

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik merupakan suatu gerakan fisik atau aktivitas mental yang dilakukan secara sistematis dan berulang-ulang (repetitif) dalam jangka waktu (durasi) lama, dengan pembebanan yang meningkat secara progresif dan individual, yang bertujuan untuk memperbaiki sistem serta fungsi fisiologis tubuh agar pada waktu melakukan aktivitas olahraga dapat mencapai penampilan yang optimal. Aktivitas fisik yang dilakukan mengakibatkan perubahan-perubahan terhadap karakter anatomi, fisiologi, biokimia dan psikologi.⁶

Aktivitas fisik yang dapat meningkatkan sistem pertahanan tubuh adalah aktivitas fisik dengan intensitas rendah dan intensitas sedang, karena aktivitas pada tingkat ini mengacu pada program aktivitas fisik yang dirancang untuk meminimalkan pengeluaran radikal bebas. Sedangkan aktivitas fisik yang maksimal dan melelahkan dapat meningkatkan jumlah leukosit dan neutrofil baik dalam sirkulasi maupun jaringan. Aktivitas fisik selalu menimbulkan reaksi untuk menyesuaikan diri berupa respon-respon dan akhirnya tubuh akan beradaptasi terhadap beban yang diterima. Jika latihan yang dilakukan tidak teratur, akan terjadi proses adaptasi tubuh yang tidak sempurna. Aktivitas fisik yang mengedepankan peningkatan kinerja fisik untuk prestasi memiliki potensi terhadap masalah kesehatan itu sendiri. Sebab aktivitas fisik tidak hanya memiliki manfaat tetapi juga memiliki resiko terhadap kerusakan jaringan akan terjadi pada aktivitas fisik maksimal maupun submaksimal.⁷

Salah satu pengaruh yang dapat timbul akibat latihan fisik adalah meningkatnya senyawa radikal bebas yang dapat diikuti oleh peristiwa stres oksidatif dengan segala akibat negatif yang mungkin terjadi. Aktivitas fisik berat dapat menurunkan aliran darah di hepar hingga setengah dari normal menyebabkan iskemia atau hipoksia sehingga terjadi peningkatan pembentukan ROS (*Reactive oxygen Spesies*) yang dapat merusak sel hepar yang ditunjukkan peningkatan kadar AST dan ALT dalam darah.⁸

Jika kondisi ini berlangsung lama atau berat dapat menimbulkan terjadinya kerusakan sel atau jaringan. Sebenarnya radikal bebas penting bagi kesehatan dan fungsi tubuh yang normal dalam memerangi peradangan, membunuh bakteri, dan mengendalikan tonus otot polos pembuluh darah dan organ-organ dalam tubuh kita. Namun bila dihasilkan melebihi batas kemampuan proteksi antioksidan seluler, maka radikal bebas ini akan menyerang sel itu sendiri. Struktur sel yang berubah turut merubah fungsinya, yang akan mengarah pada proses munculnya penyakit.⁷

Mekanisme terbentuknya radikal bebas selama aktivitas fisik maksimal ada dua cara yaitu : pertama disebabkan lepasnya elektron superoksida dari mitokondria. Pada aktivitas fisik maksimal terjadi peningkatan konsumsi oksigen sampai 20 kali bahkan dalam otot dapat mencapai 100 kali. Penggunaan oksigen yang berlebihan dapat memacu pembentukan radikal bebas di jaringan. Kedua, terbentuknya radikal bebas selama aktivitas fisik maksimal erat hubungannya dengan proses iskemia-perfusi. Terjadi hipoksia relatif sementara di jaringan beberapa organ yang tidak aktif seperti ginjal, hati, dan usus. Hal ini terjadi sebagai kompensasi peningkatan pasokan darah ke otot yang aktif dan kulit.

