



BUKU AJAR

BIOKIMIA

Friska Septiani Silitonga | Dina Fitriyah | Kasta Gurning

Buku Ajar
BIOKIMIA

Buku Ajar
BIOKIMIA

Friska Septiani Silitonga
Dina Fitriyah
Kasta Gurning



Buku Ajar

BIOKIMIA

© Penerbit Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia (PRCI)

Penulis:
Friska Septiani Silitonga
Dina Fitriyah
Kasta Gurning

Editor: Rusli, S.Pd.

Cetakan Pertama: Desember 2022

Cover: Tim Kreatif PRCI

Tata Letak: Tim Kreatif PRCI

Hak Cipta 2022, pada Penulis. Diterbitkan pertama kali oleh:

Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
ANGGOTA IKAPI JAWA BARAT

Pondok Karisma Residence Jalan Raflesia VI D.151
Panglayungan, Cipedes Tasikmalaya – 085223186009

Website: www.rcipress.rcipublisher.org
E-mail: rumahcemerlangindonesia@gmail.com

Copyright © 2022 by Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
All Right Reserved

- Cet. I –: Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia, 2022
Dimensi : 21 x 29,7 cm
ISBN: 978-623-448-354-3

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak buku ini dalam bentuk dan dengan
cara apapun tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang
Hak Cipta Pasal 72

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta
Pasal 72

Barang siapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam pasal ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling sedikit 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp.1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).

Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta terkait sebagai dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas penyertaan-Nya sehingga penulisan Buku Ajar Biokimia dapat diselesaikan. Buku Ajar Biokimia ini merupakan salah satu bahan ajar yang digunakan untuk menunjang perkuliahan Biokimia pada Program Studi Pendidikan Kimia.

Buku Ajar Biokimia merupakan rangkaian pembahasan tentang berbagai aspek biokimiawi di dalam tubuh makhluk hidup. Buku ini untuk mempermudah mahasiswa mempelajari Biokimia. Materi dalam buku ini dapat digunakan sebagai bahan pegangan mahasiswa, pengajar, dan pihak lain yang berminat mempelajari konsep dasar biokimia dan metabolisme. Buku ini membahas Biomolekul, Karbohidrat, Asam amino dan Protein, Lipid, Enzim, Asam Nukleat, Metabolisme Karbohidrat, Metabolisme Protein, Metabolisme Lipid, Vitamin dan Hormon.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada sejumlah pihak yang telah mendukung penulis dalam menghasilkan buku ajar ini, terutama mahasiswa yang terlibat aktif dalam mata kuliah Biokimia. Penulis juga banyak menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan Buku Ajar ini. Saran dan kritik yang membangun penulis butuhkan demi perbaikan dan penyempurnaan buku ini kedepannya.

Tanjungpinang, November 2022

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Deskripsi Matakuliah	1
B. Kompetensi Dasar	1
C. Silabus	2
BAB II KONSEP DASAR BIOKIMIA, SENYAWA KIMIA PENYUSUN KEHIDUPAN, DAN KONSEP DASAR METABOLISME.....	13
A. Tujuan Instruksional	13
B. Deskripsi Singkat	13
C. Uraian Materi.....	13
1. Sejarah Biokimia	13
2. Senyawa Kimia Penyusun Kehidupan	14
3. Konsep Dasar Metabolisme	15
D. Latihan.....	16
E. Rangkuman.....	16
BAB III ENZIM.....	19
A. Tujuan Instruksional	19
B. Deskripsi Singkat	19
C. Uraian Materi.....	19
1. Sejarah Penemuan Enzim	19
2. Struktur Enzim.....	19
3. Sifat-sifat Enzim.....	20
4. Klasifikasi dan Penamaan Enzim.....	21
5. Mekanisme Kerja Enzim.....	24
6. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Aktivitas Enzim.....	25
D. Latihan.....	27
E. Rangkuman.....	28
BAB IV KARBOHIDRAT	29
A. Tujuan Instruksional	29
B. Deskripsi Singkat	29
C. Uraian Materi.....	29

