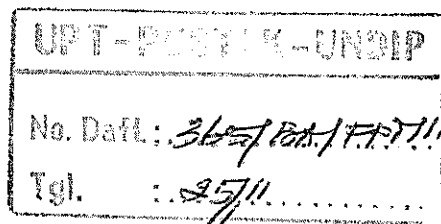


**MODUL PERKULIAHAN
(MATA KULIAH BIOKIMIA)**

**POKOK BAHASAN
PROTEIN & ASAM NUKLEAT**

Ir. Retno Murwani, PhD.



**LABORATORIUM BIOKIMIA NUTRISI
JURUSAN NUTRISI DAN MAKANAN TERNAK
FAKULTAS PETERNAKAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG
Maret 2010**

PROTEIN & ASAM NUKLEAT

Modul Perkuliahan - Mata Kuliah Biokimia : Protein & Asam Nukleat; Retno Murwani (penulis); Ed.1. Lab. Biokimia Nutrisi, Jurusan Nutrisi & Makanan Ternak, Undip, Semarang; 2009, 65 halaman; 16.5 x 23.5 cm.

Judul:

PROTEIN & ASAM NUKLEAT

Retno Murwani

**Untuk Mahasiswa Program Studi Peternakan
Telah digunakan pada
Semester Genap 2009-2010
Maret 2010**

DAFTAR ISI

	Hal
Pendahuluan	1
Asam Amino, Unit terkecil penyusun Protein	2
Pemecahan Protein dalam Saluran Pencernaan	17
Sintesis Protein dalam Sel	22
Pustaka / Rujukan	43
Lampiran Transparansi	44

PENDAHULUAN

Dalam Bab ini kita akan mempelajari senyawa zat gizi atau senyawa nutrien yang disebut dengan istilah PROTEIN. Protein, seperti yang kalian ketahui di sekolah menengah, berfungsi sebagai zat gizi /nutrien yang mutlak dibutuhkan untuk pertumbuhan. Contoh pertumbuhan adalah seorang bayi dapat menjadi seorang anak yang besar dalam artian secara fisik berkembang dari yang berukuran kecil menjadi berukuran besar, dari yang beratnya 5 kg menjadi 20 kg.

Makanan Apa Saja Yang Kaya Akan Protein?

Daging, telur, susu, ikan, adalah produk hewani yang paling kaya protein, sedangkan berbagai jenis polong-polongan seperti kedele, kacang hijau dan sejenisnya adalah protein nabati dengan kandungan protein yang cukup tinggi. Sebelum kita lanjutkan perlu diketahui apa kemampuan yang harus dimiliki oleh mahasiswa yang mengikuti materi perkuliahan ini setelah selesai mempelajari materi tentang Protein dan Asam Nukleat.

Standar Kompetensi

Setelah mempelajari seluruh materi pelajaran ini mahasiswa mampu menjelaskan mengenai metabolisme protein yang meliputi pemecahan bahan pakan/makanan melalui saluran pencernaan, sintesis protein tubuh dari asam amino melalui penterjemahan DNA, serta katabolisme protein.

ASAM AMINO, UNIT TERKECIL PENYUSUN PROTEIN

Marilah Kita Mulai Mempelajari Protein Lebih Rinci Dengan Mengetahui Komponen Terkecil Penyusun Protein atau disebut dengan Istilah Monomernya.

Protein adalah senyawa organik dengan berat molekul tinggi (pengertian awal untuk protein, namun definisi yang lengkap akan bertambah sejalan dengan pemahaman yang kita pelajari). Seluruh protein yang ada di alam dan di dalam organisme yaitu manusia, hewan, tumbuhan, sampai mikroorganisme disusun dari senyawa monomernya yang disebut asam amino. Terdapat 20 jenis asam amino di alam, dan meskipun jenis protein di alam ada banyak sekali namun komponen penyusun protein tetaplah sama yaitu berasal dari ke 20 jenis asam amino yang telah diketahui.

Apa Saja Ke 20 Jenis Asam Amino Penyusun Protein?

Dalam tabel di bawah dituliskan nama ke 20 jenis asam amino yang menyusun beragam jenis protein di alam.

Tabel 1. Nama-nama 20 jenis asam amino dan singkatannya
(dimodifikasi dari Nelson and Cox, 2005)

	Nama Asam Amino (asli dalam bahasa Inggris)	Nama Asam Amino yang ditulis dalam bahasa Indonesia	Singkatan Asam Amino
1	Glutamate	Asam glutamat	Glu
2	Aspartate	Asam aspartat	Asp
3	Lysine	Lysine	Lys
4	Histidin	Histidin	His

	Nama Asam Amino (asli dalam bahasa Inggris)	Nama Asam Amino yang ditulis dalam bahasa Indonesia	Singkatan Asam Amino
5	Arginin	Arginin	Arg
6	Serin	Serin	Ser
7	Threonin	Threonin	Thr
8	Cystein	Cistein	Cys
9	Asparagine	Asparagin	Asn
10	Glutamine	Glutamin	Gln
11	Phenilalanin,	Phenilalanin	Phe
12	Tirosin	Tirosin	Tyr
13	Triptophan	Triptophan	Trp
14	Glycine	Glisin	Gly
15	Alanine	Alanin	Ala
16	Valine	Valin	Pro
17	Proline	Prolin	Val
18	Leucine	Leusin	Leu
19	Isoleucine	Isoleusin	Ile
20	Methionine	Metionin	Met

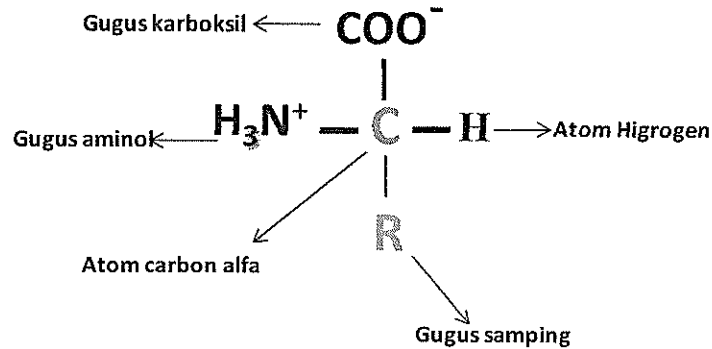
Apa Yang Membedakan Satu Jenis Asam Amino Yang Satu Dengan Asam Amino Yang Lain?

Untuk menjawab hal itu kita harus mengetahui lebih rinci lagi susunan kimiawi atau rumus kimia dari masing-masing asam amino. Apabila kita tidak melihat kerincian ini maka kita tidak dapat membedakan sifat-sifatnya sehingga kita hanya mengenal nama, namun tidak tahu seluk beluknya. Hal ini dapat dianalogikan seperti nama mahasiswa yang berbeda namun semua termasuk mahasiswa (nama asam amino berbeda namun semuanya termasuk asam amino). Namun apabila kita tidak melihat lebih rinci mengenai wajah, tinggi, dsb maka kita tidak akan dapat membedakan satu

dengan lainnya. Tidak seperti wajah seseorang, kita mengenali asam amino dari struktur kimianya.

Struktur Kimia Asam Amino

Sebuah asam amino ditandai dengan adanya gugus nitrogen berupa gugus amino (-NH₂), gugus karboksil (-COOH), dan sebuah atom hidrogen dimana ketiganya terikat pada sebuah atom C yang disebut sebagai Carbon α (dibaca karbon alfa), serta gugus R sebagai rantai samping atau rantai cabang. Struktur dan rumus umum sebuah asam amino diberikan pada Gambar 1. Gugus amino/amin ditulis di dalam struktur kimia di atas sebagai NH₃⁺ dan gugus karboksil sebagai COO⁻ karena dalam lingkungan air berada dalam bentuk ion yang bersifat. Adanya kedua ion plus dan minus dalam satu buah asam amino membuat asam amino bersifat dipolar (di = dua, polar = bermuatan ion yaitu ion plus dan ion minus, jadi dipolar adalah dua muatan ion plus dan minus).



Gambar 1. Struktur asam amino (dimodifikasi dari Nelson and Cox, 2005)

Di dalam asam amino gugus karboksil (-COOH) bersifat asam dan gugus amin (-NH₂) bersifat basa. Jadi asam amino dapat bersifat asam dan basa, dan sifat ini diberi istilah bersifat AMFOTERIK. Molekul yang bersifat amfoterik dapat bersifat netral atau tidak bermuatan, namun dapat juga bersifat dipolar seperti ditulis dalam struktur di atas. Dalam bentuk dipolar ini asam amino disebut sebagai "Zwitter Ion".

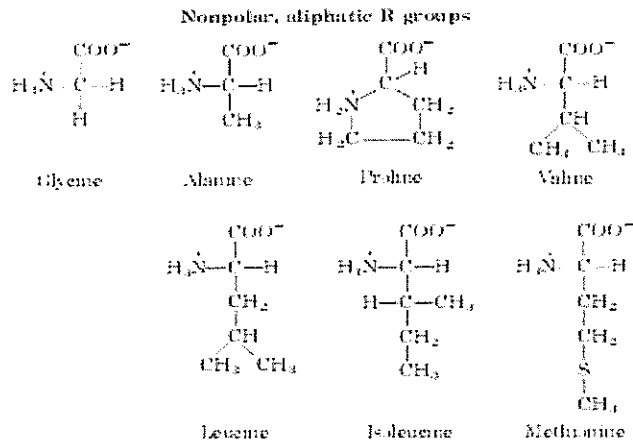
Dalam larutan asam keras (pH asam) sebagian besar asam amino berada dalam bentuk kation (bermuatan positif), dalam larutan basa keras (pH basa) asam amino berada dalam bentuk anion ((bermuatan negatif). Pada pH tertentu untuk setiap asam amino dapat berada dalam keadaan netral, dan nilai pH tersebut dimana asam amino berada dalam keadaan netral dikenal sebagai TITIK ISOELEKTRIK dari asam amino.

20 Jenis Asam Amino Dikelompokkan Berdasarkan Struktur Kimia Gugus Samping R

Didasarkan pada berbagai jenis gugus samping R pada struktur kimia asam amino di Gb.1 maka asam amino dikelompokkan ke dalam 5 kelompok besar yaitu :

1. Gugus R, bersifat tidak polar, alifatik
Termasuk dalam kelompok ini adalah Glysin, Alanin, Prolin, Valin, Leusin, Isoleusin, Metionin. Perhatikan struktur gugus R pada masing-masing asam amino yang diberi arsir warna

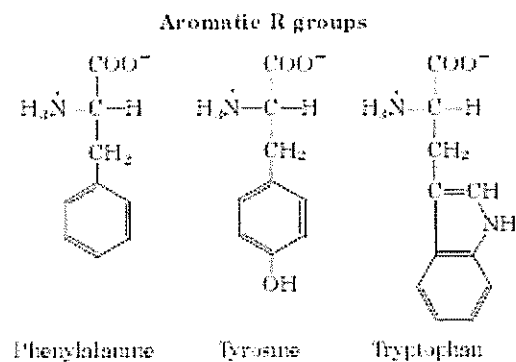
merah jambu di bawah. Dalam Tabel 1, asam amino yang termasuk kelompok ini diarsir warna merah jambu.



(dimodifikasi dari Lehninger, 1986)

2. Gugus R, mengandung gugus aromatis (bentuk siklik)

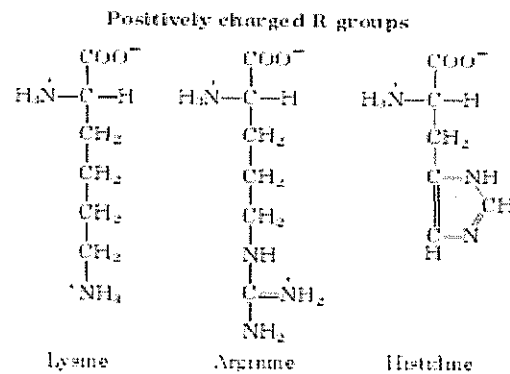
Termasuk dalam kelompok ini adalah phenilalanin, tirosin, dan triptofan. Perhatikan struktur gugus R pada masing-masing asam amino yang diberi arsir warna merah jambu di bawah yang mengandung bentuk siklik (segi enam). Temukan kelompok asam amino ini di Tabel 1.



(dimodifikasi dari Lehninger, 1986)

3. Gugus R bermuatan positif (mengandung gugus amin)

Termasuk dalam kelompok ini adalah lisin, arginin, histidin. Perhatikan struktur gugus R pada masing-masing asam amino yang diberi arsir warna merah jambu di bawah yang mengandung gugus amin atau atom N. Temukan kelompok asam amino ini di Tabel 1.

