b) Pembentukan spora aseksual. Spora aseksual dapat berupa sporangiospora atau konidispora.

Jamur jenis tertentu yang sudah dewasa menghasilkan sporangiofor (tangkai kotak spora). Pada ujung sporangiofor, terdapat sporangium (kotak spora). Di dalam kotak spora, terjadi pembelahan sel secara mitosis dan menghasilkan banyak sporangiospora dengan kromosom yang haploid (n). Jamur jenis lainya yang sudah dewasa dapat menghasilkan konidiofor (tangkai konidium). Pada ujung konidiofor, terdapat konidium (kotak konidiospora). Di dalam kondium, terjadi pembelahan sel secara mitosis dan menghasilkan banyak konidiospora dengan kromosom yang haploid (n). Baik sporangispora maupun konidiospora, jika jatuh di tempat yang cocok, akan tumbuh menjadi hifa baru yang haploid (n).

2) Reproduksi Secara Generatif (Seksual)

Reproduksi pada jamur secara generatif (seksual) dilakukan dengan pembentukan spora seksual melalui peleburan antara hifa yang berbeda jenis. Mekanisme dapat diuraikan sebagai berikut.

a) Hifa (+) dan hifa(-), masing-masing berkromosom haploid (n), berdekatan membentuk gametangium. Gametangium merupakan organ yang menghasilkan gamet pada tumbuhan tingkat rendah.
b) Gametangium mengalami plasmogami (peleburan sitoplasma) membentuk zigosporangium dikariotik (heterokariotik) dengan pasangan nukleus haploid yang belum bersatu. Zigosporangium memiliki lapisan dinding sel yang tebal dan kasar untuk bertahan pada kondisi buruk atau kering.
c) Jika kondisi lingkungan membaik, akan terjadi kariogami (peleburan inti) sehingga zigosporangium memiliki inti yang diploid (2n).
d) Inti diploid zigosporangium segera mengalami pembelahan secara meiosis menghasilkan zigospora haploid (n) di dalam zigosporangium.
e) Zigospora haploid (n) akan berkecambah membentuk sporangium bertangkai pendek dengan kromosom haploid (n)
f) Sporangium haploid (n) akan menghasilkan spora-spora yang haploid (n). Spora-spora ini memiliki keanekaragaman genetik.

g) Jika spora-spora haploid (n) jatuh di tempat yang cocok, maka akan berkecambah (germinasi) menjadi hifa jamur yang haploid (n). Hifa akan tumbuh membentuk jaringan miselium yang semuanya haploid (n).

2.1.5.5. Klasifikasi Jamur

Sejak awal abad ke-21, kingdom fungi telah mengalami peninjauan ulang taksonomi yang substansial. Klasifikasi modern tidak lagi mengandalkan ciri fisik atau reproduksi seksual, melainkan menggunakan analisis Filogenetik Molekuler (DNA) untuk memetakan kekerabatan evolusier (Hibbett et al., 2007). Berdasarkan konsensus ini, divisi-divisi tradisonal seperti *Deuteromycota* dan *Zygomycota* tidak lagi digunakan. Filum utama yang saat ini diakui secara luas mencakup *Ascomycota, Basidiomycota, Mucoromycota, Glomeromycota*, dan Chytridiomycota (Borman & Johnson, 2023). Perubahan ini memerlukan pembaruan taksonomi pada genus-genus kunci : *Rhizopus*, sebagai contoh dipindahkan ke Filum *Mucoromycota*, sementara banyak spesies Candida telah diklasifikasikan ulang ke Filum *Ascomycota* (Borman & Johnson, 2023).

1) Ascomycota

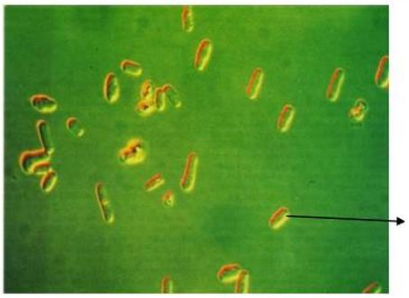
Ascomycota "Jamur Kantung" adalah kelompok jamur terbesar yang secara filogenetik terbukti stabil dan diakui sebagai filum yang valid berdasarkan analisis genetik tingkat tinggi (Hibbett et al., 2007). Secara struktural, jamur *Ascomycota* dapat bersifat uniseluler (misalnya, khamir atau ragi) maupun multiseluler yang membentuk hifa bersekat. Jamur multiseluler dalam filum ini memiliki hifa yang bersekat (septa), dengan dinding sel yang tersusun atas zat kitin. Hifa tersebut dapat tersusun kompak membentuk tubuh makroskopis yang disebut askokarp dan askokarpus. Bentuk askokarp bervariasi, antara lain berbentuk botol, bola, dan mangkok.

Ciri utama *ascomycota* adalah kemampuan menghasilkan askospora sebagai hasil reproduksi seksual di dalam struktur berbentuk kantung yang disebut askus. Askus memiliki bentuk struktur seperti kantong. *Ascomycota* memiliki sifat heterotrof yang beragam; mereka hidup sebagai saprofit (pengurai), parasit, dan sering bersimbiosis dengan organisme lainya seperti *Cyanobacteria* membentuk lichen (lumut kerak). Filum ini mencakup jamur yang sangat penting secara

ekonomi dan biologi, seperti *Saccharomyces cerevisiae* (ragi penting untuk fermentasi) dan *Penicillium* (sumber antibiotik).

Di era taksonomi modern, peran *Ascomycota* sangat diperluas karena menjadi Filum tujuan utama bagi organisme yang direklasifikasi. Menurut (Borman & Johnson, 2023)filum ini kini menampung sebagian besar anggota bekas Divisi *Deuteromycota* (Fungi imperfecti). Spesies yang tergolong *Ascomycota,* diantaranya sebagai berikut : *Saccharomyces cerevisiae* dan *Penicillium chrysogenum*.

a) *Saccharomyces cerevisiae* merupakan jamur yang bersel satu dan memiliki dinding askus yang tipis, dikenal dengan khamir. Dalam bidang bioteknologi konvensional, *Saccharomyces cerevisiae* dimanfaatkan dalam pembuatan minuman beralkohol, tapai, serta sebagai pengembang adonan roti. Jamur ini mampu mengubah glukosa menjadi alkohol dan gas karbon dioksida melalui proses fermentasi atau respirasi anaerob. Gas karbon dioksida yang dihasilkan selama proses tersebut terperangkap di dalam adonan, sehingga membuat adonan roti menjadi mengembang.



Gambar 2.2. *Saccharomyces cerevisiae*
Sumber : (Khazalina, 2020)

Struktur morfologi dari khamir ini dapat dilihat pada Gambar 2.2, yang memperlihatkan sel *Saccharomyces cerevisiae* berbentuk bulat oval di bawah pengamatan mikroskop. Anak panah pada gambar tersebut menunjukkan bagian dinding sel khamir yang tipis namun tetap kokoh untuk melindungi materi genetik dan organel di dalamnya. Karakteristik dinding sel yang tipis inilah yang memudahkan terjadinya pertukaran zat

serta proses pemunculan tunas (*budding*) sebagai bentuk reproduksi aseksual mereka.

b) *Penicillium chrysogenum* digunakan untuk pembuatan antibiotik penisilin dengan cara mengekstraksi biakan cair. Penisilin digunakan untuk membasmi bakteri, antara lain *Neisseria meningitidis, Streptococcus pneumoniae, dan Staphylococus sp.*

2) *Basidiomycota*

Basidiomycota dikonfirmasi sebagai filum yang stabil dan valid (monofiletik) berdasarkan analisis filogenetik molekuler (Hibbett et al., 2007). Istilahnya berasal dari bahasa Yunani, basidium yang artinya alas kecil. Seluruh jamur *basidiomycota* memiliki struktur tubuh bersel banyak (multiseluler) dengan hifa bersekat. *Basidiomycota* memiliki ciri-ciri antara lain: umumnya berukuran makroskopis, hifa bersekat melintang dengan satu atau dua inti, tubuh buah seperti payung, reproduksi aseksual dengan fragmentasi dan membentuk konidia, sedangkan reproduksi seksual membentuk membentuk spora basidium. Kelompok *Basidiomycota* sering disebut jamur oleh awam karena banyak jenis-jenisnya yang karpusnya (tumbuh buah) besar dan dapat dilihat dengan kasat mata (Gandjar, 2006). Beberapa jenis *Basidiomycota* dapat dimanfaatkan sebagai makanan, tetapi ada pula yang beracun.

a) *Volvariella volvacea* (jamur merang) sering ditemukan pada tumpukan jerami (sisa-sisa batang padi). Tubuh buah berbentuk payung, berwarna putih agak krem, bagian bawah tudung berwarna kecokelatan. Jamur ini dibudidayakan untuk dimanfaatkan sebagai bahan makanan yang bergizi tinggi.

