



um surabaya
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA

Strategi Buffering Fisiologis

**Melalui Intervensi Sodium Bicarbonate
untuk Daya Tahan dan Performa Atlet**



Prof. Dr. dr. Sukadiono, MM.

**Disampaikan pada Pengukuhan Jabatan Guru Besar
Dalam Kepakaran Fisiologi Olahraga Fakultas Kedokteran
Universitas Muhammadiyah Surabaya
Pada hari Sabtu, 23 Agustus 2025**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Yang Kami Hormati

1. Ketua Umum Pimpinan Pusat Muhammadiyah, Prof Dr. Haedar Nashir, M.Si
2. Menteri Koordinator Bidang Pembangunan Manusia dan Kebudayaan RI, Prof. Dr. Pratikno, M.Soc., Sc.
3. Menteri Koordinator Pangan RI, Dr (H.C.) Zulkifli Hasan, SE., MM.
4. Menteri Pendidikan Dasar dan Menengah RI, Prof. Dr. Abdul Mu'ti., M.Ed.
5. Penasehat Khusus Presiden Urusan Haji RI, Prof. Dr. Muhadjir Effendy, M.AP.
6. Wakil Menteri Pendidikan Tinggi Sains dan Teknologi RI, Prof. Dr. Fauzan, M.Pd.
7. Wakil Menteri Perlindungan Pekerja Migran Indonesia, Dzulfikar Ahmad Tawalla, S.Pd., M.I.Kom.
8. Wakil Menteri Pendidikan Dasar dan Menengah RI, Dr. Fajar Riza Ul Haq., M.A.
9. Gubernur Jawa Timur, Dr (H.C. UA) Khofifah Indar Parawansa
10. Walikota Surabaya, Dr. Eri Cahyadi, ST. MT, Bupati Jombang Warsubi, S.H., M.Si, Bupati Bojonegoro H. Setyo Wahono.
11. Pejabat Tinggi Madya dan Pratama Kemenko PMK

dan Kementerian lembaga terkait

12. Jajaran Pimpinan Pusat Muhammadiyah
13. Jajaran Pimpinan Wilayah Muhammadiyah se Jawa
14. Badan Pimpinan Harian Universitas Muhammadiyah Surabaya
15. Rektor PTN, PTM, PTS yang hadir.
16. Para Guru Besar yang hadir yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu
17. Rekan sejawat dan civitas akademika Universitas Muhammadiyah Surabaya yang saya cintai dan saya banggakan
18. Keluarga besar saya dari Jombang dan Surabaya
19. Para undangan dan hadirin yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang saya muliakan.

Para undangan dan hadirin yang saya muliakan.

Pada kesempatan yang terhormat dan berbahagia ini, berkenankan saya dengan segala kerendahan hati, saya mengucapkan syukur kehadiran Allah SWT. Atas segala rahmat dan karuniaNYA sehingga kita semua dapat hadir dalam keadaan sehat wal afiat di ruang ini dalam rangka pengukuhan guru besar. Saya menyampaikan rasa hormat dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua yang hadir di ruangan ini.

Hadirin yang saya hormati,

Jabatan Guru Besar merupakan jabatan akademis tertinggi yang dapat diemban seorang pendidik di perguruan tinggi. Saya menyadari sepenuhnya bahwa pencapaian ini tidak mungkin saya raih tanpa dukungan, doa, dan kerja sama dari seluruh civitas akademika Universitas Muhammadiyah Surabaya. Saya berharap pengalaman ini dapat memberikan inspirasi dan motivasi bagi rekan-rekan dosen, khususnya di Fakultas Kedokteran dan Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surabaya. Pengukuhan ini menjadi momen bersejarah, tidak hanya bagi pribadi saya, tetapi juga bagi perkembangan Ilmu Kedokteran dan Kesehatan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surabaya dan Perguruan Tinggi Muhammadiyah Aisiyiah di Indonesia.

Pada kesempatan ini perkenankan saya menyampaikan Pidato Pengukuhan Guru Besar dalam bidang Fisiologi Kedokteran dengan judul:

“STRATEGI *BUFFERING* FISIOLOGIS MELALUI INTERVENSI SODIUM BICARBONATE UNTUK DAYA TAHAN DAN PERFORMA ATLET”

Strategi *Buffering* Fisiologis melalui Intervensi Sodium Bicarbonate untuk Daya Tahan dan Performa Atlet

Akhir-akhir ini kita menyaksikan fenomena yang begitu menggembirakan sekaligus menantang. Olahraga tidak lagi dipandang sebagai aktivitas eksklusif milik atlet profesional atau sekadar hobi di waktu luang. Kini, olahraga telah masuk ke berbagai lapisan masyarakat bahkan menjadi tren saat ini, kita melihat anak muda yang memulai hari dengan *jogging* di lapangan KONI bahkan di taman kota, komunitas sepeda yang menaklukkan jalur pegunungan, para pekerja kantoran yang meluangkan waktu untuk *fitnes*, hingga para lansia yang antusias mengikuti senam bersama di lapangan terbuka. Bahkan, ajang-ajang seperti maraton, triatlon, dan *fun run* menjadi magnet yang menyatukan ribuan peserta dari berbagai latar belakang.

Fenomena ini menunjukkan bahwa olahraga telah menjadi bagian dari gaya hidup modern yang tidak hanya berorientasi pada kebugaran fisik, tetapi juga menjadi sarana aktualisasi diri, membangun jejaring sosial, dan bahkan mengelola kesehatan mental. Akan tetapi, di balik semangat dan antusiasme itu, tubuh manusia tetap tunduk pada hukum fisiologi yang berlaku sama bagi semua orang baik atlet kelas dunia maupun pelari pemula.

Olahraga, pada hakikatnya, memicu sebuah orkestrasi rumit dari proses fisiologis dan biokimia di dalam tubuh. Pada intensitas rendah hingga sedang,

tubuh mengandalkan metabolisme aerob, di mana oksigen digunakan secara optimal untuk menguraikan karbohidrat dan lemak menjadi energi. Proses ini efisien dan mampu mempertahankan aktivitas untuk durasi yang panjang.

Namun, ketika intensitas aktivitas meningkat tajam seperti saat melakukan sprint, renang cepat, *High-Intensity Interval Training (HIIT)*, atau pertandingan beregu dengan tempo tinggi kebutuhan energi melesat melebihi pasokan oksigen yang mampu disediakan oleh sistem pernapasan dan sirkulasi. Pada titik inilah tubuh mengaktifkan metabolisme **fitnes**, jalur cepat yang memungkinkan produksi energi dalam hitungan detik tanpa memerlukan oksigen.

Metabolisme anaerob menghasilkan asam laktat dan melepaskan ion hidrogen (H^+) dalam jumlah besar (Watanabe *et al.*, 2024). Akumulasi ion H^+ inilah yang menyebabkan penurunan pH tubuh, sebuah kondisi yang kita kenal sebagai *exercise-induced metabolic acidosis*. Penurunan pH ini dapat menghambat kerja enzim yang terlibat dalam metabolisme energi, mengganggu hantaran impuls saraf ke otot, serta menurunkan kemampuan otot untuk berkontraksi secara optimal.

Dampaknya sangat nyata: atlet atau individu akan merasakan sensasi panas, nyeri, dan berat pada otot, disertai penurunan daya ledak dan ketepatan gerakan. Fenomena inilah yang menjadi salah satu faktor pembatas

performa pada berbagai cabang olahraga, terutama yang menuntut daya tahan tinggi atau aktivitas intensitas tinggi berulang, seperti lari jarak menengah, balap sepeda, renang kompetitif, sepak bola, hingga bola basket (Lopes-Silva *et al.*, 2023).

Hadirin yang saya hormati,

Tubuh manusia memiliki kemampuan adaptasi yang luar biasa untuk mempertahankan keseimbangan internalnya atau yang kita sebut homeostasis meskipun sedang berada dalam kondisi ekstrem seperti aktivitas fisik berat. Salah satu bentuk pertahanan utama tersebut adalah mekanisme *buffering* fisiologis, yaitu sistem penyangga alami yang berfungsi untuk mempertahankan kestabilan pH darah dan cairan tubuh.

Mekanisme pertahanan pertama terhadap pergeseran pH bekerja melalui 2 jalur utama:

1. *Buffering* biokimia, yang mencakup bikarbonat, protein, dan fosfat, bekerja secara langsung dan cepat untuk menetralkan kelebihan ion H^+ .
2. *Buffering* fisiologis yang terbagi menjadi dua:
 - a. *Buffering* respiratorik, di mana peningkatan ventilasi pernapasan membantu mengeluarkan karbon dioksida (CO_2) yang berperan dalam regulasi pH darah.
 - b. *Buffering* ginjal, yang bertugas mengatur ekskresi ion H^+ dan reabsorpsi bikarbonat dalam jangka waktu lebih panjang.

Dari kedua mekanisme ini, sistem bikarbonat memiliki peran dominan, terutama saat aktivitas fisik berat yang memicu akumulasi H^+ secara cepat (Hargreaves & Spriet, 2020). Sistem ini bekerja bagaikan “pemadam kebakaran”, merespons secara instan untuk mencegah pH tubuh jatuh terlalu rendah yang bisa berakibat fatal bagi fungsi otot dan saraf.

Namun, meskipun sistem bikarbonat alami ini sangat efektif, pada kondisi olahraga intensitas tinggi terutama yang dilakukan berulang kemampuannya dapat mencapai batas maksimal. Inilah yang mendorong para peneliti dan praktisi olahraga mencari strategi *buffering* eksternal untuk membantu kerja sistem alami tubuh. Salah satu intervensi yang semakin mendapat perhatian adalah sodium bicarbonate atau natrium bikarbonat, senyawa yang dikenal luas di dunia olahraga sebagai *ergogenic aid* untuk meningkatkan ketahanan dan performa atlet.

***Buffering* Fisiologis dalam Aktivitas Olahraga**

Buffering fisiologis adalah mekanisme homeostasis tubuh yang berfungsi mempertahankan kestabilan pH darah dan cairan tubuh ketika terjadi peningkatan produksi asam selama aktivitas metabolisme. Dalam konteks olahraga, terutama pada aktivitas dengan intensitas tinggi, metabolisme energi anaerob menghasilkan asam laktat dan ion hidrogen (H^+) dalam jumlah signifikan. Ion H^+ yang menumpuk menyebabkan penurunan pH darah dan

cairan intraseluler, kondisi yang dikenal sebagai *exercise-induced metabolic acidosis* (Watanabe *et al.*, 2024).

