

## **BAB II**

### **KAJIAN TEORI**

#### **A. Pengertian Beban Kognitif**

Beban kognitif merupakan usaha mental yang harus dilakukan dalam memori kerja untuk memproses informasi yang diterima pada selang waktu tertentu (Plass, Moreno, dan Brunken, 2010 dalam Yohanes, 2016 hlm. 187). Pemrosesan informasi dalam kognitif manusia ini disebut teori pemrosesan informasi. Teori pemrosesan informasi mengatakan bahwa bagian utama dari sistem memori yang bekerja dalam memproses informasi adalah memori jangka pendek (*short-term memory*) dan memori jangka panjang (*long-term memory*) (slavin, 2009:216 dalam Yohanes, 2016 hlm. 187).

##### 1. Memori Jangka Pendek

Memori jangka pendek merupakan sistem memori berkapasitas terbatas dimana informasi hanya dapat dipertahankan 30 detik, kecuali informasi tersebut diulangi atau diproses lebih lanjut sehingga dapat bertahan lebih lama.

##### 2. Memori Jangka Panjang

Memori jangka panjang adalah tipe memori yang menyimpan banyak informasi dalam rentang waktu yang lama secara relatif permanen, maka informasi tersebut harus diproses lagi secara lebih mendalam.

#### **B. Komponen Beban Kognitif**

Teori beban kognitif merupakan teori yang pertama kali dikembangkan dalam dunia psikologi. Penerapannya dalam bidang pendidikan mulai mendapat banyak perhatian pakar pendidikan sejak tahun 1988. Sweller (1988) dalam Rahmat, 2014 hlm. 475 menyebutkan bahwa jika dalam suatu pembelajaran terdapat tugas-tugas yang membebani sistem kognitif siswa maka akan menimbulkan beban kognitif. Teori beban kognitif terdiri atas tiga komponen, diantaranya yaitu *Intrinsic Cognitive Load* (ICL), *Extraneous Cognitive Load* (ECL), dan *Germane Cognitive Load* (GCL). ICL berkaitan dengan pemrosesan internal dalam sistem

kognitif, sedangkan ECL berkaitan dengan usaha mental yang dilakukan seseorang. Kedua komponen ini sangat menentukan tinggi atau rendahnya GCL yang diperoleh siswa. Besarnya ICL dan ECL yang dimiliki seseorang sangat erat kaitannya dengan baik atau buruknya suatu strategi pembelajaran. Beban kognitif pada siswa dapat dikatakan turun atau rendah apabila pembelajaran dapat memfasilitasi siswa dalam mengatur ketiga komponen beban kognitif (Paas *et al*, 2003 dalam Rahmat, 2014 hlm. 476).

### **1. *Intrinsic Cognitive Load (ICL)***

*Intrinsic Cognitive Load (ICL)* merupakan beban yang terbentuk akibat kompleksitas materi ajar yang tinggi serta materi tersebut memiliki interkoneksi yang tinggi. Suatu strategi pembelajaran dapat dikatakan baik apabila ketika pembelajaran berlangsung, level ICL berada pada kategori cukup (Meissner & Bogner, 2013 dalam Rahmat, 2014 hlm. 476). *Intrinsic Cognitive load* dalam proses pembelajaran merupakan kemampuan menerima dan mengolah informasi siswa (MMI). Keberadaan ICL dapat ditelusuri dengan melakukan pengukuran terhadap kemampuan siswa dalam menganalisis informasi yang tersaji pada materi ajar. Beban kognitif intrinsik tidak dapat dimanipulasi karena sudah menjadi karakter dari interaktifitas elemen-elemen di dalam materi, sehingga beban kognitif intrinsik ini bersifat tetap. Semakin tinggi kemampuan siswa dalam menerima dan mengolah informasi, semakin rendah ICL yang dimiliki siswa tersebut. Rendahnya ICL ini sebagai akibat kapasitas memori kerja yang dimiliki siswa tersebut telah mencukupi untuk mengolah informasi yang diberikan, sehingga dapat membentuk skema-skema kognitif untuk disimpan dalam memori jangka panjang (Sweller, 2005 dalam Rahmat, 2014 hlm. 476). Jika materi pembelajaran berada dalam kapasitas memori kerja siswa, maka *intrinsic processing* (pemrosesan internal) akan berada dalam keadaan normal sehingga siswa menganggap bahwa pembelajaran yang disampaikan mudah dan siswa tidak merasa terbebani. Sebaliknya, apabila kemampuan siswa dalam mengolah informasi rendah maka siswa memiliki ICL yang tinggi. Keadaan ini menunjukkan bahwa kemampuan dalam mengolah informasi melewati memori kerjanya, sehingga peserta didik mengalami beban (Hindriana & Rahmat, 2014).

Besarnya memori kerja seseorang sangat ada hubungannya dengan pengetahuan awal yang telah dimiliki. Penggunaan pengetahuan awal bersama-sama dengan intelegensi yang optimal bermanfaat dalam memproses suatu informasi (*Pass et al, 2010* dalam Rahmat, 2014 hlm. 476). ICL diukur dengan menggunakan pertanyaan-pertanyaan analisis informasi yang menggambarkan suatu bentuk (*task complexity*), pertanyaan-pertanyaan tersebut dikemas dalam bentuk lembar kerja siswa (Bruenken et al, 2010 dalam Rahmat, 2014 hlm. 477).