Gambar 2.3. *Volvariella volvacea*

Sumber: (Febriani et al., 2025)

Perhatikan Gambar 2.3 untuk melihat morfologi tubuh buah jamur merang. Gambar tersebut menunjukkan bahwa selain tumbuh di jerami, *Volvariella volvacea* juga dapat dibudidayakan dengan memanfaatkan limbah pertanian lain seperti tongkol jagung kering sebagai media tumbuhnya. Terlihat tubuh-tubuh buah yang sehat dan putih tumbuh padat di antara sela-sela tongkol jagung, yang menandakan media tersebut dapat mendukung pertumbuhan miselium dengan baik.

b) *Amanita muscaria*, atau dikenal sebagai Fly Agaria termasuk dalam filum *Basidiomycota*. Jamur ini sangat terkenal dengan karakteristik tudungnya yang berwarna merah cerah atau oranye dengan hiasan bintik-bintik putih di bagian atasnya. Di alam, *Amanita muscaria* tumbuh secara mikoriza melalui hubungan simbiosis mutualisme dengan akar pohon tertentu, seperti pohon pinus dan birch. Meskipun penampilannya sangat mencolok dan menarik, jamur ini bersifat racun bagi manusia. Konsumsi terhadap jamur ini dapat menyebabkan halusinasi, disorientasi, serta gejala gangguan pencernaan yang parah. Seperti *Ascomycota*, filum ini juga menerima reklasifikasi dari jamur yang dulunya *Deuteromycota.* Menurut (Borman & Johnson, 2023)menegaskan bahwa Filum *Basidiomycota* mencakup ragi patogen tertentu, seperti genus *Cryptococcus*, yang kini secara sah diklasifikasikan ke dalam filum *Basidiomycota.* Hal ini membuktikan bahwa peninjauan ulang taksonomi berbasis DNA berlaku menyeluruh di seluruh kingdom fungi (Borman & Johnson, 2023).

Gambar 2.4. ***Amanita muscaria***
Sumber: (Ali Hasan et al., 2025)

Gambar 2.4 tersebut memperlihatkan struktur bawah tudung *Amanita muscaria* yang terdiri dari lembaran-lembaran tipis penumpu spora yang disebut dengan lamela (bilah). Lamela tersebut tersusun sangat rapi, rapat, dan berwarna putih bersih, serta memancar dari ujung tangkai (*stipe*) menuju tepi luar tudung jamur. Melalui gambar ini, dapat melihat dengan jelas perbedaan kontras antara warna putih lamela di bagian bawah dengan sedikit bayangan warna oranye kemerahan dari pinggiran tudung bagian atasnya.

3) Mucoromycota

Mucoromycota merupakan filum yang baru diakui dalam taksonomi jamur modern. Keberadaannya muncul setelah filum tradisional *zygomycota* ditemukan bersifat polifiletik (tidak berasal dari satu nenek moyang yang sama) dan karenanya dihapus dari skema klasifikasi berbasis filogenitik (Hibbett et al., 2007). Secara struktural, *mucoromycota* dicirikan oleh hifa yang umumnya tidak bersekat (koenositik) dan reproduksi seksualnya menghasilkan spora berdinding tebal yang disebut zigospora. Sebagai besar jamur yang dulunya termasuk dalam *zygomycota*, termasuk jamur yang penting secara pangan maupun medis, kini dikelompokkan ke dalan filum *mucoromycota.* Filum ini mengandung genus-genus yang signifikan:

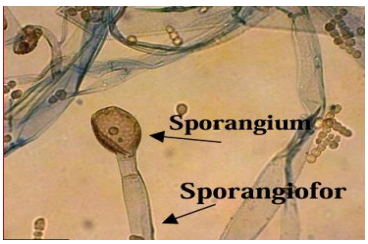
a) Genus *Rhizopus* dikenal luas karena perannya yang krusial dalam pembuatan makanan fermentasi seperti tempe (*Rhizopus oryzae*). Secara taksonomi, *Rhizopus* adalah contoh paling relevan dari jamur yang mengalami perubahan filum. Secara tradisional, *Rhizopus* dikelompokkan dalam divsi *Zygomycota*. Namun, divisi tersebut tidak valid secara filogenetik dan dibubarkan (Hibbett et al., 2007). Berdasarkan klasifikasi modern, *Rhizopus* kini secara sah diklasifikasikan ke dalam filum *Mucoromycota.* Secara morfologi, *Rhizopus* mudah dikenali dari struktur reproduksi aseksualnya yang khas. Perhatikan Gambar tentang ciri-ciri mikrokopis *Rhizopus oryzae* yang telihat dibawah mikroskop. Gambar 2.5 menunjukkan

Sporangium (Kotak spora gelap) yang berfungsi untuk reproduksi aseksual, ditopang oleh Sporagiofora (tangkai).

Gambar 2.5. *Rhizopus oryzae*

Sumber : (Nurholipah & Qurrota, 2021)

b) Genus *Mucor* adalah anggota kunci dari Filum Mucoromycota, yang penempatannya merupakan hasil dari pembongkaran Filum tradisional *Zygomycota* yang tidak valid secara filogenetik (Hibbett et al., 2007).*Mucor* umumnya ditemukan sebagai jamur saprofit yang tumbuh cepat pada bahan organik busuk atau di tanah, berperan penting dalam proses dekomposisi. Seperti anggota Mucoromycota lainnya, *Mucor* memiliki hifa yang tidak bersekat (koenositik) dan bereproduksi secara aseksual melalui sporangium yang dihasilkan pada sporangiofor. Menurut (Borman & Johnson, 2023) menegaskan bahwa genus ini, bersama *Rhizopus*, adalah contoh yang menunjukkan bagaimana revisi taksonomi berbasis DNA telah mengubah pengelompokan jamur pada tingkat dasar, yang mana *Mucor* kini secara resmi berada dalam skema Filum baru *Mucoromycota* (Borman & Johnson, 2023). Perhatikan gambar 2.6 tentang ciri-ciri mikroskopis mucor yang terlihat di bawah mikroskop.



Gambar 2.6. *Mucor sp*
Sumber: (Sopialena et al., 2021)

4) Glomeromycota

Filum *Glomeromycota* adalah Filum jamur yang penetapannya merupakan hasil penting dari peninjauan ulang taksonomi berbasis Filogenetik Molekuler (DNA). Secara tradisional, anggota Filum ini dikelompokkan ke dalam Divisi Zygomycota. Namun, analisis DNA yang dilakukan oleh (Hibbett et al., 2007) membuktikan bahwa *Glomeromycota* memiliki garis keturunan evolusioner yang terpisah, sehingga Divisi *Zygomycota* dibubarkan dan *Glomeromycota* ditetapkan sebagai Filum tersendiri.

Glomeromycota dikenal secara eksklusif karena perannya dalam membentuk mikoriza arbuskula (AM **s**ebuah simbiosis mutualisme obligat (wajib) di mana jamur ini menyediakan mineral penting (terutama Fosfor) bagi akar sebagian besar tumbuhan di dunia. Jamur ini dicirikan oleh hifa yang umumnya tidak bersekat (koenositik) dan membentuk struktur seperti pohon di dalam sel akar yang disebut arbuskula. Dalam hal reproduksi, Filum ini hanya diketahui bereproduksi secara aseksual dengan menghasilkan spora-spora besar dan berdinding tebal di tanah, dan tidak ditemukan bukti reproduksi seksual pada Filum ini. Contoh genus dari Filum ini adalah *Glomus* sp. dan *Rhizophagus* sp.

5) Chytridiomycota

Filum *Chytridiomycota* adalah Filum yang diakui sebagai salah satu kelompok jamur paling primitif dan basal dalam Kingdom Fungi. Keberadaannya sebagai anggota sejati Kingdom Fungi dikonfirmasi secara definitif melalui analisis Filogenetik Molekuler oleh (Hibbett et al., 2007) Konfirmasi berbasis DNA ini penting karena Filum ini memiliki ciri unik di antara Fungi: reproduksi aseksualnya menghasilkan spora aktif berflagela tunggal yang motil, yang disebut zoospora . Ciri ini membedakannya secara morfologis dari Filum Fungi tingkat tinggi dan secara taksonomis memisahkannya secara resmi dari Protista. Filum ini meliputi jamur saprofit dan parasit. Contoh genusnya termasuk *Allomyces* sp. (yang sering digunakan dalam studi genetika jamur) dan yang paling terkenal, *Batrachochytrium dendrobatidis*, jamur parasit yang menjadi penyebab utama penurunan populasi amfibi global.

2.1.5.6. Peran jamur dalam Kehidupan Manusia

1) Peran Jamur Dalam Bidang Industri

Jamur memiliki peranan penting dalam kehidupan sehari-hari, di antaranya dalam bidang industri makanan dan minuman serta obat-obatan. Berbagai jenis makanan tradisional merupakan hasil fermentasi, dibuat secara proses mikrobiologis oleh jamur, seperti tempe, oncom, kecap, tauco, tape, brem, serta jenis minuman seperti tuak, bir dan lain-lain. Makanan yang mengalami fermentasi biasanya mempunyai nilai gizi yang lebih tinggi dari pada bahan asalnya. Hal ini disebabkan karena jamur bersifat katabolik yaitu memecahkan komponen-komponen kompleks menjadi zat-zat yang lebih sederhana, sehingga lebih muda dicerna. Selain itu jamur juga mampu mensintesis beberapa vitamin yang kompleks serta faktor-faktor pertumbuhan lainnya, misalnya riboflavin, vitamin B12 dan provitamin A. Berikut ini adalah beberapa contoh jamur dan peranannya.

a) Dalam industri makanan dan minuman

Berbagai jenis makanan tradisi hasil fermentasi, dibuat secara proses mikrobiologis oleh jamur. Seperti tempe, oncom, kecap, tauco, serta banyak jenis minuman seperti brem, tuak, bir dan sebagainya. Ternyata bahwa nilai nutrisi susu yang sudah di proses secara mikrobiologis (proses fermentasi) lebih meningkat kalau dibandingkan dengan bahan bakunya. Kalau kacang kedelai langsung dimakan, baik setelah direbus ataupun digoreng, nilai nutrisinya kurang kalau dibandingkan dengan kedelai tersebut sudah dijadikan tempe dengan bantuan jamur tempe (*R. Oligosporus atau R. Stoloniferus*). Karena jamur tempe berperan pula sebagai jasad pencerna kandungan senyawa, khususnya protein yang terdapat di dalam kacang kedelai.