Jika akumulasi H^+ tidak segera diimbangi, pH darah dapat turun di bawah batas fisiologis normal (7,35–7,45). Keadaan ini dapat mengganggu potensial aksi membran sel otot, menurunkan efisiensi interaksi aktin-miosin, menghambat kerja enzim glikolitik, dan akhirnya menurunkan performa atlet (Lopes-Silva *et al.*, 2023). Oleh karena itu, sistem *buffer* berperan sebagai garis pertahanan pertama dalam mempertahankan fungsi otot selama aktivitas fisik intensif.

Dalam olahraga prestasi, kapasitas *buffering* fisiologis menjadi faktor penentu keberhasilan mempertahankan intensitas tinggi. Atlet dengan kapasitas *buffer* yang lebih baik mampu menunda kelelahan dan mempertahankan produksi tenaga lebih lama. Beberapa strategi seperti latihan intensitas tinggi (*high-intensity interval training*, HIIT) dan suplementasi *ergogenic aids* seperti sodium bicarbonate terbukti dapat meningkatkan kapasitas *buffering* tubuh (Carr *et al.*, 2024)

Hadirin yang saya hormati,

Perubahan pH tubuh saat berolahraga, khususnya pada latihan dengan intensitas tinggi, merupakan hasil dari interaksi kompleks antara produksi asam, pembuangan asam, dan kapasitas sistem *buffer*. Pada kondisi normal, pH darah dipertahankan di kisaran 7,35–7,45 melalui mekanisme homeostasis. Namun, saat tubuh beraktivitas

keras, sejumlah proses metabolik dapat mengganggu keseimbangan ini.

1. Metabolisme Anaerob dan Produksi Asam Laktat

Pada intensitas tinggi, kebutuhan energi meningkat secara drastis sehingga pasokan oksigen ke otot menjadi terbatas. Akibatnya, tubuh mengandalkan metabolisme Anaerob glikolisis, di mana glukosa dipecah menjadi piruvat, yang kemudian direduksi menjadi asam laktat oleh enzim *lactate dehydrogenase*. Proses ini juga menghasilkan ion H^+ sebagai hasil samping. Ion H^+ inilah yang secara langsung berkontribusi pada penurunan pH, sementara asam laktat berfungsi sebagai penanda metabolisme Anaerob, bukan penyebab utama asidosis (Robergs *et al.*, 2023).

2. Akumulasi Ion Hidrogen (H^+)

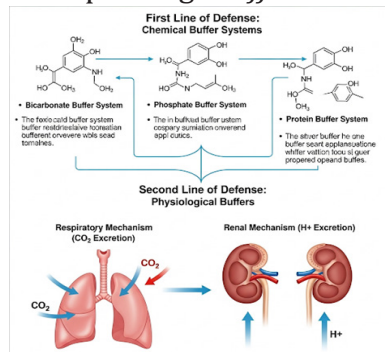
Saat produksi H^+ melebihi kemampuan tubuh untuk membuangnya melalui sistem *buffer* dan ventilasi paru, H^+ akan menumpuk di cairan intraseluler dan darah. Akumulasi ini mengganggu keseimbangan asam-basa, menyebabkan kondisi *metabolic acidosis*. Di tingkat sel, peningkatan H^+ menghambat aktivitas enzim kunci dalam glikolisis dan mengurangi kemampuan otot untuk memanfaatkan kalsium dalam kontraksi (Watanabe *et al.*, 2024).

3. Keterbatasan Sistem *buffer* dan Ventilasi

Pada awal latihan, sistem bikarbonat dan mekanisme pernapasan dapat mengimbangi kenaikan H^+ dengan membuang CO_2 melalui hiperventilasi. Namun, pada durasi atau intensitas tinggi, kapasitas ini mencapai batasnya. Jika kapasitas *buffer* biokimia, respirasi, dan ginjal tidak mampu menyeimbangkan produksi H^+ , pH darah akan turun secara signifikan.

Sistem *Buffer* Utama dalam Tubuh

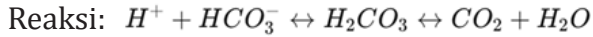
Tubuh manusia memiliki beberapa sistem *buffering* utama yang bekerja secara sinergis untuk mempertahankan pH darah dan cairan tubuh dalam kisaran normal (7,35–7,45), terutama saat terjadi peningkatan produksi ion hidrogen (H^+) akibat aktivitas fisik intensif. Sistem ini terdiri dari *buffer* biokimia, *buffer* respiratorik, dan *buffer* ginjal, namun pada pembahasan ini akan difokuskan pada tiga *buffer* kimia utama.



Gambar 1. Mekanisme Pertahanan Pertama (system *buffer*) terhadap Pergeseran pH

a. Sistem *Buffer* Bikarbonat

Komponen: H_2CO_3 (Asam karbonat) dan NaHCO_3 (natrium bikarbonat).



Mekanisme: Ion H^+ yang dihasilkan selama metabolisme anaerob akan diikat oleh ion bikarbonat (HCO_3^-) membentuk Asam karbonat (H_2CO_3). Asam karbonat ini kemudian diuraikan menjadi *karbon dioksida* (CO_2) dan air (H_2O) melalui bantuan enzim *carbonic anhydrase*. CO_2 yang terbentuk dan diekskresikan melalui paru-paru selama pernapasan.

Relevansi olahraga: Sistem ini merupakan *buffer* utama dalam darah dan memiliki kapasitas yang besar dalam meredam penurunan pH saat olahraga intensitas tinggi. Peningkatan ventilasi paru pada olahraga juga mempercepat pembuangan CO_2 , sehingga meningkatkan efektivitas sistem ini (Watanabe *et al.*, 2024).

b. Sistem *Buffer* Protein

Komponen: Protein plasma dan protein intraseluler, terutama hemoglobin.

Mekanisme: Protein memiliki gugus asam-basa (gugus karboksil $-\text{COOH}$ dan gugus amino $-\text{NH}_2$) yang dapat menerima atau melepaskan H^+ . Hemoglobin dalam sel darah merah berperan ganda: selain mengikat oksigen, hemoglobin juga mengikat H^+ yang dilepaskan dari Asam karbonat, membentuk

deoxyhemoglobin-H⁺.

Relevansi olahraga: Selama aktivitas fisik, hemoglobin membantu mempertahankan pH darah dengan mengikat H⁺ yang dihasilkan di jaringan otot, khususnya ketika transportasi oksigen meningkat dan CO₂ banyak diproduksi (Lopes-Silva et al., 2023).

c. Sistem *Buffer* Fosfat

Komponen: Na₂HPO₄ (natrium *hidrogen fosfat*) dan NaH₂PO₄ (natrium *dihidrogen fosfat*).

Reaksi umum: $H^{+} + HPO_4^{2-} \leftrightarrow H_2PO_4^{-}$

Mekanisme: Ion *hidrogen fosfat* (HPO₄²⁻) berfungsi sebagai akseptor H⁺, membentuk dihidrogen fosfat (H₂PO₄⁻) yang bersifat lebih lemah.

Relevansi olahraga: Sistem ini bekerja terutama di cairan intraseluler, termasuk di otot rangka, serta di ginjal untuk regulasi jangka panjang keseimbangan asam-basa. Walaupun kapasitasnya lebih kecil dibandingkan sistem bikarbonat, perannya tetap signifikan dalam stabilisasi pH di dalam sel (Robergs et al., 2023).

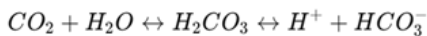
Selain sistem *buffer* biokimia, tubuh mengandalkan mekanisme fisiologis melalui sistem pernapasan dan ginjal untuk mempertahankan homeostasis asam-basa. Kedua sistem ini bekerja sebagai pengatur sekunder yang melengkapi fungsi *buffer kimia*, terutama saat terjadi akumulasi ion H⁺ selama aktivitas fisik intens.

a. Pernapasan (*Respiratory Buffering*)

Mekanisme:

Penurunan pH darah (meningkatnya H^+) terdeteksi oleh *chemoreceptor sentral* di medula oblongata dan *chemoreceptor perifer* di tubuh karotis dan aorta. Sebagai respons, pusat pernapasan meningkatkan frekuensi dan kedalaman napas (hiperventilasi) untuk mempercepat pengeluaran CO_2 .

Reaksi penting:



Pengurangan kadar CO_2 menggeser reaksi ke arah kiri, sehingga konsentrasi H^+ menurun dan pH darah kembali mendekati normal.

Relevansi olahraga:

Pada olahraga intensitas tinggi, peningkatan ventilasi (terutama *ventilatory threshold*) membantu mengurangi asidosis metabolik akut. Mekanisme ini bekerja cepat (dalam hitungan menit) sehingga sangat efektif dalam menjaga pH selama aktivitas (Dempsey & Morgan, 2023).

b. Ginjal (*Renal Buffering*)

Mekanisme:

Ginjal mengontrol pH darah dengan mengatur:

1. Ekskresi H^+ melalui urin, dengan bantuan *buffer* fosfat dan amonia di tubulus ginjal.
2. Reabsorpsi bikarbonat (HCO_3^-) untuk menambah cadangan *buffer* dalam plasma.
3. Produksi bikarbonat baru dari metabolisme glutamin dan fosfat.

Kecepatan respons:

Mekanisme ginjal bersifat lambat (jam hingga hari), sehingga perannya lebih dominan pada olahraga jangka panjang atau adaptasi terhadap latihan intensitas tinggi secara berulang.

Relevansi olahraga:

Pada atlet yang terpapar latihan berulang atau kompetisi multi-hari, kemampuan ginjal untuk mempertahankan cadangan bikarbonat sangat penting. Adaptasi ini juga terlihat pada pelatihan di lingkungan hipoksia seperti *altitude training*, di mana ginjal membantu kompensasi asidosis respiratorik (Cano *et al.*, 2024).

