



**PENERAPAN PENDEKATAN
BRAIN BASED LEARNING PADA
KONSEP SISTEM PERTAHANAN TUBUH DI KELAS XI**

Skripsi
disusun sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan
Program Studi Pendidikan Biologi

Oleh:
Elita Kurnianti
4401412037

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2016

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul “Penerapan Pendekatan *Brain Based Learning* pada Konsep Sistem Pertahanan Tubuh di Kelas XI” disusun berdasarkan hasil penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing. Sumber informasi atau kutipan yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini. Skripsi ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar dalam program sejenis di perguruan tinggi manapun.

Semarang, 9 Agustus 2016

METERAI
TEMPEL
702E1AEF050402437
6000
ENAM RIBURUPIAH



Elita Kurnianti
NIM. 4401412037

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

"Penerapan Pendekatan *Brain Based Learning* pada Konsep Sistem
Pertahanan Tubuh di Kelas XI"

disusun oleh

Elita Kurnianti

4401412037

Telah dipertahankan dihadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Matematika
dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang pada tanggal 16
Agustus 2016.



Panitia:

Ketua

Prof. Dr. Zaenuri, S.E., M.Si., Akt.
NIP. 19641223 198803 1 001

Sekretaris

Dra. Endah Penfati, M.Si.
NIP. 19651116 199103 2 001

Penguji Utama

Dr. dr. Nugrahaningsih W.H., M.Kes.
NIP. 19690709 199803 2 001

Anggota Penguji/
Pembimbing I

Prof. Dr. Sri Mulyani E. S., M.Pd.
NIP. 19490513 197501 2001

Anggota Penguji/
Pembimbing II

Dr. Aditya Marianti, M.Si.
NIP. 19671217 199303 2001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat serta hidayah-Nya dan tak lupa sholawat serta salam senantiasa tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penerapan Pendekatan *Brain Based Learning* pada Konsep Sistem Pertahanan Tubuh di Kelas XI”.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Negeri Semarang.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak, oleh sebab itu penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Rektor Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian.
2. Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan ijin untuk melaksanakan penelitian.
3. Ketua Jurusan Biologi yang telah memberikan ijin untuk melaksanakan penelitian.
4. Prof. Dr. Sri Mulyani ES., M.Pd. dan Dr. Aditya Marianti, M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah tulus dan sabar membimbing dan memberikan pengarahan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
5. Dr. dr. Nugrahaningsih W.H., M.Kes. sebagai dosen penguji yang dengan penuh rasa kesabaran telah memberikan saran dan pengarahan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak/Ibu dosen Jurusan Biologi atas seluruh ilmu yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini.
7. Drs. Siswandi, M.Pd. selaku Kepala Sekolah SMA N 1 Demak yang telah mengijinkan penulis melaksanakan penelitian.

8. Drs. Charis selaku guru Biologi SMA N 1 Demak yang telah memberi inspirasi dan kesempatan penulis untuk melaksanakan penelitian dan senantiasa memberikan dukungannya.
9. Guru beserta staf karyawan SMA N 1 Demak yang senantiasa membantu kesuksesan jalannya penelitian.
10. Siswa-siswa SMA N 1 Demak, khususnya kelas XI MIA 1 dan XI MIA 2 yang telah membantu kesuksesan jalannya penelitian.
11. Bapak Subioto, Ibu Haryanti, Kakek Sapuan, Nenek Suntirah, Nenek Sarijah, Adek David Cahyo Ferianto yang senantiasa mengiringi langkah penulis dengan doa yang tulus dan seluruh keluarga besar yang telah memberikan doa, pengorbanan, dukungan dan perjuangan serta kasih sayang yang tiada henti hingga terselesaikannya skripsi ini.
12. Sahabat-sahabatku tersayang (Apri, Maburur, Kristya, Alin, Nung, Roro, Shintya, Yuni, Idzni, Iis, Elen, Iin, May, Tika, Mimi, Ditya), teman-teman penghuni kos Adem Ayem, teman-teman KKN di Dusun Suruhan, teman-teman PPL di SMA N 1 Demak, dan juga rekan-rekan Pendidikan Biologi, khususnya teman-teman Rombel 2 Pendidikan Biologi 2012 yang menjadi tempat berbagi cerita, terimakasih telah memberi arti sebuah kehangatan persahabatan dan memberi kenangan terindah kepada penulis.
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuannya demi terselesaikannya skripsi ini.

Tidak ada satupun yang dapat penulis berikan sebagai imbalan, kecuali untaian doa semoga Allah SWT berkenan memberikan balasan yang sebaik-baiknya dan berlimpah rahmat serta hidayah-Nya.

Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan serta menjadi bahan kajian dalam bidang ilmu yang terkait. Amin.

Semarang, Juni 2016

Penulis

ABSTRAK

Kurnianti, Elita. 2016. Penerapan Pendekatan *Brain Based Learning* pada Konsep Sistem Pertahanan Tubuh di Kelas XI. Skripsi. Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Semarang. Prof. Dr. Sri Mulyani E. S., M.Pd. dan Dr. Aditya Marianti, M.Si.

Berdasarkan pengalaman pada pelaksanaan Praktek Pengalaman Lapangan di SMA Negeri 1 Demak, metode yang digunakan dalam pembelajaran biologi adalah metode ceramah. Hal ini menyebabkan siswa merasa bosan dan kurang termotivasi untuk belajar sehingga hasil belajar siswa menjadi rendah. Sistem pertahanan tubuh merupakan materi yang sulit untuk dikuasai oleh siswa karena materi yang dipelajari cenderung abstrak. Masalah tersebut diprediksi dapat diatasi dengan pembelajaran menggunakan pendekatan *Brain Based Learning*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis adanya pengaruh penerapan pendekatan *Brain Based Learning* terhadap hasil belajar siswa pada konsep sistem pertahanan tubuh di kelas XI.

Penelitian ini merupakan penelitian *Quasi Experiment* yang menggunakan desain penelitian *Nonequivalent Control Group Design*. Populasi dalam penelitian ini adalah delapan kelas pada kelas XI Jurusan MIA SMA Negeri 1 Demak yang terdaftar pada semester II tahun ajaran 2015/2016. Sampel penelitian ditentukan secara *Purposive Sampling*, yaitu kelas XI MIA 2 sebagai kelas eksperimen dan kelas XI MIA 1 sebagai kelas kontrol. Pengumpulan data dilakukan dengan metode dokumentasi, tes, observasi, dan angket.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase ketuntasan siswa secara klasikal pada kelas eksperimen sebesar 80% yaitu mencapai 88,09% sedangkan kelas kontrol hanya mencapai 66,67%. Analisis hasil belajar psikomotorik pada kelas eksperimen sebesar 30,95% pada kriteria sangat baik dan 69,05% pada kriteria baik, sedangkan kelas kontrol memperoleh persentase 23,81% pada kriteria sangat baik dan 76,19% pada kriteria baik. Analisis hasil belajar afektif siswa pada kelas eksperimen sebesar 23,81% pada kriteria sangat aktif, 57,14% aktif dan 19,05% cukup, sedangkan kelas kontrol memperoleh persentase 7,14% sangat aktif, 50% aktif, 38,10% cukup dan 4,76% kurang aktif. Hasil uji t menunjukkan $t_{hitung} 4,2606 > t_{tabel} 1,9893$ dengan taraf signifikan 0,05 sehingga dapat terlihat adanya perbedaan peningkatan hasil belajar kedua kelas. Uji N gain kelas eksperimen sebesar 0,75213, sedangkan kelas kontrol sebesar 0,57739. Uji t rata-rata skor N gain dengan t_{hitung} sebesar $6,92307 > t_{tabel}$ sebesar 1,98931.

Berdasarkan hasil penelitian di atas, disimpulkan bahwa penerapan pendekatan *Brain Based Learning* pada materi sistem pertahanan tubuh berpengaruh positif terhadap hasil belajar siswa.

Katakunci: *Brain Based Learning*, sistem pertahanan tubuh

ABSTRAC

Kurnianti, Elita. 2016. The Application of Brain Based Learning Approach to The Concept of The Immune System at XI grade. Final Project. Biology FMIPA Semarang State University. Prof. Dr. Sri Mulyani E. S., M.Pd. dan Dr. Aditya Marianti, M.Si.

This study aimed to analyze the effect of the application of Brain Based Learning approach to student learning outcomes in the concept of the immune system in class XI. This research is a Quasi Experiment that research design Nonequivalent Control Group Design. The population in this study are eight classes of XI MIA in SMA Negeri 1 Demak in the second semester of the 2015/2016 academic year. The research sample is determined by purposive sampling, ie XI MIA 2 as an experimental class and XI MIA 1 as the control class. The data collection is done by the method of documentation, testing, observation and questionnaires. The results showed that the percentage of students in the classical completeness the experimental class of 80%, reaching 88.09% while the control group only reached 66.67%. Analysis of the psychomotor learning outcomes in the experimental class of 30.95% on the criteria very well and 69.05% in both criteria, while the control class earn a percentage 23.81% on criteria very well and 76.19% in both criteria. Analysis of affective learning outcomes of students in the experimental class criteria amounted to 23.81% on very active, 57.14% active and 19.05% enough, while the percentage gain control class 7.14% are very active, 50% active, 38.10% enough and 4.76% less fairly active. T test results showed $t_{count} 4.2606 > 1.9893 t_{table}$ with significance level of 0.05 so it can be seen the difference in both classroom learning outcome. N-gain experimental class test of 0.75213 , while the control class is 0.57739 . The t-test average score of N gain by $t_{count} 6.92307 > t_{table}$ of 1.98931. Based on the results, it was concluded that the application of Brain Based Learning approach to the concept of the immune system positively affects student learning outcomes.

