

**PERKEMBANGAN FILSAFAT, SAINS BIOLOGI, KIMIA DAN BIOKIMIA**  
**(ENI NURAENI, M. Pd)**

**BAB I**  
**PENDAHULUAN**

Perkembangan sains tidak terlepas dari perkembangan teknologi, politik ekonomi, sosial dan filsafat di masyarakat. Demikian juga perkembangan sains pada abad ke-20. Sejarah mencatat terjadi perubahan yang besar pada abad ke dua puluh ini. Semua perubahan tersebut berkembang dari filsafat yang dianut oleh hampir di seluruh dunia di masa sebelumnya.

Filsafat rasionalisme pada masa sebelum abad ke 20 telah mempengaruhi jiwa manusia menjadi pendewa rasio. Antara hati dan akal manusia yang tidak bertemu pada waktu itu telah menciptakan krisis multidimensional. Pada abad ini tercatat krisis yang luar biasa akibat dari sains dan teknologi yang dikembangkan manusia pendewa rasio. Diantaranya bencana nuklir, perang dunia, kelaparan, penyebaran penyakit dan sebagainya. Tetapi tidak jarang penemuan sains dan teknologi juga memberikan solusi bagi krisis tersebut. Pada makalah ini kami mencoba untuk menyajikan tinjauan perkembangan sains abad ke-20 serta faktor-faktor yang mempengaruhinya. Banyaknya materi yang harus disampaikan maka kami membetasi pada perkembangan sains biologi, kimia dan biokimia.

## BAB II

### PERKEMBANGAN SAINS BIOLOGI, KIMIA DAN BIODIVERSITAS

#### A. Tinjauan perkembangan filsafat abad ke-20

Filsafat yang berkembang sebelum abad ke-20 adalah *rasionalisme* yang sangat mendewakan rasio. Ahmad Tafsir (1990:257) menyebut filsafat abad ke-20 adalah filsafat pasca modern karena periode waktunya setelah abad modern. Ciri khas *filsafat pasca modern* adalah kritik terhadap filsafat modern.

**Nieztche** adalah tokoh pertama yang menyatakan ketidakpuasannya terhadap dominasi atau pendewasaan rasio pada tahun 1880-an. Menurutnya budaya barat pada waktu tersebut telah berada di pinggir jurang kehancuran karena terlalu mendewasakan rasio dan pada tahun 1990-an Capra menyatakan bahwa budaya barat telah hancur juga karena mendewakan rasio. Oleh karena itu filsafat pada abad ke-20 berusaha untuk mendekonstruksi filsafat rasionalisme.

Bila hubungan antara hati dan akal telah diputuskan maka manusia akan memperoleh kenyataan bahwa pertanyaan tentang rumusan hidup ideal tidak akan pernah terjawab. Sikap mendewakan rasio mengakibatkan adanya kecenderungan untuk menysihkan seluruh nilai dan norma yang berdasarkan agama dalam memandang kenyataan hidup. Mereka juga menolak adanya akhirat. Manusia terasing tanpa batas, kehilangan orientasi. Manusia dipacu oleh situasi mekanistik yang diciptakannya sendiri sehingga kehilangan waktu merenungkan hidupnya dan alam semesta.

Menurut Capra dalam Ahmad Tafsir (1990:260) menyatakan pada awal dua dasawarsa terakhir abad ke-20 kita menemukan diri kita dalam suatu krisis global yang serius yaitu suatu krisis kompleks dan multidimensional yang segi-seginya menyentuh setiap aspek kehidupan kesehatan, kualitas lingkungan hidup, hubungan sosial, ekonomi, teknologi dan politik. Hal ini dapat dilihat munculnya krisis-krisis

kemanusiaan di berbagai belahan dunia. Kelaparan dan munculnya kaum borjuis, imperialisme, kemiskinan, kolonialisme dan perjuangan kemerdekaan, kelaparan penyebaran penyakit serta peledakan nuklir yang mengakibatkan puluhan juta manusia musnah merupakan gambaran nyata kondisi kejiwaan manusia saat itu.

Tiga dasawarsa terakhir menjelang berakhirnya abad ke-20, terjadi perkembangan baru yang mulai menyadari bahwa manusia selama ini salah dalam menjalani hidupnya. Di dunia ilmu muncul pandangan yang menggugat paradigma positivistik. Thomas Khun (1970) telah mengisaratkan adanya upaya pendobrakan tatkala ia mengatakan bahwa kebenaran ilmu bukanlah kebenaran *sui generis* (objektif).

