

PORTOFOLIO PEMBELAJARAN

MATA KULIAH: STRUKTUR DAN FUNGSI BIOMOLEKUL



Oleh Tim Pengampu

Dr. Lidya I. Momuat, S.Si., M.Si.

Vanda S.Kamu, S.Pd.,M.Si

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SAM RATULANGI

HALAMAN PENGESAHAN

Nama Mata Kuliah	:	STRUKTUR DAN FUNGSI BIOMOLEKUL
Kode	:	KIM 3011
Sks	:	3
Nama Fakultas	:	Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Nama Jurusan	:	Kimia
Nama Program Studi	:	Kimia

Koordinator KBI,

Koordinator Mata Kuliah,

Dr. Lidya I. Momuat, S.Si., M.Si.
NIP. 197108131997031001

Dr. Lidya I. Momuat, S.Si., M.Si.
NIP. 197108131997031001

Ketua Jurusan

Prof. Dr. Henry F. Aritonang, S.Si., M.Si
NIP. 197112072000031001

IDENTITAS MATA KULIAH

Nama Mata Kuliah	:	STRUKTUR DAN FUNGSI BIOMOLEKUL
Kode Mata Kuliah	:	KIM 2412
Sks	:	3
Semester	:	4
Deskripsi Mata Kuliah	:	<p>Mata kuliah Struktur dan Fungsi Biomolekul merupakan mata kuliah wajib di Program Studi S1 Kimia FMIPA Unsrat yang memfasilitasi capaian pembelajaran terkait dengan perkembangan ilmu dan teknologi di bidang biokimia terutama mengenai karakteristik struktur dan fungsi biomolekul karbohidrat, lipid, protein, dan asam nukleat, sebagai molekul penyusun organisme hidup. Tujuan mata kuliah ini diadakan ialah untuk mengembangkan inovasi dan kreativitas mahasiswa dalam memandang struktur dan fungsi biomolekul sebagai peluang di masa depan, serta menjadi dasar untuk memahami mata kuliah metabolisme biomolekul pada semester berikut. Model pembelajaran yang dikembangkan ialah <i>student-centered learning</i> (SCL) dengan <i>flipped classroom</i>, yakni mahasiswa sudah mempelajari materi perkuliahan secara mandiri sesuai tugas yang diberikan sebelum pelaksanaan pembelajaran kelas atau lapangan.</p>
Status Mata Kuliah	:	Wajib
Dosen Pengampu	:	TIM <ul style="list-style-type: none">- Dr. Lidya I. Momuat, S.Si., M.Si.- Vanda S.Kamu, S.Pd.,M.Si

A. CAPAIAN PEMBELAJARAN LULUSAN (CPL) PROGRAM STUDI

Tabel 1. Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) Program Studi

Sikap	
S-1	: Bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa dan mampu menunjukkan sikap religius
S-2	: Menjunjung tinggi nilai kemanusiaan dalam menjalankan tugas berdasarkan agama, moral dan etika
S-3	: Menginternalisasi nilai, norma, dan etika akademik
S-4	: Berperan sebagai warga negara yang bangga dan cinta tanah air, memiliki nasionalisme serta rasa tanggungjawab pada negara dan bangsa
S-5	: Menghargai keanekaragaman budaya, pandangan, agama, dan kepercayaan, serta pendapat atau temuan orisinal orang lain
S-6	: Berkontribusi dalam peningkatan mutu kehidupan bermasyarakat, berbangsa, dan bernegara berdasarkan Pancasila
S-7	: bekerja sama dan memiliki kepekaan sosial serta kepedulian terhadap masyarakat dan lingkungan
S-8	: Taat hukum dan disiplin dalam kehidupan bermasyarakat dan bernegara
S-9	: Menginternalisasi semangat kemandirian, kejuangan, dan kewirausahaan
S-10	: Menunjukkan sikap bertanggungjawab atas pekerjaan di bidang keahliannya secara mandiri
Penguasaan Pengetahuan	
P-1	: Menguasai konsep teoritis struktur, sifat, dan perubahannya baik pada energi maupun kinetiknya, identifikasi, pemisahan, karakterisasi, transformasi, sintesis bahan kimia mikromolekul dan terapannya
P-2	: Menguasai pengetahuan operasional lengkap tentang fungsi, cara mengoperasikan instrumen kimia yang umum, dan analisis data dan informasi dari instrumen tersebut
P-3	: Menguasai prinsip dasar piranti lunak untuk analisis dan sintesis pada bidang kimia yang umum atau yang lebih spesifik (organik, biokimia, analitik, kimia fisik, atau anorganik)
Keterampilan Khusus	
KK-1	: Mampu menghasilkan simpulan yang tepat berdasarkan hasil identifikasi, analisis, isolasi, transformasi dan sintesis bahan kimia yang telah dilakukan
KK-2	: Mampu memecahkan masalah ipteks di bidang kimia yang umum dan dalam lingkup sederhana seperti identifikasi, analisis, isolasi, transformasi dan sintesis mikromolekul melalui penerapan pengetahuan struktur, sifat, perubahan molekul

		baik energi maupun kinetiknya, metoda analisis dan sintesis pada bidang kimia spesifik, serta penerapan teknologi yang relevan
KK-3	:	Mampu melakukan analisis terhadap berbagai alternatif Solusi di bidang identifikasi, analisis, isolasi, transformasi, dan sintesis bahan kimia yang tersedia dan menyajikan simpulan analisis untuk pengambilan keputusan yang tepat
KK-4	:	Mampu menggunakan piranti lunak untuk analisis dan sintesis pada bidang kimia yang umum atau yang lebih spesifik (organik, biokimia, analitik, kimia fisik, atau anorganik)
Keterampilan Umum		
KU-1	:	Menerapkan pemikiran logis, kritis, sistematis dan inovatif dalam konteks pengembangan atau implementasi ilmu pengetahuan dan/atau teknologi sesuai dengan bidang keahliannya
KU-2	:	Mengkaji implikasi pengembangan atau implementasi ilmu pengetahuan, teknologi atau seni sesuai dengan keahliannya berdasarkan kaidah, tata cara dan etika ilmiah untuk menghasilkan solusi, gagasan, desain, atau kritik seni serta Menyusun deskripsi saintifik hasil kajiannya dalam bentuk skripsi atau laporan tugas akhir
KU-3	:	Mengambil Keputusan secara tepat dalam konteks penyelesaian masalah di bidang keahliannya, berdasarkan hasil analisis terhadap informasi dan data
KU-4	:	Mendokumentasikan, menyimpan, mengamankan, dan menemukan kembali data untuk menjamin kesahihan dan mencegah plagiasi
KU-5	:	Mengelola pembelajaran secara mandiri
KU-6	:	Mengembangkan dan memelihara jaringan kerja dengan pembimbing, kolega, sejawat baik di dalam maupun di luar lembaganya

B. CAPAIAN PEMBELAJARAN LULUSAN (CPL) YANG DIBEBANKAN KEPADA MATA KULIAH

Tabel 2. Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) Program Studi

KU-1	:	Menerapkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan inovatif dalam konteks pengembangan atau implementasi ilmu pengetahuan dan/atau teknologi sesuai dengan bidang keahliannya
------	---	--

C. CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH (CPMK) DAN SUB-CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH (SUB-CPMK)

Tabel 3. Rumusan CPMK dan Sub-CPMK

CPMK	:	Menguasai konsep teoretis struktur, sifat, fungsi dan perubahan biomolekul, baik pada energi maupun kinetiknya, identifikasi, pemisahan, karakterisasi, transformasi, sintesis bahan kimia makromolekul dan terapannya, sesuai dengan perkembangan ipteks di bidang Kimia dan nilai, norma, serta etika akademik di revolusi industri 4.0.
Sub-CPMK 1	:	Menjelaskan struktur dan organel sel
Sub-CPMK 2	:	Menjelaskan struktur molekul air dan fungsinya dalam biokimia
Sub-CPMK 3	:	Menjelaskan dan mengidentifikasi struktur dan fungsi asam amino
Sub-CPMK 4	:	Menjelaskan dan mengidentifikasi struktur dan fungsi protein
Sub-CPMK 5	:	Menjelaskan fungsi dan kinetika reaksi enzim
Sub-CPMK 6	:	Menjelaskan dan mengidentifikasi struktur dan fungsi karbohidrat
Sub-CPMK 7	:	Menjelaskan dan mengidentifikasi struktur dan fungsi Lipida
Sub-CPMK 8	:	Menjelaskan dan mengidentifikasi struktur dan fungsi asam nukleat

D. KETERKAITAN ANTARA CPL DAN SUB-CPMK

Tabel 4. Korelasi CPL terhadap Sub-CPMK (%):

Sub-CPMK	CPL 1	Total
Menjelaskan struktur dan organel sel	5	5
Menjelaskan struktur molekul air dan fungsinya dalam biokimia	10	10
Menjelaskan dan mengidentifikasi struktur dan fungsi asam amino	15	15
Menjelaskan dan mengidentifikasi struktur dan fungsi protein	15	15
Menjelaskan fungsi dan kinetika reaksi enzim	10	10
Menjelaskan dan mengidentifikasi struktur dan fungsi karbohidrat	15	15
Menjelaskan dan mengidentifikasi struktur dan fungsi Lipida	15	15
Menjelaskan dan mengidentifikasi struktur dan fungsi asam nukleat	15	15
Jumlah	100	100

E. BENTUK PEMBELAJARAN

Bentuk-bentuk pembelajaran yang dilaksanakan dapat dilihat pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Bentuk Pembelajaran