Keywords: Brain Based Learning, immune system

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Penegasan Istilah.....	3
D. Tujuan Penelitian	5
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS	
A. Tinjauan Pustaka	6
B. Kerangka Berfikir.....	26
C. Hipotesis Penelitian.....	26
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Lokasi dan Waktu Penelitian	27
B. Desain Penelitian.....	27
C. Populasi dan Sampel	28
D. Variabel Penelitian	29
E. Teknik Pengumpulan Data.....	30
F. Instrumen Penelitian.....	30
G. Tahap Uji Coba Instrumen	31
H. Analisis Instrumen Penelitian	31
I. Metode Analisis Data.....	36

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	44
B. Pembahasan.....	49
BAB V PENUTUP	
A. Simpulan	58
B. Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Pertahanan nonspesifik dan pertahanan spesifik.....	14
2. <i>Nonequivalent Control Group Design</i>	27
3. Data jumlah siswa kelas XI MIA tahun ajaran 2015/2016 SMA N 1 Demak.....	29
4. Kriteria validitas.....	33
5. Hasil analisis validitas soal uji coba	33
6. Klasifikasi daya pembeda	35
7. Hasil analisis daya beda instrumen	35
8. Klasifikasi indeks kesukaran.....	36
9. Hasil analisis tingkat kesukaran instrumen	36
10. Soal yang layak digunakan untuk evaluasi	36
11. Nilai <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> siswa kelas eksperimen dan kontrol.....	44
12. Uji perbedaan rata-rata skor <i>pretest</i>	45
13. Uji perbedaan rata-rata skor <i>posttest</i>	46
14. Uji N-gain skor <i>pretes</i> dan skor <i>posttest</i>	46
15. Uji t skor N-gain kelas eksperimen dan kontrol.....	46
16. Rekapitulasi hasil penilaian psikomotorik siswa	47
17. Rekapitulasi hasil penilaian afektif siswa	47
18. Rekapitulasi hasil pengisian angket siswa	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Proses fagositosis mikroba oleh makrofag.....	16
2. Mekanisme pertahanan tubuh dengan respon inflamatori	17
3. Epitop antigen	19
4. Struktur antibodi	20
5. Bagan kerangka berpikir	26

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Silabus pembelajaran	62
2. Rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP)	65
3. Kisi-kisi soal uji coba.....	101
4. Soal uji coba.....	105
5. Rekapitulasi hasil analisis uji coba soal	116
6. Soal <i>pretest</i> dan <i>posttest</i>	119
7. Contoh jawaban siswa soal <i>pretest</i> dan <i>posttest</i>	125
8. Rekapitulasi nilai <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> siswa.....	127
9. Uji normalitas.....	131
10. Uji homogenitas	139
11. Uji perbedaan dua rata-rata	143
12. Hasil analisis uji <i>N gain</i>	147
13. Uji T skor N-gain	151
14. Soal Latihan dan jawaban siswa	152
15. Rekapitulasi nilai soal latihan siswa	166
16. Lembar Diskusi Siswa	168
17. Rekapitulasi nilai lembar diskusi siswa	179
18. Rubrik dan lembar penilaian <i>mind map</i>	183
19. Rekapitulasi nilai <i>mind map</i> kelas eksperimen	185
20. Rekapitulasi nilai kognitif siswa	187
21. Rubrik dan lembar penilaian psikomotorik siswa.....	191
22. Rekapitulasi nilai psikomotorik siswa	197
23. Rubrik dan lembar penilaian afektif siswa.....	201
24. Rekapitulasi nilai afektif siswa	203
25. Angket tanggapan siswa.....	207
26. Rekapitulasi pengisian angket tanggapan siswa	209
27. Artikel AIDS	211
28. LKS mekanisme sistem pertahanan tubuh	212
29. Contoh naskah <i>role play siswa</i>	214

30.	Contoh <i>mind map</i> siswa	218
31.	Contoh laporan observasi siswa.....	219
32.	Dokumentasi pembelajaran di kelas eksperimen dan kontrol.....	220
33.	Surat keputusan penetapan dosen pembimbing	224
34.	Surat ijin penelitian	225
35.	Surat keterangan telah melakukan penelitian.....	226

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring perkembangan dan kemajuan dunia pendidikan, guru dituntut untuk selalu meningkatkan kualitas proses pembelajaran. Guru dituntut untuk dapat menyelenggarakan kegiatan pembelajaran yang aktif, kreatif, efektif dan menyenangkan sehingga dapat memberikan pengalaman belajar yang berkesan bagi siswa. Salah satu faktor yang dapat menunjang keberhasilan proses pembelajaran adalah pemilihan metode pembelajaran.

Berdasarkan pengalaman pada pelaksanaan Praktek Pengalaman Lapangan di SMA Negeri 1 Demak, diketahui bahwa sebagian besar metode yang digunakan dalam pembelajaran Biologi adalah metode ceramah. Pada metode ceramah, siswa hanya mencatat dan menghafal konsep-konsep yang dijelaskan guru dan siswa tidak diberi kesempatan untuk menemukan sendiri konsep-konsep tersebut. Hal ini menyebabkan siswa merasa bosan dan kurang termotivasi untuk belajar. Berdasarkan hasil wawancara dengan siswa yang dilakukan oleh Fitriani dkk (2013) di SMP YPE Semarang, pembelajaran dengan menggunakan metode ceramah cenderung membuat siswa menjadi bosan dan tidak memperhatikan pelajaran. Hal ini sejalan dengan penelitian dari Ristiasari dkk (2012), pembelajaran menggunakan metode ceramah memperoleh ketuntasan klasikal hanya 40% dibandingkan dengan metode *problem solving* yang mencapai ketuntasan klasikal 71,87%. Selain metode pembelajaran, evaluasi pembelajaran belum dilakukan secara holistik. Keberhasilan siswa dalam belajar Biologi cenderung dinilai dari satu sisi yang menekankan aspek kognitif saja. Hal ini menyebabkan hasil belajar siswa menjadi rendah, terutama pada materi pemahaman seperti materi sistem pertahanan tubuh.

Hasil wawancara dengan guru Biologi kelas XI di SMA Negeri 1 Demak menunjukkan bahwa sistem pertahanan tubuh merupakan materi yang sulit untuk dikuasai oleh siswa. Menurut Septiana dkk (2013), materi sistem pertahanan

tubuh sulit dipahami karena pokok bahasannya yang cukup rumit. Siswa perlu berpikir lebih jauh tentang materi yang dipelajari dan siswa mampu memantau kegiatan belajarnya demi mengoptimalkan hasil belajar. Kesulitan yang dialami siswa dikarenakan materi yang dipelajari cenderung abstrak. Pada materi tersebut dibutuhkan pemahaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan materi sebelumnya. Banyak istilah baru yang harus dipahami oleh siswa. Selain itu, siswa cenderung merasa kesulitan dalam memahami pembentukan kekebalan dalam tubuh serta proses kekebalan yang terjadi di dalam tubuh. Hal ini terbukti dengan hasil belajar siswa yang memperoleh nilai rata-rata di bawah KKM. Oleh sebab itu, dibutuhkan pembelajaran yang efektif untuk mempermudah siswa memahami materi tersebut.

Pembelajaran efektif adalah pembelajaran yang mampu menyeimbangkan seluruh potensi berpikir siswa. Dengan kata lain, pembelajaran yang efektif adalah pembelajaran yang mampu menyeimbangkan antara potensi otak kanan dan otak kiri siswa. Menurut Mulawarman dkk (2009), jika pembelajaran dalam kelas tidak melibatkan kedua fungsi otak, maka ketidakseimbangan kognitif akan terjadi pada siswa. Potensi salah satu bagian otak akan melemah dikarenakan tidak digunakannya bagian otak tersebut. Apabila hal ini dibiarkan, maka yang terjadi adalah siswa akan menganggap bahwa materi yang dipelajarinya tidak sesuai dengan apa yang mereka inginkan. Kondisi ini jelas merupakan sebuah hal yang kontraproduktif terhadap terciptanya kegiatan pembelajaran yang bermakna bagi siswa.

Perlunya memahami pendekatan pembelajaran yang memfasilitasi segala potensi berpikir siswa adalah suatu keharusan bagi para pengajar. Salah satu pendekatan yang mampu memfasilitasi seluruh potensi berpikir siswa, khususnya dalam pembelajaran biologi adalah pendekatan pembelajaran biologi berbasis otak (*Brain Based Learning*). Adanya penerapan pendekatan pembelajaran tersebut, keefektifan pembelajaran biologi akan mudah tercapai.

Menurut Jensen (2008), *Brain Based Learning* (BBL) adalah pembelajaran yang diselaraskan dengan cara kerja otak yang didesain secara alamiah untuk belajar. Sejalan dengan hal tersebut, Sapa'at dalam Nurhadyani (2011) juga

mengungkapkan bahwa *Brain Based Learning* menawarkan sebuah konsep untuk menciptakan pembelajaran yang berorientasi pada upaya pemberdayaan potensi otak siswa. Beberapa penelitian sebelumnya telah membuktikan keefektifan penerapan model BBL terhadap perolehan hasil belajar siswa. Penelitian yang dilakukan oleh Kusumaningsih (2009) yang berjudul “Implementasi BBL dalam Pembelajaran IPA untuk Meningkatkan Konsep dan Kinerja Ilmiah Siswa Kelas VIII2 SMP Laboratorium Singaraja Tahun 2008/2009” menunjukkan bahwa model BBL dapat meningkatkan pemahaman konsep IPA dan hasil kinerja ilmiah siswa setelah dilakukan dua siklus. Pemahaman konsep IPA meningkat dari skor rata-rata 69,12 menjadi 73,56 dan kinerja ilmiah siswa meningkat dari skor rata-rata 73,28 menjadi 78,28. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Mustiada dkk (2014) yaitu pada pembelajaran IPA, siswa yang dibelajarkan menggunakan model pembelajaran BBL bermuatan karakter di SDN 4 Bontihing hasilnya lebih tinggi dibandingkan dengan siswa yang dibelajarkan menggunakan model pembelajaran yang berpusat pada guru.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengkaji Penerapan Pendekatan *Brain Based Learning* Pada Konsep Sistem Pertahanan Tubuh Di Kelas XI.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan masalah yaitu: “Apakah penerapan pendekatan *Brain Based Learning* berpengaruh positif terhadap hasil belajar siswa pada konsep sistem pertahanan tubuh di kelas XI?”