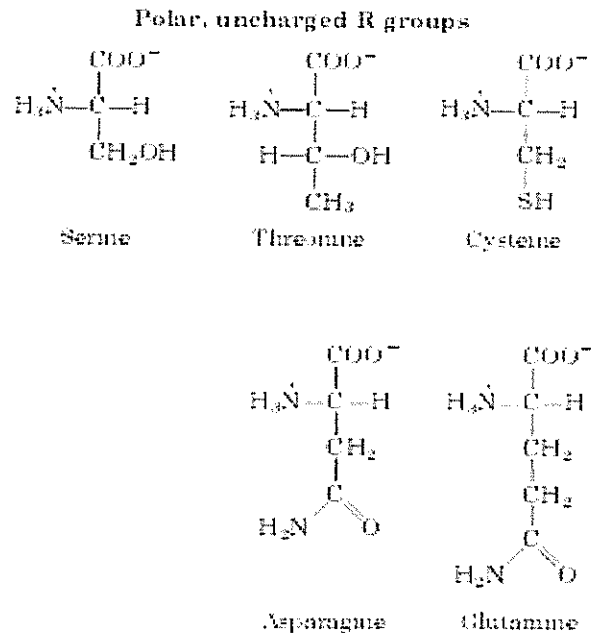


(dimodifikasi dari Lehninger, 1986)

4. Gugus R tidak bermuatan namun bersifat polar

Termasuk dalam kelompok ini adalah serin, threonin, sistein, asparagin, glutamine. Perhatikan struktur gugus R pada masing-masing asam amino yang diberi arsir warna merah jambu di bawah yang tidak dalam bentuk ion namun bersifat polar. Temukan kelompok asam amino ini di Tabel 1. Sifat polar dari gugus R dalam kelompok asam amino ini karena dapat membentuk ikatan hydrogen dengan air. Ingat, molekul yang senang dengan air disebut hidrofilik (hidro = air, filik = senang) dan senyawa yang senang dengan air bersifat polar. Kepolaran asam amino serin dan threonin

berasal dari gugus OH di rantai cabangnya (lihat Gambar di bawah), sistein berasal dari gugus sulfhidril (atom S), sedangkan asparagin dan glutamin dari gugus amidanya (gugus yang mengandung N atau NH₂).

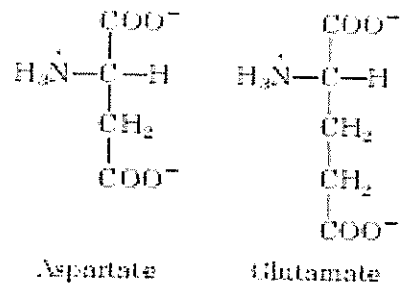


(dimodifikasi dari Lehninger, 1986)

5. Gugus R bermuatan negatif

Termasuk dalam kelompok ini adalah serin, threonin, sistein, asparagin, glutamine. Perhatikan struktur gugus R pada masing-masing asam amino yang diberi arsir warna merah jambu di bawah yang berada dalam bentuk ion negatif. Temukan kelompok asam amino ini di Tabel 1.

Negatively charged R groups



(dimodifikasi dari Lehninger, 1986)

Pertanyaan :

Setelah sampai disini dan dari uraian di atas cobalah membuat definisi protein yang lebih panjang dari "protein adalah senyawa organik dengan berat molekul tinggi". Gunakan kalimat kalian sendiri dengan bebas.

Asam Amino Esensial

Tanaman dan mikroorganisme dapat mensintesis protein dari senyawa nitrogen sederhana seperti nitrat. Namun hewan tidak dapat melakukannya sehingga harus diperoleh dari makanan. Beberapa asam amino dapat disintesis dari asam amino lainnya melalui proses yang disebut transaminasi, tetapi sejumlah asam amino lainnya tidak dapat disintesa oleh tubuh hewan dengan cara tsb, sehingga asam-asam amino tersebut disebut esensial atau bahasa Inggrisnya "indispensable". Pada manusia asam amino esensial ada 10 yaitu : Arginin, Histidin, Isoleusin, Leusin, Lysin, Methionin, Phenylalanin, Threonin, Tryptophan, Valin, sedangkan

pada unggas ada 13 yaitu arginin, glisin, histidin, isoleusin, leusin, lisin, methionin, sistin, phenilalanin, tirosin, threonin, tryptophan, dan valin. Asam amino esensial pada unggas yang kita singgung sekilas ini akan dipelajari lagi di mata kuliah lain yaitu Nutrisi Unggas.

Pertanyaan :

1. Sebutkan nama 20 jenis asam amino yang ada di alam dan sebutkan jenis-jenis asam amino esensial untuk manusia dan unggas.
2. Golongkan ke 20 jenis asam amino tersebut berdasarkan sifat gugus samping atau rantai cabang asam amino (gugus R-nya).

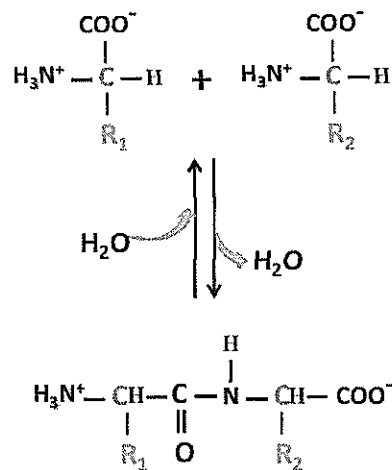
Bagaimana Asam Amino Membentuk Protein?

Asam amino satu dengan asam amino lain dapat dirangkai atau disambung melalui ikatan yang disebut IKATAN PEPTIDA. Seperti apa ikatan peptida ini? Mari kita lihat strukturnya di bawah ini.

Seperti digambarkan pada Gb.2, dua buah asam amino dirangkai menjadi satu melalui ikatan peptida dan dihasilkan sebuah molekul air. Reaksi ini disebut reaksi kondensasi. Ikatan peptida merupakan ikatan kovalen yaitu ikatan yang bersifat stabil. Asam amino 1 dan 2 yang sudah terikat dalam ikatan peptida disebut residu asam amino. Residu asam amino artinya asam amino yang telah berkurang baik melalui kehilangan OH dari gugus karboksilnya ataupun kehilangan atom H dari gugus amin-nya. Jadi berbagai jenis

Modul Biokimia, Protein & Asam Nukleat (Murwani,2010) 10

asam amino yang jumlahnya ada 20 buah dapat dirangkai menjadi rangkaian asam amino dengan jumlah yang banyak yang disebut polimer asam amino. Sebuah asam amino disebut monomer, sepuluh asam amino disebut oligomer, dan asam amino yang jumlahnya sangat banyak disebut polimer.



Gambar 2. Atas adalah 2 buah asam amino dengan gugus samping R1 pada asam amino 1 di kiri dan R2 pada asam amino 2 di kanan. Bawah, dua asam amino dihubungkan dengan ikatan peptida membentuk di-peptida. Terbentuknya ikatan peptida diikuti oleh pembebasan H₂O dimana satu atom H dan satu atom O (satu buah gugus hidroksil atau OH) berasal dari gugus karboksil asam amino 1 dan 1 buah atom H dari gugus amin dari asam amino kedua (dimodifikasi dari Lehninger, 1986).

Dua buah asam amino yang dirangkai melalui ikatan peptida disebut dipeptida. Sepuluh asam amino yang dirangkai melalui ikatan peptida disebut oligopeptida. Polimer asam amino yang

dirangkai melalui ikatan peptida disebut polipeptida. Protein adalah polipeptida yang sangat besar. Meskipun demikian istilah polipeptida dipakai bergantian dengan protein. Polipeptida biasanya memiliki berat molekul dibawah 10.000 sedangkan protein memiliki berat molekul yang lebih besar.

Pertanyaan :

1. Apakah dipeptida, tripeptida, oligopeptida, dan polipeptida termasuk dalam golongan protein?
2. Cobalah membuat 5 buah rangkaian asam amino yang dihubungkan melalui ikatan peptida
Gunakan berbagai jenis asam amino yang ada dalam Tabel 1 (dapat dipilih yang manapun sesuai dengan keinginan kita) dan Gambar struktur dari berbagai jenis asam amino.

Struktur Protein

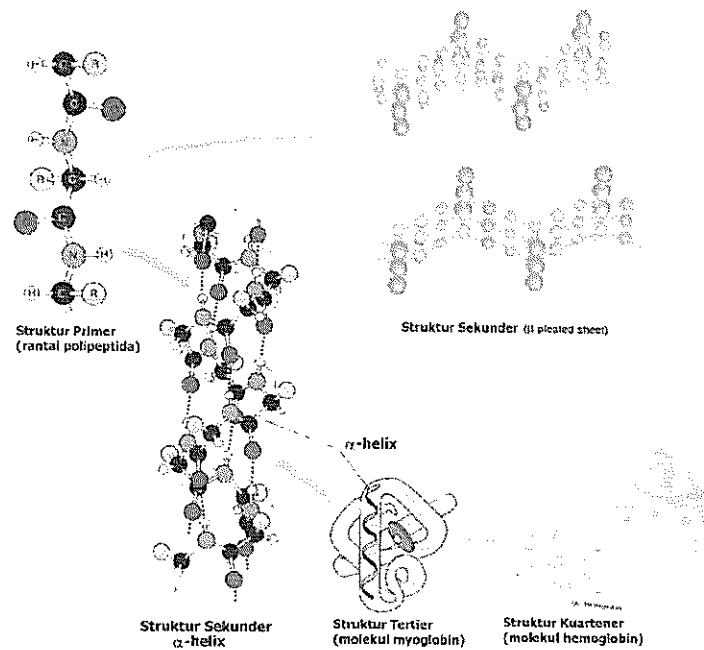
Struktur protein dibagi menjadi empat tingkatan yaitu struktur primer, sekunder, tertier, dan kuartener. Struktur primer terbentuk oleh ikatan peptida antar asam-asam amino membentuk polipeptida seperti yang sudah dibahas sebelumnya di atas. Ingat, bahwa ke 20 jenis asam amino dapat dirangkai dengan berbagai urutan yang sangat banyak. Urutan inilah yang disebut komposisi asam amino dalam protein. Komposisi asam amino menentukan sifat dari struktur sekunder dan tertier protein. Struktur ini mempengaruhi sifat fungsional berbagai protein dalam bahan

makanan. Beragamnya fungsi protein terletak tidak saja dari keragaman susunan asam amino penyusun protein tetapi lebih penting lagi adalah keragaman struktur tiga dimensi (struktur dalam ruang seperti kita melihat bentuk yang sesungguhnya) yang membentuk protein itu sendiri. Setiap protein memiliki struktur tiga dimensi yang mencerminkan fungsi protein.

Marilah kita lihat seperti apa struktur primer, sekunder, tertier, dan kuartener protein sekilas saja. Kita akan mengenal lebih jauh mengenai struktur ini di mata kuliah Kimia dan Toksikologi Pakan yang akan menunjukkan bahwa struktur sekunder dalam protein yang berubah dapat merubah sifat protein yang menyebabkan penyakit sapi gila.

Gambar 3 di bawah menunjukkan struktur primer adalah rangkaian asam amino yang membentuk rantai tunggal dan lurus berupa polipeptida. Beberapa rantai lurus polipeptida dapat membentuk struktur sekunder yang dapat berupa pilinan atau disebut alfa (α) helix dan beta (β) pleated sheet yang menyerupai lembaran yang berlipat banyak. Kedua jenis struktur sekunder ini dapat bergabung membentuk struktur tertier seperti contohnya pada molekul protein yang disebut myoglobin yaitu pigmen merah dalam otot yang berfungsi menyimpan oksigen. Kedua jenis struktur sekunder ini kemudian dapat pula membentuk struktur kuartener seperti contohnya pada molekul protein yang disebut hemoglobin yaitu pigmen merah dalam darah yang bertugas mengikat dan mengangkut oksigen. Kemajuan dalam bidang analisis biokimia

berbagai molekul protein yang ada di alam seperti protein susu yang disebut Casein, protein putih telur albumin dsb sangat pesat sehingga komposisi dan urutan asam amino jutaan protein telah dilakukan dan diketahui. Selain itu peptida pendek dan molekul protein dengan bobot molekul kecil dapat disintesis secara kimiawi. Meskipun demikian perlu diketahui bahwa pembentukan protein dalam makhluk hidup seperti mikroba jauh lebih cepat dibandingkan pembentukan atau sintesis protein secara kimiawi.



Gambar 3. Struktur protein yang terdiri dari struktur primer, sekunder, tertier, dan kuartener (diadopsi dan dikombinasi dari Nelson dan Cox, 2005).

Sintesis polipeptida yang terdiri dari 100 asam amino ditempuh dalam waktu 5 detik dalam sel mikroba, sedangkan secara kimiawi memakan waktu beberapa hari (Nelson dan Cox, 2005). Perbedaan waktu sintesis protein ini sungguh suatu perbedaan yang mencolok dan menunjukkan kebesaran Tuhan Y.M.E.

Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa setiap protein memiliki struktur tiga dimensi yang mencerminkan fungsi protein. Beberapa contoh jenis protein dan fungsinya diberikan dalam Tabel 2. dibawah ini.

Tabel 2. Berbagai jenis protein dan fungsinya di dalam sistim biologis

	Jenis & Nama Protein	Fungsi dalam makhluk hidup (sistim biologis)
1	Hemoglobin darah Serum Albumin	Sebagai pengangkut atau pengikat oksigen dan nutrisi lainnya
2	Casein susu Gliadin dalam jagung Feritin	Sebagai zat gizi dan simpanan
3	Actin, Myosin, Tubulin, Dynein	Protein yang bersifat kontraktik dan motil sehingga dapat menggerakkan otot dsb
4	Keratin, Kolagen	Protein penyusun struktur jaringan
5	Antibodi, fibrinogen, racun ular, toksin botulinum dari mikroba, Ricin	Protein untuk pertahanan tubuh
6	Insulin, Hormon Pertumbuhan	Protein pengatur

Pertanyaan :

1. Menurut strukturnya protein dibagi menjadi beberapa tingkatan struktur. Sebutkan tingkatan struktur protein dan jelaskan secara singkat masing-masing struktur.
2. Carilah melalui internet, contoh struktur tertier dan sekunder protein selain yang telah disebutkan di atas yaitu myoglobin dan hemoglobin. Sebagai contoh carilah protein yang disebut "prion". Struktur bagian dalam yang seharusnya berbentuk alfa helix bila berubah menjadi bentuk beta pleated sheet (perhatikan lagi gambar struktur protein sebelumnya) adalah penyebab penyakit yang dikenal dengan istilah "Sapi Gila".