Aliran filsafat yang berkembang pada abad ke 20 ini banyak, diantaranya dua yang terkenal yaitu pragmatisme dan filsafat eksistensialisme. Pragmatisme dari **William James** (1842-1910). Pragmatisme menurut James adalah realitas sebagaimana kita mengetahui. Pragmatisme James menentang rasionalisme dalam filsafat. James memperluas ide pragmatismenya untuk diterapkan pada hasil-hasil praktis pada agama, moral dan kehidupan personal. Filsafat eksistensialisme dari Jean Paul Sartre (1905-1980) yang menyatakan bahwa eksistensi manusia mendahului esensinya. Filsafat ini pun muncul akibat tekanan rasionalisme yang menjadikan keadaan dunia kacau pada saat tersebut.

Dari analisis filsafat dan sejarah kebudayaan kita mengetahui budaya barat disusun dengan menggunakan paradigma tunggal yaitu paradigma sains. (*scientific paradigm*). Untuk mengembangkan budaya sains paradigma ini sangat sesuai dan memadai tetapi untuk mengembangkan budaya dalam bidang seni dan etika paradigma ini tidak memadai. Paradigma sains hanya memandang dunia dari segi-segi empiriknya saja.

Dari uraian di atas dapat kita tarik kesimpulan bahwa filsafat yang berkembang pada abad ke 20 tidak puas terhadap rasionalisme sehingga harus didekonstruksi.

## **B. Tinjauan perkembangan sains pada abad ke-20**

Perkembangan science di abad ke-20 sangat pesat. Tahun 1896, terdapat sekitar 50.000 orang yang melaksanakan tradisi sains dan tidak lebih dari 15.000 orang yang bertanggung jawab terhadap perkembangan pengetahuan dalam bidang sains. Enam puluh enam tahun kemudian yaitu di abad ke-20 setidaknya ada satu juta orang yang bekerja sebagai peneliti sains. Jumlah total seluruhnya termasuk yang bekerja di bidang industri, pemerintahan, dan pendidikan tidak dapat ditentukan secara akurat tetapi lebih dari dua juta orang yang terlibat dalam penelitian sains. (Bernald. 1981:714).

Perkembangan sains bukan hanya dalam jumlah orang yang terlibat, tetapi karakter sains dalam hubungannya dengan masyarakat pun berubah. Sains dalam pertumbuhannya tergantung pada industri dan pemerintah. Bahkan mulai memasuki dunia institusi pengajaran dan militer.

Ciri nyata lainnya dari transformasi ini adalah lokasi geografis. Tahun 1896 seluruh praktek sains dunia terpusat di Jerman, Inggris dan Prancis. Sisanya di Amerika dan Eropa dan hanya sedikit di Asia dan Africa. Tahun 1954, ketika sains di Jerman, Inggris, dan Prancis sangat berkembang meskipun tidak merata, pertumbuhannya jauh melebihi pertumbuhan sains di Amerika dan Uni Soviet. Jepang dan India membuat kontribusi yang mendasar terhadap perkembangan sains dunia sejak permulaan abad ke-20. Kemerdekaan China menambah dimensi baru terhadap bangunan sains. Pola ini kemudian menyebar ke negara-negara Asia lainnya seperti Korea, Vietnam, dan Indonesia.

Dari uraian di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa sains abad ke dua puluh berkembang hampir di seluruh belahan dunia. Sains pada abad dua puluh bukan hanya milik para ilmuwan di perguruan tinggi dan lembaga penelitian tetapi sudah memasuki dunia ekonomi, sosial, pemerintahan dan militer. Sains sangat mempengaruhi kehidupan manusia dalam segala hal.

### **C. Tinjauan perkembangan biologi dan biokimia abad ke-20**

Meskipun pada abad ke dua puluh usaha-usaha ilmiah dalam bidang biologi lebih kecil daripada fisika (Bernald 1981:867), tetapi penemuan-penemuannya jauh lebih penting, tidak hanya karena berpengaruh terhadap kehidupan manusia dengan ditemukannya pengobatan baru dan nutrisi tetapi juga dalam hal pengetahuan kita tentang kehidupan alam.