C. Penegasan Istilah

Dalam judul yang berbunyi “Penerapan Pendekatan *Brain Based Learning* Pada Konsep Sistem Pertahanan Tubuh di Kelas XI”, penulis memberikan batasan-batasan istilah sebagai berikut:

1. Pendekatan *Brain Based Learning*

Brain Based Learning adalah suatu pembelajaran yang berdasarkan struktur dan cara kerja otak, sehingga kerja otak dapat optimal. Otak dikatakan bekerja

secara optimal jika semua potensi yang dimilikinya dapat teroptimalkan dengan baik. Pembelajaran berbasis kemampuan kerja otak mempertimbangkan apa yang sifatnya alami bagi otak manusia dan bagaimana otak dipengaruhi oleh lingkungan karena sebagian besar otak kita terlibat dalam hampir semua tindakan pembelajaran (Jensen, 2008). Pada penelitian ini, penerapan pendekatan *Brain Based Learning* menggunakan beberapa metode pembelajaran yaitu *role play* (bermain peran), presentasi, diskusi kelas, dan observasi. Dalam pembelajaran, setiap pertemuan dilakukan *brain gym*, pengamatan *mind map*, diskusi dengan diiringi musik instrumental berirama lembut, serta menyimak video motivasi.

2. Hasil Belajar

Hasil belajar merupakan perubahan perilaku yang diperoleh pembelajar setelah mengalami aktivitas belajar (Catharina dalam Setyowati, 2007). Dalam penelitian ini, hasil belajar meliputi aspek kognitif, afektif dan psikomotorik yang diukur berdasarkan perolehan *pretest*, *posttest*, kreatifitas siswa dalam membuat *mind map*, keterampilan dalam kerja, serta sikap dalam kerja secara kelompok dari kelompok kelas eksperimen. Penerapan pendekatan BBL dinyatakan berpengaruh positif apabila jumlah ketuntasan hasil *posttest* siswa adalah 80% dari jumlah siswa, serta hasil belajar afektif dan psikomotorik kelas eksperimen lebih tinggi dari kelas kontrol.

3. Konsep Sistem Pertahanan Tubuh Kelas XI

Materi yang diterapkan dalam penelitian ini adalah sistem pertahanan tubuh kelas XI SMA semester genap. Kompetensi dasar yang harus dicapai pada materi ini mengacu pada silabus standar kurikulum 2013, yaitu mengaplikasikan pemahaman tentang prinsip-prinsip sistem imun untuk meningkatkan kualitas hidup manusia dengan kekebalan yang dimilikinya melalui program imunisasi sehingga dapat terjaga proses fisiologi di dalam tubuh (tercantum pada KD 3.14) serta menyajikan data jenis-jenis imunisasi (aktif dan pasif) dan jenis penyakit yang dikendalikannya (KD 4.16).

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah: “Mengkaji pengaruh penerapan pendekatan *Brain Based Learning* terhadap hasil belajar siswa pada konsep sistem pertahanan tubuh di kelas XI”.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari hasil penelitian ini adalah:

1. Manfaat Teoritis

- a. Dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam proses belajar mengajar di kelas untuk memperoleh hasil yang maksimal dalam hal pencapaian hasil belajar siswa.
- b. Sebagai bahan acuan dan pendukung untuk penelitian selanjutnya, sebagai usaha pengembangan lebih lanjut.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi siswa

Siswa mendapat pengalaman belajar yang berdasarkan pada cara kerja otak, sehingga siswa mampu meningkatkan hasil belajar Biologi. Selain itu, siswa mampu memaksimalkan penggunaan otaknya dalam pembelajaran.

b. Bagi guru

Guru dapat membelajarkan siswa dengan lebih bermakna dan mengoptimalkan perkembangan otak siswa. Penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu alternatif dalam pemilihan pendekatan pembelajaran dalam upaya meningkatkan hasil belajar biologi siswa.

c. Bagi Sekolah

Penelitian ini dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam pengembangan model pembelajaran Biologi, dan diharapkan dapat dikembangkan dalam pembelajaran bidang studi lainnya.

d. Bagi peneliti

Penelitian ini dapat memberikan pengalaman langsung kepada peneliti sebagai tenaga pendidik dalam menerapkan model pembelajaran BBL.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS

A. Tinjauan Pustaka

1. Peranan Otak dan Memori Dalam Pembelajaran

Roger Sperry (Hernowo, 2008), pemenang hadiah Nobel bidang kedokteran, menemukan dua belahan otak, yaitu otak kiri dan otak kanan yang berfungsi secara berbeda. Menurut beliau, otak kiri berpikir secara rasional, sedangkan otak kanan berpikir secara emosional. Sejalan dengan hal tersebut, Dilip Mukerjea (Hernowo, 2008) juga mengungkapkan bahwa otak kreatif adalah otak kiri dan otak kanan yang bekerja sinergis. Dalam pembelajaran, hendaknya penggunaan otak kiri dan otak kanan diseimbangkan agar pembelajaran menjadi lebih bermakna. Otak juga berperan penting dalam pembentukan memori. Memori sangat penting dalam pembelajaran. Semua yang telah dipelajari, baik sadar maupun tidak sadar akan tersimpan di dalam memori.

Terkait dengan rangkaian proses memori, memori sensori adalah proses awal sebelum proses *short-term memory* ataupun *long-term memory*. Memori sensori akan merekam informasi atau stimulus yang masuk dan ditangkap oleh panca indera seperti visualisasi melalui mata, auditori melalui telinga, rabaan melalui kulit, bau melalui hidung maupun rasa melalui lidah. Informasi yang masuk ini dapat dideteksi melalui salah satu panca indera atau bisa juga melalui kombinasi panca indera (Atkinson dalam Julianto dan Etsem, 2011).

Suatu informasi dapat menjadi bagian dari memori apabila terjadi perubahan fungsional dan struktural secara menetap pada otak. Menurut Hebb dalam Julianto dan Etsem (2011), pengalaman menyebabkan terjadinya perubahan pada struktur dan kimia neuron serta pada sirkuit neuron (sinapsis). Neuron adalah struktur terkecil dari sistem neuron. Neuron bertugas menyampaikan informasi yang masuk. Cara kerjanya yakni dengan cara mengubah permeabel membran sehingga dapat dilalui ion listrik. Muatan listrik pada luar membran bermuatan positif dan sebaliknya muatan sisi dalam membran bermuatan negatif. Dalam

neuron terdapat ion Na^+ , K^+ , dan Cl^- untuk menjaga perbedaan potensial tersebut. Setiap neuron akan meneruskan informasi-informasi yang masuk. Meskipun informasi tersebut berjumlah jutaan dan dalam waktu yang cepat, semuanya akan bermuara pada otak dan diolah menjadi memori.

Mekanisme kerja otak sangatlah kompleks dan saling berhubungan. Apabila salah satu bagian otak tidak optimal, maka tingkat kecerdasan akan sangat berkurang. Dalam teori pendidikan terbaru mengatakan bahwa otak bekerja optimal apabila otak belahan kanan dan otak belahan kiri digunakan secara bersama-sama (Purwanto dkk, 2009).

Roger Sperry, Ph.D, menemukan perbedaan fungsi antara otak kanan dan otak kiri (Jensen, 2008). Fungsi dari belahan otak kiri yaitu memproses “bagian-bagian” (secara berurutan), sedangkan bagian otak kanan memproses “keseluruhan” (secara acak). Pada dasarnya, tidak ada pembelajaran yang terjadi hanya pada bagian otak kiri saja, bagian atas korteks saja, pada batang otak saja atau pada bagian otak kanan saja.

Dalam proses pembelajaran seringkali informasi yang diterima otak tidak dapat diekspresikan kembali secara utuh. Ketidakmampuan untuk mengungkapkan apa yang telah dipelajari disebabkan karena tidak optimalnya fungsi otak kiri dan otak kanan dalam proses pembelajaran. Menurut Rusli (2014), untuk meningkatkan kemampuan otak kiri dan otak kanan pada saat pembelajaran, maka kegiatan belajar dapat dilakukan dalam beberapa bentuk kegiatan berikut:

a. Senam Otak (Brain Gym)

Senam otak atau *brain gym* adalah serangkaian latihan berbasis gerakan tubuh sederhana yang dibuat untuk merangsang otak kiri dan otak kanan (Franc A, 2013). Gerakannya sederhana tapi dapat memaksimalkan performa otak, karena bertujuan untuk menstimulasi, meringankan, dan sebagai relaksasi otak. Senam otak bermanfaat untuk merangsang bagian otak yang menerima informasi (*receptive*) dan bagian yang mengungkapkan informasi (*expressive*), sehingga memudahkan proses mempelajari hal-hal baru dan meningkatkan daya ingat. Penelitian *brain gym* yang menunjang kemampuan akademik telah banyak dilakukan, salah satunya adalah penelitian

Efendi (2012) yang berjudul “Pengaruh Penambahan Latihan *Brain Gym* Terhadap Kecakapan Berhitung Pada Anak Usia 5-6 Tahun”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh penambahan latihan *brain gym* terhadap kecakapan berhitung pada anak usia 5-6 tahun. Hal ini ditunjukkan dengan mean *posttest* kelompok eksperimen sebesar 7,68, sedangkan mean *posttest* kelompok kontrol sebesar 6.86.