Hadirin yang saya hormati,

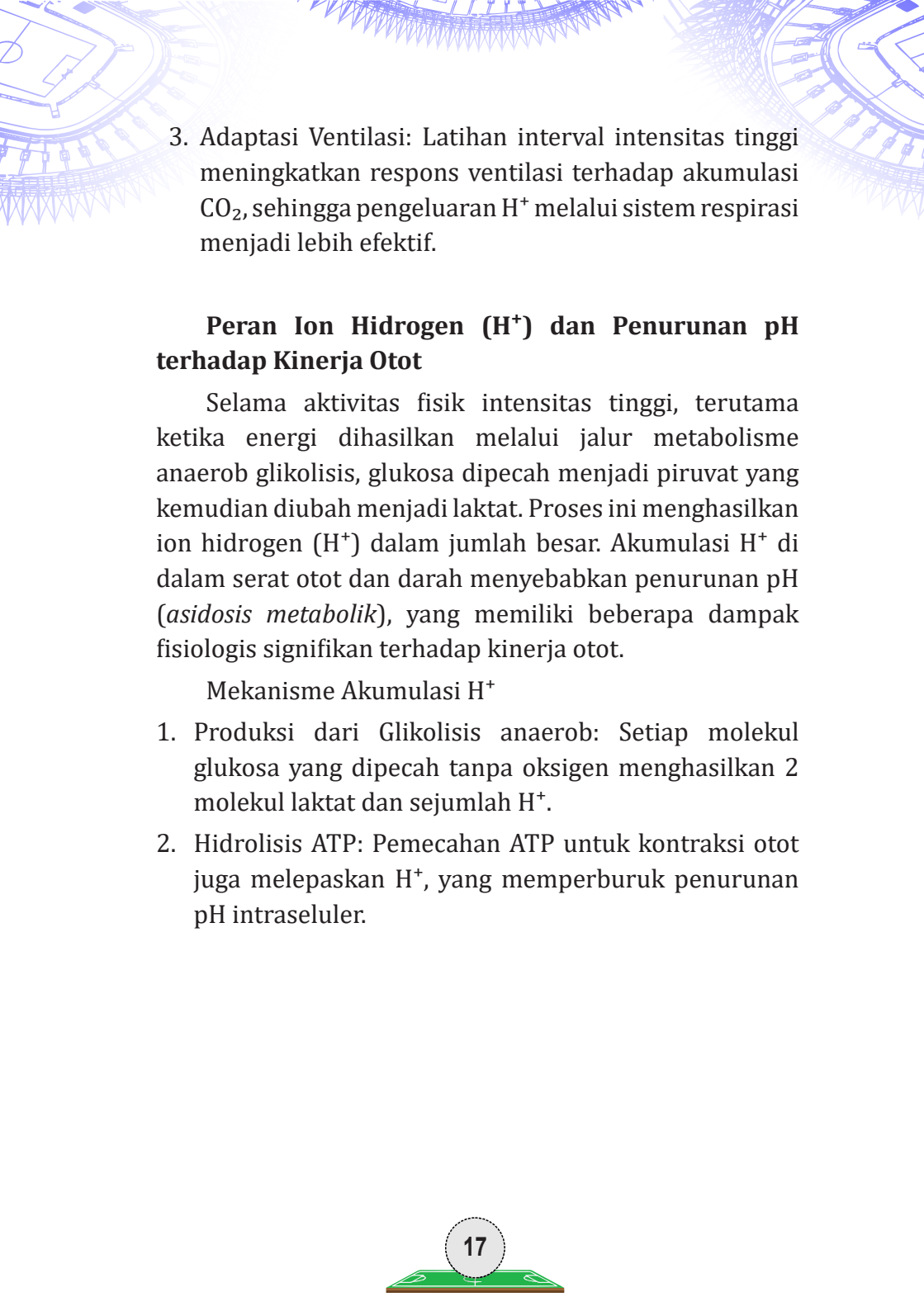
Latihan fisik intensitas tinggi yang dilakukan secara rutin dapat memicu adaptasi fisiologis pada sistem *buffer* tubuh, khususnya pada otot rangka. Adaptasi ini dikenal sebagai peningkatan kapasitas *buffer* otot (*muscle buffering capacity*), yaitu kemampuan jaringan otot untuk menetralkan akumulasi ion hidrogen (H^+) selama aktivitas intensif

1. Mekanisme Adaptasi

Peningkatan Konsentrasi *buffer* Intraseluler

- a. Latihan intensitas tinggi meningkatkan jumlah senyawa *buffer* di dalam serat otot, seperti *karnozin* dan protein struktural, yang berfungsi mengikat H^+ .
- b. *Karnozin*, yang disintesis dari beta-alanin, berperan penting dalam mempertahankan pH intraseluler pada otot tipe II yang aktif selama aktivitas anaerob.

2. Peningkatan Aktivitas Enzim Metabolisme: Aktivitas enzim seperti *lactate dehydrogenase* (LDH) dan *monocarboxylate transporters* (MCT1 dan MCT4) meningkat, sehingga mempercepat pembuangan laktat dan H^+ keluar dari serat otot ke sirkulasi darah untuk dinetralkan.

- 
3. Adaptasi Ventilasi: Latihan interval intensitas tinggi meningkatkan respons ventilasi terhadap akumulasi CO_2 , sehingga pengeluaran H^+ melalui sistem respirasi menjadi lebih efektif.

Peran Ion Hidrogen (H^+) dan Penurunan pH terhadap Kinerja Otot

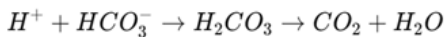
Selama aktivitas fisik intensitas tinggi, terutama ketika energi dihasilkan melalui jalur metabolisme anaerob glikolisis, glukosa dipecah menjadi piruvat yang kemudian diubah menjadi laktat. Proses ini menghasilkan ion hidrogen (H^+) dalam jumlah besar. Akumulasi H^+ di dalam serat otot dan darah menyebabkan penurunan pH (*asidosis metabolik*), yang memiliki beberapa dampak fisiologis signifikan terhadap kinerja otot.

Mekanisme Akumulasi H^+

1. Produksi dari Glikolisis anaerob: Setiap molekul glukosa yang dipecah tanpa oksigen menghasilkan 2 molekul laktat dan sejumlah H^+ .
2. Hidrolisis ATP: Pemecahan ATP untuk kontraksi otot juga melepaskan H^+ , yang memperburuk penurunan pH intraseluler.

Sodium Bicarbonate sebagai Agen *Buffering* Eksternal

Sodium bicarbonate (NaHCO_3) adalah senyawa garam basa yang secara alami berfungsi sebagai bagian dari sistem *buffer* bikarbonat pada tubuh. Ketika dikonsumsi sebagai suplemen, NaHCO_3 meningkatkan konsentrasi bikarbonat di plasma darah (*ekstraseluler*), sehingga meningkatkan kapasitas tubuh untuk menetralkan ion hidrogen (H^+) yang dihasilkan selama aktivitas fisik intensitas tinggi.

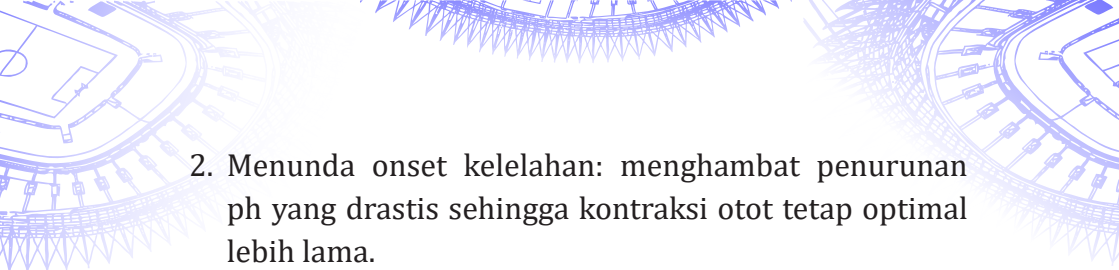


Mekanisme kerja utamanya adalah:

Dengan meningkatnya cadangan bikarbonat di darah, gradien konsentrasi H^+ antara otot (*intraseluler*) dan darah (*ekstraseluler*) bertambah, sehingga pembuangan H^+ dari otot menjadi lebih cepat. Hal ini membantu mempertahankan pH otot dan darah selama periode kerja intensif.

Manfaat Sodium Bicarbonate bagi Performa Atlet

1. Meningkatkan kapasitas kerja anaerob: membantu mempertahankan output daya tinggi pada aktivitas seperti sprint berulang, HIIT, rowing, atau olahraga permainan (sepak bola, basket).

- 
2. Menunda onset kelelahan: menghambat penurunan pH yang drastis sehingga kontraksi otot tetap optimal lebih lama.
 3. Mempercepat pemulihan antar interval: memfasilitasi pembuangan laktat dan H^+ , memungkinkan atlet untuk mempertahankan performa pada interval berikutnya.
 4. Pada olahraga ketahanan (*endurance*), meskipun intensitasnya lebih rendah, fase *sprint* akhir atau tanjakan dapat memicu akumulasi H^+ yang membatasi kecepatan.

Sodium Bicarbonate Meningkatkan Volume Plasma

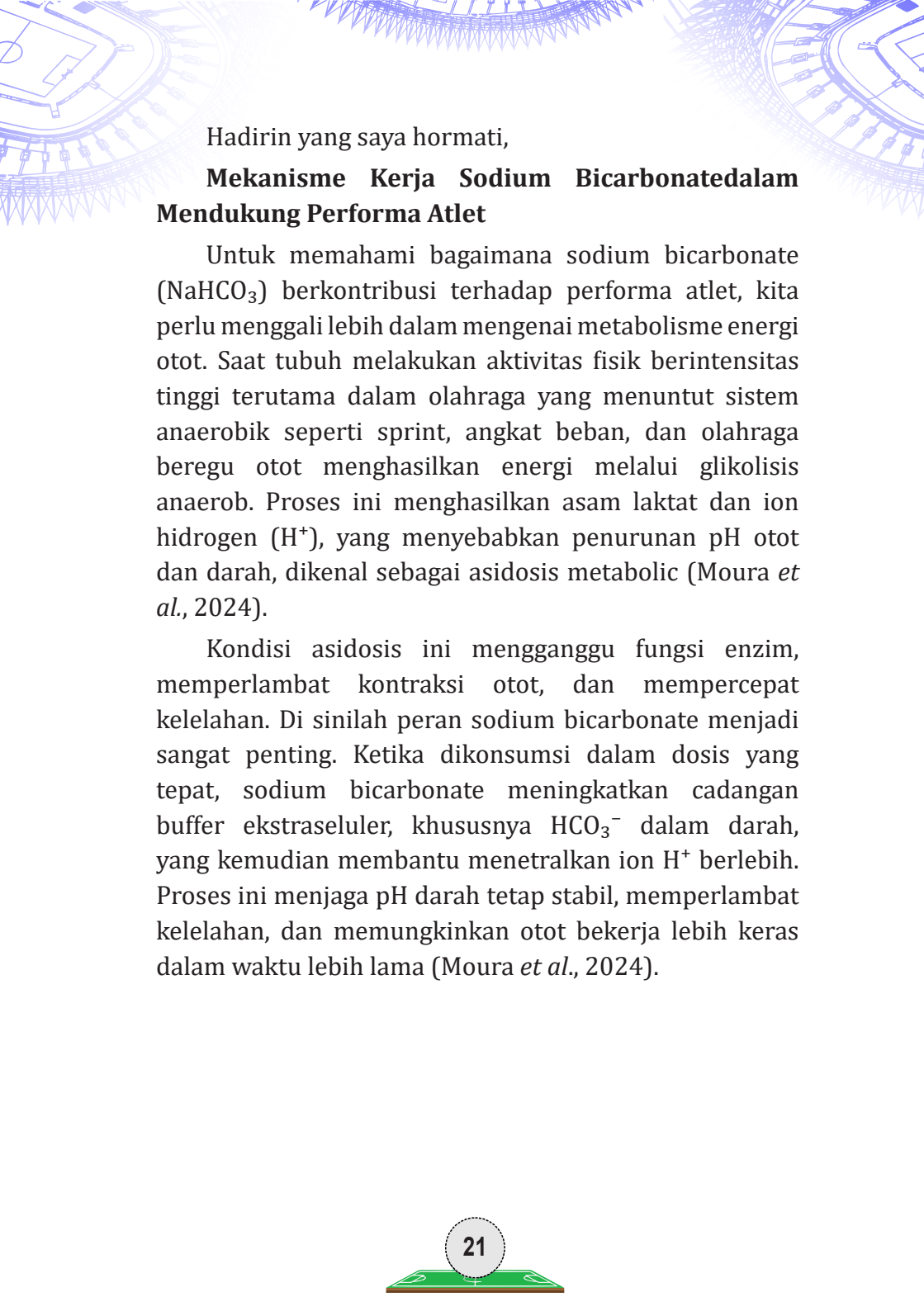
Selain perannya sebagai *buffer*, suplementasi $NaHCO_3$ juga meningkatkan volume plasma. Peningkatan volume ini dapat membantu distribusi bikarbonat ke seluruh tubuh dan mempercepat pembersihan ion hidrogen, memberikan efek ganda yang menguntungkan bagi performa atletik.