PEMECAHAN PROTEIN DALAM SALURAN PENCERNAAN

Seperti telah disebutkan di awal bahwa produk hewani yang kaya akan protein adalah telur, daging, dan susu. Bahan nabati seperti jagung, kedele dsb juga mengandung protein tinggi. Apabila kita memakan makanan yang kaya protein maka setelah melewati mulut protein dalam makanan tersebut akan mengalami pemecahan yaitu dari molekul besar menjadi molekul kecil dan sederhana yaitu monomernya, agar dapat diserap dari usus halus dan diedarkan oleh darah ke seluruh tubuh. Lihat kembali istilah monomer, protein sebagai molekul yang besar, dan istilah di- dan tripeptida, oligopeptida, polipeptida, struktur tiga dimensi, struktur tersier dan kuartener yang telah dibahas sebelumnya karena akan kita temui lagi pada bahasan pencernaan protein.

Marilah kita mulai pelajari bagaimana molekul protein yang besar yang memiliki struktur tiga dimensi atau struktur tertier dan kuartener dan berukuran besar mengalami pemecahan di berbagai bagian dari saluran pencernaan. Saluran pencernaan manusia dan hewan berperut tunggal terdiri dari : mulut, kerongkongan, lambung (perut), usus halus, usus besar, dan anus.

Mulut :

makanan dihaluskan oleh gerakan mengunyah sehingga terbentuk partikel makanan yang kecil dan memudahkan untuk dipecah lebih lanjut secara kimiawi. Setelah melewati kerongkongan makanan yang halus ini sampai di lambung.

Lambung :

Sampai di lambung makanan yang halus menerima HCl yang dikeluarkan oleh kelenjar di dinding lambung. HCl yang bersifat asam dengan pH sekitar 2 bersifat sebagai asam keras dan bila ditetaskan di kulit atau karpet dapat membuat kulit seperti terbakar dan karpet menjadi berlubang. Adanya HCl akan membunuh mikroorganisme yang terdapat dalam makanan serta merubah bentuk fisik makanan menjadi seperti bubur atau disebut chyme. Protein dalam makanan yang merupakan molekul besar dipecah menjadi polipeptida besar atau pepton dengan bantuan enzim pepsin yang dikeluarkan oleh lambung.

Usus halus :

Polipeptida besar dipecah lebih lanjut menjadi oligopeptida dan berbagai peptida kecil dengan bantuan enzim-enzim yang dikeluarkan oleh pankreas. Enzim ini yaitu trypsin, chymotripsin, carboxypeptidase A dan B. Oligopeptida dan berbagai peptida dipecah lebih lanjut menjadi tripeptida, dipeptida, dan asam-asam amino dengan bantuan enzim-enzim yang diproduksi oleh sel-sel epitel usus halus yang disebut sebagai "brush border enzymes".

Enzim-enzim ini terdiri dari aminopeptidase, carboxypeptidase, dan dipeptidase. Pencernaan secara enzimatik di saluran pencernaan diringkas dalam Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Pencernaan secara enzimatik di berbagai segmen saluran pencernaan

Segmen Pencernaan	Enzim yang bekerja	Perubahan yang terjadi
Lambung	PEPSIN dengan adanya HCl dan pH 2	PROTEIN ↓ POLIPEPTIDA BESAR / PEPTON
Usus Halus	<u>ENZIM PANKREAS:</u> TRYPSIN, CHYMOTRIPSIN, CARBOXYPEPTIDASE A dan B	↓ OLIGOPEPTIDA & PEPTIDA KECIL
Usus Halus	<u>ENZIM BRUSH BORDER:</u> AMINOPEPTIDASE CARBOXYPEPTIDASE DIPEPTIDASE	↓ ASAM AMINO, DIPETPTIDA, TRIPETPTIDA
		↓ DISERAP

Penyerapan :

Hasil pemecahan protein menjadi monomernya yaitu asam amino serta di- dan tri-peptidase, serta berbagai peptida lainnya kemudian diserap oleh sel-sel usus halus atau sel epitel usus halus atau disebut pula enterosit (sit dari kata cyto = sel, entero = usus halus). Asam amino diserap melalui transport aktif dimana setiap jenis asam amino memiliki transporter sendiri. Dipeptida dan tripeptida setelah masuk dalam sel-sel usus halus akan dipecah lebih lanjut

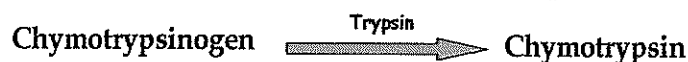
menjadi asam amino bebas dan memasuki sistim pengangkutan melalui jalur sistim portal. Peptida yang agak besar memasuki sel epitel (transeeluler) atau masuk melalui jalur antar sel epitel (paraseluler). Asam-asam amino yang dibawa darah dan diedarkan ke seluruh sel-sel tubuh akan dipakai sebagai bahan baku atau precursor untuk membuat protein tubuh yang jenisnya sangat banyak.

Enzim-enzim yang diproduksi oleh lambung dan pankreas dikeluarkan dalam bentuk enzim yang belum aktif atau disebut dengan istilah Proenzim.

Enzim yang diproduksi oleh Lambung :



Enzim-enzim yang diproduksi oleh Pankreas :



Gambar 4. Enzim-enzim yang membantu pencernaan protein diproduksi dalam bentuk tidak aktif atau proenzim (di kiri panah). Masing-masing diaktifkan menjadi enzim aktif (di sebelah kanan panah).

Proenzim kemudian diaktifkan oleh HCl dalam hal ini pepsinogen menjadi enzim aktif pepsin. Proenzim tripsinogen dari pankreas

diaktifkan oleh enzim brush border atau enterokinase menjadi trypsin. Enzim trypsin kemudian akan mengaktifkan proenzim yang lain menjadi enzim yang aktif. Ringkasan aktivasi proenzim menjadi enzim yang aktif disajikan di Gambar 4 di bawah ini.

Latihan :

1. Jelaskan tahapan pencernaan protein pada berbagai segmen sistem pencernaan, enzim yang dihasilkan pada tiap segmen, dan hasil pemecahannya.
2. Jelaskan proses penyerapan hasil pencernaan protein.
3. Sebutkan jenis-jenis proenzim yang terlibat dalam pencernaan protein dan bentuk aktifnya .

SINTESIS PROTEIN DALAM SEL

Sintesis protein di dalam sel-sel tubuh terjadi di organelle sel yang disebut ribosom. Sintesis protein melalui 5 tahapan yaitu :

1. Pengaktifan asam amino
2. Inisiasi (dimulainya) pembuatan rantai polipeptida
3. Perpanjangan asam amino melalui ikatan peptida (ingat bahasan sebelumnya mengenai ikatan peptida)
4. Penyelesaian (terminasi) dan pelepasan rantai polipeptida
5. Pelipatan polipeptida dan pemrosesan pasca terjemahan

Kode atau sandi pembuatan protein tertera atau terkandung di dalam senyawa organik yang disebut sebagai DNA atau singkatan dari bahasa Inggris "Deoxyribo Nucleic Acid". Untuk membuat atau mensintesis protein maka sandi yang terkandung dalam DNA harus diterjemahkan melalui beberapa tahapan. Salah satu tahapan adalah mengubah kode DNA menjadi kode RNA. RNA adalah singkatan dari bahasa Inggris "Ribo Nucleic Acid". Jadi dari namanya saja kita tahu bahwa DNA dan RNA adalah asam nukleat (nucleic acid). Tahapan sintesis tersebut di atas dimulai bila kode yang terkandung dalam DNA diterjemahkan. Sebelum sampai tahap bagaimana DNA diterjemahkan, maka kita harus mempelajari lebih dahulu apa itu DNA dan RNA. Apa persamaan dan perbedaan keduanya. Seperti halnya asam amino dengan 20 jenis atau nama yang berbeda yang telah kita pelajari, kita dapat membedakan satu Modul Biokimia, Protein & Asam Nukleat (Murwani,2010) 22

dan lainnya dari struktur masing-masing asam amino. Asam amino ini merupakan unit terkecil dari protein. Dengan analogi yang sama mari kita mulai melihat unit terkecil yang menyusun DNA dan RNA dan bagaimana kode di dalam DNA diterjemahkan menjadi urutan asam amino yang menyusun protein.

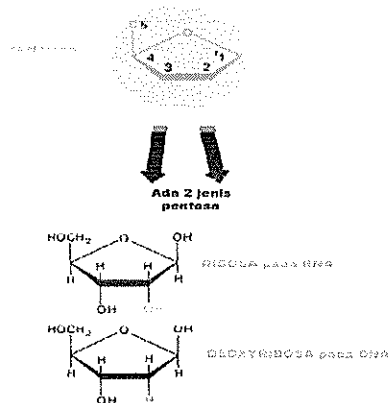
DNA, RNA, NUKLEOTIDA, dan NUKLEOSIDA

DNA dan RNA adalah asam nukleat yang disusun dari nukleotida.

Nukleotida adalah senyawa yang terdiri dari 3 komponen yaitu :

- 1) basa nitrogen,
- 2) gula pentosa, dan
- 3) gugus fosfat (PO₄)

Apabila fosfatnya dihilangkan maka molekul tersebut disebut nukleosida. Gula pada DNA adalah deoxyribosa sesuai dengan nama DNA dan gula pada RNA adalah ribosa (Gambar 5).

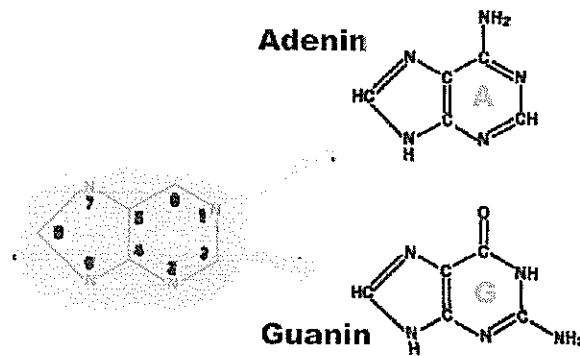


Gambar 5. Struktur dua jenis gula pentosa pada DNA dan RNA (dimodifikasi dari Alberts *et al.*, 1983)

Berikut ini kita akan melihat lebih rinci jenis-jenis basa nitrogen yang menyusun DNA dan RNA yang disajikan dalam bentuk Tabel di bawah.

Basa nitrogen penyusun DNA dan RNA adalah :

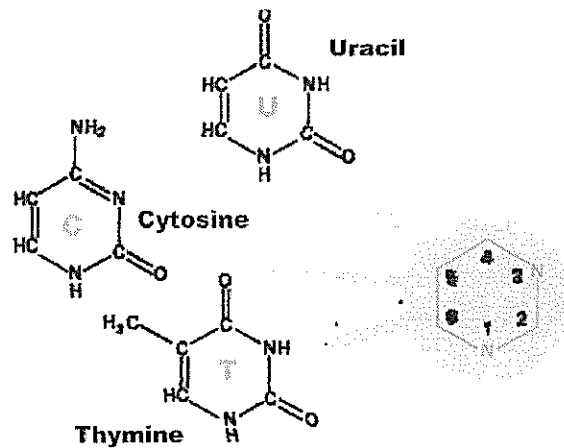
- 1) Purine terdiri dari 2 jenis yaitu Adenine disingkat A dan Guanin disingkat G
- 2) Pyrimidine terdiri dari 3 jenis yaitu Thymine disingkat T, Cytosine disingkat C, dan Uracil disingkat U.



Gambar 6.1. Struktur dua jenis basa purin A, G pada DNA dan RNA (dimodifikasi dari Alberts *et al.*, 1983).

Basa nitrogen dalam DNA adalah A, G, T, dan C, sedangkan basa nitrogen dalam RNA adalah A, G, U, dan C.. Dari kalimat ini perhatikan perbedaan maupun kesamaan basa dalam DNA dan RNA. Nama-nama dan singkatan ini **penting sekali** untuk diingat karena dari notasi huruf pada DNA dan RNA inilah tersimpan urutan kode asam amino dari protein yang jenisnya sangat banyak dan

beragam. Pada bahasan selanjutnya kita akan bertemu lagi dengan notasi huruf-huruf ini.



Gambar 6.2. Struktur dua jenis basa pyrimidine U, C, T pada DNA dan RNA. pada pirimidin (dimodifikasi dari Alberts *et al.*, 1983).

Pertanyaan berikut digunakan untuk menguji apakah kalian sudah memahami materi DNA dan RNA yang telah dibahas.

