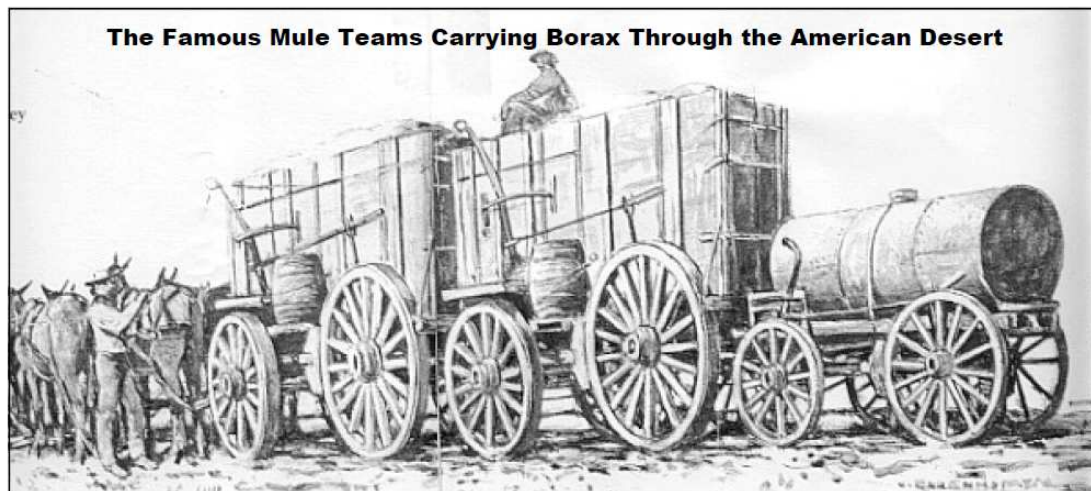


**Gambar 3. Boraks**<sup>16</sup>

### 2.3.1 Sejarah Boraks

Boraks telah digunakan selama ribuan tahun di China dan negara-negara Timur Tengah. Di daerah-daerah tersebut, boraks masih sering digunakan sebagai pengawet makanan, bahan pembersih, dan sebagai antiseptik. Diperkirakan bahwa boraks digunakan di China sekitar 900 SM untuk pengilap kaca, Di waktu yang sama boraks digunakan di Arab sebagai bahan finishing emas. Marco polo dianggap berperan dalam meluasnya penggunaan boraks, karena membangun rute perdagangan yang segera membawa boraks ke Eropa.<sup>20</sup>

Kristal boraks buatan manusia pertama dibuat pada tahun 1792 oleh Wilhelm Homberg yang merupakan boraks dengan campuran dan mineral asam dengan air. Air menguap meninggalkan kristal boraks dan sering disebut “Garam Rhomberg”. Peneliti Eropa segera menemukan sifat senyawa tersebut sebagai antiseptik ringan dan dapat digunakan untuk mencuci mata. Deposit boron Turki, yang dikenal sejak abad ke-13, mulai ditambang besar-besaran pada tahun 1861. Deposit boraks pada tahun 1870-an ditemukan di Nevada dan Death Valley, California. Saat itu dikenal dengan tim 20 keledai yang membawa boron mengarungi gurun di Amerika.<sup>20</sup>



**Gambar 4. Tim 20 Keledai yang membawa Boron<sup>20</sup>**

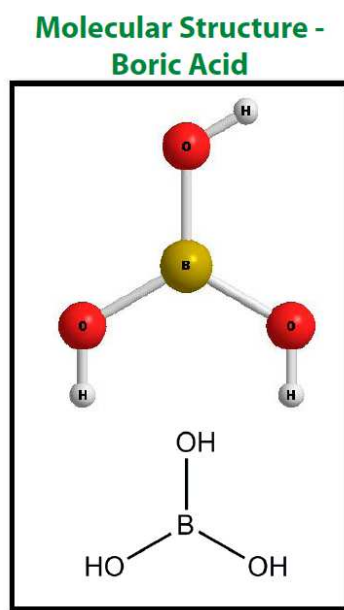
### **2.3.2 Sifat Fisik**

Boraks adalah serbuk kristal putih padat yang tidak berbau, larut dalam air, air panas dan glycerol dan tidak larut dalam alkohol berwarna putih atau tidak berwarna. Nama lain dari boraks Natrium Tetraboras, Natrium Borium, Purified Borax, Sodium Biborat atau Pyroborate, Sodium Borate dan Sodium Tetraborat.<sup>3,19</sup>