## **2. *Extraneous Cognitive Load (ECL)***

*Extraneous Cognitive Load (ECL)* merupakan beban kognitif yang terbentuk akibat faktor lain dalam pembelajaran, selain dari materi ajar. Misalnya iklim kelas maupun strategi pembelajaran yang diberikan (Sweller, 2010 dalam Rahmat, 2014 hlm. 476). Meissner & Bogner (2013) dalam Rahmat, 2014 hlm. 476 mengungkapkan bahwa beban ini merupakan beban yang tidak berguna bagi pembelajaran, sehingga level keberadaannya seharusnya dikurangi. ECL dapat ditelusuri dengan pengukuran usaha mental karena usaha mental merupakan suatu usaha yang dilakukan selain menggunakan kapasitas sistem kognitif. Contoh nyata dari usaha mental dalam pembelajaran yaitu bertanya, mencontek dan menjawab asal. Semakin tinggi usaha mental yang dilakukan siswa maka semakin tinggi pula ECL nya. ECL atau usaha mental peserta didik diukur dengan menggunakan angket *subjective rating scale* menggunakan *skala Likert* (Bruenken et al, 2010 dalam Rahmat, 2014 hlm. 477).

Menurut Sweller *et al* (1998) dalam Merrienboer, terdapat faktor-faktor yang dapat membantu peningkatan kapasitas memori kerja sehingga menurunkan *Extraneous cognitive load*, diantaranya yaitu :

1. *Goal-Free effect*, merupakan suatu masalah konvensional yang diganti secara bebas diberikan kepada siswa.
2. *Worked Example effect*, merupakan suatu masalah konvensional yang diganti dengan contoh kerja sehingga siswa akan belajar sambil mempraktikan (belajar sambil bekerja).
3. *Completion Problem effect*, merupakan suatu masalah konvensional yang diganti dengan penyelesaian masalah dan pemberian solusi parsial dan harus di-

Selesaikan oleh peserta didik.

4. *Split Attention effect*, merupakan pengganti informasi yang banyak dengan mengintegrasikan text dan grafik, sehingga sumber informasi lebih terintegrasi.
5. *Modality effect*, merupakan pengganti informasi yang disampaikan dengan teks pada suatu layar dengan sebuah penyampaian presentasi agar memudahkan seseorang dalam memahami suatu informasi tersebut.
6. *Redundancy effect*, merupakan pengganti informasi yang bersifat mandiri dengan satu sumber informasi.

Menurut Sweller (2010) dalam Rahmat 2014, ICL dan ECL adalah dua dari tiga sumber beban kognitif dalam memori kerja. Beban kognitif didasarkan pada gagasan tentang kapasitas memori bekerja yang terbatas dan kapasitas memori jangka panjang yang luas seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

### C. Materi Sistem Ekskresi

Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar dalam Kurikulum KTSP (Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan 2004) menjadi acuan dalam penyampaian materi pembelajaran pada penelitian ini. Materi tentang sistem ekskresi merupakan salah satu materi yang disampaikan kepada siswa kelas XI semester 2. Pada tabel 2.1 disajikan Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar yang perlu dicapai oleh siswa dalam pembelajaran materi sistem ekskresi, yaitu sebagai berikut :

**Tabel 2.1 Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar  
pada materi Sistem Ekskresi**

| Standar Kompetensi  | Kompetensi Dasar  |
|---|---|
| 1. Menjelaskan struktur dan fungsi organ manusia dan hewan tertentu, kelainan/penyakit yang mungkin terjadi serta implikasinya pada salingtemas | 3.5 Menjelaskan keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses serta kelainan/penyakit yang dapat terjadi pada sistem ekskresi manusia dan hewan (misalnya pada ikan dan serangga) |

Materi sistem ekskresi yang dijadikan sebagai bahan penelitian mengacu kepada Standar Kompetensi (SK) dan Kompetensi Dasar (KD) sesuai dengan kurikulum KTSP 2004, oleh karena itu peneliti akan menganalisis apakah materi yang disampaikan dapat menimbulkan beban kognitif diantaranya *Intrinsic Cognitive Load* (ICL) dan *Extraneous Cognitive Load* (ECL) pada siswa berdasarkan dengan kurikulum KTSP 2004.

Tekkaya, Ozkan dan Sungur (2001) melakukan penelitian yang mengungkapkan bahwa sistem ekskresi merupakan salah satu materi atau konsep biologi yang sulit dipelajari oleh siswa di sekolah. Di dalam penelitiannya, Tekkaya *et al.*, mewawancarai 14 guru biologi terpilih untuk menentukan konsep-konsep biologi yang dianggap sulit dipahami oleh kebanyakan siswa. Dari hasil wawancara yang dilakukan, salah satu hasil wawancara menyatakan bahwa beberapa siswa mengalami kesulitan dalam mempelajari sistem ekskresi, terutama proses pembentukan urin pada ginjal.

Sistem ekskresi merupakan materi yang di dalamnya terdapat banyak konsep, mulai dari konsep yang abstrak hingga konsep yang kompleks. Selain dikarenakan banyaknya konsep pada sistem ekskresi, siswa dituntut untuk mengintegrasikan keterkaitan antara struktur jaringan penyusun organ dan fungsinya dengan tidak mengesampingkan proses dan mekanisme fisiologis yang terjadi. Menurut Lazarowis dan Penso (1992) proses dan mekanisme fisiologis tersebut merupakan salah satu faktor yang menyebabkan siswa kesulitan dalam memahami pelajaran biologi.