Kuliah	:	Pembelajaran pada materi <i>Struktur dan Fungsi Biomolekul</i> dengan bahan kajian <i>Struktur dan Organel Sel</i> dirancang untuk memberikan pemahaman konseptual yang komprehensif mengenai hubungan antara biomolekul dan struktur sel sebagai unit dasar kehidupan. Melalui pendekatan pembelajaran berbasis mahasiswa (<i>student-centered learning</i>), kegiatan kuliah tidak hanya berfokus pada penyampaian teori, tetapi juga mendorong mahasiswa untuk aktif dalam proses eksplorasi dan analisis ilmiah.
Praktikum	:	Pembelajaran praktikum pada materi <i>Struktur dan Fungsi Biomolekul</i> dirancang untuk memberikan pengalaman belajar langsung kepada mahasiswa dalam memahami karakteristik, struktur, serta fungsi berbagai biomolekul yang menyusun sistem kehidupan. Bahan kajian dalam praktikum ini meliputi air sebagai pelarut biologis, struktur dan sifat asam amino, protein dan enzim, serta biomolekul lain seperti karbohidrat, lipida, dan asam nukleat. melalui pembelajaran praktikum ini diharapkan mahasiswa tidak hanya memahami konsep struktur dan fungsi biomolekul secara teoritis, tetapi juga memiliki keterampilan ilmiah dalam melakukan eksperimen, menganalisis hasil, serta menginterpretasikan fenomena biokimia secara lebih mendalam dan aplikatif.
Tugas	:	Dalam kegiatan pembelajaran ini, mahasiswa dihadapkan pada berbagai kasus nyata atau simulasi permasalahan, seperti gangguan aktivitas enzim akibat perubahan pH dan suhu, inhibisi enzim oleh senyawa tertentu, hingga pemanfaatan enzim dalam industri pangan dan farmasi. Melalui pendekatan studi kasus ini, diharapkan mahasiswa mampu mengintegrasikan konsep struktur dan fungsi enzim dengan situasi nyata, serta mengembangkan keterampilan berpikir kritis, analitis, dan aplikatif dalam bidang biokimia.

F. METODE PEMBELAJARAN

Metode pembelajaran yang dilaksanakan dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Bentuk Pembelajaran

Diskusi kelompok	:	Metode diskusi kelompok mendorong mahasiswa untuk saling bertukar ide, menganalisis kasus, serta menyelesaikan permasalahan berdasarkan pendekatan analitis secara kolaboratif. Melalui diskusi kelompok, mahasiswa tidak hanya memperdalam pemahaman materi, tetapi juga melatih keterampilan berpikir kritis, komunikasi ilmiah, dan kerja sama tim dalam konteks akademik.
Studi kasus	:	Kaitan malfungsi struktur biomolekul dengan penyakit. Metode studi kasus, yang digunakan untuk mengaitkan teori dengan praktik melalui analisis permasalahan nyata atau simulasi berdasarkan data kualitatif dan kuantitatif. Dengan metode ini, mahasiswa dilatih

		untuk mengidentifikasi masalah, menerapkan metode analisis yang tepat, serta menarik kesimpulan berdasarkan data dan konteks yang ada secara kritis dan sistematis.
--	--	---


G. TEKNIK ASESMEN

Teknik asesmen dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Teknik Asesmen

Jenis Pengukuran	Metode Pengukuran	Alat Ukur
Tes	UTS	Tes tertulis, jawaban
	UAS	Tes tertulis, jawaban
Non-Tes	Tugas	Rubrik
	Aktivitas (Studi Kasus, Proyek)	Rubrik

H. RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER (RPS) MATA KULIAH

 UNIVERSITAS SAM RATULANGI FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM JURUSAN/PROGRAM STUDI KIMIA RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER (RPS)				
Nama Mata Kuliah	Kode Mata Kuliah	Bobot (sks)	Semester	Tanggal Penyusunan
STRUKTUR DAN FUNGSI BIOMOLEKUL	KIM-3011	1	5	
Otorisasi	Nama Koordinator Pengembang RPS	Koordinator Bidang Keahlian (Jika Ada)		Korprodi
	Dr. Lidya I. Momuat, S.Si., M.Si.	Dr. Lidya I. Momuat, S.Si., M.Si.		Prof. Dr. Henry F. Aritonang, S.Si., M.Si
Capaian Pembelajaran (CP)	CPL-PRODI (Capaian Pembelajaran Lulusan Program Studi) Yang Dibebankan Pada Mata Kuliah			
	KU-1	Menerapkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan inovatif dalam konteks pengembangan atau implementasi ilmu pengetahuan dan/atau teknologi sesuai dengan bidang keahliannya		
	CPMK (Capaian Pembelajaran Mata Kuliah)			
		Melalui pembelajaran manajemen laboratorium mahasiswa diharapkan mampu menerapkan nilai-nilai penting dalam laboratorium yang meliputi bahan kimia, aparatus atau instrumen dan alat-alat yang ada dalam laboratorium		
	SUB-CPMK			
	1.	Menjelaskan struktur dan organel sel		
	2.	Menjelaskan struktur molekul air dan fungsinya dalam biokimia		
	3.	Menjelaskan dan mengidentifikasi struktur dan fungsi asam amino		
	4.	Menjelaskan dan mengidentifikasi struktur dan fungsi protein		
	5.	Menjelaskan fungsi dan kinetika reaksi enzim		
6.	Menjelaskan dan mengidentifikasi struktur dan fungsi karbohidrat			
7.	Menjelaskan dan mengidentifikasi struktur dan fungsi Lipida			
8.	Menjelaskan dan mengidentifikasi struktur dan fungsi asam nukleat			

	Korelasi CPL terhadap CPMK (%):		
		KU-1	Bobot Keterkaitan
		Menerapkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan inovatif dalam konteks pengembangan atau implementasi ilmu pengetahuan dan/atau teknologi sesuai dengan bidang keahliannya	
	1. Menjelaskan struktur dan organel sel	5	5
	2. Menjelaskan struktur molekul air dan fungsinya dalam biokimia	10	10
	3. Menjelaskan dan mengidentifikasi struktur dan fungsi asam amino	15	15
	4. Menjelaskan dan mengidentifikasi struktur dan fungsi protein	15	15
	5. Menjelaskan fungsi dan kinetika reaksi enzim	10	10
	6. Menjelaskan dan mengidentifikasi struktur dan fungsi karbohidrat	15	15
	7. Menjelaskan dan mengidentifikasi struktur dan fungsi Lipida	15	15
	8. Menjelaskan dan mengidentifikasi struktur dan fungsi asam nukleat	15	15
			100
Deskripsi Singkat Mata Kuliah	Mata kuliah Struktur dan Fungsi Biomolekul merupakan mata kuliah wajib di Program Studi S1 Kimia FMIPA Unsrat yang memfasilitasi capaian pembelajaran terkait dengan perkembangan ilmu dan teknologi di bidang biokimia terutama mengenai karakteristik struktur dan fungsi biomolekul karbohidrat, lipid, protein, dan asam nukleat, sebagai molekul penyusun organisme hidup. Tujuan mata kuliah ini diadakan ialah untuk mengembangkan inovasi dan kreativitas mahasiswa dalam memandang struktur dan fungsi biomolekul sebagai peluang di masa depan, serta menjadi dasar untuk memahami mata kuliah metabolisme biomolekul pada semester berikut. Model pembelajaran yang dikembangkan ialah <i>student-centered learning</i> (SCL) dengan <i>flipped classroom</i> , yakni mahasiswa sudah mempelajari materi perkuliahan secara mandiri sesuai tugas yang diberikan sebelum pelaksanaan pembelajaran kelas atau lapangan.		
Bahan Kajian/Materi Pembelajaran	1	Struktur dan Organel Sel	
	2	Air	
	3	Struktur dan Fungsi Asam Amino	

	4	Struktur dan Fungsi Protein
	.	
	5	Enzim
	.	
	6	Struktur dan Fungsi Karbohidrat
	.	
	7	Struktur dan Fungsi Lipida
	.	
	8	Struktur dan Fungsi Asam Nukleat
	.	
Daftar Referensi	Utama	
	1	Lehninger, A., D.L. Nelson & M.M. Cox. 2013. Principles of Biochemistry, 6 th edition. W. H. Freeman and Company, New York.
	.	
	2	Rodwell, V., D. Bender, K. Botham, P. Kennelly, P.A. Weil. 2018. Harper's Illustrated Biochemistry, 31 st edition. McGraw-Hill Education
	.	
3	Voet, D & J.G. Voet. 2011. Biochemistry, 4 th Edition. John Wiley & Sons	
.		
	Pendukung	
4	Devlin, T.M. 2010. Textbook of Biochemistry with Clinical Correlations, 7 th Edition. John Wiley & Sons	
.		
Nama Dosen Pengampu	Dr. Lidya I. Momuat, S.Si., M.Si. Vanda S.Kamu, S.Pd.,M.Si	
Mata Kuliah Prasyarat (jika ada)		