Situasi biologi abad ke-20 analog dengan situasi kimia pada abad ke-19. Di bawah kenaikan permintaan industri terutama industri tekstil, kimia berubah dari ringkasan resep tradisional, dan teori flogiston yang berbau mistik ke disiplin praktis kuantitatif yang didukung oleh paduan teori matematika atomik. Akibatnya aktivitas kimia ini berpengaruh terhadap lingkungan hidup. Sehingga dari pengalaman ini masalah lingkungan hidup dianggap sebagai masalah utama sains baik dalam teori maupun praktek. Akibat menyebarnya pertumbuhan imperialisme, industri baru yang dihubungkan dengan agrikultur, makanan dan obat-obatan berkembang. Hal inilah yang mendorong perkembangan biologi abad ke-20. Karena biologi diperlukan untuk kontrol efisiensi tindakan yang dapat direproduksi dari proses dan produk biologis.

Biokimia jauh lebih aplikatif terhadap masalah biologi daripada kimia. Biokimia berkembang menjadi disiplin ilmu tersendiri bukan hanya karena ruang lingkup pelaksanaannya berbeda, tetapi juga karena perbedaan metode kerjanya. Objek kajiannya tidak hanya untuk memeriksa struktur molekul yang ditemukan dalam struktur hidup tetapi

juga termasuk seluruh bentuk reaksi baik reaksi pemisahan maupun reaksi penggabungan. Untuk tujuan ini dikembangkanlah sejumlah besar metode berbeda untuk mempelajari seluruh organisme atau seluruh organ baik utuh atau yang sudah diurai. Dalam kenyataannya dilibatkan metode-metode pengukuran yang diperbaiki terus, metode fisika, metode kimia seperti berbagai teknik pemisahan molekul dan metode biologi umurni seperti genetika dan analisis imunologis.

## PERKEMBANGAN BIOLOGI ABAD KE-20

### 1. Biologi Sel dan embriologi

Pengetahuan manusia tentang sel diperoleh jauh sebelum abad ke-20. tetapi penyusun membran sel diketahui secara pasti pada abad ke-20. Ilmuwan mulai membangun model molekul membran sepuluh tahun sebelum membran pertama kali dilihat dengan mikroskop tahun 1950-an. Pada tahun 1895 **Charles Overton** menyatakan bahwa membran terdiri dari lipid. Berdasarkan pengamatannya bahwa unsur yang larut dalam lemak memasuki sel lebih cepat dari unsur yang tidak larut dalam lipid. Dua puluh tahun kemudian, membran sel diisolasi dari sel darah merah dan dianalisis secara kimiawi dan ditemukan adanya unsur lipid dan protein.

Phosfolipid merupakan golongan lipid yang paling melimpah pada hampir semua membran. Pada tahun 1917, **Irving Langmuir** membuat membran tiruan dengan menambahkan fosfolipid yang dilarutkan dalam benzene ke dalam air. Hasilnya setelah benzene menguap, fosfolipid tertinggal sebagai lapisan yang menutupi permukaan air dengan hanya bagian hidrofilya yang terbenam dalam air. Tahun 1925 dua ilmuwan Belanda, **E Gorter dan F. Grendel** menyatakan bahwa membran sel terdiri dari dua lapis (bilayer). Tahun 1935, **Hugh Davson** dan **James**

**Danielli** memperbaikinya dengan mengajukan model sandwich: fosfolipid bilayer diantara dua lapis protein globular.

Ketika ilmuwan pertama kalinya menggunakan mikroskop elektron tahun 1950-an penggambaran model membran Davson dan Danielli menjadi lebih jelas. Tahun 1960-an sandwichnya Davson-Danielli diterima secara menyeluruh sebagai struktur yang bukan hanya untuk plasma membran tetapi juga untuk seluruh membran internal dari sel. Tetapi di akhir abad ke-20 banyak ahli biologi sel yang melihat dua kekeliruan dari model tersebut.

Pertama generalisasi bahwa seluruh membran sel identik dibantah. Tidak semua membran terlihat sama di bawah mikroskop elektron. Sebagai contohnya, membran plasma berukuran 7-8 nm dan memiliki struktur tiga lapisan, sedangkan membran dalam mitokondria tebalnya hanya 6 nm dan dalam mikrograf elektron tampak seperti barisan manik-manik. Membran mitokondria juga memiliki persentase protein yang lebih banyak dan ada perbedaan dalam jenis fosfolipinya. Membran dengan fungsi yang berbeda, berbeda dalam struktur dan susunan kimianya. Masalah kedua adalah penempatan protein. Membran bersifat amphipathic, jika protein ditempatkan pada permukaan membran, maka bagian hidrofobiknya akan berada dilingkungan air.