### **1. Pengertian Sistem Ekskresi**

Sistem ekskresi merupakan proses pengeluaran zat sisa metabolisme tubuh, seperti karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), amonia ( $\text{NH}_3$ ), zat warna empedu dan asam urat. Zat hasil metabolisme yang tidak diperlukan oleh tubuh akan dikeluarkan melalui alat ekskresi. Alat ekskresi yang dimiliki oleh makhluk hidup berbeda-beda. Semakin tinggi tingkatan makhluk hidup, semakin kompleks alat ekskresinya. Menurut Rumanta (2007) setiap saat di dalam tubuh makhluk hidup berlangsung proses biologis menghasilkan zat sisa yang tidak berguna bagi tubuh. Jika kadar zat-zat sisa tersebut di dalam tubuh berlebihan, maka akan

membahayakan tubuh kita sendiri. Oleh karena itu, diperlukan alat pengeluaran zat sisa metabolisme dari dalam tubuh. Proses pengeluaran zat sisa dari dalam tubuh dibagi menjadi 3 dan kaitannya sangat erat, diantaranya yaitu :

- a. Defekasi, yaitu proses pengeluaran sisa pencernaan makanan yang disebut feses. Zat yang dikeluarkan belum pernah mengalami metabolisme di dalam jaringan dan tidak pernah beredar ke seluruh tubuh.
- b. Sekresi, yaitu proses pengeluaran getah oleh kelenjar pencernaan ke dalam saluran pencernaan. Getah yang dikeluarkan masih berguna bagi tubuh dan umumnya mengandung enzim.
- c. Ekskresi, yaitu proses pengeluaran zat sisa metabolisme yang tidak berguna lagi bagi tubuh dan zat sisa metabolisme yang dikeluarkan merupakan zat yang pernah beredar diseluruh tubuh.

## **2. Alat-alat Eksresi pada Manusia**

Setiap hari tubuh kita menghasilkan kotoran dan zat sisa dari berbagai proses tubuh. Agar tubuh kita tetap sehat dan terbebas dari penyakit, maka kotoran dan zat sisa di dalam tubuh harus dibuang melalui alat-alat ekskresi. Alat-alat yang berperan dalam sistem ekskresi pada manusia yaitu berupa kulit, paru-paru, ginjal dan hati. Akan tetapi, yang ditekankan dalam penelitian ini hanya pada organ ginjal dan hati.

### **a. Kulit (*Integumen*)**

Syamsuri, (2003) menyatakan bahwa melalui kulit dikeluarkan zat sisa berupa keringat. Kulit terdiri atas tiga lapisan yaitu :

1. Lapisan kulit ari (*Epidermis*), merupakan bagian terluar dari kulit yang sangat tipis yang terdiri dari lapisan tanduk (*stratum korneum*) yaitu lapisan paling luar dan tersusun dari sel yang telah mati, mudah terkelupas, dan tidak memiliki pembuluh darah serta syaraf sehingga tidak terasa sakit dan tidak mengeluarkan darah bila lapisan ini mengelupas dan lapisan *Malpighi* yang tersusun dari sel-sel hidup, terdapat pigmen yang memberikan warna kulit dan melindungi dari sinar matahari serta terdapat pada ujung syaraf.
2. Lapisan Kulit Jangat (*Dermis*), merupakan lapisan yang lebih tebal dibandingkan lapisan epidermis yang terdiri dari : pembuluh darah untuk

mengangkut zat-zat makanan ke rambut, kelenjar keringat menghasilkan keringat yang dikeluarkan melalui pori-pori kulit, kelenjar minyak menghasilkan minyak yang berfungsi untuk menjaga rambut kulit tidak kering, kantong rambut sebagai tempat tertanamnya akar rambut serta ujung saraf sebagai perasa panas, dingin, nyeri dan sentuhan.

3. Jaringan Bawah Kulit (*Subkutaneus*), jaringan ini mengandung lemak yang berfungsi sebagai cadangan makanan, menahan panas tubuh dan melindungi tubuh bagian dalam dari benturan.

Selain sebagai alat ekskresi, kulit juga berfungsi sebagai : (1) pelindung tubuh terhadap kuman dari luar, (2) tempat menyimpan kelebihan lemak, (3) pengatur suhu tubuh, (4) Tempat pembentukan vitamin D dari provitamin D dengan bantuan sinar matahari, (5) indera peraba, pada lapisan dermis terdapat kumpulan saraf yang dapat menangkap rangsangan berupa suhu, nyeri, dan tekanan (Syamsuri, 2003).

#### **b. Paru-paru**

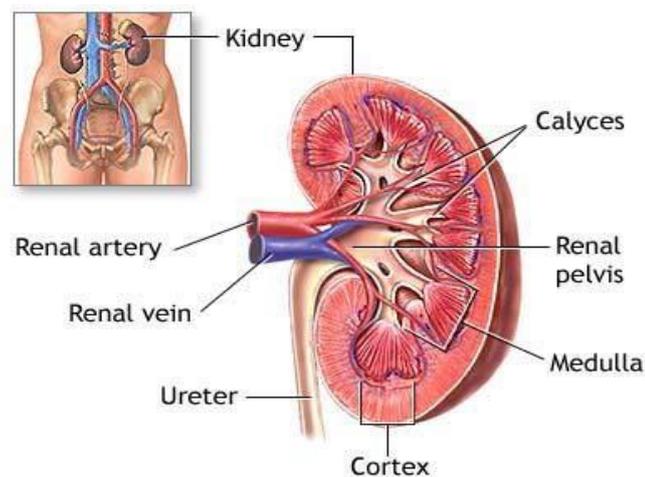
Manusia memiliki sepasang paru-paru yang berada pada rongga dada. Ketika manusia melakukan respirasi, disini terdapat pertukaran gas yaitu gas oksigen ( $O_2$ ) dan gas karbondioksida ( $CO_2$ ). Pertukaran gas tersebut terjadi di dalam paru-paru, dalam ini paru-paru dikatakan sebagai alat ekskresi karena paru-paru akan mengeluarkan  $CO_2$  dan  $H_2O$  yang tidak dibutuhkan oleh tubuh manusia melalui hidung. Proses hingga  $CO_2$  dan  $H_2O$  mencapai hidung tersebut yaitu : sisa metabolisme di jaringan berupa  $CO_2$  dan  $H_2O$  diangkut oleh darah ke paru-paru untuk dibuang dengan cara difusi di *alveolus*. Di *alveolus* ini terdapat banyak pembuluh kapiler yang memiliki selapis sel sehingga proses tersebut dapat berjalan dengan baik dan dapat dikeluarkan kembali melalui hidung. Selain sebagai alat ekskresi, paru-paru juga mempunyai fungsi lain yaitu : penjaga keseimbangan asam basa tubuh bila terjadi *acidosis*.