Secara tradisional, ragi yang digunakan untuk fermentasi jus adalah dengan cara alami, tetapi sekarang telah digunakan kultur dari laboratorium yaitu strain *Saccharomyces cerevisiae*. Strain tersebut di pilih untuk mengfragmentasi buah anggur yang digunakan, untuk memberi rasa yang khas dari minuman. Perhatikan data selengkapnya pada tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2. 3. Produk Hasil Fermentasi

Macam makanan	Bahan Utama	Mikroba yang aktif
Kecap	Kedelai	*Aspergilus oryzae*
		A. flavus
		A. niger
		A. wenti
		Rhizopus sp
		Zygossaccharomyces sp.
Keju	Susu	*Peniccilium regueforti*
		P. camemberti
Oncom	Bungkil kacang tanah	*Neurospora sitophila*
		N. crasa
		Aspergilluss oryzae
Tape	Ketela pohon, beras ketan	*Saccharomyces*
		cerevisaie
		S. ellipsoides
		Endomycopsis fibuligera
		Zygosaccharomyces sp
		Aspergillus oryzae
Tauco, Tempe	Kedelai	*Rhizopus stoloniferus*
		R. oryzae
		R. stoloniferus
		R. oligosporus
		R. oryzae
		R. arrhizus
Anggur	Buah-buahan (anggur, nanas, jambu, dll)	*Saccharomyces cerevisiae*
		S. ellipsoides

Sumber : (Suryani et al., 2020)

b) Dalam industri obat-obatan

Dalam dunia kehidupan jamur harus mampu berkompetensi di dalam lingkungannya. Sebagai besar jamur-jamur yang berperan dalam industri obat-obatan di manfaatkan sebagai bahan antibiotik. Selain itu ada pula yang digunakan sebagai fungisida dan bahan campuran jamu-jamuan contohnya supa kakabu di Indonesia. Jenis jamur lain ada yang disejajarkan dengan tanaman penyebab halusinasi contohnya *Clytocybe*, sehingga di larang dijual bebas.

Contoh jamur lain adalah Shiitake yang mengandung lentinan, yaitu senyawa yang dapat menurunkan kadar kolestrol dalam darah, serta berkhasiat pula sebagai anti virus. Peranan jamur yang paling penting di dalam dunia farmasi yaitu setelah Dr Alexander Fleming (1929) menemukan Penicilin dari bahan jamur *Penicillium notatum*. Setelah itu banyak jenis jamur penghasil antibiotika, kemudian di coba dan di temukan asam aspergilat dari *Aspergillus flavus,* klavisin

dari *Aspergillus clavatus*, fumasigin dari *Aspergillus fumigatus* dan patulin dari *Penicillium patulin*.

Dalam kehidupan manusia, jamur mempunyai berbagai manfaat, antara lain menjaga keseimbangan dan kelestarian ekosistem, sebagai sumber makanan bergizi tinggi, untuk membuat jenis makanan baru dan makanan suplemen, untuk obat-obatan dan membasmi organisme penyebab penyakit. Perhatikan data selengkapnya pada tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2. 4. Contoh Jamur Penghasil Antibiotika

Antibiotika	Jamur Penghasil
Penisilin	*Penicillium notatum* *P. chrysogenum*
Cephalosporin	*Cephalosporium sp*
Griseofulvin	*P. griseofulvum* *P. nigricans* *P. nigricans* *XVI. Usticae*
Fusidik acid	*Fusarium coccineu*
Fusidik acid	*Mucor ramannianus*
Patulin	*P. padulum*

Sumber : (Suryani et al., 2020)

2) Peranan Jamur Dalam Bidang Kesehatan

Peranan jamur dalam bidang kesehatan ada yang merugikan dan ada yang menguntungkan. Yang menguntungkan antara lain adalah bidang industri obat-obatan. Sedangkan yang merugikan adalah jamur-jamur yang menyebabkan penyakit atau yang mengeluarkan zat-zat yang bersifat racun. Penyakit jamur atau mikosis adalah suatu penyakit kronis menahun, yang menyebabkan infeksi yang lama dan hebat terhadap manusia dan hewan, yang memerlukan suatu perhatian khusus. Cara pemberian nama untuk penyakit yang disebabkan jamur atau mikosis ada beberapa macam.

a) Menurut letak bagian tubuh yang terinfeksi.

(1) Mikosis superfisial yaitu jamur yang menginfeksi bagian luar dan kulit yang termasuk golongan ini adalah *Erythrasma* dan *Tinea Versicolor* (*Pltyriasis Versicolor*)

(2) Mikosis kutaneus adalah mikosis yang menyebabkan infeksi kulit yang lebih dalam dari infeksi superfisialis. Contoh: *Candidiasis, Tinea capitis, Tinea corporis,* dan *Tinea imbricata*.

(3) Mikosis subkutaneus adalah penyakit jamur yang menyebabkan infeksi pada daerah subcutan dari kulit dan kebanyakan merupakan borok-borok penonjolan dari pembuluh darah.

(4) Mikosis sistemik adalah penyakit jamur atau infeksi jamur pada organ-organ atau jaringan dalam tubuh misalnya paru-paru, ginjal dan lain-lain.

b) Menurut organ atau jaringan yang sakit.

(1) *Dermatomikosis,* infeksi jamur pada kulit yang termasuk dalam golongan ini adalah *Superfisial mikosis* dan *Cutaneus mikosis*.

(2) *Onikomikosis*, infeksi jamur pada kuku

(3) *Bronchomikosis*, infeksi jamur pada organ pernafasan

(4) *Pulmomikosis*, infeksi jamur pada paru-paru

(5) *Otomikosis*, infeksi jamur pada telinga

3) Peranan Jamur Dalam Bidang Pertanian dan Kehutanan

Di bidang kehutanan misalnya kehadiran mikoriza pada tanaman pinus dan banyak jenis tanaman hutan lainnya yang bernilai ekonomi, sudah diketahui sejak lama dan dimanfaatkan. Beberapa jenis jamur di antaranya seperti *Tricholoma, Lycoperdon, Clytoeybe* dan sebagainya secara buatan banyak di tambah pada persemaian bibit tanaman hutan tertentu agar pertumbuhannya lebih baik dan subur. Secara langsung, banyak jenis jamur di tanam dan dipelihara untuk kepentingan bahan makanan dan obat-obatan. Seperti jamur merang, *champignon, shiitake, cruza*, dan sebagainya.

Berbagai jenis penyakit pada tanaman pertanian, kehutanan dan perkebunan banyak yang disebabkan oleh jamur. Padi sebagai contoh banyak diserang oleh penyakit yang disebabkan oleh jamur, seperti busuk leher pada leher malai, daun dan letak daun yang disebabkan oleh *Pyricularia oryzae*, busuk kaki oleh *Gibberella fujikuroi, Furasium sp*., bintik noda bergaris putih pada daun disebabkan oleh *Cercospora oryzae,* busuk bibit yang terdapat pada tanaman muda (seedling) oleh *Sclerotium rolfsii* dan *Rhizoctonia solani.*

2.2. Penelitian Yang Relevan

Hasil penelitian yang relevan merupakan suatu penelitian terdahulu yang hampir sama dengan penelitian yang akan dilakukan. Hasil penelitian yang relevan digunakan sebagai pendukung untuk memperkuat teori yang sudah ada. Manfaat dari penelitian yang relevan yaitu sebagai acuan agar penelitian yang sedang dilakukan menjadi lebih jelas.

Penelitian yang dilakukan oleh Riska et al., (2025) menyebutkan bahwa penerapan model RADEC berpengaruh terhadap tingkat literasi sains siswa MAN Lhokseumawe. Hasil dan Pembahasan penelitian yang telah dilakukan di sekolah MAN 1 kota Lhokseumawe pada kelas XI yang berjumlah 50 siswa diperoleh dari hasil pretest-posttes untuk melihat kemampuan literasi sains masing-masing kelas. Perbandingan nilai kemampuan literasi sains siswa dapat dilihat bahwa nilai rata-rata siswa mengalami peningkatan pada posttest yaitu dari 47,8 menjadi 62,2 pada kelas kontrol. Sedangkan pada kelas eksperimen dari 50,6 menjadi 73,8.

Penelitian yang dilakukan L. A. Fitria & Setiyawati, (2024) menyebutkan bahwa berdasarkan hasil analisis data serta pembahasan yang telah dilakukan di SDN Banjarsari tahun ajaran 2024/2025, hasil uji hipotesis dengan menggunakan *uji paired* sampel *t-test* menunjukkan bahwasanya terdapat adanya perbedaan yang signifikan antara hasil pretest dan posttest yaitu hasil sig. (2-tailed) bernilai 0,000 yang menunjukkan bahwa hasil nilai yang didapat lebih kecil dari 0,05, maka hipotesis diterima, sehingga bisa ditarik kesimpulan bahwa model pembelajaran RADEC memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan literasi siswa.

