

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Pustaka

2.1.1 Sifat Kimia Kafein

Kafein (1,3,7-trimethylxanthine) merupakan golongan methylxanthine seperti *theophylline* (1,3-dimethylxanthine) dan *theobromine* (3,7-dimethylxanthine). Kafein pada suhu ruang berupa bubuk tidak berwarna, tidak berbau dan memiliki rasa agak pahit. Kafein larut dalam air mendidih tetapi pada suhu ruang pelarut terbaik adalah chloroform. Kafein termasuk alkaloid membuat buah dan biji kopi menjadi sangat digemari, mengandung anti jamur phytotoxin dan merupakan chemosterilant beberapa serangga.¹¹

2.1.2 Sumber Kafein

Sumber kafein yang umumnya sering digunakan adalah kopi, teh, dan kakao¹² Selain itu, tanaman maté dan guarana¹³. Teh adalah sumber kafein yang lain, dan mengandung setengah dari kafein yang dikandung kopi. Beberapa tipe teh yaitu teh hitam mengandung lebih banyak kafein dibandingkan jenis teh yang lain. Teh mengandung sedikit jumlah *teobromine* dan sedikit lebih tinggi *theophylline* dari kopi. Kafein juga merupakan bahan yang dipakai untuk ramuan minuman non alkohol seperti cola, yang semula dibuat dari kacang kola. *Soft drinks* khususnya terdiri dari 10-50 miligram kafein. Coklat terbuat dari kakao mengandung sedikit kafein seperti

terlihat pada tabel 2.1. Efek stimulan yang lemah dari coklat merupakan kombinasi dari theobromine dan theophylline sebagai kafein.¹⁸

Tabel 2.1 Kandungan Kafein dalam Makanan/Minuman

Produk	Kandungan Kafein
Secangkir Kopi	85 mg
Secangkir Teh	35 mg
Sebotol Coca Cola	35 mg
Minuman Energi (Kratingdaeng, M 150, Galin Burgar, dll)	50 mg

(Sumber: Putra dan Hermanto, 2003)¹⁹

2.1.3 Efek Fisiologis Kafein

Kafein cepat diabsorpsi di dalam darah dan mencapai nilai maksimal di dalam 15 – 120 menit setelah dikonsumsi. Melalui darah kafein disebarkan ke jaringan tubuh termasuk otak. Enzim di hati memecah kafein dan menyisakannya sedikit untuk dikeluarkan di urine.¹¹

Kafein memiliki efek sentral dan perifer di tubuh, di susunan saraf pusat kafein mempengaruhi bagian dari otak dan sumsum tulang belakang sementara di perifer kafein mempengaruhi organ dan jaringan. Pada dosis rendah (2-10 mg/kg) kafein meningkatkan kewaspadaan, tidak mudah lelah, menurunkan kecepatan reaksi, meningkatkan ventilasi dan mengurangi kognitif pada beberapa keahlian motorik halus. Pada dosis tinggi (> 15 mg/kg) kafein dapat menyebabkan insomnia, cemas, sakit kepala dan tidak stabil. Kafein juga memiliki efek yang tidak konsisten pada sistem kardiovaskular. Tergantung dimana dia bekerja di tubuh, kafein dapat meningkatkan atau menurunkan detak jantung dan menyebabkan pembuluh darah berkontraksi atau dilatasi. Kafein menyebabkan sedikit peningkatan pada produksi

urine dari ginjal dan dilatasi bronkus. Kafein menyebabkan pengeluaran epinephrine dari kelenjar adrenal yang menyebabkan lipolisis di jaringan otot dan jaringan lemak. Peningkatan mobilisasi asam lemak bebas menyebabkan penghematan glikogen di awal latihan oleh karena tubuh lebih banyak menggunakan asam lemak bebas sebagai sumber energi. Kafein juga bekerja secara langsung di sel otot dengan meningkatkan pelepasan kalsium dari retikulum sarkoplasma di sel otot yang menyebabkan kontraksi otot.¹¹

Kafein bersifat ergogenik selama latihan melalui efek secara langsung pada susunan saraf pusat melalui aktivasi neural pada kontraksi otot dan efek langsung pada otot rangka dengan meningkatkan transport ion kalsium dan enzim regulator termasuk yang mengatur glikogenolisis serta efek metabolik dengan meningkatkan oksidasi asam lemak dan menurunkan oksidasi karbohidrat.¹¹ Beberapa efek ergogenik kafein adalah:

a. Efek pada susunan saraf pusat dan hormon.

