

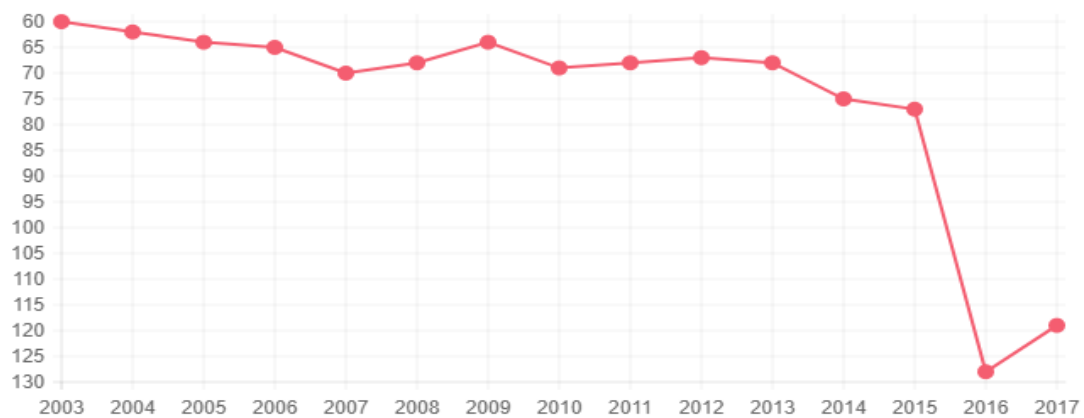
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pemain sepakbola pria di Indonesia menempati urutan posisi 162 dunia per 21 Desember 2017, sedangkan pemain sepakbola perempuan di Indonesia menempati urutan posisi 119 di dunia, dengan posisi terendah semenjak tahun 1993 adalah berada pada tahun 2015, dimana posisi pemain pria Indonesia berada pada urutan posisi 179 (FIFA, 2017).



Gambar 1. Pergerakan peringkat posisi dunia pemain sepakbola pria Indonesia (FIFA, 2017).



Gambar 2. Pergerakan peringkat posisi dunia pemain sepakbola perempuan Indonesia (FIFA, 2017).

Onset terjadinya kelelahan saat melakukan aktifitas fisik submaksimal pada intensitas tinggi yang berlangsung lama ternyata dikarenakan oleh penurunan dari glikogen otot (Bergstrom, 1967), penurunan dari konsentrasi gula darah plasma (Coyle, 1986) dan dehidrasi (Sawka, 1990). Pemberian minuman yang mengandung karbohidrat dan elektrolit selama aktifitas dengan waktu yang panjang terbukti mencegah dehidrasi dan mengurangi efek kehilangan cairan pada fungsi kardiovaskular dan performa olahraga (Montain, 1992) dan menunda onset kelelahan (Coyle, 1983) (Coggan, 1989). Pada observasi didapatkan fakta bahwa glikogen otot mengalami penurunan sepanjang pertandingan sepakbola (Saltin, 1973).

A. Absorpsi dan metabolisme glukosa

A.1. EKSOGEN

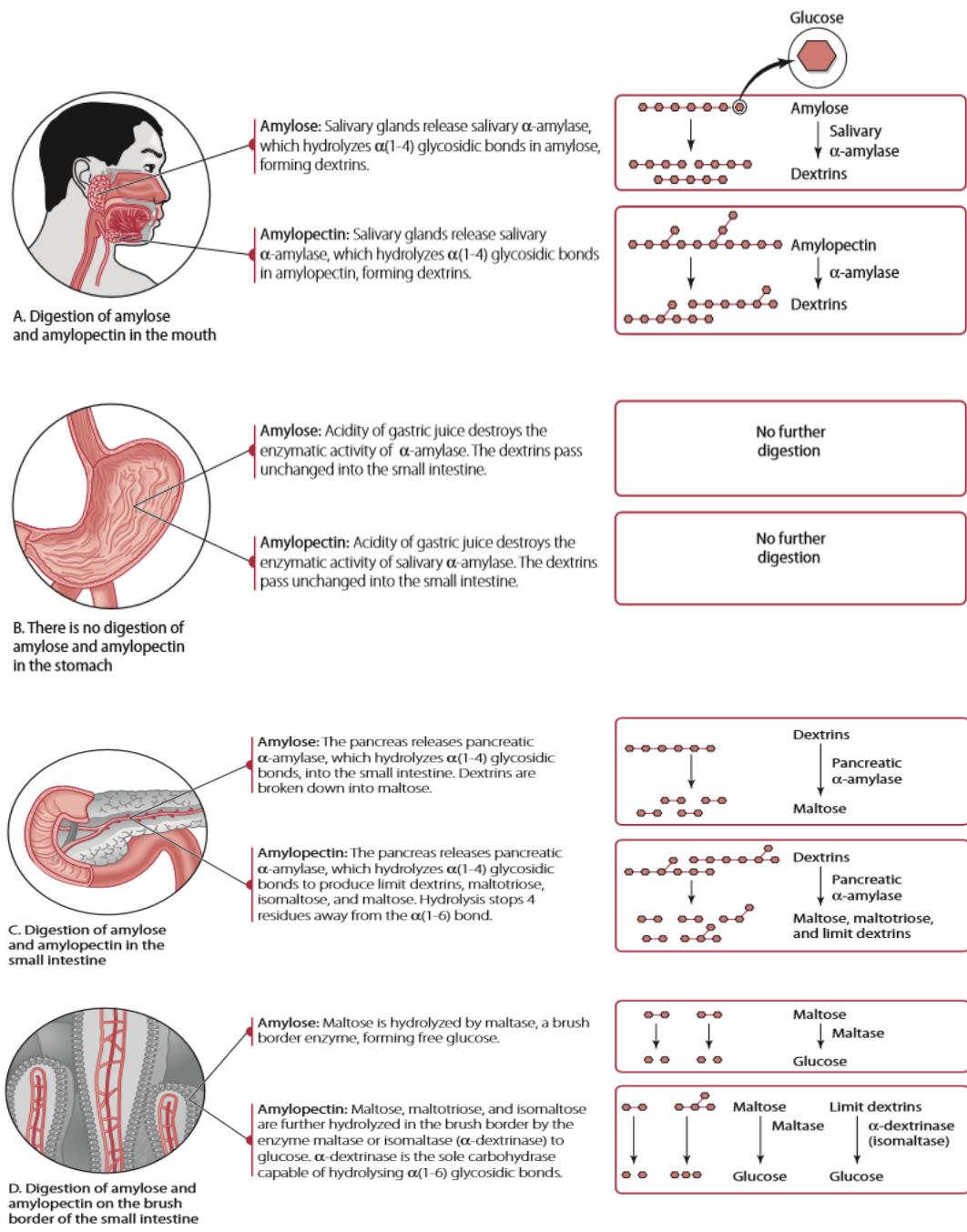
Digesti dan Absorpsi

Proses digestif dimulai dari mulut melalui proses mengunyah makanan padat menjadi lunak dan kecil. Enzim yang memegang peran penting di mulut yaitu α -amilase saliva, suatu glikosida yang berperan penting dalam menghidrolisis $\alpha(1-4)$ glikosida. Ikatan $\beta(1-4)$ selulosa, $\beta(1-4)$ lakotsa, dan $\alpha(1-6)$ pada amilopektin bersifat resiten terhadap enzim ini. Pada fase mengunyah ini, polisakarida akan dihidrolisis menjadi disakarida (beberapa dapat menjadi monosakarida). Saat makanan telah ditelan dalam bentuk bolus dan berada di lambung, enzim amilase menjadi tidak aktif karena pH lambung yang rendah.

Dari lambung, karbohidrat masuk ke duodenum dan jejunum. Adanya bikarbonat pada duodenum akan meningkatkan level pH sehingga memungkinkan

enzim α -amilase pankreas bekerja. Enzim α -amilase menghidrolisis ikatan $\alpha(1-4)$ glikosidik pada amilosa dan amilopektin sehingga menghasilkan oligosakarida, trisakarida maltotriose, dan maltosa. Hidrolisis parsial amilopektin yang tidak dihidrolisis α -amilase adalah ikatan $\alpha(1-6)$. Isomaltosa dihidrolisis oleh $\alpha(1-6)$ glikosidase (α -dextrinase atau isomaltase) yang berlokasi di *brush border* dan memiliki ikatan ikatan $\alpha(1-6)$ yang tidak dapat dihidrolisis oleh α -amilase.