Latihan pendalaman materi :

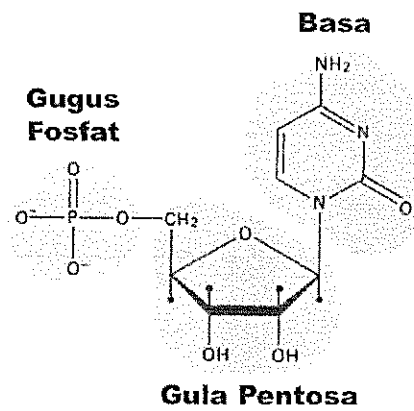
1. Sebutkan singkatan dari DNA dan RNA dengan benar.
2. Apakah DNA dan RNA?
3. Apakah bedanya nukleotida dan nukleosida?
4. Apakah nama basa penyusun DNA dan RNA?
5. Sebutkan jenis atau nama dari kedua basa tersebut.

Apabila kalian telah dapat menjawab pertanyaan dari materi tersebut di atas, maka dapat dilanjutkan dengan materi berikutnya.

Sebaiknya tidak melanjutkan lebih dahulu bila materi di atas belum difahami karena akan menyulitkan pemahaman materi berikutnya. Penamaan nukleosida tergantung dari jenis basa yang ada. Tabel berikut meringkas jenis nukleosida dan singkatannya.

Tabel 4. Penamaan nukleosida berdasarkan jenis basanya

Jenis Basa	Nukleosida	Singkatan
Adenin	Adenosine	A
Guanin	Guanosin	G
Cytosin	Cytidin	C
Uracil	Uridin	U
Thymin	Thymidin	T



Gambar 7. Struktur sebuah nukleotida (dimodifikasi dari Alberts *et al.*, 1983).

Kembali pada definisi nukleotida yang terdiri dari 3 unit seperti telah disebut di atas maka struktur nukleotida digambarkan pada Modul Biokimia, Protein & Asam Nukleat (Murwani, 2010)

Gambar 7. Nukleotida satu dapat berbeda dengan nukleotida yang lain berdasarkan jenis gula dan basanya, sedangkan gugus fosfatnya sama.

Latihan:

Sebelum melanjutkan dan untuk mengingat dan mencermati kembali materi sebelumnya jawablah pertanyaan berikut. Apakah pembeda nukleotida dalam DNA dan RNA?

Nama-nama nukleotida tergantung pada jenis nukleosidanya dan ditulis dengan singkatan seperti berikut : dATP, dTTP, CTP, GTP, dADP, UDP, GMP, dsb. Bagaimana membaca penamaan dalam bentuk singkatan tersebut? Marilah kita lihat singkatan tersebut.

dATP, adalah singkatan dari deoxyadenosine triphosphate (dalam bahasa Inggris)

dTTP, adalah singkatan dari deoxy thymidine triphosphate

CTP , adalah singkatan dari Cytidine triphosphate

GTP , adalah singkatan dari Guanosine triphosphate

dADP, adalah singkatan dari deoxyadenosine diphosphate

UDP , adalah singkatan dari Uridine diphosphate

GMP, adalah singkatan dari Guanosine monophosphate

Seluruh penamaan nukleotida dibunyikan dalam bahasa Inggris mengingat penamaan komponen penyusun nukleotida yaitu ,, dan

juga dalam bahasa Inggris. Setelah nama tersebut dituliskan dalam bahasa Inggris dapat kita bahasa Indonesiakan dengan menghilangkan akhiran e setelah nama nukleosida (Uridine menjadi Uridin) dan mengganti phosphate dengan fosfat.

Latihan:

Buatlah berbagai jenis singkatan nama nukleosida yang lain sebanyak-banyaknya yang dapat kalian buat.

IKATAN FOSFODIESTER

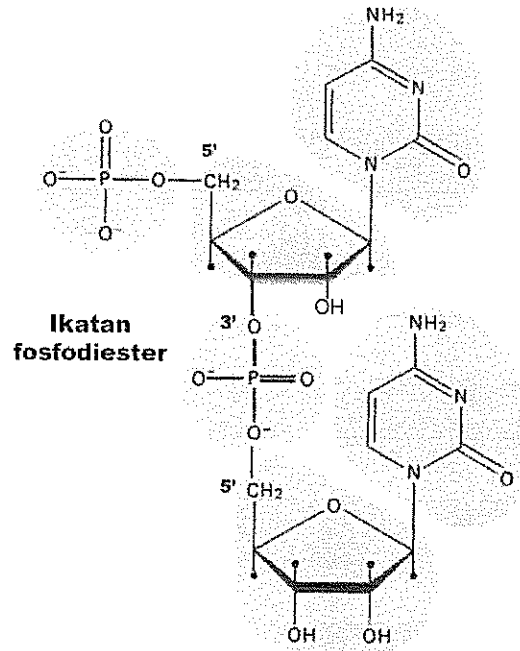
Nukleotida-nukleotida saling dihubungkan membentuk asam nukleat baik berupa DNA ataupun RNA. Ikatan antar nukleotida disebut sebagai ikatan FOSFODIESTER. Berikut adalah struktur dua nukleotida yang dihubungkan melalui ikatan fosfodiester. Ikatan ini merupakan ikatan kovalen. Ikatan ini terjadi antara gugus hidroksil pada posisi C nomor 3 dari gula pentosa sebuah nukleotida dengan gugus fosfat dari nukleotida lain. Gugus fosfat ini letaknya terikat di posisi atom C nomor 5 pada gula pentosa nukleotida. Gambar 8 menunjukkan ikatan fosfodiester antara 2 nukleotida.

Urutan linier atau lurus berbagai jenis nukleotida yang dihubungkan melalui ikatan fosfodiester disingkat dengan kode berupa satu huruf berdasarkan jenis basa yang ada yaitu misalnya : C-A-T-G-T-T-C-A-G-G . Ditinjau dari kode huruf tersebut kita dapat mengetahui bahwa urutan nukleotida tersebut merupakan bagian dari DNA.

Tengoklah kembali jenis-jenis basa dalam DNA dan RNA yang telah dibahas sebelumnya.

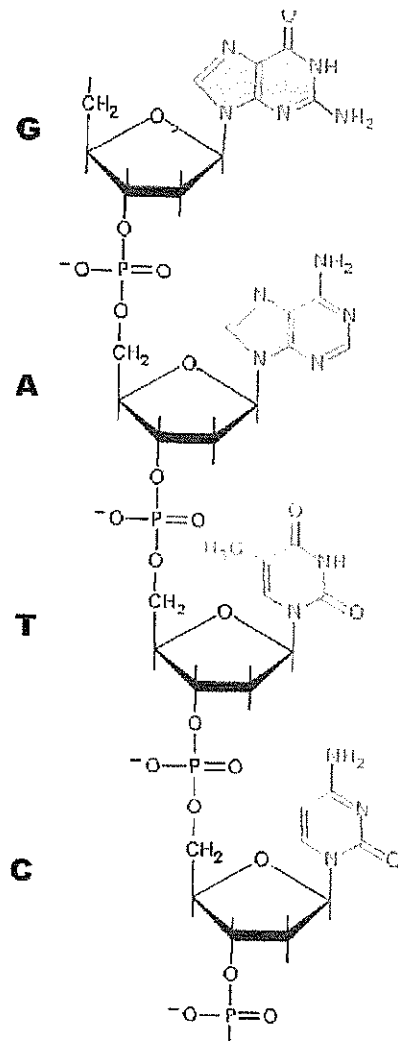
Latihan :

1. Pada Gambar 8, sebutkan jenis basa yang dipakai sebagai contoh.



Gambar 8. Ikatan fosfodiester antara 2 nukleotida. Perhatikan ikatan antara gugus hidroksil pada posisi C nomor 3 dari gula pentosa sebuah nukleotida di atas dengan gugus fosfat dari nukleotida lain di bawahnya (dimodifikasi dari Alberts *et al.*, 1983).

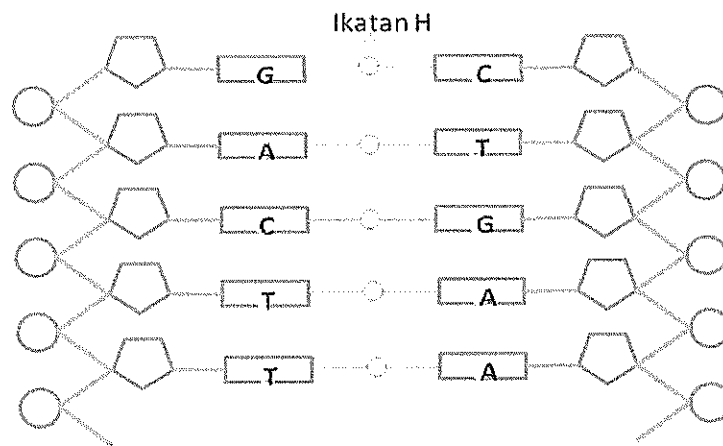
2. Pada gambar 9 diberikan contoh rangkaian DNA yang lain
Tulislah urutan kode DNA tersebut.



Gambar 9. Ikatan fosfodiester antar 4 nukleotida. Perhatikan ikatan antara gugus hidroksil pada posisi C nomor 3 dari gula pentosa sebuah nukleotida di atas dengan gugus fosfat dari nukleotida lain di bawahnya (dimodifikasi dari Alberts *et al.*, 1983).

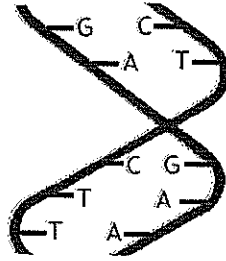
Polimer nukleotida yang membentuk rantai lurus tunggal DNA dapat kita sebut dengan istilah untai tunggal DNA. Namun sebagian Modul Biokimia, Protein & Asam Nukleat (Murwani, 2010)

besar DNA di alam berada dalam bentuk untai ganda atau dalam bahasa Inggris disebut dengan istilah "double stranded DNA" dan disingkat dsDNA. Dimana "strand" berarti untai dan "double" berarti ganda. Untai ganda DNA atau dsDNA dibentuk melalui ikatan Hidrogen yang menghubungkan basa dari untai tunggal satu dengan basa dari untai tunggal yang lain. Untuk jelasnya dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Ikatan hidrogen yang menghubungkan untai tunggal satu DNA dengan untai tunggal DNA lainnya dan membentuk untai ganda. Huruf G, C, A, T dst menunjukkan jenis basa. Gambar segi 5 menunjukkan gula, dan lingkaran besar menunjukkan gugus fosfat, lingkaran kecil menunjukkan ikatan Hidrogen (dimodifikasi dari Berns, 1983).

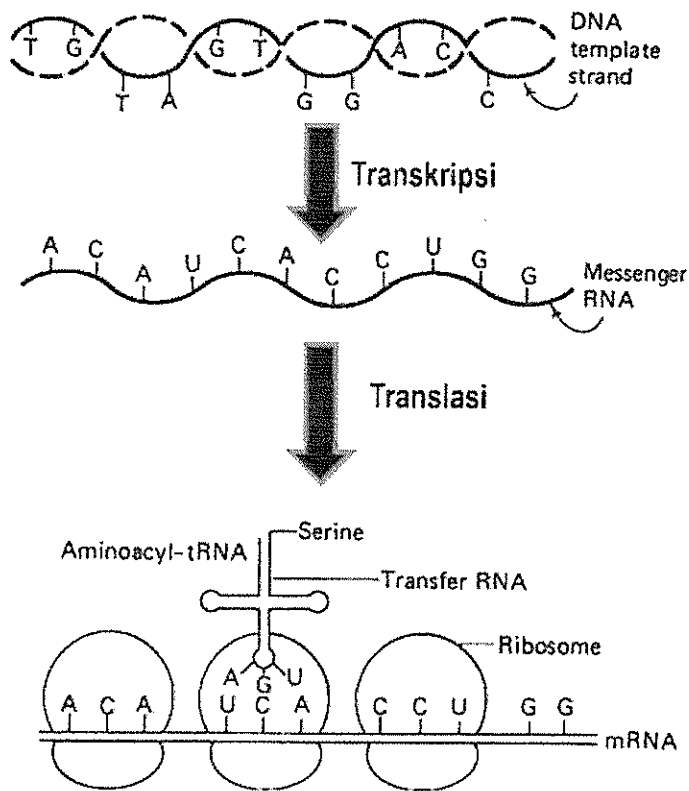
Urutan Basa dari DNA untai ganda pada Gambar 10 tersebut dapat digambarkan seperti pada gambar 11 berikut.



Gambar 11. Untai ganda DNA dengan urutan basa seperti pada Gambar 10.

Kembali ke sintesis protein, dimana sandi pembuatan protein tertera atau terkandung di dalam DNA, maka bagaimana kode di dalam DNA diterjemahkan menjadi urutan asam amino yang menyusun protein? Dogma penterjemahan kode protein dalam DNA dimulai melalui tahapan-tahapan sbb:

- A. Transkripsi DNA menjadi RNA yaitu kode-kode DNA diubah menjadi kode RNA. RNA yang terbentuk ini berupa untai tunggal dan disebut sebagai mRNA. m dari "message" atau pesan yaitu kode-kode yang terkandung dalam RNA.
- B. Kode dalam mRNA diterjemahkan menjadi asam amino yaitu kode-kode dalam mRNA dibaca dengan urutan setiap 3 basa yang disebut **kodon**. Sebuah kodon mengkodekan sebuah asam amino tertentu. mRNA diterjemahkan menjadi urutan asam amino dimana antar asam amino dihubungkan melalui ikatan peptida sehingga membentuk polipeptida dan selanjutnya membentuk protein. Penterjemahan mRNA terjadi di ribosom. Setiap asam amino dibawa oleh tRNA masing-masing.