Efek utama kafein adalah merangsang susunan saraf pusat, dimana mekanisme kerjanya adalah dengan menghalangi efek neuromodulator adenosine sehingga kafein disebut juga sebagai antagonis reseptor adenosine. Untuk pemakaian kafein yang kronis, tubuh akan mengadakan respon dengan meningkatkan jumlah sisi reseptor adenosine. Disamping itu kafein juga merangsang sekresi serotonin pada cortex cerebri dan cerebellum. Sementara pada dosis yang tinggi, Kafein dapat menginduksi efek seperti stress pada *pituitary adrenal axis*, kafein juga dapat menyebabkan vasodilatasi pembuluh darah cerebri sehingga terjadi sakit kepala berat.²⁰

b. Efek kafein pada metabolisme karbohidrat dan lemak.

Kafein menghambat enzim yang memecah C-AMP, kadar C-AMP yang tinggi akan meningkatkan lipolisis yang akhirnya akan melepaskan asam lemak bebas ke aliran darah. Sel otot kemudian mengabsorpsi asam lemak bebas dan menggunakannya sebagai sumber energy. Proses ini menyebabkan kebutuhan glikogen menurun yang disebut penghematan glikogen.¹⁷

c. Efek pada system kardiovaskular.

Kafein dan methylxanthine lain mempengaruhi fungsi kardiovaskular secara langsung dengan memodifikasi kontraksi jantung dan pembuluh darah dan secara tidak langsung dengan mempengaruhi neurotransmisi pada system saraf pusat dan sistem saraf tepi.¹⁷

d. Efek pada sistem respirasi dan otot rangka.

Kafein merangsang respirasi dengan menggunakan mediator dopamine dan serotonin. Methylxanthine khususnya kafein mempengaruhi kontraksi otot polos dan dapat meningkatkan inhibisi asetilkolin atau kolinesterase.¹⁷

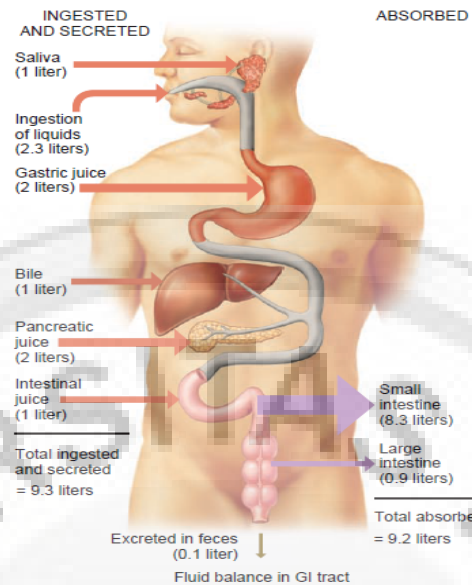
2.1.3.1 Pengosongan Lambung

Beberapa menit setelah makanan memasuki lambung akan muncul gerakan peristaltik yang disebut *mixing waves* yang melewati lambung setiap 15 sampai 25 detik. Gelombang tersebut berfungsi untuk melembutkan makanan dan mencampurkan makanan dengan hasil sekresi lambung sehingga membentuk *chime*, *mixing waves* mulai terjadi pada bagian fundus lambung yang juga berfungsi sebagai penyimpanan makanan yang masuk. Gelombang yang lebih kuat terjadi pada bagian

korpus lambung dan lebih intensif lagi saat mencapai bagian pylorus, setiap *mixing waves* membuat sekitar 3 mL *chyme* terdorong ke duodenum dan sebagian besar *chyme* terdorong kembali ke bagian korpus dan bercampur kembali dengan hasil sekresi lambung. Gelombang berikutnya mendorong kembali *chyme* ke bagian pylorus dengan kekuatan sedikit lebih kuat sehingga mendorong *chyme* ke duodenum.²⁰

