

HEALTHY RUNNER PROJECT MAGAZINE

HRRP

MAGZ



OA

**OSTEOARTHRITIS
SENDI LUTUT**

Diagnosis OA Lutut bukanlah
vonis berhenti berlari

MARATHON WORLD RECORDS

Batas Fisiologis Manusia Kembali
didefinisikan ulang pada 26 April 2026

ATURAN 80/20

Mengapa 80% latihanmu harus sangat mudah

by Dokandi

VOL.1

MAY 24th 2026

Hi Runners !!!

Catatan dari Founder Healthy Runner Project
dr. Andi Kurniawan, Sp.KO., Subsp. ALK (K)

Mengapa Healthy Runner Project?

Berawal dari tema postingan Instagram pribadi saya, @dokandi — yang awalnya berniat sederhana : mengedukasi dan mengajak teman-teman pelari untuk berlari secara sehat.

Lalu ada satu hari yang tidak pernah hilang dari ingatan saya. Saat itu saya menjadi koordinator medis di sebuah event lari besar. Tenda medis penuh sesak. Bahkan banyak pelari yang sampai tidak sadarkan diri karena Heat Stroke.

Di tengah lalu-lalang petugas medis dan pelari yang terbaring lemah pagi itu, satu hal menjadi sangat jelas bagi saya : komunitas lari Indonesia membutuhkan lebih dari sekadar event yang seru — kita membutuhkan informasi yang benar, yang sampai ke pelari sebelum mereka berdiri di start line.

Di sanalah Healthy Runner Project lahir. Pada awalnya hanya sebagai tema di Instagram pribadi saya — sebuah cara untuk menuliskan apa yang saya saksikan setiap hari di ruang praktik dan di event-event lari. Lalu tumbuh, satu carousel demi satu carousel, dan akhirnya menjadi majalah perdana yang sedang Anda pegang ini.

Apa Yang Akan Kamu Temukan?

Di edisi pertama ini, Anda akan menemukan artikel-artikel yang terhubung dalam satu benang merah :

"BAGAIMANA BERLARI SECARA CERDAS BERDASARKAN APA YANG DIKATAKAN ILMU PENGETAHUAN — BUKAN APA YANG SEDANG VIRAL DI MEDIA SOSIAL."

Filosofi yang menjiwai setiap halaman HRP MAGZ dan setiap konten yang kami kerjakan adalah :

Evidence-based. Setiap rekomendasi yang kamu baca didukung oleh studi ilmiah — bukan testimoni selebritas, bukan tren TikTok, bukan opini influencer kebugaran.

Ilmu pengetahuan tidak selalu glamor, dan kadang tidak sesuai dengan apa yang sedang ramai di linimasa.

Longevity first. Pertanyaan yang ingin kami bantu jawab bukan 'Seberapa cepat Anda bisa lari maraton tahun ini?', tetapi 'Bagaimana Anda bisa berlari lebih jauh dan lebih lama, bukan hanya lebih cepat?'



Pelari sehat bukan pelari yang berlatih paling banyak.

Pelari sehat adalah pelari yang berlatih paling cerdas, dan masih ada di garis start tahun depan, dua tahun lagi, 1, 2, 3 dekade lagi.

Apa Artinya “Berlatih Dengan Cerdas”?

“Cerdas” bukan kata sifat yang abstrak. Dalam konteks kedokteran olahraga modern, berlatih dengan cerdas memiliki enam pilar yang bisa diukur, dipraktikkan. Enam pilar ini didukung oleh literatur ilmiah terbaru yang dipublikasikan dalam lima tahun terakhir (2020–2026).

Bukan teori lama yang masih dipakai karena belum diperbarui. Bukan trik viral yang akan hilang tahun depan.

1 Prinsip 1: Distribusi Intensitas yang Benar

Studi Casado et al. (2022) di *Journal of Sports Sciences* menganalisis training log dari pelari elite Kenya, Etiopia, dan Spanyol — termasuk beberapa pemegang rekor dunia. Hasilnya konsisten dan mengejutkan: prediktor performa tunggal terkuat bukan jumlah sesi interval atau tempo, tapi volume easy run di Zona 1–2.

Meta-analisis Festa et al. (2024) memperkuat temuan ini dengan menganalisis 28 studi yang membandingkan polarized training (80% easy, 20% hard) dengan threshold-dominated training (lebih banyak waktu di Zona 3). Hasil: kelompok polarized menunjukkan peningkatan performa endurance 1,8–3,2 kali lebih besar — di hampir semua jenis pelari, dari pemula hingga elite.

2 Prinsip 2: Periodisasi, Bukan “Lebih Banyak”, tapi “Lebih Cocok”

Salah satu kesalahan paling umum yang saya lihat: pelari yang melakukan minggu yang sama, terus-menerus, selama berbulan-bulan. Senin easy run, Selasa tempo, Rabu off, Kamis interval, Sabtu long run. Setiap minggu. Tanpa siklus. Tanpa unloading. Tanpa progresi yang terencana.

Mujika et al. (2023) di *International Journal of Sports Physiology and Performance* memberikan kerangka kerja yang sederhana: periodisasi adalah seni mengelola load (beban) dan recovery dalam siklus yang sengaja, sehingga tubuh selalu beradaptasi terhadap stimulus baru — tidak stuck di plateau adaptasi yang sama.

Studi Hecksteden et al. (2023) menunjukkan bahwa pelari yang mengikuti struktur mesocycle dengan deload week konsisten menunjukkan: penurunan kreatin kinase (marker mikrotrauma otot) 18%, peningkatan HRV 12%, dan reduksi risiko cedera 31% dibanding kelompok yang berlatih linear tanpa deload selama 16 minggu.



3

Prinsip 3: Strength Training Adalah Tidak Bisa DiNegosiasi !!!

Bukti ilmiah dari lima tahun terakhir untuk manfaat atau pengaruh strength training pada pelari endurance mungkin adalah **bukti paling konsisten dan paling kuat** dari seluruh literatur training science modern.

Meta-analisis Llanos-Lagos et al. (2024) di Sports Medicine — analisis 28 studi pada pelari endurance trained — menemukan bahwa strength training meningkatkan running economy sebesar 3,7% dan time-trial performance sebesar 2,9%. Tanpa peningkatan massa tubuh yang berarti.

Eihara et al. (2022) lebih spesifik: heavy resistance training ($\geq 80\%$ 1RM) memberikan keuntungan running economy 1,5 kali lebih besar dibanding resistance training konvensional.

3,7%
Peningkatan running economy setelah 8–12 minggu strength training pada pelari trained — *Llanos-Lagos et al., 2024*

48%
Pengurangan risiko cedera overuse pada pelari yang melakukan strength training reguler — *meta-analisis Pollock et al., 2022*

Pelari cerdas tidak “kadang-kadang” ke gym. Pelari cerdas memperlakukan dua sesi strength training per minggu sebagai bagian yang sama wajibnya dengan long run.

4

Prinsip 4: Load Management — Mendengarkan Sinyal Tubuh

Sinyal Objektif

Pelari cerdas memantau tubuhnya dengan metrik yang bisa diukur. Beberapa yang paling robust berdasarkan literatur 5 tahun terakhir:

Sinyal	Indikator “Aman untuk Quality”	Sumber Bukti
Resting HR pagi	\leq baseline + 5 bpm	Manresa-Rocamora et al., 2021
HRV (rMSSD)	\geq 85% rolling 7-day baseline	Düking et al., 2021; Javaloyes et al., 2020
Tidur semalam	\geq 7 jam, kualitas \geq 7/10	Charest & Grandner, 2022
Wellness subjektif	Mood + energy + soreness \geq 7/10	Saw et al., 2023 (BJSM review)
Acute:Chronic Workload (ACWR)	0,8–1,3 (sweet spot)	Damsted et al., 2022

Aturan “Two Out of Three”

Jika dua dari tiga sinyal berikut menunjukkan red flag di pagi hari sebelum sesi quality, ganti hari itu menjadi easy day atau rest

- (1) RHR naik >5 bpm dari baseline,
- (2) tidur <6 jam,
- (3) wellness subjektif $<6/10$.

Studi Saw et al. (2023) di British Journal of Sports Medicine menunjukkan bahwa wellness questionnaire harian sederhana memprediksi performa dan risiko cedera lebih baik dibanding sebagian besar biomarker objektif pada pelari rekreasi. Anda tidak butuh device Rp 8 juta. Anda butuh kejujuran 30 detik setiap pagi.

5

Prinsip 5: Recovery Adalah Bagian dari Latihan

Konsep yang harus tertanam dalam kepala setiap pelari cerdas: latihan tidak menciptakan adaptasi. Latihan menciptakan stimulus. Adaptasi terjadi saat tubuh pulih dari stimulus itu. Tanpa recovery yang adekuat, latihan adalah pengeluaran energi tanpa return.

Halson et al. (2022) dalam reviewnya di International Journal of Sports Physiology and Performance mengidentifikasi tiga “recovery non-negotiables” yang didukung bukti kuat:

- **Tidur 7–9 jam berkualitas** – satu-satunya recovery modality dengan dukungan bukti paling konsisten lintas semua olahraga.
- **Nutrisi pasca-latihan:** 1,0–1,2 g/kg karbohidrat dalam 1 jam pertama, ditambah 20–30 g protein berkualitas, untuk mempercepat resintesis glikogen dan sintesis protein otot (Vitale et al., 2023).
- **Active recovery harian:** easy walking 30–45 menit di hari off – bukan duduk total. Studi Bonilla et al. (2023) menunjukkan active recovery mempercepat clearance metabolit dan menurunkan DOMS subjektif.

Recovery Modalities – Mana yang Sebenarnya Bekerja?

Pelari cerdas tahu bahwa industri “recovery” modern dipenuhi gimmick dengan bukti tipis. Berikut ranking berbasis bukti (Halson et al., 2022; Dupuy et al., 2018, diperbarui dengan studi 2020–2024):

Modality	Kekuatan Bukti	Rekomendasi
Tidur ekstensi (+1 jam)	Sangat kuat	WAJIB
Nutrisi pasca-latihan	Sangat kuat	WAJIB
Active recovery (walking, easyrun)	Kuat	Direkomendasikan
Massage / foam rolling	Sedang	Opsional, bermanfaat
Cold water immersion (CWI)	Sedang (akut), kontroversial (kronis)	Pasca-race, bukan rutin

6

Prinsip 6: Individualisasi — Lawan Cookie-Cutter

Studi yang mungkin paling penting untuk pelari rekreasi Indonesia dari lima tahun terakhir bukan tentang protokol latihan tertentu, tapi tentang variabilitas individual dalam respons terhadap latihan.

Molmen et al. (2022) dan Hecksteden et al. (2023) menunjukkan bahwa pada 100 pelari yang mengikuti program latihan identik selama 12 minggu : 70% mengalami peningkatan VO2max, 20% tidak berubah signifikan, dan 10% justru mengalami penurunan.

Implikasinya kuat dan tidak bisa diabaikan : tidak ada satu program latihan yang “terbaik” untuk semua pelari. Yang berhasil untuk teman lari Anda, bahkan untuk pelatih Anda mungkin tidak optimal untuk Anda. Pelari cerdas menerima ini, dan bersikap experimental terhadap tubuh-nya sendiri.

“Yang berhasil untuk pelari lain adalah hipotesis, bukan resep. Yang berhasil untuk tubuh Anda adalah bukti.”

Bagaimana Mempraktikkan Individualisasi

1. **Train, observe, adjust.** Setiap 4 minggu, evaluasi: apakah easy pace saya semakin cepat di HR yang sama? Apakah recovery saya semakin cepat? Apakah saya lebih jarang cedera?
2. **Catat respon tubuh:** training journal sederhana – tanggal, sesi, RPE, wellness pagi besoknya. Pola akan muncul dalam 8–12 minggu.
3. **Bersedia menyimpang dari plan:** jika plan berkata interval Selasa tapi tubuh Anda berkata “saya butuh easy day lagi”, plan kalah. Selalu.
4. **Investasi pada coaching dan medical consult berkala:** pelari cerdas tidak menunggu cedera untuk konsultasi. Konsultasi sport medicine sekali setahun adalah investasi longevity.
5. **Hindari membandingkan diri Anda dengan pelari lain di Strava dan sosial media.** Anda tidak tahu siapa yang tidur 8 jam, siapa yang sedang fase peak, siapa yang akan cedera bulan depan.

PELARI SEHAT

“ Yang **paling cepat di tahun ini** sering kali bukan yang masih berlari sepuluh tahun lagi. Pelari sehat menukar kemenangan jangka pendek untuk kemenangan jangka panjang – dan menyebut pertukaran itu kebijaksanaan.

Referensi (2020–2026)

- Casado A, Hanley B, Santos-Concejero J, Ruiz-Pérez LM. (2022). **World-class long-distance running performances are best predicted by volume of easy runs and deliberate practice of short-interval and tempo runs.** *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(8), 2192–2201.
- Festa L, Tarperi C, Skroce K, Boccia G, Lippi G, La Torre A, Schena F. (2024). **Effects of training intensity distribution on endurance performance: A systematic review and meta-analysis.** *Sports Medicine – Open*, 10(1), 11.
- Foster C, Casado A, Esteve-Lanao J, Haugen T, Seiler S. (2022). **Polarized training is optimal for endurance athletes.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 54(6), 1028–1031.
- Mujika I, Halson SL, Burke LM, Balagué G, Farrow D. (2023). **An integrated, multifactorial approach to periodization for optimal performance in individual and team sports.** *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(5), 538–561.
- Hecksteden A, Faude O, Meyer T, Donath L. (2023). **How to construct, conduct, and analyze an exercise training study?** *Frontiers in Physiology*, 14, 1150010.
- Llanos-Lagos C, Ramírez-Campillo R, Moran J, Sáez de Villarreal E. (2024). **The effect of strength training methods on middle-distance and long-distance runners' athletic performance: A systematic review with meta-analysis.** *Sports Medicine*, 54, 1801–1833.
- Eihara Y, Takao K, Sugiyama T, et al. (2022). **Heavy resistance training versus plyometric training for improving running economy and time trial performance: A systematic review and meta-analysis.** *Sports Medicine – Open*, 8(1), 138.
- Pollock S, Gaoua N, Johnston M, Cooke K, Girard O. (2022). **Strength training as injury prevention strategy in recreational runners: A systematic review with meta-analysis.** *Translational Sports Medicine*, 5(4), e242.
- Dükking P, Zinner C, Trabelsi K, Reed JL, Holmberg HC, Kunz P, Sperlich B. (2021). **Monitoring and adapting endurance training on the basis of heart rate variability monitored by wearable technologies.** *Frontiers in Physiology*, 12, 686248.
- Manresa-Rocamora A, Sarabia JM, Javaloyes A, Flatt AA, Moya-Ramón M. (2021). **Heart rate variability-guided training for enhancing cardiac-vagal modulation, aerobic fitness, and endurance performance: A methodological systematic review with meta-analysis.** *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(19), 10299.
- Javaloyes A, Sarabia JM, Lamberts RP, Plews D, Moya-Ramón M. (2020). **Training prescription guided by heart rate variability vs block periodization in well-trained cyclists.** *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(6), 1511–1518.
- Vitale K, Owens R, Hopkins SR, Malhotra A. (2023). **Sleep hygiene for optimizing recovery in athletes: Review and recommendations.** *International Journal of Sports Medicine*, 44(5), 287–295.
- Saw AE, Halson SL, Mujika I. (2023). **Monitoring athletes through self-report: Factors influencing implementation.** *British Journal of Sports Medicine*, 57(13), 870–871.
- Damsted C, Parner ET, Sørensen H, Malisoux L, Hulme A, Nielsen RØ. (2022). **The acute:chronic workload ratio and injury risk: An empirical analysis of recreational runners.** *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 52(11), 723–731.
- Bonilla DA, Cardozo LA, Vélez-Gutiérrez JM, et al. (2023). **Exercise selection and common injuries in endurance running: A scoping review.** *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4), 3437.
- Travers G, Nichols D, Riding N, et al. (2022). **Heat acclimation with controlled heart rate: Influence of hydration status.** *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 54(4), 643–652.
- Tainio M, Andersen ZJ, Nieuwenhuijsen MJ, et al. (2021). **Air pollution, physical activity and health: A mapping review of the evidence.** *Environment International*, 147, 105954.