Beberapa enzim terdapat pada mikrovili usus halus seperti laktase, sukrase, maltase, isomaltase, dan trehalase. Laktase mengkatalisis laktosa menjadi glukosa dan galaktosa dimana telah dijelaskan bahwa laktosa memiliki ikatan $\beta(1-4)$. Sukrase menghidrolisis sukrosa menjadi glukosan dan fruktosa. Maltase menghidrolisis maltosa menjadi 2 unit glukosa. Isomaltase (α -dextrinase) menghidrolisis ikatan $\alpha(1-6)$ isomaltosa (suatu cabang disakarida dari pemecahan amilopektin yang tidak sempurna) dan menghasilkan 2 molekul glukosa. Trehalase adalah disakaridase brush border yang menghidrolisis ikatan $\alpha(1-1)$ glikosidik trehalosa menjadi 2 molekul glukosa.



Gambar 3 : Pencernaan karbohidrat (Appleton, 2013)

Glukosa tidak dapat masuk ke dalam secara difusi langsung karena membran sel terdiri dari membran fosfolipid bilayer yang impermeabel terhadap molekul polar. Oleh sebab itu, glukosa membutuhkan transporter yang memungkinkan glukosa dapat melewati membran sel. Terdapat 2 regulasi glukosa melewati membran sel, yaitu :

- Difusi terfasilitasi

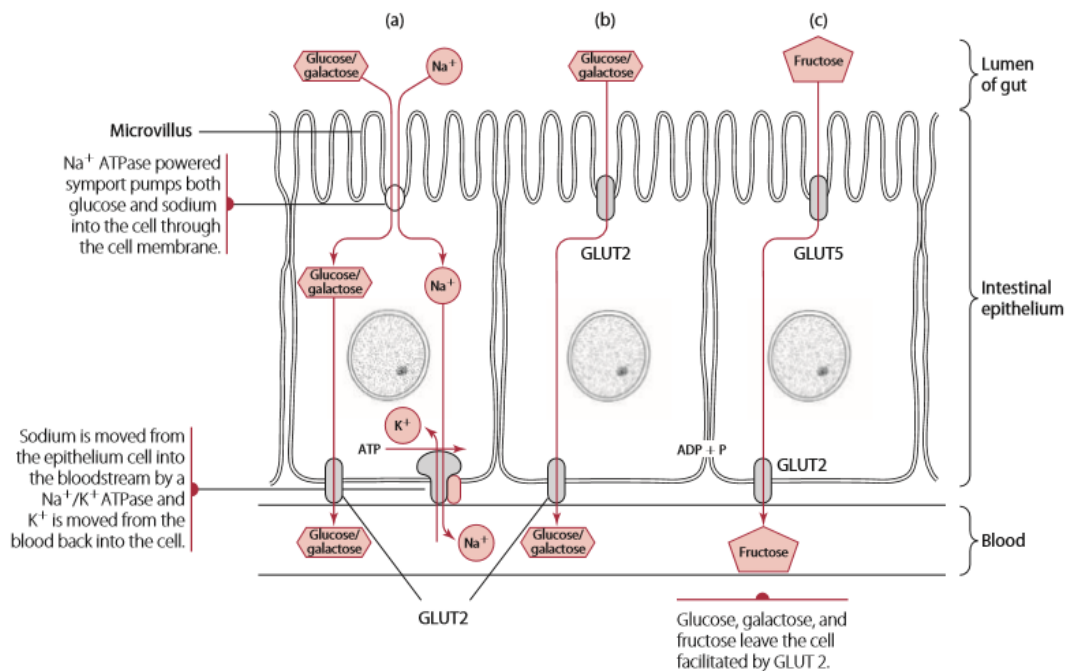
Akibat adanya perbedaan gradien konsentrasi glukosa ekstraselular yang lebih besar dibandingkan intraselular maka, glukosa dapat secara pasif masuk ke dalam sel. Namun karena adanya membran fosfolipid bilayer, glukosa memerlukan transporter untuk proses difusi terfasilitasi. Transporter tersebut dikenal dengan GLUT yang memiliki karakteristik yang berbeda-beda sesuai dengan lokasinya. GLUT2 merupakan transporter glukosa, galaktosa, dan fruktosa keluar enterosit yang berlokasi pada membran basolateral. Pada waktu konsentrasi glukosa lumen usus melebihi konsentrasi glukosa darah, GLUT2 intrasel di translokasikan ke membran apikal melalui pergerakan sitoskeleton dan kontraksi miosin untuk memfasilitasi difusi glukosa.

Fruktosa

Mekanisme primer untuk transport fruktosa ke dalam mukosa sel melalui GLUT5. GLUT5 memiliki afinitas yang tinggi terhadap fruktosa dan tidak dipengaruhi oleh glukosa. Fruktosa ditransportasikan dari enterosit ke dalam vena porta melalui GLUT2.

- Transport aktif sekunder

Ketika konsentrasi glukosa ekstraselular lebih rendah dibanding konsentrasi intraselular, glukosa berpasangan dengan natrium melalui sodium-glucose symport (SGLT1). Hal ini terjadi akibat perbedaan gradien natrium yang memungkinkan glukosa melawan konsentrasi gradiennya untuk dapat masuk ke dalam sel. Pada SGLT1, 1 sisi akan mengikat Na^+ dan sisi lainnya akan mengikat glukosa. Natrium akan masuk ke dalam sel karena konsentrasi Na^+ di dalam sel lebih rendah dibanding diluar sel. Setelah di dalam sel, Na^+ dan glukosa akan dilepaskan. Na^+/K^+ -ATPase kemudian akan memompa Na^+ keluar sel. SGLT1 adalah Na^+/K^+ -ATPase pada sisi apikal (sisi lumen intestinal) enterosit yang bekerja dengan menggunakan ATP menjadi ADP dan memindahkan 3 Na^+ keluar enterosit dan masuklah 2 K^+ ke dalam sel. Terdapat Na^+/K^+ -ATPase pada sisi membran basolateral (sisi vena portal enterosit) yang juga berperan pada keseimbangan kation.



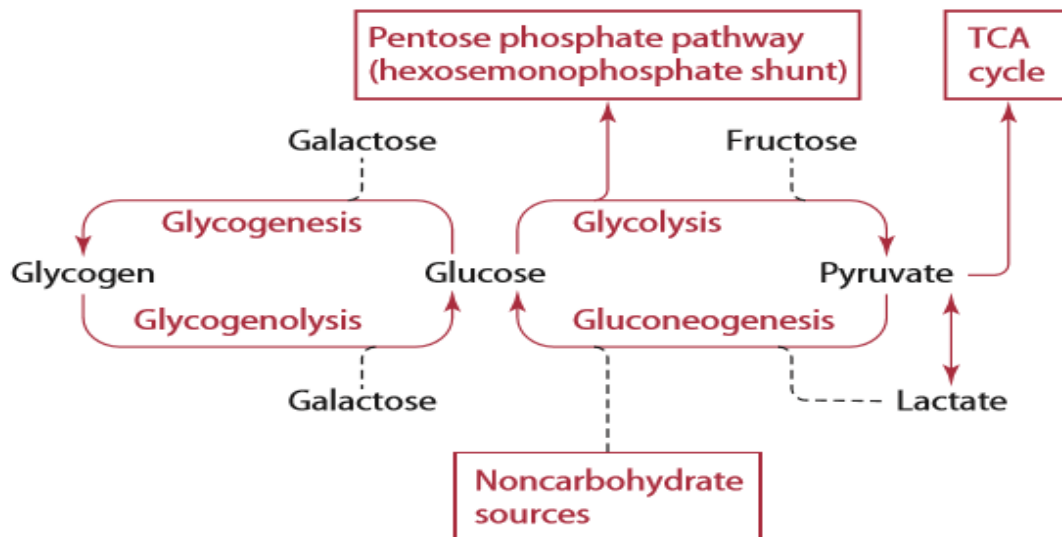
Gambar 4. Absorpsi glukosa pada vili usus (Appleton, 2013)

GLUT merupakan transporter glukosa yang memungkinkan glukosa masuk ke dalam sel sesuai dengan lokasi sel tersebut. Glukosa dalam sel tersebutlah kemudian di metabolisme menjadi energi bagi sel. GLUT yang memiliki karakteristik yang berbeda-beda sesuai dengan lokasinya.

Saat ini diketahui terdapat 14 tipe GLUT, namun GLUT1 sampai GLUT5 yang secara umum dipelajari.

A.2.METABOLISME KARBOHIDRAT

Metabolisme karbohidrat terbagi pada tahap sesuai dengan kebutuhan dan kondisi sel tersebut. Metabolisme karbohidrat dapat bersifat katabolik dan anabolik. Hal tersebut digunakan untuk menjaga kestabilan glukosa darah yang akan dijelaskan kemudian.