### **2.3.3 Sifat Kimia**

Boraks atau Natrium tetraborat ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) memiliki berat molekul 381,37 pH 9,5-9,20 dan kelarutan boraks berkisar 62,5g/L pada suhu 25°C. Jarak lebur sekitar 171°C. Larut dalam 18 bagian air dingin, 4 bagian air mendidih, 5 bagian gliserol 85%, dan tidak larut dalam eter. Kelarutan dalam air bertambah dengan penambahan asam klorida, asam sitrat atau asam tartrat. Mudah menguap dengan pemanasan dan kehilangan satu molekul airnya pada suhu 100°C yang

secara perlahan berubah menjadi asam metaborat ( $\text{HBO}_2$ ). Asam borat merupakan asam lemah dengan garam alkalinnya bersifat basa, mempunyai bobot molekul 61,83 berbentuk serbuk halus kristal transparan atau granul putih tak berwarna dan tak berbau serta agak manis.<sup>3,4,19</sup>



**Gambar 5. Struktur molekul Boraks<sup>3</sup>**

#### **2.3.4 Penggunaan Boraks**

Kegunaan boraks yang sebenarnya adalah sebagai zat antiseptika (zat yang menghambat pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme). Pemakaiannya dalam obat biasanya dalam salep, bedak, larutan kompres, obat oles mulut, bahkan juga untuk pencuci mata. Boraks juga digunakan sebagai bahan solder, bahan pembersih, pengawet kayu dan antiseptik kayu.<sup>20</sup>



#### **2.3.4.1 Farmasi dan Kosmetik**

Boraks merupakan antiseptik ringan serta asam ringan yang menghambat pertumbuhan mikroorganisme pada permukaan eksternal tubuh. Umumnya digunakan dalam cairan lensa kontak, desinfektan mata, obat vagina, bedak bayi, preparat antipenuaan dan preparat lain yang mempunyai fungsi serupa.<sup>20</sup>

#### **2.3.4.2 Suplemen nutrisi**

Boraks dan senyawa boraks lainnya semakin sering digunakan untuk suplemen gizi sebagai sumber boron. Diperkirakan bahwa boron memiliki peran dalam kesehatan tulang dan sendi serta memiliki efek mengurangi gejala arthritis. Penting untuk dicatat bahwa efek kesehatan dari boraks dan suplemen yang berbahan dasar boraks didasarkan pada studi yang sangat baru dan atau hanya didasarkan pada klaim –klaim produsen dari suplemen. Tidak boleh dianggap bahwa boraks harus langsung dicerna sebagai suplemen atau karena alasan lainnya.<sup>20</sup>

#### **2.3.4.3 Plastik dan Tekstil**

Digunakan sebagai pelapis dan produk industri lainnya juga mengandung boraks untuk memperkuat kemampuan menahan paparan api.<sup>20</sup>

#### **2.3.4.4 Kaca dan Fiberglass**

Kaca mengandalkan boraks dan boros sejenis lainnya untuk meningkatkan ketahanan suhu dan ketahanan kimia kaca. Bola lampu halogen, ovenware, perangkat kaca microwaveable, gelas laboratorium, dan banyak barang kaca sehari-hari disempurnakan dengan penambahan boraks. Boraks juga membantu

dalam proses fiberization dari fiberglass, digunakan dalam ski, papan sirkuit, dan aplikasi lain yang sejenis.<sup>20</sup>

#### **2.3.4.5 Pengawet kayu dan pengendalian hama**

Boraks digunakan untuk mengontrol jamur dan serangga jamur adalah tanaman yang tidak mengandung klorofil dan harus mengambil sumber makanan dari luar (seperti selulosa kayu). Senyawa boron menghambat pertumbuhan jamur dan telah terbukti merupakan pengawet kayu yang baik. Demikian pula, boraks digunakan dalam kolam renang dan spa sebagai pengganti kloring yang lebih lembut.<sup>20</sup>

Boraks adalah zat alami, dan sangat populer sebagai pengontrol serangga. Tidak seperti semprotan untuk membunuh lebah atau semut, boraks tidak membunuh serangga karena kontak dengan bahan kimia. Sebaliknya, ia bertindak sebagai pengering yang membuat dehidrasi serangga yang kemudian menyebabkan retakan kecil atau celah di eksoskeleton mereka. Keasinan boraks juga mengganggu metabolisme elektrolitik serangga yang sangat sederhana.<sup>20</sup>

#### **2.3.4.6 Penggunaan boraks dalam makanan**

Saat ini, kasus keracunan makanan bukan hal yang asing. Berdasarkan hasil investigasi dan pengujian laboratorium yang dilakukan Balai Besar Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM) di Jakarta, ditemukan sejumlah produk makanan yang berformalin dan boraks tidak hanya ditemukan di sejumlah pasar tradisional, tetapi sering pula ditemukan di berbagai supermarket di berbagai wilayah di tanah air. Padahal perlu kita ketahui bahwa penggunaan boraks umumnya untuk pembersih dan insektisida yang bersifat toksik atau beracun untuk manusia.