b. Menarik Perhatian Otak melalui Lingkungan Visual

Kemampuan otak dalam menyerap informasi dalam bentuk visual sangatlah tinggi yaitu sekitar 80 sampai 90% dari semua informasi (Jensen, 2008). Hal ini berarti bahwa pengelolaan lingkungan pembelajaran dalam bentuk visual akan memudahkan siswa dalam memproses informasi karena mudah diserap oleh otak. Namun pengelolaan lingkungan pembelajaran secara visual akan efektif menarik perhatian otak jika lingkungan pembelajaran memperhatikan elemen esensial kedua mata terhadap objek. Menurut Eric Jensen (2008), elemen esensial yang memungkinkan kedua mata untuk benar-benar membentuk makna dari lapangan visual adalah kontras, kemiringan, lekukan, ujung garis, warna, dan ukuran. Hal ini berarti bahwa untuk menarik perhatian otak, cukup dengan perubahan gerakan, kekontrasan dan warna. Memberikan objek kepada pembelajar supaya mereka dapat menyentuh dan merasakannya. Memberikan kode warna pada kotak-kotak materi bagi siswa supaya lebih mudah bagi mereka untuk mengaksesnya, karena warna dapat memercikkan energi kreativitas dan menstimulasi perasaan positif.

c. Bermain musik dan bernyanyi

Salah satu cara menciptakan pembelajaran yang menarik dan menyenangkan namun tetap efektif adalah membuat suasana belajar yang nyaman dan santai, yaitu dengan menggunakan iringan musik instrumental dalam pembelajaran. Musik memiliki pengaruh terhadap tubuh manusia. Menurut Gunawan (2004), musik memiliki manfaat antara lain: 1) musik meningkatkan energi otot; 2) musik mempengaruhi detak jantung; 3) musik mengurangi stres dan rasa sakit; 4) musik mengurangi rasa lelah dan mengantuk; 5) musik membantu meningkatkan kondisi emosi ke arah yang

lebih baik; 6) musik merangsang kreativitas, kepekaan, dan kemampuan berpikir.

d. Melukis atau menulis cerita

Olivia (2011) mengemukakan bahwa aktivitas corat-coret dapat merangsang kemampuan berfikir visual dalam bentuk gambar pada anak serta melatih kemampuan motorik halusnya. Kegiatan corat-coret tidak hanya melatih motorik halus saja, melainkan secara tidak langsung anak juga menggunakan kemampuan berpikir visual. Melalui kemampuan tersebut anak membayangkan bagaimana bentuk objek yang digambar dan melihat apa objek yang akan digambar.

e. Peta Pikiran (Mind map)

Mind map melatih otak untuk melihat secara menyeluruh sekaligus secara terperinci dengan mengintegrasikan antara logika dan imajinasi. Selain itu, *mind map* juga melibatkan kedua belahan otak dengan cara mengintegrasikan antara logika dan imajinasi sehingga akan memudahkan seseorang untuk mengatur dan mengingat segala bentuk informasi, baik secara tertulis maupun secara verbal. Adanya kombinasi warna, simbol, bentuk, dan sebagainya memudahkan otak untuk menyerap informasi yang diterima. Implementasi *mind map* dalam kegiatan pembelajaran diharapkan mampu mengoptimalkan kemampuan otak anak, melatih untuk berpikir kritis dan inovatif, serta menumbuhkan kembangkan nilai-nilai karakter positif dalam diri seorang anak (Tenriawaru, 2013).

2. Pendekatan Brain Based Learning

Pembelajaran berbasis kemampuan otak (Jensen, 2008) adalah pembelajaran yang diselaraskan dengan cara kerja otak yang didesain secara alamiah untuk belajar. Ada tiga langkah dalam pembelajaran IPA dengan penerapan pendekatan *Brain Based Learning*, yaitu 1) menciptakan lingkungan belajar yang menantang kemampuan berfikir siswa (*orchestrated immersion*); 2) menciptakan lingkungan pembelajaran yang menyenangkan (*relaxed alertness*);

3) menciptakan situasi pembelajaran yang aktif dan bermakna bagi siswa (*active processing*).

Pendekatan *Brain Based Learning* bertujuan untuk mengembangkan lima sistem pembelajaran alamiah otak yang dapat mengembangkan potensi otak dengan maksimal. Kelima sistem pembelajaran tersebut adalah sistem pembelajaran emosional, sosial, kognitif, fisik, dan reflektif. Kelima pembelajaran tersebut saling mempengaruhi dan tidak dapat berdiri sendiri (Given, 2007).

Dalam pengaplikasian pembelajaran berbasis kerja otak, ada beberapa hal yang harus diperhatikan karena sangat berpengaruh pada proses pembelajaran, yaitu nutrisi, gen, sifat dan temperamen, pengalaman, pra-pembelajaran, disfungsi otak dan teman (Jensen, 2008).

Tahap-tahap pembelajaran dengan menggunakan *brain based learning* yang diungkapkan Jensen (2008) dalam bukunya adalah sebagai berikut:

- a. **Pra pemaparan** adalah tahap dimana kegiatan pembelajaran diarahkan membantu otak membangun peta konseptual yang lebih baik.
- b. **Tahap persiapan** yaitu guru menciptakan keingintahuan dan kesenangan.
- c. **Tahap Inisiasi dan akuisisi** merupakan tahap penciptaan koneksi atau pada saat neuron-neuron itu saling “berkomunikasi” satu sama lain.
- d. **Tahap Elaborasi** adalah pemberian kesempatan kepada otak untuk menyortir, menyelidiki, menganalisis, menguji, dan memperdalam pembelajaran.
- e. **Tahap Inkubasi dan memasukkan memori** menekankan bahwa waktu istirahat dan waktu untuk mengulang kembali merupakan suatu hal yang penting.
- f. **Verifikasi dan pengecekan keyakinan** yaitu fasilitator mengecek apakah peserta sudah paham dengan materi yang telah dipelajari atau belum. Siswa juga perlu tahu apakah dirinya sudah memahami materi atau belum.
- g. **Perayaan dan integrasi** yaitu menanamkan semua arti penting dari kecintaan terhadap belajar.

3. Hasil Belajar

a. Pengertian Hasil Belajar

Menurut Catharina dalam Setyowati (2007) hasil belajar merupakan perubahan perilaku yang diperoleh pembelajar setelah mengalami aktivitas belajar. Hasil belajar juga merupakan kemampuan yang diperoleh siswa setelah melalui kegiatan belajar (H. Nashar dalam Setyowati, 2007). Hasil belajar adalah terjadinya perubahan dari hasil masukan pribadi berupa motivasi dan harapan untuk berhasil dan masukan dari lingkungan berupa rancangan dan pengelolaan motivasional tidak berpengaruh terhadap besarnya usaha yang dicurahkan oleh siswa untuk mencapai tujuan belajar (Keller dalam Setyowati, 2007). Menurut Setyowati (2007), seseorang dapat dikatakan telah belajar sesuatu apabila dalam dirinya telah terjadi suatu perubahan, akan tetapi tidak semua perubahan dapat terjadi. Jadi hasil belajar merupakan pencapaian tujuan belajar dan hasil belajar sebagai produk dari proses belajar.

b. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Hasil Belajar

Menurut Dalyono dalam Setyowati (2007) berhasil tidaknya seseorang dalam belajar disebabkan oleh dua faktor yaitu:

a. Faktor Internal (yang berasal dari dalam diri orang yang belajar)

1. Kesehatan

Kesehatan jasmani dan rohani sangat besar pengaruhnya terhadap kemampuan belajar. Bila seseorang yang tidak selalu sehat, sakit kepala, demam, pilek batuk dan sebagainya dapat mengakibatkan tidak bergairah untuk belajar. Demikian pula halnya jika kesehatan rohani (jiwa) kurang baik.

2. Intelegensi dan Bakat

Kedua aspek kejiwaan ini besar sekali pengaruhnya terhadap kemampuan belajar. Seseorang yang mempunyai intelegensi baik (IQ-nya tinggi) umumnya mudah belajar dan hasilnya pun cenderung baik. Bakat juga besar pengaruhnya dalam menentukan keberhasilan belajar. Jika seseorang mempunyai intelegensi yang tinggi dan bakatnya ada dalam bidang yang

dipelajari, maka proses belajar akan lebih mudah dibandingkan orang yang hanya memiliki intelegansi tinggi saja atau bakat saja.

3. Minat dan Motivasi

Minat dapat timbul karena adanya daya tarik dari luar dan juga datang dari sanubari. Timbulnya minat belajar disebabkan beberapa hal, antara lain karena keinginan yang kuat untuk menaikkan martabat atau memperoleh pekerjaan yang baik serta ingin hidup senang atau bahagia. Begitu pula seseorang yang belajar dengan motivasi yang kuat, akan melaksanakan kegiatan belajarnya dengan sungguh-sungguh, penuh gairah dan semangat. Motivasi berbeda dengan minat. Motivasi adalah daya penggerak atau pendorong.

4. Cara belajar

Cara belajar seseorang juga mempengaruhi pencapaian hasil belajarnya. Belajar tanpa memperhatikan teknik dan faktor fisiologis, psikologis, dan ilmu kesehatan akan memperoleh hasil yang kurang.

b. Faktor Eksternal (yang berasal dari luar diri orang belajar)

1. Keluarga

Faktor orang tua sangat besar pengaruhnya terhadap keberhasilan anak dalam belajar, misalnya tinggi rendahnya pendidikan, besar kecilnya penghasilan dan perhatian.

2. Sekolah

Keadaan sekolah tempat belajar turut mempengaruhi tingkat keberhasilan anak. Kualitas guru, metode mengajarnya, kesesuaian kurikulum dengan kemampuan anak, keadaan fasilitas atau perlengkapan di sekolah dan sebagainya, semua ini mempengaruhi keberhasilan belajar.

3. Masyarakat

Keadaan masyarakat juga menentukan hasil belajar. Bila sekitar tempat tinggal keadaan masyarakatnya terdiri dari orang-orang yang berpendidikan, terutama anak-anaknya, rata-rata bersekolah tinggi dan moralnya baik, hal ini akan mendorong anak giat belajar.

4. Lingkungan sekitar

Keadaan lingkungan tempat tinggal, juga sangat mempengaruhi hasil belajar. Keadaan lingkungan, bangunan rumah, suasana sekitar, keadaan lalu lintas dan sebagainya semua ini akan mempengaruhi kegairahan belajar.

c. **Klasifikasi Hasil belajar**

Dalam sistem pendidikan nasional rumusan tujuan pendidikan menggunakan klasifikasi hasil belajar dari Benyamin S. Bloom dalam Setyowati (2007) secara garis besar membaginya menjadi tiga ranah, yaitu:

1. Ranah Kognitif

Ranah kognitif berkaitan dengan kemampuan intelektual seseorang. Hasil belajar kognitif melibatkan siswa kedalam proses berpikir seperti mengingat, memahami, menerapkan, menganalisa sintesis dan evaluasi.