#### **c. Ginjal**

Ginjal merupakan pusat alat ekskresi utama pada manusia. Tipe ginjal pada manusia adalah *metanefros* yang tidak bersegmen dan memiliki *glomerulus* yang banyak. Manusia memiliki sepasang ginjal berbentuk seperti biji kacang merah

yang terletak di rongga perut sebelah kanan dan kiri ruas tulang belakang. Ginjal bagian kiri letaknya lebih tinggi daripada ginjal bagian kanan. Hal ini dikarenakan di atas ginjal sebelah kanan terdapat hati yang berukuran besar. Panjangnya sekitar 10 cm, beratnya  $\pm 170$  gram dan berwarna merah keunguan. Ginjal dibungkus oleh semacam selaput tipis yang disebut kapsul. Ginjal terdiri atas 3 bagian yaitu :

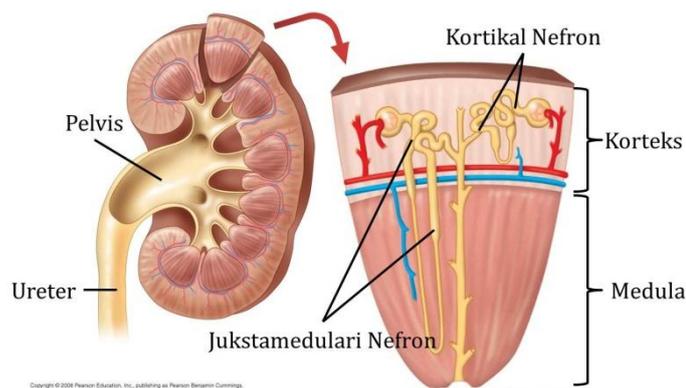
1. Kulit Ginjal (Korteks), terdapat jutaan nefron yang terdiri dari badan malpighi yang tersusun dari *glomerulus* yang diselubungi *kapsula Bowman*. Selain itu terdapat *tubulus kontortus proksimal*, *tubulus kontortus distal*, dan *tubulus kolektivus*.
2. Sumsum Ginjal (Medula), terdiri atas beberapa badan berbentuk kerucut (piramida) serta terdapat *lengkung henle* yang menghubungkan *tubulus kontortus proksimal* dan *tubulus kontortus distal*.
3. Rongga Ginjal (Pelvis), merupakan tempat bermuaranya tubulus yaitu tempat penampungan urine sementara yang akan dialirkan menuju kandung kemih melalui ureter dan dikeluarkan dari tubuh melalui uretra.



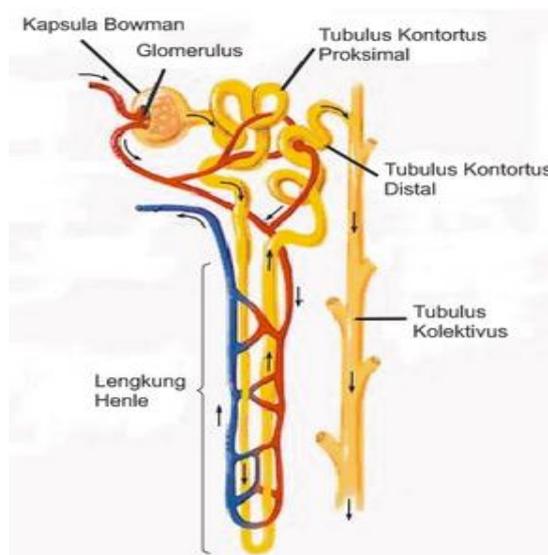
**Gambar 2.1 Struktur ginjal  
(Campbell, 2008)**

Ginjal tersusun atas sejumlah nefron. Tiap unit nefron memiliki bagian-bagiannya yaitu badan *malpighi*, *glomerulus*, *tubulus proksimal*, *lengkung henle*, *tubulus distal* dan *tubulus pengumpul*. Pada bagian korteks dan medula terdapat ribuan nefron. Nefron merupakan organ fungsional terkecil penyusun ginjal yang

merupakan bagian ginjal paling penting pada manusia. Di dalam tubuh manusia, 85% nefron merupakan nefron kortikal (*cortical nephron*) yang memiliki *lengkung henle* berukuran pendek hampir seluruh bagiannya berada pada korteks renal, dan 15% merupakan nefron jukstamedularis (*juxtamedullary nephron*) yang memiliki *lengkung henle* membentang jauh ke dalam medula renal. Setiap nefron disuplai oleh darah melalui arteri masuk ke dalam *kapsula bowman* membentuk suatu anyaman yang disebut *glomerulus*, dan *glomerulus* ini dibungkus oleh *kapsula bowman*.