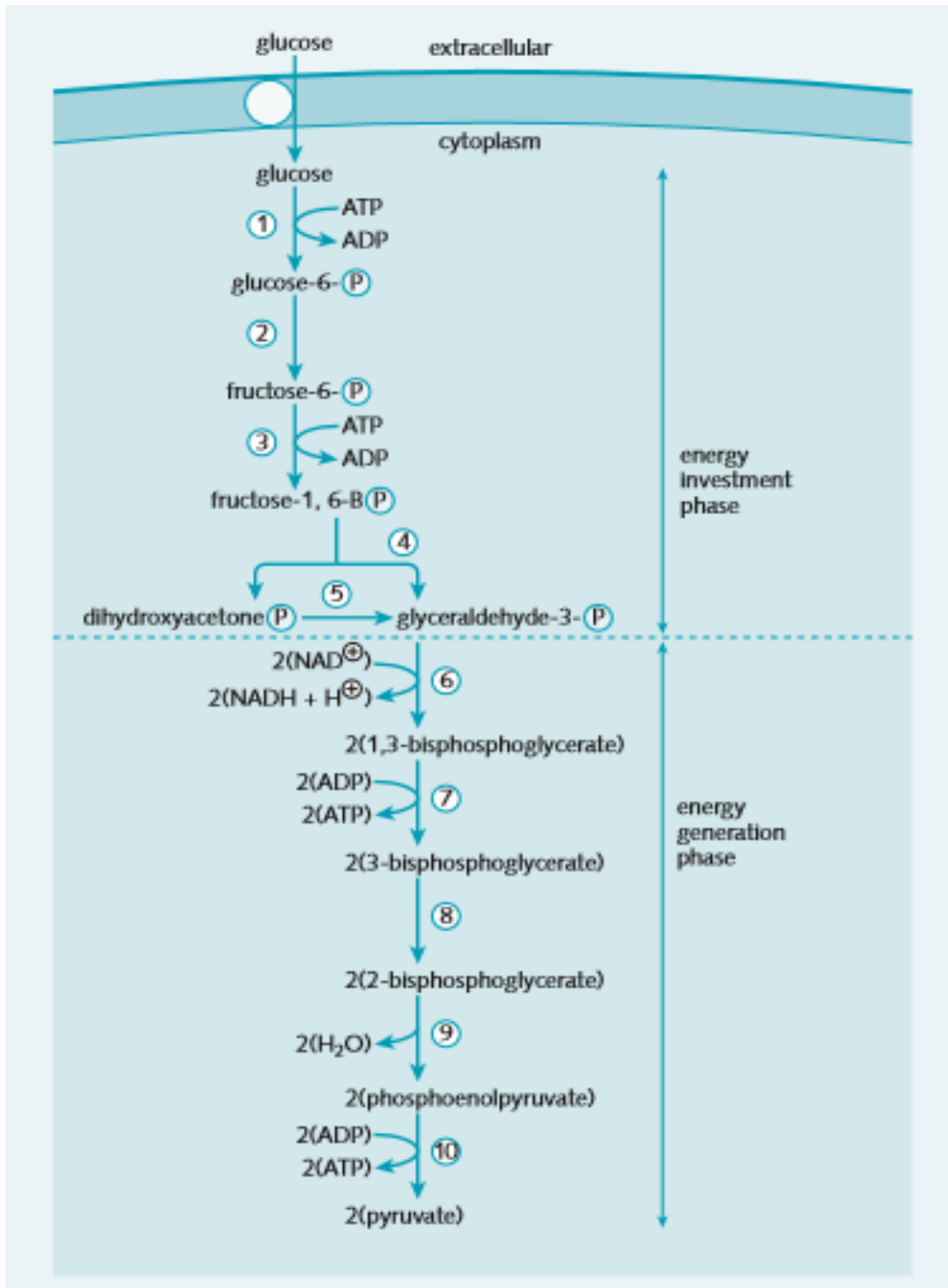


Gambar 5. Metabolisme karbohidrat dalam tubuh (Appleton, 2013)

Glikolisis

Glikolisis merupakan proses katabolisme glukosa menjadi piruvat yang terjadi pada sitoplasma semua sel yang dapat terjadi baik pada lingkungan aerob dan anaerob. Pada glikolisis, terjadi 10 reaksi yang memungkinkan 1 molekul glukosa ($C_6H_{12}O_6$) dioksidasi menjadi 2 molekul piruvat. Selama proses glikolisis, 2 ATP dihasilkan via fosforilasi level substrate (4 ATP namun dipakai kembali 2 ATP) dan 2 $NADH + H^+$ yang merepresentasikan masing-masing 2,5 ATP melalui reaksi fosforilasi oksidatif. Pada kondisi aerob, piruvat kemudian memasuki reaksi dekarboksilasi membentuk Asetil CoA yang selanjutnya memasuki siklus Krebs.

Glikolisis terdiri dari 2 fase yaitu fase yang membutuhkan energi (reaksi 1-5) dan reaksi yang menghasilkan energi (reaksi 6-10). Adapun reaksi 1,3,10 bersifat irreversibel.



Gambar 6. Proses glikolisis (Appleton, 2013)

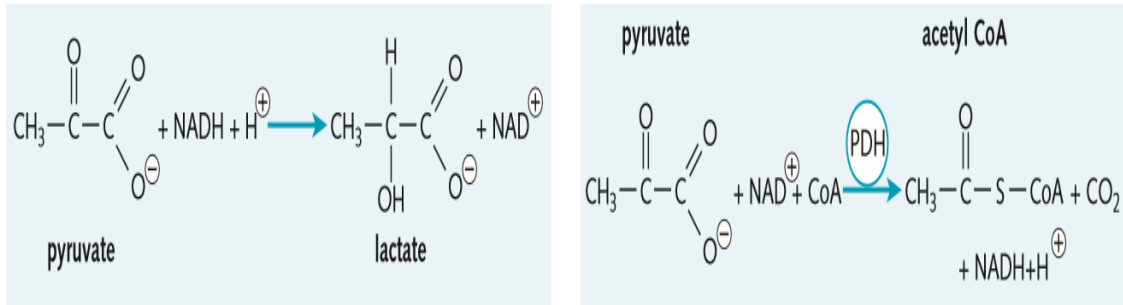
Pada kondisi anerob, reaksi fosforilasi oksidatif tidak dapat terjadi sehingga $\text{NADH} + \text{H}^+$ dioksidasi menjadi NAD^+ sebagai pasangan reduksi-oksidatif terhadap reaksi piruvat menjadi laktat yang dikatalisis oleh enzim laktat dehidrogenase. Reaksi ini tidak menghasilkan ATP.

Adapun ATP yang dihasilkan pada reaksi glikolisis aerob per 1 molekul glukosa sebesar 7 ATP dan dapat berlanjut ke siklus asam sitrat untuk menghasilkan 10 ATP per 1 molekul piruvat sedangkan pada glikolisis anaerob, 1 molekul glukosa hanya menghasilkan 2 ATP dan laktat yang tidak dapat memasuki siklus asam sitrat.



Piruvat menjadi Acetil CoA

Acetil CoA dibentuk dari piruvat hasil glikolisis. Reaksi ini merupakan reaksi dekarboksilasi oksidatif yang irreversibel melalui proses katalisis oleh kompleks piruvat dehidrogenase (PDC) yang terdiri dari enzim piruvat dehidrogenase, dihidrolipoamide asetiltransferase, dan dihidrolipoamide dehidrogenase dengan bantuan beberapa kofaktor. Reaksi ini sangatlah penting sebagai akses piruvat memasuki siklus asam sitrat. Selain itu, reaksi ini juga mereduksi NAD^+ menjadi $\text{NADH} + \text{H}^+$ yang dapat menghasilkan ATP melalui reaksi fosforilasi oksidatif jika lingkungan bersifat aerob. Jika lingkungan bersifat anaerob, piruvat akan diubah menjadi laktat dan tidak dapat memasuki siklus asam sitrat.



Lactate production.

Formation of acetyl CoA from pyruvate.