I. MATRIKS PEMBELAJARAN

Ming Ke-	Sub-CPMK (kemampuan Akhir yang Direncanakan)	Bahan Kajian (Materi Pembelajaran)	Bentuk dan Metode Pembelajaran [Media & Sumber Belajar]	Estimasi Waktu	Tugas Mahasiswa	Penilaian		
						Kriteria & Bentuk	Indikator	Bobot (%)
1	-	Pengantar Perkuliahan	Bentuk: Kuliah Metode: Diskusi	Kelas: TM 2x50' Pascakelas: PT 2x60' BM 2x60'	Enroll di Modul E-Learning, pembentukan kelompok	-	-	
2	Menjelaskan struktur dan organel sel	Struktur dan Organel Sel	Bentuk: Kuliah Metode: Diskusi Kelompok	Prakelas: PT 2x60' Kelas: TM 2x50' Pascakelas: BM 2x60'	Prakelas: mempelajari modul dalam e-learning Kelas: diskusi kelompok Pascakelas: menyusun tugas dan mengunggah pada modul e-learning	Nontes (proses): keaktifan dalam proses pembelajaran Nontes (luaran): rangkuman	Keaktifan dalam proses pembelajaran Kualitas luaran	5
3	Menjelaskan struktur molekul air dan fungsinya dalam tubuh	Air	Bentuk: Kuliah Metode: Diskusi Kelompok Praktikum: Larutan Buffer	Prakelas: PT 2x60' Kelas: TM 2x50' Pascakelas: BM 2x60' Praktikum: 170'	Prakelas: mempelajari modul dalam e-learning Kelas: diskusi kelompok Pascakelas: menyusun tugas dan mengunggah pada modul e-learning Praktikum: membuat larutan buffer & menguji daya sanggahnya	Nontes (proses): keaktifan dalam proses pembelajaran Nontes (luaran): rangkuman & Laporan Praktikum	Keaktifan dalam proses pembelajaran Kualitas luaran	10

4-5	Menjelaskan struktur dan fungsi asam amino	Struktur dan Fungsi Asam Amino	Bentuk: Kuliah Metode: Diskusi Kelompok Praktikum: Isolasi & Pemurnian Protein	Prakelas: PT 2x2x60' Kelas: TM 2x2x50' Pascakelas: BM 2x2x60' Praktikum: 170'	Prakelas: mempelajari modul dalam e-learning Kelas: diskusi kelompok Pascakelas: menyusun tugas dan mengunggah pada modul e-learning Praktikum; Isolasi Protein	Nontes (proses): keaktifan dalam proses pembelajaran Nontes (luaran): rangkuman & Laporan Praktikum	Keaktifan dalam proses pembelajaran Kualitas luaran	15
6-7	Menjelaskan struktur dan fungsi protein	Struktur dan Fungsi Protein	Bentuk: Kuliah Metode: Diskusi Kelompok Praktikum: Isolasi & Pemurnian Protein	Prakelas: PT 2x2x60' Kelas: TM 2x2x50' Pascakelas: BM 2x2x60' Praktikum: 170'	Prakelas: mempelajari modul dalam e-learning Kelas: diskusi kelompok berdasarkan proyek Pascakelas: menyusun tugas dan mengunggah pada modul e-learning Praktikum: Pemurnian Protein	Nontes (proses): keaktifan dalam proses pembelajaran Nontes (luaran): rangkuman & Laporan Praktikum	Keaktifan dalam proses pembelajaran Kualitas luaran	15
8-9	Menjelaskan fungsi dan kinetika reaksi enzim	Enzim	Bentuk: Kuliah Metode: Diskusi Kelompok Praktikum: Enzim https://www.youtube.com/watch?v=a6Lb2lc-O1Y	Prakelas: PT 2x2x60' Kelas: TM 2x2x50' Pascakelas: BM 2x2x60' Praktikum: 170'	Prakelas: mempelajari modul dalam e-learning Kelas: diskusi kelompok berdasarkan kasus Pascakelas: menyusun tugas dan mengunggah pada modul e-learning Praktikum:	Nontes (proses): keaktifan dalam proses pembelajaran Nontes (luaran): rangkuman & Laporan Praktikum	Keaktifan dalam proses pembelajaran Kualitas luaran	10

					Pengaruh suhu & pH terhadap aktivitas enzim			
10-11	Menjelaskan struktur dan fungsi karbohidrat	Struktur dan Fungsi Karbohidrat	Bentuk: Kuliah Metode: Diskusi Kelompok Praktikum: Karbohidrat	Prakelas: PT 2x2x60' Kelas: TM 2x2x50' Pascakelas: BM 2x2x60' Praktikum: 170'	Prakelas: mempelajari modul dalam e-learning Kelas: diskusi kelompok berdasarkan proyek Pascakelas: menyusun tugas dan mengunggah pada modul e-learning Praktikum: Enzim pencerna karbohidrat	Nontes (proses): keaktifan dalam proses pembelajaran Nontes (luaran): rangkuman & Laporan Praktikum	Keaktifan dalam proses pembelajaran Kualitas luaran	15
12-13	Menjelaskan struktur dan fungsi lipida	Struktur dan Fungsi Lipida	Bentuk: Kuliah Metode: Diskusi Kelompok Praktikum: Lipida	Prakelas: PT 2x2x60' Kelas: TM 2x2x50' Pascakelas: BM 2x2x60' Praktikum: 170'	Prakelas: mempelajari modul dalam e-learning Kelas: diskusi kelompok berdasarkan proyek Pascakelas: menyusun tugas dan mengunggah pada modul e-learning Praktikum: Sifat lipida	Nontes (proses): keaktifan dalam proses pembelajaran Nontes (luaran): rangkuman & Laporan Praktikum	Keaktifan dalam proses pembelajaran Kualitas luaran	15
14-15	Menjelaskan struktur dan fungsi asam nukleat	Struktur dan Fungsi Asam Nukleat	Bentuk: Kuliah Metode: Diskusi Kelompok Praktikum: Elektroforesis	Prakelas: PT 2x2x60' Kelas: TM 2x2x50' Pascakelas: BM 2x2x60' Praktikum: 170'	Prakelas: mempelajari modul dalam e-learning Kelas: diskusi kelompok berdasarkan proyek Pascakelas: menyusun tugas dan mengunggah	Nontes (proses): keaktifan dalam proses pembelajaran Nontes (luaran): rangkuman	Keaktifan dalam proses pembelajaran Kualitas luaran	15

					pada modul e-learning Praktikum: Elektroforesis	& Laporan Praktikum		
16	Evaluasi pemahaman peserta didik	Materi 1-7	Ujian Tulis Teori dan Praktikum	Prakelas: PT 2x60' Kelas: TM 2x50' Pascakelas: BM 2x60'	Kerja Mandiri	Penguasaan/ Ujian Tulis	Hasil Ujian	

Catatan:

TM=tatap muka, PT=penugasan terstruktur, BM=belajar mandiri

J. PENJADWALAN MATA KULIAH

Tabel 8. Jadwal Pelaksanaan Pembelajaran

Pertemuan	Tanggal	Waktu	Ruang	Bahan Kajian	Dosen Pengampu
1	06-02-2024	15.00-15.50	RK-2	Pendahuluan	Vanda S. Kamu, S.Pd., M.Si
2	13-02-2024	15.00-15.50	RK-2	Struktur dan Organel Sel	Lidya I. Momuat, S.Si., M.Si.
3	20-02-2024	15.00-15.50	RK-2	Air	Lidya I. Momuat, S.Si., M.Si.
4	27-02-2024	15.00-15.50	RK-2	Struktur dan Fungsi Asam Amino	Lidya I. Momuat, S.Si., M.Si.
5	05-03-2024	15.00-15.50	RK-2	Struktur dan Fungsi Asam Amino	Lidya I. Momuat, S.Si., M.Si.
6	12-03-2024	15.00-15.50	RK-2	Struktur dan Fungsi Protein	Lidya I. Momuat, S.Si., M.Si.
7	19-03-2024	15.00-15.50	RK-2	Struktur dan Fungsi Protein	Lidya I. Momuat, S.Si., M.Si.
8	26-03-2024	15.00-15.50	RK-2	Enzim	Lidya I. Momuat, S.Si., M.Si.
9	02-04-2024	15.00-15.50	RK-2	Enzim	Lidya I. Momuat, S.Si., M.Si.
10	09-04-2024	15.00-15.50	RK-2	Struktur dan Fungsi Karbohidrat	Vanda S. Kamu, S.Pd., M.Si
11	23-04-2024	15.00-15.50	RK-2	Struktur dan Fungsi Karbohidrat	Vanda S. Kamu, S.Pd., M.Si
12	30-04-2024	15.00-15.50	RK-2	Struktur dan Fungsi Karbohidrat	Vanda S. Kamu, S.Pd., M.Si
13	07-05-2024	15.00-15.50	RK-2	Struktur dan Fungsi Lipid	Vanda S. Kamu, S.Pd., M.Si
14	14-05-2024	15.00-15.50	RK-2	Struktur dan Fungsi Lipid	Vanda S. Kamu, S.Pd., M.Si
15	21-05-2024	15.00-15.50	RK-2	Struktur dan Fungsi Asam Nukleat	Vanda S. Kamu, S.Pd., M.Si
16	28-05-2024	15.00-15.50	RK-2	Struktur dan Fungsi Asam Nukleat	Vanda S. Kamu, S.Pd., M.Si

K. PROSEDUR PENGUKURAN CPMK

1. Pengukuran CPMK

Prosedur pengukuran ketercapaian CPL (Capaian Pembelajaran Lulusan) melibatkan beberapa tahapan, dimulai dari penentuan CPL, identifikasi indikator, hingga evaluasi dan analisis hasil. Tujuannya adalah memastikan lulusan telah mencapai kompetensi yang diharapkan sesuai dengan CPL yang telah ditetapkan.

