

SELULOSA DAN GLUKOSA

Erina Dwi Larasati ^{1,*}, Reka Driananta Tresna Dewi ¹, Afifah Zahirah ¹, Oktavia Nur Rahmatullah ¹, Nadya Herawati ¹

Kimia, Universitas Negeri Surabaya, Jl. Ketintang, Surabaya (60231), Surabaya
email: ^aerinadwi.22012@mhs.unesa.ac.id, ^brekadriananta.22013@mhs.unesa.ac.id,
^cafifahzahirah.22014@mhs.unesa.ac.id, ^doktavianur.22015@mhs.unesa.ac.id, dan
^enadyaherawati.22016@mhs.unesa.ac.id

*Corresponding Author

ABSTRACT

Polysaccharides, a large group of complex carbohydrate molecules, are the focus of this research due to their practical applications. These molecules, consisting of multiple sugar units linked by glycosidic bonds, are studied using structural analysis techniques such as NMR spectroscopy and chromatography. These methods help determine the repeating patterns of sugar units and the types of glycosidic bonds. Understanding the roles of polysaccharides in various biological functions, including energy storage and providing structure and support in living organisms, has practical implications. For instance, cellulose, the main component of plant cell walls, is composed of long chains of β -glucose that provide strength and density to plants. Meanwhile, glycogen, a glucose storage polysaccharide found in the liver and muscles of animals, is used to store and provide glucose as an energy source.

Keywords: Polysaccharides; glycogen; cellulose

ABSTRAK

Polisakarida adalah kelompok besar molekul karbohidrat kompleks yang terdiri dari beberapa unit gula yang terhubung melalui ikatan glikosidik. Metode utama untuk mempelajari polisakarida meliputi teknik analisis struktur seperti spektroskopi NMR dan kromatografi, yang digunakan untuk menentukan pola pengulangan unit gula dan jenis ikatan glikosidik. Tujuan dari penelitian polisakarida adalah untuk memahami peran mereka dalam berbagai fungsi biologis, termasuk penyimpanan energi, memberikan struktur, dan dukungan dalam organisme hidup. Sebagai contoh, selulosa, polisakarida yang merupakan komponen utama dinding sel tumbuhan, terdiri dari rantai panjang β -glukosa yang memberikan kekuatan dan kepadatan pada tanaman. Sementara itu, glikogen adalah polisakarida penyimpanan glukosa yang ditemukan di hati dan otot hewan, digunakan untuk menyimpan dan menyediakan glukosa sebagai sumber energi.

Kata Kunci: polisakarida; glikogen; selulosa

I. PENDAHULUAN

Polisakarida adalah kelompok besar pada molekul karbohidrat yang memiliki peran

utama dalam dunia biokimia dan biologi. Dua contoh penting dari polisakarida adalah glukosa dan selulosa. Glukosa adalah gula

se sederhana yang merupakan sumber utama energi dalam tubuh manusia dan hewan. Selulosa adalah polisakarida struktural yang terjadi pada tumbuhan dan memberikan kekuatan serta struktur pada dinding sel tumbuhan.

Polisakarida ini memiliki perbedaan penting dalam struktur dan fungsi biologis. Glukosa adalah monomer yang membentuk dasar banyak molekul polisakarida lainnya, seperti amilum dan glikogen yang digunakan sebagai sumber penyimpanan energi dalam organisme. Di sisi lain, selulosa adalah komponen penting dalam matriks ekstraseluler tumbuhan yang memberikan dukungan dan kerangka untuk struktur tumbuhan.

Pemahaman yang lebih dalam tentang struktur dan fungsi polisakarida seperti glukosa dan selulosa memiliki dampak besar dalam berbagai bidang, termasuk biologi, biokimia, pertanian, dan industri. Studi tentang polisakarida ini dapat membantu dalam pengembangan teknologi untuk produksi energi, pemrosesan bahan baku berbasis tumbuhan, dan pengembangan produk makanan yang lebih sehat.