Gambar 12. Tahapan penterjemahan DNA yaitu transkripsi DNA menjadi mRNA dan pembacaan kode mRNA menjadi asam-asam amino. Perhatikan urutan basa pada DNA dan mRNA (dimodifikasi dari Berns, 1983).

Urutan kode asam amino dalam untai tunggal RNA dibaca setiap 3 huruf yang disebut kodon. Setiap kodon mengkodekan satu buah asam amino. Jenis-jenis kodon yang mengkode asam amino diberikan pada Gambar 12. Untuk kejelasan perhatikan penjelasan di kelas melalui transparansi dan fotocopy transparansi.

	U	C	A	G
U	UUU Phe	UCU Ser	UAU Tyr	UGU Cys
	UUC Phe	UCC Ser	UAC Tyr	UGC Cys
	UUA Leu	UCA Ser	UAA Stop	UGA Stop
	UUG Leu	UCG Ser	UAG Stop	UGG Trp
C	CUU Leu	CCU Pro	CAU His	CGU Arg
	CUC Leu	CCC Pro	CAC His	CGC Arg
	CUA Leu	CCA Pro	CAA Gln	CGA Arg
	CUG Leu	CCG Pro	CAG Gln	CGG Arg
A	AUU Ile	ACU Thr	AAU Asn	AGU Ser
	AUC Ile	ACC Thr	AAC Asn	AGC Ser
	AUA Ile	ACA Thr	AAA Lys	AGA Arg
	AUG Met	ACG Thr	AAG Lys	AGG Arg
G	GUU Val	GCU Ala	GAU Asp	GGU Gly
	GUC Val	GCC Ala	GAC Asp	GGC Gly
	GUA Val	GCA Ala	GAA Glu	GGA Gly
	GUG Val	GCG Ala	GAG Glu	GGG Gly

Gambar 13. Kamus kode asam amino dalam 3 huruf yang disebut kodon. Kodon yang mengkodekan dimulainya pembacaan diarsir warna hijau, dan berhentinya pembacaan diarsir warna merah (dimodifikasi dari Lehninger, 1986).

Latihan :

1. Buatlah sembarang urutan basa pada DNA sebanyak 9 buah
2. Buatlah urutan basa DNA tersebut menjadi urutan RNA (ingat perbedaan antara basa DNA dan RNA pada materi sebelumnya)
3. Terjemahkan ke 9 urutan basa dalam RNA yang kalian buat menjadi asam amino dengan melihat pada tabel di Gambar 12.
4. Sebutkan 5 tahapan sintesis protein

Selanjutnya bersamaan dengan penterjemahan kode mRNA, sintesis protein dimulai yaitu seperti yang telah dipaparkan di halaman 22 yaitu :

1. Pengaktifan asam amino
2. Inisiasi (dimulainya) pembuatan rantai polipeptida
3. Perpanjangan asam amino melalui ikatan peptida (ingat bahasan sebelumnya mengenai ikatan peptida)
4. Penyelesaian (terminasi) dan pelepasan rantai polipeptida
5. Pelipatan polipeptida (untuk membentuk struktur tiga dimensi seperti telah dibahas sebelumnya di atas) dan pemrosesan pasca terjemahan (yang ini akan disinggung sedikit).

Yang dimaksud dengan pemrosesan pasca terjemahan adalah bahwa setelah protein terbentuk maka berbagai gugus seperti gugus karbohidrat, fosfat, dsb ditambahkan sehingga protein tersebut dapat berfungsi sesuai jenis proteinnya. Penambahan gugus karbohidrat disebut glikosilasi, penambahan gugus fosfat disebut fosforilasi.

PREKURSOR ASAM AMINO

Kita telah mengetahui bahwa berbagai jenis asam amino penyusun protein ada dua puluh jenis. Keduapuluh jenis asam amino tersebut dapat disintesis dalam tubuh, namun sebagian hanya mampu dibuat dalam jumlah sedikit sehingga tidak mencukupi dan harus diperoleh dari makanan. Asam amino

Modul Biokimia, Protein & Asam Nukleat (Murwani,2010)

tersebut karenanya disebut asam amino esensial. Apakah bahan asal/prekursor untuk membuat asam amino? Secara ringkas sintesis berbagai jenis asam amino dimulai dari prekursornya. Menurut prekursornya maka sintesis asam amino dikelompokkan sbb :

1. Alfa ketoglutarat adalah prekursor asam glutamat, glutamin, prolin dan arginin.
2. 3-fosfoglisarat adalah prekursor asam amino serin glisin, sistein.
3. Oxaloacetat adalah prekursor asam amino aspartat, asparagin, metionin, threonin, dan lisin.
4. Piruvat adalah prekursor asam amino alanin, valine, leusin, isoleusin.
5. Fosfoenolpiruvat dan erithrosa 4-fosfat adalah prekursor asam amino triptofan, fenilalanin, dan tirosin.
6. Ribosa 5-fosfat adalah prekursor asam amino histidin.

Pengelompokan sintesis asam amino berdasarkan prekursornya diringkas dalam Tabel berikut.

Pengelompokan sintesis asam amino berdasarkan prekursornya

A-ketoglutarat:	1. Glutamat
	2. Glutamin
	3. Prolin
	4. Arginin
Piruvat	5. Alanin
	6. Valin*
	7. Leusin*
	8. Isoleusin*
3-Fosfogliserat	9. Serin
	10. Glisin
	11. Sistein
Oxaloasetat	12. Aspartat
	13. Aspargin
	14. Metionin*
	15. Threonin*
	16. Lisin*
Fosfoenolpiruvat dan erithrosa 4-fosfat	17. Triptofan*
	18. Fenilalanin*
	19. Tirosin*
Ribosa 5-fosfat	20. Histidin*

* Asam amino esensial

(dimodifikasi dari Nelson and Cox, 2005)

Jalur sintesis berbagai jenis asam amino di atas dimulai dari prekursornya tidak akan dibahas lebih lanjut. Untuk bahasan saat ini cukup sampai mengetahui prekursor dari masing-masing asam amino.

KATABOLISME PROTEIN

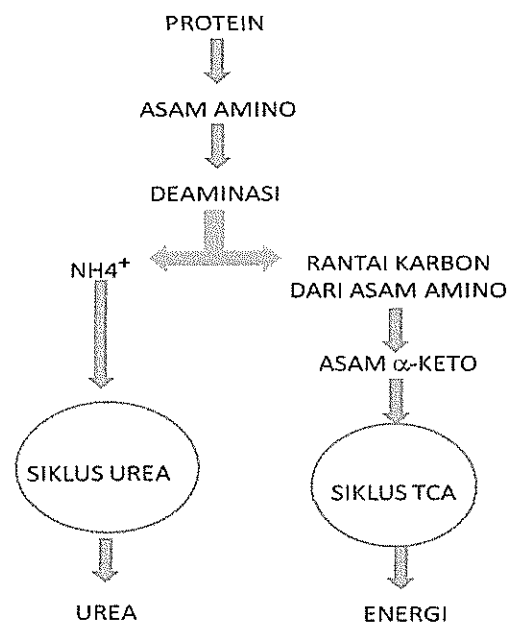
KAPAN PROTEIN DALAM TUBUH MENGALAMI PEMECAHAN?

Protein dalam tubuh dapat mengalami pemecahan untuk digunakan rantai karbonnya sebagai sumber energi. Namun karena protein sangat berharga, hanya dalam kondisi tertentu akan mengalami pemecahan atau katabolisme. Kapan protein mengalami katabolisme? Protein akan mengalami katabolisme apabila :

1. Makanan yang kaya protein dan asam amino yang masuk tubuh melebihi kebutuhan tubuh untuk sintesis protein. Kelebihannya dipecah, dan hasil pemecahan protein berupa asam amino akan dipecah lebih lanjut untuk sumber energi. Asam amino tidak dapat disimpan.
2. Selama kelaparan atau pada penderita Diabetes Melitus yang tidak terkontrol, ketika KH tidak tersedia atau tidak dapat digunakan dengan baik, maka protein dalam sel dipakai sebagai bahan bakar.
3. Selama proses normal sintesis dan degradasi protein dalam sel (protein turnover), sebagian asam amino yang dilepas dari pemecahan protein tidak diperlukan untuk membuat protein.

BAGAIMANA JALUR KATABOLISME PROTEIN DALAM SEL TUBUH?

Katabolisme protein akan menghasilkan monomernya yaitu asam-asam amino. Asam amino mengalami deaminasi yaitu proses dimana gugus amin dari asam amino diambil dari asam amino (de = dihilangkan, amin = gugus amin). Setelah mengalami deaminasi, terbentuk asam-asam α -keto. Asam α -keto ini memiliki rantai karbon dari asam amino (jumlah rantai karbon 3 atau 4) yang akan masuk dalam jalur glikolisis. Untuk memudahkan memperoleh gambaran tahapan pemecahan asam amino tersebut maka diberikan skema berikut.

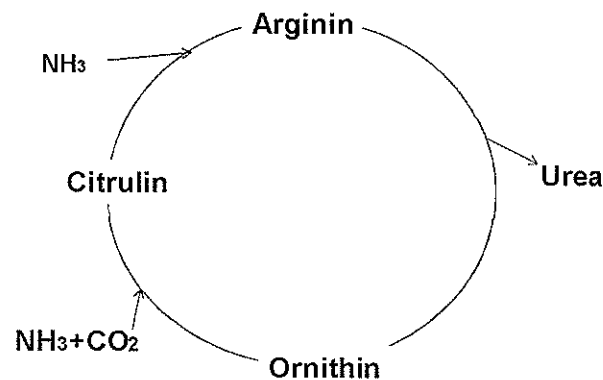


Gambar. 14. Skema pemecahan protein tubuh (dimodifikasi dari Lehninger, 1986).

Gugus amin dari asam amino diuraikan lebih lanjut dalam siklus urea sehingga dihasilkan produk akhir urea yang dibuang melalui urin.

SIKLUS UREA

Amonia yang dihasilkan dari deaminasi asam amino bersifat toksik dan diubah menjadi urea di dalam hati melalui siklus yang disebut Siklus Urea (Urea Cycle). Siklus ini ditemukan oleh Hans Krebs yang menemukan siklus Kreb/TCA. Dalam siklus ini sebuah molekul ornithin bereaksi dengan satu molekul ammonia (NH_3) dan sebuah molekul CO_2 membentuk molekul citrulin. Sebuah molekul ammonia yang lain ditambahkan dan bereaksi dengan citrulin membentuk arginin.



Gambar 15. Siklus Urea (dimodifikasi dari Lehninger, 1986).

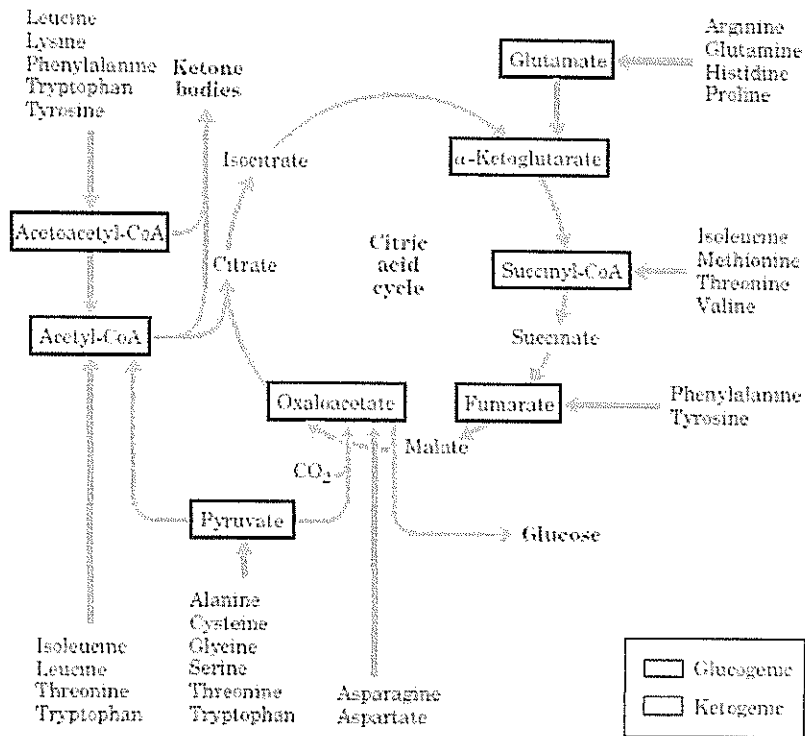
Arginin dipecah lebih lanjut menghasilkan Urea dan sebuah molekul ornithin. Ornithin ini akan digunakan lebih lanjut untuk reaksi pembentukan urea yang berikutnya (Gambar 15 di bawah).

Apa sajakah produk akhir deaminasi asam amino?

1. Hasil deaminasi Asam Amino amino bercabangseperti lisin dan beberapa asam amino aromatis adalah badan keton yaitu acetoacetate dan D-beta-hydroxybutyrate.
2. Hasil deaminasi asam amino aliphatis dan aromatis adalah senyawa antara (intermediate) dalam siklus Krebs atau TCA yaitu piruvat, fumarat, glutamat, succinyl CoA, dan Oxaloacetat.