Ada pula penelitian oleh Kurniayati et al., (2025) menemukan bahwa beberapa bentuk partisipasi dan kolaborasi siswa dapat di stimulus melalui pembelajaran RADEC yang dibuktikan dengan presentase dan indikator kemampuan partisipasi dan kolaborasi yang di pengaruhi oleh faktor eksternal (motivasi guru) dan internal (rasa percaya diri siswa dan aktivitas membaca). Hal ini menunjukkan bahwa model pembelajaran RADEC dapat dijadikan alternatif bagi guru untuk melatih keterampilan partisipasi dan kolaborasi siswa.

Penelitian lainya mengenai media pembelajaran inovatif dalam pembelajaran abad 21 oleh Purnomo et al., (2024) menunjukkan bahwa sebagai

media pembelajaran inovatif di era modern, peran *Flipbook* secara signifik meningkatkan kualitas pembelajaran di sekolah dasar dan menengah. Kesimpulan ini dibuat berdasarkan analisis literatur yang menyeluruh dilakukan pada 17 publikasi.

2.3. Kerangka Konseptual

Memasuki abad 21, pendidikan dituntut untuk dapat mengembangkan skill dan kemampuan peserta didik untuk menghadapi era tersebut. Salah satu kemampuan yang sangat penting untuk dimiliki oleh peserta didik adalah literasi sains. Literasi sains adalah kemampuan seseorang dalam mengelola informasi terkait sains untuk diterapkan dalam kehidupan. Namun, tidak hanya cukup dengan literasi sains, peserta didik juga perlu memiliki keterampilan kolaborasi agar dapat melihat berbagai perbedaan dan pengetahuan melalui suatu kegiatan penyaluran ide, keputusan atau gagasan.

Dalam proses meningkatkan kemampuan literasi sains dan keterampilan diperlukan suatu model yang dapat menunjang perkembangan keterampilan tersebut. Salah satu model pembelajaran yang diterapkan untuk hal tersebut adalah model pembelajaran RADEC (*Read, Answer, Discuss, Explain, Create*). Dengan menerapkan model RADEC ini proses pembelajaran yang dilakukan akan mendukung peserta didik beradaptasi di dalam kelas, aktif melakukan diskusi, berintraksi pada proses pembelajarannya, menuangkan ide ke dalam sebuah karya, dan interaktif dengan melibatkan penggunaan teknologi pada proses belajarnya.

Model pembelajaran RADEC memiliki kemampuan untuk meningkatkan literasi sains dan kemampuan kolaborasi melalui lima tahapannya, yaitu *Read, Answer, Discuss, Explain*, dan *Create.* Pada tahap *Read* dan *Answer*, peserta didik dilatih memahami konsep, menganalisis informasi ilmiah, serta menggunakan data dalam mendukung argumen, yang mencerminkan indikator literasi sains. Tahap *Discuss* dan *Explain* menumbuhkan kemampuan kolaborasi dan komunikasi ilmiah melalui kegiatan diskusi dan presentasi hasil pembelajaran. Sementara itu, tahap *Create* mendorong peserta didik menerapkan konsep sains secara kontekstual dalam bentuk proyek kreatif, sehingga literasi sains dan kolaborasi berkembang secara terpadu.

Model pembelajaran RADEC ini sangat sesuai dengan materi biologi yang penuh dengan hubungan konsep, teknologi, dan kehidupan sehari-hari. Pada penelitian ini, materi yang dipilih adalah jamur, karena memiliki keterkaitan erat dengan lingkungan dan peranan jamur dalam berbagai bidang kehidupan, seperti kesehatan, pangan, dan industri. Selain itu, materi jamur juga menuntut pemahaman konseptual yang mendalam, mencakup klasifikasi, struktur tubuh, serta cara reproduksi yang beragam. Oleh karena itu, selain menggunakan model pembelajaran RADEC, peneliti juga memanfaatkan media *e-flipbook* untuk membantu peserta didik memahami konsep-konsep jamur secara lebih menarik, interaktif, dan kontekstual. Media ini merupakan media seperti buku yang berbasis digital memiliki banyak fitur yang menarik untuk menunjang kegiatan pembelajaran dan dapat diakses secara gratis oleh peserta didik. Dalam penelitian ini, *e-flipbook* digunakan pada sintak *read*, *answer* dan *discuss*.

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan, penulis menduga terdapat pengaruh model pembelajaran RADEC berbantu media *e-flipbook* interaktif terhadap keterampilan literasi sains dan keterampilan kolaborasi peserta didik pada materi jamur di kelas X SMA Negeri 9 Tasikmalaya tahun ajaran 2025/2026.

2.4. Hipotesis Penelitian

Agar penelitian dapat terarah dan sesuai dengan tujuan, maka dirumuskan hipotesis atau dugaan sementara yaitu :

1) Ho_1: Tidak terdapat pengaruh model pembelajran RADEC berbantuan media *e-flipbook* interaktif terhadap literasi sains peserta didik.

   Ha_1: Terdapat pengaruh model pembelajran RADEC berbantuan media *e-flipbook* interaktif terhadap literasi sains peserta didk.

2) Ho_2: Tidak terdapat pengaruh model pembelajran RADEC berbantuan media *e-flipbook* interaktif terhadap kemampuan kolaborasi peserta didik.

   Ha_2: Terdapat pengaruh model pembelajran RADEC berbantuan media *e-flipbook* interaktif terhadap kemampuan kolaborasi peserta didk.

BAB 3
PROSEDUR PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *quasy experiment*. *Quasy experiment a*dalah metode yang mempunyai kelompok kontrol, tetapi tidak berfungsi sepenuhnya untuk mengontrol variabel luar yang mempengaruhi pelaksanaan (Sugiyono, 2019). Metode tersebut digunakan untuk mengetahui pengaruh model pembelajaran RADEC berbantu media *e-flipbook* terhadap literasi sains dan kemampuan kolaborasi peserta didik pada materi jamur di kelas X SMA Negeri 9 Tasikmalaya.

3.2. Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan segala sesuatu yang ditetapkan peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2019). Penelitian ini terdiri dari dua variabel, yaitu :

1) Variabel bebas (x)

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu model pembelajaran RADEC berbantuan media *e-flipbook*.

2) Variabel terikat (Y)

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini yaitu literasi sains dan kemampuan kolaborasi peserta didik pada materi jamur di kelas X SMA Negeri 9 Tasikmalaya.

3.3. Populasi dan Sampel

3.3.1. Populasi

Populasi merupakan wilayah generalisasi yang terdiri atas obyek/subyek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti yang dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya. Populasi dalam penelitian ini yaitu seluruh kelas X SMA Negeri 9 Tasikmalaya Tahun Ajaran 2025/2026.

Populasi pada penelitian ini terdiri dari 9 kelas. Berikut adalah kelas X beserta nilai rata-rata hasil ulangan akhir semester pada mata pelajaran biologi semester ganjil tahun 2025/2026 di SMA Negeri 9 Tasikmalaya.

Tabel 3. 1. Data Populasi dan Rata-rata Nilai Ulangan Akhir Semester

No.	Kelas	Nilai
1.	X-1	79,6
2.	X-2	81,30
3.	X-3	80,78
4.	X-4	80,95
5.	X-5	78,02
6.	X-6	77,58
7.	X-7	68,94
8.	X-8	68,02
9.	X-9	68,65

Sumber: Guru Mata Pelajaran Biologi

3.3.2. Sampel

Sampel merupakan jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut. Sampel penelitian ini sebanyak tiga kelas yang diambil dengan teknik *purposive sampling*, artinya pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu. Pemilihan sampel pada penelitian ini ditentukan berdasarkan nilai rata-rata ulangan tengah semester yaitu tiga kelas dengan nilai rata-rata yang hampir sama. Oleh karena itu, pemilihan sampel berdasarkan pertimbangan dan saran guru mata pelajaran biologi pada kelas X7,X8, dan X9 memiliki kemiripan perolehan nilai pada ketiga kelas tersebut mempunyai nilai rata-rata yang hampir sama di lihat pada Tabel 3.1.

3.4. Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah *Nonequivalent Control Group Design*. Peneliti dalam penelitian ini menggunakan tiga kelompok untuk membandingkan variabel terikat antara sebelum dan setelah diberi perlakuan. Dalam penelitian ini penulis menggunakan tiga kelompok kelas, yaitu kelas eksperimen, kelas kontrol positif, dan kelas kontrol negatif. Pada kelas eksperimen diberi perlakuan dengan menggunakan model pembelajaran RADEC berbantuan

media *e-flipbook*, pada kelas kontrol positif menggunakan model pembelajaran RADEC, dan kelas kontrol negatif menggunakan model pembelajaran *discovery learning* . Adapun pola *desain Nonequivalent pretest-posttes Control Group Design* adalah sebagai berikut.