Pada tahun 1972, **S.J Singer** dan **G. Nicolson** meninjau ulang model membran yang menempatkan protein pada daerah yang sesuai dengan sifat amfipatik membran. Mereka menyatakan bahwa protein membran tersebar dan secara terpisah tertanam ke dalam lapisan fosfolipid, dengan hanya daerah hidrofilik yang menonjol keluar ke daerah yang ada air. Susunan molekul seperti ini memaksimalkan kontak daerah hidrofilik dari protein dan fosfolipid dengan air sedangkan bagian hidrofobiknya dengan lingkungan air. Struktur seperti kemudian disebut fluid mosaic model.

Salah satu bagian terpenting dari biologi sel adalah penelitian yang mendetail tentang reproduksi sel, fertilisasi dan multiplikasi sel menjadi

organisme baru. **Driesch** (1867-1941) pada tahun 1891 menemukan bahwa telur urchin laut membelah menjadi dua bagian, berkembang menjadi dua larva yang lengkap. **Loeb** (1859-1924) pada tahun 1900 menyatakan bahwa telur yang tidak dibuahi dapat diinduksi dengan perlakuan kimia tertentu menjadi organisme sempurna. **Spemann** (1869-1941), **Holtfreter** dan **Mangold** pada tahun 1931 mendemonstrasikan bahwa pemberian senyawa kimia atau stimulus kimia tertentu kepada telur yang tidak dibuahi mampu menginduksi pembentukan organisme utuh; sedangkan untuk yang lainnya, perlakuan hanya pada tahap lebih lanjut ketika organisme tumbuh mampu menghasilkan bagian-bagian tubuh tertentu seperti mata atau anggota tubuh lainnya.

**R.G Harrison** (1870-1959) pada tahun 1907 dan **Fell** pada tahun 1928 menemukan teknik mengkultur jaringan dan organ pada organisme yang lebih tinggi. Penelitian ini menunjukkan bahwa setelah terpisah dari tubuh, sel terus tumbuh dan membelah dan masih memiliki karakter aslinya. **Carrel** (1873-1944) membuka peluang untuk transplantasi organ secara steril pada hewan dan manusia.

Pelopop transplatasi inti pertama dilakukan oleh ahli embriologi Amerika bernama **Robert Briggs** dan **Thomas King** selama tahun 1950-an. Eksperimen ini dikembangkan oleh **John Gurdon** (Inggris) dengan merusakkan atau menghilangkan inti sel dari sel telur katak kemudian menanam inti dari embrio berudu dari species yang sama. Hasilnya inti yang ditranplantasikan tersebut mendukung perkembangan normal donor. Tahun 1997 Peneliti Scotlandia **Ian Wilmut** dan kawan-kawan berhasil mengklon domba dewasa dengan inti sel kelenjar mammae ke dalam sel telur yang tidak dibuahi dari domba yang lain. Domba "dolly" ini secara kromosomal identik dengan donor. Juli 1998 peneliti dari Hawaii melaporkan pengkloningan lebih dari 50 tikus menggunakan inti dari sel ovarium

## 2. Mikrobiologi

Sejarah penemuan virus dimulai abad ke 19 dengan ditemukannya kelainan pada daun tembakau berbintik kuning oleh **Adolf Meyer** seorang ilmuwan Jerman tahun 1883. pada abad ke-20 pengetahuan tentang virus yaitu bahwa virus bersifat patogen dan dapat menular, virus pun tidak dapat ditumbuhkan dalam medium tumbuh bakteri. Dua orang ilmuwan bernama **Twort** (1916) dan **d'Herelle** (1917) menemukan virus yang menyerang bakteri dan menyebabkan bakteri lisis (pecah). Virus ini kemudian disebut bakteriofag atau sering disebut fag (phage) saja.