Adanya bahan aditif dan pengawet berbahaya dalam makanan ini sebenarnya sudah lama menjadi rahasia umum. Akan tetapi, masalah klasik tersebut seringkali muncul menjadi pembicaraan hangat dengan kembali ditemukannya sebagai pengawet tersebut pada berbagai jenis bahan makanan yang dikonsumsi sehari-hari.<sup>19</sup>

#### **2.3.4.7 Penggunaan lainnya**

Boraks umumnya digunakan dalam metalurgi sebagai pengeras dan memperlambat paduan baja serta untuk membantu dalam pelapisan logam. Digunakan dalam pelapis keramik dan enamel, bahan perekat, sebagai pelumas, dan dalam banyak produk industri lainnya.<sup>20</sup>

### **2.4 Toksikinetik Boraks**

#### **2.4.1 Absorpsi**

Absorpsi dari boraks umumnya dapat melalui jalur saluran pernafasan, saluran pencernaan dan kulit yang terluka.<sup>3-5</sup>

##### **a. Saluran Pencernaan**

Dari beberapa studi yang dilakukan boraks umumnya diabsorpsi secara baik melalui saluran pencernaan, umumnya boraks akan diabsorpsi secara cepat dalam saluran cerna yaitu >90% boraks yang masuk secara oral akan diabsorpsi melalui saluran cerna dalam waktu 3 jam dan akan terabsorpsi secara lengkap 24 jam.<sup>3-5</sup>

##### **b. Saluran Pernafasan**

Boraks dapat diabsorpsi melalui saluran pernafasan, dan umumnya jumlah inhalasi boraks melalui saluran pernafasan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor

misalnya kapasitas reservoir di saluran nafas bagian atas dan sistem pernafasan di saluran nafas berupa sistem mukosilier.<sup>3-5</sup>

#### c. Kulit

Dari studi yang dilakukan terhadap manusia boraks tidak dapat diabsorpsi melalui kulit yang utuh, walaupun didapatkan bukti bahwa boraks dapat diabsorpsi melalui kulit apabila terjadi kerusakan pada kulit.<sup>3-5</sup>

### **2.4.2 Distribusi**

Dari studi yang dilakukan terhadap binatang didapatkan bahwa distribusi dari senyawa boraks adalah dalam bentuk asam borat yang tidak terdisosiasi dan akan terdistribusi pada semua jaringan. Terutama distribusi dari boraks adalah di tulang dimana konsentrasinya bisa mencapai 2-3 kali lipat dari konsentrasi di plasma dan jaringan adiposa dimana konsentrasinya mencapai 20% dari plasma.<sup>3-5</sup>

### **2.4.3 Metabolisme**

Boraks umumnya tidak dimetabolisme di dalam tubuh, hal ini disebabkan oleh karena diperlukan energi yang besar (523kJ/Mol) untuk memecah ikatan antara oksigen dengan boron.<sup>3-5</sup>

### **2.4.4 Ekskresi**

Boraks umumnya akan diekskresikan 90% melalui urine dalam bentuk yang tidak dimetabolisir. Waktu paruh dari senyawa kimia boraks adalah sekitar 20 jam, namun pada kasus dimana terjadi konsumsi dalam jumlah yang besar maka waktu eliminasi senyawa boraks akan terbentuk bifasik yaitu 50% dalam 12

jam serta 50% lainnya akan diekskresikan dalam waktu 1-3 minggu. Selain dieksresi melalui urine, boraks juga diekskresikan dalam jumlah yang minimal melalui saliva, keringat dan feces.<sup>3-5</sup>

## **2.5 Intoksikasi Boraks**

### **2.5.1 Intoksikasi akut**

Umumnya intoksikasi akut pada senyawa boraks mempunyai waktu laten yaitu umumnya dibutuhkan waktu beberapa jam untuk menimbulkan gejala-gejala keracunan boraks. Boraks memiliki dosis lethal ( $LD_{50}$  untuk orang dewasa adalah 15-20gram,  $LD_{50}$  untuk anak-anak adalah 5gram dan  $LD_{50}$  untuk bayi adalah 1-3gram).<sup>3-4</sup>

#### Gejala intoksikasi akut boraks :

1. Gejala saluran pencernaan : mual,muntah,nyeri perut, dan diare.
2. Gejala neurologis : nyeri kepala,halusinasi,tremor dan kejang.
3. Gejala sistem urinarius : menimbulkan gagal ginjal akut (ATN / Acute Tubular Necrosis) sehingga dapat meyebabkan oliguria sampai anuria.
4. Gejala pada sistem intergumentum : pada konsumsi boraks dalam dosis tinggi secara oral dapat menimbulkan erythema pada kulit wajah, telapak tangan, telapak kaki, daerah bokong dan skrotum dalam waktu 24 jam, kemudian diikuti proses deskuamasi atau dermatitis eksfoliatif setelah 1-2 hari timbul perubahan warna gejala tersebut mirip penyakit Ritter's Syndrome.
5. Gejala intoksikasi akut yang berat : umumnya akan menimbulkan gangguan neurologis yang berat (penurunan kesadaran sampai koma) bahkan sampai

meninggal. Umumnya pada pasien yang meninggal akibat intoksikasi akut boraks ditemukan adanya edema serebri, gagal ginjal akut akibat ATN dan hepatitis.