2. Ranah Afektif

Ranah afektif berkaitan dengan kemampuan yang berkenaan dengan sikap, nilai perasaan dan emosi. Tingkatan-tingkatannya aspek ini dimulai dari yang sederhana sampai kepada tingkatan yang kompleks, yaitu penerimaan, penanggapan penilaian, pengorganisasian, dan karakterisasi nilai.

3. Ranah Psikomotor

Ranah Psikomotor berkaitan dengan kemampuan yang menyangkut gerakan-gerakan otot. Tingkatan-tingkatan aspek ini, yaitu gerakan refleks keterampilan pada gerak dasar kemampuan perseptual, kemampuan dibidang pisik, gerakan-gerakan skil mulai dari keterampilan sederhana sampai kepada keterampilan yang kompleks dan kemampuan yang berkenaan dengan *non discursive* komunikasi seperti gerakan ekspresif dan interpretatif.

4. Sistem Pertahanan Tubuh

a. Pengertian Sistem Pertahanan Tubuh

Sistem kekebalan atau imunitas adalah sistem pertahanan yang berperan dalam mengenal, menghancurkan, serta menetralkan benda-benda asing atau sel-sel abnormal yang berpotensi merugikan bagi tubuh.

b. Antigen dan Antibodi

Antigen adalah zat-zat asing yang pada umumnya merupakan protein yang berkaitan dengan bakteri dan virus yang masuk ke dalam tubuh. Antigen bertindak sebagai benda asing yang akan merangsang timbulnya antibodi.

Antibodi merupakan protein-protein yang terbentuk sebagai respon terhadap antigen yang masuk ke tubuh, yang bereaksi secara spesifik dengan antigen tersebut. Konfigurasi molekul antigen-antibodi sedemikian rupa sehingga hanya antibodi yang timbul sebagai respon terhadap suatu antigen tertentu saja yang cocok dengan permukaan antigen itu sekaligus bereaksi dengannya.

c. Mekanisme Pertahanan Tubuh

Apabila tubuh mendapatkan serangan dari benda asing maupun infeksi mikroorganisme (kuman penyakit, bakteri, jamur, atau virus) maka sistem kekebalan tubuh akan berperan dalam melindungi tubuh dari bahaya akibat serangan tersebut. Tubuh manusia memiliki dua macam mekanisme pertahanan tubuh, yaitu pertahanan nonspesifik (alamiah) dan pertahanan spesifik (adaptif). Gambaran umum tentang pertahanan tubuh nonspesifik dan spesifik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pertahanan nonspesifik dan pertahanan spesifik

PERTAHANAN NONSPESIFIK a. Pengenalan sifat-sifat yang dimiliki bersama oleh banyak sekali patogen, menggunakan seperangkat reseptor yang kecil. b. Respon cepat	Pertahanan penghalang: Kulit Membran mukosa Rambut hidung dan silia Cairan sekresi
	Pertahanan internal: Sel-sel fagositik Protein antimikroba Inflamasi Sel pembunuh alami
PERTAHANAN SPESIFIK a. Pengenalan sifat-sifat yang spesifik terhadap patogen tertentu, menggunakan banyak sekali reseptor. b. Respon lebih lambat	Respon imunitas humoral Antibodi mempertahankan tubuh dari infeksi dalam cairan tubuh
	Respon imunitas seluler Limfosit mempertahankan tubuh dari infeksi dalam sel tubuh

Sumber: *Biologi, Campbell (2008)*

1. Pertahanan Nonspesifik (Alamiah)

Pertahanan nonspesifik merupakan imunitas bawaan sejak individu lahir, berupa komponen normal tubuh yang selalu ditemukan pada individu sehat dan siap mencegah serta menyingkirkan dengan cepat antigen yang masuk ke dalam tubuh. Pertahanan nonspesifik meliputi pertahanan fisik, kimia, dan mekanis terhadap agen infeksi; fagositosis; inflamasi; serta zat antimikroba nonspesifik yang diproduksi tubuh.

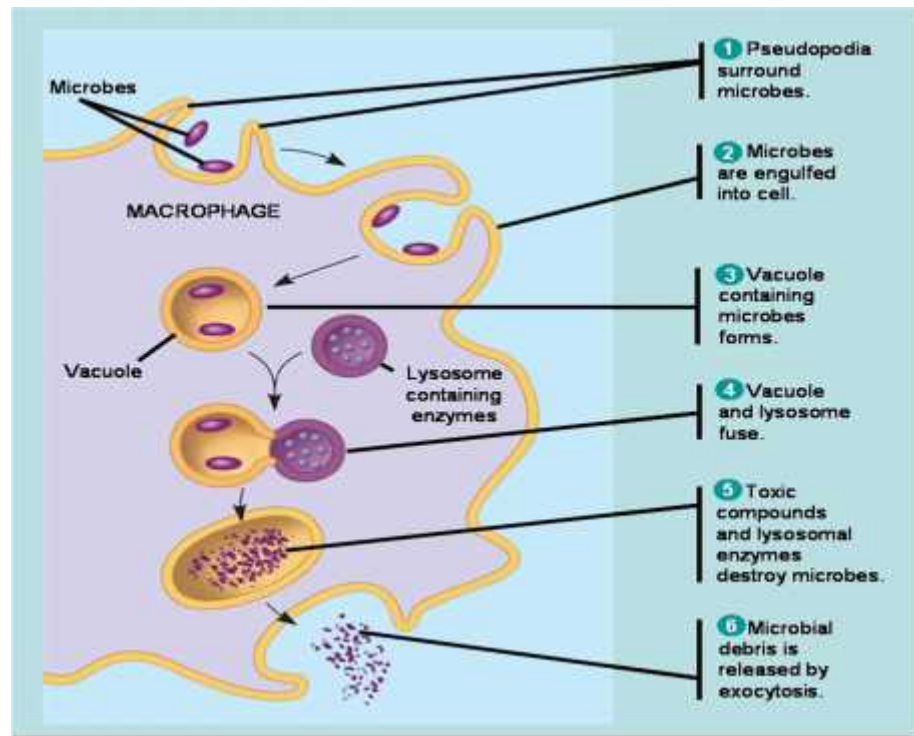
a. Pertahanan fisik, kimia, dan mekanis terhadap agen infeksi

Pertahanan ini merupakan pertahanan pertama bagi tubuh yang meliputi kulit, membran mukosa, rambut hidung dan silia, cairan sekresi dari tubuh, serta pembilasan oleh air mata, saliva, dan urin.

b. Fagositosis

Fagositosis merupakan pertahanan ke-2 bagi tubuh terhadap agen infeksi. Fagositosis meliputi proses penelanan dan pencernaan mikroorganisme dan toksin yang berhasil masuk ke tubuh. Proses ini dilakukan oleh neutrofil dan makrofag. Makrofag disebut juga *big eaters* karena berukuran besar, mempunyai bentuk tidak beraturan, dan membunuh bakteri dengan cara memakannya. Cara makrofag memakan bakteri sama seperti cara makan amoeba. Bakteri yang sudah berada di dalam makrofag kemudian dihancurkan dengan enzim lisosom. Makrofag ini juga bertugas untuk mengatasi infeksi virus dan partikel debu yang berada di dalam paru-paru. Sebenarnya di dalam tubuh keberadaan makrofag ini sedikit, tetapi memiliki peran sangat penting. Sel-sel fagosit yang lain yaitu eosinofil dan sel-sel dendritik.

Berdasarkan Gambar 1, proses fagositosis mikroba oleh makrofag yaitu mikroba yang masuk ke dalam sel fagositik akan dikelilingi oleh pseudopodia, kemudian ditelan ke dalam sel sehingga terbentuk vakuola yang berisi mikroba. Vakuola tersebut akan berfusi dengan lisosom kemudian senyawa-senyawa toksik dan enzim lisosom menghancurkan mikroba tersebut. Sisa-sisa mikroba dilepaskan melalui eksositosis.



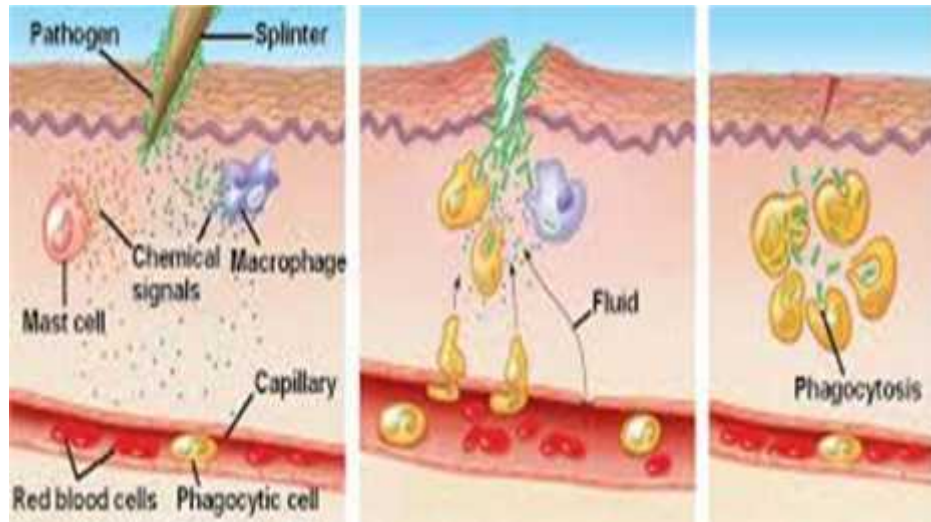
Sumber: *Biologi, Campbell (2008)*

Gambar 1. Proses fagositosis mikroba oleh makrofag

c. Inflamasi

Inflamasi adalah reaksi lokal jaringan terhadap infeksi. Tanda-tanda lokal respon inflamasi yaitu kemerahan, panas, pembengkakan, serta nyeri. Adanya respon inflamasi lokal disebabkan oleh molekul-molekul pensinyalan yang dilepas saat terjadi luka atau infeksi. Salah satu molekul pensinyalan peradangan yang penting adalah histamin, yang disimpan dalam sel tiang (*mast cell*), sel-sel jaringan ikat yang menyimpan zat-zat kimia dalam granula-granula untuk sekresi. Peristiwa inflamasi dimulai dengan adanya infeksi, sebagai contoh akibat serpihan kayu yang dapat dilihat pada Gambar 2. Histamin dilepaskan oleh sel-sel tiang di tempat kerusakan jaringan sehingga memicu pembuluh darah di dekatnya untuk berdilatasi dan menjadi lebih permeabel. Makrofag-makrofag yang teraktivasi dan sel-sel lain yang teraktivasi melepaskan molekul-molekul pensinyalan tambahan yang semakin mendorong aliran darah ke tempat yang terluka. Peningkatan suplai aliran darah lokal yang dihasilkan akan menyebabkan kemerahan dan panas yang

khas dari inflamasi. Kapiler-kapiler membengkak karena terisi darah dan kemudian bocor ke jaringan-jaringan tetangga, sehingga menyebabkan pembengkakan.