1. Penetapan Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL):

- Program studi (prodi) menetapkan CPL yang ingin dicapai oleh lulusannya.
- CPL harus sesuai dengan standar nasional dan/atau standar yang lebih tinggi (misalnya, standar internasional).
- CPL dapat dibagi menjadi beberapa tingkat, misalnya tingkat pengetahuan, keterampilan, dan sikap.
- Penetapan Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) dilakukan melalui proses yang sistematis, kolaboratif, dan berbasis pada kebutuhan pemangku kepentingan. CPL dirumuskan untuk memastikan lulusan memiliki kompetensi yang sesuai dengan profil lulusan yang ditetapkan oleh program studi, memenuhi standar nasional pendidikan tinggi, serta relevan dengan kebutuhan dunia kerja dan perkembangan keilmuan.

2. Identifikasi Indikator:

- Untuk setiap CPL, perlu diidentifikasi indikator-indikator yang dapat digunakan untuk mengukur ketercapaiannya.
- Indikator harus jelas, terukur, dan dapat diimplementasikan dalam proses pembelajaran.
- Identifikasi indikator merupakan proses penting dalam memastikan bahwa pencapaian pembelajaran, baik pada tingkat program studi (CPL) maupun pada tingkat mata kuliah (CPMK), dapat diukur secara jelas, terstruktur, dan obyektif. Proses ini bertujuan untuk menerjemahkan pernyataan pencapaian pembelajaran yang bersifat umum ke dalam indikator yang lebih rinci dan terukur, sehingga dapat memandu perencanaan pembelajaran, penilaian strategi, serta proses evaluasi berkelanjutan.

3. Perancangan Asesmen:

- Dosen perancangan asesmen (penilaian) yang sesuai dengan indikator dan CPL yang telah diidentifikasi.
- Asesmen dapat berupa tes (misalnya, kuis, UTS, UAS), tugas, proyek, atau observasi.
- Asesmen harus valid dan reliabel, serta dapat memberikan informasi yang akurat tentang ketercapaian CPL.
- Perancangan penilaian dilakukan sebagai bagian integral dalam perencanaan pembelajaran untuk memastikan bahwa proses penilaian benar-benar mencerminkan pencapaian pembelajaran yang ditetapkan. Asesmen dirancang untuk mengukur ketercapaian Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL), Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK), dan indikator capaian yang telah diidentifikasi secara terukur dan sistematis.

4. Pelaksanaan Asesmen:

- Dosen melaksanakan asesmen kepada mahasiswa sesuai dengan rencana yang telah disusun.
- Data hasil asesmen dikumpulkan dan dianalisis untuk mengetahui ketercapaian CPL.
- Dalam pelaksanaan asesmen mata kuliah dilakukan secara terencana, transparan, dan berkesinambungan sesuai dengan rancangan asesmen yang telah ditetapkan. Proses asesmen diarahkan untuk mengukur ketercapaian Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL), Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK), dan indikator capaian secara holistik, meliputi aspek pengetahuan, keterampilan, dan sikap.
- Data hasil asesmen siswa dikumpulkan secara sistematis untuk digunakan sebagai dasar dalam menilai ketercapaian Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL). Proses pengumpulan data mencakup seluruh jenis asesmen yang telah dirancang dan dilaksanakan, baik asesmen formatif maupun sumatif, yang berhubungan langsung dengan indikator pencapaian pembelajaran.

5. Analisis dan Evaluasi:

- Data hasil asesmen dianalisis untuk menentukan tingkat ketercapaian CPL.
- Evaluasi dilakukan untuk melihat sejauh mana CPL telah dicapai oleh mahasiswa.
- Evaluasi juga dapat digunakan untuk melakukan perbaikan dalam proses pembelajaran.
- Setelah proses asesmen dilaksanakan, dilakukan tahap analisis dan evaluasi terhadap data hasil asesmen guna memperoleh gambaran tujuan mengenai ketercapaian Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) dan Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK). Analisis dan evaluasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa proses pembelajaran yang telah dilaksanakan berjalan efektif serta mendukung tercapainya kompetensi lulusan sesuai dengan standar yang ditetapkan.

6. Pelaporan dan Pemetaan:

- Hasil analisis dan evaluasi dilaporkan kepada pihak terkait (misalnya, dosen, prodi, dan pengelola pendidikan).
- Pemetaan ketercapaian CPL dapat dilakukan untuk melihat bagaimana kontribusi setiap mata kuliah terhadap pencapaian CPL.
- Setelah proses asesmen, analisis, dan evaluasi dilakukan, langkah berikutnya adalah pelaporan dan pemetaan hasil asesmen untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai tingkat ketercapaian Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) dan Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK).

- Hasil asesmen mahasiswa dikompilasi dalam bentuk Rekapitulasi nilai per indikator CPMK, Persentase ketercapaian CPMK dan CPL , Analisis kemampuan per mata kuliah dan lintas mata kuliah .

7. Kaji Ulang dan Peningkatan:

- Kaji ulang ketercapaian CPL dilakukan secara berkala untuk mengevaluasi efektivitas kurikulum dan pembelajaran.
- Hasil kaji ulang digunakan untuk melakukan perbaikan dan peningkatan dalam proses pembelajaran.
- Kaji ulang dilakukan oleh tim pengembang kurikulum, dosen pengampu mata kuliah, serta tim penjaminan mutu program studi melalui forum diskusi, rapat evaluasi, dan lokakarya pengembangan kurikulum. Kaji ulang mencakup beberapa aspek penting, yaitu efektivitas strategi dan metode pembelajaran asesmen dalam mencapai CPL dan CPMK, kesesuaian materi dan sumber belajar dengan kebutuhan pengembangan kompetensi siswa, tingkat ketercapaian CPL dan melemahkan kekuatan, umpan balik dari mahasiswa, alumni, serta pengguna lulusan sebagai pemangku kepentingan eksternal, ketersediaan fasilitas dan sarana pendukung proses pembelajaran.

2. Pembahasan Pengukuran Ketercapaian CPL

Tabel 9. Instrumen Asesmen Sub-CPMK

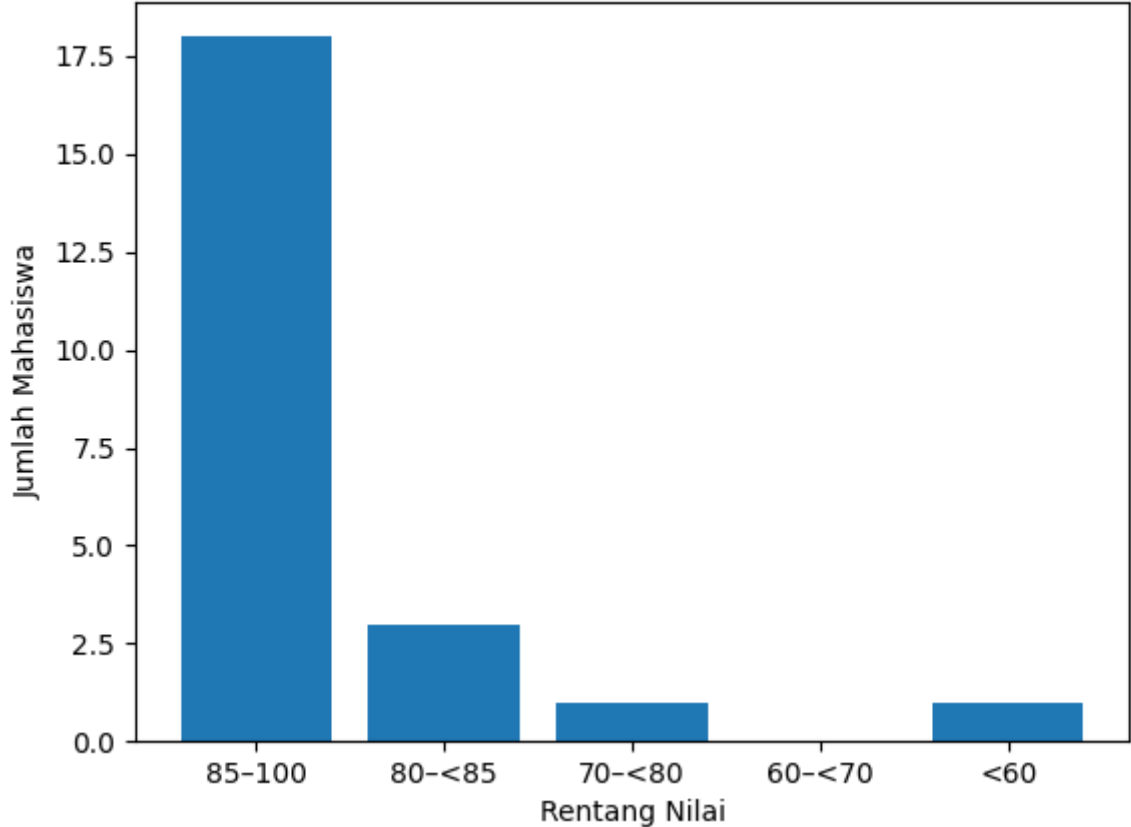
SUB-CPMK	KOMPONEN DAN BOBOT (%)							TOTAL
	UTS	Tugas	Kuis	Praktikum	Studi Kasus	Proyek	UAS	
Struktur dan Organel Sel			5					5
Air		5	5					10
Struktur dan Fungsi Asam Amino	5				10			15
Struktur dan Fungsi Protein	7			2	6			15
Enzim	3			2	5			10
Struktur dan Fungsi Karbohidrat				2	10		3	15
Struktur dan Fungsi Lipida				2	10		3	15
Struktur dan Fungsi Asam Nukleat				2	10		3	15
Jumlah	15	5	10	10	51		9	100