Tabel 3. 2. Desain Penelitian

	Pretest	Perlakuan	*Posttest*
Eksperimen	O1	X1	O2
Kontrol Positif	O3	X2	O4
Kontrol Negatif	O5	X3	O6

Sumber : (Badriah et al., 2023)

Keterangan:

O1,O3,O5 : *Pretest*

O2,O4,O6 : *Posttest*

X1 : Model pembelajaran RADEC berbantuan media *e-flipbook*

X2 : Model pembelajaran RADEC

X3 : Model pembelajaran *discovery learning*

3.5. Tahap Pelaksanaan

Secara umum penelitian ini terdiri dari 3 tahapan, yaitu sebagai berikut :

3.5.1. Tahap Persiapan

1) Pada tanggal 21 Agustus 2024 peneliti mencari dan mengkaji berbagai sumber literatur yang relevan dengan permasalahan, kemudian mengkonsultasikan permasalahan kepada pembimbing I dan pembimbing II.
2) Pada tanggal 27 Agustus 2024 melaksanakan bimbingan pertama dengan dosen pembimbing I.
3) Pada tanggal 28 Agustus 2024 melaksanakan bimbingan pertama dengan dosen pembimbing II.
4) Pada tanggal 6 September 2024 berkonsultasi dengan dosen pembimbing 1 mengenai usulan judul.
5) Pada tanggal 9 September 2024 berkonsultasi dengan dosen pembimbing II mengenai usulan judul.

6) Pada tanggal 10 September 2024 berkonsultasi dengan dosen pembimbing I mengenai usulan judul.
7) Pada tanggal 16 September 2024 mengesahkan judul penelitian kepada dosen pembimbing I.
8) Pada tanggal 17 September 2024 mengesahkan judul penelitian kepada dosen pembimbing II.
9) Usulan judul dan di ACC pada tanggal 17 September 2024 kepada dosen pembimbing I dan II.
10) Pada tanggal 17 September 2024 mengesahkan judul penelitian kepada Dewan Pembimbing Skripsi (DBS).
11) Pada tanggal 22 September 2025 melaksanakan observasi dan mengurus perizinan untuk melaksanakan penelitian dan studi pendahuluan di SMAN 9 Tasikmalaya.

Gambar 3. 1. **Pelaksanaan Observasi dan Mengurus Perizinan**

Sumber: Dokumentasi Penulis

12) Pada tanggal 29 September 2025 melaksanakan studi pendahuluan.

Gambar 3 .2. Pelaksanaan Study Pendahuluan

Sumber: Dokumentasi Penulis

13) Pada tanggal 1 Oktober 2025 menyusun proposal penelitian dengan dibimbing oleh pembimbing I dan II.
14) Pada tanggal 2 Desember 2025 melaksanakan seminar proposal penelitian.
15) Pada tanggal 8-9 Desember 2025 mengajukan hasil revisi seminar proposal.
16) Pada tanggal 11 Desember 2025- Januari 2026 melakukan validasi instrumen oleh *expert judgement.*
17) Pada tanggal 12 Januari 2026 berkonsultasi dan meminta perizinan kepada guru mata pelajaran biologi kelas XI MIPA SMAN 9 Tasikmalaya untuk melakukan uji coba instrument.
18) Pada tanggal 12 Januari 2026 melaksanakan uji coba instrumen penelitian.

Gambar 3. 3. Pelaksanaan Uji Coba Instrumen

Sumber: Dokumentasi Penulis

19) Pada tanggal 13 Januari 2026 mengolah data hasil uji coba instrumen penelitian.

3.5.2. Tahap Pelaksanaan

Adapun tahapan pelaksanaan sebagai berikut:

1) Pelaksanaan Penelitian di Kelas Eksperimen

Pelaksanaan penelitian pada kelas eksperimen dilakukan di kelas X-7 SMAN 9 Tasikmalaya sebanyak dua kali pertemuan menggunakan model pembelajaran RADEC (*Read, Answer, Discuss, Explain, Create*) berbantuan *e-flipbook*.

a) Pelaksanaan *Pretest*

Pada tanggal 14 Januari 2026 melakukan pelaksanaan Pretest literasi sains dan kemampuan kolaborasi. Soal yang diberikan berjumlah 27 soal

literasi sains dan 11 pernyataan kemampuan kolaborasi. Berikut pelakasanaan Pretest yang dilakukan di kelas eksperimen pertemuan 1 pada gambar 3.4.

Gambar 3 .4. Dokumentasi Pretest Kelas Eksperimen

Sumber : Dokumentasi Pribadi

b) Proses Pembelajaran Kelas Eksperimen

Pada tanggal 21 Januari 2026 melakukan pembelajaran pertemuan ke-1 dikelas eksperimen dengan menggunakan model RADEC berbatuan *e-flipbook*. Kegiatan diawali dengan kegiatan pembukaan guru mengucapkan salam, memberikan apersepsi, memberi motivasi, dan menjelaskan tujuan pembelajaran. Dalam penerapan model pembelajaran RADEC berbantu *e-flipbook* ini memuat lima tahapan sintaks. Sintaks RADEC yang diterapkan pada pertemuan ke-1 ini meliputi *Read, Answer*, dan *Discuss*.

Pada tahap pertama "*Read*", peserta didik mengakses *e-flipbook* mengenai materi jamur kemudian peserta didik membaca dan memahami materi secara mandiri tentang jamur yang disediakan dalam e-flipbook. Selanjutnya pada tahap "*Answer*", peserta didik menjawab pertanyaan awal yang disediakan untuk mengukur pemahaman awal terhadap materi. Selain itu, pada tahap ini juga disediakan pertanyaan berkelompok yang digunakan sebagai bahan diskusi pada tahap selanjutnya. Pada tahap *Discuss*, peserta didik secara berkelompok untuk membahas hasil jawaban mandiri dan pertanyaan kelompok untuk memperdalam pemahaman konsep dengan bimbingan guru.

Pada akhir pertemuan ke-1, guru menyampaikan rencana kegiatan tahap *create* yang akan dilaksanakan pada pertemuan berikutnya, termasuk penjelasan mengenai produk yang harus disusun berdasarkan hasil diskusi

kelompok. Guru juga memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk memulai menyusun rancangan awal produk yang dapat dilanjutkan apabila belum selesai pada pertemuan selanjutnya.

Pada tanggal 28 Januari 2026 dilaksanakan pembelajaran pertemuan ke-2 di kelas eksperimen dengan menggunakan model pembelajaran RADEC berbatu media *e-flipbook*. Pada pertemuan ke-2 ini diterapkan sintaks *create* dan *explain*. Pada tahap *create*, peserta didik melanjutkan dan menyelesaikan penyusunan produk sesuai dengan hasil diskusi kelompok pada pertemuan sebelumnya dengan memanfaatkan *e-flipbook* sebagai sumber belajar. Selanjutnya pada tahap *explain,* peserta didik mempresentasikan hasil kaarya yang telah dibuat, sedangkan guru memberikan umpan balik serta penguatan terhadap materi pembelajaran. Berikut kegiatan yang dilakukan di kelas eksperimen pertemuan 1 dan pertemuan 2 pada (Gambar 3.5)

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(f)

Gambar 3 .5. Kegiatan Pembelajaran Kelas Eksperimen

(a) Pendahuluan: Motivasi dan apersepsi materi jamur (b) *Read :* Membaca materi jamur menggunakan e-flipbook secara mandiri untuk mendapatkan pengetahuan awal (c) *Answer* : Menjawab pertanyaan secara mandiri dan mengerjakan LKPD berkelompok (d) *Discuss* : Berdiskusi kelompok untuk menyatukan pendapat (e) *Create:* Membuat karya atau produk terkait konsep jamur (f) *Explain :* Mempresentasikan hasik kerja kelompok

Sumber : Dokumentasi Pribadi

c) Pelaksanaan Posttest

Pada tanggal 28 Januari 2026 melakukan pelaksanaan Posttes literasi sains dan kemampuan kolaborasi. Soal yang diberikan berjumlah 27 butir soal literasi sains dan 11 pernyataan kemampuan kolaborasi. Berikut pelaksaan Posttest yang dilakukan di kelas eksperimen pada (Gambar 3.6)

Gambar 3. 6. Dokumentasi Posttest di Kelas Eksperimen

Sumber: Dokumentasi Pribadi

2) Pelaksanaan Penelitian di Kelas Kontrol Positif

Pelaksanaan penelitian pada kelas kontrol positif dilakukan di kelas X-8 SMAN 9 Tasikmalaya sebanyak dua kali pertemuan menggunakan model pembelajaran RADEC (*Read, Answer, Discuss, Explain, Create*).

a) Pelaksanaan Pretest

Pada tanggal 14 Januari 2026 melakukan pelaksanaan Pretest literasi sains dan kemampuan kolaborasi. Soal yang diberikan berjumlah 27 soal

literasi sains dan 11 pernyataan kemampuan kolaborasi. Berikut pelakasanaan Pretest yang dilakukan di kelas kontrol positif (Gambar 3.7)

Gambar 3 .7. Dokumentasi Pretest di Kelas Kontrol Positif
Sumber : Dokumentasi Pribadi

b) Proses Pembelajaran Kelas Kontrol Positif

Pada tanggal 21 Januari 2026 melakukan pembelajaran pertemuan ke-1 dikelas kontrol positif dengan menggunakan model RADEC. Kegiatan diawali dengan kegiatan pembukaan guru mengucapkan salam, memberikan apersepsi, memberi motivasi, dan menjelaskan tujuan pembelajaran. Dalam penerapan model pembelajaran RADEC memuat lima tahapan sintaks. Sintaks RADEC yang diterapkan pada pertemuan ke-1 ini meliputi *Read, Answer*, dan *Discuss*.