Pada tahun 1935 **Wendell Stanley** seorang ilmuwan Amerika berhasil mengkristalkan makhluk hidup yang menyerang tanaman tembakau tersebut. Makhluk tersebut kemudian diberi nama TMV (Tobacco Mosaic Virus) Stanley menemukan bahwa virus dapat mengkristal pada saat bersamaan masih memiliki sifat-sifat organisme hidup. Partikel virus dapat berkembang biak dalam inang yang baru. **Gortner** dan **Laidlaw** secara terpisah mengemukakan pandangannya bahwa virus merupakan bentuk organisme parasitik yang lebih terspesialisasi. Sejak itulah penelitian tentang virus berkembang. Tahun 1980-an muncul penemuan virus HIV dan AIDS. Tahun 1993 Hantavirus dan sebagainya.

## 3. Genetika dan Hereditas

### a. genetika

Sejak penemuan dalam bidang biologi sel berkembang banyak penelitian dilakukan untuk menjelaskan genetik. Sejarah perkembangan genetika molekuler dimulai pada tahun 1928. **Frederick Griffith**, seorang dokter Inggris mempelajari *Streptococcus pneumoniae*, bakteri penyebab pneumonia pada mamalia. Griffith mempunyai dua varietas bakteri, patogen dan bakteri non patogen. Griffith menemukan bahwa bakteri patogen yang telah dimatikan dengan pemanasan dan kemudian mencampurkan bagian sel yang tersisa dengan bakteri non patogen

hidup, beberapa sel hidupnya berubah menjadi bentuk patogen. Jadi menurutnya beberapa komponen kimia dari sel patogen yang mati dapat menyebabkan perubahan hereditas, meskipun jenis substansi tersebut tidak diketahui. Griffith menyebutnya sebagai fenomena transformasi.

Pekerjaan Griffith dilanjutkan oleh seorang ahli bakteri dari Amerika yaitu **Oswald Avery**. Avery memurnikan berbagai senyawa kimia dari bakteri patogen yang dipanaskan, kemudian memindahkan DNA nya saja ke bakteri non patogen hidup. Pada tahun 1944 **Avery** dan **Maclyn McCarty** dan **Colin MacLeod** mengumumkan bahwa agen transformasi adalah DNA. Temuan ini disambut dengan penuh keragu-raguan. Sebab pengetahuan semula adalah protein lah sebagai pembawa materi genetik dan pada waktu itu sedikit sekali pengetahuan tentang DNA.

Tahun 1952 **Alfred Hershey** dan **Martha Chase** menemukan bahwa DNA adalah materi genetik bakteriofag yang disebut sebagai T2. pada waktu tersebut para ilmuwan tahu bahwa virus memiliki dua komponen kimia yaitu DNA dan protein. Untuk menjawab hal ini Hershey dan Chase melakukan eksperimen dengan menggunakan kedua komponen T2 tersebut yaitu protein dan DNA. Mereka menggunakan isotop radioaktif yang berbeda untuk menandai DNA dan protein. (Cara kerjanya seperti dalam gambar pada lampiran). Hasilnya pada supernatan yang mengandung partikel virus hanya ditemukan radioaktif yang menandai protein sedangkan DNA yang ditandai ditemukan pada pelletnya. Ketika bakteri ini dikembalikan ke medium kultur terjadi infeksi dan *E. coli* melepaskan fag yang mengandung radioaktif. Jadi mereka menyimpulkan bahwa DNA lah yang memasuki inang sedangkan protein tetap tertinggal bersama badan virus.

Pada tahun 1950-an susunan ikatan kovalen polimer asam nukleat mendapat perhatian ilmuwan. Sebelumnya tahun 1932 **Astbury** menemukan struktur polimer fiber yang terdiri dari empat nukleosida yaitu Purin, adenin guanin dan pirimidin, sitisin dan tianin (Uridin dalam DNA). Kemudian penelitian tentang struktur DNA berkembang. Salah satu yang

terkenal yaitu **James Watson** (Amerika) dan **Francis Crick** (Inggris). Watson dan Crick menggambarkan model DNA dengan double helix dengan bantuan dari gambar melalui metode kristalografi sinar-X **Maurice Wilkins** dan **Rosalind Franklin**. Temuan ini yang mendorong penelitian tentang replikasi berkembang.