II. METODE PENELITIAN

Pada artikel ilmiah ini berisikan metode pengumpulan data secara kualitatif yang diambil melalui sumber data terpercaya dalam bentuk e-journal dan e-book. Pencarian data dilakukan melalui google dan google scholar sebagai tempat pencarian jurnal dan artikel dari beberapa penulis. Artikel maupun jurnal yang digunakan

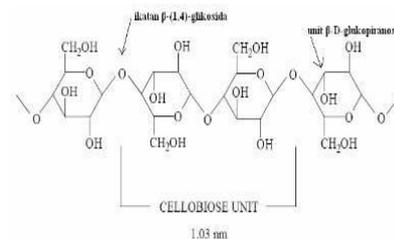
sebagai bahan artikel ini diambil dari artikel yang memuat data yang valid dari sumber terpercaya dan sesuai dengan topik yang dibahas.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Selulosa

1. Struktur selulosa

Selulosa termasuk polimer hidrofilik dengan tiga gugus hidroksil reaktif tiap unit hidroglikosa, tersusun atas ribuan gugus anhidroglikosa yang tersambung melalui ikatan 1,4- β -glukosida membentuk molekul berantai yang panjang dan linier. Gugus hidroksil pada C2 dan C3 adalah gugus hidroksil yang terikat pada atom karbon sekunder, sedangkan gugus hidroksil pada C6 terikat pada atom karbon primer (Mulyadi, 2019).



Gambar 1. Struktur selulosa

Struktur kimia selulosa terdiri dari unsur C, O, dan H yang membentuk rumus molekul (C₆H₁₀O₅) dengan ikatan hidrogen yang sangat erat. Gugus fungsional dari rantai selulosa adalah gugus hidroksil. Ikatan -H juga terjadi antara gugus -OH selulosa dengan air. Gugus -OH selulosa menyebabkan permukaan selulosa menjadi hidrofilik. Rantai selulosa memiliki gugus -H di kedua ujungnya. Struktur rantai

selulosa distabilkan oleh ikatan hidrogen yang kuat disepanjang rantai. Di dalam selulosa alami dari tanaman, rantai selulosa diikat bersama-sama membentuk mikrofibril yang sangat terkristal (highly crystalline) dimana setiap rantai selulosa diikat bersama-sama dengan ikatan hidrogen.

Struktur selulosa dalam organisme hidup dapat bervariasi tergantung pada sumbernya, seperti tanaman dan bakteri. Struktur selulosa dalam organisme hidup sebagai berikut:

1) Selulosa Tanaman

Selulosa tanaman adalah senyawa organik yang paling umum di alam dan merupakan komponen struktural utama dinding sel dari tanaman hijau. Selulosa tanaman memiliki struktur kristal yang disebut β -selulosa yang terdiri dari rantai linier D-glukosa yang terhubung melalui ikatan β -1,4-glikosida. Struktur kristal ini memberikan kekuatan dan kekakuan pada dinding sel tanaman. Selulosa juga merupakan komponen utama dalam serat tumbuhan. Beberapa jenis tanaman yang mengandung selulosa antara lain kapas dan kayu (Mulyawan, Sana, & Kaelani, 2015). Isi selulosa dari kapas mencapai 90% sedangkan pada kayu mencapai 40- 50%.

2) Selulosa Bakteri

Selulosa bakteri merupakan selulosa yang dihasilkan oleh beberapa jenis bakteri seperti galur *Acetobacter* yang banyak digunakan dalam industry makanan seperti *nata de coco*. Selulosa bakteri merupakan homopolimer dari molekul β -D-1,4 Glukosa dengan ikatan β -glikosidik. Selulosa bakteri ini memiliki diameter sekitar 2-20 nm dan Panjang 100- 40.000 nm. Selulosa yang dihasilkan lebih kuat, lebih tipis, dan lebih ringan dibandingkan dengan selulosa yang berasal dari tumbuhan (Fitriarni, Prawiro, Verawati, Hardiansyah, & Aprianti, 2019).

Berdasarkan derajat polimerisasi (DP) dan kelarutan dalam senyawa natrium hidroksida (NaOH) 17,5%, selulosa dapat dibagi atas tiga jenis sebagai berikut (Nuringtyas, 2010) :

- a) selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan DP (Derajat Polimerisasi) 600-15000. α -selulosa dipakai sebagai penduga dan atau tingkat kemurnian selulosa. Semakin tinggi kadar α -selulosa, maka semakin baik mutu bahannya.
- b) β -Selulosa (*Betha Cellulose*) adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP (Derajat

Polimerisasi) 15-90, dapat mengendap bila dinetralkan.