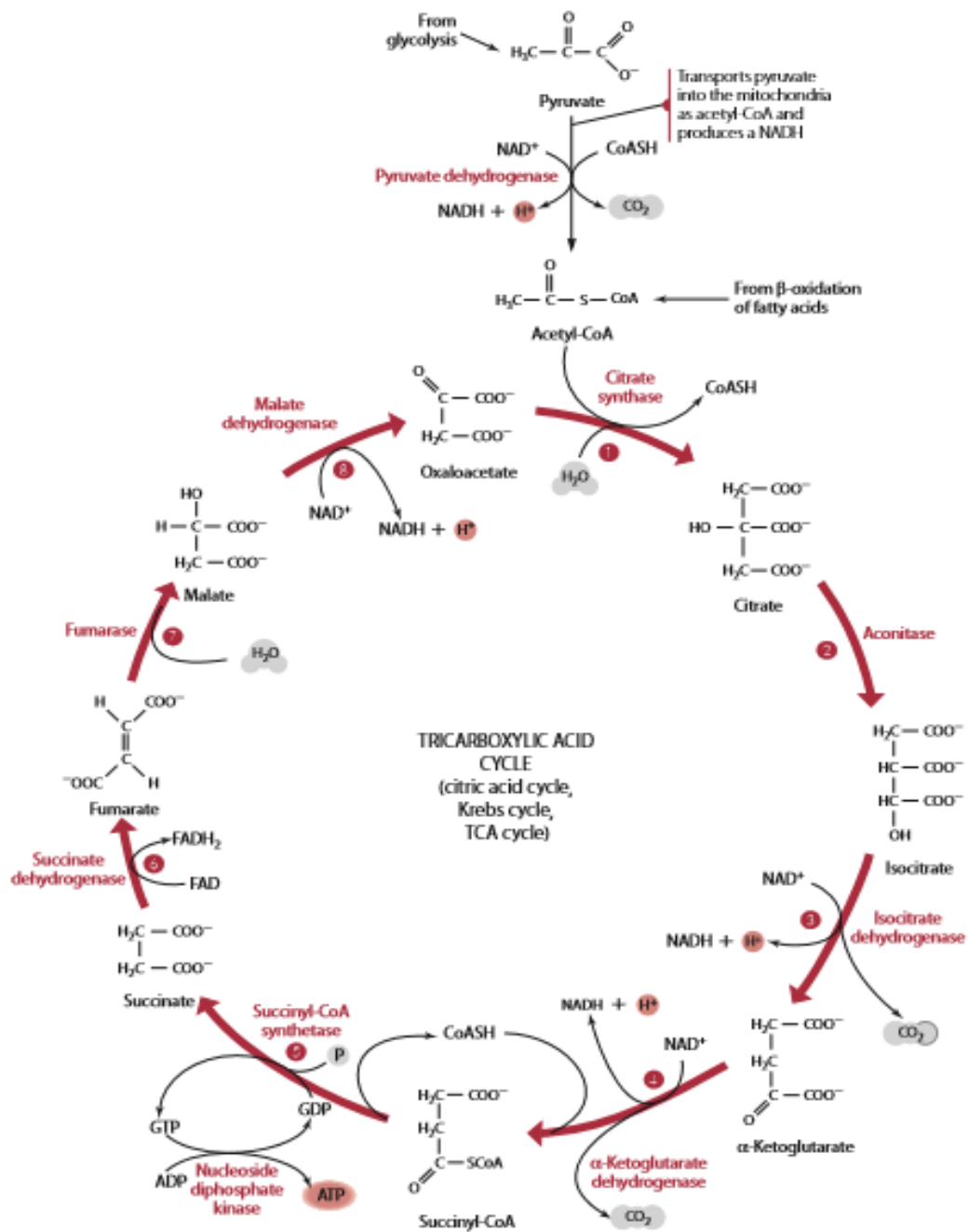
Gambar 7. Perubahan piruvat menjadi laktat dan Acetil CoA (Appleton, 2013)

Siklus Asam Sitrat (Siklus Krebs)

Siklus asam sitrat (Siklus Krebs) merupakan jalur katabolisme akhir karbohidrat, protein, dan lemak dimana hasil akhirnya berupa energi, CO_2 , dan H_2O . Siklus ini terjadi di matriks mitokondria. Adapun 1 molekul glukosa melalui proses glikolisis menghasilkan 2 molekul piruvat yang dimana proses dekarboksilasi mengubahnya menjadi 2 Acetil CoA dan 2 molekul CO_2 . Reaksi ini dimulai saat Acetil CoA berpasangan dengan oxaloasetat. Terdapat 8 reaksi pada siklus asam sitrat yaitu :

1. Formasi sitrat dari oxaloasetat dan Asetil CoA melalui reaksi katalisis oleh enzim sitrat sintase. Reaksi ini diregulasi negatif oleh NADH dan Succinil CoA.
2. Isomerasi sitrat menjadi isositrat yang melibatkan enzim asitonase dimana terjadi reposisi gugus -OH ke dalam rantai karbon.
3. Reaksi dehidrogenasi pertama dari 4 reaksi dehidrogenasi pada siklus asam sitrat ini. Terjadi proses katalisis oleh enzim isositrat dehidrogenase. Energi didapatkan dari sistem transpor elektron melalui reaksi reoksidasi NADH. Reaksi ini dimodulasi positif oleh ADP dan dimodulasi negatif oleh ATP dan NADH. Kehilangan CO_2 pertama terjadi pada reaksi ini.

4. Reaksi ini disebut reaksi α -ketoglutarate dehidrogenasi dengan hasil reaksi yaitu succinil-CoA. Pada reaksi ini, NAD^+ berperan sebagai akseptor hidrogen dan karbon kedua dilepaskan sebagai CO_2 .
5. Pada reaksi ini, NADH dapat melalui sistem transpor elektron untuk membentuk ATP via fosforilasi oksidatif. Succinil CoA dihidrolisis oleh enzim succinil-CoA sintetase (succinil thiokinase) dan menghasilkan guanosine difosfat (GDP).
6. Reaksi succinate dehidrogenase menggunakan FAD sebagai akseptor hidrogen. FADH_2 direoksidasi oleh oksigen pada transpor elektron untuk difosforilasi oksidatif menghasilkan ATP. Succinate dehidrogenase diikat di membran dalam mitokondria sedangkan enzim siklus asam sitrat lainnya ditemukan pada matriks mitokondria.
7. Pada reaksi ini, fumarase menyatukan elemen H_2O melalui ikatan rangkap fumarate untuk membentuk malate.
8. Konversi malate menjadi oksaloasetat menyelesaikan siklus ini. NAD^+ berperan sebagai akseptor hidrogen pada reaksi dehidrogenase ini yang dikatalisis oleh enzim malate dehidrogenase. Pada reaksi ini tambahan energi dilepaskan.



Gambar 8. Siklus Asam Sitrat (Krebs/TCA) (Appleton, 2013)

Melalui reaksi glikolisis dan siklus asam sitrat, **1 molekul glukosa** pada kondisi aerob menghasilkan :

Glikolisis	2 Piruvat + 4 ATP (-2 ATP digunakan) + 2NADH
Formasi AsetilCoA	2 NADH
Siklus Asam sitrat	2 ATP + 2 (3NADH + 1FAD)

Rantai Transport elektron

Rantai transport elektron terjadi pada kondisi aerob. NADH dan FADH₂ di matriks mitokondria akan dioksidasi melalui rantai transport elektron dan reaksi fosforilasi oksidatif untuk menghasilkan ATP. NADH dioksidasi dan menghasilkan 2,5 ATP dan FADH₂ menghasilkan 1,5 ATP. Melalui reaksi ini, 1 molekul glukosa akan menghasilkan 32 ATP. Pada kondisi anerob, rantai transport elektron tidak terjadi sehingga 1 molekul glukosa hanya menghasilkan 2 ATP pada level substrat.

A.3.ENDOGEN

Glikogenolisis

Glikogen hepar dapat dipecah menjadi glukosa dan masuk ke aliran darah untuk mempertahankan homeostasis glukosa darah. Tempat utama lainnya adalah otot. Pada otot manusia, tersimpan glikogen manusia terbesar sebanyak hampir 75%. Glikogen otot disimpan dalam serat otot dan tidak dapat secara langsung berkontribusi untuk menjaga kestabilan glukosa darah karena tidak memiliki glukosa-6-fosfatase sehingga glukosa-6-fosfat tidak dapat keluar otot.

Regulasi kovalen

Regulasi kovalen fosforilasi ditingkatkan oleh glukagon dan katekolamin (epinefrin dan norepinefrin). Hormon katekolamin ini menyebabkan modifikasi kovalen fosforilasi oleh konversi ke dalam bentuk aktif melalui cAMP. Hormon katekolamin

ini mengikat reseptor pada membran sel yang menyebabkan adenil siklase teraktivasi untuk memproduksi cAMP. Adapun cAMP menyebabkan aktivasi fosforilasi kinase. Fosforilasi kinase aktif bersama ATP mengonversi fosforilasi b (inaktif) menjadi fosforilasi a (aktif). Fosforilase yang difosforilasi menjadi kurang sensitif terhadap aktivasi allosteric. Fosforilase dapat kembali diubah menjadi bentuk inaktif (fosforilase b) oleh enzim fosfoprotein fosfatase 1 (PP-1).

Aktivasi allosteric

Aktivasi allosteric fosforilase b dibawa keluar oleh AMP untuk dikonversi menjadi fosforilase a (aktif). Ketika level energi sel rendah, ATP selular dihidrolisis menjadi AMP, lebih banyak energi yang dibutuhkan, fosforilase a menghasilkan glukosa-1-P. AMP berikatan fosforilase b pada sisi allosterik. Yang meningkatkan ikatan glikogen. Sisi allosteric ini dapat juga mengikat ATP yang merupakan inhibitor allosterik enzim.