Untuk memaksimalkan manfaat sodium bicarbonate, dosis dan waktu konsumsi menjadi faktor krusial. Berbagai penelitian ilmiah dan meta-analisis telah mengidentifikasi kisaran dosis yang paling efektif dan aman. Dosis optimal yang sering digunakan adalah 0,2 hingga 0,3 g/kg berat badan. Pemberian dosis di bawah 0,2 g/kg dianggap ambang minimal yang memberikan efek, sementara dosis yang lebih tinggi, yaitu 0,4 hingga

0,5 g/kg, tidak menunjukkan peningkatan performa tambahan yang signifikan, namun justru meningkatkan risiko efek samping.

Terkait waktu konsumsi, strategi yang paling umum adalah pemberian akut. Suplemen ini idealnya dikonsumsi 60 hingga 180 menit sebelum sesi latihan atau kompetisi. Hal ini memberikan waktu yang cukup bagi sodium bicarbonate untuk dicerna dan meningkatkan konsentrasi bikarbonat dalam darah secara maksimal. Selain itu, ada juga strategi kronis di mana atlet mengonsumsi dosis yang lebih kecil dan berulang selama beberapa hari atau minggu untuk mencapai adaptasi jangka panjang, meskipun strategi akut lebih sering digunakan.

Efek samping yang paling sering dilaporkan dari konsumsi sodium bicarbonate adalah gangguan gastrointestinal, seperti nyeri perut, kembung, diare, atau mual. Efek ini sering kali menjadi penghalang bagi atlet. Untuk mengatasi masalah ini, solusi inovatif terus dikembangkan. Salah satu contoh yang paling menonjol adalah penggunaan produk hidrogel yang membungkus sodium bicarbonate, seperti yang diproduksi oleh Maurten. Teknologi ini memungkinkan suplemen melewati lambung tanpa memicu reaksi yang mengganggu, sehingga dapat diserap di usus kecil dengan lebih baik dan meminimalkan efek samping. Strategi lain yang lebih sederhana adalah dengan memecah dosis menjadi beberapa bagian atau mengonsumsinya bersamaan dengan makanan.



Hadirin yang saya hormati,

Mekanisme Kerja Sodium Bicarbonate dalam Mendukung Performa Atlet

Untuk memahami bagaimana sodium bicarbonate (NaHCO_3) berkontribusi terhadap performa atlet, kita perlu menggali lebih dalam mengenai metabolisme energi otot. Saat tubuh melakukan aktivitas fisik berintensitas tinggi terutama dalam olahraga yang menuntut sistem anaerobik seperti sprint, angkat beban, dan olahraga beregu otot menghasilkan energi melalui glikolisis anaerob. Proses ini menghasilkan asam laktat dan ion hidrogen (H^+), yang menyebabkan penurunan pH otot dan darah, dikenal sebagai asidosis metabolic (Moura *et al.*, 2024).

Kondisi asidosis ini mengganggu fungsi enzim, memperlambat kontraksi otot, dan mempercepat kelelahan. Di sinilah peran sodium bicarbonate menjadi sangat penting. Ketika dikonsumsi dalam dosis yang tepat, sodium bicarbonate meningkatkan cadangan buffer ekstraseluler, khususnya HCO_3^- dalam darah, yang kemudian membantu menetralkan ion H^+ berlebih. Proses ini menjaga pH darah tetap stabil, memperlambat kelelahan, dan memungkinkan otot bekerja lebih keras dalam waktu lebih lama (Moura *et al.*, 2024).

Efektivitas pada Berbagai Jenis Performa Anaerob

1. Sprint dan Lari Jarak Menengah

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa sodium bicarbonate efektif meningkatkan performa pada aktivitas anaerobik berdurasi 30 detik hingga 7 menit. Dalam cabang olahraga seperti lari 400-meter hingga 1500 meter, performa sangat bergantung pada sistem energi anaerobik. Suplementasi bikarbonat terbukti mampu meningkatkan total time to exhaustion dan memungkinkan atlet mempertahankan pace optimal lebih lama sebelum kelelahan. Sebagai contoh, dalam sebuah studi terkontrol, pelari 800-meter yang mengonsumsi 0,3 g/kg sodium bicarbonate sekitar 90 menit sebelum lomba menunjukkan peningkatan signifikan dalam waktu penyelesaian dibandingkan kelompok plasebo. Efek paling nyata tampak pada 200 meter terakhir, di mana kemampuan tubuh menahan akumulasi ion H^+ menjadi krusial (Hagele *et al.*, 2023).

2. Renang dan Dayung

Dalam cabang seperti renang 200–400-meter atau dayung 500–2000 meter, kemampuan untuk menahan produksi laktat dan mempertahankan output daya sangat menentukan. Studi menunjukkan bahwa penggunaan sodium bicarbonate mampu meningkatkan daya rata-rata (*average power output*) dalam waktu singkat, yang berdampak positif terhadap kecepatan akhir dan keberhasilan dalam kompetisi.

Dalam dunia olahraga modern, banyak program pelatihan menggunakan HIIT untuk membangun kapasitas kardiorespirasi sekaligus kekuatan anaerob. Sodium bicarbonate terbukti memberikan manfaat tidak hanya dalam performa akut tetapi juga dalam adaptasi jangka panjang terhadap pelatihan.

Sebuah studi selama enam minggu menunjukkan bahwa atlet yang mengonsumsi Sodium bicarbonate sebelum setiap sesi HIIT mengalami peningkatan signifikan pada *peak power*, mean power, dan pemulihan laktat, dibandingkan kelompok kontrol. Temuan ini menunjukkan bahwa Sodium bicarbonate tidak hanya memberi keuntungan jangka pendek, tetapi juga mempercepat adaptasi fisiologis terhadap latihan intensif

Lebih dari itu, penggunaan Sodium bicarbonate dalam latihan berulang juga mempersiapkan tubuh untuk menghadapi kondisi kompetisi yang sesungguhnya, seperti sesi tambahan dalam sepak bola atau babak akhir dalam pertandingan gulat dan judo, di mana kelelahan otot sangat tinggi.

3. Olahraga Beregu dan Pertandingan Berulang

Dalam olahraga beregu seperti sepak bola, basket, dan hoki, pemain dituntut melakukan sprint berulang, perubahan arah cepat, dan kontak fisik dalam durasi panjang. Kondisi ini menyebabkan akumulasi kelelahan otot yang signifikan. Suplementasi Sodium bicarbonate dalam konteks ini dapat memberikan keunggulan performa dalam hal :

- Peningkatan jumlah sprint maksimal
- Waktu pemulihan antar sprint yang lebih cepat
- Daya tahan otot saat pertandingan memasuki menit-menit akhir

Studi yang mengamati pemain sepak bola menemukan bahwa *Sodium* bicarbonate membantu mempertahankan intensitas lari sprint dalam tes *Yo-Yo Intermittent Recovery* lebih lama, serta mengurangi penurunan performa pada babak kedua pertandingan.

Meski hasil secara umum mendukung manfaat sodium bicarbonate, tidak semua atlet merespons secara identik. Terdapat variasi individual yang dipengaruhi oleh:

- Genetik dan komposisi otot
- Kecepatan metabolisme laktat
- Pengalaman terhadap suplemen sebelumnya
- Fungsi pencernaan dan sensitivitas gastrointestinal

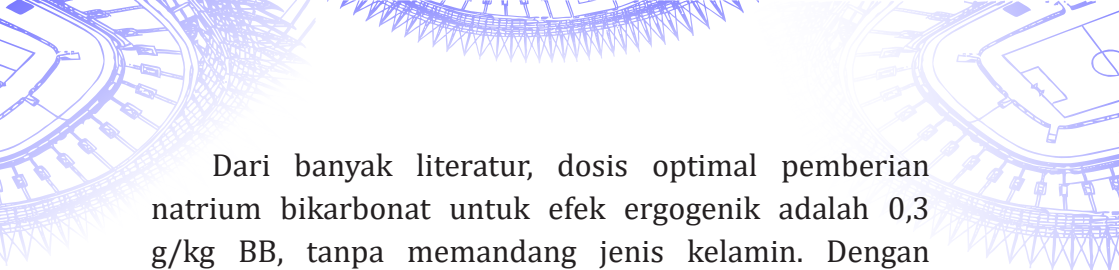
Oleh karena itu, pengujian individual sebelum kompetisi menjadi penting. Atlet dianjurkan mencoba suplementasi sodium bicarbonate selama latihan, bukan hanya pada hari perlombaan, agar dapat menyesuaikan dosis dan metode konsumsi yang paling cocok (Durkalec-michalski *et al.*, 2025).

Atlet tingkat dunia termasuk pelari 800-meter dan perenang elite diketahui menggunakan produk bikarbonat modern sebagai bagian dari strategi pra-kompetisi mereka. Bahkan, dalam beberapa laporan, keuntungan performa sebesar 1–3% dicapai, yang dalam kompetisi elite bisa menjadi pembeda antara medali emas dan posisi keempat.