Semua fase digesti mekanik maupun kimiawi mulai dari mulut sampai ke *small intestine* akan diubah menjadi ke dalam bentuk yang dapat melewati sel epitel yang melapisi mukosa absorpsi untuk dibawa ke pembuluh darah dan pembuluh limfatik, proses ini disebut dengan absorpsi.²⁰

Absorpsi material makanan melalui difusi, difusi terfasilitasi, osmosis dan transport aktif. Sekitar 90% nutrisi di absorpsi di usus halus dan 10% di absorpsi di lambung dan usus besar (colon), material yang tidak di absorpsi akan langsung dibawa meninggalkan usus halus untuk dibawa ke usus besar (colon).²⁰



Gambar 2.1 Penyerapan dan ekskresi cairan pada usus halus

Dikutip dari: Tortora GJ. Wiley. 2009

2.1.3.2 Metabolisme Kafein

Kafein diserap sepenuhnya oleh tubuh melalui usus kecil dalam waktu 45 menit setelah penyerapan dan disebarkan ke seluruh jaringan tubuh. Pada orang dewasa yang sehat jangka waktu penyerapannya adalah 3-4 jam, sedangkan pada wanita yang memakai kontrasepsi oral waktu penyerapan adalah 5-10 jam. Pada bayi dan anak memiliki jangka waktu penyerapan lebih panjang (30 jam).

Kafein diuraikan dalam hati oleh sistem enzim *sitokrom P 450* oksidase menjadi 3 dimethylxanthin metabolik, yaitu :

- a. *Paraxanthine* (84%), mempunyai efek meningkatkan lipolysis, mendorong pengeluaran gliserol dan asam lemak bebas didalam plasma darah.

b. *Theobromine* (12%) melebarkan pembuluh darah dan meningkatkan volume urin.

Theobromine merupakan alkaloida utama didalam kokoa (coklat)

c. *Theophylline* (4%), melonggarkan otot saluran pernafasan, digunakan pada pengobatan asma.

Masing masing dari hasil metabolisme ini akan dimetabolisme lebih lanjut dan akan dikeluarkan melalui urin.²¹

2.1.2 Konsep VO_2 maks

Konsumsi oksigen pada setiap individu berbeda, tergantung dari beberapa faktor seperti usia, jenis kelamin dan lingkungan. Konsumsi oksigen ini akan mencapai nilai maksimal yang disebut sebagai VO_2 maks. Secara definisi VO_2 maks adalah ambilan oksigen secara maksimal untuk proses metabolisme aerobik. Konsumsi oksigen maksimal ini dapat dapat ditingkatkan dengan melakukan latihan rutin selama 7 sampai 13 minggu sehingga dapat meningkatkan konsumsi oksigen maksimal sebesar 10 persen. Peningkatan konsumsi oksigen maksimal ini berhubungan dengan berat badan, ukuran rongga dada dan kekuatan otot – otot pernafasan dari individu.⁵ Kadar oksigen dalam darah adalah 20 mL dalam 100 mL darah.²² Nilai VO_2 maks dinyatakan dalam satuan (L/menit) atau (ml/kg/menit).

Banyak faktor yang mempengaruhi dari VO_2 maks, diantaranya tipe olahraga, *hereditary*,seks, ukuran dan komposisi tubuh dan usia.²²

a. Tipe Olahraga

Tipe olahraga sangat mempengaruhi VO_2 maks, tergantung pada jenis olahraga yang dilakukan dan seberapa banyak massa otot yang digunakan. Pada suatu penelitian yang dilakukan McArdle, dengan judul *Comparison of Continuous and Discontinuous Treadmill and Bicycle Test for Max VO_2* , menunjukkan bahwa dengan melakukan *treadmill* akan menghasilkan VO_2 maks lebih tinggi dibandingkan dengan melakukan *bicycle ergometer*. Pada olahraga berenang pun akan menghasilkan VO_2 maks 20% lebih rendah dibandingkan olahraga dengan menggunakan *treadmill*.²²

b. Genetik

Hubungan antara faktor keturunan dengan olahraga sangat penting untuk dimengerti. Setiap individu memiliki respon respon olahraga yang bervariasi, khususnya respon terhadap kesehatan. Hal ini menimbulkan banyak pertanyaan mengenai hubungan genetic dengan kapasitas fisiologi dan metabolisme suatu individu.²²