MEMBUAT SMART GOALS PELARI SEHAT



Satu pertanyaan yang hampir selalu saya tanyakan di awal konsultasi pelari baru : **“Apa target Anda tahun ini?”**

Jawaban yang paling sering saya dapatkan :

- *“Saya ingin lebih cepat”. atau*
- *“Saya ingin menyelesaikan maraton” atau yang paling populer akhir-akhir ini*
- *“Saya ingin sub-3, sub-4, sub-5”.*

Semua jawaban itu adalah **harapan, bukan target**. Dan harapan, sayangnya, adalah salah satu prediktor cedera paling kuat yang saya temui di ruang praktik.

Pelari yang berlatih untuk harapan akan menyesuaikan latihan berdasarkan emosi – bukan berdasarkan kapasitas.

Pelari yang berlatih untuk target – yang benar-benar **SMART** – akan menyesuaikan latihan berdasarkan bukti.

Mengapa Target yang Buruk Menyebabkan Cedera

Studi Nielsen et al. (2020) yang melacak 829 pelari rekreasional selama 12 bulan menemukan satu pola yang jelas : pelari yang menetapkan target waktu yang tidak realistis untuk race berikutnya didefinisikan sebagai >8% peningkatan dari PR terakhir – memiliki risiko cedera 2,4 kali lebih besar dibanding pelari dengan target yang konservatif.

Penyebabnya bukan target itu sendiri, penyebabnya adalah peningkatan volume dan intensitas latihan yang terburu-buru untuk “mengejar” target tersebut.

Damsted et al. (2022) di Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy memperkuat temuan ini dengan analisis Acute:Chronic Workload Ratio (ACWR): pelari yang menaikkan beban training >50% dari rolling 4-week average mengalami insidens cedera 4,3 kali lebih tinggi dibanding pelari yang menjaga ACWR di sweet spot 0,8–1,3.

2,4
KALI

Risiko cedera pada pelari dengan target waktu >8% lebih cepat dari **Personal Record** terakhir (*Nielsen et al., 2020*)

4,3
KALI

Risiko cedera pada pelari yang **menaikkan training load >50%** per minggu dari baseline (*Damsted et al., 2022*)

65
PER
SEN

Pelari rekreasional yang mengalami minimal satu cedera dalam 12 bulan, sebagian besar terkait **kesalahan goal setting** (*Kakouris et al., 2021*)

Menetapkan Tujuan Lari yang **REALISTIS**

“Menghindari Cedera dan Meningkatkan Kinerja dengan Target yang Sesuai Kapasitas”

Mengapa Tujuan Realistis Penting?

- **Mencegah Cedera** : Target berlebihan memicu kelelahan, overtraining, dan cedera kronis.
- **Mempertahankan Motivasi** : Pencapaian target kecil membangun kepercayaan diri.
- **Menghormati Kondisi Tubuh** : Setiap orang punya batasan kesehatan dan kebugaran yang unik.

Kesalahan Umum Yang Sering dilakukan

- **Terlalu Ambisius** : Langsung target jarak jauh (half / marathon) padahal baru mulai lari.
- **Push Terlalu Keras Terlalu Cepat** : Mencoba berlari lebih cepat atau lebih jauh daripada kemampuan tubuh saat ini dapat menyebabkan overtraining atau cedera.
- **Overtraining Tanpa Istirahat Cukup** : Tidak memberi tubuh waktu untuk pulih dapat menyebabkan kelelahan kronis atau cedera
- **Tidak Fleksibel**
- **Suka Membandingkan Diri dengan Orang** : tiap pelari memiliki kemampuan dan tujuan yang berbeda.

“

“LARI ADALAH PERJALANAN, BUKAN PERLOMBAAN. RAYAKAN SETIAP PENCAPAIAN KECIL. TUJUAN TERBAIK ADALAH YANG MEMBUATMU TETAP SEHAT, TERMOTIVASI, DAN BAHAGIA!”

”

Pelari yang merevisi target di tengah jalan bukan pelari yang gagal. Pelari yang merevisi target adalah pelari yang mendengarkan data tubuh-nya — dan itulah inti dari berlatih dengan cerdas.

Referensi

- Nielsen RØ, Bertelsen ML, Ramskov D, et al. (2020). **Time-to-event analysis for sports injury research part 1: time-varying exposures**. *British Journal of Sports Medicine*, 53(1), 61–68.
- Damsted C, Parner ET, Sørensen H, Malisoux L, Hulme A, Nielsen RØ. (2022). **The acute:chronic workload ratio and injury risk: An empirical analysis of recreational runners**. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 52(11), 723–731.
- Kakouris N, Yener N, Fong DTP. (2021). **A systematic review of running-related musculoskeletal injuries in runners**. *Journal of Sport and Health Science*, 10(5), 513–522.
- Kemler E, Romeijn N, Vriend I, Coppens L. (2021). **The relationship between the use of running apps and the prevalence of running-related injuries**. *Sports*, 9(11), 152.
- Lochbaum M, Sherburn M, Sisneros C, et al. (2022). **Athlete and coach goal setting: A meta-analytic review of the past 50 years of research**. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 15(1), 233–262.
- Latham GP, Locke EA. (2020). **A theory of goal setting and task performance: 50 years on**. *Journal of Applied Psychology*, 105(8), 947–949.
- Healy LC, Tincknell-Smith AL, Ntoumanis N. (2022). **Goal setting in sport and performance**. In: Acevedo EO, editor. *Oxford Research Encyclopedia of Psychology*. Oxford University Press.
- Williamson O, Swann C, Bennett KJM, et al. (2022). **The performance and psychological effects of goal setting in sport: A systematic review and meta-analysis**. *International Review of Sport and Exercise Psychology*. Advance online publication.
- Knechtle B, Nikolaidis PT. (2020). **Marathon performance and goal setting: A psychophysiological perspective**. *Journal of Sport and Health Science*, 9(2), 89–93.
- Lautenbach F, Antoniewicz F. (2022). **Goal-setting in endurance sports: A review of psychological mechanisms and applied implications**. *Frontiers in Psychology*, 13, 938743.
- Smits DW, van Middelkoop M, Schmikli SL, Verhagen E, Backx FJG. (2021). **Substantiation of the use of training load metrics to predict running injuries: A systematic review**. *Sports Medicine*, 51(7), 1379–1396.
- Yamato TP, Saragiotto BT, Lopes AD. (2020). **A consensus definition of running-related injury in recreational runners: A modified Delphi approach**. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 45(5), 375–380.



Target yang baik adalah peta. Tubuh Anda adalah kompas.

Pelari sehat membawa keduanya — dan tahu kapan harus mempercayai yang mana.

SMART RUNNING Goals

S

Specific

Apa sebenarnya yang ingin Anda capai dengan Program lari Anda?

M

Measurable

Bagaimana Anda akan mengukur kemajuan Anda?

A

Attainable

Apakah tujuan ini sesuai dengan kemampuan saya saat ini?

R

Relevant

Apakah tujuan ini penting bagi Anda dan selaras dengan tujuan kesehatan dan kebugaran Anda secara keseluruhan?

T

Time-bound

Kapan Anda berencana mencapai tujuan ini?



80/20 RULE

HEALTHY RUNNERS PROJECT



MENGAPA 80% LATIHANMU HARUS SANGAT MUDAH

PENJELASAN SECARA "SCIENTIFIC"
DIBALIK PRINSIP LATIHAN YANG DIPAKAI
PELARI ELITE TERBAIK DUNIA

dr. Andi Kurniawan, Sp.KO., Subsp. ALK (K)
Sports Medicine Specialist

Kamu berlari keras hampir setiap hari. Kamu lelah. Kamu stagnan. Dan kamu tidak tahu mengapa?

Bayangkan pelari elite kelas dunia – pelari marathon Ethiopia, pelari jarak menengah Kenya, triatlet Ironman – bagaimana mereka berlatih? Seberapa keras setiap harinya?

80% dari total latihan mereka dilakukan di intensitas yang SANGAT MUDAH.

Pace yang bisa sambil mengobrol santai. HR yang terasa 'sangat ringan'



Hanya 20% latihan mereka yang berintensitas tinggi – dan itulah yang membuat mereka istimewa.

Sementara itu, sebagian besar pelari rekreasi melakukan kebalikannya:

Hampir setiap sesi di intensitas 'sedang-keras' – tidak cukup mudah untuk recovery optimal, tidak cukup keras untuk stimulus adaptasi yang berarti.

Ironisnya, berlari lebih keras ternyata adalah alasan utama mengapa mereka tidak berkembang.

Mari kita bongkar ilmu di balik 80/20 Rule – juga dikenal sebagai Polarized Training – dan mengapa ini adalah perubahan terbesar yang bisa kamu buat dalam program latihan.

Dari Mana Datangnya 80/20 Rule?

Prinsip 80/20 dalam pelatihan olahraga bukan sekedar pendapat atau tradisi. Ini adalah temuan empiris yang didokumentasikan dari studi intensif terhadap para atlet terbaik dunia.

Stephen Seiler, PhD – ahli fisiologi olahraga dari Universitas Agder, Norwegia – menghabiskan lebih dari dua dekade menganalisis pola latihan atlet endurance elite dari berbagai cabang: lari jarak jauh, bersepeda, mendayung, ski Nordic, dan triatlon.

Metodologi: Seiler menganalisis catatan latihan ribuan sesi dari ratusan atlet elite, mengukur distribusi intensitas berdasarkan HR, pace, dan laktat darah.

Cabang Olahraga	Zona Rendah (zona 1-2)	Zona Tinggi (zona 4-5)
Pelari Elite (Kenya/Ethiopia)	77% - 80%	15-20%
Pelari Elite (Eropa)	75% - 78%	18 - 22%
Atlet Ski Nordic (Norwegia/Swedia)	80% - 85%	15% - 18%
Atlet Dayung Olimpiade	75% - 80%	15% - 20%
Triatlet Ironman Elite	78% - 82%	14% - 18%
Atlet Sepeda Profesional	75% - 80%	16% - 20%

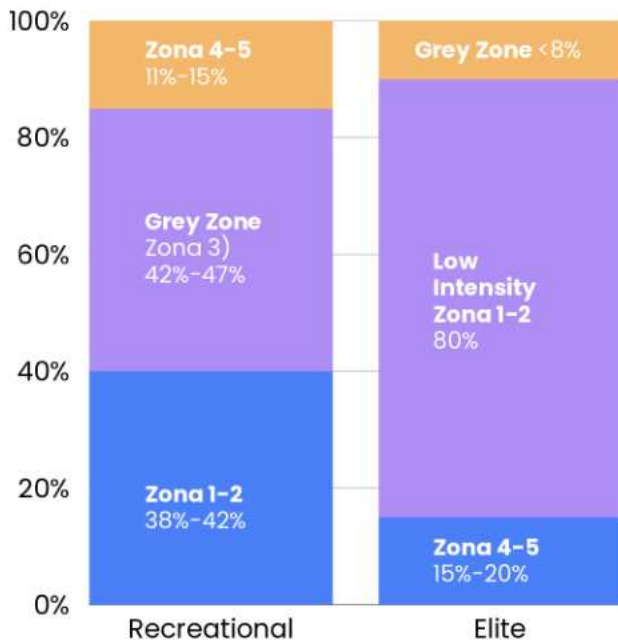
Hal terpenting yang pernah saya pelajari tentang pelatihan adalah bahwa hari-hari mudah harus benar-benar mudah, sehingga hari-hari berat bisa benar-benar berat, dan keajaiban itu hidup di titik ekstrem, bukan di tengah-tengah.

Magic lives in the extremes, not the middle.

“

Stephen Seiler, PhD | Father of Polarized Training

“The GREY ZONE” Perangkap Yang Menjebak Mayoritas Pelari !



Data Mengejutkan dari Penelitian Seiler (2006) Ketika distribusi latihan pelari rekreasional dianalisis : Dibandingkan pelari elite yang menghabiskan kurang dari 8% di grey zone – artinya mereka SECARA AKTIF MENGHINDARI zona yang paling banyak digunakan pelari rekreasional 38%-42%

Bagi banyak pelari rekreasional, kemajuan sering kali diukur dari seberapa keras mereka mampu memacu diri di setiap sesi.

Fenomena ini berakar pada distribusi intensitas yang salah – sebuah kondisi di mana pelari terjebak dalam “Ego Running,” memaksakan kecepatan sedang-keras yang tidak cukup mudah untuk pemulihan, namun tidak cukup keras untuk memicu adaptasi fisiologis yang signifikan.

Grey zone cukup keras untuk menguras glikogen dan menekan sistem saraf simpatetik, tapi tidak menghasilkan adaptasi mitokondria yang signifikan karena durasinya tidak cukup panjang.

Stimulus di grey zone tidak spesifik: terlalu rendah untuk memicu adaptasi laktat threshold, terlalu tinggi untuk memaksimalkan adaptasi aerobik Zona 2.

Pelari merasa sudah ‘bekerja keras’ karena lelah, padahal tidak mendapat adaptasi yang bermakna. Ini menciptakan ilusi produktivitas latihan.

Harga Yang Harus Dibayar dari Latihan di “Tengah-Tengah”

+49%

Peningkatan risiko overtraining syndrome dan kelelahan kronis



-8-10%

Penurunan efisiensi energi (VO2max) dibandingkan pelari yang disiplin 80/20.



4X

Lebih rendah probabilitas mencapai Personal Record di saat Race.



Semakin Keras Kamu Berlatih, Semakin kecil kemampuanmu untuk benar- benar berlatih keras saat dibutuhkan.

Dampak Fisiologis Jangka Pendek

- **Kortisol kronis tinggi** akibat latihan grey zone terus-menerus, akibatnya menekan fungsi imun, mengganggu pola tidur, memperlambat sintesis protein otot.
- **Glikogen otot tidak pernah terisi penuh** karena sesi grey zone menguras tapi tidak cukup menstimulasi "supercompensation".
- **Heart rate variability (HRV) turun** secara progresif → indikator overtraining yang terukur
- **Motivasi dan enjoyment** berlari menurun.

Dampak Performa Jangka Menengah

- **VO2max improvement berhenti** setelah 6-12 bulan meski volume meningkat – tidak cukup memicu adaptasi mitokondria
- **Lactate threshold tidak meningkat** karena kurangnya sesi berkualitas tinggi di Zona 4-5 yang terstruktur.
- **Running economy tidak berkembang** – pola biomekanik yang tidak efisien.
- **Race performance stagnan** : menyelesaikan race, tapi Personal Record tidak meningkat secara signifikan.

Peluang Yang Terlewat- kan

- **Adaptasi mitokondria maksimal hanya terjadi di Zona 2** yang konsisten – 'pabrik aerobik' yang seharusnya dibangun di 80% latihan.
- **Adaptasi neuromuskular dan laktat threshold** hanya terjadi di Zona 4-5 yang berkualitas – terlalu lelah dari grey zone untuk melakukannya dengan benar
- **'Polarization dividend'** : pelari dengan distribusi 80/20 yang benar mampu menoleransi volume lebih tinggi tanpa overtraining, karena easy mereka benar-benar easy



Stagnation and Injury

Dampak negatif kelelahan kronis adalah risiko overtraining meningkat 49%, meningkatkan kortisol, mengganggu tidur dan menurunkan HRV.