Gambar berikut menunjukkan ringkasan berbagai jenis asam amino yang apabila mengalami pemecahan akan memasuki jalur glikolisis ke siklus TCA pada berbagai titik. Asam amino yang pemecahannya menghasilkan badan keton disebut sebagai : KETOGENIK (pada gambar diarsir biru). Asam amino yang pemecahannya menghasilkan senyawa antara siklus TCA disebut sebagai : GLUKOGENIK (pada gambar diarsir merah jambu). Asam amino dapat bersifat KETOGENIK saja atau GLUKOGENIK saja, atau keduanya (perhatikan asam amino yang dapat memasuki jalur ketogenik dan glukogenik pada Modul Biokimia, Protein & Asam Nukleat (Murwani,2010)

Gb.16). Asam amino glukogenik juga merupakan prekursor gula darah dan glikogen hati. Cobalah dibuka kembali siklus glukoneogenesis yang diberikan pada Bab Karbohidrat.



Gb.16 . Jalur pemecahan berbagai jenis asam amino untuk menghasilkan energi (dimodifikasi dari Nelson and Cox, 2005)

Pada Gb. 16 kita dapat membaca (perhatikan secara seksama Gb.16) bahwa asam-asam amino dapat memasuki siklus Krebs melalui senyawa-senyawa acetyl CoA, alfa ketoglutarat, succinyl CoA, fumarat, dan oxaloacetat. Sebagian menjadi

piruvat (alanin, cystein, glycin, serin, threonin, tryptophan) yang dapat diubah lebih lanjut menjadi acetyl CoA.

Latihan :

1. Sebutkan kondisi dimana protein tubuh akan mengalami pemecahan/katabolisme.
2. Jelaskan dengan singkat tahapan katabolisme protein.
3. Apakah yang dimaksud dengan asam amino ketogenik dan glukogenik.
4. Sebutkan asam-asam amino yang bersifat ketogenik dan glukogenik.
5. Dari Gb.16 sebutkan asam-asam amino yang bersifat ketogenik dan glukogenik.

PUSTAKA / RUJUKAN

Alberts, B., Bray D., Lewis J., Reff M., Roberts, K., Watson J. D. 1983. Molecular Biology of the Cell. Garland Publishing, Inc. New York.

Berns, M.W. 1983. Cells. Saunders College Publishing.

Nelson, D. L. and Cox, M.M. 2005. Lehninger Principles of Biochemistry. 4th Edition.

Lehninger, A. L. 1986. Lehninger Principles of Biochemistry. Worth Publisher, Inc. New York.

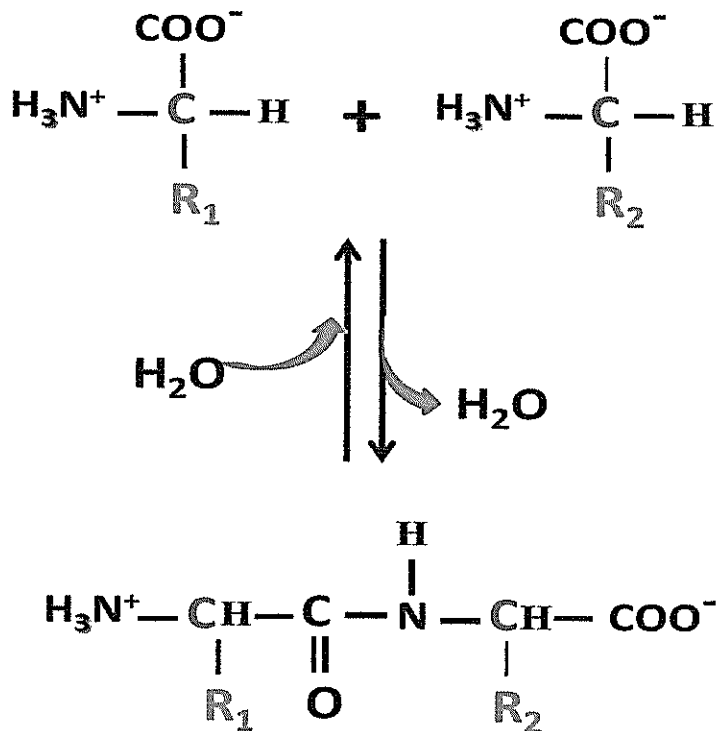
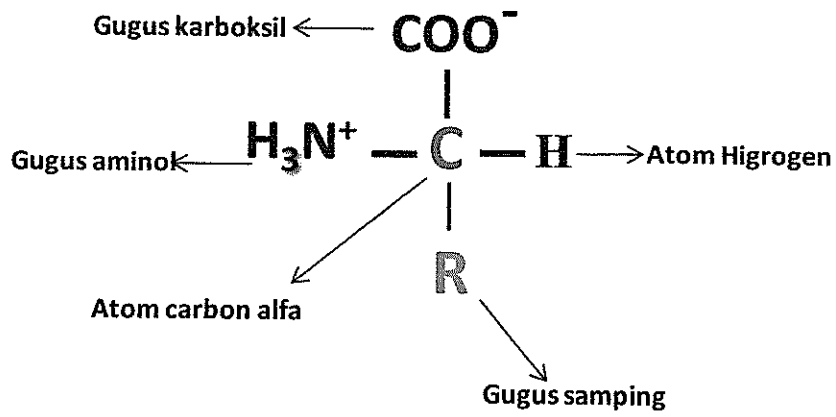
Suttie, J. W. 1977. Introduction to Biochemistry. Holt-Saunders International Editions. New York.

LAMPIRAN TRANSPARANSI

JENIS-JENIS ASAM AMINO

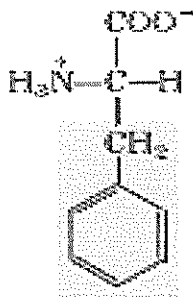
	Nama Asam Amino (asli dalam bahasa Inggris)	Nama Asam Amino yang ditulis dalam bahasa Indonesia	Singkatan Asam Amino
1	Glutamate	Asam glutamat	Glu
2	Aspartate	Asam aspartat	Asp
3	Lysine	Lysine	Lys
4	Histidin	Histidin	His
5	Arginin	Arginin	Arg
6	Serin	Serin	Ser
7	Threonin	Threonin	Thr
8	Cystein	Cistein	Cys
9	Asparagine	Asparagin	Asn
10	Glutamine	Glutamin	Gln
11	Phenilalanin,	Phenilalanin	Phe
12	Tirosin	Tirosin	Tyr
13	Triptophan	Triptophan	Trp
14	Glycine	Glisin	Gly
15	Alanine	Alanin	Ala
16	Valine	Valin	Pro
17	Proline	Prolin	Val
18	Leucine	Leusin	Leu
19	Isoleucine	Isoleusin	Ile
20	Methionine	Metionin	Met

STRUKTUR ASAM AMINO

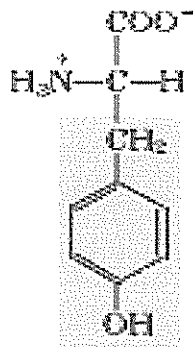


STRUKTUR BERBAGAI JENIS ASAM AMINO BERDASARKAN GUGUS RANTAI CABANG

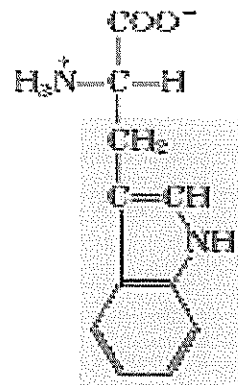
Aromatic R groups



Phenylalanine

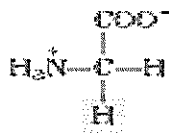


Tyrosine

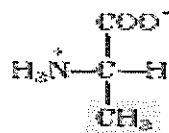


Tryptophan

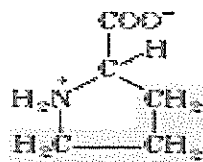
Nonpolar, aliphatic R groups



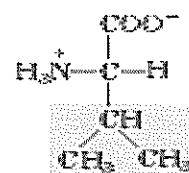
Glycine



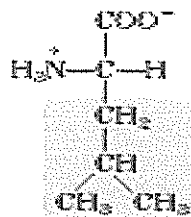
Alanine



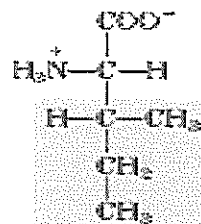
Proline



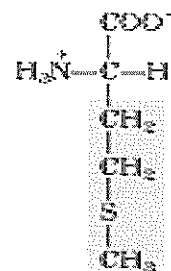
Valine



Leucine

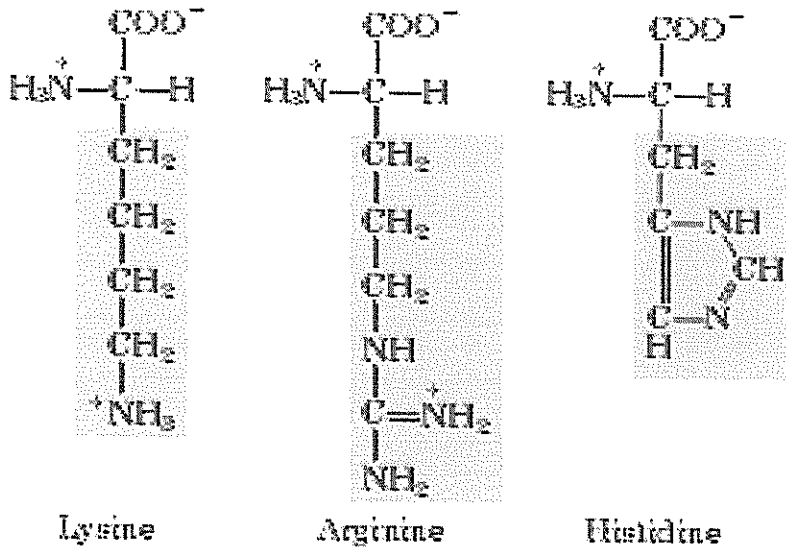


Isoleucine

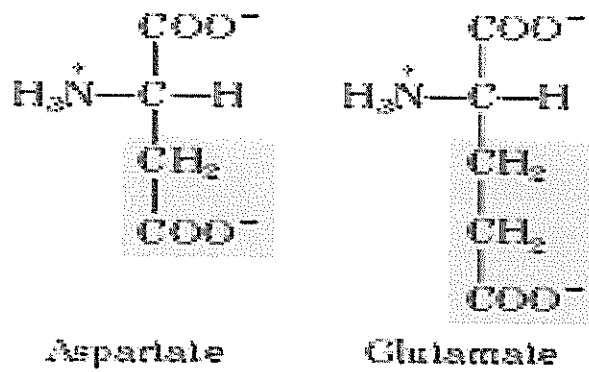


Methionine

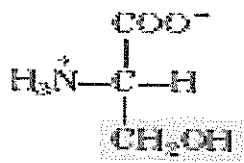
Positively charged R groups



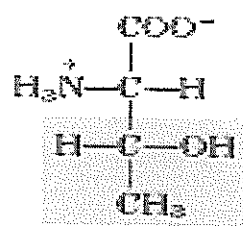
Negatively charged R groups



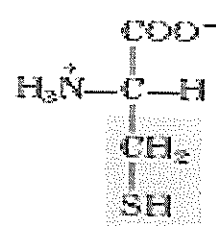
Polar, uncharged R groups



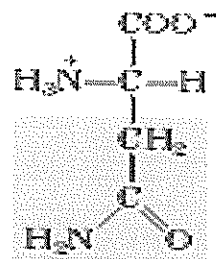
Serine



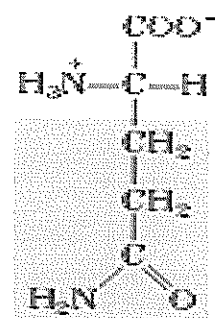
Threonine



Cysteine

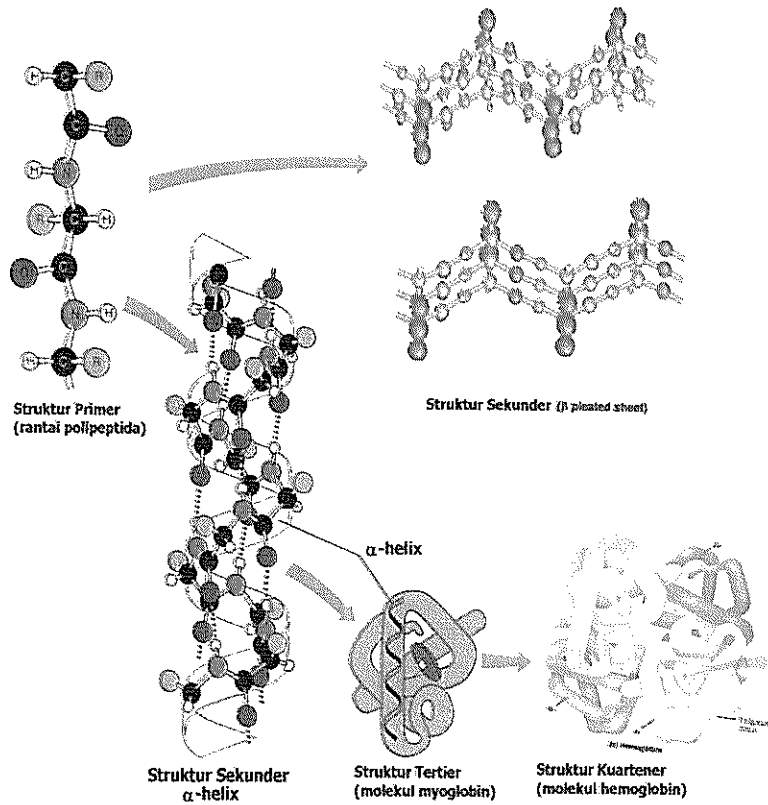


Asparagine



Glutamine

STRUKTUR PROTEIN



BERBAGAI JENIS PROTEIN DAN FUNGSIONYA DLM MAKHLUK HIDUP

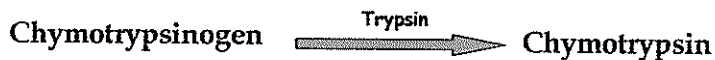
	Jenis & Nama Protein	Fungsi dalam makhluk hidup (sistim biologis)
1	Hemoglobin darah Serum Albumin	Sebagai pengangkut atau pengikat oksigen dan nutrien lainnya
2	Casein susu Gliadin dalam jagung Feritin	Sebagai zat gizi dan simpanan
3	Actin, Myosin, Tubulin, Dynein	Protein yang bersifat kontraktik dan motil sehingga dapat menggerakkan otot dsb
4	Keratin, Kolagen	Protein penyusun struktur jaringan
5	Antibodi, fibrinogen, racun ular, toksin botulinum dari mikroba, Ricin	Protein untuk pertahanan tubuh
6	Insulin, Hormon Pertumbuhan	Protein pengatur