**Gambar 2.2 Tipe-tipe nefron**  
(Campbell, 2008)



**Gambar 2.3 Struktur Nefron**  
(Campbell, 2008)

Cara kerja ginjal sebagai alat ekskresi yaitu untuk menyaring darah, penyuplaian darah dimulai melalui arteri renal (*renal artery*) dan dialirkan melalui vena renal (*renal vein*). Darah yang mengalir melalui ginjal sangatlah besar. Ginjal hanya menyusun kurang dari 1% massa tubuh manusia, namun menerima sekitar 25% darah yang keluar dari jantung. Urine keluar dari setiap ginjal melalui suatu saluran yang disebut ureter, dan kedua ureter mengalir kedalam kandung kemih (*urinary bladder*) yang sama. Selama kencing urine dibuang dari kandung kemih melalui suatu saluran yang disebut uretra (*urethra*) yang mengosongkan isinya di bagian luar dekat vagina perempuan dan melalui penis pada laki-laki. Keberfungsian ginjal sebagai penyaring darah yaitu agar zat-zat sisa yang terdapat di dalam darah dapat dikeluarkan dalam bentuk urine.

Selain itu, warna pada urine cenderung jernih transparan. Pada saat tertentu urine dapat berwarna kuning muda, hal itu disebabkan karena urine tersebut diwarnai oleh zat warna empedu yakni bilirubin dan biliverdin. Setiap harinya ada sekitar 500 liter darah yang disaring oleh ginjal, namun hanya sekitar 1-1,5 liter saja urin yang kita keluarkan dari ureter. Sebab ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap banyaknya urine yang dikeluarkan, misalnya emosi, konsentrasi air yang tinggi dalam darah, suhu yang rendah, dan pengaruh dari banyaknya zat-zat deuretik yang dikonsumsi. Proses pembentukan darah hingga menjadi urine yaitu terjadi melalui serangkaian proses *filtrasi* (penyaringan) zat-zat sisa yang beracun, *reabsorpsi* (penyaringan kembali) zat-zat yang masih dibutuhkan oleh tubuh, dan *augmentasi* (pengeluaran zat sisa yang tidak diperlukan lagi oleh tubuh dan tidak mungkin disimpan lagi).

#### 1. Proses *Filtrasi*

Pembentukan urine diawali dengan proses *filtrasi* darah di *glomerulus*. *Filtrasi* merupakan perpindahan cairan dari *glomerulus* menuju ke ruang *kapsula bowman* dengan menembus membran *filtrasi*. Di dalam *glomerulus*, sel-sel darah, *trombosit*, dan sebagian besar protein plasma disaring dan diikat agar tidak ikut dikeluarkan. Hasil penyaringan tersebut berupa urine primer. Kapiler yang berpori-pori dan sel-sel kapsula yang terspesialisasi bersifat permeabel terhadap air dan zat-zat terlarut yang kecil, namun tidak terhadap sel darah atau molekul

besar seperti protein plasma, dengan demikian filtrat dalam *kapsula bowmen* mengandung garam, glukosa, asam amino, vitamin, zat buangan bernitrogen, dan molekul-molekul kecil lainnya. (Campbell, 2008).

## 2. Proses *Reabsorpsi*

Urine yang dihasilkan setelah proses *reabsorpsi* disebut urine sekunder (*filtrat tubulus*). *Reabsorpsi* adalah proses penyerapan kembali *filtrat glomerulus* yang masih bisa digunakan oleh tubuh. Bagian yang berperan dalam proses ini meliputi sel-sel epitelium pada *tubulus kontortus proksimal*, *lengkung henle* dan *tubulus distal*. *Reabsorpsi* terjadi di *tubulus kontortus proksimal* dan *tubulus kontortus distal*, pada *tubulus kontortus proksimal* lebih diutamakan *reabsorpsi glukosa*, *asam amino* dan air yang dilakukan dengan proses *osmosis*. Sedangkan *reabsorpsi* yang terjadi di *tubulus kontortus distal* yaitu *reabsorpsi* ion natrium dan air, air yang di *reabsorpsi* tergantung dari kebutuhan. *Reabsorpsi* zat-zat tertentu dapat terjadi secara transpor aktif dan difusi. Zat-zat penting bagi tubuh yang secara aktif di *reabsorpsi* adalah garam-garam tertentu, *asam amino*, *glukosa*, *asam asetoasetat*, hormon dan vitamin. Zat-zat tersebut di *reabsorpsi* secara aktif di *tubulus proksimal* sehingga tidak ada lagi di *lengkung henle* (Campbell, 2008).