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Bouchard, dkk mengenai *Hereditary, Activity Level, Fitness and Health in Physical Activity, Fitness and Health* menunjukkan bahwa peran faktor genetic terhadap nilai VO_2 maks sebesar 20% sampai 30%, sedangkan pada denyut jantung 50% dan kapasitas kerja fisik 70%.²⁰

c. Jenis kelamin

Nilai VO_2 maks pada wanita lebih rendah 15% sampai 30% dibandingkan dengan laki – laki. Faktor yang mempengaruhi perbedaan VO_2 maks antara laki – laki dan perempuan adalah komposisi tubuh dan konsentrasi hemoglobin dari laki – laki dan perempuan tersebut. Perempuan memiliki lemak tubuh lebih tinggi sekitar 26%

dibandingkan laki – laki yang hanya 15%, hal ini akan mempengaruhi nilai VO_2 maks.²²

Laki – laki pun dapat menghasilkan energi lebih banyak dibandingkan dengan perempuan, hal ini diakibatkan karena laki – laki memiliki masa otot yang lebih banyak dan komposisi lemak tubuh yang lebih sedikit dibandingkan perempuan. Perempuan memiliki hormon testosteron yang lebih sedikit dibandingkan laki - laki, sehingga akan mempengaruhi hormon eritropoietin untuk menghasilkan sel darah merah lebih banyak. Hal ini dibuktikan dengan kadar hemoglobin pada laki – laki yang lebih tinggi dibandingkan perempuan sekitar 10% sampai 14%. Kadar hemoglobin pada tubuh akan mempengaruhi oksigen darah.²²

d. Ukuran dan Komposisi Tubuh

Ukuran dan komposisi tubuh individu berpengaruh pada ambilan oksigen oleh tubuh. Faktor yang berpengaruh terhadap ambilan oksigen adalah luas permukaan tubuh, masa tubuh, masa lemak didalam tubuh dan volume dari ekstrimitas. Berdasarkan kadar VO_2 maks, perempuan memiliki ambilan oksigen yang lebih rendah dibandingkan laki – laki sebesar 20%. Apabila dilihat dari masa tubuhnya, perempuan pun memiliki ambilan oksigen yang lebih rendah dibandingkan laki – laki sebesar 29%, hal ini diakibatkan karena perempuan memiliki massa tubuh yang lebih rendah dibandingkan laki – laki, sehingga berpengaruh terhadap ambilan oksigen.²²

e. Usia

Ambilan oksigen pada individu tidak terlepas dari usia individu tersebut. Hal ini terbukti pada suatu penelitian *cross sectional*, menunjukkan adanya pengaruh umur terhadap aktifitas fisik individu. Pada penelitian yang dilakukan oleh Krahenbuhl,

mengenai kadar VO_2 maks antara anak laki – laki dan anak perempuan pada usia 12 tahun tidak menunjukkan perbedaan. Ketika memasuki usia 14 tahun VO_2 maks pada anak laki – laki lebih besar dibandingkan anak perempuan. Pada usia 16 tahun perbedaannya semakin meningkat hingga mencapai 50%.²² Perbedaan ini dipengaruhi oleh massa otot pada anak laki – laki yang lebih banyak dibandingkan anak perempuan.²²

Memasuki usia dewasa sekitar 25 tahun, kadar VO_2 maks baik pria maupun wanita mengalami penurunan sebesar 1% pertahunnya. Sehingga pada usia 55 tahun kadar VO_2 maks menurun sebesar 20% dibandingkan kadar VO_2 maks pada usia 20 tahun.²²

2.1.2.1 Pengukuran VO_2 maks

Pengukuran VO_2 maks dilakukan untuk menentukan kebugaran jasmani yang merupakan ambilan oksigen maksimal yang digunakan untuk metabolisme tubuh secara aerobik yang terdapat peran dari jantung.⁵