Hadirin yang saya hormati,

Dosis *Buffering* dan Strategi Treatment Pada Atlet

Atlet disarankan untuk mengonsumsi natrium bikarbonat 90 menit sebelum berolahraga dengan dosis 0,3-0,4 g/kg BB. Sebab 90 menit sebelum latihan merupakan waktu yang tepat untuk mengonsumsi natrium bikarbonat karena konsentrasi HCO_3^- tertinggi terjadi pada waktu tersebut (Saunders *et al.*, 2022). Untuk memperoleh hasil maksimal maka latihan maupun pertandingan dimulai ketika bertepatan dengan titik puncak alkalosis, sehingga seorang atlet sebaiknya diberikan suplemen natrium bikarbonat sesuai dengan waktu tersebut (Miller *et al.*, 2016). Sedangkan natrium sitrat diperlukan waktu hingga 3 jam untuk mencapai kadar maksimum setelah dikonsumsi, sehingga natrium sitrat dikonsumsi 3 jam sebelum latihan dengan dosis 0,4-0,5 g/kg BB (Nabilpour *et al.*, 2024).



Dari banyak literatur, dosis optimal pemberian natrium bikarbonat untuk efek ergogenik adalah 0,3 g/kg BB, tanpa memandang jenis kelamin. Dengan mempertimbangkan kemungkinan efek samping GI (*gastrointestinal*) yang mungkin terjadi setelah konsumsi natrium bikarbonat, dan gangguan GI yang lebih besar yang dapat diamati dengan peningkatan dosis natrium bikarbonat, namun untuk mencegah efek samping khususnya awal pertama kali penggunaan natrium bikarbonat, bisa dimulai dengan dosis terendah sampai sedang yaitu 0,2-0,3 g/kg BB, namun pada penggunaan berikutnya untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, maka dapat dipertimbangkan menggunakan dosis 0,3-0,4 g/kg BB (Durkalec *et al.*, 2025).

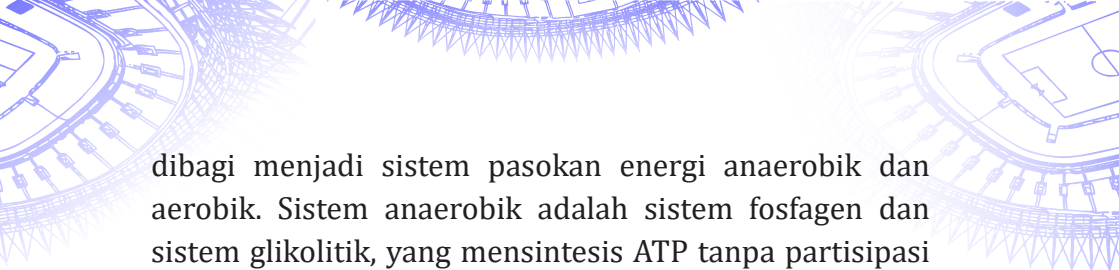
Beberapa studi menjelaskan bahwa natrium sitrat maupun natrium bikarbonat memiliki efek tertentu yang dapat mempengaruhi sistem pencernaan seperti perut kembung, mual dan diare, namun setiap orang bisa mengalami efek samping berbeda tergantung tingkat toleransi tubuh setiap individu, penelitian terbaru juga menjelaskan pemberian natrium bikarbonat efektif meningkatkan argogenik dan performa atlet tanpa mengalami masalah pencernaan pasca pertandingan (Calvo *et al.*, 2021 ; Saunders *et al.*, 2022 ; Shannon *et al.*, 2024). Sehingga untuk memperoleh hasil maksimal, penting diperhatikan riwayat penggunaan sebelumnya,

serta pemantauan selama penggunaan selain itu kombinasi NaHCO_3 dengan makanan berkarbohidrat tinggi dapat memfasilitasi perkembangan alkalosis darah dan mengurangi timbulnya gangguan pencernaan akibat efek samping (Carr *et al.*, 2011 ; Peacock *et al.*, 2021).

Konsumsi natrium bikarbonat dapat dilakukan sebelum dan di sela-sela waktu saat melakukan latihan atau pertandingan, dengan cara membagi dosis bisa 2-3 kali. Strategi ini efektif untuk meningkatkan performa ketahanan atlet pada sesi latihan maupun pertandingan tanpa menunjukkan adanya kram dan kelelahan otot, cara ini juga berguna untuk meminimalisir efek samping gangguan pada pencernaan yang kemungkinan bisa terjadi (Dalle *et al.*, 2021). Pada sesi latihan konsumsi natrium sitrat atau natrium bikarbonat dapat meningkatkan volume latihan, sehingga memberikan daya tahan anaerobik tidak dapat diabaikan sebagai faktor penentu dalam hasil pertandingan.

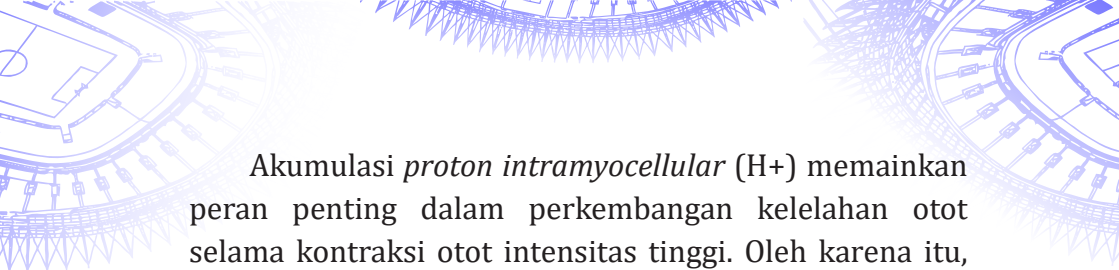
Evidence Based Practice

Dalam sebuah pertandingan seorang atlet akan melalui latihan habis-habisan dalam waktu singkat menjelang perlombaan. Pasokan energi merupakan aspek penting untuk mempertahankan argogenik dalam olahraga, di mana lemak, karbohidrat (glukosa), dan protein diubah menjadi *adenosin trifosfat* (ATP) untuk menyediakan energi bagi tubuh. Keluaran energi dari pergerakan tubuh



dibagi menjadi sistem pasokan energi anaerobik dan aerobik. Sistem anaerobik adalah sistem fosfagen dan sistem glikolitik, yang mensintesis ATP tanpa partisipasi oksigen, untuk tetap menjaga kinerja seorang atlet. Oleh karena itu dibutuhkan penggunaan intervensi nutrisi untuk meningkatkan kapasitas anaerobic, dan suplemen nutrisi yang paling populer untuk meningkatkan kinerja anaerobik adalah natrium bikarbonat (Dalle *et al.*, 2021).

Selama beberapa dekade terakhir, banyak teknik diet dan intervensi latihan, telah diteliti untuk menunda timbulnya kelelahan otot pada atlet, yang merupakan faktor pembatas penting dalam performa olahraga, khususnya penekanan telah diberikan pada makanan dan suplemen tertentu. Menurut Badan Antidoping Dunia atau *World Anti-Doping Agency* (WADA) (Gepdiremen, 2018), penyebab kelelahan otot terjadi akibat multifaktorial, seperti banyaknya ion hidrogen (H^+) di dalam sel otot, serta berkurangnya pelepasan kalsium, kalium, dan klorida dari *retikulum sarkoplasma*, diduga kuat sebagai penyebab utama kelelahan dan kerusakan otot selama latihan jangka pendek intensitas tinggi. Akibatnya teknik diet yang menargetkan peningkatan *beta-alanin intraseluler* dan kapasitas penyangga ekstraseluler, serta suplementasi natrium bikarbonat, telah dieksplorasi secara luas untuk meringankan kelelahan otot selama latihan (Traversa, 2024).



Akumulasi *proton intramyocellular* (H^+) memainkan peran penting dalam perkembangan kelelahan otot selama kontraksi otot intensitas tinggi. Oleh karena itu, intervensi apa pun yang dapat menekan *intramyocellular* H^+ akumulasi bisa saja terjadi. Ada banyak bukti yang menunjukkan bahwa $NaHCO_3$ asupan sebelum latihan, dengan meningkatkan kapasitas *buffer* ekstraseluler, memfasilitasi keluarnya H^+ serta laktat dari otot, yang pada akhirnya dapat menghasilkan peningkatan kinerja dan performa yang baik pada atlet.

Dengan mengonsumsi natrium bikarbonat, keasaman pada otot akan berkurang, yang pada gilirannya bisa mengurangi kelelahan. Cara ideal mengonsumsi natrium bikarbonat dalam kapsul gelatin dalam mode akut dan menggunakan dosis 0,3 g/kg BB, $NaHCO_3$ diberikan 90 menit sebelum percobaan. Lebih lanjut, bentuk spesifik pasokan *oksidatif aerobik* harus dipertimbangkan sebelum mengonsumsi $NaHCO_3$ saat melakukan latihan aerobik. Oleh karena itu, atlet dan pelatih harus memperhatikan bahwa latihan anaerobik dan aerobik serta kapasitas olahraga berdasarkan sistem glikolitik dapat ditingkatkan dengan suplementasi $NaHCO_3$ (Calvo *et al.*, 2021). Selain itu konsumsi suplemen kombinasi alkali dengan air yang kaya bikarbonat bertujuan memodifikasi asam basa, efektif dapat meningkatkan performa atlet lomba lari 400 meter (Saunders *et al.*, 2022).

Studi eksplorasi efek NaHCO_3 yang dikonsumsi menggunakan sistem penghantaran hidrogel karbohidrat terhadap performa uji waktu tempuh 40 km pada pesepeda pria terlatih, hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemberian suplementasi NaHCO_3 meningkatkan kinerja (peningkatan rata-rata = $54,14 \text{ detik} \pm 18,16 \text{ detik}$; $p = 0,002$, $g = 0,22$) dan meningkatkan kapasitas penyangga darah sebelum (peningkatan rata-rata $\text{HCO}_3 = 5,6 \pm 0,2 \text{ mmol L}^{-1}$, $p < 0,001$) dan selama latihan ($f = 84,82$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,87$) dibandingkan dengan plasebo. Tidak terdapat perbedaan gejala *gastrointestinal* total (GIS) antar kondisi, baik sebelum (NaHCO_3 , 22 SA; Plasebo, 44 SA; $p = 0,088$, $r = 0,46$) maupun setelah latihan (NaHCO_3 , 76 SA; Plasebo, 63 SA; $p = 0,606$, $r = 0,14$). Mengonsumsi tablet mini NaHCO_3 dalam hidrogel karbohidrat, menjadi bukti penting sekaligus strategi bagi atlet untuk mendukung ergogenik dan peningkatan performa (Shannon *et al.*, 2024).