1. Pengantar Karbohidrat.....	29
2. Klasifikasi Karbohidrat.....	29
3. Fungsi Karbohidrat di Dalam Tubuh	37
D. Latihan	37
E. Rangkuman	38
BAB V ASAM AMINO DAN PROTEIN	39
A. Tujuan Instruksional.....	39
B. Deskripsi Singkat.....	39
C. Uraian Materi	39
1. Pendahuluan.....	39
2. Asam Amino	40
3. Struktur Protein	44
4. Fungsi Biologi dari Protein.....	47
5. Reaksi Pengujian Protein.....	47
D. Latihan	47
E. Rangkuman	48
BAB VI LIPIDA	49
A. Tujuan Instruksional.....	49
B. Deskripsi Singkat.....	49
C. Uraian Materi	49
1. Asam Lemak.....	49
2. Lipid	51
3. Lilin dan Sfingolipid.....	54
4. Fungsi Lipida	55
D. Latihan	55
E. Rangkuman	56
BAB VII METABOLISME KARBOHIDRAT	57
A. Tujuan Instruksional.....	57
B. Deskripsi Singkat.....	57
C. Uraian Materi	57
1. Pendahuluan.....	57
2. Katabolisme	57
3. Glikolisis	58
4. Glukoneogenesis	66
5. Glikogenesis	66
6. Glikogenolisis	67
7. Fotosintesis	67

D. Latihan.....	68
E. Rangkuman.....	68
BAB VIII METABOLISME PROTEIN.....	69
A. Tujuan Instruksional.....	69
B. Deskripsi Singkat.....	69
C. Uraian Materi.....	69
1. Pencernaan protein oleh sekresi lambung.....	69
2. Pencernaan Protein oleh enzim Pankreas.....	69
3. Fiksasi Nitrogen.....	70
4. Siklus Urea.....	70
5. Pembentukan Amonia.....	72
6. Kerusakan Genetik Pada Siklus Urea.....	73
D. Latihan.....	74
E. Rangkuman.....	75
BAB IX METABOLISME LEMAK.....	77
A. Tujuan Instruksional.....	77
B. Deskripsi Singkat.....	77
C. Uraian Materi.....	77
1. Pencernaan dan Tranpor Lemak.....	77
2. Oksidasi β (Beta) dan Sintesis Asam Lemak.....	79
3. Sintesis Asam Lemak.....	81
4. Badan Keton dan Kolesterol.....	81
5. Pemecahan Asam Lemak.....	82
6. Metabolisme Asam Lemak Tak Jenuh.....	83
7. Aplikasi LDL dan HDL.....	84
D. Latihan.....	85
E. Rangkuman.....	86
BAB X ASAM NUKLEAT.....	87
A. Tujuan Instruksional.....	87
B. Deskripsi Singkat.....	87
C. Uraian Materi.....	87
1. Pengertian Asam Nukleat.....	87
2. Nukleotida Dan Nukleosida.....	88
3. Struktur DNA dan RNA.....	89
4. Replikasi DNA.....	91
5. Proses Transkripsi RNA.....	93
D. Latihan.....	94

E. Rangkuman	94
BAB XI VITAMIN	95
A. Tujuan Instruksional	95
B. Deskripsi Singkat.....	95
C. Uraian Materi	95
1. Pengertian Vitamin	95
2. Pengelompokan Vitamin Berdasarkan Kelarutan.....	95
3. Sumber-Sumber Vitamin	95
D. Latihan	100
E. Rangkuman	100
BAB XII SISTEM HORMON MANUSIA	101
A. Tujuan Instruksional	101
B. Deskripsi Singkat.....	101
C. Uraian Materi	101
1. Pengertian Hormon	101
2. Macam-Macam Kelenjar	102
3. Macam-Macam Kelenjar Endokrin	102
4. Hubungan Sistem Hormon dengan Sistem Syaraf	110
D. Latihan	110
E. Rangkuman	110
DAFTAR PUSTAKA.....	113
GLOSARIUM.....	115
BIODATA PENULIS	118