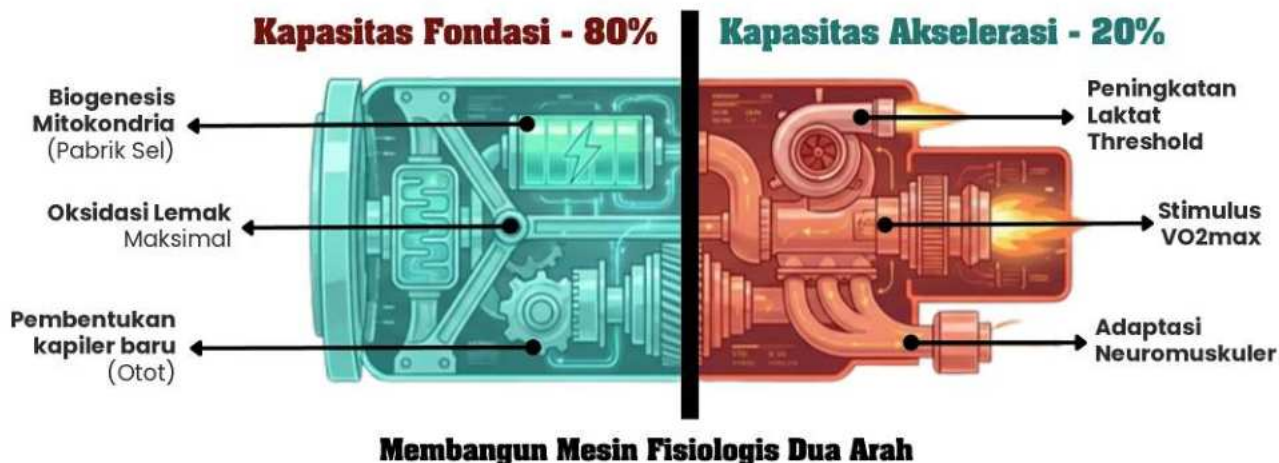
MEKANISME FISILOGIS - Mengapa Zona 2 (80%) Itu Sakti ?

- **MITOKONDRIA BIOGENESIS** : Zona 2 mengaktifkan **PGC-1 α** (**peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator**), 'master regulator' pembentukan mitokondria baru. Lebih banyak mitokondria = lebih banyak mesin aerobik per sel otot.
- **FAT OXIDATION OPTIMAL** : Di Zona 2, tubuh menggunakan lemak sebagai bahan bakar dominan. Latihan Zona 2 konsisten melatih **enzim-enzim oksidasi lemak (β -oxidation enzymes)**, meningkatkan kemampuan berlari jauh tanpa habis glikogen.
- **KAPILER DAN DELIVERY OKSIGEN** : Latihan aerobik volume tinggi merangsang **angiogenesis (pembentukan kapiler baru)** → lebih banyak oksigen dan nutrisi terdelivery ke otot aktif.
- **CARDIAC ADAPTATION** : Stroke volume meningkat progresif dengan latihan Zona 2 konsisten → jantung memompa lebih banyak darah per detak → HR rest menurun, aerobik efficiency meningkat.
- **TENDON & CONNECTIVE TISSUE ADAPTASI** : Zona 2 cukup untuk menstimulasi remodeling tendon dan ligamen **tanpa stress berlebih** – mengurangi risiko overuse injury.



MEKANISME FISILOGIS : Mengapa Zona 4-5 (20%) Esensial ?

- **LACTATE THRESHOLD IMPROVEMENT** : High-intensity intervals di Zona 4-5 meningkatkan kemampuan tubuh memproduksi dan membersihkan laktat – meningkatkan LT2 velocity
- **VO2MAX STIMULUS** : Zona 5 memberikan stimulus unik untuk peningkatan cardiac output maksimal dan kemampuan otot mengekstrak oksigen ($a-vO_2$ difference)
- **NEUROMUSCULAR ADAPTASI** : Interval cepat meningkatkan firing rate motor unit, koordinasi otot, dan stride mechanics yang tidak bisa dicapai hanya dengan latihan lambat
- **ANAEROBIC CAPACITY** : Kemampuan buffer asam (bikarbonat, fosfat) ditingkatkan oleh latihan anaerobik – penting untuk kick di km terakhir



RUN SLOWER to GET FASTER,

Perubahan Paradigma : dari 'Lebih Keras = Lebih Baik' menjadi 'Lebih Cerdas = Lebih Cepat'

PARADIGMA LAMA

- Lebih keras = lebih baik
- Semua latihan harus terasa melelahkan
- Easy run = buang waktu
- Makin banyak km keras, makin cepat
- Grey zone = zona nyaman yang produktif
- No pain, no gain – selalu

PARADIGMA BARU

- Distribusi tepat = adaptasi optimal
- 80% latihan terasa SANGAT mudah
- Easy run = fondasi aerobik yang tak ternilai
- Kualitas sesi keras > kuantitas
- Grey zone = perangkat yang harus dihindari
- Smart pain at right time, full recovery the rest

Prinsip 80/20 bukan sekadar tren, melainkan hukum fisiologis universal. Dengan melatih tubuh untuk menjadi efisien di intensitas rendah, Anda memberikan ruang bagi performa puncak di intensitas tinggi.

"Do Olympic Athletes Train as in the Paleolithic Era?"

Secara evolusioner, pola latihan ini bukanlah hal baru. Peneliti fisiologi Inigo Mujika dalam studinya "Do Olympic Athletes Train as in the Paleolithic Era?" mengemukakan bahwa tubuh manusia merespons stimulus fisik yang menyerupai pola nenek moyang kita : aktivitas berintensitas rendah yang dilakukan secara reguler (seperti mengumpulkan makanan atau berjalan jauh) diselingi dengan lonjakan intensitas tinggi yang sporadis (berburu atau melarikan diri dari predator).





Sains Berbicara

Meta-Analisis dan RCT Mendukung 80/20

Seiler & Kjerland (2006) Scand J Med Sci Sports

Analisis 411 sesi latihan pelari, pendayung, dan ski Nordic elite → distribusi konsisten 77–80% intensitas rendah, hanya 7–10% intensitas sedang (grey zone)

Elite secara aktif menghindari grey zone. Bukan karena pilihan estetik – karena fisiologi mengharuskannya

Seiler KS, Kjerland GØ. **Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an 'optimal' distribution?** Scand J Med Sci Sports. 2006;16(1):49–56. doi:10.1111/j.1600-0838.2004.00418

Stöggl & Sperlich (2014) Front Physiol – RCT

RCT: 48 atlet endurance terlatih dibagi 4 grup (Polarized 80/20, Threshold, High Volume, HIT). Setelah 9 minggu: Polarized unggul di VO2max (+11.7%), time to exhaustion (+17.4%), dan LT velocity (+8.1%)

Polarized 80/20 lebih superior dari threshold-heavy training, high volume, dan high-intensity interval saja. Ini RCT terkuat untuk 80/20

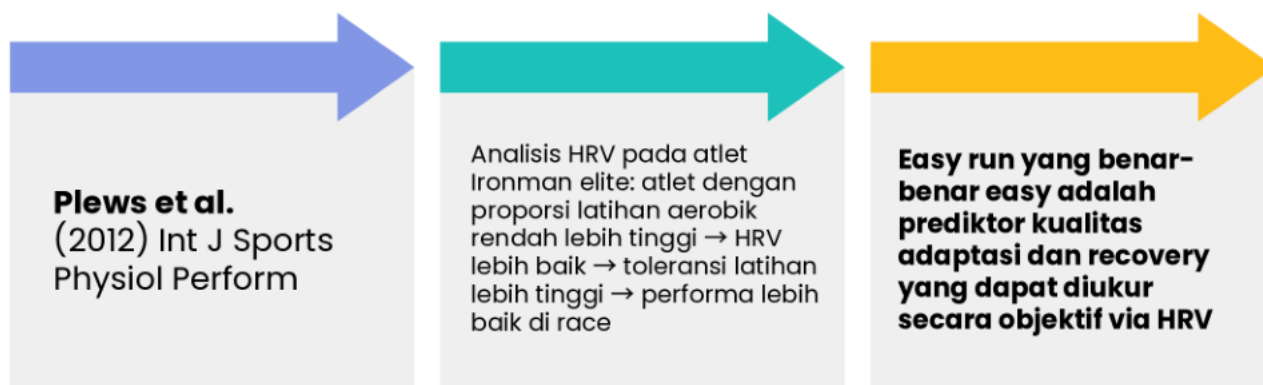
Stöggl T, Sperlich B. **Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training.** Front Physiol. 2014;5:33. doi:10.3389/fphys.2014.00033



Neal CM, Hunter AM, Brennan L, et al. **Six weeks of a polarized training-intensity distribution leads to greater physiological and performance adaptations than a threshold model in trained cyclists.** J Appl Physiol. 2013;114(4):461-471. doi:10.1152/jappphysiol.00652.2012



Esteve-Lanao J, Foster C, Seiler S, Lucia A. **Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes.** J Strength Cond Res. 2007;21(3):943-949. doi:10.1519/R-19725.1



Plews DJ, Laursen PB, Kilding AE, Buchheit M. **Heart rate variability in elite triathletes, is variation in variability the key to effective training? A case comparison.** Eur J Appl Physiol. 2012;112(11):3729-3741. doi:10.1007/s00421-012-2354-4

KONSENSUS ILMIAH

(Seiler, 2010 — Int J Sports Physiol Perform)

'Distribusi intensitas yang ditandai dengan volume tinggi di intensitas rendah dan frekuensi yang lebih rendah namun intensitas sangat tinggi — dan meminimalkan latihan di intensitas menengah — tampak menjadi karakteristik umum program latihan atlet endurance elite yang sukses, terlepas dari cabang olahraga spesifik.'

80/20 bukan tren. Ini adalah pola fisiologis universal yang muncul ketika atlet berlatih secara optimal.

Seiler S. **What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes?** Int J Sports Physiol Perform. 2010;5(3):276-291. doi:10.1123/ijsp.5.3.276

**Berhenti Berlari Keras
Setiap Hari.
Mulai Berlari CERDAS
Setiap Sesi.**



"The most important thing I ever learned about training is that easy days must be truly easy, so that hard days can be truly hard, and that magic lives in the extremes, not the middle."

— Stephen Seiler, PhD | Father of Polarized Training

"Lebih penting untuk menjadi konsisten secara baik daripada sesekali menjadi luar biasa."

— Jeff Cunningham | Founder Owner cunninghamrunning.com

5 Tindakan Konkret — Mulai Sekarang :



Polarized Training & Distribusi Intensitas — Studi Kunci

- [1] Seiler KS, Kjerland GØ. **Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an 'optimal' distribution?** Scand J Med Sci Sports. 2006;16(1):49–56. doi:10.1111/j.1600-0838.2004.00418.x
- [2] Seiler S. **What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes?** Int J Sports Physiol Perform. 2010;5(3):276–291. doi:10.1123/ijsp.5.3.276
- [3] Stöggl T, Sperlich B. **Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training.** Front Physiol. 2014;5:33. doi:10.3389/fphys.2014.00033
- [4] Esteve-Lanao J, Foster C, Seiler S, Lucia A. **Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes.** J Strength Cond Res. 2007;21(3):943–949. doi:10.1519/R-19725.1
- [5] Muñoz I, Seiler S, Bautista J, España J, Lanao JE, Pallarés JG. **Does polarized training improve performance in recreational runners?** Int J Sports Physiol Perform. 2014;9(2):265–272. doi:10.1123/ijsp.2012-0350
- [6] Neal CM, Hunter AM, Brennan L, et al. **Six weeks of a polarized training-intensity distribution leads to greater physiological and performance adaptations than a threshold model in trained cyclists.** J Appl Physiol. 2013;114(4):461–471. doi:10.1152/jappphysiol.00652.2012
- [7] Hydren JR, Cohen BS. **Current scientific evidence for a polarized cardiovascular endurance training model.** J Strength Cond Res. 2015;29(12):3523–3530. doi:10.1519/JSC.0000000000001197

Fisiologi Adaptasi Aerobik — Mekanisme Seluler

- [8] Holloszy JO. **Biochemical adaptations in muscle: effects of exercise on mitochondrial oxygen uptake and respiratory enzyme activity in skeletal muscle.** J Biol Chem. 1967;242(9):2278–2282.
- [9] Holloszy JO, Coyle EF. **Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences.** J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol. 1984;56(4):831–838. doi:10.1152/jappl.1984.56.4.831
- [10] Pilegaard H, Saltin B, Neufer PD. **Exercise induces transient transcriptional activation of the PGC-1 α gene in human skeletal muscle.** J Physiol. 2003;546(Pt 3):851–858. doi:10.1113/jphysiol.2002.034850
- [11] Lundby C, Montero D, Joyner M. **Biology of VO $_2$ max: looking under the physiology lamp.** Acta Physiol (Oxf). 2017;220(2):218–228. doi:10.1111/apha.12827

Overtraining & Grey Zone Consequences

- [12] Meeusen R, Duclos M, Foster C, et al. **Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine.** Med Sci Sports Exerc. 2013;45(1):186–205. doi:10.1249/MSS.0b013e318279a10a
- [13] Kreher JB, Schwartz JB. **Overtraining syndrome: a practical guide.** Sports Health. 2012;4(2):128–138. doi:10.1177/1941738111434406
- [14] Plews DJ, Laursen PB, Stanley J, Kilding AE, Buchheit M. **Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring.** Sports Med. 2013;43(9):773–781. doi:10.1007/s40279-013-0071-8

Running Economy & Efisiensi Metabolik

- [15] Blagrove RC, Howatson G, Hayes PR. **Effects of strength training on the physiological determinants of middle- and long-distance running performance: a systematic review.** Sports Med. 2018;48(5):1117–1149. doi:10.1007/s40279-017-0835-7
- [16] Moore IS. **Is there an economical running technique? A review of modifiable biomechanical factors affecting running economy.** Sports Med. 2016;46(6):793–807. doi:10.1007/s40279-016-0474-4

THANK YOU



MARATHON

Berapa banyak lari 42,195 km yang aman untuk diikuti dalam satu tahun?

dr. Andi Kurniawan, Sp.KO., Subsp. ALK (K)
Sports Medicine Specialist

HEALTHY RUNNER PROJECTS RECOMMENDATION :
Panduan Strategis Frekuensi Maraton:
Menyeimbangkan Ambisi dengan Umur Panjang

“

Tahun lalu saya lari marathon 4x setahun. Teman-teman bilang saya luar biasa.

Tapi belakangan saya merasa lebih lelah, lebih lambat, dan entah kenapa lebih sering sakit. Apa yang salah?

”

Pertanyaan tentang berapa jumlah maraton ideal per tahun adalah salah satu yang paling penting — dan paling sering dijawab dengan keliru — dalam dunia lari.

Jawaban yang benar bukan yang membuat kamu terkesan di mata komunitas, tapi yang memastikan kamu masih berlari kuat 10, 20, dan 30 tahun dari sekarang.



HEALTHY RUNNER PROJECT



Dalam komunitas lari modern, fenomena "**marathon collecting**" telah bertransformasi menjadi simbol dedikasi. Menyelesaikan empat, lima, hingga enam maraton dalam satu kalender tahun dianggap sebagai pencapaian prestisius.

Namun, dari meja praktik kedokteran olahraga, fenomena ini sering kali menyimpan "**kebenaran pahit**." Tanpa pemahaman mendalam tentang dosis lari yang tepat, ambisi untuk mengoleksi medali dapat menjadi bumerang bagi kesehatan jangka panjang.