Fosforilase otot

Fosforilase otot dan hepar merupakan isoenzim. Enzim otot menghasilkan glukosa-1-P yang dapat dikonversi menjadi glukosa-6-P yang memasuki jalur glikolisis untuk menyediakan energi sel. Fosforilase otot lebih sensitif terhadap ligan intrasel seperti AMP. Enzim ini dihambat oleh metabolit, ATP, glukosa-6-P, dan glukosa.

Fosforilase hepar

Fosforilase hepar kurang sensitif terhadap ligan intrasel. Enzim ini tidak sensitif terhadap inhibisi oleh ATP atau glukosa-6-P. Fosforilase hepar diregulasi oleh hormon seperti glukagon.

B.Sprint pada atlet sepakbola

Sepakbola merupakan olahraga yang secara primer merupakan olahraga aerobik, sebagaimana terindikasi dengan cakupan rata-rata jarak yang ditempuh selama kompetisi yang berkisar 10 kilometer jauhnya (Russel 2014) (Mohr, 2003). Sepakbola merupakan olahraga intermitten yang menggunakan gerakan dengan intensitas tinggi secara intermitten, yang berakibat pada kombinasi penggunaan sistem energi aerobik dan anaerobik yang akan bergantung pada glikogen otot dan gula darah sebagai substrat sumber energinya (Baker & Ian, 2015). Sepakbola merupakan olahraga yang secara alamiahnya merupakan olahraga yang intermitten yang melibatkan kemampuan motorik yang beragam seperti berlari, menendang, membawa bola, melompat dan *tackling*. Performa yang dihasilkan bergantung kepada kemampuan individu yang bervariasi dan interaksi serta integrasi diantara pemain yang berbeda dalam tim nya. Kemampuan teknis dan taktis merupakan faktor yang utama, tetapi kemampuan fisik juga harus dikembangkan dengan baik agar dapat menghasilkan pemain sepakbola yang berkualitas. Penjumlahan dari seluruh masing-masing kemampuan individual akan merefleksikan kemampuan potensial dari tim sepakbola tersebut.

B.1. Tuntutan sprint selama permainan sepakbola

Telah dilakukan analisis terhadap sejumlah besar pemain sepakbola terbaik liga Eropa berdasarkan pergerakan yang para pemainnya lakukan selama permainan sepakbola berlangsung. Data yang dikumpulkan biasanya dihasilkan dari sistem analisis video semiotomatis atau dari *Global Positioning System*. Analisis menunjukkan bahwa pemain sepakbola laki-laki dan perempuan di lapangan saat pertandingan menempuh jarak 9-12 km selama pertandingan (Vigne et al, 2010).

Dari hasil analisis didapatkan 8%-12% merupakan aktifitas berlari dengan intensitas tinggi atau dikenal dengan istilah sprint (Vigne et al, 2010) (Gabbett, 2008). Pemain lini tengah (*midfielders*) dan pemain bertahan luar (*External Defenders*) melakukan aksi berlari dengan intensitas tinggi dan sprint yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan posisi pemain sepakbola lainnya (Di Salvo et al, 2007) (Rampini et al, 2007^{A and B}). Kecepatan maksimum puncak yang pernah dilaporkan pada pemain sepakbola berkisar 31-32 km/jam (Rampini et al, 2007^{A and B}). Frekuensi dari sprint berlangsung dengan kisaran 17-81 setiap sesi permainan untuk setiap pemain (Di Salvo et al, 2007) (Burgess, 2006). Durasi rata-rata sprint berkisar 2 hingga 4 detik, dan untuk kebanyakan sprint menempuh jarak lebih pendek dari 20 meter (Burgess, 2006) (Vigne et al, 2010) (Gabbett, 2008). Cakupan yang luas dari estimasi frekuensi sprint yang dilaporkan adalah kemungkinan karena beragam klasifikasi yang digunakan dalam intensitas yang bervariasi sebagaimana kecepatan berlari 18-30km/ jam telah digunakan untuk membedakan sprint dengan lari kecepatan tinggi. Hal ini sangat penting untuk diperhatikan bahwa kecepatan berlari pada jarak 20-22 km/jam setara dengan kecepatan rata-rata dari atlet elit pria pelari jarak jauh, dan atlet sprinter jarak menengah dapat mencapai kecepatan puncak hingga >35km/jam (Mero, 1986) (Mero, 1992). Oleh karena itu, definisi berdasarkan kecepatan yang absolut merupakan hal yang problematik secara metodologis dalam ketentuan mengenai validitas dan reliabilitasnya, sebagai tambahan untuk membatasi perbandingan diantara penelitian-penelitian yang ada. Lebih jauh, nilai kecepatan absolut juga menyingkirkan akselerasi yang cepat dari analisisnya. Para pemain sepakbola yang melakukan delapan kali akselerasi dalam sprint yang dilaporkan dalam pertandingan, dan untuk kebanyakan dari akselerasi tersebut memiliki durasi yang singkat untuk menyentuh titik *threshold* lari intensitas tinggi (Varlet, 2013). Dilaporkan dalam suatu penelitian yang dilakukan oleh Fraude dkk dengan menggunakan inspeksi visual untuk menganalisis 360 video gol dari liga nasional

Jerman yang pertama, Fraude melaporkan bahwa perempuan pemain sepakbola mencetak skor terkait dengan aktifitas sprint lurus yang mencapai 45% dari analisis gol, utamanya tanpa adanya lawan dan tanpa adanya bola, juga sebagai perbandingan, frekuensi dari gol secara seketika didahului oleh lompatan dan perubahan arah dari sprint yang mencakup 16% dan 6% berturut-turut (Faude, 2012).

B.2. Karakteristik sprint pemain sepakbola

Keahlian sprint terkait olahraga sepakbola dapat dikategorikan dalam sprint garis lurus, kelincahan dan *Repeated Sprint Ability*. Sprint garis lurus secara umum dikategorikan lebih jauh sebagai akselerasi, kecepatan maksimal dalam berlari, dan deselerasi (Mero, 1992). Kelincahan pada terminologi asalnya didefinisikan oleh Clarke (Clarke, 1959) sebagai “kecepatan dalam merubah posisi tubuh atau dalam merubah arah”. Lebih terkini, Sheppard dan Young (Sheppard, 2006) mendefinisikan kelincahan sebagai “pergerakan seluruh tubuh yang cepat dengan perubahan dari kecepatan atau arah sebagai respons terhadap stimulus”, berdasarkan konsep tersebut didapatkan bahwa kelincahan memiliki keterkaitan terhadap komponen fisik dan kognitif. *Repeated Sprint Ability* adalah kemampuan untuk melakukan sprint berulang dengan interval pemulihan yang singkat (Dawson, 1993).

B.3. Kemampuan sprint sprint garis lurus

Analisis dari permainan sepakbola menunjukkan bahwa lebih dari 90% dari sprint yang dilakukan dalam permainan menempuh jarak lebih pendek dari 20 meter (Vgnee et al, 2010) , hal ini mengindikasikan kemampuan akselerasi sebagai hal yang paling penting bagi pemain sepakbola dalam konteks ini. Bagaimanapun juga, kepentingan dari kecepatan puncak akan meningkat saat sprint dilakukan atau diawali dengan jogging atau keadaan non statis. Hal penting lainnya yang perlu

diperhatikan adalah 80-100% dari kecepatan sprint maksimal dapat dicapai setelah 2 hingga 3 detik (Chelly, 2001) (Graubner, 2011). (Mendez-Villanueva et al, 2010) melaporkan adanya hubungan yang kuat diantara performa tes sprint dan kecepatan puncak yang diraih dalam permainan sepakbola. Beberapa jumlah kecil dari penelitian telah melaporkan waktu yang dibutuhkan untuk sprint dari pemain sepakbola level atas dengan informasi yang cukup untuk membandingkan hasil yang ada diantara penelitian tersebut. Dupont et al. (2004) melaporkan bahwa 22 pemain laki-laki profesional Prancis secara rata-rata dapat mencapai jarak sejauh 40 meter selama 5.35 ± 0.13 detik. Rebelo et al (2013) juga melaporkan dalam kategori kelompok adalah 30 meter sprint dalam waktu 4.31 ± 0.18 detik untuk penjaga gawang ($n=9$), 4.29 ± 0.08 detik untuk *central defenders* ($n=13$), 4.23 ± 0.1 detik untuk *full-backs* ($n=14$), 4.30 ± 0.15 detik untuk *midfielders* ($n=38$) dan 4.27 ± 0.13 detik untuk *forwards* ($n=21$) pada pemain portugis U19.