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Beberapa Logam sebagai kofaktor	20
Tabel 3.2 Beberapa koenzim sebagai kofaktor dan senyawa yang dipindahkan	20
Tabel 3.3 Klasifikasi Enzim berdasarkan Reaksi yang dikatalisis.....	22
Tabel 5.1 Klasifikasi Asam Amino	41
Tabel 6.1 Asam Lemak Jenuh	50
Tabel 6.2 Asam Lemak Tidak Jenuh.....	51
Tabel 10.1 Nukleosida Penyusun Asam Nukleat.....	88
Tabel 10.2 Mononukleotida Penyusun Asam Nukleat DNA dan RNA	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Bagan Struktur Molekul Enzim.....	20
Gambar 3.2 Diagram Laju Reaksi dengan menggunakan katalisator.....	21
Gambar 3.3 Reaksi pembentukan Aminotransferase	23
Gambar 3.4 Reaksi Pengubahan Fumarat menjadi Malat dengan menggunakan enzim fumarase....	23
Gambar 3.5 Teori Gembok dan Kunci.....	24
Gambar 3.6 Teori Kecocokan Induksi (Induced Fit Theory).....	25
Gambar 3.7 Hubungan antara Suhu dengan Aktivitas Enzim.....	25
Gambar 3.8 Hubungan antara pH dengan Aktivitas Enzim	26
Gambar 3.9 Inhibisi Reversibel Kompetitif.....	27
Gambar 3.10 Inhibisi Nonkompetitif.....	27
Gambar 4.1 Struktur Gliseraldehida dan Dihidroksi aseton.....	30
Gambar 4.2 Struktur D-glukosa dan D-fruktosa	30
Gambar 4.3 Struktur Proyeksi Fischer dari Glukosa.....	31
Gambar 4.4 Reaksi Pembentukan Senyawa Hemiasetal.....	31
Gambar 4.5 Struktur Haworth Glukosa	32
Gambar 4.6 Reaksi Pembentukan Senyawa Hemiketal.....	32
Gambar 4.7 Struktur Haworth Senyawa Fruktosa.....	33
Gambar 4.8 Ikatan Glikosida pada Maltosa	33
Gambar 4.9 Struktur Sukrosa	34
Gambar 4.10 Struktur Maltosa	34
Gambar 4.11 Struktur Laktosa	34
Gambar 4.12 Struktur Amilosa.....	35
Gambar 4.13 Struktur Amilopektin.....	35
Gambar 4.14 Struktur Dekstrin.....	36
Gambar 4.15 Struktur Glikogen	36
Gambar 4.16 Struktur Selulosa	37
Gambar 5.1 Struktur Protein.....	39
Gambar 5.2 Struktur Asam Amino.....	40
Gambar 5.3 Struktur Konfigurasi L dan D Asam Amino	40
Gambar 5.4 Asam Amino Gugus R Nonpolar	42
Gambar 5.5 Asam Amino Gugus R Polar Tidak Bermuatan.....	43
Gambar 5.6 Asam Amino Gugus R Negatif.....	43
Gambar 5.7 Asam Amino Gugus R Positif	44
Gambar 5.8 Pembentukan Ikatan Peptida.....	44
Gambar 5.9 Struktur Primer Protein	44
Gambar 5.10 Struktur Sekunder heliks α	45
Gambar 5.11 Struktur Sekunder Heliks β	45
Gambar 5.12 Struktur Tersier Protein.....	46
Gambar 5.13 Struktur Kuartener Protein.....	46
Gambar 6.1 Struktur Asam Lemak.....	49
Gambar 6.2 Struktur Gliseril Tripalmitat.....	52
Gambar 6.3 Reaksi Pembentukan Gliserin Stearat	53
Gambar 6.4 Reaksi Penyabunan Gliserin Tripalmitat.....	53
Gambar 6.5 Reaksi Hidrogenasi Olein menjadi Stearin	54
Gambar 6.6 Struktur Sfingosin dan Seramida.....	54