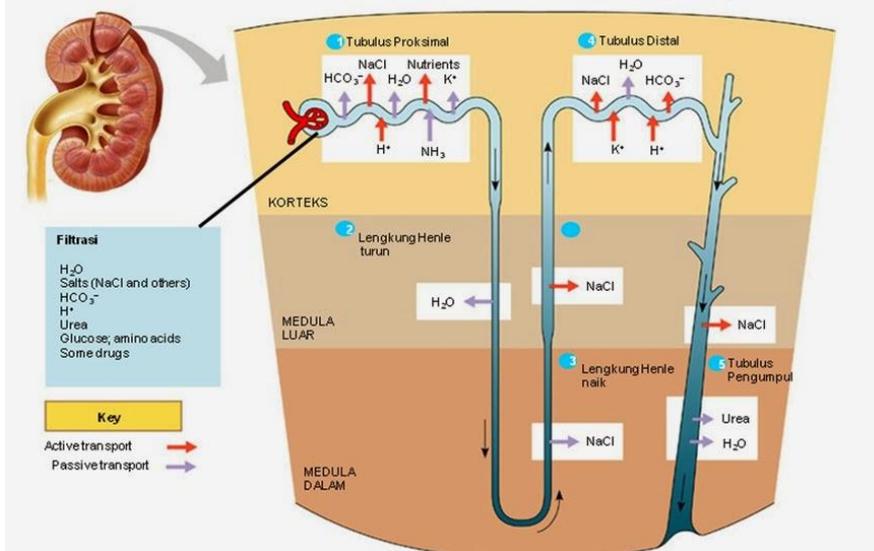
## 3. Proses *Augmentasi*

Proses terakhir yaitu *Augmentasi* (penambahan), berlangsung di *tubulus distal*. Pada proses ini terjadi penyerapan air dan penambahan zat-zat seperti  $H^+$ ,  $K^+$ , keratin dan urea dalam urin sehingga urine hanya berisi zat-zat yang benar-benar sudah tidak berguna lagi. Dari *tubulus distal*, urine dikumpulkan melalui pembuluh pengumpul dan selanjutnya masuk ke pelvis (rongga ginjal), kemudian dialirkan ke kandung kemih atau *vesica urinaria* melalui saluran ureter. Kandung kemih memiliki fungsi sebagai tempat penampungan urine sementara. Pada proses ini zat-zat yang sudah tidak berguna bagi tubuh akan dibuang ke tubulus-tubulus nefron ginjal. Zat-zat yang sudah tidak diperlukan tubuh atau konsentrasinya terlalu banyak di dalam aliran darah, akan dikeluarkan bersama urine tersier atau urine sesungguhnya. Urine keluar dari tubuh melalui lubang urine yang sebelumnya melewati uretra terlebih dahulu. Proses pembentukan urine dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor internal yang menyangkut hormon

antidiuretik dan insulin, serta faktor eksternal yaitu menyangkut jumlah air yang diminum. Melalui proses *augmentasi* inilah akan terbentuk urine sesungguhnya yang mengandung urea, asam urat, sisa-sisa pembongkaran dan zat-zat yang berlebihan dalam darah seperti : vitamin C, obat-obatan, hormon, dan garam-garam lainnya (Campbell, 2008).

- Urin terbentuk melalui 3 tahap :

- 1. Filtrasi 2. Reabsorpsi 3. Sekresi/Augmentasi



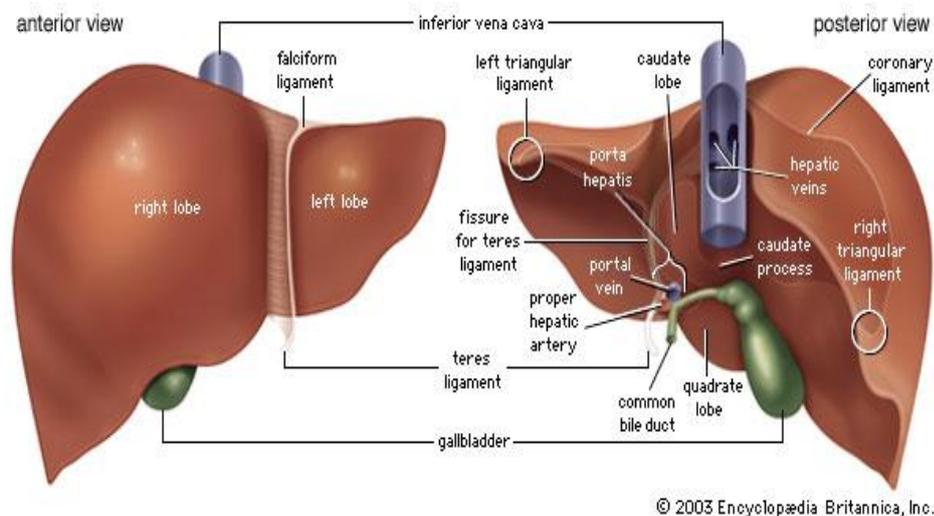
**Gambar 2.4 Proses Pembentukan Urin (Campbell, 2008)**

Adapun kelainan atau gangguan pada bagian tertentu ginjal menyebabkan fungsi ginjal sebagai alat ekskresi terganggu. Berat atau ringannya tergantung seberapa banyak bagian yang mengalami kerusakan atau seberapa penting bagian tersebut berfungsi sebagai alat ekskresi (Campbell *et al.*, 2008).

#### **d. Hati (Hepar)**

Hati merupakan kelenjar terbesar di dalam tubuh, terletak pada rongga perut sebelah kanan tepatnya di bawah diafragma. Hati berwarna merah tua kecoklatan dengan berat sekitar 2 kg dari total berat tubuh kita. Pada bagian luar hati, terdapat suatu selaput tipis yang dinamakan selaput hati (kapsula hepatitis). Berdasarkan fungsinya, hati juga termasuk kedalam alat ekskresi. Darah disuplai ke dalam hati

melalui dua pembuluh yaitu arteri hati dan vena porta hepatis. Arteri hati membawa darah dengan kandungan oksigen dari jantung. Sedangkan vena porta membawa darah yang mengandung sari-sari makanan dari usus halus. Hal ini dikarenakan hati membantu fungsi ginjal dengan cara memecahkan beberapa senyawa yang bersifat racun dan menghasilkan ammonia, urea, dan asam urat. Sebagai kelenjar, hati menghasilkan cairan empedu yang mencapai ½ liter setiap hari. Cairan empedu merupakan cairan berwarna hijau kebiruan yang berfungsi dalam mencerna makanan berlemak yang nantinya akan disimpan dalam suatu wadah yang disebut kantung empedu. Zat-zat yang terkandung dalam cairan empedu yakni garam mineral, pigmen bilirubin dan biliverdin, kolesterol, fosfolipid, dan air.