Ada berbagai metode untuk mengukur VO_2 maks yang dapat dibedakan dengan metode yaitu, metode langsung dan metode tidak langsung. Yang termasuk metode langsung yaitu treadmill, ergometer, dan tes langkah, sedangkan metode tidak langsung yaitu grafik dan formula Astrand dan fisiologis misalnya, denyut jantung (HR) dan subjektif misalnya, rating of perceived exertion (RPE) variabel.⁹ Salah satu contoh test pengukuran VO_2 maks adalah *Harvard Step Test*.²³

Pada *Harvard Step Test*, subyek penelitian akan melakukan tes dengan cara berdiri tegak di depan bangku dan subyek akan melakukan naik turun bangku setiap 2

detik selama 5 menit (150 langkah) kemudian dilakukan pengukuran denyut nadi setelah melakukan naik turun bangku pada menit ke 1, 2 dan 3 untuk melihat perbedaan dari denyut nadi pada subyek.²³

Hasil yang didapat dari pengukuran pada subyek setelah melakukan test kemudian ditambahkan dan dibagi 3000, lalu hasilnya di bandingkan dengan tabel untuk melihat tingkatan dari VO_2 maks subyek.²³

2.1.2.2 Konsumsi Oksigen oleh Tubuh

Oksigen merupakan suatu gas dan unsure vital dalam proses metabolisme untuk mempertahankan kelangsungan hidup seluruh sel tubuh.²⁴ Oksigen sendiri terdapat di udara, air dan lapisan bumi. Kandungan oksigen dari masing – masing berbeda, dimana air mengandung 89%, lapisan bumi 46% dan udara mengandung 21% oksigen.²⁵

Konsumsi oksigen normal pada manusia sendiri adalah 250 ml/menit.⁵ Oksigen digunakan sebagai gas untuk pembentukan energi.²⁴ Pada saat melakukan aktivitas fisik, indeks aktivitas metabolisme dinyatakan sebagai konsumsi oksigen (VO_2).⁵ Pada menit pertama konsumsi oksigen akan meningkat secara cepat dan pada menit ketiga dan keempat terdapat kurva mendatar yang menandakan keseimbangan antara energi yang dibutuhkan akibat aktivitas otot dengan produksi ATP melalui metabolisme aerobik, walaupun aktivitas ditingkatkan, konsumsi oksigen akan tetap, hal ini dinyatakan sebagai konsumsi oksigen maksimal (VO_2 Maks).²⁶

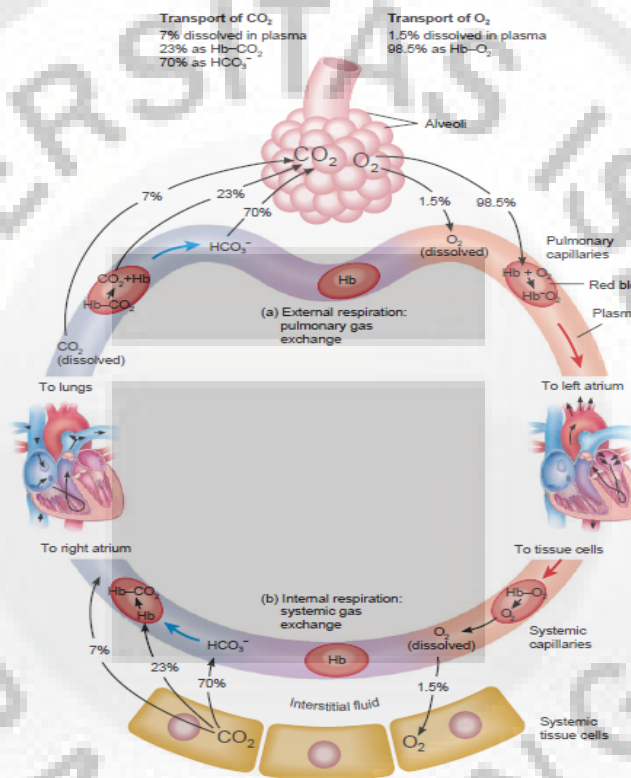
2.1.2.3 Pengaruh Sistem Kardiovaskular terhadap Transportasi Oksigen