Memahami frekuensi maraton yang ideal bukan sekadar upaya meningkatkan performa, melainkan strategi krusial untuk memastikan Anda tetap mampu berlari dengan jantung yang sehat dua hingga tiga dekade dari sekarang.

Yang paling penting dipahami : jumlah berapa X maraton bukan ukuran komitmen atau kecintaan kamu pada lari. Kualitas setiap maraton, kualitas recovery setelahnya, dan kesehatan kardiovaskular jangka panjang adalah ukuran yang jauh lebih bermakna dari angka di feed Instagram-mu.

3-5 MINGGU

Waktu yang dibutuhkan untuk **troponin jantung (cTnI)** – biomarker kerusakan miokardium – kembali ke level baseline setelah satu maraton.

Elevated troponin pasca-maraton ditemukan pada 50–80% finisher, menandakan mikrocedera jantung sementara.

12 MINGGU

Rekomendasi minimum jarak antar maraton berdasarkan panduan **American College of Sports Medicine**. Namun data kardiologis terbaru rekomendasi pelari rekreasi, 16–20 minggu adalah angka yang lebih aman secara fisiologis (Baggish et al., 2012 – Circulation)

17 PERSEN

Peningkatan risiko **atrial fibrillation (AF)** pada pelari yang berlari maraton >5 kali per tahun dibandingkan pelari dengan 1–2 maraton per tahun dalam jangka panjang. AF adalah aritmia yang paling umum dan bisa berdampak serius pada kualitas dan harapan hidup

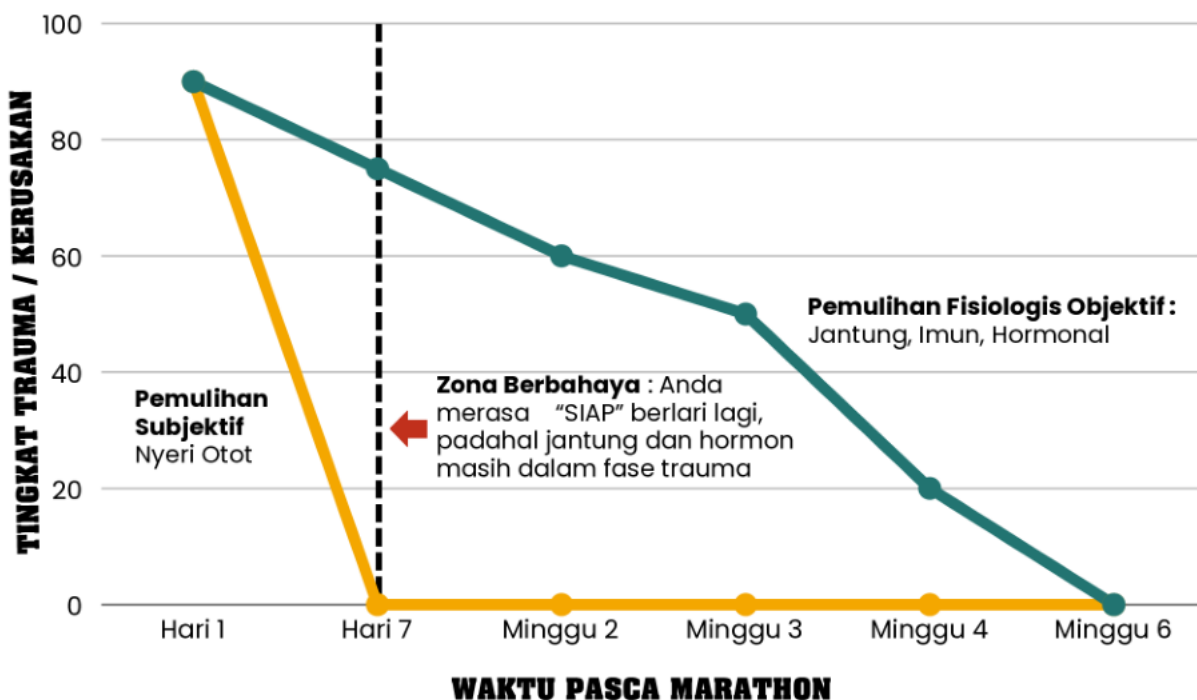
Maraton adalah **stressor fisiologis yang sangat besar** - bukan hanya pada otot dan sendi, tapi pada jantung, sistem imun, ginjal, dan hormon.

'Merasa baik' setelah maraton tidak berarti tubuh sudah pulih.

Kesalahan terbesar pelari rekreasional: menggunakan perasaan subjektif ('saya sudah tidak "sore muscle", sudah bisa lari lagi') sebagai satu-satunya kriteria kesiapan untuk maraton berikutnya. Pemulihan subjektif (nyeri otot hilang) lebih cepat dari pemulihan fisiologis objektif (jantung, imun, hormonal) dengan perbedaan yang bisa mencapai berminggu-minggu.

Berlari banyak maraton dalam setahun adalah hak setiap pelari. Berlari banyak maraton dengan memahami konsekuensinya dan mengelolanya dengan benar adalah pilihan yang jauh lebih cerdas. Dan kadang-kadang, pilihan yang paling bertanggung jawab adalah berlari lebih sedikit agar bisa berlari lebih lama.

PEMULIHAN SUBJECTIVE MENIPU PEMULIHAN FISILOGIS



APA YANG SEBENARNYA TERJADI DI DALAM TUBUH SETELAH 42,195 KM



JANTUNG - KERUSAKAN MIOKARDIUM

- Studi echocardiography dan cardiac MRI menunjukkan: setelah maraton, terjadi penurunan fungsi ventrikel kanan (Right Ventricular dysfunction) yang berlangsung 1-3 minggu pada sebagian pelari.
- Elevated troponin pasca-maraton (tanda mikrocedera kardiomyosit) ditemukan pada 50-80% finisher.
- Pada pelari dengan volume maraton tinggi jangka panjang, patch myocardial fibrosis (jaringan parut jantung) ditemukan lebih sering dibanding kontrol non-runner. Ini tidak reversibel.



HORMONAL : GANGGUAN AXIS HPA

- Maraton mengakibatkan lonjakan kortisol dan katekolamin yang ekstrem, penurunan testosteron dan estrogen yang signifikan, dan gangguan sumbu **hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA)**.
- Pada maraton yang terlalu sering, gangguan hormonal ini tidak sempat kembali ke baseline — mengakibatkan gejala serupa **overtraining syndrome** : libido turun, mood tidak stabil, kelelahan kronis, dan sleep quality buruk.



SISTEM IMUNITAS "OPEN WINDOW" IMUNOSUPRESI

- Segera setelah maraton, terjadi penurunan tajam fungsi sel NK, limfosit, dan imunoglobulin A salivary (IgA-s). Periode ini disebut 'open window' di mana risiko infeksi saluran napas atas (URTI) meningkat 2-6x dibanding baseline.
- Pada jadwal race yang terlalu padat, 'open windows' yang bertumpuk mengakibatkan imunosupresi semi-kronik yang menjadi dasar fenomena 'sering sakit' pada pelari yang berlari terlalu sering.



OTOT DAN TENDON : KERUSAKAN SERAT EKSENTRIK KUMULATIF

- Setelah maraton, kerusakan **serat otot tipe II (fast-twitch)** sangat signifikan — terutama dari kontraksi eksentrik downhill running. Proses repair memerlukan 2-4 minggu.
- **Collagen turnover** dalam tendon memerlukan lebih lama — sampai 6-8 minggu untuk jaringan tendon yang lebih besar (Achilles, patellar). Lari maraton berikutnya sebelum repair selesai = akumulasi mikrocedera yang menumpuk dan eventually menjadi cedera klinis yang nyata.



GINJAL : GAGAL GINJAL AKUT

- Acute Kidney Injury (AKI) transien ditemukan pada 40-85% pelari maraton berdasarkan studi biokimia urin dan serum: elevasi kreatinin dan BUN (blood urea nitrogen) pasca-race adalah temuan yang sangat umum.
- Pada event yang dilakukan terlalu sering tanpa recovery yang adekuat, fungsi ginjal tidak sempat kembali ke baseline sebelum stres berikutnya mengakibatkan kumulatif nephrotoxic burden yang berdampak jangka panjang.

Harga Yang Harus Dibayar Untuk EGO dan Jadwal Race Yang Tidak Realistis

Myocardial Fibrosis — Jaringan Parut Jantung Permanen

- MRI jantung menunjukkan patch fibrosis miokardium (jaringan parut non-fungsional di otot jantung) pada 12–50% pelari dengan riwayat maraton/ultramaraton jangka panjang intensitas tinggi — dibanding hanya 5% pada kontrol sehat non-runner (La Gerche et al, 2012 — European Heart Journal).
- Fibrosis miokardium berhubungan dengan peningkatan risiko aritmia ventrikel dan sudden cardiac death. Ini bukan perubahan reversibel — sekali terbentuk, jaringan parut ini permanen

Atrial Fibrillation — Aritmia yang Meningkat pada Marathon Berlebihan

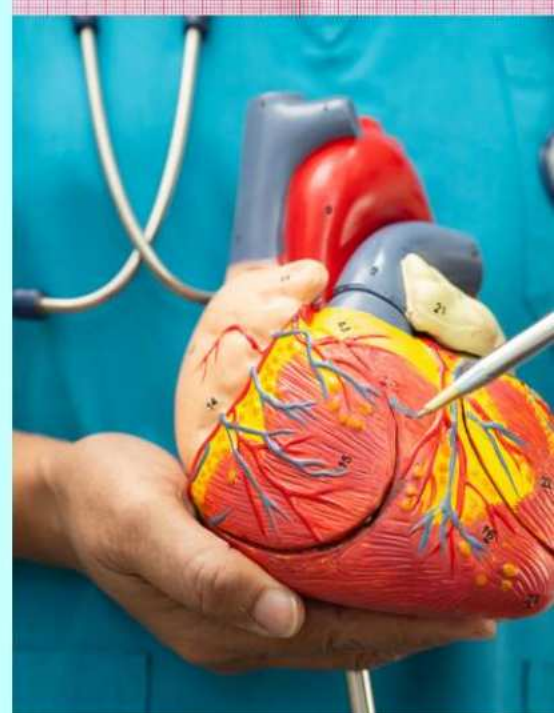
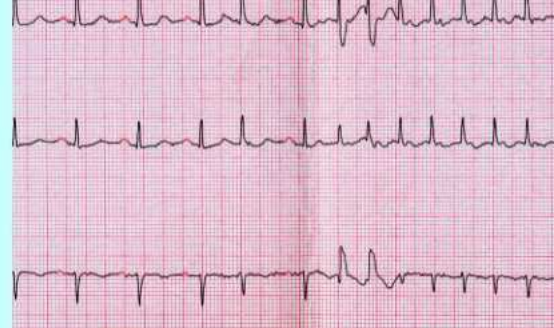
- Pelari maraton jangka panjang dengan volume dan frekuensi tinggi memiliki prevalensi atrial fibrillation (AF) yang lebih tinggi.
- AF adalah aritmia paling umum secara global, meningkatkan risiko stroke emboli 5x, dan memerlukan manajemen medis seumur hidup. Paradoksnya: aktivitas fisik moderat melindungi dari AF, tapi aktivitas berlebihan justru menjadi faktor risiko independen yang nyata.

Overtraining Syndrome (OTS)

- Maraton terlalu sering tanpa recovery yang adekuat adalah jalur yang konsisten menuju OTS: penurunan performa meski terus berlatih, kelelahan kronis, sleep disruption, mood disorders, dan penurunan fungsi imun.
- OTS yang sudah established memerlukan 3–12 bulan complete rest untuk resolusi — jauh lebih lama dari 'recovery dari satu maraton'. OTS adalah harga mahal yang dibayar untuk jadwal race yang tidak realistis.

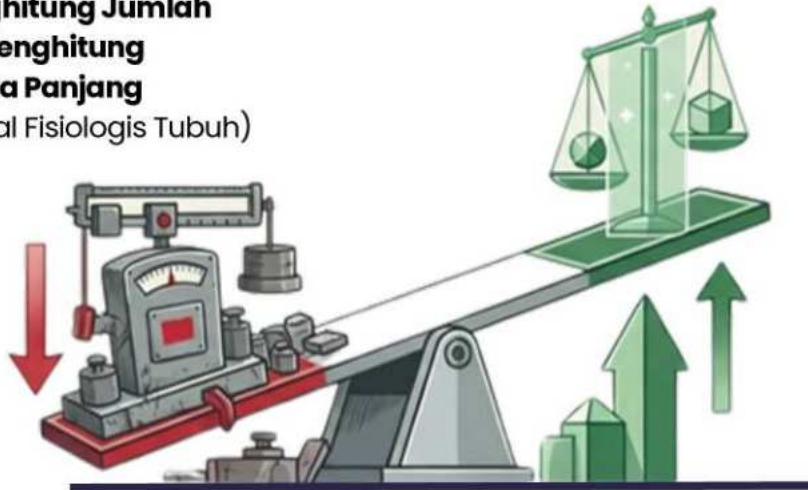
Kerusakan Muskuloskeletal Kumulatif yang Tidak Reversibel

- Kartilago sendi lutut dan panggul tidak memiliki suplai darah langsung — regenerasinya sangat lambat. Beban kumulatif dari maraton yang terlalu sering tanpa recovery adekuat mengakibatkan thinning kartilago yang bersifat progresif.
- Sebuah studi MRI longitudinal menunjukkan perubahan kartilago signifikan setelah maraton berulang — perubahan yang tidak sepenuhnya reversibel.



Dari 'Berapa banyak marathon yang bisa saya lari?' menjadi 'Berapa banyak maraton yang akan memaksimalkan kesehatan dan performa saya dalam 10-20 tahun ke depan?'

Tidak Lagi Menghitung Jumlah Medali Tetapi Menghitung Kerugian Jangka Panjang (Menguras Modal Fisiologis Tubuh)



Berapa Banyak Marathon yang Mengoptimalkan Kesehatan jangka Panjang Saya untuk beberapa Dekade Ke Depan. (Mengatur Strategy Investasi)

**BIOMARKER
BUKAN
PERASAAN**



Pelari ≥ 2 maraton/tahun atau usia >45 tahun, tes wajib dilakukan pada minggu ke 2-3 (hari ke 14-21) pasca-race. Tes mencakup: Troponin (cTnI), CBC, CRP (inflamasi), Kreatinin/BUN (ginjal), Ferritin, serta Kortisol.

**ONE RACE
ONE SEASON**



Mengikuti Program Pelari Elite : Hanya ada satu "A-RACE" per tahun dengan program taper dan effort yang maksimal.

**RECOVERY
STRATEGY**



Penting Strategi Recovery yang aktif dan terstruktur. 'Recovery' bukan berarti tidak melakukan apa-apa; ini berarti melakukan aktivitas yang tepat dalam dosis yang tepat untuk mengoptimalkan regenerasi jaringan sambil mempertahankan adaptasi aerobik

**THE "DAY"
PER MILE**



Satu hari recovery ringan untuk setiap mil (1,6 km) berlari – ini setara dengan 26 hari untuk maraton 42 km. Ini adalah waktu sebelum kamu siap untuk latihan keras lagi menjalani program marathon selama 16 sd 24 minggu.

**INDIVIDULISASI
NO ONE-SIZE-
FITS-ALL**



Usia, jenis kelamin, riwayat medis, volume training, kecepatan, kondisi cuaca race, dan genetik semuanya mempengaruhi seberapa besar 'biaya' satu maraton bagi individu tertentu. Pengalaman dan berapa lama berlatih juga sangat penting.

Apa yang **Riset Kardiologi Olahraga**, immunologi, dan athlete longevity katakan tentang dosis maraton yang optimal untuk kesehatan jangka panjang.