Sumber: Biologi, Campbell (2008)

Gambar 2. Mekanisme pertahanan tubuh dengan respon inflamatori

Selama inflamasi, siklus pensinyalan dan respon mengubah tempat yang terinfeksi. Aliran darah yang ditingkatkan ke tempat luka membantu mengantarkan protein-protein antimikroba. Protein-protein komplemen yang teraktivasi mendorong pelepasan histamin lebih lanjut dan membantu memikat fagosit. Sel-sel endotelial di dekatnya menyekresikan molekul-molekul pensinyalan yang menarik neutrofil dan makrofag. Dengan memanfaatkan permeabilitas pembuluh yang ditingkatkan untuk memasuki jaringan yang terluka, sel-sel ini melaksanakan fagositosis tambahan dan inaktivasi mikroba. Hasilnya adalah akumulasi nanah (*pus*), cairan kaya sel-sel darah putih, mikroba mati, dan sisa-sisa sel.

d. Protein antimikroba nonspesifik yang diproduksi tubuh

Zat antimikroba yang diproduksi tubuh untuk menyerang mikroba atau menghalangi reproduksinya antara lain interferon dan sistem komplemen. Interferon adalah protein-protein yang memberikan pertahanan bawaan melawan infeksi virus. Sel-sel tubuh yang terinfeksi virus menyekresikan interferon, menginduksi sel-sel tak terinfeksi di dekatnya untuk menghasilkan

zat-zat yang menghambat reproduksi virus. Dengan cara ini, interferon membatasi penyebaran virus dari sel ke sel di dalam tubuh, membantu mengontrol infeksi virus seperti pilek dan influenza.

Sistem komplemen terdiri dari 30 protein dalam plasma darah yang berfungsi bersama-sama untuk memerangi infeksi. Protein-protein ini bersirkulasi dalam kondisi inaktif dan teraktivasi oleh zat-zat pada permukaan banyak mikroba. Aktivasi menghasilkan serangkaian reaksi-reaksi biokimiawi berurutan yang menyebabkan lisis pada sel-sel yang menyerang. Sistem komplemen juga berfungsi dalam inflamasi dan dalam pertahanan spesifik.

e. Sel pembunuh alami (NK)

Sel NK berfungsi membantu mengenali dan melenyapkan sel-sel berpenyakit tertentu. Kecuali sel darah merah, semua sel dalam tubuh normalnya memiliki protein yang disebut MHC kelas I pada permukaannya. Setelah infeksi virus atau konversi menjadi tahap kanker, sel-sel kadang berhenti mengekspresikan protein ini. Sel-sel NK yang mengawasi tubuh melekat ke sel-sel sakit semacam itu dan melepaskan zat-zat kimia yang menyebabkan kematian sel, sehingga menghambat penyebaran virus atau kanker lebih jauh.

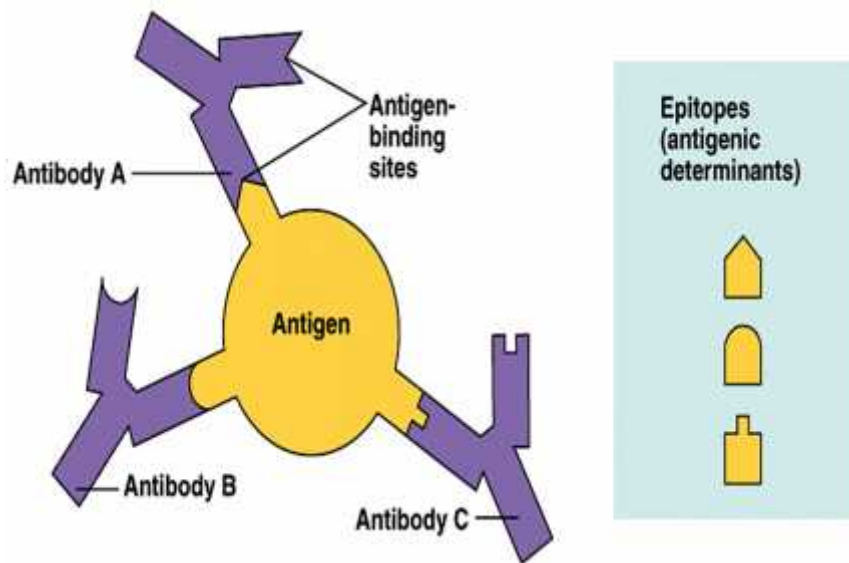
2. Pertahanan Spesifik (Adaptif)

Pertahanan spesifik merupakan sistem pertahanan yang memberikan respon imun terhadap antigen yang spesifik. Antigen spesifik contohnya bakteri, virus, toksin, atau zat lain yang dianggap asing. Pertahanan spesifik mampu mengenal benda asing bagi dirinya dan memiliki memori (kemampuan mengingat kembali) terhadap kontak sebelumnya dengan suatu agen tertentu. Benda asing yang pertama kali terpajan dengan tubuh segera dikenal dan menimbulkan sensitisasi (kontak pertama kali), sehingga jika antigen yang sama masuk ke dalam tubuh untuk kedua kalinya, maka akan segera dikenal dan dihancurkan lebih cepat.

a. Komponen Respon Imunitas Spesifik

Komponen respon imunitas spesifik melibatkan dua komponen, yaitu antigen dan antibodi.

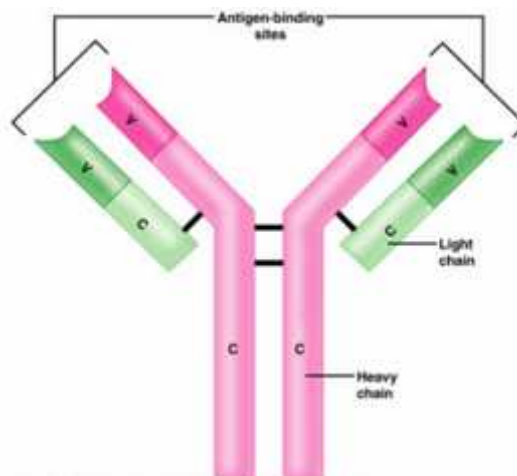
1. **Antigen**, zat yang merangsang respon imunitas, terutama dalam menghasilkan antibodi. Umumnya berupa zat dengan berat molekul besar dan kompleks, seperti protein dan polisakarida. Antigen dapat berupa bakteri, virus, protein, karbohidrat, sel kanker, atau kanker. Antigen memiliki bagian epitop dan hapten. Epitop merupakan bagian antigen yang berikatan dengan reseptor antigen pada limfosit dan dengan antibodi yang disekresikan. Epitop dapat dilihat pada Gambar 3.



Sumber: Biologi, Campbell (2008)

Gambar 3. Epitop antigen

2. **Antibodi**, protein larut yang dihasilkan oleh sistem imunitas sebagai respon terhadap keberadaan suatu antigen. Antibodi merupakan protein plasma yang disebut imunoglobulin (Ig). Terdapat lima kelas imunoglobulin yaitu IgA, IgD, IgE, IgG, dan IgM. Struktur antibodi dapat dilihat pada Gambar 4, yang terdiri dari situs pengikatan antigen, rantai berat, rantai ringan, daerah variabel, daerah konstan, dan engsel.



Sumber: *Biologi, Campbell (2008)*

Gambar 4. Struktur antibodi

b. Interaksi antigen dan antibodi

Antibodi memiliki sisi pengikat antigen pada daerah variabel dan antigen memiliki sisi penghubung determinan antigen (epitop). Kedua sisi tersebut akan berikatan untuk membentuk kompleks antigen dan antibodi. Pengikatan antibodi ke antigen memungkinkan inaktivasi antigen dan menandai sel atau molekul asing agar dicerna oleh fagosit atau sistem komplemen protein. Mekanisme pengikatan antibodi ke antigen dapat melalui beberapa cara sebagai berikut.

1. Aktivasi sistem komplemen

Pengikatan kompleks antigen-antibodi pada mikroba atau sel asing ke salah satu protein komplemen memicu serangkaian aktivasi dengan setiap protein dari sistem komplemen mengaktivasi protein berikutnya. Pada akhirnya, protein komplemen yang teraktivasi membangkitkan kompleks serangan membran (*membrane attack complex*) yang membentuk pori-pori di dalam membran sel asing. Ion dan air mengalir ke dalam sel, menyebabkan sel itu membengkak dan melisis.

2. Netralisasi

Netralisasi terjadi jika antibodi menutup situs determinan antigen, sehingga antigen menjadi tidak berbahaya dan sel fagosit dapat mencerna antigen tersebut.

3. Aglutinasi

Terjadi jika antigen berupa materi partikel seperti bakteri atau sel darah merah. Molekul antibodi memiliki paling tidak dua tempat pengikatan antigen.