Bukti yang lain semakin memperkuat bahwa pemberian suplemen NaHCO_3 $0,3 \text{ g/kg BB}$ meningkatkan performa waktu tempuh bersepeda 16,1 km pada pesepeda terlatih menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kinerja yang signifikan antara strategi konsumsi sodium bicarbonate a placebo ($f = 5,50$, $P = 0,014$, $\eta^2 = 0,38$). Waktu kinerja meningkat secara signifikan dengan konsumsi sodium bicarbonate (peningkatan rata-rata: $34,4 \pm 42,6 \text{ detik}$ ($P = 0,031$) dan

40,4 ± 45,5 detik ($P = 0,020$) untuk sodium bikarbonat-G dan sodium bikarbonat-E, masing-masing) dibandingkan dengan plasebo. Gejala *gastrointestinal* lebih rendah setelah sodium bikarbonat-E dibandingkan dengan sodium bikarbonat-G ($36,3 \pm 4,5$ vs $5,6 \pm 3,1$, $P < 0,001$, $g = 7,09$). Peningkatan performa berkisar antara 2,1% dan 2,5% untuk strategi konsumsi gelatin dan enterik, masing-masing, tetapi tidak ada perbedaan performa antara uji coba sodium bikarbonat. Keunggulan performa ini kemungkinan besar merupakan hasil dari peningkatan kapasitas penyangga ekstraseluler yang ditandai dengan peningkatan HCO_3 dan pH darah. Oleh karena itu, atlet dan praktisi nutrisi olahraga harus mempertimbangkan penggunaan sodium bicarbonate untuk efek ergogenik dalam acara yang lebih lama dari saran durasi latihan antara 30 detik dan 12 menit yang ada (Leach *et al.*, 2023).

Sebuah uji coba dilakukan pada 30 orang atlet, yang terdiri dari 16 laki-laki dan 14 perempuan. Rentang usia 21-31 tahun, diberikan dosis rendah (0,15 g/kg BB), sedang (0,25 g/kg BB) dan tinggi (0,35 g/kg BB), rata-rata puncak individu dalam darah HCO_3 (dicapai pada waktu yang berbeda setelah konsumsi sodium bikarbonat) untuk dosis rendah $29,6 \pm 1,3$, sedang $32,0 \pm 2,0$ dan tinggi $33,9 \pm 1,7$ mmol. natrium bikarbonat mengakibatkan peningkatan terkait dosis dalam kapasitas penyangga ekstraseluler. Ketika menetapkan dosis sodium bicarbonate relatif terhadap FFM (Fat Free

Mass), perbedaan terkait gender dalam penyangganya dan potensi ergogenik diamati pada dosis rendah, dengan wanita mengalami peningkatan yang lebih rendah dalam HCO_3 darah, 60 menit setelah asupan dan kemampuan kapasitas anaerobik yang lebih rendah, dalam tugas latihan selanjutnya dibandingkan dengan pria. Namun, tidak ada perbedaan signifikan dalam hasil kinerja HIFT antara dosis sodium bicarbonate dan PLA (Durkalec *et al.*, 2025).

Kesimpulan

Penambahan sodium bicarbonate sebagai strategi *buffering* fisiologis merupakan intervensi efektif untuk meningkatkan daya tahan dan performa atlet. Selama aktivitas fisik intensitas tinggi, tubuh memproduksi ion hidrogen (H^+) yang menyebabkan penurunan pH dan *metabolic acidosis*. Kondisi ini mengganggu kontraksi otot dan memicu kelelahan sehingga menurunkan performa atlet. Tubuh memiliki mekanisme pertahanan pH alami melalui sistem penyangga, namun suplementasi sodium bicarbonate meningkatkan kinerja dengan menambahkan ion bikarbonat (HCO_3^-) dari luar. Ion bikarbonat ini akan mengikat kelebihan ion H^+ , menetralkan asam, dan memungkinkan atlet mempertahankan intensitas latihan lebih lama. Manfaat paling signifikan pada olahraga yang mengandalkan metabolisme anaerob, seperti lari jarak menengah atau olahraga yang melibatkan *sprint* berulang

seperti sepakbola, basket, bulu tangkis dan pertandingan beregu lainnya. Meskipun dapat menyebabkan gangguan pencernaan, efek samping ini dapat diminimalkan dengan penyesuaian dosis dan waktu konsumsi, menjadikan sodium bicarbonate sebagai solusi *buffering* fisiologis dan praktis untuk memaksimalkan potensi atlet.

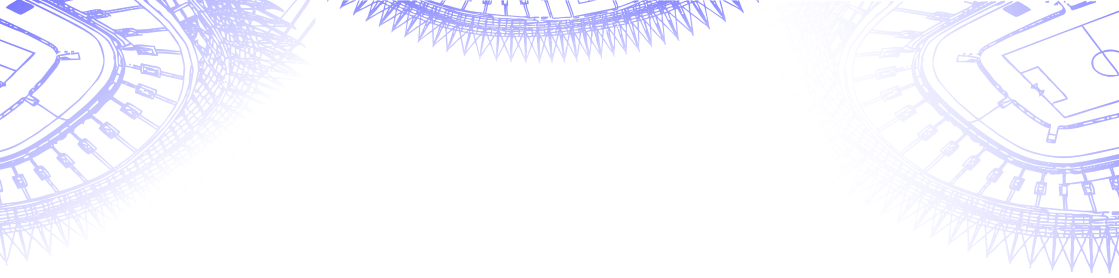
Pada akhir pidato ini perkenankan saya menyampaikan penghargaan dan rasa terima kasih yang tulus

1. Kepada Pemerintah Republik Indonesia, dalam hal ini Kementerian Diktisaintek, yang telah menyetujui pengangkatan saya sebagai Guru Besar dalam bidang Fisiologi Olahraga pada Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Surabaya.
2. Kepada yang kami hormati dan banggakan, Ketua Umum PP Muhammadiyah, Prof. Dr. Haedar Nashir, M.Si, beserta seluruh Pimpinan Pusat Muhammadiyah lainnya. Persyarikatan Muhammadiyah bukan hanya menjadi tempat bernaung, tetapi juga sumber inspirasi bagi saya untuk terus berkarya dan mengabdikan.
3. Kepada Menteri Koordinator Bidang Pembangunan Manusia dan Kebudayaan, Prof. Dr. Pratikno., M.Soc., Sc yang telah memberikan kepercayaan kepada saya untuk mendampingi beliau di Kemenko PMK. Pandangan dan arahan beliau sangat menginspirasi

dan menegaskan kembali pentingnya peran akademisi dalam memajukan kualitas sumber daya manusia Indonesia.

4. Kepada Penasehat Khusus Presiden Bidang Haji, Prof. Dr. Muhadjir Effendy, M.AP, yang terus memberikan dukungan, arahan dan semangat kepada saya.
5. Kepada seluruh rekan-rekan Pimpinan Wilayah Muhammadiyah Jawa Timur, yang senantiasa mendukung dan menjadi rekan seperjuangan dalam mengembangkan Amal Usaha Muhammadiyah serta memajukan persyarikatan di Jawa Timur.
6. Ucapan terimakasih juga saya sampaikan kepada pejabat tinggi madya dan keluarga besar kedeputan 2 Kemenko PMK yang selama ini menjadi rekan kerja yang supportif.
7. Seluruh civitas akademika Universitas Muhammadiyah Surabaya. Terima kasih atas dukungan dan kepercayaan yang diberikan kepada saya, sejak awal menjadi bagian dari pimpinan Universitas hingga proses pengajuan Guru Besar. Pencapaian ini tidak mungkin terwujud tanpa lingkungan akademik yang supportif dan penuh kekeluargaan.
8. Kepada kedua orang tua saya almarhum bapak Kariyo dan almarhumah ibu Supingit yang telah melahirkan, mengasuh, menyanyangi dan mendidik saya.

9. Pada kesempatan ini pula perkenankan saya menyampaikan terima kasih kepada saudara saya kakak dan adik kandung serta ipar saya, yang selalu memberikan support dan dukungan kepada saya sampai di titik ini.
10. Dan ucapan terimakasih yang paling dalam kepada istri saya. Dengan kesabaran, pengertian, dan doa yang tiada henti yang menjadi sumber kekuatan di setiap langkah perjalanan saya. Saya selalu merasakan hangatnya cinta, doa, dan dukungan yang tak pernah surut. Kepada anak-anak yang saya banggakan, terima kasih karena telah memberi warna, semangat, dan alasan untuk terus berjuang dan berkarya. Tanpa pengorbanan, cinta, dan keteguhan hati kalian, tentu ayah tidak akan berdiri di sini pada hari ini.