#### **b. Hereditas**

Pada tahun 1901 **Hugo De Vries** (Belanda), **Carl Correns** (Jerman) dan **Erick Von Tschermak** (Austria) secara terpisah menemukan kembali hukum Mendel yang diterbitkan 35 tahun yang lalu. Penemuan ini mendorong penelitian ilmuwan tentang pewarisan sifat keturunan. Sekitar tahun 1902 **Walter S. Sutton**, **Theodor Boveri** secara terpisah mengemukakan tentang teori kromosom dan pewarisan sifat. Menurut teori ini gen memiliki lokus tersendiri di dalam kromosom. Baru pada tahun 1906 **Johansen** (Denmark) menamainya pembawa sifat keturunan ini sebagai gen.

**Thomas Hunt Morgan** seorang embriolog dari Columbia menemukan adanya gen terikat sex (sex-linked genes) pada awal abad ke-20. Pada tahun 1909 seorang Fisikawan Inggris **Archibald Garrod** menyatakan bahwa gen menentukan fenotif melalui enzim sebagai katalis proses tertentu di dalam sel.

Pengetahuan tentang pembelahan sel, mikroorganisme penyebab mutasi menggugah ilmuwan untuk meneliti tentang kanker. Tahun 1911 **Peyton Rous** menemukan virus yang menyebabkan kanker pada ayam sehingga muncul penelitian tentang virus yang menyebabkan kanker pada hewan. Tahun 1927, **Muller** memperlihatkan peningkatan jumlah mutan dengan penggunaan sinar X.

#### **4. Teori Evolusi**

Sejak ditemukannya artikel penelitian Mendel para ahli genetika percaya bahwa hukum pewarisan bertentangan dengan seleksi alam

Darwin. Darwin menekankan karakter kuantitatif dalam populasi yang bervariasi. Dan kita sekarang mengetahui bahwa karakter kuantitatif dipengaruhi oleh lokus gen ganda. Sedangkan Mendel dan ahli genetika lainnya di awal abad ke-20, mengenalnya hanya sebagai ciri yang terpisah pada individu yang berbeda. Teori evolusi yang komprehensif dikenal sebagai sintesis modern diliris tahun 1940-an disebut sintesis karena merupakan integrasi dari penemuan dan pendapat berbagai bidang. Diantara pencipta teori ini yaitu **Theodosius Dobzhansky** (ahli genetika), **Ernst Mayr** (ahli taksonomi), **George Gaylord Simpson** (ahli paleontologi) dan **G. Ledyard Stebbins** (ahli botani). Teori ini menekankan pentingnya populasi sebagai unit evolusi. Tahun 1972 **Niles Eldredge** dan **Stephen Jay Gould** mengemukakan teori keseimbangan bersela (punctuated equilibrium) sebagai perluasan dari teori sintesis modern. Menurut teori ini spesiasi terjadi pada populasi allopatrik yang kecil.

### **BAB III**

### **KESIMPULAN**

Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa abad ke-20 berkembang :

1. Filsafat yang berkembang merupakan filsafat yang menentang filsafat rasionalisme
2. Terbentuknya relasi sains dengan industri dan militer
3. Perkembangan Sejarah dunia memberikan kontribusi yang sangat besar terhadap perkembangan sains biologi, kimia dan biokimia abad ke-20.
4. Abad ke-20 dikenal sebagai Revolusi baru dan abad nuklir

## DAFTAR PUSTAKA

- Bernald J. D. (1969). *Science in History*. Volume 3 The Natural Sciences in Our Time. Cambridge: M.I.T Press.
- Cambell. Reece Mitchell. (1999). *Biology*. Fifth Edition. Illinois: Addison Wesley Longman inc.
- Dampier, W. C. (1936). *A History of Science*. New York : The McMillan. Co.
- Darmodjo, Hendro. (1986). *Filsafat Ilmu Pengetahuan Alam*. Jakarta : Karunika.
- Khun Thomas. (1993). *Peran Paradigma dalam Revolusi Sains*. Bandung : Remaja Rosda Karya.
- Purba, Michael. (1997). *Ilmu Kimia untuk SMU*. Jakarta: Erlangga.
- Poedjiadi. S dan Poedjiadi. A. (2001). *Kimia dari Zaman ke Zaman*. Bandung: Yayasan Cendrawasih.
- Pratiwi, dkk. (1996). *Buku Penuntun Biologi SMU*. Jakarta: Erlangga.
- Tafsir, Ahmad. (2000). *Filsafat Umum. Akal dan Hati Sejak Thales sampai Capra*. Bandung : Remaja Rosda Karya.