Tabel 10. Ketercapaian CPL Mahasiswa Berdasarkan Capaian Sub-CPMK

No.	Nama Mahasiswa	CPL 1								Capaian		Kategori
		Sub-CPMK 1 (5%)	Sub-CPMK 2 (10%)	Sub-CPMK 3 (15%)	Sub-CPMK 4 (15%)	Sub-CPMK 5 (10%)	Sub-CPMK 6 (15%)	Sub-CPMK 7 (15%)	Sub-CPMK 8 (15%)	NA	NH	
		1.	Lala Jazzy Lonteng	60	50	80	50	75	-	-	-	
2.	Christin Angely Tengor	82	80	80	90	85	80	75	80	80,25	A	
3.	Mitchel V.Walalangi	80	82	82	86	78	80	87	75	85,75	A	
4.	Titania Aprilia Kasala	83	85	85	82	87	82	87	92	87,50	A	
5	Venesa Salsa Somalinggi	90	87	87	85	87	95	86	90	90,00	A	
6	Muaja, Olivia D.Angle	82	86	79	87	86	87	85	90	87,50	A	
7	Nida Nisa Leha	85	82	86	89	85	90	89	89	86,25	A	
8	Valentino Sumarauw	86	87	87	85	87	85	86	90	83,75	A	
9	Wiwi Mumude	79	87	75	87	85	88	89	85	88,25	A	
10	Geissler V. Rumanasen	85	79	87	85	87	85	86	82	81,80	A	
11	Claudia Wandha Manuel	87	85	75	88	98	89	85	86	90,75	A	
12	Evrintania Limbong	87	92	82	87	90	87	85	97	90,00	A	
13	Jeyzi Tatipata	86	90	85	87	93	86	87	82	84,75	A	
14	Wenni Friska Samsudin	85	90	87	86	94	85	90	80	80,60	A	
15	Twinkle Keyra Lontoh	89	89	89	85	94	87	85	83	86,25	A	
16	Anastasia S. Dapas	85	78	88	89	96	80	75	88	86,90	A	
17	Jessica Verena Bermula	79	87	75	87	98	88	89	84	82,30	A	
18	Patricia M. Rumbewas	83	85	85	82	94	82	87	80	88,85	A	
19	Regina Pairunan	90	87	87	85	96	85	86	81	87,60	A	
20	Riris Ikhtiarani Djaman	79	87	77	87	98	85	89	80	84,60	A	
21	Dion Warouw	75	60	80	70	76	90	75	75	71,25	B	
22	Fellicia Abigail Salam	83	85	85	82	97	82	87	81	89,35	A	
23	Silvani Indriani Manalu	87	85	75	88	98	89	85	86	89,25	A	
	Rata-Rata Kelas	82,91	82,83	82,52	83,87	89,74	85,77	85,23	84,36			
	Nilai Sumbangan	ke CPL 1 = Jml skor x 100/50										

Catatan: NA = Nilai Akhir
NH = Nilai Huruf

Distribusi Nilai Akhir (NA)



K. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi pembelajaran, capaian mahasiswa pada mata kuliah *Struktur dan Fungsi Biomolekul* secara umum berada pada kategori **baik hingga sangat baik**. Mayoritas mahasiswa mampu memahami konsep dasar biomolekul yang meliputi air, asam amino, protein, enzim, karbohidrat, lipida, dan asam nukleat, serta keterkaitannya dengan fungsi biologis dalam sistem kehidupan.

Pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan kuliah, praktikum, dan studi kasus terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual sekaligus keterampilan analisis mahasiswa. Hal ini terlihat dari tingginya capaian pada sebagian besar Sub-CPMK serta distribusi nilai yang didominasi oleh kategori tinggi. Mahasiswa juga menunjukkan kemampuan yang cukup baik dalam mengaitkan konsep teori dengan aplikasi nyata, khususnya pada topik enzim dan metabolisme biomolekul.

Namun demikian, masih terdapat sebagian kecil mahasiswa dengan capaian yang rendah, yang mengindikasikan adanya kendala dalam pemahaman konsep dasar maupun partisipasi dalam proses pembelajaran.

L. REKOMENDASI PERBAIKAN

1. Penguatan Konsep Dasar

- Memberikan pengayaan materi pada topik yang relatif sulit seperti struktur protein, mekanisme kerja enzim, dan interaksi biomolekul.
- Menyediakan video pembelajaran atau modul interaktif sebagai bahan belajar mandiri.

2. Peningkatan Pembelajaran Aktif

- Mengoptimalkan metode diskusi, problem-based learning, dan studi kasus agar mahasiswa lebih terlibat aktif.
- Mendorong presentasi kelompok untuk meningkatkan pemahaman dan komunikasi ilmiah.

3. Optimalisasi Praktikum

- Menambah variasi percobaan yang relevan dengan kehidupan nyata.
- Memperkuat analisis data dan interpretasi hasil praktikum, bukan hanya prosedur.

4. Monitoring dan Pendampingan Mahasiswa

- Memberikan perhatian khusus pada mahasiswa dengan capaian rendah melalui remedial atau bimbingan tambahan.
- Meningkatkan pemantauan kehadiran dan partisipasi.

5. Pengembangan Sistem Asesmen

- Menggunakan variasi bentuk asesmen (kuis, proyek, studi kasus, refleksi) untuk mengukur capaian secara lebih komprehensif.
- Menyelaraskan asesmen dengan indikator Sub-CPMK berbasis OBE.

6. Pemanfaatan Teknologi Pembelajaran

- Mengoptimalkan penggunaan LMS untuk distribusi materi, diskusi, dan pengumpulan tugas.
- Menggunakan media visual/animasi untuk menjelaskan struktur biomolekul yang kompleks.

LAMPIRAN:

FORMAT RENCANA TUGAS

Nama Mata Kuliah	: Struktur dan Fungsi Biomolekul	Sks	: 1 (1-0)
Program Studi	: Kimia	Pertemuan ke	: 8-9
Fakultas	: MIPA		

A. TUJUAN TUGAS:

Mahasiswa mampu menjelaskan konsep, fungsi, dan kinetika reaksi enzim serta menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi aktivitas enzim melalui pendekatan ilmiah berbasis studi kasus dan praktikum. (*Sub-CPMK: Menjelaskan fungsi dan kinetika reaksi enzim*)

B. URAIAN TUGAS:

1. Obyek Garapan: Konsep **enzim**, meliputi struktur, mekanisme kerja, kinetika reaksi, serta faktor-faktor yang memengaruhi aktivitas enzim.
2. Batasan yang harus dikerjakan:
 - a. **Topik**
 - Mahasiswa mengkaji salah satu topik berikut:
 - Mekanisme kerja enzim (lock and key / induced fit)
 - Kinetika enzim (persamaan Michaelis-Menten)
 - Pengaruh suhu terhadap aktivitas enzim
 - Pengaruh pH terhadap aktivitas enzim
 - Inhibisi enzim (kompetitif dan non-kompetitif)
 - b. **Cakupan pembahasan**
 - Mahasiswa harus menguraikan:
 - Definisi dan fungsi enzim
 - Struktur enzim dan sisi aktif
 - Mekanisme kerja enzim
 - Faktor-faktor yang memengaruhi aktivitas enzim
 - Analisis data hasil praktikum (pengaruh suhu/pH)
 - Studi kasus aplikasi enzim dalam kehidupan (industri/kesehatan)

c. **Format Kerja**

- Kelompok terdiri dari **3–4 mahasiswa**
- Produk tugas:
 - Slide presentasi / laporan
 - Laporan praktikum
 - Ringkasan hasil diskusi

3. Metode/Cara Pengerjaan (acuan cara pengerjaan):

a. Prakelas (PT):

- Mahasiswa mempelajari materi enzim melalui modul e-learning
- Menonton video pembelajaran yang disediakan
- Menyusun draft awal materi diskusi kelompok

b. Kelas (TM):

- Diskusi kelompok berbasis studi kasus
- Analisis permasalahan terkait aktivitas enzim
- Presentasi hasil diskusi kelompok
- Praktikum: menguji pengaruh suhu dan pH terhadap aktivitas enzim

c. Pascakelas (BM):

- Menyusun laporan praktikum secara kelompok
- Menyusun ringkasan hasil diskusi
- Mengunggah tugas pada e-learning

4. Deskripsi Luaran tugas yang dihasilkan:

Mahasiswa menghasilkan:

- **Laporan praktikum enzim** (berbasis data hasil percobaan)
- **Slide presentasi/studi kasus**
- **Ringkasan materi enzim**
- **Analisis hubungan teori dan hasil eksperimen**

C. KRITERIA PENILAIAN (7,5%):

1. Penilaian Proses

- Keaktifan dalam diskusi kelompok
- Partisipasi dalam praktikum

2. Penilaian Luaran

- Kualitas laporan praktikum
- Ketepatan analisis data
- Kualitas presentasi dan ringkasan

3. Indikator Penilaian

Mahasiswa mampu:

- Menjelaskan konsep dan mekanisme kerja enzim
- Menganalisis faktor yang memengaruhi aktivitas enzim
- Menginterpretasikan data praktikum dengan benar
- Menyajikan hasil secara ilmiah dan sistematis

RUBRIK PENILAIAN

KRITERIA 1: Keaktifan dalam diskusi (50%)