- c) γ -Selulosa (*Gamma Cellulose*) adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP (Derajat Polimerisasi) kurang dari 15, kandungan utamanya adalah hemiselulosa

2. Fungsi selulosa dalam organisme hidup

Selulosa merupakan polisakarida yang jika terhidrolisis akan menghasilkan monomer glukosa dan beberapa selobiosa (Nisa, 2014). Selulosa merupakan polisakarida yang banyak ditemui pada organisme misalnya pada dinding sel tumbuhan, alga dan bakteri. Pada dinding sel selulosa merupakan suatu komponen utama yang memiliki peran dalam memberikan kekuatan dan dukungan struktural bagi sel tumbuhan dan melindungi sel tumbuhan dari serangan patogen dan tekanan mekanis.

Selain itu selulosa berfungsi pada proses pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan misalnya ketika melakukan pembelahan sel, ekspansi sel dan pembentukan struktur tumbuhan batang dan akar.

Tumbuhan yang mengandung selulosa bisa berfungsi untuk membersihkan lingkungan yang tercemar oleh senyawa kimia seperti logam berat dan polutan lainnya.

Proses ini dikenal dengan fitoremediasi. Fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi (Rondonuwu, 2014). Fitoremediator tersebut dapat berupa herba, semak bahkan pohon.

3. Proses pembentukan selulosa

Selulosa adalah polimer glukosa yang berbentuk rantai linier dan dihubungkan oleh ikatan β -1,4 glikosidik. Proses pembentukan selulosa melibatkan sintesis polimer glukosa yang terikat satu sama lain membentuk rantai panjang. Proses pembentukan selulosa terjadi pada tumbuhan hijau, ganggang, *oomycetes*, dan beberapa jenis bakteri. Unit monosakarida yang digunakan dalam pembentukan selulosa adalah D-glukosa. Proses pembentukan selulosa secara umum dimulai dengan fotosintesis, dimana tumbuhan menggunakan energi cahaya matahari, CO₂, dan H₂O untuk menghasilkan glukosa melalui reaksi kimia. Glukosa merupakan bahan dasar untuk pembentukan selulosa. Glukosa yang dihasilkan selama fotosintesis diubah menjadi bentuk glukosa-6-fosfat (G6P) melalui serangkaian reaksi kimia. G6P kemudian dikonversi menjadi UDP-glukosa (uridindifosfat glukosa) melalui reaksi enzimatik. UDP-glukosa adalah bentuk glukosa yang akan digunakan dalam sintesis selulosa.

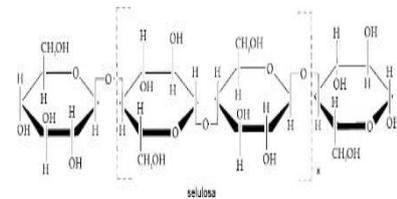
Selulosa disintesis oleh enzim selulosasintase. Enzim ini memproses UDP-glukosa dan memasukkannya ke dalam dinding sel tumbuhan. Selama proses ini, molekul UDP- glukosa ditambahkan satu per satu ke ujung rantai selulosa yang tumbuh. Ini menghasilkan rantai panjang selulosa yang tersusun dari ribuan molekul glukosa yang saling terkait. Selulosa yang disintesis dalam sel tumbuhan mengalami kristalisasi, dimana molekul- molekul glukosa mengatur diri dalam pola kristal yang kuat. Hal ini memberikan selulosa kekuatan dan kekakuan yang diperlukan dalam dinding sel tumbuhan. Proses pembentukan selulosa ini adalah contoh penting dari bagaimana tumbuhan menggunakan fotosintesis untuk menghasilkan glukosa dan kemudian mengubahnya menjadi selulosa, yang memiliki peran vital dalam struktur dan fungsionalitas tumbuhan (Nurjannah, Sudiarti, & Rahmidar, 2020).