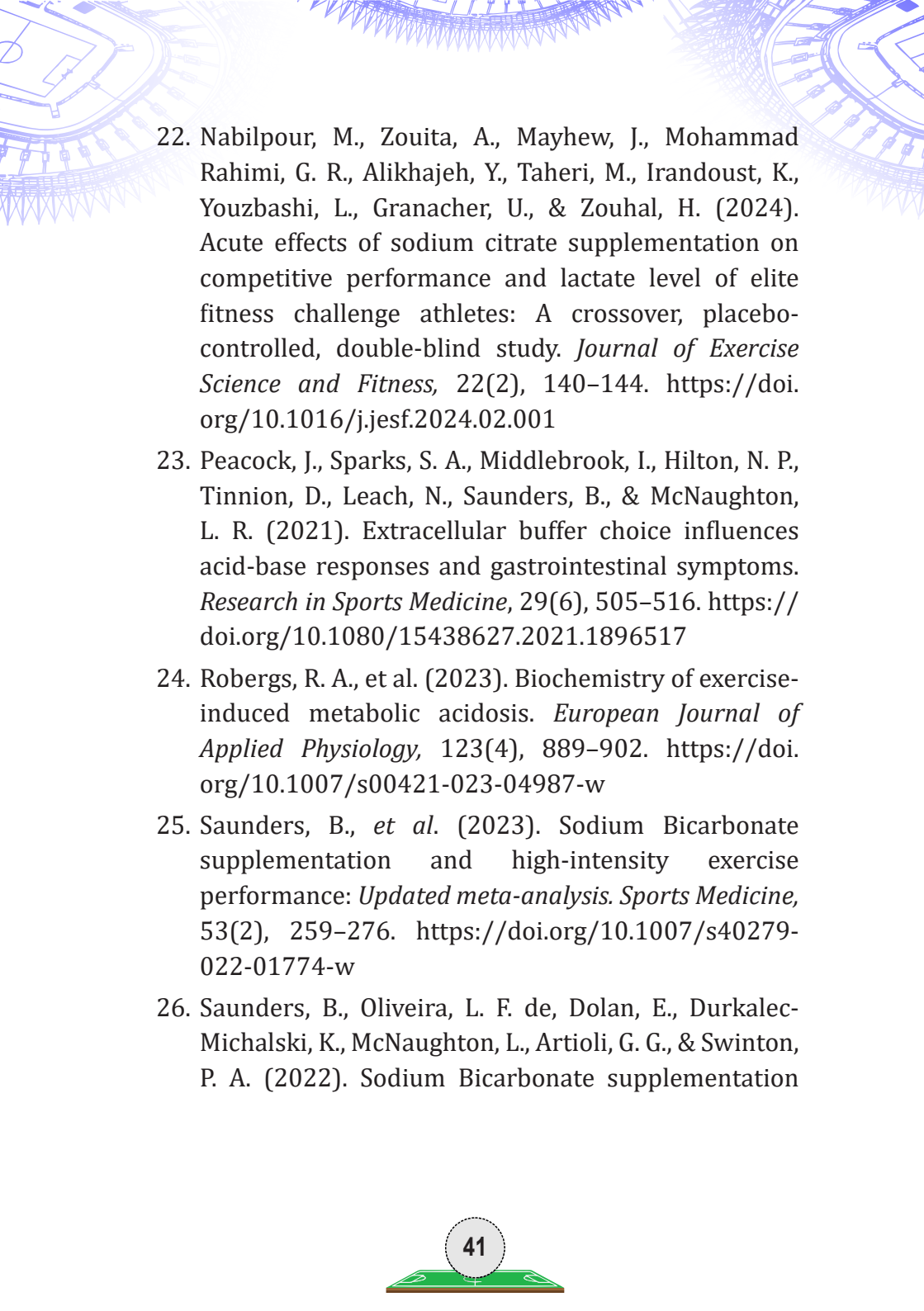
DAFTAR PUSTAKA

1. Aisodium bikarbonatett, B., *et al.* (2024). Sodium Bicarbonate supplementation and recovery of resting pH following exercise: Implications for performance. *European Journal of Applied Physiology*, 124(3), 555–566. <https://doi.org/10.1007/s00421-024-05578-0>
2. Brooks, G. A. (2024). Lactate as a signal and fuel in exercise: Beyond the lactic acid myth. *Sports Medicine*, 54(1), 5–18. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01854-2>
3. Carr, A. J., *et al.* (2024). Ergogenic effects of Sodium Bicarbonate ingestion: Current evidence and practical recommendations. *Sports Medicine*, 54(5), 901–916. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01872-7>
4. Calvo, J. L., Xu, H., Mon-López, D., Pareja-Galeano, H., & Jiménez, S. L. (2021). Effect of Sodium Bicarbonate contribution on energy metabolism during exercise: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12970-021-00410-y>
5. Carr, A. J., Slater, G. J., Gore, C. J., Dawson, B., & Burke, L. M. (2011). Effect of Sodium Bicarbonate on $[\text{HCO}_3^-]$, pH, and gastrointestinal symptoms. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 21(3), 189–194. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.21.3.189>

6. Cunha, V. C. R., Aoki, M. S., Zourdos, M. C., Gomes, R. V., Barbosa, W. P., Massa, M., Moreira, A., & Capitani, C. D. (2019). Sodium citrate supplementation enhances tennis skill performance: A crossover, placebo-controlled, double blind study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12970-019-0297-4>
7. Cano, I., *et al.* (2024). Renal regulation of acid–base balance in athletes: Implications for performance and recovery. *Journal of Sports Sciences*, 42(2), 165–178. <https://doi.org/10.1080/02640414.2023.2245678>
8. Dempsey, J. A., & Morgan, B. J. (2023). Regulation of breathing during exercise: Integration of chemical and mechanical feedback. *Comprehensive Physiology*, 13(3), 345–374. <https://doi.org/10.1002/cphy.c220029>
9. Dalle, S., Koppo, K., & Hespel, P. (2021). Sodium Bicarbonate improves sprint performance in endurance cycling. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 24(3), 301–306. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.09.011>
10. Durkalec-Michalski, K., Nowaczyk, P. M., Saunders, B., Carr, A., Kamińska, J., Steffl, M., & Podgórski, T. (2025). Sex-dependent responses to acute Sodium Bicarbonate different dose treatment: A randomized double-blind crossover study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 28(2), 154–165. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2024.08.209>

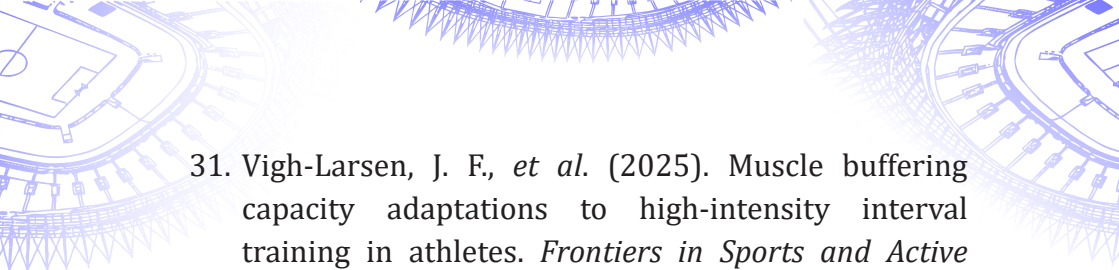
11. Fitts, R. H. (2022). Mechanisms of muscle fatigue: Insights from exercise and disease. *Comprehensive Physiology*, 12(3), 3211–3245. <https://doi.org/10.1002/cphy.c210035>
12. Gough, L. A., *et al.* (2024). Enteric-coated Sodium Bicarbonate improves gastrointestinal tolerance while maintaining ergogenic effects. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 21(1), 44–55. <https://doi.org/10.1186/s12970-024-00567-9>
13. GEPIREMEN, A. (2018). The World Anti-Doping Code: Truths and Wrongs. *Bezmialem Science*, 6(4), 301–304. <https://doi.org/10.14235/bs.2018.2112>
14. Gough, L. A., Newbury, J. W., & Price, M. (2023). The effects of Sodium Bicarbonate ingestion on swimming interval performance in trained competitive swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, 123(8), 1763–1771. <https://doi.org/10.1007/s00421-023-05192-6>
15. Gurton, W.H. *et al.* (2024) ‘Enhancing exercise performance and recovery through Sodium Bicarbonate supplementation: introducing the ingestion recovery framework’, *European Journal of Applied Physiology*, 124(11), pp. 3175–3190. [doi:10.1007/s00421-024-05578-0](https://doi.org/10.1007/s00421-024-05578-0).
16. Hagele, A.M. *et al.* (2023) ‘Naturally Bicarbondated Water Supplementation Does Not Improve Anaerobic Cycling Performance or Blood Gas Parameters in Active Men and Women’, pp. 1–17

17. Hargreaves, M., & Spriet, L. L. (2020). Skeletal muscle energy metabolism during exercise. *Nature Metabolism*, 2, 817–828. <https://doi.org/10.1038/s42255-020-0251-4>
18. Lopes-Silva, J. P., *et al.* (2023). The role of physiological buffering systems during high-intensity exercise: Mechanisms and adaptations. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5, 1546117. <https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1546117>
19. Leach, N. K., Hilton, N. P., Tinnion, D., Dobson, B. E. N., McNaughton, L. R., & Sparks, S. A. (2023). Sodium Bicarbonate Ingestion in a Fasted State Improves 16.1-km Cycling Time-Trial Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 55(12), 2299–2307. <https://doi.org/10.1249/MSS.00000000000003263>
20. Miller, P., Robinson, A. L., Sparks, S. A., Bridge, C. A., Bentley, D. J., & McNaughton, L. R. (2016). The Effects of Novel Ingestion of Sodium Bicarbonate on Repeated Sprint Ability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(2), 561–568. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001126>
21. Moura, A. *et al.* (2024) ‘Sodium Bicarbonate induces alkalosis , but improves high - intensity cycling performance only when participants expect a beneficial effect: a placebo and nocebo study’, *European Journal of Applied Physiology*, 124(5), pp. 1367–1380. doi:10.1007/s00421-023-05368-0.

- 
22. Nabilpour, M., Zouita, A., Mayhew, J., Mohammad Rahimi, G. R., Alikhajeh, Y., Taheri, M., Irandoust, K., Youzbashi, L., Granacher, U., & Zouhal, H. (2024). Acute effects of sodium citrate supplementation on competitive performance and lactate level of elite fitness challenge athletes: A crossover, placebo-controlled, double-blind study. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 22(2), 140–144. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2024.02.001>
 23. Peacock, J., Sparks, S. A., Middlebrook, I., Hilton, N. P., Tinnion, D., Leach, N., Saunders, B., & McNaughton, L. R. (2021). Extracellular buffer choice influences acid-base responses and gastrointestinal symptoms. *Research in Sports Medicine*, 29(6), 505–516. <https://doi.org/10.1080/15438627.2021.1896517>
 24. Robergs, R. A., et al. (2023). Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *European Journal of Applied Physiology*, 123(4), 889–902. <https://doi.org/10.1007/s00421-023-04987-w>
 25. Saunders, B., et al. (2023). Sodium Bicarbonate supplementation and high-intensity exercise performance: *Updated meta-analysis. Sports Medicine*, 53(2), 259–276. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01774-w>
 26. Saunders, B., Oliveira, L. F. de, Dolan, E., Durkalec-Michalski, K., McNaughton, L., Artioli, G. G., & Swinton, P. A. (2022). Sodium Bicarbonate supplementation

and the female athlete: A brief commentary with small scale systematic review and meta-analysis. *European Journal of Sport Science*, 22(5), 745–754. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1880649>

27. Sarshin, A. *et al.* (2021) 'Short-term co-ingestion of creatine and Sodium Bicarbonate improves Anaerobic performance in trained taekwondo athletes', 7, pp. 1–9.
28. Shannon, E. S., Regnier, A., Dobson, B., Yang, X., Sparks, S. A., & Mc Naughton, L. R. (2024). The effect of Sodium Bicarbonate mini-tablets ingested in a carbohydrate hydrogel system on 40 km cycling time trial performance and metabolism in trained male cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 124(12), 3671–3682. <https://doi.org/10.1007/s00421-024-05567-3>
29. Souza, R., Laura, L. and Lagares, S. (2021) 'Effect of Sodium Bicarbonate supplementation on two different performance indicators in sports : a systematic review with meta-analysis', 25(1), pp. 7–15.
30. Traversa, C. (2024). Skeletal Muscle Memory: An Update From the Antidoping Perspective. *Drug Testing and Analysis*, 1063–1070. <https://doi.org/10.1002/dta.3804>