### **2.5.2 Intoksikasi kronik**

#### **1. Gejala intoksikasi kronik pada saluran pernafasan**

Gejala intoksikasi kronik saluran pernafasan berupa iritasi saluran pernafasan seperti rhinitis dan umumnya gejala iritasi pada saluran bersifat transient tidak bersifat menetap.<sup>3-5</sup>

#### **2. Gejala intoksikasi kronik pada saluran pencernaan**

Gejala intoksikasi kronik pada saluran pencernaan berupa gejala mual, muntah, nyeri perut, kadang-kadang terdapat perubahan warna lidah, menjadi kemerahan (red glossy tongue) dan sering mengalami sariawan yang berulang.<sup>3-5</sup>

#### **3. Gejala intoksikasi kronik pada sistem neurologis**

Gejala intoksikasi kronik sistem neurologis dapat berupa letargi. Tremor, kejang dan penurunan kesadaran sampai terjadinya koma.<sup>3-5</sup>

#### **4. Gejala intoksikasi kronik pada sistem intergumentum**

Gejala intoksikasi kronik sistem intergumentum dapat berupa erythema pada kulit bahkan sampai terjadi ulseratif, bahkan dapat menyebabkan rontoknya rambut sampai terjadi alopesia.<sup>3-5</sup>

#### **5. Gejala intoksikasi kronik pada sistem imunologik**

Gejala intoksikasi kronik pada sistem imunologik berupa gangguan

proliferasi dari sel limfosit sehingga dapat menimbulkan kerentanan terhadap infeksi.<sup>3-5</sup>

#### 6. Gejala intoksikasi kronik pada sistem endokrin

Pada penelitian yang dilakukan pada tikus percobaan gejala kronik pada sistem endokrin berupa gangguan pada sistem endokrin berupa gangguan pada hormon LH (Luteinizing Hormon) dan FSH (Folikel Stimulation Hormone) sehingga dapat mengganggu kesuburan, namun efek tersebut masih dalam tahap penelitian oleh US. EPA.<sup>3-5</sup>

#### 7. Gejala intoksikasi pada sistem reproduksi

Pada hasil percobaan yang dilakukan pada tikus percobaan didapatkan hasil bahwa tikus jantan didapatkan adanya gangguan spermatogenesis, hal ini diduga karena sel sertoli yang terdapat pada testis merupakan salah satu target organ pada senyawa boraks dan tikus betina didapatkan adanya gangguan ovulasi, akibat terganggunya *hipothalamus-pituitary axis*.<sup>3-5</sup>

#### 8. Efek reproduktif dan teratogenik pada intoksikasi kronik

Efek terhadap sistem reproduktif akibat intoksikasi kronik boraks yang didapat dari hasil penelitian terhadap tikus biasanya disebabkan oleh karena terganggunya hipothalamus pituitary axis yang menyebabkan gangguan ovulasi pada tikus betina serta degeneratif dari epitel spermatogenik atau sel sertoli, namun efek terhadap sistem reproduksi tersebut sangat bergantung pada dosis.<sup>3-5</sup>

## 9. Efek karsinogenik dan mutagenik

Dari hasil studi yang dilakukan selama 2 tahun pada binatang hasil percobaan tidak didapatkan adanya aktifitas karsinogenik yang disebabkan oleh senyawa boraks. Asam boraks dan boraks diklasifikasikan oleh US.EPA melalui carcinogen assessment guideline 2005 tidak bersifat karsinogenik pada manusia.<sup>3-5</sup>

### **2.6 Penilaian preparat mikroskopis ginjal**

Untuk menilai kerusakan dari tubulus proksimal pada penelitian ini perubahan histopatologis ginjal dinilai berdasarkan 1.) Lumen menyempit, 2.) Hilangnya brush border 3.) Protein cast dan 4.) Radang dilihat dalam 5 lapangan pandang dalam 1 ekor sampel tikus wistar. Ketiga kriteria tersebut merupakan sebagian kriteria Nekrosis Tubuler Akut pada tubulus ginjal.<sup>21</sup>