Data longitudinal dari **Copenhagen City Heart Study** dan **Sister Kenny Institute Studi** menunjukkan bahwa pelari yang berlari maraton dengan frekuensi yang terkelola baik memiliki **risiko penyakit kardiovaskular, diabetes tipe 2, kanker kolorektal, dan depresi yang lebih rendah** dibanding populasi umum. Maraton juga memiliki **benefit psikologis yang terdokumentasi** : self-efficacy, resiliensi, komunitas sosial, dan disiplin kognitif yang transferable ke berbagai aspek kehidupan.

Schnohr P, O'Keefe JH, Marott JL, Lange P, Jensen GB. (2015). **Dose of Jogging and Long-Term Mortality: The Copenhagen City Heart Study.** *Journal of the American College of Cardiology*, 65(5), 411–419. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2014.11.023>

Meta-analisis komprehensif : troponin jantung elevated pada **50–80% pelari maraton pasca-race**, dengan puncak pada jam 3–6 dan normalisasi dalam 24–48 jam pada kebanyakan pelari. Namun pada pelari dengan volume tinggi berulang, pola elevasi berubah — baseline troponin meningkat dan waktu normalisasi memanjang. Studi ini menjadi dasar ilmiah untuk rekomendasi **recovery kardiovaskular minimal 3–5 minggu pasca-maraton** sebelum intensitas training tinggi dimulai kembali.

Shave R et al. (2010) "**Exercise-Induced Cardiac Troponin Elevation: Evidence, Mechanisms, and Implications**" *Journal of the American College of Cardiology*, 56(3), 169–176



Studi prospektif cedera lari pada 844 pelari : pelari yang berlari lebih dari 2 event jarak maraton per tahun **memiliki insiden cedera overuse 2,4× lebih tinggi** dibanding yang membatasi 1 event per tahun dengan recovery adekuat. Faktor yang paling protektif: volume yang konsisten, recovery terstruktur, dan tidak ada peningkatan volume/intensitas mendadak. Menegaskan bahwa frequency management adalah faktor pencegahan cedera yang underestimated.

Taunton JE et al. (2003)
"A Prospective Study of Running Injuries: the Vancouver Sun Run 'In Training' Clinics"
British Journal of Sports Medicine, 37(3), 239–244

Panduan **American Heart Association / American College of Cardiology** : evaluasi kardiovaskular pra-partisipasi wajib untuk semua atlet kompetitif, dengan **screening yang lebih intensif untuk atlet di atas 35 tahun** atau dengan faktor risiko. Panduan ini secara khusus mencatat bahwa 'marathon runners' termasuk kategori yang memerlukan evaluasi berkala — **terutama mereka yang berlari lebih dari 2 event per tahun.**

Maron BJ et al. (2009)
"Recommendations and Considerations Related to Preparticipation Screening for Cardiovascular Abnormalities in Competitive Athletes: 2007 Update"
Circulation, 115(12), 1643–1655

12× lebih rendah Risiko Jantung Koroner pada Pelari Sehat

Risiko Coronary Artery Disease pada pelari maraton yang terlatih dengan baik dibanding populasi sedentary — menegaskan bahwa maraton bukan 'sesuatu yang harus dihindari', melainkan harus dioptimalkan dengan dosis yang benar. Manfaat kardiovaskular ada dan nyata — kuncinya ada pada dosis

Williams PT. (1997).
Relationship of Distance Run per Week to Coronary Heart Disease Risk Factors in 8,283 Male Runners.
Archives of Internal Medicine, 157(2), 191–198.
<https://doi.org/10.1001/archinte.1997.00440230069006>

Frekuensi Marathon Ideal berdasarkan profil kebugaran dan riwayat / pengalaman berlari.

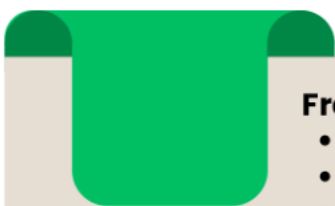
Pemula : <2th berlari <3x marathon



Frekuensi Ideal : 1x per tahun

- Siklus recovery 4-6 bulan penuh.
- Pembangunan aerobic base.
- Satu Marathon dipersiapkan dengan matang.

Menengah: 2-5 th, volume 50-70 km/mg



Frekuensi Ideal : 1-2x per tahun

- Jarak minimal antar Marathon 20 minggu
- Satu "A-race" (all-out) dan satu "B-race" (konservatif).
- Recovery penuh setelah "A-Race".

Mahir : 5+ tahun, volume 70-100 km/mg



Frekuensi Ideal : max 2 x per tahun

- pemeriksaan Echocardiogram per tahun dianjurkan
- Jarak minimal antar Marathon 16 minggu
- Periodisasi latihan yang ketat

High Volume / Elite : > 100 km/mg



Frekuensi Ideal : max 2 x per tahun dengan pengawasan medis

- Wajib EKG, Pemeriksaan Troponin
- HRV monitoring harian
- Setiap keputusan "racing" berbasis pada data biomarker

5 PARAMETER Pelari Sehat

Parameter Objektif Yang Menentukan Kesiapan Fisiologis

Resting Heart Rate

- Ukur setiap hari
- RHR yang konsisten $>5-7$ bpm di atas baseline selama >3 hari berturut = sistem kardiovaskular belum pulih.
- Membutuhkan **2-4 minggu pasca marathon** untuk kembali normal



Heart Rate Variability

- Indikator Sistem Saraf otonom
- HRV adalah parameter paling sensitif untuk **recovery kardiovaskular**.
- HRV turun signifikan ($>15\%$ dari baseline **7 hari**) = sistem saraf otonom masih dalam mode recovery.



BIOMARKER DARAH

Data Medis Absolut:
Untuk pelari > 2 X marathon/th atau usia > 45 th
Wajib cek Troponin (miokardium), CRP (inflamasi), Kreatinin (ginjal) dan profil Hormonal di minggu ke-2/3



- Skor Subjektif untuk : **kualitas tidur + energi + mood + motivasi** (setiap pagi)
- Rata-rata $<5/10$ selama 3 hari berturut = jangan naikan training load.

Wellness Score Harian



Tes Lapangan :

- Lari mudah 30 menit & single leg squat 10 reps (cek kontrol motorik)
- Gagal ? tambah recovery 1-2 minggu

Performa Fungsional



AUDIT RACE

Calendarmu hari ini !!

AUDIT RACE CALENDAR :

- lihat jadwal maraton kamu untuk 12 bulan ke depan. Hitung jarak antar race dalam minggu. Jika ada dua maraton dengan **jarak <16 minggu** — pertimbangkan serius untuk melepas salah satunya atau mengubah salah satu menjadi **'fun run'** bukan race all-out. Ini bukan kelemahan; ini kebijaksanaan

TENTUKAN A-RACE vs B-RACE :

- satu maraton per tahun mendapat status A-race (taper penuh, target waktu, persiapan maksimal). Maraton lain adalah B-race atau C-race: dilari lebih lambat 10–15% dari potensi, tanpa taper besar, lebih sebagai latihan panjang dalam race setting. Filosofi ini melindungi kesehatan sekaligus memungkinkan lebih banyak pengalaman

REKAM BASELINE FISIOLOGIS :

- RHR pagi hari selama 7 hari (rata-rata = baseline-mu), HRV jika punya perangkat, dan wellness score harian (1–10). Data ini adalah tolok ukur yang akan kamu butuhkan pasca-maraton untuk menilai apakah recovery sudah selesai atau belum — tanpa data ini, kamu hanya menebak

PERIKSA Kesehatan dan kondisi JANTUNG :

- jika kamu berlari ≥ 2 maraton/tahun selama ≥ 3 tahun, atau berusia > 45 tahun: konsultasi kondisi kesehatan dengan melakukan screening kardiovaskular rutin. EKG, echocardiogram, dan troponin pasca-race adalah investasi yang sepadan. Cardiac screening bukan tanda ketakutan — ini tanda kecerdasan.

BANGUN RECOVERY PLAN sedetail TRAINING PLAN :

- setelah maraton berikutnya, sudah harus ada rencana recovery yang tertulis: minggu 1–2 (apa saja yang boleh dan tidak boleh), minggu 3–4 (mulai apa), minggu 5–8 (target apa). Recovery yang tidak direncanakan = recovery yang diabaikan = siklus overuse yang berulang



Di Healthy Runners Project, kami percaya bahwa berlari maraton adalah salah satu **pencapaian manusia yang paling indah, dan karenanya harus dilindungi dengan perencanaan yang cerdas, bukan dihabiskan dalam ledakan antusiasme yang tidak terstruktur.**

Setiap keputusan yang **melindungi kesehatan kardiovaskular dan muskuloskeletal (sendi dan otot) kamu hari ini adalah investasi langsung dalam berapa banyak maraton yang bisa kamu nikmati seumur hidup.**

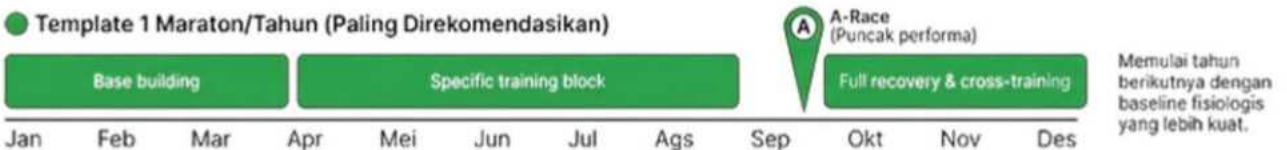
Healthy Runner Project Recommendation

5 Fase Protokol : Dari Garis Finish ke Marathon Berikutnya

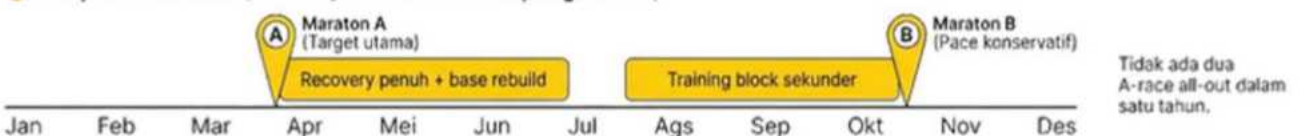


Menerapkan DATA ke kalender Tahunan

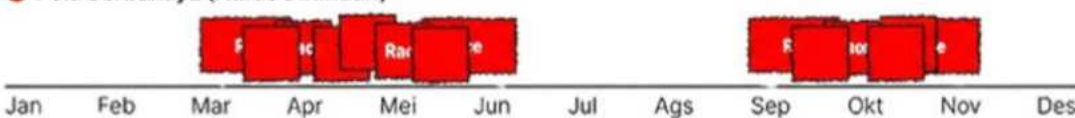
● **Template 1 Maraton/Tahun (Paling Direkomendasikan)**



● **Template 2 Maraton/Tahun (Khusus Pelari Berpengalaman)**



● **Pola Berbahaya (Harus Dihindari)**



- Jarak <12 minggu antar maraton.
- Dua maraton dalam 3 bulan berturut-turut.
- Mendaftar karena FOMO tanpa periodisasi recovery yang jelas.

DAFTAR REFERENSI ILMIAH



- Shave R, Baggish A, George K, Wood M, Scharhag J, Whyte G, Gaze D, Thompson PD. (2010). **Exercise-Induced Cardiac Troponin Elevation: Evidence, Mechanisms, and Implications.** *Journal of the American College of Cardiology*, 56(3), 169–176. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.03.037>
- La Gerche A, Burns AT, Mooney DJ, Inder WJ, Taylor AJ, Bogaert J, Macisaac AI, Heidbüchel H, Prior DL. (2012). **Exercise-Induced Right Ventricular Dysfunction and Structural Remodelling in Endurance Athletes.** *European Heart Journal*, 33(8), 998–1006. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehr397>
- Schnohr P, O’Keefe JH, Marott JL, Lange P, Jensen GB. (2015). **Dose of Jogging and Long-Term Mortality: The Copenhagen City Heart Study.** *Journal of the American College of Cardiology*, 65(5), 411–419. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2014.11.023>
- Abdulla J, Nielsen JR. (2009). **Is the Risk of Atrial Fibrillation Higher in Athletes Than in the General Population? A Systematic Review and Meta-Analysis.** *European Heart Journal*, 30(13), 1612–1618. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehp100>
- Baggish AL, Wang F, Weiner RB, Elinoff JM, Tournoux F, Boland A, Picard MH, Hutter AM Jr, Wood MJ. (2008). **Training-Specific Changes in Cardiac Structure and Function: A Prospective and Longitudinal Assessment of Competitive Athletes.** *Journal of Applied Physiology*, 104(4), 1121–1128. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01170.2007>
- Nieman DC, Johanssen LM, Lee JW, Arabatzis K. (1990). **Infectious Episodes in Runners Before and After the Los Angeles Marathon.** *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 30(3), 316–328.
- Taunton JE, Ryan MB, Clement DB, McKenzie DC, Lloyd-Smith DR, Zumbo BD. (2003). **A Prospective Study of Running Injuries: The Vancouver Sun Run ‘In Training’ Clinics.** *British Journal of Sports Medicine*, 37(3), 239–244. <https://doi.org/10.1136/bjsm.37.3.239>
- Maron BJ, Thompson PD, Ackerman MJ, Balady G, Berger S, Cohen D, et al. (2007). **Recommendations and Considerations Related to Preparticipation Screening for Cardiovascular Abnormalities in Competitive Athletes: 2007 Update.** *Circulation*, 115(12), 1643–1655. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.181423>
- Knechtle B, Nikolaidis PT. (2018). **Physiology and Pathophysiology in Ultra-Marathon Running.** *Frontiers in Physiology*, 9, 634. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00634>
- Williams PT. (1997). **Relationship of Distance Run per Week to Coronary Heart Disease Risk Factors in 8,283 Male Runners.** *Archives of Internal Medicine*, 157(2), 191–198. <https://doi.org/10.1001/archinte.1997.00440230069006>
- O’Riordan, C., Savage, E., Newell, M., Flaherty, G., & MSc, I. (2023). **Cardiovascular Disease Risk Factor Profile of Experienced Male Amateur Marathon Runners: A Systematic Review.** *Sports Health*, 15, 661 – 672. <https://doi.org/10.1177/19417381231176534>.
- Najafabadi, S., & Saray, H. (2025). **Analysis of Biomedical Data to Assess the Risk of Heart Rate Variability in Athletes Participating in Long-Term Excessive Endurance Exercise.**
- Waśkiewicz, Z., Bezuglov, E., Talibov, O., Gajda, R., Mukhambetov, Z., Azerbaev, D., & Bondarev, S. (2025). **Divergent Cardiac Adaptations in Endurance Sport: Atrial Fibrillation Markers in Marathon Versus Ultramarathon Athletes.** *Journal of Cardiovascular Development and Disease*, 12. <https://doi.org/10.3390/jcdd12070260>.
- Braschler, L., Nikolaidis, P., Thuany, M., Chlíbková, D., Rosemann, T., Weiss, K., Wilhelm, M., & Knechtle, B. (2025). **Physiology and Pathophysiology of Marathon Running: A narrative Review.** *Sports Medicine - Open*, 11. <https://doi.org/10.1186/s40798-025-00810-3>.

OA

OSTEO-
ARTHRITIS

Dokter bilang lutut
saya OA.
Kata orang saya
harus berhenti lari
selamanya.
Benarkah?

**DIAGNOSIS OA LUTUT
BUKANLAH
VONIS BERHENTI
BERLARI...**

Kebanyakan penderita OA tidak mendapat informasi yang benar, dan berakibat memperburuk kondisi mereka.