Gambar 6.7 Struktur sfingomielin dan serebrosida	55
Gambar 7.1 Ketiga Tahap Katabolisme dari Nutrien Utama Penghasil Energi.....	58
Gambar 7.2 Tahapan Glikolisis.....	59
Gambar 7.3 Tahapan pada siklus krebs	62
Gambar 7.4 Jalur elektron dalam transper elektron.....	64
Gambar 7.5 Uraian singkat dalam metabolisme glukosa (glikolisis, siklus crebs dan transfor elektron) dalam menghasilkan energi dalam bentuk ATP.....	65
Gambar 7.6 Produksi glukosa dari laktat yang terjadi di hati (siklus Cori) pada reaksi glukogenolisis	66
Gambar 8.1 Reaksi Siklus Urea	71
Gambar 8.2 Hidrolisis glutamin untuk membentuk amonia.....	72
Gambar 8.3 Penanganan pasien dengan defek siklus urea melalui pemberian fenilbutirat untuk membantu ekresi amonia	73
Gambar 9.1 Proses Pencernaan Lemak.....	78
Gambar 9.2 Reaksi Beta Oksidasi	80
Gambar 9.3 Tiga badan Keton; Aseton (kiri), Asetoasetat (tengah), Beta-Hidroksibutirat (kanan)..	82
Gambar 10.1 Struktur AMP, ADP dan ATP.....	89
Gambar 10.2 Struktur Sebagian dari DNA	90
Gambar 10.3 Struktur DNA heliks ganda	91
Gambar 10.4 Ilustrasi Replikasi Semikonservatif DNA	92
Gambar 12.1 Letak kelenjar Pineal.....	103
Gambar 12.2 Kelenjar Pituitary bagian anterior beserta organ yang dipengaruhi.....	104
Gambar 12.3 Struktur morfologi kelenjar Thyroid.....	105
Gambar 12.4 Struktur morfologi kelenjar Parathyroid.....	106
Gambar 12.5 Letak kelenjar adrenal.....	107
Gambar 12.6 Struktur morfologi danletak kelenjar Pankreas	109
Gambar 12.7 Struktur morfologi kelenjar ovarium	110

BAB I

PENDAHULUAN

A. Deskripsi Matakuliah

Matakuliah Biokimia merupakan mata kuliah yang membahas mengenai proses metabolisme, enzim, struktur senyawa biomolekul seperti karbohidrat, protein, lipida, dan asam nukleat serta proses biokimia yang berlangsung di dalam sel yaitu metabolisme karbohidrat (proses anaerob, siklus asam nitrat, transport elektron, posforilasi oksidatif dan biosintesis), metabolisme protein dan lemak, identifikasi karbohidrat, protein dan lemak, vitamin dan hormon. Pembelajaran dilaksanakan dengan pendekatan kontekstual yang berpusat pada mahasiswa. Mata kuliah ini selain ditempuh dengan metode ceramah, diskusi, demonstrasi dan praktikum. Pembelajaran pada mata kuliah ini didesain untuk mengakomodir tercapainya peningkatan sikap, pengetahuan, dan keterampilan. Instrumen tes pengetahuan dapat berupa butir-butir soal kuis, tugas, UTS, dan UAS. Instrumen tes sikap berupa lembar observasi sikap yang diisi oleh dosen saat mahasiswa melakukan diskusi, praktikum dan kerja kelompok. Instrumen tes keterampilan berupa angket observasi yang diisi oleh dosen ketika mahasiswa melakukan praktikum.

B. Kompetensi Dasar

Setelah mengikuti perkuliahan Biokimia, diharapkan mahasiswa mampu:

1. Menerapkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan inovatif dalam konteks pengembangan dan atau implementasi pengetahuan tentang biokimia di dalam kehidupan sehari-hari
2. Menguasai teori biokimia dan aplikasinya yang ditunjang dengan kemampuan dalam melakukan praktek di laboratorium yang berhubungan dengan biokimia (nutrien bagi makhluk hidup) dan mampu mengimplementasikannya dalam kehidupan sehari-hari.
3. Menguasai konsep dasar mengenai struktur senyawa biomolekul seperti karbohidrat, protein, lipida, dan asam nukleat serta proses biokimia yang berlangsung di dalam sel yaitu metabolisme karbohidrat (proses anaerob, siklus asam nitrat, transport elektron, posforilasi oksidatif dan biosintesis), metabolisme protein dan lemak, identifikasi karbohidrat, protein dan lemak, vitamin dan hormon
4. Menghitung energi yang dihasilkan dari proses metabolisme karbohidrat dan lemak.