4. Presipitasi

Yaitu pengikatan silang molekul-molekul antigen yang terlarut dalam cairan tubuh. Setelah diendapkan, antigen tersebut dikeluarkan dan dibuang melalui fagositosis.

c. Jenis Imunitas

Jenis imunitas terhadap penyakit dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

1. **Imunitas aktif**, dapat diperoleh akibat kontak langsung dengan toksin atau patogen sehingga tubuh mampu memproduksi antibodinya sendiri. Imunitas aktif ada dua macam yaitu alami dan buatan.
2. **Imunitas pasif**, jika antibodi dari satu individu dipindah ke individu lain. Imunitas pasif ada dua macam yaitu alami dan buatan.

d. Jenis pertahanan spesifik

Pertahanan spesifik dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu imunitas yang diperantarai antibodi (humoral) dan imunitas yang diperantarai sel (seluler).

1. Respon Imunitas Humoral

Respon imunitas humoral melibatkan aktivasi dan seleksi klonal sel-sel B efektor, yang menyekresikan antibodi yang bersirkulasi di dalam darah dan limfe. Mekanisme respon imunitas humoral adalah sebagai berikut.

1. Antigen (patogen) menginvasi tubuh. Antigen dibawa ke limfosit B di dalam nodus limfa.
2. Sel T penolong mengaktifkan limfosit B. Limfosit B berproliferasi melalui pembelahan mitosis, sehingga menghasilkan tiruan sel B.
3. Klon (tiruan) sel B banyak yang berdiferensiasi menjadi sel plasma. Sel plasma menyekresikan antibodi untuk dibawa ke lokasi infeksi.
4. Di lokasi infeksi, kompleks antigen-antibodi secara langsung menginaktifkan antigen (patogen).

5. Sebagian tiruan sel B tidak berdiferensiasi dan menjadi sel memori B yang menetap pada jaringan jaringan limfoid.

2. Respon imunitas Seluler

Respon imunitas seluler melibatkan aktivasi dan seleksi klonal sel-sel T sitotoksik, yang mengidentifikasi dan menghancurkan sel-sel target. Mekanisme respon imunitas seluler adalah sebagai berikut.

a. Eksraseluler (jika antigen dicerna oleh makrofag)

1. Antigen (misalnya bakteri) ditelan oleh makrofag. Makrofag mengandung fragmen protein (peptida) dari antigen tersebut.
2. Makrofag membentuk molekul MHC kelas II, dan molekul tersebut bergerak menuju ke permukaan makrofag.
3. MHC kelas II menangkap peptida antigen dan membawanya ke permukaan, serta memperlihatkannya ke sel T penolong.
4. Sel T penolong akan mengaktivasi makrofag untuk menghancurkan mikroorganisme yang ditelan.

b. Intraseluler (jika antigen menginfeksi sel)

1. Antigen (misalnya virus) menginfeksi sel tubuh. Sel mengandung fragmen protein (peptida) virus, jika virus bereplikasi dalam sel tersebut.
2. Sel tubuh membentuk molekul MHC kelas I, molekul tersebut bergerak ke permukaan.
3. MHC kelas I tersebut menangkap peptida virus dan membawanya ke permukaan sel, serta memperlihatkannya ke sel T sitotoksik (CTL).
4. Sel T sitotoksik akan teraktivasi oleh kompleks molekul MHC kelas I, peptida virus pada sel yang terinfeksi, dan sel T penolong. Sel T sitotoksik kemudian berdiferensiasi menjadi sel pembunuh aktif yang akan menghancurkan sel terinfeksi.
5. Sel T sitotoksik yang tidak berdiferensiasi akan menjadi sel T memori.
6. Sel-sel T memori berfungsi dalam respon imunitas sekunder jika terjadi paparan antigen berulang.

d. Immunisasi

Imunisasi adalah cara untuk membuat tubuh menjadi kebal terhadap penyakit menular. Imunisasi dibagi menjadi dua macam yaitu imunisasi pasif dan imunisasi aktif. Kedua macam imunisasi tersebut berbeda dalam beberapa aspek berdasarkan cara memperolehnya, sifat resistensi yang dihasilkan, cepat-lambatnya kemunculan antibodi maupun katabolismenya.

1. Imunisasi Pasif

Imunisasi pasif adalah suatu usaha untuk mendapatkan kekebalan tubuh dengan cara memindahkan antibodi dari individu resisten kepada individu yang rentan.

2. Imunisasi Aktif

Imunisasi aktif adalah suatu usaha untuk mendapatkan kekebalan tubuh melalui pemberian antigen pada tubuh sehingga tubuh menanggapi dengan meningkatkan tanggap kebal protektif berperantara sel atau antibodi atau kedua-duanya.

e. Faktor yang Mempengaruhi Sistem Pertahanan Tubuh

Beberapa faktor yang mempengaruhi sistem pertahanan tubuh antara lain genetik, fisiologis, stress, usia, hormon, olahraga, tidur, nutrisi, pajanan zat berbahaya, racun tubuh dan penggunaan obat-obatan.

f. Gangguan Sistem Pertahanan Tubuh

Gangguan sistem pertahanan tubuh meliputi hipersensitivitas (alergi), penyakit autoimun, dan imunodefisiensi.

1. Hipersensitivitas (Alergi)

Hipersensitivitas adalah peningkatan sensitivitas atau reaktivitas terhadap antigen yang pernah dipajankan atau dikenal sebelumnya. antigen yang mendorong timbulnya alergi disebut alergen. Gejala reaksi alergi yaitu gatal-gatal, ruam, mata merah, dan kesulitan bernapas.

2. Autoimun

Autoimun adalah kegagalan sistem imunitas untuk membedakan sel tubuh dengan sel asing sehingga sistem imunitas menyerang sel tubuh sendiri. Contohnya, penyakit Addison dan *systemic lupus erythematosus*.

3. Immunodefisiensi

Imunodefisiensi adalah kondisi menurunnya keefektifan sistem imunitas atau ketidakmampuan sistem imunitas untuk merespon antigen. Contohnya AIDS.

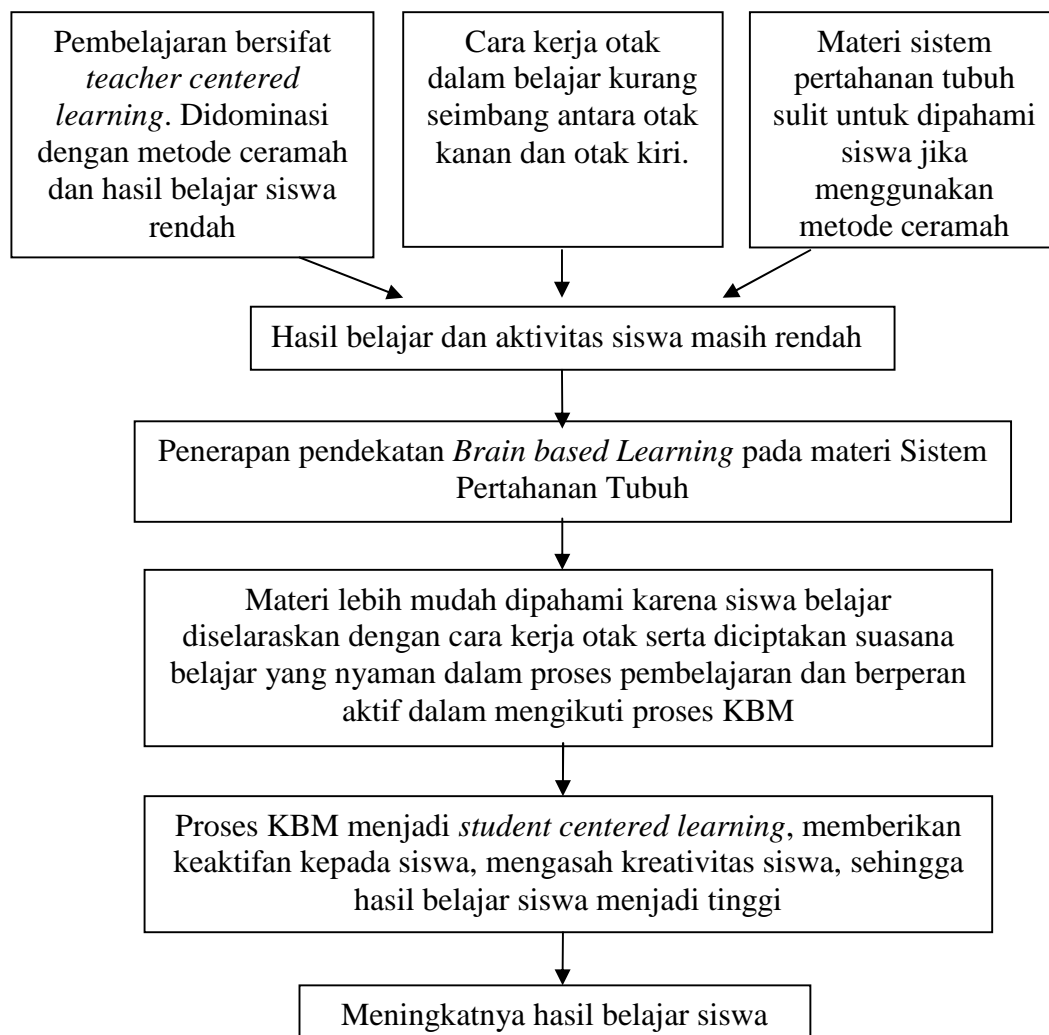
5. Beberapa Strategi Pembelajaran Sistem Pertahanan Tubuh yang Pernah Dilakukan

- a. Penelitian Septiana dkk (2013) yang berjudul Jurnal Belajar Sebagai Strategi Berpikir Metakognitif pada Pembelajaran Sistem Imunitas, bertujuan untuk mengetahui hubungan antara jurnal belajar dan strategi berpikir metakognitif serta menguji pengaruh penerapan jurnal belajar sebagai strategi berpikir metakognitif pada pembelajaran sistem imunitas terhadap hasil belajar siswa di SMA Negeri 1 Kajen. Hasil penelitian diperoleh bahwa strategi berpikir metakognitif berkorelasi positif dengan jurnal belajar (93,8% dan $\text{sig} < 0,05$). Hasil uji t-test menunjukkan perbedaan nyata dari kedua kelompok. Sehingga penerapan jurnal belajar sebagai strategi berpikir metakognitif berpengaruh secara signifikan terhadap hasil belajar siswa (nilai $\text{sig} < 0,05$).
- b. Penelitian Kholifah dkk (2013) yang berjudul Efektivitas *Guided Discovery Learning* untuk memperbaiki konsep siswa SMA pada materi sistem imun, bertujuan untuk mengkaji efektivitas penerapan model *Guided Discovery Learning* terhadap pemahaman konsep siswa kelas XI pada materi sistem imun. Model pembelajaran yang dipergunakan adalah *Guided Discovery Learning* dipadu dengan *Concept Map*, dan *Guided Discovery Learning* tanpa *Concept Map*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *Guided Discovery Learning*, baik yang dipadu dengan *Concept Map* ataupun tidak, belum efektif memperbaiki pemahaman konsep siswa. Pemahaman konsep siswa mencapai 54,27 (SMA Muhammadiyah), dan 55,45 (SMA 6 Surakarta) dari skor maksimal 100. Siswa masih mengalami miskonsepsi sebanyak 18,10% dan 34,91%. Miskonsepsi pada sistem imun terjadi pada sub materi mekanisme imun.