B.4. Energetika otot dalam sprint

Tuntutan energi tinggi selama latihan intensitas tinggi mengkondisikan tubuh bahwa proses anaerobik memiliki peran dominan sebagai sistem energetika penghasil adenosine trifosfat. Pelepasan energi anaerobik mengakibatkan penipisan atau reduksi dari fosfokreatin (PCr) dan akumulasi asam laktat, yang menetapkan batas atas produksi ATP secara anaerob dan dengan demikian merupakan suatu mekanisme yang memberikan batasan bagi latihan intensitas tinggi. Kapasitas anaerobik (yaitu jumlah ATP yang dapat diproduksi) ditentukan oleh kandungan PCr dalam otot dan kapasitas buffer serta volume massa otot yang berkontraksi. Pelatihan latihan intensitas tinggi dapat meningkatkan kapasitas *buffer* dan massa otot yang berkontraksi tetapi tidak berpengaruh pada konsentrasi PCr. Suplementasi makanan dengan kreatinin meningkatkan kreatinin otot dan PCr dan meningkatkan

kinerja, terutama selama periode pendek berulang dari latihan intensitas tinggi seperti pada aktifitas sprint (Kent, 2014).

Selama aktifitas latihan dengan intensitas tinggi sebagaimana didapatkan pada sprint, maka mekanisme sistem energetika yang terutama adalah berasal daripada glikolisis anaerob, dengan 6-8 detik pertama berasal dari pada ATP dan pemecahan kreatin fosfat, dan diatas 8 detik menggunakan pemecahan glikolisis anaerob dari glikogen, tetapi sistem energetika anaerob tidak berperan seratus persen sebagai penghasil utama energi, melainkan energetika aerob juga berperan, yaitu hingga 20 persen regenerasi ATP juga berasal dari aktifitas metabolisme aerobik, yang berasal dari sediaan langsung gula darah, bukan dari glikogen hati (Mahan, 2017). Waktu yang diperlukan untuk merestorasi setengah dari PCr yang mengalami deplesi saat digunakan dalam latihan intensitas tinggi adalah 30 detik (Kent, 2014).

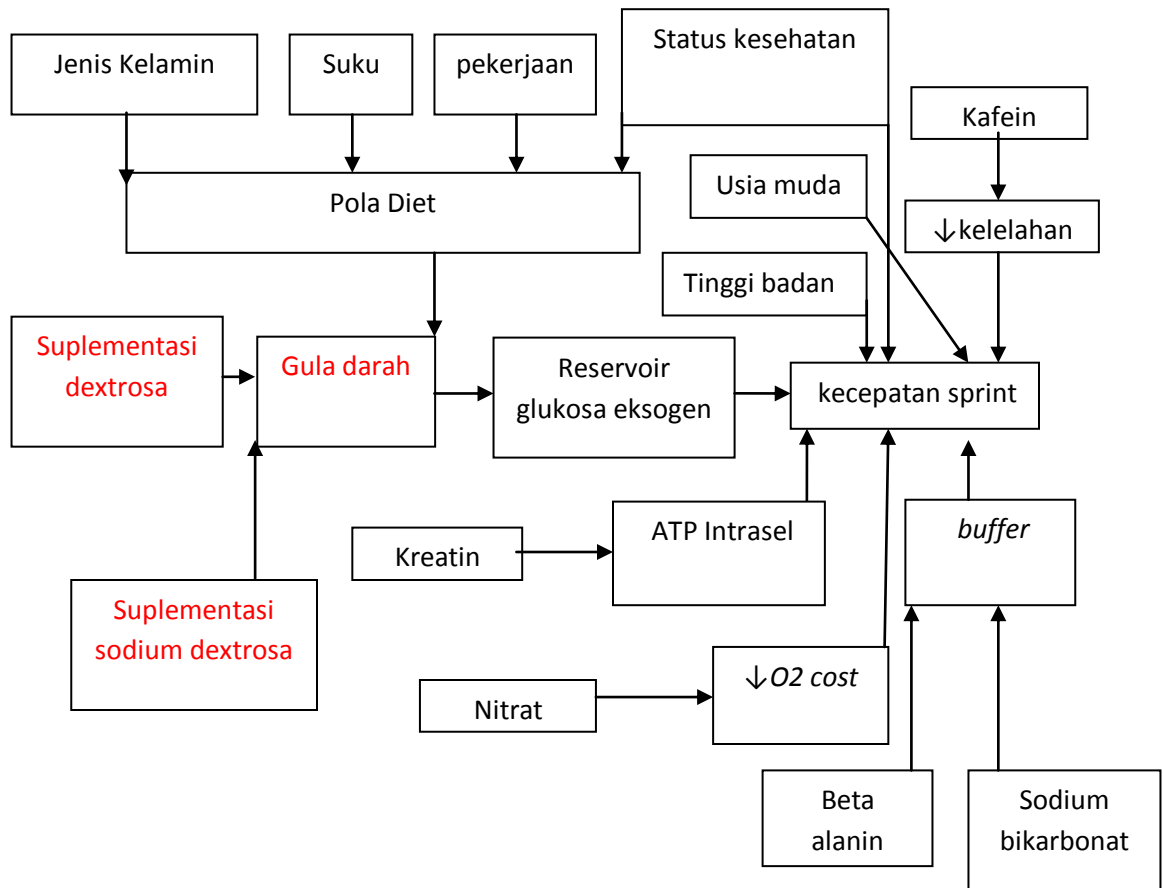
Sebagaimana diketahui, jumlah glikogen rerata pada otot pemain sepakbola adalah berkisar 100 mmol/kg berat basah dan akan menyusut jumlahnya pada akhir permainan menjadi 100 mmol/kg berat basah. Oleh karena itu, mekanisme restorasi glikogen merupakan suatu hal yang penting. Restorasi dari glikogen terjadi secara bifasik. Pada fase pertama, restorasi glikogen bersifat cepat dan tidak bergantung insulin, dengan kecepatan 12-30 mmol/g berat basah/ jam, yang berlangsung hingga 30-40 menit, sedangkan fase kedua, restorasi glikogen bersifat lambat dan bergantung dengan insulin, dengan kecepatan 2-3 mmol/g berat basah/ jam, dan dapat ditingkatkan hingga 8-12 mmol/g berat basah/ jam dengan cara meningkatkan asupan karbohidrat selama waktu tersebut. Selain dari pada itu, pada aktifitas anaerob, terjadi juga produksi laktat, dan laktat tersebut dapat digunakan kembali sebagai sumber energi, tetapi laju glukoneogenesis yang berasal dari laktat untuk replasi glikogen berlangsung lambat, yaitu 1-2 mmol/g berat basah/ jam.

Dibutuhkan waktu diatas 10 menit untuk proses eliminasi atau pembuangan setengah dari laktat yang bertumpuk didalam otot (Murray, 2018).

Pada kegiatan sprint 100 meter, maka pada individu dengan berat 125-200 pound akan membakar kalori sebesar 6 hingga 10 kalori. Juga diketahui bahwa laju absorpsi dari glukosa didalam usus adalah sebesar 1 gram per menit, yang mana berarti adalah sebesar 60 g per jam (Dominique, 2017)