C. Silabus

Minggu ke-	Kemampuan Akhir yang diharapkan	Penilaian		Bentuk Pembelajaran		Materi Pembelajaran	Bobot Penilaian (%)
		Indikator	Kriteria & Bentuk	Tatap Muka/Luring	Daring		
1	Mahasiswa mampu menerapkan peraturan yang ditetapkan pada kontrak perkuliahan(C3) dan menunjukkan sikap yg baik dan aktif (A2)	1. Ketepatan dalam menerapkan peraturan yang ditetapkan pada kontrak perkuliahan 2. Menunjukkan sikap yang baik selama proses pembelajaran berlangsung 3. Menunjukkan keaktifan pada saat pembelajaran	Kriteria : Ketepatan dan penguasaan materi, sikap dan keaktifan dalam berdiskusi Bentuk : Tulisan, lisan, observasi, tugas mandiri	Pemberian informasi dan penyampaian materi melalui presentasi, brainstorming, diskusi, tanya jawab (2x 50')		Pengantar MK : Pengantar MK: Tujuan dan Manfaat MK bagi Mahasiswa, Sistem Perkuliahan, Kontrak Kuliah dan Karakter Building dan Pengantar Biokimia	0
2	Mahasiswa mampu menjelaskan perbedaan katabolisme dan anabolisme (C2) dan menunjukkan sikap yang baik dan aktif (A2)	1. Ketepatan dalam menjelaskan konsep dasar metabolisme 2. Ketepatan dalam menjelaskan perbedaan antara katabolisme dan	Kriteria : Ketepatan dan penguasaan materi, sikap dan keaktifan dalam berdiskusi	Pemberian informasi dan penyampaian materi melalui presentasi, brainstorming, diskusi, tanya jawab,		1. Konsep dasar biokimia, proses metabolisme baik katabolisme dan anabolisme 2. Biomolekul penting bagi makhluk hidup serta fungsinya bagi makhluk hidup	20

		anabolisme melalui contoh respirasi dan fotosintesis dan fermentasi 3. Ketepatan dalam menjelaskan fungsi biomolekul di dalam kehidupan 4. Menunjukkan sikap yang baik selama proses pembelajaran 5. Keaktifan selama pembelajaran	Bentuk : Tulisan, lisan, observasi, tugas mandiri	demonstrasi serta penemuan (3 x 50')			
3	Mahasiswa mampu menjelaskan mekanisme kerja enzim(C2) dan menunjukkan sikap ilmiah dan keaktifan belajar (A2)	1. Ketepatan dalam menjelaskan fungsi enzim yang berperan dalam proses metabolisme 2. Ketepatan dalam menjelaskan mekanisme kerja enzim 3. Ketepatan dalam menuliskan tata	Kriteria : Ketepatan dan penguasaan materi, sikap dan keaktifan dalam berdiskusi Bentuk : Tulisan, lisan, observasi, tugas mandiri	Pemberian informasi dan penyampaian materi melalui presentasi, brainstorming, diskusi, tanya jawab, demonstrasi. (3x50')		1. Fungsi Enzim, 2. Jenis-jenis Enzim yang berperan dalam proses metabolisme dan fungsinya 3. Mekanisme Kerja Enzim 4. Tata nama senyawa enzim berdasarkan substrat, jenis ikatan dan reaksi	

		nama enzim berdasarkan substrat, reaksi 4. Penampilan sikap dan keaktifan belajar 5. Keaktifan selama pembelajaran					
4	Mahasiswa mampu mengklasifikasikan karbohidrat(C3), mengidentifikasi karbohidrat pada sampel makanan (P2) dan menunjukkan sikap dan keaktifan belajar (A3)	1. Ketepatan dalam mengklasifikasi karbohidrat 2. Keterampilan dalam mengidentifikasi karbohidrat dalam makanan 3. Menunjukkan sikap yang baik selama proses pembelajaran 4. Keaktifan selama pembelajaran	Kriteria : Ketepatan dan penguasaan materi, sikap dan keaktifan dalam berdiskusi Bentuk : Tulisan, lisan, observasi, tugas mandiri	Pemberian informasi dan penyampaian materi melalui presentasi, brainstorming, diskusi, tanya jawab (3x 50')		1. Klasifikasi Karbohidrat, 2. Pembentukan ikatan glikosida dalam pembentukan disakarida dan polisakarida, 3. Fungsi karbohidrat 4. Sumber-sumber karbohidrat, serta peranan polisakarida bagi makhluk hidup	
5	Mahasiswa mampu mengklasifikasi protein	1. Ketepatan dalam menjelaskan struktur asam	Kriteria : Ketepatan dan penguasaan	Pemberian informasi dan penyampaian		1. Struktur kimia asam amino dan protein, 2. Peranan protein dalam	