Serabut otot menjadi relatif hipoksia, karena pada saat otot berkontraksi dengan kuat, memeras pembuluh darah intramuskular di bagian otot yang aktif, akibatnya terjadi penurunan aliran darah ke otot yang aktif untuk sementara. Setelah selesai aktivitas fisik, darah dengan cepat kembali ke berbagai organ yang kekurangan aliran darah tadi, sehingga terjadi perfusi yang dapat menyebabkan sejumlah radikal bebas turut dalam sirkulasi.⁷

2.2. Radikal Bebas

Radikal bebas merupakan suatu molekul yang mempunyai satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan di orbita luarnya.² Radikal bebas bersifat tidak stabil dan mempunyai reaktivitas yang tinggi.³ Jika sudah terbentuk dalam tubuh maka akan terjadi reaksi berantai yaitu molekul tidak stabil ini mengambil satu elektron dari senyawa lain maka molekul tersebut menjadi stabil sedangkan molekul yang diambil elektronnya menjadi tidak stabil berubah menjadi radikal dan memicu reaksi pembentukan radikal bebas berikutnya sehingga jumlahnya akan terus bertambah.⁷

Radikal bebas yang berlebih dapat menyebabkan kerusakan ditingkat biomolekuler (lipid, protein, DNA) bahkan dapat menyebabkan banyak penyakit kronis seperti atherosklerosis, infark miokard, penyakit kardiovaskular, inflamasi kronis, kanker, diabetes, arthritis reumatoid dan penyakit degeneratif lainnya.^{2,3}

Ada dua bentuk umum dari radikal bebas yaitu ROS dan *reactive nitrogen species* (RNS). Termasuk ROS di antaranya ion *superoxide* ($O_2^{\cdot-}$), *hydrogen peroxide* (H_2O_2), *hydroxyl radical* (OH^{\cdot}), dan *peroxyl radical* (OOH^{\cdot}). Sementara RNS sering dianggap sebagai subklas dari ROS, di antaranya *nitric oxide* (NO),

nitrous oxide (N₂O), *peroxynitrite* (NO₃⁻), *nitroxyl anion* (HNO) dan *peroxynitrous acid* (HNO₃⁻).⁶

Reaksi pembentukan radikal bebas merupakan mekanisme biokimia tubuh normal yang terjadi melalui reaksi yang langsung memutuskan ikatan atau melalui transfer elektron. Reaksi oksidasi lipid berlangsung dalam tiga tahap, yaitu pada membran sel sehingga menyebabkan kerusakan pada sel.⁷

- a. Tahapan inisiasi, yaitu tahapan pembentukan radikal bebas.
- b. Tahapan propagasi, yaitu pemanjangan rantai radikal.
- c. Tahapan terminasi, yaitu bereaksinya senyawa radikal dengan radikal lain atau dengan penangkapan radikal, sehingga potensi propagasinya rendah.⁷

2.3. Stress Oksidatif

Stres oksidatif merupakan suatu kondisi ketidakseimbangan antara produksi radikal bebas dengan antioksidan, di mana kadar radikal bebas lebih tinggi dibandingkan antioksidan.⁹ Kondisi tersebut dipengaruhi oleh faktor internal seperti genetik, umur, oksidasi fosforilasi, proses patofisiologi, dan faktor eksternal seperti olahraga berlebih, asupan makanan, patogen, sinar ultraviolet, dan bahan kimia.⁸

Faktor internal utama yang menimbulkan stres oksidatif adalah oksidasi fosforilasi akibat melakukan aktivitas fisik maksimal. Selama aktivitas fisik, terbentuk radikal bebas bersamaan dengan reaksi oksidasi fosforilasi untuk membentuk energi (ATP) dalam mitokondria. Dalam reaksi tersebut dibutuhkan oksigen di mana oksigen akan bereaksi dengan hidrogen untuk membentuk air, tetapi sejumlah oksigen dapat berubah menjadi radikal bebas. Dengan demikian

maka semakin berat aktivitas fisik maka dibutuhkan semakin banyak ATP, juga semakin banyak radikal bebas yang dihasilkan sebagai produk samping.⁶