- 
31. Vigh-Larsen, J. F., *et al.* (2025). Muscle buffering capacity adaptations to high-intensity interval training in athletes. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5, 1546117. <https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1546117>
 32. Watanabe, Y., *et al.* (2024). Exercise-induced acidosis and buffering capacity: Implications for athletic performance. *Journal of Applied Physiology*, 136(2), 245–256. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00782.2023>
 33. Watanabe, Y., *et al.* (2024). Exercise-induced acidosis and buffering capacity: Implications for athletic performance. *Journal of Applied Physiology*, 136(2), 245–256. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00782.2023>
 34. Westerblad, H., & Allen, D. G. (2023). Muscle fatigue: Lactic acid or inorganic phosphate the major cause? *Journal of Muscle Research and Cell Motility*, 44(2), 145–160. <https://doi.org/10.1007/s10974-023-09691-4>
 35. Wang, J. *et al.* (2019) 'Effect of Sodium Bicarbonate ingestion during 6 weeks of HIIT on Anaerobic performance of college students', 8, pp. 1–10.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama	:	Dr. dr. Sukadiono, M.M
NIP/NIK	:	012.05.1.1968.01.021
NIDN	:	0718126802
Tempat/tgl Lahir	:	Jombang/18 Desember 1968
Jenis Kelamin	:	Laki-Laki
Agama	:	Islam
Pekerjaan	:	Dokter dan Dosen
Golongan/Pangkat	:	Penata Tk I/ III/d
Jabatan Akademik	:	Guru Besar
Perguruan Tinggi	:	Universitas Muhammadiyah Surabaya
Alamat Rumah	:	Penjaringan Sari, Rungkut, Surabaya
Alamat e-mail	:	sukadiono@um-surabaya.ac.id
Riwayat Jabatan	:	Dokter Poliklinik Universitas Putra Bangsa Surabaya (1998-2001) Manajer Klinik Cita Husada Kedung Asem Surabaya (1998-2001) Direktur Akademi Keperawatan Universitas Muhammadiyah Surabaya (2001-2005) Direktur Akademi Analis Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surabaya (2001-2005) Dekan Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surabaya (2005-2012) Direktur Rumah Sakit Muhammadiyah Surabaya (2002-2012) Plt. Pembantu Rektor 2 Universitas Muhammadiyah Surabaya (2012) Rektor Universitas Muhammadiyah Surabaya 3 Periode (2012-2024) Panitia Seleksi KPU Surabaya (2019) Panelis Debat Pilwali Kota Surabaya (2020) Panelis Dialog Terbuka dengan Capres Prabowo Subianto yang diadakan di Universitas Muhammadiyah Surabaya (2023) Dewan Pengawas Syariah Bank Jatim (2023-2025) Deputi Bidang Koordinasi Peningkatan Kualitas Kesehatan PMK RI (2025-sekarang)

Riwayat Pendidikan

Sekolah Dasar	SDN Kedunglosari I, Tembelang, Jombang	1981
Sekolah Menengah Pertama	SMP Negeri 1 Jombang	1984
Sekolah Menengah Atas	SMA Negeri 2 Jombang	1987
Sarjana Kedokteran dan Profesi Dokter (Fakultas Kedokteran)	Universitas Airlangga	1995
Magister Manajemen	Universitas Narotama Surabaya	2007
Doktor Ilmu Keolahragaan	Universitas Negeri Surabaya	2012

Riwayat Organisasi di Muhammadiyah

Pimpinan Wilayah IPM Jatim	1988 - 1990
Ketua Remaja Masjid Jendral Sudirman	1989-1995
Bendahara Pimpinan Cabang Muhammadiyah Gubeng	1995 -2000
Sekretaris Majelis Kesehatan Pimpinan Daerah Muhammadiyah Kota Surabaya	1995 - 2000
Ketua Takmir Masjid Jendral Sudirman Darmawangsa Surabaya	1996 - 2024
Wakil Ketua Pimpinan Daerah Muhammadiyah Surabaya	2000-2005
Ketua Majelis Kesehatan dan Kesejahteraan Masyarakat Pimpinan Wilayah Muhammadiyah Jatim	2005 - 2010
Wakil Ketua Pimpinan Wilayah Muhammadiyah Jatim	2010 - 2015
Bendahara Pimpinan Wilayah Muhammadiyah Jatim	2015-2022
Sekretaris Badan Pembina Harian University Muhammadiyah Malaysia	2021-2025
Ketua Pimpinan Wilayah Muhammadiyah Jatim	2022-2027

Riwayat Organisasi Non Muhammadiyah

Ketua Karang Taruna RT 02 RW 01 Kelurahan Airlangga Gubeng	1990-1994
Ketua Remaja Masjid Baiturrahman Kedunglo Sari Tembelang, Jombang	1990-1992
Ketua RW XI Kelurahan Penjaringan Sari, Rungkut, Surabaya	2010-2016
Ketua Bidang Kerjasama Badan Koordinasi Perguruan Tinggi Islam, Indonesia (BKSPITIS)	2019-2024
Bendahara Ikatan Keluarga Alumni Universitas Airlangga	2020-2025
Sekteraris Dewan Pertimbangan Majelis Ulama Jawa Timur	2020-2025

Publikasi di Jurnal

No	Judul Artikel	Peran (First author, Corresponding author, atau co-author)	Nama Jurnal, Tahun terbit, Volume, Nomor, P- ISSN/E-ISSN
1	Differences of Social Interaction at Depression Level Between Elderly that Lives In Kelurahan Sukolilo Baru and at Panti Hargo Dedali of Surabaya	first author	Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology, 2021, 15, 3, 0973-9130
2	A Phenomenology Study For Precipitating Factor Of Auditory Hallucination On Patient With Scizofrenia At Mental Hospital In Surabaya	co-author	International Journal of Psychosocial Rehabilitation, 2020, 24, 10, 1475-7192
3	Community awareness and participation in handling COVID-19 in Surabaya, Indonesia	co-author	Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology, 2020, 14, 4, 0973-9130
4	Patient Health Information System for Discharge Planning in Nursing Services in Hospitals	co-author	Systematic Reviews in Pharmacy, 2020, 11, 10, 0976-2779
5	Predictor factors of phlebitis incidence for children in hospital private in Sidoarjo, Indonesia	co-author	Systematic Reviews in Pharmacy, 2020, 11, 6, 976-2779
6	Role of Family in Caring Patient with Post Stroke at Home: A Systematic Review	co-author	International Journal of Psychosocial Rehabilitation, 2020, 24, 8, 1475-7192
7	Gastroesophageal reflux disease in an area with low Helicobacter pylori infection prevalence	co-author	Plos One, 2018, 13, 11, 1545-7885
8	Information system model of discharge planning based on android in hospital	co-author	International Journal of Civil Engineering and Technology, 2018, 9, 10, 0976-6316

9	Correlation Between Incentives and Nurses' Job Satisfaction in Indonesia: A Cross Sectional Study in Surabaya Husada Utama Hospital	first author	Advanced Science Letters, 2017, 23, 12, 1936-6612
10	The Effects of Sodium Bicarbonate and Sodium Citrate on Blood pH, HCO_3^- , Lactate Metabolism and Time to Exhaustion	co-author	Jurnal Sport Mont , 2017, 12, 1, 2337- 0351
11	Menurunkan Kecemasan Remaja pada Masa Pandemi Covid-9 Melalui Pendidikan Kesehatan Secara Daring di Dukuh Sutorejo Kecamatan Mulyorejo	co-author	Aksiologi : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, 2021, 5, 4, 2548-291X
12	Pengaruh Terapi Olesan Krim Minyak Zaitun dan Perasan Jahe terhadap Penurunan Intensitas Nyeri pada Lansia Rheumathoid Arthritis	first author	Journal of Health Studies, 2021, 5, 1, 2549-3353
13	Faktor-Faktor yang Memengaruhi Kejadian Plebitis Di Ruang Marwah Rsu Haji Surabaya	first author	Qanun Medika, 2019, 3, 1, 2548- 9526
14	Quality Improvement Model of Nursing Education in Muhammadiyah Universities Toward Competitive Advantage	co-author	Jurnal Ners , 2017, 12, 1, 2502- 5791
15	The effect of physical exercise on vital lung capacity in Tapak Suci athletes	first author	Jurnal Keolahragaan, 2022, 10, 2 166-174
16	Study of Knowledge and Compliance at Muhammadiyah Autonomous Organization (ORTOM) on COVID-19 Prevention	co-author	Gaster, 2022, 20, 154-63
17	Knowledge, Attitude, and Practice on Muhammadiyah Members' Obedience Based on Regulation of COVID-19 Prevention	co-author	Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences, 2022, 10, E 511-515

18	Effect of face-to-face psychoeducation intervention combined with motivational interviewing on adherence in prevention and treatment of pulmonary tuberculosis patients	co-author	Jurnal Keperawatan 14 (02), 2023
19	Caregiving experiences among parents of children with physical and intellectual disabilities: a qualitative systematic review	co-author	Jurnal Ners 19 (3), 378, 2023
20	A Brief History of Telesurgery	co-author	Journal of Research on History of Medicine 13 (4), 311-314, 2024
21	Pilot test of a virtual reality-based psychoeducation program for family caregivers caring for post-stroke survivors.	first author	KONTAKT-Journal of Nursing & Social Sciences related to Health & Illness 27 (1), 2025
22	The History of Tele-pathology: Revolutionizing Diagnos-tics through Remote Communication	co-author	Res Hist Med 14 (3), 269-272, 2025
23	A Review of Telesurgery in Extreme Settings: A Narrative Review	co-author	Telemedicine and e-Health 31 (6), 701-715, 2025
24	Parenting self-efficacy mediates relationship between caregiving burden and parenting stress among parents of adolescents with disabilities: a cross-sectional study	co-author	Jurnal Ners 19 (3), 378, 2025
25	Clinician Perspective on Essential Competencies for Family Caregivers of Post-Stroke Patients in Indonesia: A Delphi Study	First author	Scandinavian Journal of Caring Sciences (39), 3, e70081, 2025

Buku

No	Judul Buku	Tahun Penerbitan	ISO	Penerbit
1.	Alam Pikir era Pandemi: Kajian Lintas Ilmu	2020	978-623-7259-43-5	UMSurabaya Publishing
2.	Celebrating the Innovation	2016	978-602-60598-0-2	Kerjasama Humas dan P2MB UMSurabaya dengan Penerbit Mavendra UMSurabaya Press
3.	Merawat Muhammadiyah Merawat Kemanusiaan	2023		UMSurabaya Publishing

Perolehan KI

No	Judul KI	Tahun Perolehan	Jenis KI	Nomor	Status KI (terdaftar/granted)
1	Celebrating the Innovation: Kumpulan Opini Pilihan, Berita Inovasi, Solidaritas dan Dinamika Penting 2016	2018	Hak Cipta	2018 000104659	Granted
2	Universitas Muhammadiyah Surabaya + Logo	2018	Merek Dagang	Kerjasama Humas dan P2MB UMSurabaya dengan Penerbit Mavendra UMSurabaya Press	Terdaftar