PROENZIM PENCERNAAN

Enzim yang diproduksi oleh Lambung :



Enzim-enzim yang diproduksi oleh Pankreas :

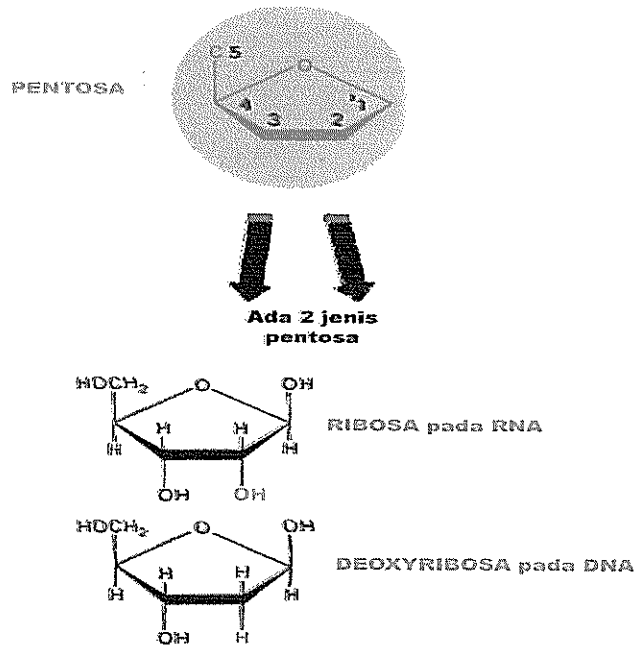


PEMECAHAN PROTEIN DALAM SALURAN PENCERNAAN

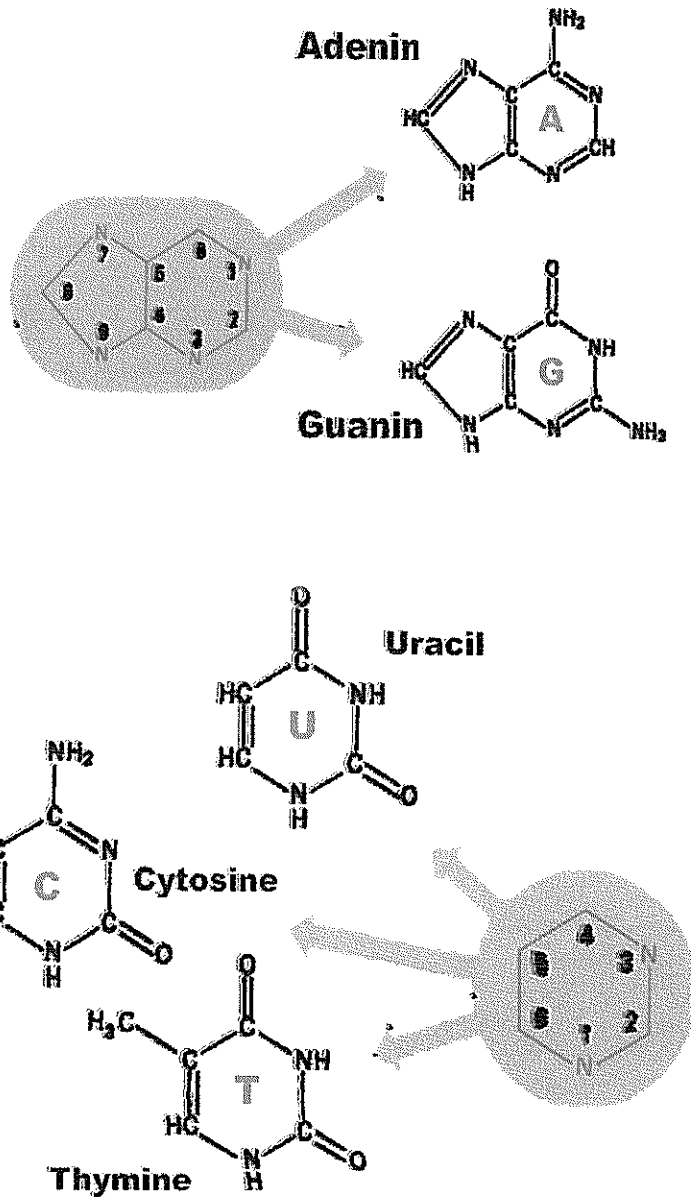
Segmen Pencernaan	Enzim yang bekerja	Perubahan yang terjadi
Lambung	PEPSIN dengan adanya HCl dan pH 2	PROTEIN ↓ POLIPEPTIDA BESAR / PEPTON
Usus Halus	<u>ENZIM PANKREAS:</u> TRYPSIN, CHYMOTRIPSIN, CARBOXYPEPTIDASE A dan B	↓ OLIGOPEPTIDA & PEPTIDA KECIL
Usus Halus	ENZIM BRUSH BORDER: AMINOPEPTIDASE CARBOXYPEPTIDASE DIPEPTIDASE	↓ ASAM AMINO, DIPETPTIDA, TRIPLEPTIDA
		↓ DISERAP

ASAM NUKLEAT

GULA ASAM NUKLEAT



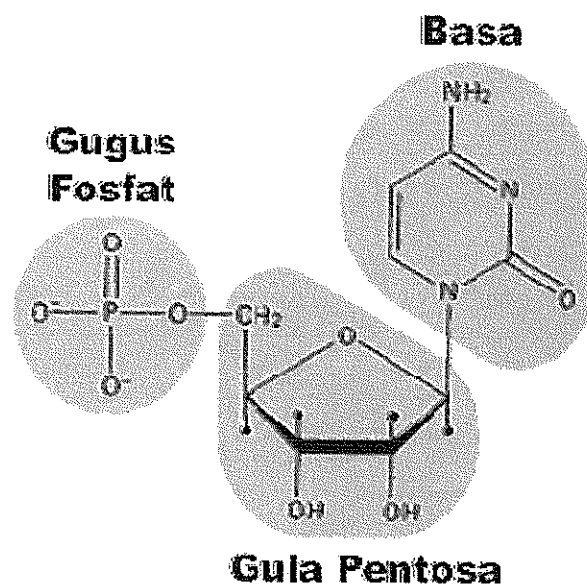
BASA ASAM NUKLEAT



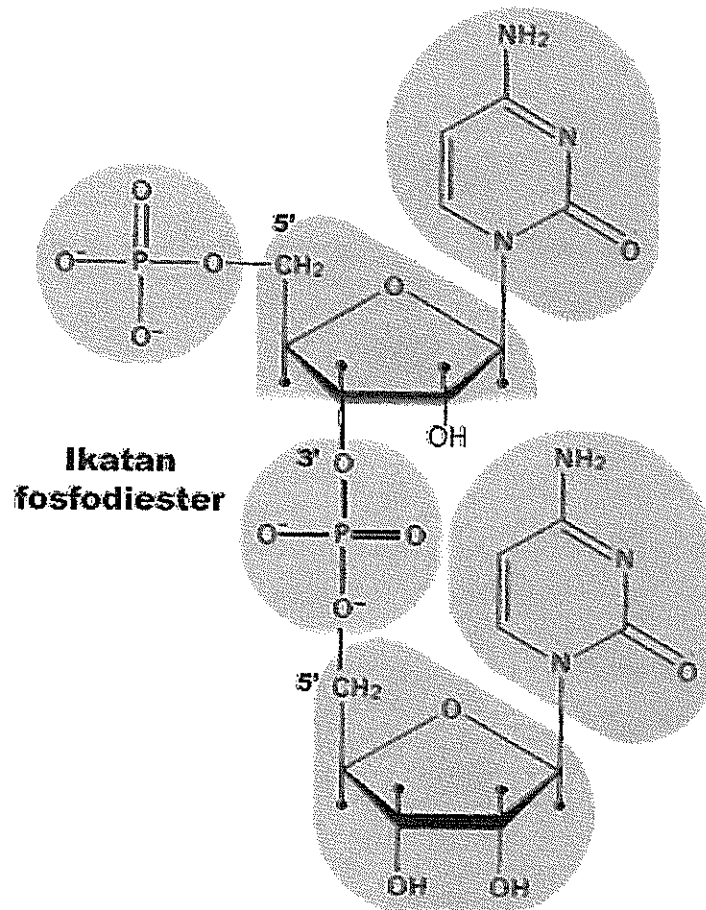
NUKLEOSIDA

Jenis Basa	Nukleosida	Singkatan
Adenin	Adenosine	A
Guanin	Guanosin	G
Cytosin	Cytidin	C
Uracil	Uridin	U
Thymin	Thymidin	T

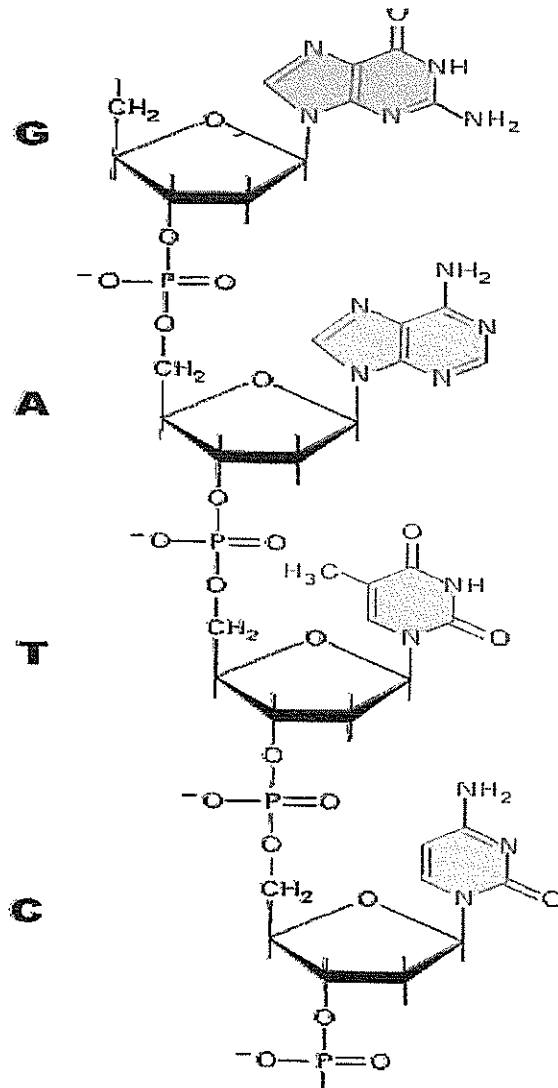
NUKLEOTIDA



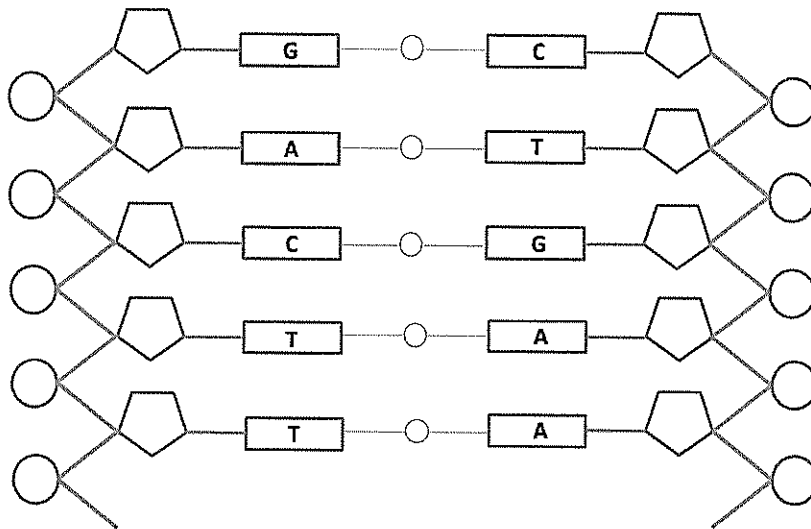
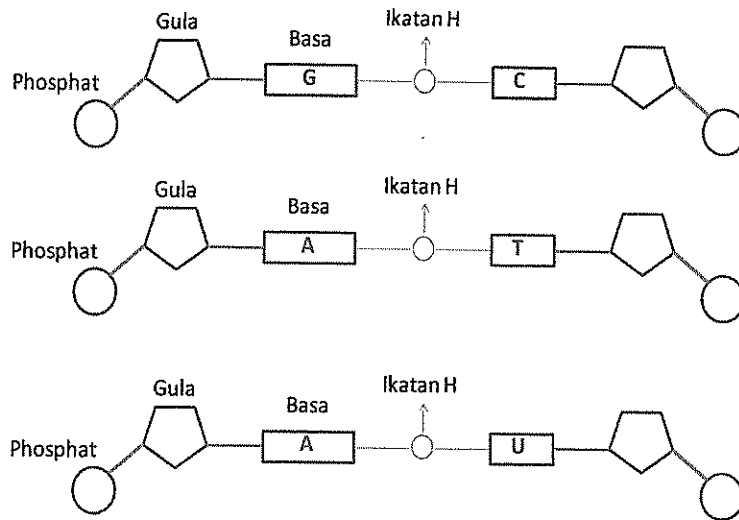
IKATAN FOSFODIESTER