Untuk menentukan stress oksidatif akut pada aktivitas fisik, kebanyakan penelitian dilakukan dengan menghitung marker stress di dalam darah dan urin. Penelitian sebelumnya juga telah membuktikan terjadi stress oksidatif pada jaringan otot manusia pada aktivitas fisik. Kebanyakan yang diukur berasal dari peroksidasi lipid.¹⁰

2.4. Antioksidan

Antioksidan merupakan senyawa yang mampu menangkal atau meredam dampak negatif oksidan dalam tubuh dengan cara mendonorkan satu elektronnya kepada senyawa yang bersifat oksidan dan senyawa yang dapat menghambat spesies oksigen reaktif, spesies nitrogen, dan radikal bebas lainnya sehingga mampu mencegah penyakit-penyakit degeneratif seperti kardiovaskular, kanker, dan penuaan.^{6,11}

Antioksidan dapat digolongkan menjadi antioksidan enzimatis dan non enzimatis. Antioksidan enzimatis disebut juga antioksidan primer atau antioksidan endogen, diantaranya GPx, catalase, dan SOD.¹² Sedangkan, antioksidan non enzimatis disebut juga antioksidan sekunder atau antioksidan eksogen, digolongkan sebagai yang larut dalam lemak seperti tokoferol, karotenoid, flavonoid, quinon, dan bilirubin, sementara yang larut dalam air seperti asam askorbat, asam urat, protein pengikat logam dan protein pengikat heme.⁶ Di samping itu, dikenal juga antioksidan sintetis seperti Butil Hidroksi Anisol

(BHA), Butil Hidroksi Toluen (BHT), propil galat, tert-butil hidroksi quinon (TBHQ), asam galat, propil galat.¹³

2.5.Ubi Ungu (*Ipomoea batatas* L.)

Ubi jalar mempunyai beberapa jenis yang dapat ditemukan antara lain ubi merah, ubi *orange*, ubi kuning, ubi putih dan ubi ungu.¹⁴ Kedudukan taksonomi tanaman ubi jalar menurut Heyne (1987) adalah sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*
 Divisio : *Spermatophyta*
 Subdivisio : *Angiospermae*
 Kelas : *Dicotyledonae*
 Ordo : *Convolvulus*
 Familia : *Convolvulacea*
 Genus : *Ipomoea*
 Species : *Ipomoea batatas* L.

Ubi jalar merupakan sumber karbohidrat dan sumber kalori (energi) yang cukup tinggi. Kandungan karbohidrat ubi jalar menduduki peringkat keempat setelah padi, jagung, dan ubi kayu. Ubi jalar merupakan sumber vitamin dan mineral sehingga cukup baik untuk memenuhi gizi dan kesehatan masyarakat. Vitamin yang terkandung dalam ubi jalar adalah vitamin A (betakaroten), vitamin C, thiamin (B1), dan riboflavin (vitamin B12). Sedangkan mineral yang terkandung dalam ubi jalar adalah zat besi (Fe), fosfor, kalsium (Ca), dan Natrium (Na). Kandungan zat gizi lainnya yang terdapat dalam ubi jalar adalah protein, lemak, serat kasar, dan kalori.^{15,16}

Tabel 2. Kandungan gizi ubi jalar

Jenis	Ubi Jalar Putih	Ubi Jalar Kuning	Ubi Jalar Ungu
Kalori	123 kkal	136 kkal	123 kkal
Karbohidrat	28,79%	24,47%	12,64%
Gula reduksi	0,32%	0,11%	0,30%
Lemak	0,77%	0,68%	0,94%
Protein	0,89%	0,49%	0,77%
Air	62,24%	68,78%	70,46%
Abu	0,93%	0,99%	0,84%
Serat	2,5%	2,79%	3%

Ubi jalar ungu mengandung vitamin A, vitamin C, vitamin B1 (thiamin)²⁶. Dalam 100 gram ubi ungu didapatkan sekitar 9000 µg betakaroten, sedangkan dalam 100 gram ubi jalar putih dan kuning hanya mengandung 260 µg dan 2900 µg. Makin pekat intensitas warna jingganya ubi jalar, makin tinggi kandungan betakarotennya.¹⁶