4. Proyeksi haworth dan fischer

a) Proyeksi haworth

Proyeksi haworth adalah metode dalam menggambarkan struktur lingkaran polisakarida dengan perspektif tiga dimensi sederhana (Aulia Mutiara Hikmah, 2022). proyeksi haworth ini diberi nama oleh seorang kimiawan dari inggris yaitu Sir Walter N. Haworth. Pada proyeksi ini digambarkan berbentuk

cincin seolah-olah planar dan dipandang tepinya dengan oksigen dikanan atas. Hal yang perlu diperhatikan dalam mengonversi jenis rumus proyeksi fischer ke proyeksi haworth yaitu gugus hidroksil yang berada disebelah kanan pada proyeksi fischer akan terletak dibawah pada proyeksi haworth dan sebaliknya. Berikut proyeksi haworth selulosa :



Gambar 2. Haworth selulosa

b) Proyeksi fischer

Proyeksi Fischer adalah rumus proyeksi untuk menunjukkan penataan ruang dari gugus-gugus disekitar atom kiral (Suryelita, 2015). Pada proyeksi ini penggambaran rantai C atau karbon kiral pada senyawa karbohidrat rantai lurus. Gugus yang paling tinggi prioritasnya digambar pada bagian atas. Setiap persilangan garis mengandung satu atom karbon. Apabila dilihat secara 3D untuk atom atau gugus atom yang berada di atas dan dibawah atom C (karbon) pada proyeksi fischer berada di belakang bidang atau menjauhi pembaca. Sedangkan atom atau gugus atom yang berada di sebelah kanan dan kiri atom C (karbon) berada dibagian depan bidang yaitu

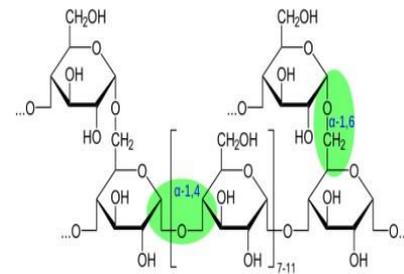
mengarah kearah pembaca. Namun proyeksi fischer tidak bisa senyawa siklik seperti selulosa. Selulosa juga merupakan polimer yang terdiri atas beberapa glukosa yang terikat bersama dalam rantai panjang. Proyeksi fischer suatu cara dalam menggambarkan struktur senyawa karbohidrat tunggal seperti glukosa dan fruktosa. Disisi lain selulosa terdiri atas ribuan bahkan jutaan unit glukosa yang terikat bersamaan dalam rantai panjang. Oleh karena itu, selulosa tidak bisa digambarkan secara proyeksi fischer.

B. Glikogen

1. Struktur Glikogen dalam organisme hidup

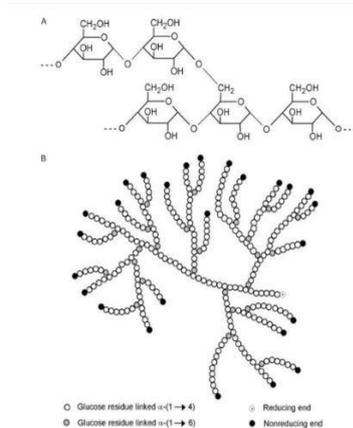
Glikogen adalah polisakarida bercabang yang ditemukan pada hewan. Pada semua sel mamalia, glukosa disimpan dalam bentuk glikogen. Glikogen juga dikenal sebagai pati hewan dan dianggap sebagai sumber energi utama hewan. Glikogen adalah polimer besar yang terdiri dari monomer glukosa. Pada sebagian besar jenis sel, glikogen merupakan polisakarida dan bentuk penyimpanan glukosa terdiri dari unit-unit glukosil yang disatukan oleh ikatan α -1,4 dan memiliki cabang-cabang α -1,6 di setiap sekitar 8-10 unit glukosil dan dalam jaringan sebagai polimer berberat molekul sangat besar (10 – 10).

Glikogen ditemukan di semua jenis sel, organ hati dan otot merupakan tempat penyimpanan terbanyak di mana berfungsi sebagai cadangan unit glukosil untuk membentuk ATP melalui glikolisis.