DIMENSI	Sangat Memuaskan (≥80)	Memuaskan (65-79)	Batas (55-64)	Kurang Memuaskan (40-54)	Di bawah standard (<40)	SKOR
Keaktifan mencari literatur	Sangat aktif	Aktif	Cukup aktif	Kurang aktif	Tidak aktif	
Keaktifan berdiskusi	Sangat aktif	Aktif	Cukup aktif	Kurang aktif	Tidak aktif	
Kualitas rangkuman	Sangat baik	Baik	Cukup baik	Kurang baik	Tidak baik	
TOTAL						

KRITERIA 2: Kualitas ringkasan strategi konservasi suatu spesies secara perorangan (50%)

DIMENSI	Sangat Memuaskan (≥80)	Memuaskan (65-79)	Batas (55-64)	Kurang Memuaskan (40-54)	Di bawah standard (<40)	SKOR
Kelengkapan konsep	Sangat lengkap	Lengkap	Cukup lengkap	Kurang lengkap	Tidak lengkap (konsep tidak sesuai)	

	(mampu mengembangkan konsep secara optimal)	(melebihi konsep minimal pada modul)	(sesuai konsep minimal pada modul)	(dibawah konsep minimal pada modul)		
Ketepatan konsep	Sangat tepat (sesuai dengan logika ilmiah)	Tepat	Cukup tepat	Kurang tepat	Tidak tepat	
Ide baru dan kreativitas	Sangat baik (memunculkan beberapa ide baru)	Baik (memunculkan ide baru)	Cukup baik (ide seperti pada modul)	Kurang baik (ide di bawah tuntutan modul)	Tidak baik (miskin ide)	
Total						

Contoh Materi Pembelajaran

Struktur dan Fungsi DNA dan RNA

Deoxyribonucleic acid (DNA) merupakan makromolekul berupa benang sangat panjang yang terbentuk dari sejumlah besar *deoksiribonukleotida*, yang masing-masing tersusun dari satu basa, satu gula dan satu gugus fosfat. Apabila kita ibaratkan suatu tubuh, maka DNA diibaratkan sebagai otak yang dapat mengatur segala proses di dalam tubuh. Di samping itu, DNA juga mempunyai peran penting dalam pewarisan sifat. DNA merupakan suatu senyawa kimia yang penting pada makhluk hidup. Tugas utamanya membawa materi genetik dari suatu generasi ke generasi berikutnya. DNA juga merupakan senyawa polinukleotida yang membawa sifat-sifat keturunan yang khas pada kromosom.

DNA penting dalam hal hereditas. Paket semua informasi genetik dan dibagikan pada generasi berikutnya. Dasar untuk ini terletak pada kenyataan bahwa DNA membuat gen dan gen membuat kromosom. Manusia memiliki 23 pasang kromosom – total 46 kromosom. Dua puluh dua dari pasangan ini, yang disebut autosom, terlihat sama pada laki-laki dan perempuan. Ke 23 Pasangan disebut kromosom seks dan berbeda antara pria dan wanita. Wanita memiliki dua salinan dari kromosom X atau XX, sedangkan pria memiliki satu X dan satu kromosom Y.

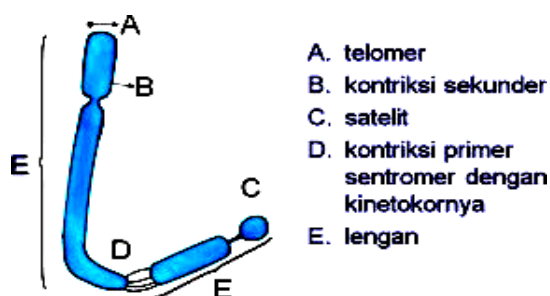
Kedua orang tua memiliki sel reproduksi – sperma di dalam ayah dan ovum atau telur pada ibu. Sperma dan telur mengandung setengah jumlah kromosom – 23 masing-masing. Ketika telur dan sperma membuahi, ini menimbulkan sebuah sel yang memiliki set lengkap. Jadi seseorang mewarisi setengahnya gen dari masing-masing orang tua.

Istilah kromosom dipopulerkan oleh Waldeyer (1888), asal katanya: chroma yang berarti warna dan soma yang berarti badan. Jadi, kromosom adalah benda-benda halus berbentuk lurus seperti batang atau bengkok dan terdiri dari zat yang mudah mengikat zat warna di dalam nukleus. Kromosom berfungsi membawa sifat individu dan membawa informasi genetik karena di dalam kromosom terdapat gen.

Bentuk kromosom berbeda-beda, tergantung pada species, namun bentuk kromosom tetap untuk setiap spesies $m\mu = 0,2-20\mu\text{m}$, μ Ukuran: $p = 0,2-50$

Lengan berjumlah satu atau dua; sama panjang atau tidak sama panjang; bentuk simetris atau tidak simetris.

Bagian-bagian Kromosom terdiri dari; (1) Kromomer adalah struktur berbentuk manik-manik yang merupakan akumulasi materi kromatin, (2) Sentromer adalah daerah lekukan (kontriksi) disekitar daerah pertengahan kromosom, dimana juga dijumpai kinetokor, (3) Kinetokor adalah daerah tempat perlekatan benang-benang spindel dan tempat melekatnya lengan kromosom, (4) Telomer adalah daerah terujung kromosom fungsinya menjaga stabilitas bagian ujung kromosom agar DNA tidak terurai. Satelit adalah bagian kromosom yang berbentuk bulatan dan terletak di ujung lengan kromatid

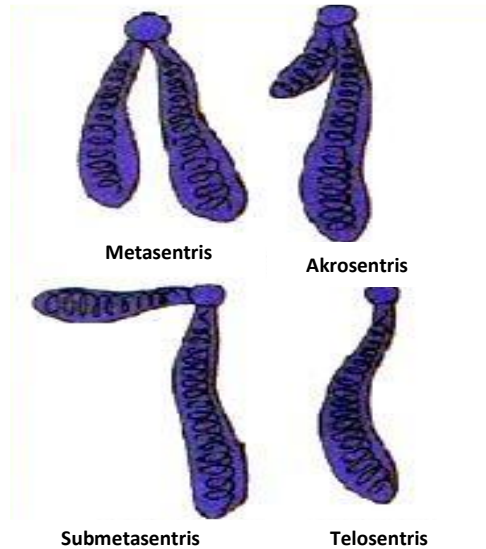


Gambar 1. Kromosom

Berdasarkan letak sentromer dan lengan, bentuk kromosom dibedakan menjadi empat macam; (1) Bentuk telosentrik, yaitu jika letak sentromer berada di ujung, (2) Bentuk akrosentrik, yaitu letak sentromer mendekati ujung, (3) Bentuk submetasentrik, yaitu jika letak sentromer agak jauh dari ujung kromosom dan biasanya membentuk huruf L atau J (4) Bentuk metasentrik, yaitu jika letak sentromer berada di tengah sehingga panjang masing-masing lengan sama.

Istilah lain yang erat kaitannya dengan pembahasan DNA adalah gen. Menurut Morgan, gen adalah suatu zarah yang kompak dan menempati suatu lokus pada kromosom yang mengandung satuan informasi genetika dan mengatur sifat menurun tertentu. Fungsi dari gen adalah untuk; (1) mengatur pertumbuhan/ perkembangan dan metabolisme individu, dan (2) menyampaikan informasi genetik dari generasi ke generasi berikutnya.

Sedangkan tempat gen dalam kromosom yang homolog (kromosom berada dalam pasangan) disebut lokus. Secara kimia gen dibangun oleh DNA



Gambar 2. Bentuk-bentuk kromosom berdasarkan letak sentromer

DNA pertama kali ditemukan oleh **F. Miescher** (1869) dari sel spermatozoa dan sel eritrosit burung, selanjutnya dinamakan sebagai *nuklein*. Penemuan lain dilakukan oleh **Fischer** (1880), yaitu tentang adanya zat pirimidin (yang berupa Sitosin dan Timin) dan dua purin (Adenin dan guanin). Setelah penemuan tersebut, dilengkapi pula dengan penemuan **Levine** (1910) tentang gula 5 karbon ribosa, gula deoksiribosa, dan asam fosfat dalam inti. Keberadaan DNA tersebut sebagian besar di dalam nukleus (inti sel). Tetapi ada juga yang terdapat pada mitokondria.

Pada tahun 1953, Frances Crick dan James Watson menemukan model molekul DNA sebagai suatu struktur heliks beruntai ganda, atau yang lebih dikenal dengan heliks ganda Watson-Crick. DNA merupakan makromolekul polinukleotida yang tersusun atas polimer nukleotida yang berulang-ulang, tersusun rangkap, membentuk DNA heliks ganda dan berpilin ke kanan. Setiap nukleotida terdiri dari tiga gugus molekul, yaitu; (1) gula 5 karbon (2-

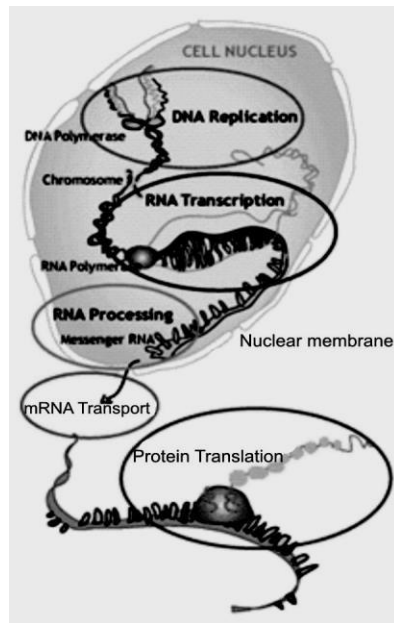
deoksiribosa), (2) basa nitrogen yang terdiri golongan purin yaitu adenin (Adenin = A) dan guanin (guanini = G), serta golongan pirimidin, yaitu sitosin (cytosine = C) dan timin (thymine = T), dan (3) gugus fosfat

Basa pada molekul DNA membawa informasi genetik, sedangkan gula dan gugus fosfat mempunyai peranan struktural. Gula dalam deoksiribonukleotida merupakan deoksiribosa. Awalan deoksi menunjukkan bahwa gula ini kekurangan satu atom oksigen yang ada pada ribosa, senyawa induknya. Basa nitrogen merupakan derivat *purin* dan *pirimidin*. Purin dalam DNA adalah *adenin* (A) dan *Guanin* (G), serta pirimidinnya adalah *timin* (T) dan *sitosin* (C).