Betacarotene merupakan carotene yang terbanyak dalam makanan yang berfungsi sebagai antioksidan, beta carotene juga berperan sebagai provitamin A. sebagai provitamin A, beta carotene berkontribusi pada keseluruhan fungsi yang berbeda sebagai penyediaan retinol (vitamin A) terhadap kebutuhan tubuh. Satu molekul dari beta carotene dapat dipecah dalam tubuh menjadi dua vitamin A.^{15,17}

Vitamin A yang tinggi banyak dikandung oleh ubi ungu, yaitu 7.700 mg per 100 gram.¹⁶ Retinol (vitamin A) adalah nutrisi esensial yang berhubungan dengan 3 fungsi penting, fungsi utamanya adalah menjaga kesehatan penglihatan.

Vitamin A juga berfungsi sebagai aktivasi ekspresi gen dan kontrol differensiasi sel. Berdasarkan fungsi ini vitamin A dapat berefek terhadap fungsi imun, pendengaran, nafsu makan, perkembangan tulang dan pertumbuhan. Fungsi vitamin A yang ketiga adalah sebagai control dari perkembangan embriologi.¹⁸

Vitamin C atau asam askorbat merupakan vitamin yang larut dalam air. Vitamin C bekerja sebagai suatu koenzim dan pada keadaan tertentu merupakan reduktor dan antioksidan. Vitamin ini dapat secara langsung atau tidak langsung memberikan elektron ke enzim yang membutuhkan ion-ion logam tereduksi dan bekerja sebagai kofaktor untuk prolil dan lisil hidroksilase dalam biosintesis kolagen. Zat ini berbentuk kristal dan bubuk putih kekuningan, stabil pada keadaan kering.¹⁹

Vitamin C sangat berguna untuk tubuh untuk pembentukan kolagen dalam tulang, kartilago, otot, pembuluh darah dan juga membantu dalam penyerapan besi. Kekurangan vitamin C dapat menyebabkan scurvy yaitu kondisi dimana ditandai dengan gusi berdarah dan luka yang tidak kunjung sembuh.²⁰

Salah satu jenis ubi yang memiliki antosianin tinggi adalah ubi jalar ungu, serta mempunyai stabilitas yang tinggi bila dibandingkan antosianin sumber lain.²¹ Warna ungu pada ubi jalar disebabkan oleh adanya zat warna alami yang disebut antosianin.²² Antosianin adalah kelompok pigmen yang menyebabkan warna kemerah merahan, letaknya di dalam cairan sel yang bersifat larut dalam air. Komponen antosianin ubi jalar ungu adalah turunan mono atau diasetil 3-(2-glukosil) glukosil-5-glukosil peonidin dan sianidin. Senyawa antosianin berfungsi sebagai antioksidan dan penangkap radikal bebas, sehingga berperan untuk mencegah terjadi penuaan, kanker, dan penyakit degeneratif.²³ Tumbuhan ubi

jalar ungu mengandung antosianin yang cukup tinggi yaitu berkisar 110 mg – 210 mg/100 gram.²⁴

Senyawa antosianin pada ubi jalar merupakan pigmen yang terdapat pada ubi jalar ungu sehingga dapat sebagai komponen pangan sehat paling lengkap. Antosianin mampu menghalangi laju kerusakan sel radikal bebas. Selain itu juga sebagai antimutagenik dan antikarsinogenik terhadap mutagen dan karsinogen, mencegah gangguan pada fungsi hati, antihipertensi dan menurunkan kadar gula darah.¹⁶

Ubi ungu mempunyai efek neuroprotektif di otak, pada pemberian ubi ungu ditemukan penurunan level dari glial fibrillary acidic protein (GFAP), menginduksi nitric oxide synthase (iNOS) dan cyclooxygenase-2 (COX-2), meningkatkan aktivitas copper/zinc, superoxide dismutase (Cu/Zn-SOD) dan catalase (CAT) dan menurunkan kadar malondialdehid (MDA).²⁵