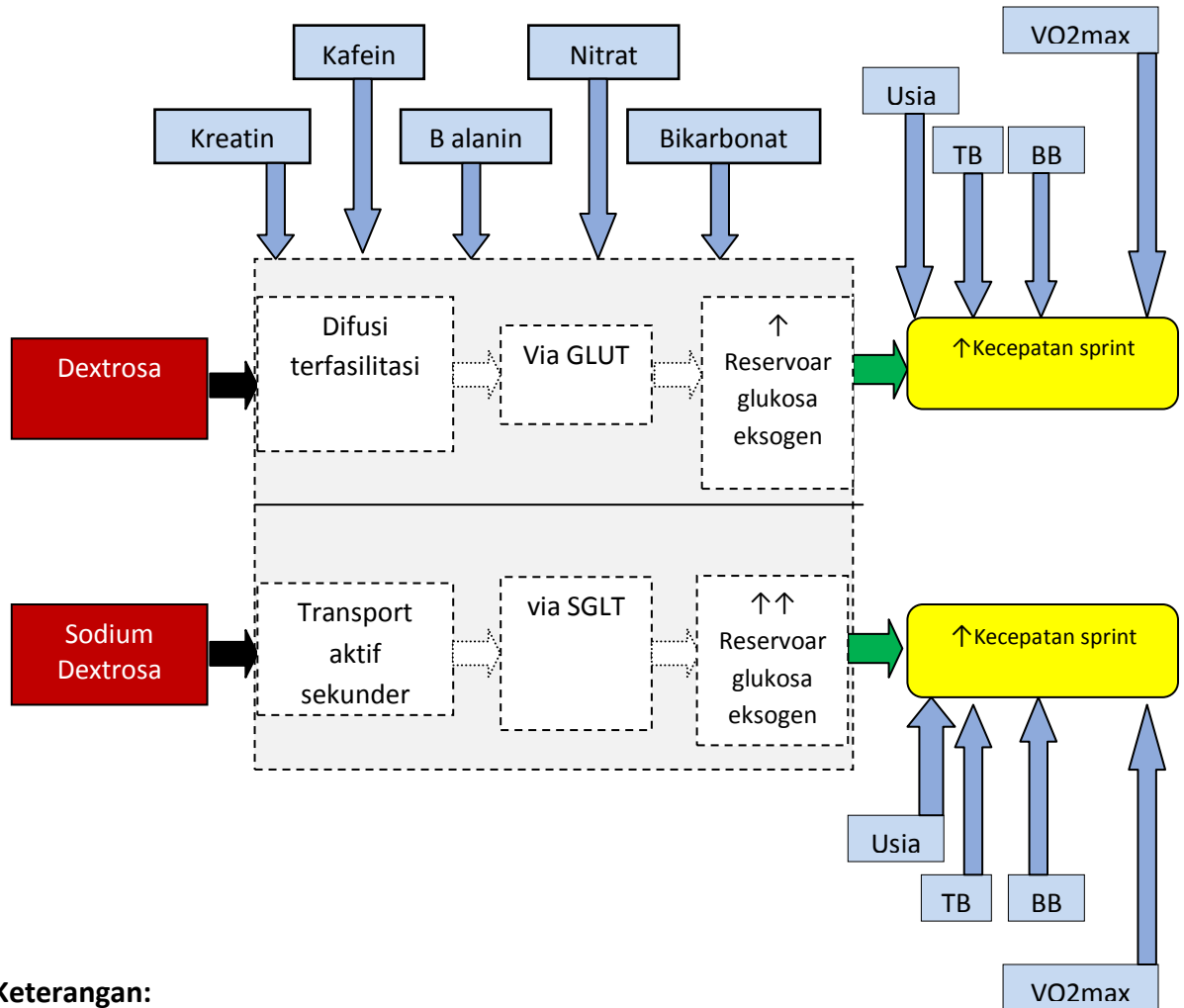
BAB III
KERANGKA PENELITIAN

A. Kerangka Teori

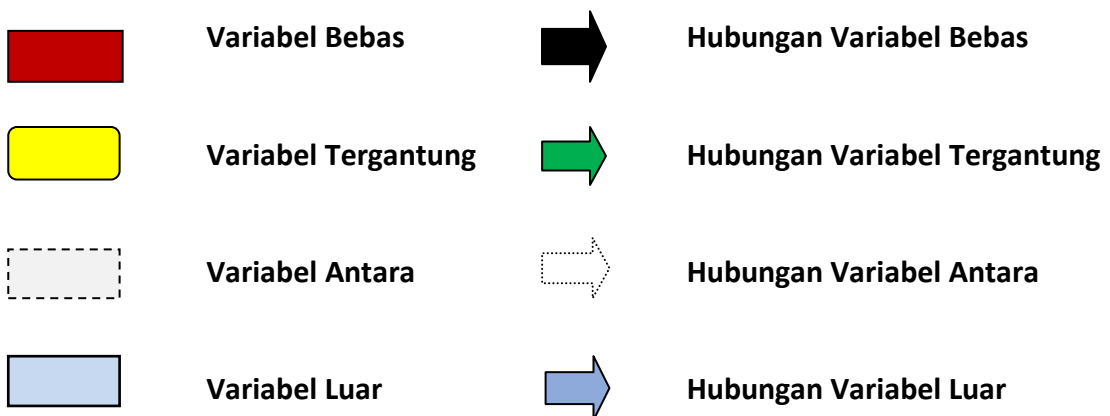


Keterangan gambar:
 → = Efek peningkatan absorpsi glukosa

B. Kerangka Konsep



Keterangan:



BAB IV

METODE PENELITIAN

A.RANCANGAN PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental untuk menilai perbedaan efek dari pemberian suplementasi larutan sodium dextrosa dibandingkan dengan larutan dextrosa murni terhadap kadar gula darah pemain sepakbola. Penelitian ini merupakan jenis penelitian *randomized, double blind, cross over*. Terdapat dua kelompok dalam penelitian ini, yaitu kelompok perlakuan berupa pemberian larutan dextrosa 10% 150cc 15 menit sebelum sprint dengan kelompok kontrol positif berupa larutan sodium dextrosa 10% (150cc D10% + 40cc NaCl 3%). Periode *washout* dilakukan dalam waktu 120 menit, untuk kemudian kelompok intervensi perlakuan sebelumnya akan menerima intervensi kontrol, begitu pula sebaliknya.

B.TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di lapangan Fakultas Ilmu Keolahragaan UNM Banta Bantaeng, Makassar selama 1 bulan.

C.POPULASI DAN SAMPEL PENELITIAN

1.POPULASI PENELITIAN

Populasi target adalah pemain sepakbola dewasa, sedangkan populasi terjangkau adalah pemain sepakbola lapangan Fakultas Ilmu Keolahragaan UNM Banta Bantaeng, usia 18-23 tahun.

2.SAMPEL PENELITIAN

Merupakan bagian dari populasi terjangkau yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusif, dan terpilih sebagai subyek yang akan diteliti

Kriteria Inklusi

1. Laki-laki
2. Umur 18-23 tahun.
3. Pemain sepakbola
4. Puasa makan 6-8 jam sebelumnya
5. Bersedia dan menandatangani persetujuan ikut penelitian.

Kriteria Eksklusif

1. Mengonsumsi suplemen kafein, kreatin, beta alanine, sodium bikarbonat, nitrat dalam 1x24 jam
2. Menderita demam pada saat diperiksa $\geq 38^{\circ}$ C
3. Cedera lutut/ otot
4. Ada riwayat diabetes mellitus, penyakit jantung coroner
5. Tidak dalam diet *ketofastosis*
6. Menolak mengikuti penelitian

Kriteria dropout

1. Subyek minta berhenti atau menolak melanjutkan penelitian
2. Subyek tidak dapat terlacak saat dilakukan *crossover*

Cara Pengambilan Sampel

Cara pengambilan sampel menggunakan *random generator electronic sampling* pada populasi terjangkau untuk mendapatkan subyek terpilih

Perkiraan besar sampel

Uji statistik untuk menentukan beda rerata dua populasi berpasangan memakai rumus:

$$n = [\{ (Z_{\alpha} + Z_{\beta}) \times Sd \} / d]^2$$

$$Z_{\alpha} = 1.96 \quad Z_{\beta} = 0.842 \quad Sd = 28.2 \quad d = 10$$

Sehingga didapatkan hasil $n = 21$

Jumlah sampel mengacu pada penelitian serupa dengan sampel yang berjumlah 22, yang dilakukan oleh Sergej dkk (Sergej, 2002)

D. INSTRUMEN PENELITIAN

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Lembar registrasi pasien dan lembar *informed consent*
2. Pengukuran kecepatan lari
Pengukuran kecepatan lari dengan menggunakan stopwatch merk casio
3. Pengukuran berat badan
Berat badan diukur dengan timbangan digital merk SECA dengan ketelitian 0.1 kg dengan menggunakan pakaian yang tipis tanpa menggunakan sepatu, topi, ikat pinggang, dompet maupun jam tangan.
4. Pengukuran tinggi badan
Tinggi badan diukur dengan mikrotoise dengan ketelitian 0.1 cm tanpa memakai sepatu dan aksesoris kepala
5. Form *food recall* 24 jam

Food recall 24 jam dilakukan dengan cara mencatat seluruh asupan makanan dengan teknik wawancara. Kandungan energi dan unsur-unsur gizi dicatat berdasarkan nutrisurvey

6. Pengukuran tekanan darah

Pengukuran tekanan darah dengan menggunakan manometer air raksa merk Reister guna menentukan tekanan darah dan juga *mean arterial pressure*

7. Pengukuran suhu tubuh

Pengukuran suhu tubuh dengan menggunakan thermometer raksa merk lotus

8. Pengukuran komposisi lemak tubuh

Pengukuran komposisi lemak tubuh dengan menggunakan BIA merk Tanita

E.METODE PENGUMPULAN DATA

1. Pemberian dan Penjelasan Informed Consent

Pemberian penjelasan kepada subyek penelitian tentang tujuan dan manfaat penelitian, cara pengukuran gula darah, cara pengukuran antropometri, cara pengukuran lemak tubuh, otot tubuh, cara pengukuran tekanan darah, denyut nadi, suhu tubuh, kecepatan sprint. Kemudian diminta untuk mengisi dan menandatangani surat persetujuan sebagai tanda persetujuan untuk dilakukannya penelitian ini.