"Dokter bilang lutut saya OA. Kata orang, saya harus berhenti lari selamanya. Benarkah?"

Ini adalah salah satu miskonsepsi paling merusak dalam dunia kesehatan muskuloskeletal. Jutaan pelari di seluruh dunia menghentikan aktivitas mereka berdasarkan nasihat yang sudah dipatahkan oleh sains modern. Yang sebenarnya perlu dipertanyakan bukan 'boleh lari atau tidak' — tapi **'bagaimana cara berlari yang aman, evidence-based, dan terapeutik untuk kondisi OA saya?'**



Berhenti berlari karena OA : harga yang dibayar tubuh jauh lebih mahal dari yang kamu kira.

Kerugian Muskuloskeletal :

- Atrofi quadriceps: setiap 1 minggu immobilisasi → kehilangan ~3–5% massa dan kekuatan otot paha
- Quadriceps lemah adalah prediktor terkuat progresi OA — lebih kuat dari faktor radiologis (Slemenda et al., 1997 — Annals of Internal Medicine)
- Kehilangan proprioception lutut → koordinasi sendi memburuk → risiko jatuh dan cedera meningkat
- Joint stiffness meningkat akibat berkurangnya produksi cairan sinovial yang dirangsang oleh gerak

Kerugian Sistemik :

- Setiap 1 kg kenaikan berat badan = 3–5 kg beban tambahan pada lutut saat berjalan kaki biasa
- Inaktivitas meningkatkan inflamasi sistemik (IL-6, TNF- α) yang justru memperparah kondisi sinovial OA
- Risiko komorbiditas: DM tipe 2, hipertensi, dislipidemia meningkat → memperburuk prognosis OA
- Depresi dan penurunan kualitas hidup — dilaporkan pada 30–40% pasien OA yang berhenti aktivitas fisik

Tubuh manusia — termasuk tulang rawan lutut — dirancang untuk bergerak. Immobilisasi justru mempercepat degenerasi. Yang membunuh sendi bukan lari — tapi cara berlari yang salah dan inaktivitas.

HEALTHY RUNNER PROJECT

MITOS #1:

'Lari merusak lutut'

FAKTA :

Penelitian menunjukkan bahwa lari pada intensitas rekreasi justru bersifat chondroprotektif (melindungi tulang rawan) melalui mekanisme stimulasi produksi cairan sinovial dan nutrisi kondrosit (Roos & Dahlberg, 2005 – Arthritis & Rheumatism)

MITOS #2:

'OA = sendi habis, tidak bisa diperbaiki'

FAKTA :

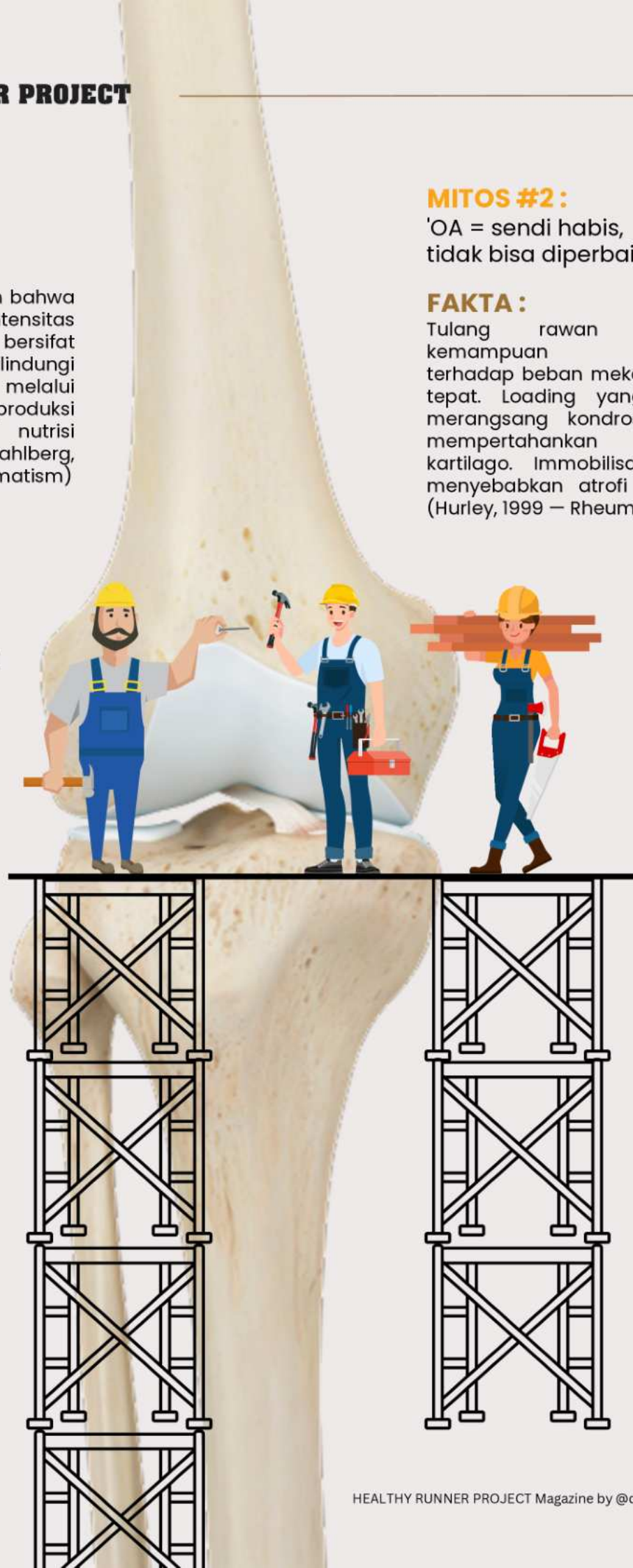
Tulang rawan memiliki kemampuan adaptasi terhadap beban mekanik yang tepat. Loading yang sesuai merangsang kondrosit untuk mempertahankan matriks kartilago. Immobilisasi justru menyebabkan atrofi kartilago (Hurley, 1999 – Rheumatology)

MITOS #3:

Nyeri = kerusakan, harus berhenti total

FAKTA :

Nyeri pada OA bersifat multifaktorial, sensitivitas sentral, peradangan sinovial, dan kelemahan otot berkontribusi lebih besar dari kerusakan struktural semata. Exercise adalah analgesik yang lebih efektif dari banyak obat OA (Fransen et al., 2015 – Cochrane)



OA bukan alasan berhenti lari.

OA adalah alasan untuk berlari dengan lebih cerdas



40%

Melalui program exercise terstruktur — 40% nyeri OA turun, setara efektivitas NSAID tanpa risiko efek samping gastrointestinal dan kardiovaskular (*Fransen et al., 2015 — Cochrane Database of Systematic Reviews*)

28%

Peningkatan kemampuan fungsional lutut OA setelah 8–12 minggu program latihan aerobik dan penguatan — **28%** signifikan secara klinis (*Juhl et al., 2014 — Arthritis & Rheumatology*)

Pergeseran paradigma : Exercise — termasuk lari yang diprogramkan dengan benar — adalah salah satu intervensi terapeutik paling kuat untuk OA lutut. OARSI, ACR, dan EULAR secara konsensus merekomendasikan exercise sebagai terapi lini pertama OA, di atas farmakologis.

Mengapa Exercise (termasuk Lari Terprogram) adalah Terapi OA Terbaik :

Mekanisme	Proses Fisiologis	Implikasi Klinis untuk OA
Chondroproteksi	Beban siklus ritmis merangsang produksi proteoglikan & kolagen tipe II oleh kondrosit	Mempertahankan & memperbaiki matriks kartilago
Nutrisi Kartilago	Gerak sendi memompa cairan sinovial ke dalam kartilago avaskular	Kartilago mendapat oksigen & nutrisi dari siklus kompresi-dekompresi
Penguatan Otot	Quadriiceps, hamstring, glutes kuat = shock absorber lutut	Mengurangi beban dampak pada permukaan artikular hingga 60%
Efek Analgesik	Endorfin, endocannabinoid, down-regulasi sensitisasi sentral	Penurunan nyeri kronik yang lebih berkelanjutan dibanding NSAID
Anti-inflamasi	Myokine (IL-6, IL-10) dari otot aktif menghambat sitokin pro-inflamasi sinovial	Menekan lingkungan inflamasi kronik dalam sendi OA
Kontrol Berat Badan	Setiap 1 kg turun = 3–5 kg pengurangan beban siklus lutut	Manfaat berantai: semakin ringan, semakin mudah bergerak, semakin sedikit nyeri

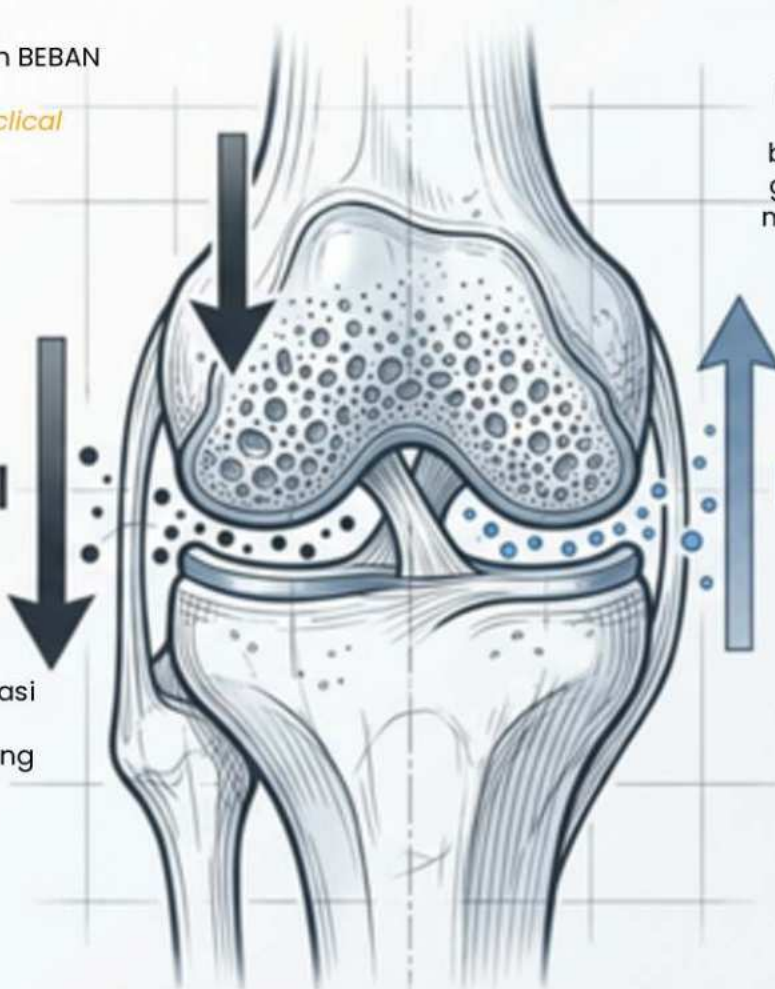
Faktor **FISIOLOGIS** Mengapa Lari Bagus Untuk Tulang Rawan

Tulang Rawan membutuhkan BEBAN SIKLUS RITMIS (*Rhythmic Cyclical Loading*)

Tulang rawan tidak memiliki pembuluh darah, sehingga murni bergantung pada gerak sendi untuk memompa cairan synovial

KOMPRESI

Kompresi membuang racun dan limbah inflamasi dari matrik kartilago (tulang rawan)



DEKOMPRESI

Dekompresi menarik nutrisi dan oksigen segar diserap kedalam tulang rawan.

THE SYNOVIAL PUMP

FASE KOMPRESI

Kaki Menginjak Tanah



Limbah metabolik terperas keluar dari sendi.

FASE DEKOMPRESI

Kaki Terangkat



Oksigen dan nutrisi terserap masuk seperti spons.

Healthy Runner Project Protocol

FRAMEWORK TERAPEUTIK BERLARI DENGAN OA LUTUT



FASE 1 — FONDASI (Minggu 1-4)

Bangun Kekuatan Otot Sebagai Perisasi Sendi Sebelum Mulai Berlari

- Penguatan Quadriceps & Gluteus (3x/minggu)
- Contoh gerakan :
 - Straight leg raise,
 - Terminal knee extension,
 - Mini-squat 0-60°,
 - Wall sit,
 - Clamshell,
 - Hip abduction.
- **Target** : kekuatan otot quadriceps meningkat sebelum mulai jogging.
- Ini adalah prasyarat non-negotiable — Otot Quadriceps yang lemah = kontraindikasi lari.
- Pada saat fase ini pilihan latihan aerobik adalah Beban rendah (low impact) seperti sepeda statis atau berenang.
- Melakukan Latihan Mobilitas harian untuk memulihkan proprioceptif lutut dan kekakuan sendi lutut yang terganggu akibat OA.



FASE 2 — TRANSISI "RUN-WALK"

dan MANAJEMEN NYERI

Run-Walk Interval (3x/minggu)

- Minggu 5-6: Jalan 4 menit : Lari 1 menit x 5 set (25 menit). Minggu 7-8: Jalan 3 menit : Lari 2 menit x 5 set (25 menit). Intensitas: percakapan masih nyaman (talk test). Permukaan: rumput atau tartan, HINDARI aspal atau beton.

Monitoring Nyeri: Pain Monitoring Model

- Gunakan skala VAS (0-10).
- Nyeri 0-2 saat lari : LANJUTKAN.
- Nyeri 3-5: KURANGI intensitas/durasi 50%.
- Nyeri >5 atau menetap >24 jam pasca lari : STOP dan konsultasi.

Nyeri ringan sementara adalah normal — nyeri tajam atau bengkak adalah sinyal berhenti.

Lakukan di permukaan Rumput atau Tartan. Hindari dulu ASPAL dan BETON.



WORK IN PROGRESS

FASE 2 — PROGRESSION : PENINGKATAN BERTAHAP

Prinsip 10% Rule

- Tingkatkan total jarak/durasi maksimal 10% per minggu.
- Jangan tingkatkan jarak DAN intensitas sekaligus.
- Setiap 4 minggu : 1 minggu recovery (turunkan volume 30%).
- Tubuh butuh waktu adaptasi — tulang rawan lebih lambat beradaptasi dari otot.

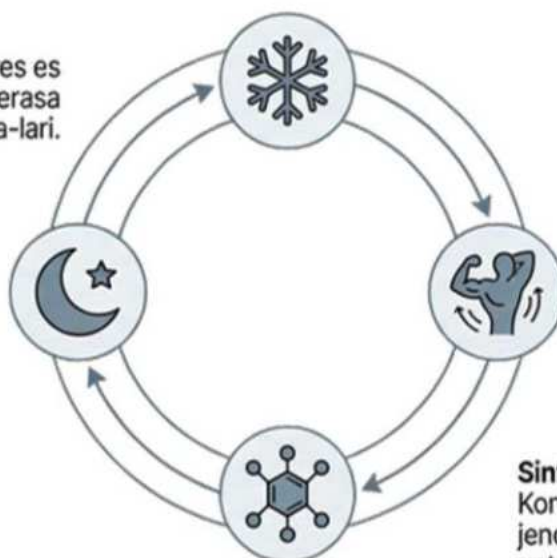
Optimasi Teknik Lari untuk OA

- Kadence tinggi (170-180 langkah/menit): mengurangi impak per langkah hingga 30%.
- Hindari "Overstriding" Landing di bawah pusat gravitasi : mengurangi beban lutut.
- Postur tegak : kurangi forward lean berlebih.
- Sepatu dengan cushioning adekuat.

Healthy Runner Project Protocol

Modulasi Inflamasi. Kompres es 10–15 menit pada lutut jika terasa hangat atau bengkak pasca-lari.