- c. Penelitian Sesya dan Lisdiana (2014) yang berjudul Pengembangan Modul Fenotif (*Fun*, Edukatif dan Inovatif) Materi Sistem Pertahanan Tubuh, bertujuan untuk mengetahui kelayakan dan efektivitas modul “Fenotif” yang dikembangkan dalam pembelajaran biologi materi sistem pertahanan tubuh. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Modul Fenotif dinyatakan layak digunakan sebagai bahan ajar dengan persentase kelayakan materi sebesar 95% dan persentase kelayakan media sebesar 96%. Modul ini juga efektif digunakan dengan perolehan N-gain mencapai kategori sedang sampai tinggi.
- d. Penelitian Widyastuti dkk (2014) yang berjudul Pengembangan *Web Educative* Sebagai Sumber Belajar pada Materi Sistem Pertahanan Tubuh, bertujuan untuk mengetahui kelayakan dan keefektifan web educative sebagai sumber belajar materi sistem pertahanan tubuh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil penilaian kelayakan *web educative* dari pakar media dan materi memperoleh skor rata-rata 91% dengan kriteria sangat layak. Ketuntasan hasil belajar siswa dengan nilai 78 pada uji coba produk mencapai 100% dan pada uji coba pemakaian 93%. Siswa memberikan tanggapan yang baik dengan ditunjukkan perolehan skor rata-rata sebesar 84%.

B. Kerangka Berpikir

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan, kerangka berpikir dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 5. Kerangka berpikir penelitian penerapan pendekatan *Brain Based Learning* pada konsep sistem pertahanan tubuh di kelas XI

C. HIPOTESIS

Adapun hipotesis dalam penelitian ini yaitu penerapan pendekatan *Brain Based Learning* berpengaruh positif terhadap hasil belajar siswa pada konsep sistem pertahanan tubuh di kelas XI SMA Negeri 1 Demak.

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan uraian pembahasan yang telah dikemukakan, dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh positif penerapan pendekatan *Brain Based Learning* terhadap hasil belajar siswa pada konsep sistem pertahanan tubuh di kelas XI SMA Negeri 1 Demak.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka saran yang dapat diajukan sebagai berikut.

1. Pendekatan *Brain Based Learning* memungkinkan diterapkan pada materi lain sebagai salah satu upaya untuk mengoptimalkan hasil belajar dan aktivitas siswa.
2. Hendaknya diterapkan lebih dari satu jenis model *brain gym* sebelum pembelajaran pada setiap pertemuan, sehingga hasilnya dapat optimal.

Daftar Pustaka

- Arikunto, S. 2006. *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Campbell, N. A., J. B. Reece, L. A. Urry, M. L. Cain, S. A. Wasserman, P. V. Minorsky dan R. B. Jackson. 2008. *Biologi Edisi Kedelapan Jilid 3*. Terjemahan D. T. Wulandari. Jakarta: Erlangga.
- Djamarah S. B. dan Aswan Z. 2010. *Strategi Belajar Mengajar*. Edisi Revisi. Jakarta: Rineka Cipta.
- Efendi, E. N. 2012. Pengaruh Penambahan Latihan *Brain Gym* Terhadap Kecakapan Berhitung Pada Anak Usia 5-6 Tahun. *Jurnal Fisioterapi FIK UMS*. 1 (1).
- Fitriani, D., S. M. E. Susilowati dan B. Priyono. 2013. Penerapan Modul Ekosistem Berbasis Konstruktivisme di SMP YPE Semarang. *Unnes Journal of Biology Education*. 2 (2).
- Franc A., Yanuarita. 2013. *Memaksimalkan Otak Melalui Senam Otak*. Yogyakarta: Teranova Books.
- Given, B. K. 2007. *Brain Based Learning (Merancang Kegiatan Belajar Mengajar yang Melibatkan Otak Emosional, Sosial, Kognitif, Kinestetis, dan Reflektif)*. Bandung: Kaifa.
- Gunawan, W. A. 2004. *Genius Teaching Strategy*. Jakarta: Gramedia Pustaka.
- Hernowo. 2008. *Menjadi Guru yang Mau dan Mampu Mengajar Secara Menyenangkan*. Bandung: MLC.
- Jensen, E. 2008. *Pembelajaran Berbasis Kemampuan Otak. Cara Baru dalam Pembelajaran dan Pelatihan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Julianto, V. dan M. B. Etsem. 2011. *The Effect of Reciting Holy Qur'an toward Short-term Memory Ability Analysed through the Changing Brain Wave*. *Jurnal Psikologi UGM*. 38 (1).
- Kholifah, A. N., R. Kusumaningrum, Y. Rinanto, M. Ramli dan Marjono. 2013. Efektivitas *Guided Discovery Learning* untuk Memperbaiki Pemahaman Konsep Siswa SMA pada Materi Sistem Imun. *Jurnal Pendidikan Biologi FKIP UNS*. 1 (1).
- Kusumaningsih, H. 2009. *Implementasi Brain Based Learning (BBL) dalam Pembelajaran IPA untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Kinerja Ilmiah Siswa Kelas VIII SMP Laboratorium Singaraja Tahun*

- Ajaran 2008/2009*. Skripsi Jurusan S1 Fisika Fakultas Matematika dan IPA.
- Moris, M. L. dan Lim D. H. 2009. *Learner and Instructional Factor Influecing Outcomes within a Blended Learning Environment*. *Educational Tecnology & Society*. 12 (4): 282-293
- Mulawarman, A B. Hartono, D. Annisa, A. Sekardini dan A. Nugroho. 2009. *Upaya Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Sekolah dasar dengan Metode Pengajaran Matematika Berbasis Otak (Brain-compatible Mathematics)*. Seminar Nasional Universitas Negeri Jakarta.
- Mustiada, I G. A. M., A. A. G. Agung dan N. N. M. Antari. 2014. Pengaruh Model Pembelajaran BBL Bermuatan Karakter Terhadap Hasil Belajar IPA. *Jurnal Mimbar PGSD Universitas Pendidikan Ganesha*. 1:1-10
- Nurhadyani, D. 2011. *Penerapan Brain Based Learning dalam Pembelajaran Matematika untuk Meningkatkan Motivasi Belajar dan KemampuanKoneksi Matematis Siswa*. Skripsi Universitas Pendidikan Indonesia.
- Olivia, F. dan Raziarty. 2011. *Mengoptimalkan Otak Kanan Anak dengan Creative Drawing*. Jakarta: PT Elek Media Komputindo.
- Prihastuti. 2009. Pengaruh *Brain Gym* Terhadap Peningkatan Kecakapan Berhitung Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*. 1:35-47.
- Purwanto, S., R. Widyaswati dan Nuryati. 2009. Manfaat Senam Otak (*Brayn Gym*) dalam Mengatasi Kecemasan dan Stres pada Anak Sekolah. *Jurnal Kesehatan Fakultas Psikologi UMS*. 2 (1).
- Ristiasari, T., B. Priyono dan S. Sukaesih. 2012. Model Pembelajaran *Problem Solving* dengan *Mind Mapping* Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Unnes Journal of Biology Education*. 1 (3).
- Rusli. 2014. *Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika Berbasis Kerja Otak Pada Materi Geometri di SMA Pesantren Tarbiyah Takalar*. Makasar: Pascasarjana UNM.
- Septiana, K., A. P. B. Prasetyo dan W. Christijanti. 2013. Jurnal Belajar Sebagai Strategi Berpikir Metakognitif pada Pembelajaran Sistem Imun. *Unnes Journal of Biology Education* 2 (1).
- Sesya, P. R. A. dan Lisdiana. 2014. Pengembangan Modul Fenotif (*Fun*, Edukatif dan Inovatif) Materi Sistem Pertahanan Tubuh. *Unnes Journal of Biology Education* 3 (3).

- Setyowati. 2007. *Pengaruh Motivasi Belajar Terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas VII SMPN 13 Semarang*. Skripsi Universitas Negeri Semarang.
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Sudjana. 2005. *Metode Statistika*. Bandung : PT. Tarsito Bandung.
- Tenriawaru, E. P. 2013. *Implementasi Mind Mapping dalam Kegiatan Pembelajaran dan Pengaruhnya Terhadap Pendidikan Karakter*. Prosiding Seminar Nasional Universitas Cokroaminoto Palopo 1 (1).
- Widyastuti, S., R. Susanti dan T. Widianti. 2014. Pengembangan *Web Educatif* Sebagai Sumber Belajar pada Materi Sistem Pertahanan Tubuh. *Unnes Journal of Biology Education* 3 (1).