Sistem kardiovaskular merupakan sistem yang terdiri dari sistem jantung dan pembuluh darah. Sistem ini sangat berkaitan dengan transportasi oksigen ke jaringan dan konsumsi oksigen oleh jaringan tubuh, serta berperan dalam menghantarkan nutrisi. Sistem ini sangat berkaitan dengan transportasi oksigen ke jaringan dan konsumsi oleh jaringan tubuh.⁵ Tekanan parsial oksigen (PO_2) sangat mempengaruhi perpindahan oksigen dari paru – paru ke pembuluh darah dan selanjutnya dari pembuluh darah ke dalam jaringan.²⁰

Faktor lain yang mempengaruhi dari transportasi oksigen ke dalam jaringan tubuh salah satunya adalah *cardiac output*. *Cardiac output* merupakan jumlah darah yang dipompakan oleh jantung menuju aorta dalam satu menit. Besarnya jumlah darah yang dipompa oleh jantung tergantung terhadap kekuatan otot jantung untuk berkontraksi. Hal ini salah satunya dipengaruhi oleh olahraga. Olahraga merupakan salah satu aktivitas fisik yang akan berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan kontraksi otot jantung. Teori ini dibuktikan pada atlet lari maraton yang memiliki kekuatan pompa jantung lebih besar 40-50% dibandingkan dengan bukan atlet. Pada atlet maraton pun selain adanya peningkatan dari *cardiac output*, juga terdapat peningkatan dari *stroke volume* dan detak jantung.⁵ *Stroke volume* adalah jumlah darah yang dipompa oleh ventrikel selama kontraksi.²⁰ Hal ini juga mengakibatkan peningkatan dari transportasi oksigen ke jaringan.

Oksigen yang masuk ke dalam pembuluh darah selanjutnya akan berikatan dengan hemoglobin, dimana sebesar 1.5% akan berikatan dengan plasma darah dan 98.5% akan berikatan dengan hemoglobin. Dalam 100 mL darah diketahui terdapat

20 mL oksigen yang masing-masing terikat oleh plasma darah sebesar 0.3 mL dan terikat oleh hemoglobin sebesar 19.7 mL. Oksigen yang dapat masuk ke dalam jaringan hanya sebesar 1.5% dari 98.5% yang berikatan dengan hemoglobin, dan dapat dilihat pada gambar dibawah ini²⁰ :