	berdasarkan jenis asam amino (C2), dan menunjukkan sikap ilmiah serta keaktifan belajar (A2)	amino dan protein 2. Ketepatan dalam mengklasifikasi protein berdasarkan jenis asam amino 3. Ketepatan dalam menggambarkan ikatan peptida 4. Ketepatan dalam mengidentifikasi senyawa polar atau non polar 5. Ketepatan dalam menyebutkan fungsi protein 6. Penampilan sikap dan keaktifan belajar	materi, sikap dan keaktifan dalam berdiskusi Bentuk : Tulisan, lisan, observasi, tugas mandiri	materi melalui presentasi, brainstorming, diskusi, tanya jawab (3x 50')		sel dan sebagai makromolekul enzim 3. Sumber-sumber protein	
6	Mahasiswa mampu menuliskan tata nama penamaan lemak (C3,P2), dan menunjukkan sikap ilmiah serta keaktifan belajar	1. Ketepatan menuliskan struktur lemak dan reaksi pembentukan lemak dari penyusun lemak.	Kriteria : Ketepatan dan penguasaan materi, sikap dan keaktifan dalam berdiskusi	Pemberian informasi dan penyampaian materi melalui presentasi, brainstorming, diskusi, tanya		1. Asam lemak jenuh dan tidak jenuh, 2. Pembentukan lipida 3. Sifat-sifat lipida 4. Fungsi Lipida 5. Sumber-sumber lipida	

	(A2)	2. Ketepatan menjelaskan sifat-sifat umum lemak/asam lemak. 3. Ketepatan menyebutkan fungsi lemak 4. Penampilan sikap dan keaktifan belajar	Bentuk : Tulisan, lisan, observasi, tugas mandiri	jawab (3x 50')			
7	Mahasiswa mampu menganalisis karbohidrat dan protein dalam sampel makanan (C4, P4).	1. Ketepatan dalam penentuan karbohidrat dalam sampel makanan 2. Ketepatan dalam penentuan protein dalam sampel makanan 3. Keterampilan dalam bekerja di dalam laboratorium kimia secara berkelompok	Kriteria : Ketepatan dalam menganalisis karbohidrat dan protein dalam sampel makanan Bentuk : Praktikum	Kegiatan praktikum di laboratorium (3x 50')		1. Uji Identifikasi Karbohidrat 2. Uji Identifikasi Protein	
8	UTS						25

9	Mahasiswa mampu menganalisis pembentukan energi pada metabolisme karbohidrat (C4) dan menunjukkan sikap ilmiah serta keaktifan belajar (A2	1. Ketepatan dalam menjelaskan jalur metabolisme (glikolisis) 2. Ketepatan dalam menjelaskan jalur metabolisme karbohidrat dalam daun (fotosintesis, fotosistem I dan II). 3. Ketepatan dalam menganalisis energi terbentuk pada proses metabolisme 4. Ketepatan dalam menjelaskan reaksi terang dan gelap 5. Menunjukkan sikap dan keaktifan belajar	Kriteria : Ketepatan dan penguasaan materi, sikap dan keaktifan dalam berdiskusi Bentuk : Tulisan, lisan, observasi, tugas mandiri	Pemberian informasi dan penyampaian materi melalui presentasi, brainstorming, diskusi, tanya jawab (3x 50')		1. Metabolisme karbohidrat (anabolisme dan katabolisme), 2. Fotosintesis (Fotosistem I dan Fotosistem II), Lintasan Siklik dan Non siklik, reaksi terang dan reaksi Gelap 3. Tahapan Glikolisis, Dekarboksilasi, Siklus Asam Sitrat atau Krebs dan Fosforilasi Oksidatif (transpor elektron)	20
10-11	Mahasiswa mampu menganalisis pembentukan energi pada metabolisme	1. Ketepatan dalam menjelaskan jalur proses β- oksidasi asam lemak yang terjadi pada	Kriteria : Ketepatan dan penguasaan materi, sikap dan keaktifan	Pemberian informasi dan penyampaian materi melalui presentasi,		1. Metabolisme Lemak (Asam Lemak) melalui tahapan β-oksidasi, siklus Krebs, energetika asam lemak.	