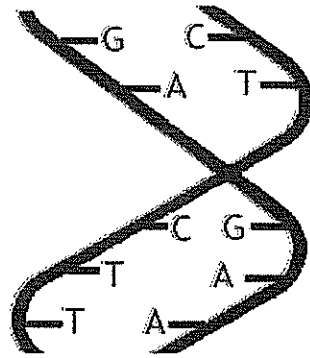


DNA ATAU RNA?



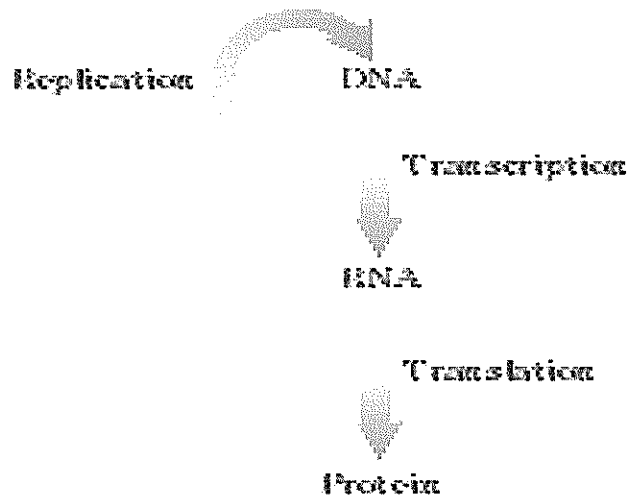
UNTAI GANDA DNA (dsDNA)



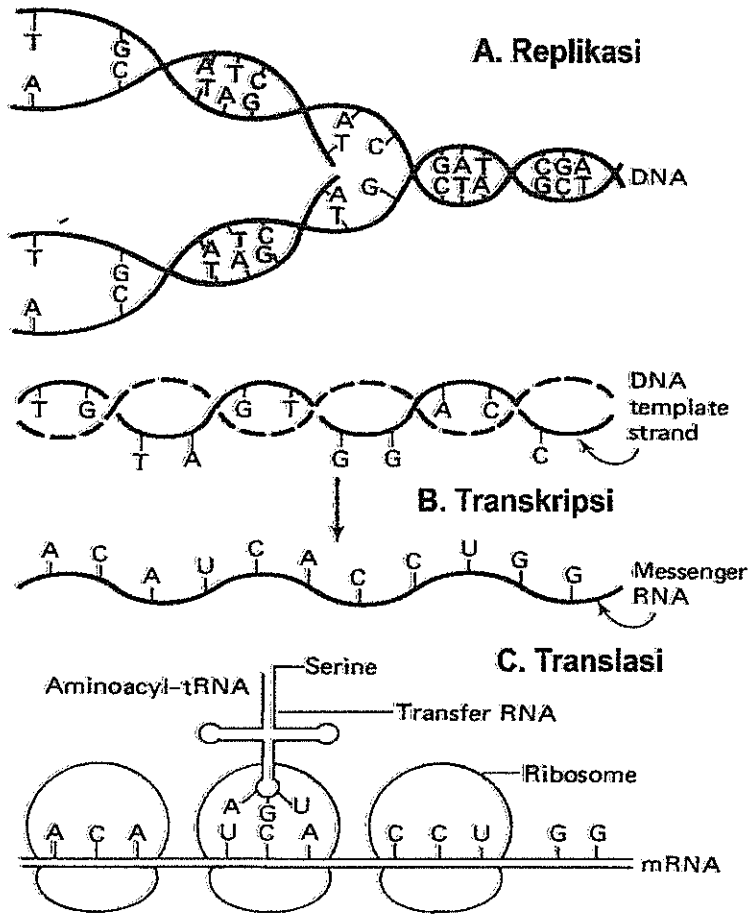


UNTAI GANDA DNA

DARI DNA KE PROTEIN



DARI DNA KE PROTEIN



CODON : KODE ASAM AMINO

	U	C	A	G
U	UUU Phe	UCU Ser	UAU Tyr	UGU Cys
	UUC Phe	UCC Ser	UAC Tyr	UGC Cys
	UUA Leu	UCA Ser	UAA Stop	UGA Stop
	UUG Leu	UCG Ser	UAG Stop	UGG Trp
C	CUU Leu	CCU Pro	CAU His	CGU Arg
	CUC Leu	CCC Pro	CAC His	CGC Arg
	CUA Leu	CCA Pro	CAA Gln	CGA Arg
	CUG Leu	CCG Pro	CAG Gln	CGG Arg
A	AUU Ile	ACU Thr	AAU Asn	AGU Ser
	AUC Ile	ACC Thr	AAC Asn	AGC Ser
	AUA Ile	ACA Thr	AAA Lys	AGA Arg
	AUG Met	ACG Thr	AAG Lys	AGG Arg
G	GUU Val	GCU Ala	GAU Asp	GGU Gly
	GUC Val	GCC Ala	GAC Asp	GGC Gly
	GUA Val	GCA Ala	GAA Glu	GGA Gly
	GUG Val	GCG Ala	GAG Glu	GGG Gly

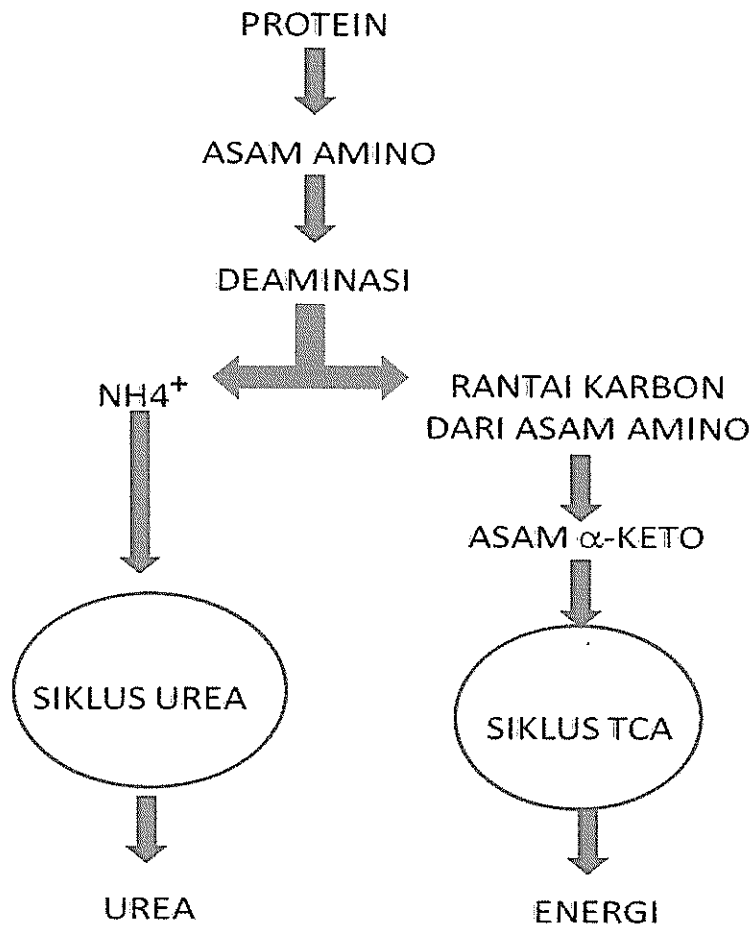
PREKURSOR UNTUK SINTESIS ASAM AMINO

Pengelompokan sintesis asam amino berdasarkan prekursornya

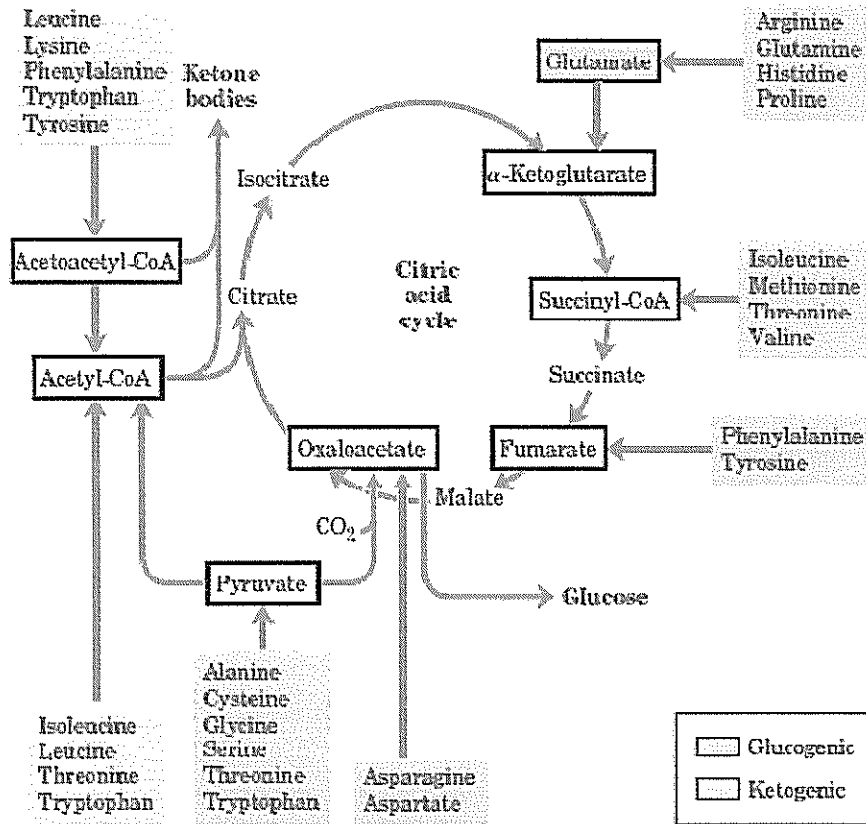
A-ketoglutarat:	1. Glutamat
	2. Glutamin
	3. Prolin
	4. Arginin
Piruvat	5. Alanin
	6. Valin*
	7. Leusin*
	8. Isoleusin*
3-Fosfoglisarat	9. Serin
	10. Glisin
	11. Sistein
Oxaloasetat	12. Aspartat
	13. Aspargin
	14. Metionin*
	15. Threonin*
	16. Lisin*
Fosfoenolpiruvat dan erithrosa 4-fosfat	17. Triptofan*
	18. Fenilalanin*
	19. Tirosin*
Ribosa 5-fosfat	20. Histidin*

* Asam amino esensial

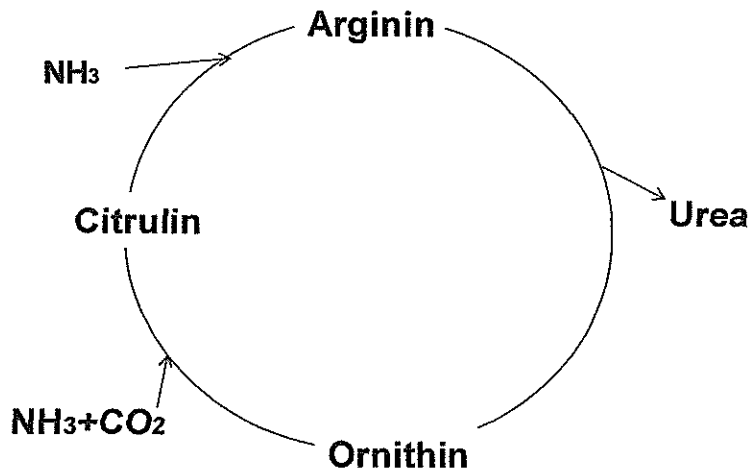
PEMECAHAN ASAM AMINO



JALUR PRODUKSI ENERGI DR HASIL PEMECAHAN ASAM AMINO



JALUR PEMBENTUKAN UREA DARI PEMECAHAN ASAM AMINO



UREA