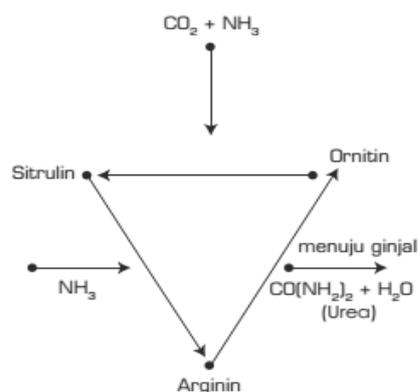


© 2003 Encyclopædia Britannica, Inc.

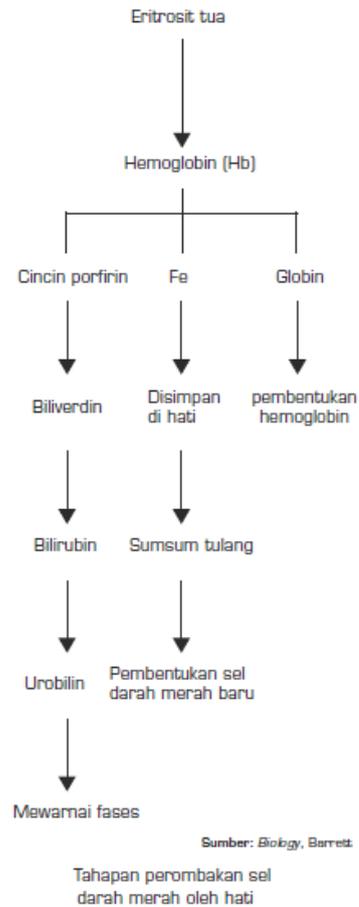
**Gambar 2.5 Struktur Hati**  
(Encyclopedia Britannica Inc, 2003)

Di dalam hati terdapat sel yang berfungsi merombak sel darah merah tua yang rusak, sel tersebut yaitu sel histiosit. Sel darah merah tua yang sudah rusak di dalam hati berjumlah kurang lebih 10 juta sel. Dalam proses perombakannya, hemoglobin (Hb) dipecah menjadi zat besi (Fe), hermin, dan globin. Zat besi akan disimpan dalam hati, yang selanjutnya akan dikembalikan ke sumsum tulang sehingga terbentuk eritrosit baru dan globin akan dibentuk menjadi Hb baru.

Sementara hermin dipecah menjadi bilirubin dan biliverdin yang berwarna hijau kebiruan. Zat warna empedu dikeluarkan menuju usus 12 jari dan dioksidasi menjadi urobilin yang memiliki warna kuning kecoklatan. Warna ini akan memberikan warna khas tersendiri pada feses dan urine yang dikeluarkan setiap harinya. Apabila terjadi gangguan, pembuluh empedu akan mengalami penyumbatan. Penyebabnya adalah adanya endapan kolesterol yang membentuk batu empedu sehingga feses yang nantinya akan dikeluarkan memiliki warna coklat keabu-abuan. Selain itu, pada hati juga menghasilkan *enzim arginase*. *Enzim arginase* merupakan enzim yang berperan dalam proses penguraian asam amino. Prosesnya dinamakan deaminasi. Asam amino yang diuraikan yakni asam amino *arginin* menjadi *ornitin* dan urea. *Ornitin* yang terbentuk dapat mengikat  $\text{NH}_3$  dan  $\text{CO}_2$  yang bersifat racun. Selanjutnya ornitin akan dinetralkan dalam hati. Adapun urea akan diserap oleh ginjal untuk dikeluarkan bersama urin. Dengan demikian, terdapat beberapa fungsi hati yaitu sebagai berikut: (1) Mengubah glukosa menjadi glikogen untuk mengatur kadar gula dalam darah, (2) Sebagai alat ekskresi yang mengeluarkan warna empedu dan urine yang mengandung urea, (3) Menetralkan racun sehingga tidak membahayakan tubuh dan kemudian racun ini dikeluarkan melalui urine, (4) Hati menghasilkan empedu yang berasal dari hemoglobin sel darah merah yang telah tua, (5) Hati merombak sel-sel darah merah yang sudah tua dan tempat sintesis beberapa zat.



**Gambar 2.6 Siklus Ornitin**  
(Biology, barret 1986)



**Gambar 2.7 Tahap Perombakan Sel Darah Merah (Biology, barret 1986)**

### 3. Kelainan-kelainan Sistem Ekskresi Manusia

- Rubella*, merupakan penyakit kulit yang disebut juga sebagai campak Jerman yang terjadi pada anak-anak dan orang dewasa. Penyebab *rubella* adalah *rubella virus* yang termasuk kedalam famili *togaviridae*.
- Variola*, merupakan penyakit kulit yang disebut cacar yaitu penyakit yang diakibatkan demam yang sangat menular. Cacar disebabkan oleh *variola virus* yang sangat menular.
- Hepatitis virus tipe A*, disebut juga *hepatitis infeksiosa* atau *hepatitis epidemik* adalah hepatitis viral yang akut dan merupakan penyakit menular yang paling penting di negara-negara berkembang.
- Asma* atau sesak nafas, merupakan kelainan yang disebabkan oleh penyumbatan saluran pernafasan terjadi akibat alergi.