Gambar 2.2 Transportasi oksigen pada system kardiovaskular dan pembuluh darah

Dikutip dari : Tortora GJ. Wiley. 2009²⁰

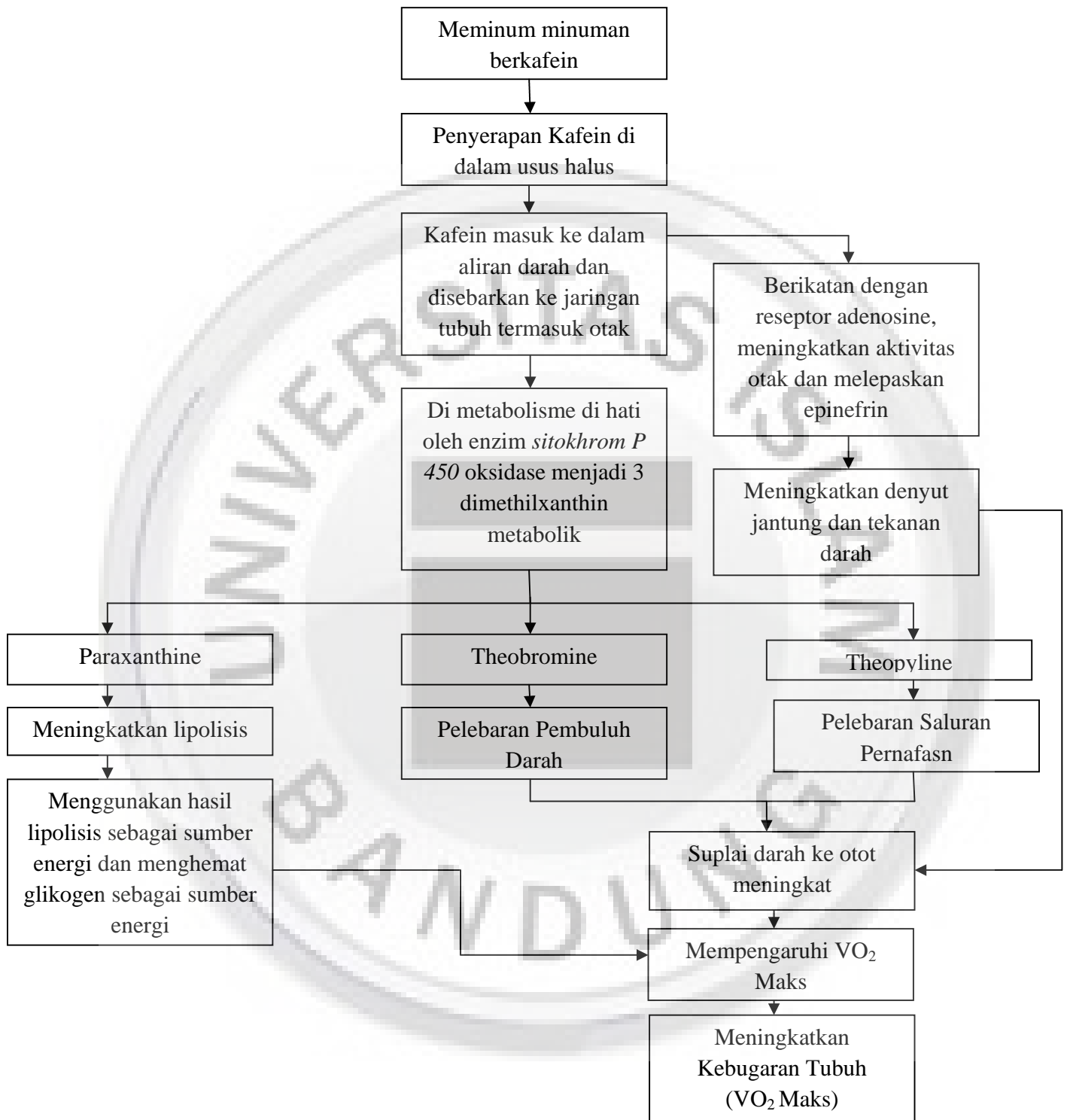
2.1.3 Kerangka pemikiran

Penyerapan kafein didalam tubuh sepenuhnya melalui usus kecil dalam waktu 45 menit setelah dikonsumsi dan disebarkan ke seluruh jaringan tubuh.

Kafein diuraikan dalam hati dengan bantuan enzim *sitokrom P 450* oksidase menjadi 3 dimethylxanthin metabolik, yaitu *Paraxanthine*, *Theobromine* dan *Theopyline*. Masing-masing dari hasil metabolisme ini akan menimbulkan efek secara langsung pada susunan saraf pusat dengan mengaktivasi neural pada kontraksi otot serta memiliki efek langsung terhadap otot rangka dengan meningkatkan transport ion kalsium dan enzim regulator termasuk yang mengatur glikogenolisis serta efek metabolik dengan meningkatkan oksidasi asam lemak dan menurunkan oksidasi karbohidrat.¹¹ Selain itu kafein juga memiliki beberapa fungsi ergogenik seperti:

- a. Berkompetisi dengan adenosine untuk menghalangi efek neuromodulator pada sistem saraf pusat
- b. Meningkatkan lipolisis dengan cara menghambat pemecahan C-AMP, sehingga sel otot dapat menggunakan sel lemak bebas sebagai sumber energy
- c. Meningkatkan kontraksi jantung, sehingga jantung lebih banyak memompahkan darah keseluruh tubuh dan jaringan sehingga suplai darah dan O₂ ke jaringan meningkat

Berikut ini merupakan kerangka pemikiran yang sesuai dengan penjelasan diatas:



Gambar 2.3 Bagan Kerangka Pemikiran

¹⁸ Casal et al. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/27374/4/Chapter II. Skripsi. 2000. 1-2>

19
20
21
22
23
24
25
26