Pada tahap pertama "*Read*", peserta didik membaca dan mempelajari mengenai materi jamur yang disediakan oleh guru secara mandiri. Selanjutnya pada tahap "*Answer*", peserta didik menjawab pertanyaan awal yang disediakan untuk mengukur pemahaman awal terhadap materi. Selain itu, pada tahap ini juga disediakan pertanyaan berkelompok yang digunakan sebagai bahan diskusi pada tahap selanjutnya. Pada tahap *Discuss*, peserta didik secara berkelompok untuk membahas hasil jawaban mandiri dan pertanyaan kelompok untuk memperdalam pemahaman konsep dengan bimbingan guru.

Pada akhir pertemuan ke-1, guru menyampaikan rencana kegiatan tahap *create* yang akan dilaksanakan pada pertemuan berikutnya, termasuk penjelasan mengenai produk yang harus disusun berdasarkan hasil diskusi kelompok. Guru juga memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk

memulai menyusun rancangan awal produk yang dapat dilanjutkan apabila belum selesai pada pertemuan selanjutnya.

Pada tanggal 28 Januari 2026 dilaksanakan pembelajaran pertemuan ke-2 di kelas kontrol positif dengan menggunakan model pembelajaran RADEC. Pada pertemuan ke-2 ini diterapkan sintaks *create* dan *explain*. Pada tahap *create*, peserta didik melanjutkan dan menyelesaikan penyusunan produk sesuai dengan hasil diskusi kelompok pada pertemuan sebelumnya. Selanjutnya pada tahap *explain,* peserta didik mempresentasikan hasil karya yang telah dibuat, sedangkan guru memberikan umpan balik serta penguatan terhadap materi pembelajaran. Berikut kegiatan yang dilakukan di kelas kontrol positif pertemuan 1 dan pertemuan 2 pada (Gambar 3.8)

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(f)

Gambar 3. 8. Kegiatan Pembelajaran Kelas Kontrol Positif

(a) Pendahuluan: Motivasi dan apersepsi materi jamur (b) *Read :* Membaca materi jamur mandiri untuk mendapatkan pengetahuan awal (c) *Answer* : Menjawab pertanyaan secara mandiri dan mengerjakan LKPD berkelompok (d) *Discuss* : Berdiskusi kelompok untuk menyatukan pendapat (e) *Create:* Membuat karya atau produk terkait konsep jamur (f) *Explain :* Mempresentasikan hasik kerja kelompok

c) Pelaksanaan Posttest

Pada tanggal 28 Januari 2026 melakukan pelaksanaan Posttes literasi sains dan kemampuan kolaborasi. Soal yang diberikan berjumlah 27 butir soal literasi sains dan 11 pernyataan kemampuan kolaborasi. Berikut pelaksaan Posttest yang dilakukan di kelas eksperimen pada (Gambar 3.9)

Gambar 3. 9. Dokumentasi Posttest di Kelas Kontrol Positif

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3) Pelaksanaan Penelitian di Kelas Kontrol Negatif

Pelaksanaan penelitian pada kelas kontrol negatif dilakukan di kelas X-9 SMAN 9 Tasikmalaya sebanyak dua kali pertemuan dengan menggunakan model pembelajaran *Discovery Learning*.

a) Pelaksanaan Pretest

Pada tanggal 23 Januari 2026 melakukan pelaksanaan Pretest literasi sains dan kemampuan kolaborasi. Soal yang diberikan berjumlah 27 soal literasi sains dan 11 pernyataan kemampuan kolaborasi. Berikut pelakasanaan Pretest yang dilakukan di kelas Kontrol Negatif pertemuan 1 pada (Gambar 3.10)

Gambar 3. 10. Dokumentasi Pretest di Kelas Eksperimen

Sumber: Dokumentasi Pribadi

b) Proses Pembelajaran Kelas Kontrol Negatif

Pada tanggal 23 Januari 2026 melakukan pembelajaran pertemuan ke-1 dikelas kontrol negatif dengan menggunakan model *discovery learning*. Sintaks model *discovery learning* yang dilakuakan yaitu tahap stimulasi, dimana guru melakukan pemberian video yang dapat menstimulus peserta didik. Selanjutnya yaitu tahapan identifikasi masalah, peserta didik pada tahapan ini memberikan tanggapan baik berupa pertanyaan, hingga argument mengenai permasalahan yang ditampilkan pada video. Tahapan selanjunya pengumpulan data, peserta didik diarahkan untuk duduk berdasarkan kelompok untuk melakukan pengerjaan LKPD. Serta selanjutnya yaitu tahapan pengolahan data guru melakukan monitoring serta pemantauan ke setiap kelompok terkait proses penyelidikan yang dilakukan oleh peserta didik, dan peserta didik melakukan diskusi bersama kelompok terkait LKPD, yang dimana pada tahapan ini peserta didik juga harus melakukan penyelesaian pengerjaan LKPD yang nantinya akan di bahas dan di persentasikan pada pertemuanya selanjutnya.

Pada tanggal 30 Januari 2026 melakukan pembelajaran pertemuan ke-2 dikelas kontrol negatif dengan menggunakan model *discovery learning*. Sintaks model *discovery learning* yang dilakuakan yaitu tahap verifikasi, pada tahapan ini peserta didik melakukan presentasi bersama dengan kelompok terkait hasil pengerjaan LKPD pada pertemuan sebelumnya dan saling memberikan feedback terhadap hasil kerja yang telah dilakukan oleh setiap kelompok, serta guru melakukan verifikasi

terhadap hasil diskusi kelompok. Tahapan selanjutnya yaitu menarik kesimpulan, guru meminta salah satu peserta didik untuk menyimpulkan hasil kegiatan pembelajaran secara keseluruhan, dan guru memberikan penguatan materi dari hasil analisis dan diskusi yang telah dilakukan peserta didik. Berikut kegiatan pembelajaran yang dilakukan di kelas kontrol negatif pertemuan 2 pada Berikut kegiatan pembelajaran yang dilakukan di kelas kontrol negatif (Gambar 3.11).

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(f)

(g) (h)

Gambar 3 .11. Kegiatan Pembelajaran Kelas Kontrol Negatif

(a) Pendahuluan : Membuka pembelajaran dengan memotivasi dan aprepsi materi jamur (b) Stimulasi : Guru memberikan rangsangan berupa gambar (c) Identifikasi masalah : Mengidentifikasi rumusan masalah yang muncul dari stimulasi (d) Pengumpulan data : Mencari informasi/data untuk menjawab masalah (e) Pengolahan data : Mengisi LKPD (f) Pembuktian/ verivikasi : Presentasi hasi kelompok (g) Manarik Kesimpulan : Siswa menarik kesimpilan (h) Penutup : Guru menutup proses pembelajaran

Sumber: Dokumentasi Pribadi

c) Pelaksanaan Posttest

Pada tanggal 30 Januari 2026 melakukan pelaksanaan Posttes literasi sains dan kemampuan kolaborasi. Soal yang diberikan berjumlah 27 butir soal literasi sains dan 11 pernyataan kemampuan kolaborasi. Berikut pelaksaan Posttest yang dilakukan di kelas eksperimen pada (Gambar 3.12)

Gambar 3 .12. Dokumentasi Posttest di Kelas Eksperimen

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.5.3. Tahap Pengolahan Data

Pada tahapan ini, peneliti melakukan beberapa tahapan penyelesaian sebagai berikut:

1) Pada Bulan Februari melakukan pengolahan data dan analisis data hasil penelitian;

2) Pada Bulan Februari menyusun hasil penelitian untuk menyusun skripsi.

3.6. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data adalah cara yang dilakukan untuk memperoleh suatu informasi atau data yang berhubungan dengan variabel yang diteliti. Pada penelitian ini, pengumpulan data dilakukan melalui tes dan non-tes. Tes digunakan untuk mengukur kemampuan literasi sains dalam bentuk soal pilihan ganda sebanyak 27 soal pada materi jamur, yang dilaksanakan di awal pertemuan (*pretest*) dan di akhir pertemuan (*posttest*) . Sedangkan untuk kolaborasi menggunakan instrumen non tes berupa angket *Collaboration Self-Assesment Tool (CSAT*) yang terdiri dari 11 indikator. Selain menggunakan angket juga menggunakan lembar observasi berbasis indikator yang sama untuk menilai perilaku kolaboratif peserta didik secara langsung selama proses pembelajaran sehingga data yang diperoleh lebih objektif dan terverifikasi.

3.7. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian ini merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengumpulkan data. Instrumen penelitian digunakan untuk mengukur variabel yang diteliti. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu instrumen tes berupa pilihan ganda untuk mengukur literasi sains dan instrumen non-tes berupa angket *Collaboration Self-Assmen Tool* (CSAT) dan lembar observasi yang disusun berdasarkan indikator yang sama.

3.7.1. Instrumen Literasi Sains

Instrumen tes yang digunakan pada penelitian ini yaitu kemampuan literasi sains. Tes ini digunakan untuk mengetahui kemampuan literasi sains peserta didik kelas X. Soal literasi sains berbentuk pilihan ganda mencakup materi jamur dengan jumlah soal 27 butir soal. Instrumen tes akan dilakukan uji validitas, uji reliabilitas, taraf kesukaran, dan daya pembeda. Berikut ini adalah kisi-kisi instrumen literasi sains.