- e. *Nefritis*, merupakan penyakit yang terjadi di ginjal diakibatkan oleh infeksi kuman misalnya bakteri *streptococcus* pada *nefron (glomerulus)*. Kuman ini masuk melalui saluran pernafasan kemudian dibawa oleh darah ke ginjal. Ciri-ciri penyakit ini adalah kaki penderita membengkak.

#### **4. Sistem Ekskresi pada Hewan**

Hewan juga melakukan metabolisme untuk melakukan aktifitas kehidupan. Metabolisme menghasilkan zat yang harus dieksresikan dari tubuh. Setiap hewan memiliki cara yang berbeda untuk mengeksresikan sisa metabolisme. Pada hewan *invertebrata* belum terdapat sistem ekskresi, akan tetapi sisa-sisa metabolisme harus dikeluarkan dari dalam tubuh organisme. Untuk itu, hewan *invertebrata* memiliki alat dan cara ekskresi tersendiri. Sedangkan pada hewan *vertebrata*, alat ekskresi yang utama adalah ginjal (*ren*). Struktur ginjal yang paling dikenal pada *vertebrata* disebut *akrinesfros* atau *holonefros*. Pada prinsipnya, terdapat tiga tipe ginjal pada *vertebrata*, yaitu *pronefros*, *mesonefros*, dan *metanefros*. Dimana *pronefros* adalah ginjal yang berkembang pada fase embrio *vertebrata* selain hewan *mammalia*, embrio berudu dan larva *amphibian* yang lain.

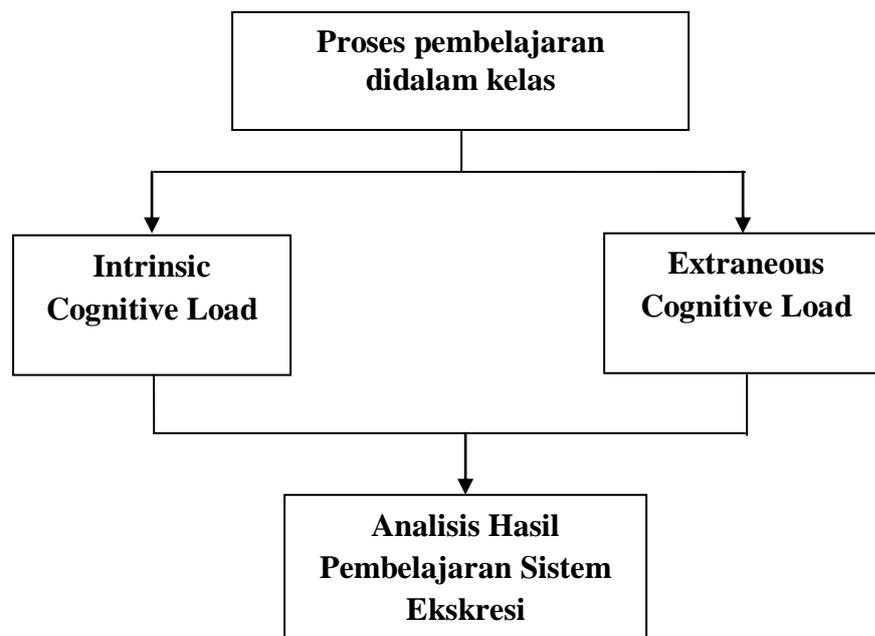
#### **D. Kerangka Pemikiran**

Materi sistem ekskresi pada manusia merupakan materi yang memiliki karakteristik bersifat abstrak untuk prosesnya tidak dapat diindera, karena kajiannya yang mencakup proses fisiologi yang terjadi di dalam tubuh manusia. Karakteristik yang demikian menjadi salah satu penghambat bagi siswa untuk memahami konsep dan materi sistem ekskresi. Permasalahan yang dialami siswa dalam menerima dan mengelola informasi terutama dalam materi sistem ekskresi termasuk kedalam *intrinsic cognitive load*, karena merupakan beban yang terbentuk akibat kompleksitas materi ajar yang tinggi serta materi tersebut memiliki interkoneksi yang tinggi, sehingga siswa tidak mampu menyimpan informasi tersebut sesuai kapasitas memori kerjanya (Kalyuga, 2010 dalam Rahmat, 2015 hlm. 471).

Selain itu kecenderungan guru dalam memilih strategi pembelajaran akan mempengaruhi keberlangsungan proses pembelajaran. Apabila proses pembelajaran terganggu akan berdampak pada pengolahan informasi. Sehingga mengakibatkan beban kognitif yang tinggi pada siswa (Dewi, 2013 dalam Rahmat, 2015 hlm. 471). Permasalahan tersebut akan memberikan dampak beban kognitif *extraneous* yang tinggi bagi siswa karena beban *extraneous* dapat terbentuk akibat dari faktor lain dalam pembelajaran selain dari materi ajar (Sweller, 2010 dalam Rahmat, 2015 hlm. 471).

ICL dan ECL adalah dua dari tiga sumber beban kognitif dalam memori kerja. Beban kognitif didasarkan pada gagasan tentang kapasitas memori bekerja yang terbatas dan kapasitas memori jangka panjang yang luas (Sweller, 2010 dalam Rahmat, 2015 hlm. 412). Penyampaian informasi saat proses pembelajaran harus disesuaikan dengan kebutuhan pengajaran sehingga dapat membantu siswa dalam menguasai dan mengolah informasi dari hasil yang mereka pelajari (Joyce *et al*, 2009 dalam Rahmat 2015 hlm. 412)

Dari uraian diatas secara sederhana kerangka pemikiran pada penelitian ini dapat digambarkan sebagai berikut :



**Gambar 2.8 Kerangka Pemikiran**