Gambar 3. Struktur Glikogen

Struktur glikogen bakteri merupakan polisakarida yang berperan penting dalam menyimpan energi dalam bentuk karbohidrat pada berbagai jenis bakteri. Glikogen bakteri memiliki kemiripan dalam struktur dasar dengan glikogen yang ditemukan pada hewan, jamur, dan manusia. Glikogen bakteri terdiri dari rantai-rantai glukosa yang dihubungkan oleh ikatan α -1,4-glikosidik, yang menghasilkan rantai utama. Yang membedakan glikogen bakteri adalah percabangan yang lebih sering terjadi melalui ikatan α -1,6-glikosidik, yang menghubungkan dua rantai glukosa dan menciptakan cabang dalam strukturnya. Berikut strukturnya glikogen bakteri :



Gambar 4. Struktur Umum Glikogen Bakteri

Perbedaan antara glikogen bakteri dan glikogen hewan adalah cabangnya yang lebih pendek dan dibandingkan cabang dalam glikogen bakteri. Hal ini membuat glikogen bakteri memiliki kepadatan glukosa yang lebih tinggi, yang memungkinkan bakteri untuk menyimpan lebih banyak energi dalam bentuk glikogen. Glikogen bakteri berperan penting dalam mendukung metabolisme dan pertumbuhan bakteri ketika sumber daya yang tersedia dan terbatas, seperti pada kondisi nutrisi yang buruk. Saat bakteri membutuhkan energi, glikogen akan diuraikan menjadi glukosa.

2. Fungsi Glikogen dalam Organisme Hidup

Fungsi utama glikogen adalah untuk mempertahankan konsentrasi glukosa darah fisiologis, namun hanya glikogen hati yang secara langsung berkontribusi terhadap

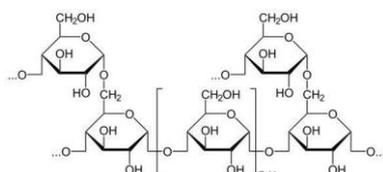
pelepasan glukosa ke dalam darah. Kandungan glikogen hati menurun dengan cepat selama puasa dan kandungan glikogen hati menurun sebesar ~65% setelah puasa 24 jam.

- Otot rangka tidak dapat melepaskan glukosa (karena otot kekurangan glukosa 6-fosfatase) dan glikogen otot terutama merupakan substrat energi lokal untuk berolahraga (bukan sumber energi untuk mempertahankan konsentrasi glukosa darah selama puasa).
- Di jantung dan otak, glikogen juga merupakan substrat energi yang dapat menghasilkan energi anaerobik selama kekurangan oksigen jangka pendek yang berkontribusi terhadap kelangsungan hidup (Jensen, 2011)
- Glikogen pada hewan berfungsi sebagai reservoir energi yang setara. Hal ini terutama disimpan di hati dan otot. Ketika tubuh membutuhkan energi, glikogen mengalami pemecahan enzimatik untuk melepaskan glukosa, yang kemudian digunakan untuk produksi energi. Mekanisme ini memastikan pasokan glukosa tetap stabil untuk kebutuhan

energi tubuh, terutama saat beraktivitas fisik atau berpuasa.

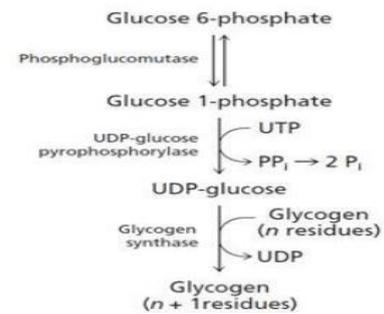
3. Pembentukan Glikogen

Jalur biosintetik atau pembentukan glikogen dari glukosa merupakan suatu proses yang memerlukan energi, digunakan fosfat berenergi tinggi dari UTP untuk mengaktifkan residu glukosil menjadi UDP-glukosa. Sintesis glikogen berawal dari terjadinya fosforilasi glukosa menjadi glukosa 6-fosfat oleh enzim heksokinase (di otot), atau di hati oleh enzim glukokinase dan mendapat tambahan energy dari ATP dan fosfat. Glukosa 6-fosfat merupakan prekursor untuk glikolisis, selanjutnya glukosa 6-fosfat diubah menjadi glukosa 1-fosfat oleh enzim fosfoglukomutase. Glukosa 1-fosfat akan diubah menjadi UDP-glukosa (UDP-G) merupakan titik cabang untuk sintesis glikogen dan dikatalisis oleh enzim UDP glukosa pirofosforilase.