Tabel 3. 3. Kisi-Kisi Instrumen Literasi Sains

Komponen Literasi Sains	Kriteria Literasi Sains	No. Soal	Jumlah soal	Jumlah soal yang valid
Mengidentifikasi pendapat ilmiah yang tepat	Mengenali syarat sebagai bukti dan hipotesis yang mendukung bukti ilmiah	1,2,3,4,5 *	5	4
Menggunakan pencarian literatur yang efektif	Membedakan antara jenis sumber, mengidentifikasikan opini, luas cakupan serta kecakapan dalam menentukan literatur.	6,7*,8*,9 ,10*	5	2
Evaluasi dalam menggunakan informasi saintifik.	Menggali etika yang valid dan menganalisis bidang kajian ilmu pengetahuan pemeritah, industri, keakuratan media, ekonomi dan tertekan politik untuk membuat keputusan	11,12*,1 3*,14,15 *	5	2
Memahami elemen desain penelitian dan bagaimana dampaknya terhadap penemuan saintifik	Mengidentifikasikan kekuatan dan kelemahan dalam desain penelitian yang berkaitan dengan ukuran sampel, pengecekan dan eksperimental kontrol	16*,17*, 18,19,20	5	3
Membuat grafik yang dapat merepresentasikan data.	Mengidentifikasi format yang sesuai untuk representasi grafis dari data yang diberikan.	21,22,23, 24	4	4
Membaca dan menginterpresentasikan data.	Menafsirkan data yang disajikan secara grafis untuk membuat kesimpulan studi temuan.	25,26, 27,28*	4	3
Pemecahan masalah dengan menggunakan kemampuan kuantitatif termasuk statistik probabilitas.	Menghitung presentase dan frekuensi untuk menarik kesimpulan.	29,30, 31*,32	4	3
Memahami dan mampu menginterpretasikan statistik dasar.	Memahami kebutuhan statistik untuk mengukur ketidakpastian pada data.	33,34*,3 5,36	4	3
Menyuguhkan kesimpulan, prediksi, berdasarkan data kuantitatif.	Menafsirkan data dan kritik desain eksperimental untuk	37*,38,3 9,40	4	3
Total			**40**	**27**

Keterangan: (*) Butir soal tidak valid

Sumber: Dokumentasi Penulis

3.7.2. Instrumen Keterampilan Kolaborasi

Instrumen keterampilan kolaborasi pada penelitian ini menggunakan angket dengan 11 butir soal pernyataan yang dirancang untuk mengukur berbagai aspek keterampilan kolaborasi peserta didik. Adapun kisi-kisi keterampilan kolaborasi dapat dilihat melalui Tabel 3.4 berikut:

Tabel 3 4. Kisi-Kisi Instrument Kemampuan Kolaborasi

No.	Indikator CSAT	Nomor Item
1.	*Contribution*	1
2.	*Motivation/partipation*	2
3.	*Quality of work*	3
4.	*Time Management*	4
5.	*Team Support*	5
6.	*Preparedness*	6
7.	*Problem solving*	7
8.	*Team Dynamics*	8
9.	*Interaction with Others*	9
10.	*Role Flexibility*	10
11.	*Reflection*	11
Total		**11**

Sumber : (Ofstedal & Dahlberg, 2009)

Penelitian keterampilan kolaborasi diukur menggunakan instrumen non-tes berupa angket yang terdiri atas 11 indikator. Setelah pengambilan data dilakukan akan muncul 3 kategori kriteria keterampilan kolaborasi. Adapun kategori tersebut dapat dilihat melalui Tabel 3.5 di bawah ini.

Tabel 3. 5. Kriteria Keterampilan Kolaborasi

Skor	Kriteria
35-44	Kemampuan kolaborasi terbangun *(established)*
26-34	Kemampuan kolaborasi berkembang *(developing)*
10-25	Kemampuan kolaborasi muncul (*emerging)*

Sumber : (Ofstedal & Dahlberg, 2009)

Untuk mengukur kemampuan kolaborasi peserta didik, digunakan instrumen angket *Collaboration Self-Assesment Tool* (CSAT). Angket ini terdiri dari 11 indikator, di mana setiap indikator memiliki empat tingkat skala penilaian (1 sampai 4). Skala tersebut disajikan dalam bentuk deskriptif naratif, dengan skor 1 menunjukkan pencapaian terendah dan skor 4 menunjukkan pencapaian tertinggi (Ofstedal & Dahlberg, 2009). Di mana skor 35-44 menunjukkan skor maksimal

dengan kriteria keterampilan kolaborasi terbangun, skor 26-34 menunjukkan skor sedang dengan kriteria keterampilan kolaborasi berkembang. Serta skor 10-25 menunjukkan skor minimum dengan kriteria keterampilan kolaborasi muncul.

3.7.3. Lembar Observasi Keterampilan Kolaborasi

Observasi merupakan salah satu teknik pengumpulan data pengamatan dan pencatatan sistematis dari fenomena- fenomena yang diselidiki. Observasi dilakukan untuk menemukan data dan informasi dari gejala atau fenomena (kejadian atau peristiwa) secara sistematis dan didasarkan pada tujuan penyelidikan yang telah dirumuskan. Dengan adanya observasi , dapat memudahkan dalam mendapat informasi terhadap suatu hal yang sedang diteliti.

Pelaksanaan observasi diperlukan adanya pengamat atau disebut *observer*. Pada penelitian ini, pengamat berasal dari rekan sejawat yang ikut mengamati proses pembelajaran yang dilakukan oleh peneliti. Instrumen yang digunakan adalah lembar observasi yang menilai kemampuan kolaborasi peserta didik. Adapun kisi-kisi lembar kemampuan kolaborasi yang telah peneliti susun berdasarkan indikator menurut (Ofstedal & Dahlberg, 2009) dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut ini:

Tabel 3. 6. Kisi-Kisi Lembar Observasi Kemampuan Kolaborasi

No.	Indikator CSAT	Nomor Item
1.	*Contribution*	1
2.	*Motivation/partipation*	2
3.	*Quality of work*	3
4.	*Time Management*	4
5.	*Team Support*	5
6.	*Preparedness*	6
7.	*Problem solving*	7
8.	*Team Dynamics*	8
9.	*Interaction with Others*	9
10.	*Role Flexibility*	10
11.	*Reflection*	11
Total		**11**

Sumber : (Ofstedal & Dahlberg, 2009)

3.8. Uji Coba Instrumen

Untuk menguji instrumen penelitian mengenai bagaimana pengaruh model pembelajaran RADEC berbantuan *e-Flipbook* Interaktif terhadap literasi sains dan kemampuan kolaborasi dalam pembelajaran biologi, hal yang dapat dilakukan yaitu

melakukan validasi konten melalui evaluasi dari para ahli pendidikan dan mata pelajaran. Uji coba instrumen ini dilaksanakan pada siswa kelas 11. Uji coba awal dilakukan untuk memastikan pemahaman dan keterbacaan soal, setelah itu uji validitas empirik menggunakan metode statistik dilakukan untuk memastikan adanya kolerasi yang baik antara setiap item dan keseluruhan instrumen, serta dilakukan perhitungan relibilitas instrumen untuk memastikan keandalan pengukuran.

3.8.1. Uji Validitas

Uji validitas adalah langkah krusial dalam penelitian untuk memastikan bahwa instrumen yang digunakan dapat diandalkan dalam mengukur variabel yang diteliti. Dengan menggunakan metode yang tepat dan analisis statistik yang sesuai, penelitian dapat memastikan kevalidan angket atau soal uraian yang digunakan dalam studi mereka (Puspitasai & Febrinita, 2021). Uji validitas instrumen pada penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan. Baik instrumen literasi sains, angket kemampuan kolaborasi, maupun lembar observasi terlebih dahulu diuji melalui validitas konstruk dengan melibatkan *expert judgement*. Para ahli yang berkompeten menilai kesesuaian setiap item atau aspek pada masing-masing instrumen dengan indikator yang telah ditetapkan. Selanjutnya untuk instrumen literasi sains berupa soal pilihan ganda dianalisis menggunakan *Anates V.4 for Windows.*

1) Literasi Sains

   Uji validasi pada instrumen literasi sains menggunakan *software Anates v.4 for Windows.* Hasil dari uji validasi terdapat 27 soal yang memenuhi kriteria validasi dan 13 soal tidak memenuhi kriteria. Adapun data dapat dilihat melalui tabel berikut ini:

Tabel 3. 7. Tabel Validasi Instrumen Literasi Sains

Butir Soal	Korelasi	Signifikansi	Keterangan
1.	0,311	Signifikan	Soal digunakan
2.	0,415	Sangat Signifikan	Soal digunakan
3.	0,363	Signifikan	Soal digunakan
4.	0,438	Sangat Signifikan	Soal digunakan
5.	0,207	-	Soal tidak digunakan
6.	0,325	Signifikan	Soal digunakan
7.	0,251	-	Soal tidak digunakan