Pertumbuhan Kondrosit. Tidur 7–8 jam. Pelepasan hormon pertumbuhan (*growth hormone*) paling aktif terjadi saat fase fase tidur dalam.



Fleksibilitas. Stretching quadriceps, hamstring, hamstring, dan calf selama 10 menit untuk mencegah kekakuan sendi.

Sintesis Protein. Konsumsi 20–25g protein dalam jendela 30 menit pasca-latihan untuk perbaikan jaringan.

PROTOKOL PASCA LARI (Setiap Sesi)

- ✓ Ice 10–15 menit pada lutut jika terasa hangat/bengkak pasca lari
- ✓ Stretching quadriceps, hamstring, dan calf 10 menit
- ✓ Protein 20–25g dalam 30 menit pasca latihan untuk muscle protein synthesis
- ✓ Catat nyeri VAS, durasi, dan permukaan lari di training log
- ✓ Tidur cukup 7–8 jam: pertumbuhan kondrosit paling aktif saat tidur (*growth hormone release*)



CRITICAL WARNING :

Konsultasikan kondisi dengan Sports Medicine Specialist atau Orthopedic Specialist sebelum memulai program ini, terutama jika: OA grade III-IV (Kellgren-Lawrence), efusi sinovial aktif, deformitas varus/valgus signifikan, atau riwayat operasi lutut dalam 6 bulan terakhir.

BUKAN TEORI, BUKAN PENDAPAT AHLI INI KONSENSUS GLOBAL

Latihan Fisik termasuk Lari di dalamnya sebagai terapi atau tatalaksanaan lini pertama Osteoarthritis.



ACR 2020 Strongly Recommended :
Latihan aerobik dan latihan kekuatan otot di atas intervensi Farmakologi (obat-obatan)



Konsensus 2019 : Exercise adalah **Core Treatment**, Rekomendasi kuat **Level Evidence 1** untuk Exercise Therapy

Intervensi Terapeutik Utama : **Inaktivitas** adalah **faktor risiko** Osteoarthritis yang dapat dimodifikasi.



World Health Organization

Dasar Manajemen : Aktivitas fisik adalah fondasi sebelum pertimbangan obat-obatan.



eular | EUROPEAN ALLIANCE OF ASSOCIATIONS FOR RHEUMATOLOGY

DAFTAR REFERENSI ILMIAH



Lo GH et al. (2018)

"Is There an Association Between a History of Running and Symptomatic Knee Osteoarthritis?"

Arthritis Care & Research, 70(2), 183–190

Temuan :

- Analisis 2,637 subjek: pelari rekreasi memiliki prevalensi OA lutut LEBIH RENDAH (3.5%) dibanding non-runners (10.2%) dan atlet kompetitif (13.3%). Lari rekreasi bersifat protektif, bukan destruktif, terhadap sendi lutut.

Lo GH, Musa SM, Driban JB, Kriska AM, McAlindon TE, Souza RB, et al. (2018). Running is not Associated with Symptomatic Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Arthritis Care & Research, 70(2), 183–190.* <https://doi.org/10.1002/acr.23266>

Alentorn-Geli E et al. (2017)

"The Association of Recreational and Competitive Running with Hip and Knee Osteoarthritis"

Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 47(6), 373–390

Temuan :

- Meta-analisis 17 studi (114,829 subjek): pelari rekreasi memiliki risiko OA 3.5%, sedentary 10.2%, competitive runners 13.3%. Lari dengan volume moderat adalah strategi perlindungan sendi lutut jangka panjang.

Alentorn-Geli E, Samuelsson K, Musahl V, Green CL, Bhandari M, Karlsson J. (2017). The Association of Recreational and Competitive Running with Hip and Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 47(6), 373–390.* <https://doi.org/10.2519/jospt.2017.7137>

Fransen M et al. (2015)

"Exercise for Osteoarthritis of the Knee: A Cochrane Systematic Review"
Cochrane Database of Systematic Reviews, Issue 1, CD004376

Temuan :

- Systematic review 54 RCT (3,913 peserta): program exercise menurunkan nyeri OA lutut rata-rata 40% (effect size 0.49) dan meningkatkan fungsi fisik 40% — kualitas bukti tinggi. Exercise adalah intervensi lini pertama yang paling evidence-based untuk OA lutut.

Fransen M, McConnell S, Harmer AR, Van der Esch M, Simic M, Bennell KL. (2015). Exercise for Osteoarthritis of the Knee: A Cochrane Systematic Review. *British Journal of Sports Medicine, 49(24), 1554–1557.* <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095424>

Juhl C et al. (2014)

"Impact of Exercise Type and Dose on Pain and Disability in Knee Osteoarthritis"
Arthritis & Rheumatology, 66(3), 622–636

Temuan :

- Meta-analisis: aerobic exercise dan strengthening secara independen memberikan efek analgesik signifikan pada OA lutut. Program 8–12 minggu menghasilkan peningkatan fungsi fisik 28% dan penurunan nyeri 35% secara rata-rata.

Juhl C, Christensen R, Roos EM, Zhang W, Lund H. (2014). Impact of Exercise Type and Dose on Pain and Disability in Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-Regression Analysis of Randomized Controlled Trials. *Arthritis & Rheumatology*, 66(3), 622–636. <https://doi.org/10.1002/art.38290>

Kolasinski SL et al. (2020)

"ACR/AF 2019 Guideline for the Management of Osteoarthritis of the Hand, Hip, and Knee"
Arthritis Care & Research, 72(2), 149–162

Temuan :

- Panduan terbaru ACR: aerobic exercise dan resistance training mendapat rekomendasi **STRONGLY RECOMMENDED** untuk OA lutut – di atas semua intervensi farmakologis (kecuali kondisi khusus). NSAIDs topikal dan oral hanya direkomendasikan sebagai adjuvan, bukan lini pertama.

Kolasinski SL, Neogi T, Hochberg MC, Oatis C, Guyatt G, Block J, et al. (2020). 2019 American College of Rheumatology/Arthritis Foundation Guideline for the Management of Osteoarthritis of the Hand, Hip, and Knee. *Arthritis Care & Research*, 72(2), 149–162. <https://doi.org/10.1002/acr.24131>

Skou ST & Roos EM. (2017)

"Good Life with Osteoarthritis in Denmark (GLA:D)"
British Journal of Sports Medicine, 51(20), 1472–1479

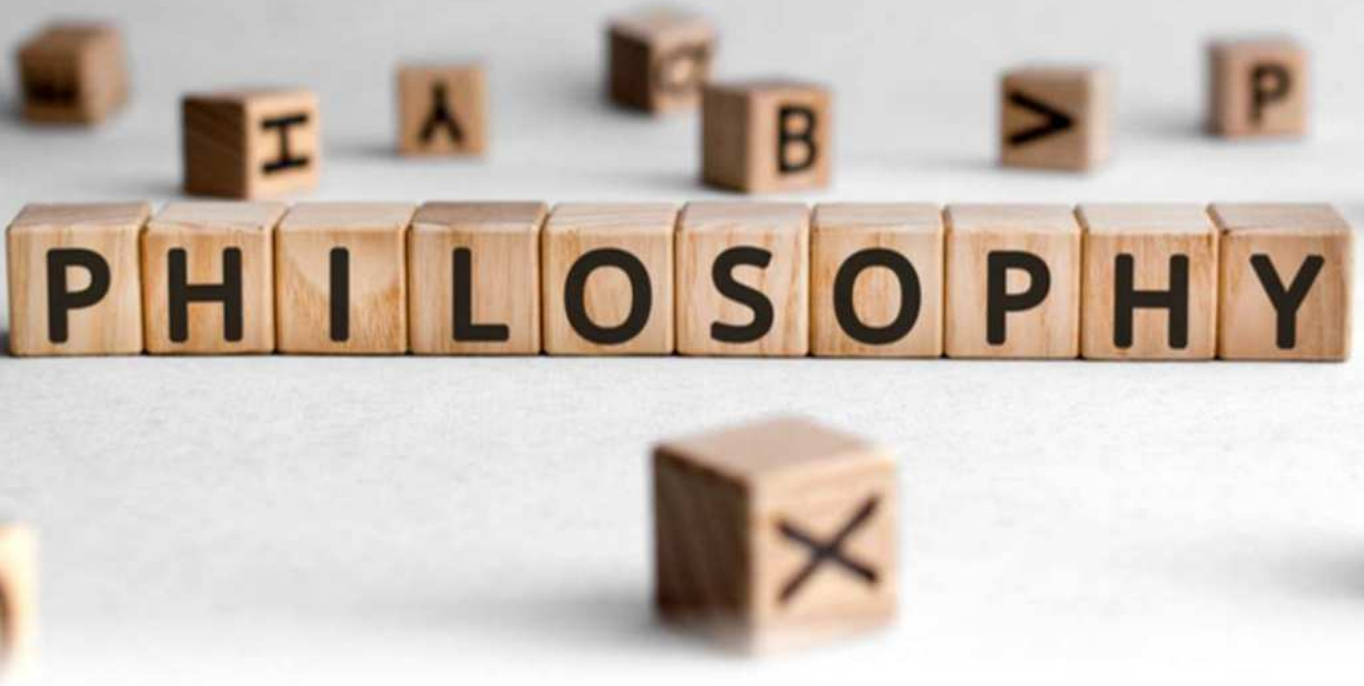
Temuan :

- Program nasional Denmark: 9,000+ pasien OA menjalani program edukasi + exercise. Hasil: nyeri turun 32%, penggunaan obat-obatan turun 25%, kepercayaan diri aktivitas fisik naik 26%. Program diadopsi oleh 12 negara termasuk Australia, Kanada, dan Brazil.

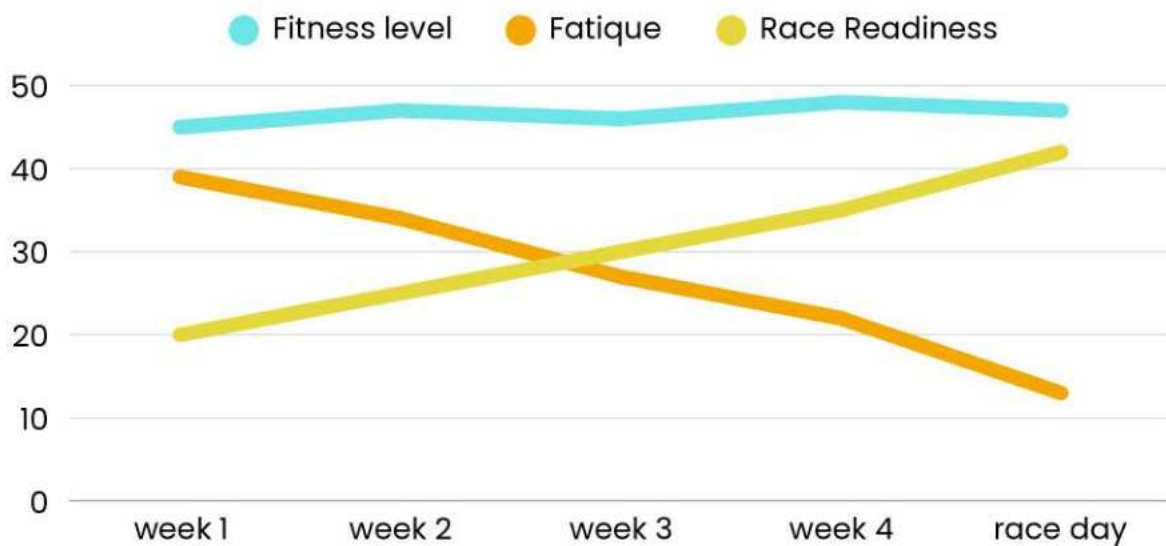
Skou ST, Roos EM. (2017). Good Life with Osteoarthritis in Denmark (GLA:D™): Evidence-Based Education and Supervised Neuromuscular Exercise Delivered by Certified Physiotherapists Nationwide. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 18(1), 72. <https://doi.org/10.1186/s12891-017-1439-y>

Apa yang sebenarnya akan hilang jika kamu mengabaikan tapering?

SAINS & SENI TAPERING



TAPER PHILOSOPHY



**“Menghilangkan kelelahan yang terakumulasi
TANPA kehilangan kebugaran.”**

TAPERING HARUS SEMPURNA

Tidak Boleh Ada Kesalahan Sedikit Pun !!!!

The Supercompensation Effect :

- Istirahat memungkinkan tubuh Anda memperbaiki (allows your body to repair) membangun kembali (rebuild), dan menjadi lebih kuat (stronger).
- *Sports Science* menyebutnya **supercompensation** – periode di mana tubuh tidak hanya kembali ke baseline, tapi melampaui kapasitas sebelumnya sebagai respons terhadap stres latihan. Tapering yang tepat menempatkan kamu persis di puncak supercompensation ini pada hari lomba.

Kalau saya mengurangi latihan, bukankah saya akan kehilangan semua yang sudah saya bangun?

Trust the Process :

Anda tidak kehilangan kebugaran; Anda menyimpannya.

You are not losing fitness; you are banking it.

Di sinilah sebagian besar pelari melakukan kesalahan fatal.

Mereka sudah berbulan-bulan berlatih keras. Mereka sudah mengorbankan waktu bersama keluarga, bangun pagi di hari libur, dan berlari dalam hujan. Lalu ketika tiba waktunya untuk taper, mereka melanjutkan latihan keras – atau bahkan meningkatkannya – karena takut **"kehilangan kebugaran."**

Ketakutan ini memiliki nama ilmiah : **taper anxiety** atau **taper madness**. Studi oleh Hooper et al. (1997) menemukan bahwa hingga 60% pelari kompetitif mengalami gejala psikologis negatif selama fase tapering, termasuk kegelisahan, mudah tersinggung, dan kelelahan yang paradoks.¹

Namun justru di sinilah ironinya: dengan tetap berlari keras menjelang hari H, kamu tidak memberikan kesempatan bagi tubuhmu untuk menyerap semua adaptasi yang sudah kamu bangun. Kamu tiba di garis start dalam kondisi lelah – bukan segar.

Apa yang sebenarnya hilang jika kamu mengabaikan tapering?

- **Glycogen otot tidak terisi penuh.** Studi Mujika & Padilla (2003) menunjukkan bahwa tapering selama 1–3 minggu meningkatkan kadar glikogen otot secara signifikan – bahan bakar utama untuk lari jarak menengah dan jauh.
- **Kerusakan mikro otot tidak sempat diperbaiki.** Latihan intensif menciptakan robekan mikro pada serat otot. Tanpa waktu pemulihan, kamu berlomba dengan otot yang masih dalam proses perbaikan.
- **Sistem saraf pusat (SSP) tetap dalam kondisi tertekan.** Penelitian Bosquet et al. (2007) mengonfirmasi bahwa kelelahan SSP – bukan kelelahan otot semata – adalah penyebab utama penurunan performa saat overtraining.
- **Volume darah dan hemoglobin tidak mencapai puncaknya.** Tapering memungkinkan peningkatan volume plasma darah dan konsentrasi hemoglobin, yang langsung meningkatkan kapasitas pengangkutan oksigen ke otot.
- **Imunitas tubuh turun.** Pelatihan intensif menekan sistem imun. Tanpa tapering, risiko infeksi saluran pernapasan menjelang lomba meningkat drastis – ini yang sering disebut 'the open window of infection'.