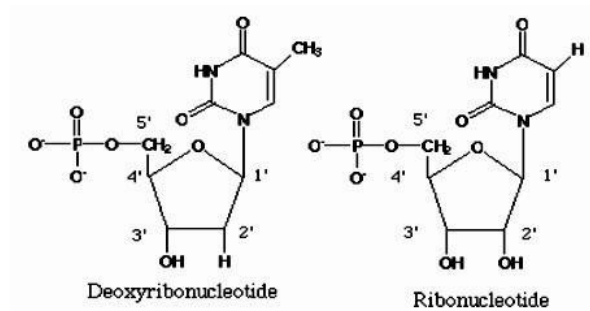
Sebuah nukleosida terdiri dari basa dan purin atau pirimidin yang berikatan dengan gula. Keempat unit nukleotida dalam DNA disebut *deoksiadenosin*, *deoksiguanosin*, *deoksitimidin*, dan *deoksitidin*. Dalam sebuah deoksiribonukleosida, N-9 dalam purin atau N-1 dalam pirimidin terikat pada C-1 *deoksiribosa*. Konfigurasi ikatan *N-glikosida* ini adalah ikatan β (biasanya terletak di atas bidang gulanya). Suatu nukleotida

merupakan sebuah ester fosfat dari suatu ester fosfat dari suatu nukleosida. Tempat esterifikasi yang paling umum dalam nukleotida yang terdapat di alam secara alamiah adalah gugus hidroksil C-5 pada gula. Senyawa seperti itu disebut nukleosida 5-fosfat atau *5-nukleotida*. Misalnya, *deoksiadenosin 5'-trifosfat (dATP)* merupakan prekursor yang diaktifkan pada sintesis DNA; nukleotida itu diaktifkan kalau ada dua ikatan *fosfoanhidrida* dalam unit *trifosfatnya*. Bilangan dengan tanda menunjukkan atom pada gula, sedangkan bilangan tanpa tanda menunjukkan bahwa gulanya berupa deoksiribosa untuk membedakan senyawa ini dari ATP gula dalam bentuk ribosa.

Tulang punggung DNA, yang bersifat tetap di sepanjang molekul, terdiri dari deoksiribosa yang berikatan dengan gugus-gugus fosfat. Khususnya 3'-hidroksil pada bagian gula sebuah deoksiribonukleotida disambungkan pada 5'-hidroksil gula yang berdekatan melalui jembatan fosfodiester. Bagian yang bervariasi pada DNA adalah urutan keempat macam basa (A, G, C dan T). Unit-unit nukleotida tersebut dinamakan *dioksidenilat*, *deoksiguaniilat*, *deoksisitidilat*, dan *deoksitimidilat*.



Gambar 3. Mekanisme kerja DNA.



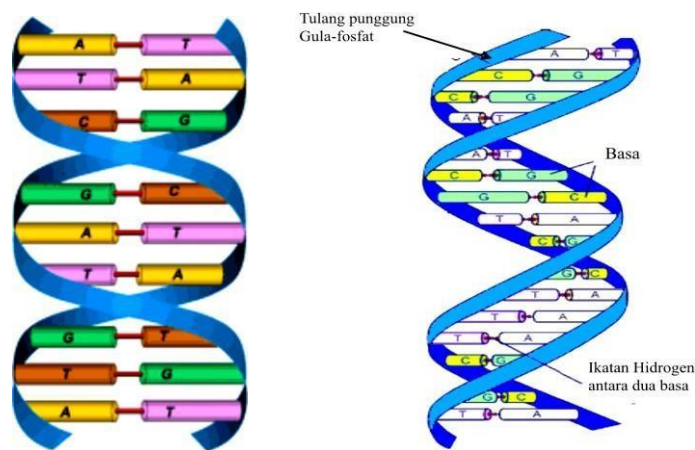
Gambar 3.13b. Perbedaan antara Deoxyribonucleotide dan Ribonucleotide.

STRUKTUR DOUBLE HELIX DNA

Friederich Miescher untuk pertama kali memisahkan DNA dari inti sel dalam tahun 1896 dan menamakan zat yang baru ditemukan itu "*nuklein*", suatu awal dari istilah asam nukleat. Walaupun DNA secara luas dipelajari

selama tahun-tahun berikutnya, namun peranan biologiknya sebagai pembawa informasi genetik tetap tidak jelas hingga selama masa akhir tahun 1940-an ketika Avery dan kawan-kawan menunjukkan bahwa DNA yang dimurnikan dapat memindahkan khasiat keturunan dari suatu turunan bakteri ke yang lain. Pada tahun 1953, penelitian kristalografik dengan sinar-X oleh James Watson dan Francis Crick mengungkapkan struktur tiga dimensi DNA dan segera menyimpulkan replikasinya. Pencapaian yang menakjubkan ini merupakan salah satu yang paling berarti dalam sejarah biologi karena membuka jalan untuk pemahaman tentang fungsi gen pada tingkat molekuler. Watson & Crick melakukan analisis gambaran difraksi sinar-X serat-serat DNA yang dibuat oleh Rosalind Franklin dan Maurice Wilkins dan menetapkan satu model struktural yang pada dasarnya terbukti benar. Ciri- ciri penting model DNA mereka adalah:

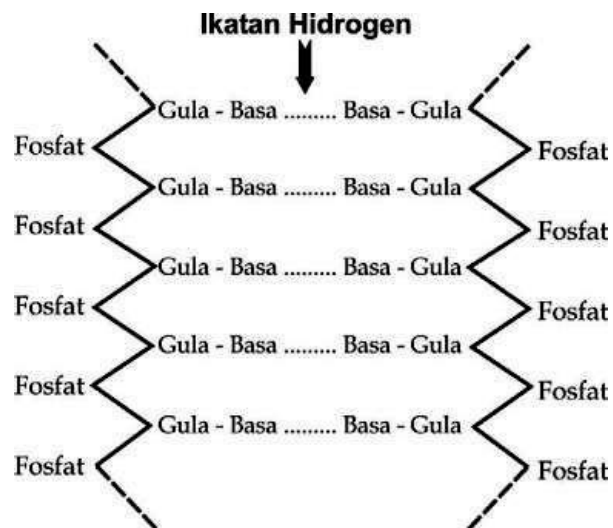
1. Dua rantai heliks polinukleotida melingkar mengelilingi satu sumbu. Kedua rantai memiliki arah yang berlawanan (Gambar 3.4).



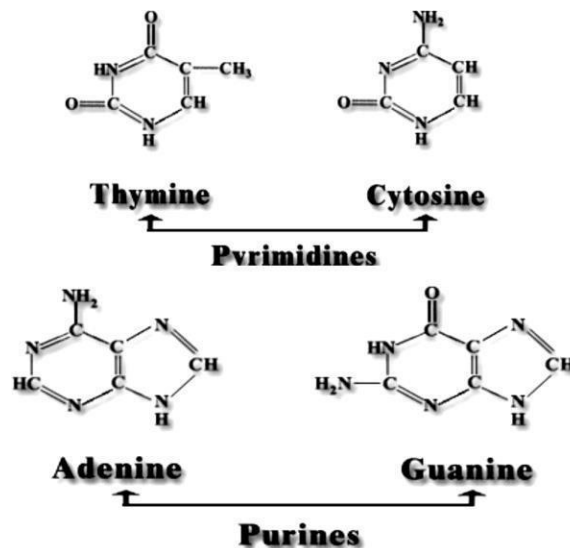
Gambar 3.4. Konfigurasi menyeluruh dari heliks rangkap DNA. Perhatikan bahwa kedua untai adalah komplementer dan anti-paralel. Ikatan Hidrogen antara dua basa

2. Basa purin dan pirimidin terdapat di bagian dalam heliks, sedangkan unit-unit fosfat dan deoksiribosa terdapat di bagian luar. Bidang-bidang basa tegak lurus terhadap sumbu heliks. Bidang-bidang gula hampir tegak lurus terhadap bidang basa.