Sintesis glikogen dikatalisis oleh enzim glikogen sintase dan enzim pembentuk cabang. Proses pembentukan glikogen dari glukosa

disebut glikogenesis



Gambar 5. Jalur Pembentukan Glikogen

Glikogen hati disintesis selama kita makan makanan yang mengandung karbohidrat saat kadar glukosa darah meningkat. Sewaktu seseorang makan makanan yang mengandung karbohidrat, kadar glukosa darah segera meningkat, kadar insulin meningkat dan kadar glukagon menurun. Peningkatan kadar glukosa darah dan peningkatan rasio insulin/glucagon akan menghambat penguraian glikogen dan merangsang sintesis atau pembentukan glikogen.

4. Proyeksi Haworth dan Fischer

Glikogen mempunyai struktur yang bercabang-cabang. Bilangan unit glukosa antara cabang adalah antara hingga 10 unit. Pada titik cabang terdapat ikatan glikosida α -1:6. Unit-unit glukosa dalam satu rantai linear dihubungkan oleh ikatan glikosida α -1:4. Setiap cabang luar mengandung 12-18 unit glukosa.

IV. KESIMPULAN

1. Selulosa adalah polisakarida yang memiliki peran penting dalam organisme hidup dan terdapat pada dinding sel tumbuhan, alga, dan bakteri.
2. Proyeksi Haworth adalah metode untuk menggambarkan struktur lingkaran polisakarida dalam tiga dimensi, sedangkan Proyeksi Fischer digunakan untuk menggambarkan struktur senyawa karbohidrat tunggal.
3. glikogen adalah bentuk utama simpanan karbohidrat dalam tubuh manusia yang memiliki peran penting dalam menjaga kadar glukosa darah dan menyediakan sumber energi bagi otot melalui proses sintesis dan pemecahan yang diatur oleh enzim dan faktor hormon.
4. glikogen merupakan polisakarida yang terdapat pada hewan dan berfungsi sebagai sumber utama energi dalam tubuh.
5. glikogen memiliki beberapa peran utama dalam tubuh, termasuk mempertahankan konsentrasi glukosa darah melalui glikogen hati, menyediakan sumber energi lokal untuk otot rangka, dan memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan energi dan kelangsungan hidup tubuh.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran

dalam penulisan artikel ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak google yang telah menyediakan literatur berupa *e-journal* dan *e-book* untuk penyusunan artikel ilmiah.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mulyadi, I. (2019). Isolasi dan Karakteristik Selulosa Jurnal Sains dan Matematika Unpam, 1(2).
- [2] Fitriarni, D., Prawiro, I. S., Verawati, N., Hardiansyah, W., & Aprianti, D. (2019). Biosintesis dan Karakterisasi Selulosa Bakteri menggunakan Media Sari Pedada (*Sonneratia caseolaris*) dan Kunder (*Benincasa hispida*). Jurnal Selulosa, IX(1).
- [3] Nisa, D. &. (2014). Pemanfaatan Selulosa Dari Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao L*) Sebagai Bahan Baku Pembuatan CMC (Carboxymethyl Cellulosa) [In Press Juli 2014]. Jurnal Pangan dan Agroindustri, 2(3), 34-42.
- [4] Rondonuwu, S. B. (2014). Fitoremediasi limbah merkuri menggunakan tanaman dan sistem reaktor. Jurnal Ilmiah Sains, 14(1), 52-59.
- L. (2020). Sintesis Dan Karakterisasi Selulosa Termetilasi Sebagai Biokomposit Hidrogel. al-Kimiya, VII(1).
- [5] Aulia Mutiara Hikmah, A. D. (2022). BUKU AJAR BOKIMIA.
- [6] Suryelita, S. (2015). Bahan Ajar Kimia Organik 3.



- [7] Jensen J, Rustad PI, Kolnes AJ, Lai YC. 2011. Peran pemecahan glikogen otot rangka untuk pengaturan sensitivitas insulin melalui olahraga. Perbatasan dalam fisiologi. 2:112