Tabel 3. Kandungan antioksidan ubi jalar ungu

Antioksidan per 100gram	Ubi jalar putih	Ubi jalar kuning	Ubi jalar ungu campur jingga
Betakaroten	260 mkg	2900 mkg	9900 mkg
Vitamin C	28,68mg/100gr	29,22 mg/100 gr	21,43 mg/ 100 gr
Antosianin	0,06mg/100gr	4,56 mg/ 100 gr	110,51 mg/100 gr
Vitamin A			7.700

2.6. Fermentasi Ubi Ungu (*Ipomoea batatas* L.)

Fermentasi adalah proses produksi energi di sel dalam keadaan anaerob, fermentasi merupakan salah satu bentuk respirasi anaerob. Pada proses fermentasi

terjadi perombakan gula menjadi alkohol atau etanol, asam asetat, asam laktat dan aldehid.²⁶

Fermentasi juga melibatkan mikroorganismenya. Zat gizi dalam bahan pangan akan dimanfaatkan oleh mikroorganismenya. Mikroorganismenya dapat memfermentasi karbohidrat, protein dan lemak menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan bantuan enzim yang dihasilkan oleh mikroorganismenya tersebut. Fermentasi dipengaruhi oleh faktor – faktor yaitu air, suhu, pH, oksigen, dan nutrisi yang tersedia.²⁶

Mikroorganismenya yang memiliki daya konversi gula menjadi etanol yang tinggi adalah *saccharomices cerviceae*. Mikroorganismenya ini dapat menghasilkan enzim zimase dan invertase. Enzim invertase berfungsi sebagai pengubah glukosa menjadi etanol.²⁷

Pada proses fermentasi akan dihasilkan asam – asam yang mudah menguap, yaitu asam laktat, asam asetat, asam format, asam butirat dan asam propionat. Asam asetat banyak diproduksi pada konsentrasi gula tinggi sedangkan asam butirat, asam format dan asam propionat dijumpai dalam jumlah kecil.²⁷

Tape merupakan makanan tradisional Indonesia yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan pangan yang mengandung karbohidrat, seperti singkong dan ketan. Pembuatan tape tidak hanya dari singkong dan ketan. Tape juga bisa dibuat dari ubi jalar karena mengandung karbohidrat yang tinggi.²⁸

Pengolahan ubi jalar ungu menjadi tape merupakan salah satu usaha diversifikasi pangan, yaitu program yang mendorong masyarakat memvariasikan makanan pokok yang dikonsumsi.²⁸ Pemerintah juga mendorong masyarakat untuk lebih mengonsumsi ubi jalar dikarenakan harga makanan pokok beras yang

semakin mahal.²⁹ Pengolahan ubi jalar ungu menjadi tape terbukti dapat meningkatkan stabilitas dan kemurnian antosianin¹¹. Penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa fermentasi ubi ungu dapat meningkatkan kapasitas antioksidan dan superoksida dismutase (SOD) dan menurunkan malondialdehid (MDA). Fermentasi ubi ungu juga menurunkan kadar total kolesterol, *High density lipoprotein* (HDL) dan *low density lipoprotein* (LDL).⁵

Ubi jalar ungu memiliki tekstur yang agak berair dan mudah hancur saat dikukus dengan waktu yang lama. Diperlukan waktu pengukusan yang tepat untuk mendapatkan tekstur ubi jalar yang agak keras tetapi tetap gembur dan tidak hancur.³⁰

Pengukusan yang terlalu lama pada ubi jalar dapat mengakibatkan kandungan gizi berkurang, antosianin yang rusak dan tekstur yang terlalu lunak serta gampang hancur.³⁰ Pengukusan yang terlalu singkat juga dapat mengakibatkan tekstur yang terlalu keras yang kurang disukai masyarakat. Selain itu, lama fermentasi juga mempengaruhi kandungan alkohol dan rasa asam yang mempengaruhi minat masyarakat.³¹ Penelitian menunjukkan waktu pengukusan 30 menit dan fermentasi 36 jam dapat menghasilkan tape dengan karakteristik terbaik.²⁸