3. Diameter heliks adalah 20 A. Jarak antara basa yang bersebelahan ialah 3,4 A pada poros heliks dengan sudut rotasi sebesar 36°. dengan demikian, putaran heliks berulang setelah 10 residu pada setiap rantai, yaitu pada interval 3,4 A.
4. Kedua rantai saling berhubungan melalui ikatan hidrogen antara pasangan-pasangan basa. Adenin selalu berpasangan dengan timin; guanin selalu berpasangan dengan sitosin.
5. Urutan basa sepanjang rantai polinukleotida tidak dibatasi dengan cara apapun. *Urutan yang tepat basa-basa itu mengandung informasi genetik.*



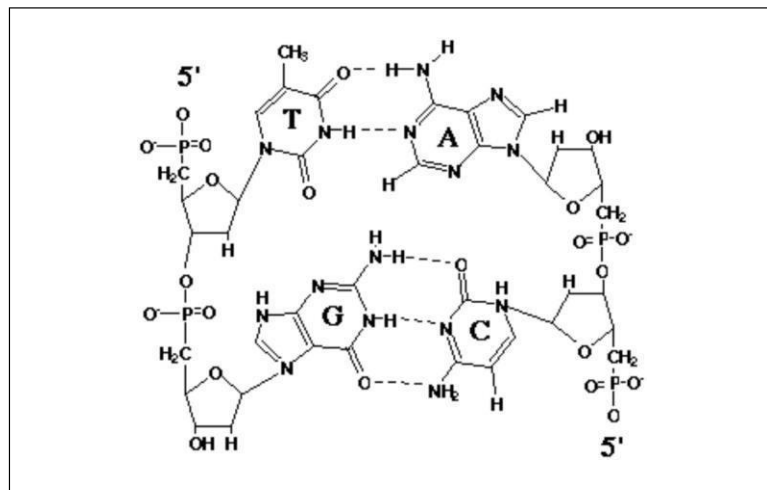
Gambar 4. Ikatan hidrogen antara dua basa.



Gambar 5. Struktur basa nitrogen

Aspek yang paling penting pada DNA heliks ganda adalah pasangan basa yang spesifik. Watson dan Crick menyimpulkan bahwa adenin harus berpasangan dengan timin, dan guanin dengan sitosin, karena faktor-faktor sterik ikatan hidrogen. Pembatasan sterik ini

disebabkan oleh sifat heliks tulang punggung gula fosfat yang teratur pada setiap rantai polinukleotida. Ikatan-ikatan glikosidik antara gula dan basa yang berpasangan berjarak kira-kira 10,8 Å. Pasangan basa purin-pirimidin sesuai benar dalam ruangan itu. Sebaliknya disitu tidak terdapat cukup ruangan untuk dua purin. Terdapat ruangan lebih dari cukup untuk dua pirimidin, tetapi keduanya akan terlalu jauh terpisah untuk memberikan ikatan hidrogen. Karena itu satu anggota pasangan basa dalam suatu heliks DNA harus selalu berupa purin dan yang lain berupa pirimidin, karena faktor-faktor sterik. Pasangan basa ini lebih jauh dibatasi oleh kebutuhan pengikatan hidrogen. Atom-atom hidrogen dalam basa purin dan pirimidin mempunyai posisi yang sudah tertentu. Adenin tidak dapat berpasangan dengan sitosin karena akan terdapat dua hidrogen di dekat salah satu tempat pengikatan dan tidak ada hidrogen di tempat yang lainnya. Demikian pula guanin tidak berpasangan dengan timin. Sebaliknya adenin membentuk dua ikatan hidrogen dengan timin, sedangkan guanin membentuk tiga ikatan hidrogen dengan sitosin. Daya tarik antara kedua pasangan basa paling kuat pada orientasi dan jarak ikatan hidrogen ini.



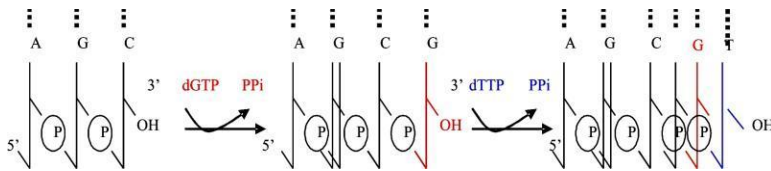
Gambar 6. Model molekul DNA heliks ganda yang memperlihatkan tiga pasangan basa. Perhatikan bahwa arah kedua untai berlawanan. DNA bentuk B, heliks ganda klasik Watson-Crick, digambarkan disini. Dalam bentuk ini, bidang basa-basa tersebut tegak lurus terhadap sumbu heliks.

Skema pasangan basa ini sangat didukung oleh hasil kajian terdahulu tentang komposisi basa DNA pada berbagai species. Pada tahun 1950, Erwin Chargaff menemukan bahwa rasio adenin terhadap timin dan guanin terhadap sitosin mendekati 1,0 pada semua species yang diamati. Arti penemuan ini baru menjadi nyata pada waktu Watson-Crick dikemukakan. Baru pada waktu itu dapat dilihat bahwa penemuan-penemuan di atas mencerminkan segi esensial struktur dan fungsi DNA species pasangan basa. Struktur DNA heliks ganda yang diperlihatkan pada Gambar 3 adalah DNA bentuk B (*B-DNA*).

Contoh Soal Tugas

Kerjakan latihan soal di bawah ini.

- 1) Jelaskanlah bagaimana hubungan antara DNA dengan hereditas, khususnya berkaitan dengan kromosom dan gen!
- 2) Berdasarkan gambar di bawah ini jelaskanlah bagaimana DNA polimerase mengka-talisis elongasi rantai DNA arah 5' →3' !



- 3) Hubungan kedua rantai pada doble heliks DNA dipertahankan oleh ikatan hidrogen antara pasangan-pasangan basanya. Adenin (A) selalu berpasangan dengan timin (T) dan guanin (G) selalu berpasangan dengan sitosin (C). Dapatkah pasangan basa itu ditukar? Jelaskan!

Contoh Soal UAS

Pilihlah jawaban yang tepat.

- 1) Pada setiap DNA, purin dan pirimidin terikat pada gula deoksiribosa dan sebuah fosfat, unit ini disebut
 - A. nukleolus
 - B. nukleosida
 - C. nukleotida
 - D. nukleus
- 2) Bentuk kromosom dengan letak sentromer agak jauh dari ujung kromosom dan biasanya membentuk huruf L atau J adalah bentuk
 - A. telosentrik
 - B. submetasentrik
 - C. metasentrik
 - D. akrosentrik
- 3) DNA merupakan makro-molekul berupa benang sangat panjang yang terbentuk dari sejumlah besar deoksiribonukleotida, kata deoksi mengandung pengertian bahwa
 - A. ikatan hidrogen terjadi antar basa sebagai penyusun DNA
 - B. struktur penyusun intinya berupa nukleotida yang terdiri dari *adenin* (A), *Guanin* (G), *timin* (T) dan *sitosin* (C).
 - C. gula penyusun DNA kekurangan satu atom oksigen yang ada pada ribosa, senyawa induknya.
 - D. gugus gula yang kehilangan sebuah elektron

- 4) Gula dan gugus fosfat pada molekul DNA adalah
- menjaga keseimbangan kekentalan sel
 - sebagai tulang punggung struktur double heliks
 - mempunyai peranan struktural
 - membawa informasi genetik
- 5) Hubungan kedua rantai basa di bagian dalam double heliks dipertahankan oleh ikatan hidrogen antara pasangan-pasangan basanya. Pasangan basa yang benar adalah
- adenin (A) dengan timin (T)
 - guanin (G) dengan adenin (A)
 - adenin (A) dengan sitosin (C)
 - sitosin (C) dengan timin (T)
- 6) Reaksi rantai polimerase (PCR, *polymerase chain reaction*) memiliki siklus yang terdiri dari 3 tahap. Tahapan yang benar dari reaksi tersebut adalah
- hibridasi primer-primer, pemisahan untai, dan pemanjangan primer-primer melalui sintesis DNA
 - pemisahan untai, hibridasi primer-primer, dan pemanjangan primer-primer melalui sintesis DNA
 - pemisahan untai, pemanjangan primer-primer, dan hibridasi primer-primer melalui sintesis DNA
 - hibridasi primer-primer, pemanjangan primer-primer, dan pemisahan untai melalui sintesis DNA
- 7) Pada langkah *pemisahan untai* dalam metode PCR, cara yang digunakan untuk memisahkan kedua untai molekul DNA induk adalah
- pemanasan larutan pada suhu 95°C selama 15 detik
 - pendinginan larutan sampai mencapai suhu -4° C selama 15 detik
 - pengadukan (centrifuging) selama 30 menit
 - mengkatalisis rantai DNA dengan ribosa
- 8) Pada langkah *hibridasi pemula* dalam metode PCR, agar setiap pemula dapat membentuk hibrid dengan seuntai DNA, maka dilakukan langkah
- pemanasan larutan pada suhu 95°C selama 15 detik
 - pendinginan larutan sampai mencapai suhu -4° C selama 15 detik
 - pengadukan (centrifuging) selama 30 menit
 - didinginkan dengan tiba-tiba sampai mencapai suhu 54°C
- 9) Tulang punggung DNA, yang bersifat tetap di sepanjang molekul, terdiri dari
- deoksiribosa yang berikatan dengan gugus-gugus fosfat
 - basa-basa yang terdiri dari nukleotida (A,G,T,C)
 - protein dan basa yang membentuk ikatan double heliks
 - karbohidrat yang terikat pada nukleotida

- 10) Metoda PCR tidak dapat digunakan untuk
- A. menentukan urutan gen RNA ribosom fosil rayap
 - B. mengungkapkan adanya virus *imunodefisiensi* manusia-1 (HIV-1)
 - C. menemukan kuman *mycobacterium tuberculosis* pada spesimen jaringan
 - D. mendeteksi pancaran gelombang elektromagnetik dari sel-sel otak