2. Pencatatan Data Sampel

Data dalam penelitian ini dikumpulkan melalui proses wawancara dan pengukuran, dikelompokkan menjadi:

- ✓ Data Primer: Meliputi data identitas dan karakteristik pasien, data antropometri (TB dan BB), status gizi berdasarkan indeks masa tubuh (IMT), komposisi tubuh, data asupan makanan yang diperoleh dengan menggunakan metode recall 24 jam (*food recall 24 jam*), suhu tubuh, dan kadar gula darah, persentase lemak tubuh.
- ✓ Data sekunder: Meliputi data yang diperoleh dengan melihat dan mencatat dari sumber lain yang berhubungan dengan penelitian.

- **Pengukuran antropometri dan komposisi tubuh**

Semua sampel yang memenuhi syarat diukur berat badan, tinggi badan, indeks massa tubuh dan komposisi tubuhnya.

3. Pengambilan darah

Pengambilan darah melalui ujung jari tangan dilakukan di lapangan Fakultas Ilmu Keolahragaan UNM Banta Bantaeng. Lokasi penusukan dipastikan bebas dari luka. Darah yang diambil adalah darah dari vena perifer diujung jari tangan. Sebelum dilakukan penusukan dengan jarum, lokasi penusukan didesinfeksi dengan kapas alcohol 70%, kemudian ditusuk dengan jarum dengan kedalaman 1-5 mm dengan sudut 90 derajat. Darah dibiarkan menetes ke strip GDS sebanyak 2-3 tetes, setelah itu dilakukan penekanan ringan dilokasi bekas penusukan dengan kapas. Setelah itu, strip glukosa dimasukkan kedalam alat *glucometer* untuk mengukur kadar glukosa darah. Hasil pemeriksaan dicatat.

4. Intervensi penelitian

Penelitian ini dibagi atas dua kelompok, yaitu kelompok perlakuan dan kelompok kontrol.

1. Setiap pasien yang memenuhi kriteria inklusi yang datang kebagian gizi klinik untuk menjalani pemeriksaan tanda vital akan dicatat dan diminta persetujuannya (*informed consent*) untuk ikut serta dalam penelitian
2. Membagi subjek penelitian kedalam kelompok perlakuan (intervensi dengan larutan dextrosa 10% 150cc) dan kelompok kontrol (intervensi dengan larutan sodium 20mM dextrosa 10% 150cc < setara dengan 40cc NaCl 3% > secara *random allocation*.
3. Setelah makan terakhir 4 jam sebelumnya, gula darah *baseline* diukur.
4. Setelah pengukuran gula darah, maka subjek meminum larutan dextrosa atau larutan sodium dextrosa secara *double blind*
5. Setelah itu tunggu 15 menit, lalu diperiksa GDS pre sprint dan subjek melakukan sprint 2x100m dengan jeda istirahat diantaranya adalah 30 detik.
6. Pada akhir sprint 100 meter pertama, dicatat waktu kecepatan sprint
7. Pada akhir sprint 100 meter ke dua, dicatat waktu kecepatan sprintnya
8. Setelah itu subjek meminum formula ke dua (*cross over*) dengan *washout period* 120 menit
9. Dilakukan uji seperti langkah ke 2 hingga 7
10. Hasil penelitian akan dicatat dalam format penelitian kemudian dilakukan analisa data dan hasilnya disajikan dalam bentuk tabel dan grafik

F.VARIABEL PENELITIAN

1.IDENTIFIKASI VARIABEL

Variabel:

- a.Larutan glukosa
- b.Larutan sodium glukosa
- c.Kreatin
- d.Kafein
- c.Beta alanin
- d.Nitrat
- e.Bikarbonat
- f.Usia
- g.Tinggi badan
- h.Berat badan
- I.VO₂max
- j.Kadar gula darah serum

2.KLASIFIKASI VARIABEL

- | | |
|---------------------|---|
| Variabel bebas | : Larutan glukosa, Larutan sodium glukosa |
| Variabel tergantung | : Kadar gula darah serum |
| Variabel kontrol | : Kreatin, kafein, beta alanine, nitrat, bikarbonat, usia, Tinggi badan, berat badan. |

G.DEFINISI OPERASIONAL DAN KRITERIA OBYEKTIF

a.Larutan dextrosa 10% adalah larutan yang mengandung dextrosa dalam konsentrasi 100g per 1000ml dengan osmolaritas 556 mOsm .

b.Larutan NaCl 3% adalah larutan jernih tanpa warna yang mengandung natrium dengan konsentrasi 30 gram natrium per 1000ml dengan osmolaritas 513 mOsm.

c.Larutan sodium dextrosa adalah larutan dextrosa dengan kadar 10% dan sodium, regimen yang diberikan berupa dengan dosis 10ml/kgBB dextrosa 10% dicampur dengan larutan sodium 20mM (setara dengan 40cc NaCl 3%)

c.Gula darah serum adalah adalah kadar gula darah yang diambil dalam keadaan puasa, dimana besarnya adalah kurang dari 100mg/dl dan kadar gula darah yang diambil setelah pemberian suplementasi.

d.Kreatin adalah asam organik bernitrogen yang berasal dari asam amino *arginine*, *glycine* dan *methionine*. Sebanyak 95% kreatin terdapat pada otot rangka. Sisanya sebanyak 5% berada pada jantung, otak dan testis. Suplementasi kreatin dapat meningkatkan phosphocreatine dan cadangan creatine dalam tubuh Anda sebanyak 10 sampai 40%. Kreatin berfungsi sebagai sumber tenaga untuk latihan karena cadangan phosphocreatine mengalami peningkatan.

e.Beta alanin adalah jenis asam amino non esensial yang di produksi secara endogen oleh tubuh di dalam hati dengan jumlah terbatas. Beta-alanin merupakan prekursor yang dapat membantu tubuh dalam mensintesis *carnosine*. *Carnosine* ini selanjutnya akan disimpan oleh tubuh pada otot skeletal. Disinilah *carnosine* akan menjalankan fungsinya dalam meningkatkan performa. *Carnosine* akan mengurangi terjadinya

penumpukan asam laktat pada otot selama melakukan latihan dengan intensitas tinggi sehingga seseorang dapat memiliki performa yang baik untuk melakukan latihan dengan durasi yang lebih lama.

f. Nitrat merupakan ion poliatomik terbentuk dari nitrogen dan oksigen, sebagai prekursor nitrit oksida yang berperan dalam vasodilatasi pembuluh darah.

g. Kafein adalah senyawa alkaloid xantina berbentuk kristal dan berasa pahit. kafein dikategorikan sebagai *pharmacological sports ergogenic* yang dapat memiliki fungsi kerja seperti hormon atau zat neurotransmitter alami tubuh sehingga membuat kafein dapat meningkatkan performa fisik dengan berperan dalam berbagai proses metabolik tubuh.

h. Bikarbonat adalah senyawa kimia dengan rumus NaHCO_3 . Na bikarbonat akan efektif bila diberikan 2 – 3 jam sebelum pertandingan. Dosisnya 0,3 g/Kg BB 2-3 jam sebelum pertandingan.

H. PERSETUJUAN ETIKA PENELITIAN DAN TINDAKAN MEDIK

Pertimbangan etik dilakukan dalam rangka memenuhi syarat penelitian. Sebelum dilakukan penelitian, informasi dan penjelasan rinci tentang apa yang akan dilakukan dan kemungkinan-kemungkinan yang akan terjadi telah diberitahukan kepada subyek. Bila setuju, subyek menandatangani persetujuan keikutsertaan dalam penelitian (*informed consent*).

Telah mendapat persetujuan dari Komisi Etik Penelitian Biomedis pada Manusia, Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin dengan kode surat 214/UN4.6.4.5.31/PP36/2019

I.PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA

Data yang dikumpul diolah menggunakan analisis statistik dengan menggunakan SPSS 25.0. Untuk melihat perbedaan rerata antara kelompok suplementasi dextrosa dan kelompok suplementasi sodium dextrosa, maka direncanakan akan dilakukan uji t berpasangan apabila data terdistribusi secara normal. Apabila data tidak terdistribusi normal, maka akan dilakukan transformasi data baik dengan fungsi logaritmik maupun dengan fungsi akar, sehingga dapat kembali dilakukan uji statistik parametrik, namun apabila transformasi data gagal dan data masih memiliki distribusi yang tidak normal, maka analisis statistik akan menggunakan metode statistik non parametrik. Untuk nilai yang disepakati, ditentukan batas kemaknaan $p < 0.05$, dengan interval kepercayaan 95% juga dilaporkan. Data disajikan dalam bentuk tabel distribusi frekuensi, jika sebaran data tidak normal.

ALUR PENELITIAN