Butir Soal	Korelasi	Signifikansi	Keterangan
8.	0,211	-	Soal tidak digunakan
9.	0,325	Signifikan	Soal digunakan
10.	0,114	-	Soal tidak digunakan
11.	0,389	Signifikan	Soal digunakan
12.	0,210	-	Soal tidak digunakan
13.	0,174	-	Soal tidak digunakan
14.	0,505	Sangat Signifikan	Soal digunakan
15.	0,103	-	Soal tidak digunakan
16.	0,032	-	Soal tidak digunakan
17.	0,229	-	Soal tidak digunakan
18.	0,373	Signifikan	Soal digunakan
19.	0,526	Sangat Signifikan	Soal digunakan
20.	0,483	Sangat Signifikan	Soal digunakan
21.	0,486	Sangat Signifikan	Soal digunakan
22.	0,763	Sangat Signifikan	Soal digunakan
23.	0,462	Sangat Signifikan	Soal digunakan
24.	0,455	Sangat Signifikan	Soal digunakan
25.	0,502	Sangat Signifikan	Soal digunakan
26.	0,511	Sangat Signifikan	Soal digunakan
27.	0,349	Signifikan	Soal digunakan
28.	-0,037	-	Soal tidak digunakan
29.	0,467	Sangat Signifikan	Soal digunakan
30.	0,483	Sangat Signifikan	Soal digunakan
31.	0,046	-	Soal tidak digunakan
32.	0,427	Sangat Signifikan	Soal digunakan
33.	0,456	Sangat Signifikan	Soal digunakan
34.	0,032	-	Soal tidak digunakan
35.	0,467	Sangat Signifikan	Soal digunakan
36.	0,355	Signifikan	Soal digunakan
37.	0,046	-	Soal tidak digunakan
38.	0,381	Signifikan	Soal digunakan
39.	0,390	Signifikan	Soal digunakan
40.	0,492	Sangat Signifikan	Soal digunakan

Keterangan: Penentuan kategori “Signifikan” dan “Sangat Signifikan” mengacu pada batas koefisien korelasi sesuai tabel signifikansi Anates, yaitu $p < 0,05$ ($r \geq 0,304$) untuk signifikan dan $p < 0,01$ ($r \geq 0,393$) untuk sangat signifikan, dengan jumlah responden 40 ($df = 38$).

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan tabel dari 40 soal tes pilihan ganda dalam tes liteasi sains, di dapatkan 27 item soal yang memenuhi kriteria validitas. Sehingga penulis menggunakan 27 item soal yang dijadikan sebagai instrumen penelitian. Sementara itu, 13 butir soal dinyatakan tidak memenuhi kriteria validitas. Salah satu di antaranya, yaitu butir soal nomor 28, memiliki nilai korelasi negatif (-0,037) yang

diduga terjadi akibat kesalahan kunci jawaban (*miskey*), sehingga tidak digunakan dalam penelitian.

2) *Collaboration Self-Assessment Tool (CSAT)*

Uji validitas instrumen *Collaboration Self-Assessment Tool* (CSAT) pada penelitian ini dilakukan melalui penilaian ahli (*expert judgement*) oleh Ibu Dea Diella, M.Pd. Penilaian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap butir pernyataan dalam angket telah sesuai dengan indikator yang hendak diukur, baik dari segi substansi maupun konstruksi kalimat. Setelah mendapatkan masukan dari ahli, instrumen kemudian diuji keterbacaan kepada responden. Hal ini sejalan dengan pendapat Saftina et al., (2021) Uji keterbacaan peserta didik dilaksanakan untuk mengetahui tingkat kelayakan produk yang dikembangkan serta memperoleh masukan berupa komentar, saran, maupun kritik yang berguna bagi penyempurnaan produk. Uji keterbacaan dilaksanakan di kelas X.5 dengan melibatkan sejumlah peserta didik. Hasil dari uji keterbacaan menunjukkan bahwa secara umum angket dapat dipahami baik oleh peserta didik, baik dari segi bahasa, kejelasan kalimat, maupun diikuti dengan konteks pembelajaran, sehingga instrumen layak digunakan untuk penelitian lebih lanjut.

3.8.2. Uji Realibilitas

Uji relibilitas untuk soal literasi sains menggunakan *Anates v.4 for Windows* pengujian ini diterapkan pada soal pilihan ganda yang dirancang untuk menilai tingkat literasi sains siswa. Melalui *Anates v.4 for Windows*, realibilitas soal dianalisis guna memastikan konsistensi dan kendala data instrumen dalam mengukur pemahaman siswa terhadap konsep materi. Adapun kriteria reliabilitas instrumen berdasarkan tabel 3.8.

Tabel 3 8. Kriteria Koefisien Realibilitas Instrumen

Koefisien Relibilitas	Interpretasi Derajat Reliabilitas
$r11 < 0{,}20$	Sangat Rendah
$0{,}21 \leq r11 < 0{,}40$	Rendah
$0{,}41 \leq r11 < 0{,}70$	Sedang
$0{,}71 \leq r11 < 0{,}90$	Tinggi
$0{,}91 \leq r11 < 1{,}00$	Sangat Tinggi

Sumber : (Sugiono, 2019)

Berdasarkan uji realibilitas instrumen literasi sains diperoleh 0,85 yang berarti bahwa tes yang diberikan memiliki tingkat reliabilitas tinggi.

3.9. Teknik Pengolahan Data dan Analisis Data

Data yang sudah diperoleh dalam penelitian ini, diolah dan dianalisis menggunakan kuantitatif. Data yang diambil dari penelitian ini yaitu *pretest-posttes* sebelum dan sesudah di berikan perlakuan. Adapun langkah-langkah pengolahan dan analisis data sebagai berikut

3.9.1. Teknik Pengolahan Data

Teknik pengolahan data yang digunakan yaitu N-Gain (normalized gain) atau peningkatan yang dinormalisasi. Uji N-Gain mengukur perubahan relatif antara tingkat pemahaman peserta didik sebelum (pretest) dan setelah (posttest) suatu pembelajaran (Sukarelawan et al., 2024). Menurut Sukarelawan et al., (2024) untuk menghitung skor N-Gain dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{N-Gain} = \frac{\text{Skor Posttest} - \text{Skor Pretest}}{\text{Skor maksimal} - \text{Skor Pretest}}$$

Keterangan :

N-Gain = Nilai gain yang dinormalisasi

Skor Posttest = Skor tes akhir

Skor Pretes = Skor tes awal

Skor Maksimal = Skor maksimum

Tabel 3 9. Kriteria N-Gain

N-Gain	Klasifikasi Peningkatan
N-gain > 0,70	Tinggi
0,30 < N-Gain ≤ 0,70	Sedang
N-gain ≤ 0,30	Rendah

Sumber : (Sukarelawan et al., 2024)

3.9.1.1. Uji Prasyarat

1) Uji Normalitas

Uji Normalitas bertujuan untuk mengetahui bahwa hasil penelitian yang dilakukan berdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas yang digunakan yaitu uji

Kolmogorov-Smirnov, dengan menggunaka *software IBM SPSS versi 25 for windows* dengan taraf signifikan 5% atau 0,05.

2) Uji Homogenitas

Uji Homogenitas bertujuan untuk mengetahui apakah varian populasi homogen (sama) atau tidak. Uji homogenitas yang digunakan pada penelitian ini yaitu Uji *Levene* dengan menggunakan *Software IBM SPPS versi 25 for windows dengan* taraf signifikan 5% atau 0,05.

3.9.1.2. Uji Hipotesis

Ketika hasil uji prasyarat analisis telah dilakukan dan hasilnya menyatakan ada data yang diperoleh normal atau homogen, langkah selanjutnya adalah uji hipotesis. Uji hipotesis yang digunakan yaitu uji *Analysis of covariance* (ANCOVA) dengan bantuan *software* SPPS 25 *for windows.* Namun jika hipotesis nol ditolak, analisis akan dilanjutkan dengan langkah pengujian berupa *uji Least Significant Difference* (LSD) dengan bantuan softwear IBM SPP.

3.10. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di kelas X7, X8, dan X9 SMA Negeri 9 Tasikmalaya Tahun Ajaran 2025/2026 yang beralamat di Jl. Leuwi Dahu No. 61, Parakannyaseg, Indihiang, Tasikmalaya, Jawa Barat 46151, Indonesia. Pada mata pelajaran biologi materi jamur tahun ajaran 2025/2026.

Gambar 3 .13. SMA Negeri 9 Tasikmalaya

Sumber: Dokumentasi Pribadi

No.	Kegiatan Penelitian	Bulan 2024/2026												
		Sep 2024	Okt 2024	Nov 2024	Des 2024	Jan - Sep 2025	Okt 2025	Nov 2025	Des 2025	Jan 2026	Feb 2026	Maret 2026	Apr 2026	Mei 2026
1.	Mendapatkan SK bimbingan													
2.	Mencari Permasalahan Penelitian													
3.	Mengajukan Judul Penelitian													
4.	Menyusun dan bimbingan proposal													
5.	Revisi Proposal													
6.	Seminar Proposal													
7.	Penyempurnaan proposal													
8.	Melaksanakan uji coba instrumen													
9.	Mempersiapkan penelitian													
10.	Melaksanakan penelitian di sekolah													
11.	Mengolah data hasil penelitian													
12.	Menyusun data hasil penelitian													
13.	Mengajukan pendaftaran uji seminar hasil													

14.	Melaksanakan uji seminar hasil													
15.	Revisi seminar hasil													
16.	Mendaftar ujian skripsi													
17.	Melaksanakan ujian skripsi													