PHILOSOPHY OF TAPERING



Program Latihan = Menabung Uang

- Selama berminggu-minggu menjalani program latihan maraton, setiap sesi lari adalah setoran ke rekening tabungan tubuhmu.
- Setiap kilometer yang kamu tempuh, setiap sesi tempo run, setiap long run di akhir pekan – semua itu bukan sekadar keringat. Itu adalah modal yang kamu depositkan ke dalam otot, paru-paru, dan mentalmu.
- **Kamu tidak akan melihat hasilnya hari ini. Tapi ia menumpuk, diam-diam, seperti bunga majemuk.**

Tapering = Berhenti Menyetor, Biarkan Bunga Berlipat

- Inilah kesalahan terbesar yang sering dilakukan pelari pemula – mereka panik saat tapering. Mereka merasa malas. Merasa lamban. Merasa "kehilangan" kebugaran.
- Padahal yang sebenarnya terjadi adalah sebaliknya : **"Kamu tidak sedang mundur. Kamu sedang membiarkan investasimu berbunga."**
- Tubuh tidak bertumbuh saat kamu berlari. Tubuh bertumbuh saat kamu beristirahat. Tapering adalah momen di mana semua kerja keras minggu-minggu sebelumnya akhirnya diserap, dikonsolidasi, dan disempurnakan oleh tubuhmu.
- **Glikogen otot terisi penuh. Microtrauma pada serat otot sembuh total. Sistem saraf kembali segar dan siap menyala.**

Race Day = Hari Penarikan Besar

- Kamu telah menabung selama 16, 18, bahkan 20 minggu.
- Rekening itu sekarang penuh.
- Race day bukan tentang menambah sesuatu yang baru – ini tentang menarik semua yang sudah kamu simpan. Setiap kilometer di hari lomba adalah penarikan dari investasi yang sudah kamu bangun jauh sebelum garis start.

**DATANGLAH KE GARIS
START DENGAN REKENING
PENUH — BUKAN DENGAN
TUBUH YANG KELELAHAN !!**





TAPERING BUKAN ISTIRAHAT TAPERING ADALAH BAGIAN **AKTIF** DAN **TERPENTING** DARI **LATIHANMU**

Ini adalah perubahan paradigma yang perlu terjadi dalam pikiranmu :
Selama ini kamu berpikir bahwa **progres terjadi saat kamu berlari**. Itu tidak salah — tapi tidak lengkap.

Adaptasi fisiologis yang membuat kamu lebih cepat tidak terjadi saat kamu berlari. Ia terjadi saat kamu **beristirahat setelah berlari**.

Latihan adalah stimulus.

Pemulihan adalah respons.

Performa adalah hasil dari keduanya.

Pergeseran mental yang diperlukan:

Dari: "Berlari lebih sedikit = kehilangan kebugaran" → **Menjadi:** "Berlari lebih sedikit = mengumpulkan performa"

Dari: "Taper adalah kelemahan" → **Menjadi:** "Taper adalah strategi juara"

Dari: "Saya harus terus bergerak" → **Menjadi:** "Diam dengan sengaja adalah aksi paling powerful"



"KAMU TIDAK MENDAPATKAN KEBUGARAN DARI LATIHAN. KAMU MENDAPATKANNYA DARI PEMULIHAN SETELAH LATIHAN. TAPERING ADALAH PEMULIHAN TERAKHIR DAN TERBESAR DALAM SIKLUS LATIHANMU."

DAFTAR REFERENSI :

- Hooper SL, Mackinnon LT, Howard A, Gordon RD, Bachmann AW. **Markers for monitoring overtraining and recovery.** Med Sci Sports Exerc. 1995;27(1):106–112.
- Bosquet L, Montpetit J, Arvisais D, Mujika I. **Effects of tapering on performance: a meta-analysis.** Med Sci Sports Exerc. 2007;39(8):1358–1365. doi:10.1249/mss.0b013e31806010e0
- Mujika I, Padilla S. **Scientific bases for precompetition tapering strategies.** Med Sci Sports Exerc. 2003;35(7):1182–1187. doi:10.1249/01.MSS.0000074448.73931.11
- Halson SL, Jeukendrup AE. **Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research.** Sports Med. 2004;34(14):967–981.
- Mujika I, Goya A, Ruiz E, Grijalba A, Santisteban J, Padilla S. **Physiological and performance responses to a 6-day taper in middle-distance runners: influence of training frequency.** Int J Sports Med. 2002;23(5):367–373.
- Nieman DC. **Is infection risk linked to exercise workload?** Med Sci Sports Exerc. 2000;32(7 Suppl):S406–S411.
- Mujika I. **Intense training: the key to optimal performance before and during the taper.** Scand J Med Sci Sports. 2010;20 Suppl 2:24–31. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01189.x
- Burke LM, Hawley JA, Wong SH, Jeukendrup AE. **Carbohydrates for training and competition.** J Sports Sci. 2011;29 Suppl 1:S17–S27. doi:10.1080/02640414.2011.585473
- Trappe S, Costill D, Thomas R. **Effect of swim taper on whole muscle and single muscle fiber contractile properties.** Med Sci Sports Exerc. 2001;33(1):48–56.
- Shepley B, MacDougall JD, Cipriano N, Sutton JR, Tarnopolsky MA, Coates G. **Physiological effects of tapering in highly trained athletes.** J Appl Physiol (1985). 1992;72(2):706–711."

A composite image of a runner in a blue tank top and shorts, running forward. The runner's body is overlaid with various scientific and anatomical diagrams. On the left, there are icons for a brain, a liver, and a chemical structure of a sugar molecule. On the right, there are icons for a cell, a DNA double helix, and a heart rate monitor. The background is a dramatic, fiery explosion with orange and blue flames. The overall theme is the biological and physiological processes of a marathon runner.

**INI YANG BENAR-BENAR
TERJADI DI DALAM
TUBUHMU SAAT BERLARI
MARATHON**

SPORTS SCIENCE > FISILOGI & PATOFISILOGI

Sebuah narrative review komprehensif yang menganalisis 329 studi ilmiah telah menjawab pertanyaan yang paling sering diabaikan dalam dunia lari jarak jauh :

Apa yang sesungguhnya terjadi pada setiap organ tubuhmu dari jantung hingga otak, dari ginjal hingga usus ketika kamu menempuh 42,195 km?



Braschler L, Nikolaidis PT, Thuany M, Chlíbková D, Rosemann T, Weiss K, Wilhelm M, Knechtle B. **Physiology and Pathophysiology of Marathon Running: A Narrative Review.** Sports Medicine - Open. 2025;11:10.

Sebagian Besar Pelari Hanya Tahu Setengah Cerita :

Ada dua narasi yang hidup berdampingan di dunia lari maraton, dan keduanya sama-sama parsial.

Narasi pertama :

"Maraton itu sehat! Baik untuk jantung, otak, tulang, dan jiwa." Ini benar. Tapi tidak lengkap.

Narasi kedua :

"Maraton itu merusak tubuh! Jantungmu bisa rusak, ginjalmu bisa gagal, lututmu akan hancur." Ini juga tidak sepenuhnya salah. Tapi sangat berlebihan.

“

Narasi.1

**MARATHON ITU SEHAT!
BAIK UNTUK JANTUNG,
OTAK, TULANG, DAN JIWA.**



Narasi.2

**MARATHON ITU MERUSAK
TUBUH! JANTUNG MU BISA
RUSAK, GINJAL MU BISA GAGAL,
LUTUT MU AKAN HANCUR**

”

“

"Maraton training umumnya aman dan memberi manfaat luar biasa bagi kesehatan. Namun maraton race sendiri memicu respons stres akut yang dramatis pada hampir semua sistem organ tubuh – sebagian besar bersifat sementara dan normal, sebagian kecil bisa berbahaya jika tidak diantisipasi."

”

Dan inilah yang membuat perbedaan antara pelari yang berkembang dan pelari yang terus terluka, sakit, atau bahkan mengalami komplikasi serius : **pemahaman yang utuh tentang apa yang terjadi di dalam tubuh mereka.**

FAKTA MENGEJUTKAN :

Sebanyak **40–82% pelari maraton** memenuhi kriteria **Acute Kidney Injury (AKI)** setelah berlomba – bukan karena mereka sakit ginjal, tapi karena respons fisiologis normal tubuh terhadap olahraga ekstrem.

Hampir semua kasus ini pulih dalam 24–72 jam.

Tapi tahukah kamu bahwa NSAID (ibuprofen) yang banyak diminum pelari saat lomba dapat memperparah kondisi ini secara signifikan?!



HARGA DARI KETIDAKTAHUAN



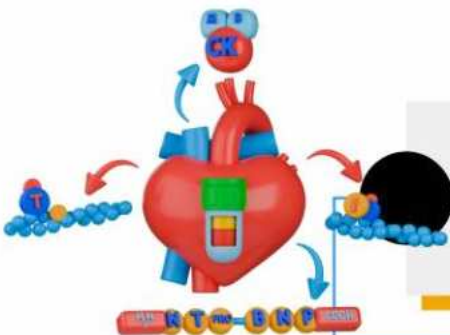
Mereka minum NSAID untuk nyeri sendi saat lomba → memperparah AKI - Acute Kidney Injury dan meningkatkan risiko perdarahan GI yang lebih parah.

Mereka langsung terbang naik pesawat setelah lomba → kondisi hiperkoagulabilitas pasca-maraton bertemu dengan risiko trombosis akibat perjalanan udara → DVT/emboli paru



Mereka langsung kembali berlari keras 48 jam setelah maraton → jendela imun terbuka ('open window') belum tertutup → infeksi saluran pernapasan atas.

Mereka mengabaikan nyeri tendon yang dicurigai → studi ultrasound menunjukkan bahwa abnormalitas tendon Achilles dan patellar meningkatkan risiko nyeri 3x lipat dalam 12 bulan ke depan.



Mereka tidak tahu bahwa peningkatan troponin jantung setelah maraton adalah normal dan sementara — bukan tanda serangan jantung — sehingga panik atau malah menyepelkannya.

SISTEM KARDIOVASKULER

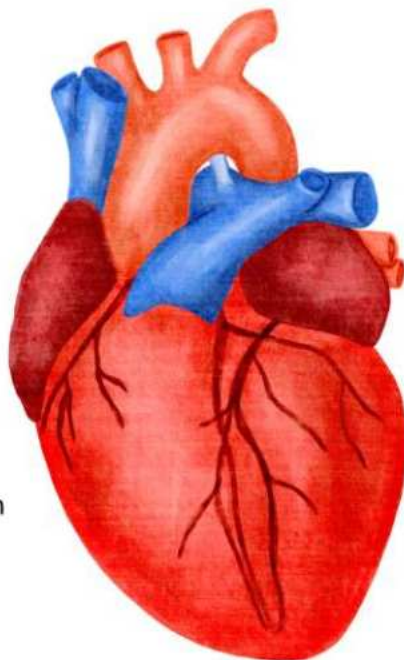
Latihan maraton membentuk 'jantung atlet' (*athlete's heart*) – pembesaran ventrikel yang seimbang, peningkatan stroke volume, dan penurunan denyut nadi istirahat.

Pelari maraton memiliki kadar **LDL kolesterol 18% lebih rendah** dan **HDL 42% lebih tinggi** dibanding kontrol usia-setara.

Namun di sisi lain, **high-sensitive troponin T melonjak** rata-rata 10,8 kali lipat segera setelah lomba, dan **kembali normal dalam 72 jam**.

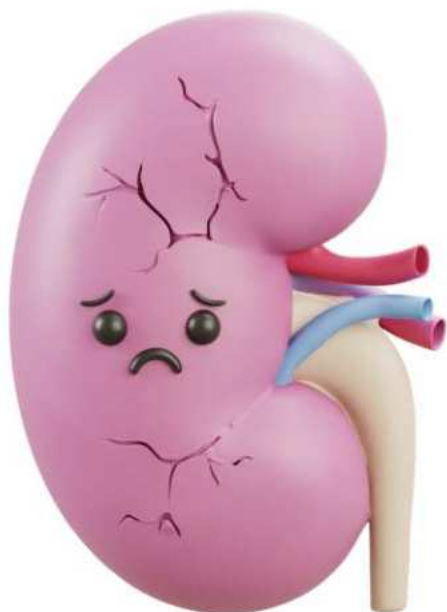
Insiden fibrilasi atrium 8,8 kali lebih tinggi pada pelari maraton pria dibanding kelompok sedentari.

Hingga **48% veteran endurance athlete menunjukkan fibrosis miokard non-iskemik** pada MRI kardiak.



Perubahan troponin pasca-maraton hampir pasti bukan tanda kerusakan permanen – kemungkinan besar mencerminkan metabolisme miosit yang berubah, bukan nekrosis. Tapi jika kamu punya riwayat jantung atau gejala nyeri dada, konsultasikan ke dokter sebelum lari secara berkala.

GINJAL CEDERA YANG TIDAK DIRASAKAN



Ini mungkin temuan paling mengejutkan: 40–82% pelari maraton memenuhi kriteria AKI berdasarkan peningkatan kreatinin serum. Sebagian besar pulih dalam 24 jam.

Mekanisme utamanya adalah pengurangan aliran darah ginjal hingga 25% saat olahraga intensif, dehidrasi, dan pelepasan mioglobin dari otot yang rusak.¹

Kabar baiknya: latihan maraton yang moderat terbukti memperlambat progresivitas penyakit ginjal kronis. Pasien CKD yang berolahraga >150 menit/minggu mengalami penurunan GFR 35% lebih lambat dibanding kelompok sedentari.¹

HINDARI INI SAAT LOMBA : NSAID seperti ibuprofen meningkatkan kreatinin serum rata-rata 9,1% lebih tinggi pada pelari yang mengonsumsinya selama lomba dibanding yang tidak. NSAIDs mengurangi aliran darah ginjal melalui penghambatan prostaglandin ini kombinasi berbahaya dengan dehidrasi lomba.

SISTEM IMUNITAS

Sistem Imun: 'Jendela Terbuka' yang Wajib Kamu Tutup

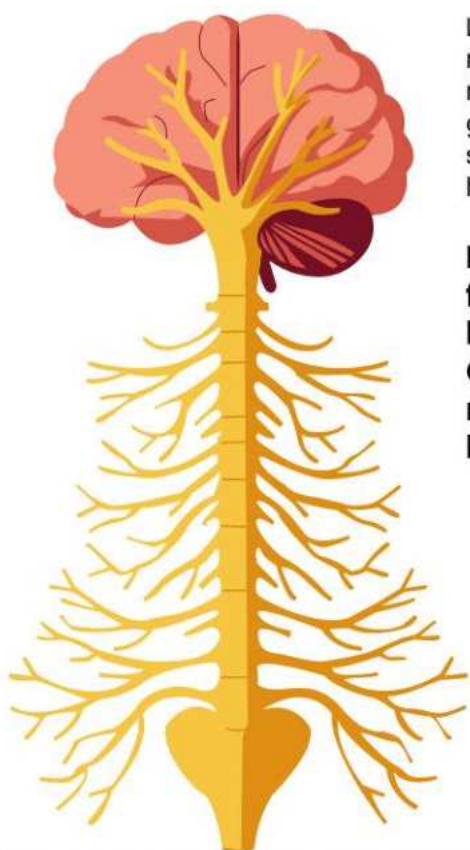
Pasca-maraton, terdapat jendela 3-72 jam di mana sistem imun mengalami penurunan drastis. Aktivitas sitotoksik natural killer (NK) cell turun 62%, limfosit menurun, dan IgA saliva garis pertahanan pertama melawan patogen saluran napas turun 1,6 kali lipat.¹

Akibatnya, 12,9% pelari yang menyelesaikan maraton melaporkan ISPA dalam minggu pertama, dibanding hanya 2,2% pada kelompok kontrol yang tidak berlomba. Risiko URTI meningkat 5,9 kali lipat.¹

Namun di sisi positif, latihan moderat reguler (seperti marathon training) justru menurunkan baseline CRP, meningkatkan aktivitas NK cell, dan mengurangi insiden ISPA secara keseluruhan sesuai kurva J yang dikenal dalam imunologi olahraga.

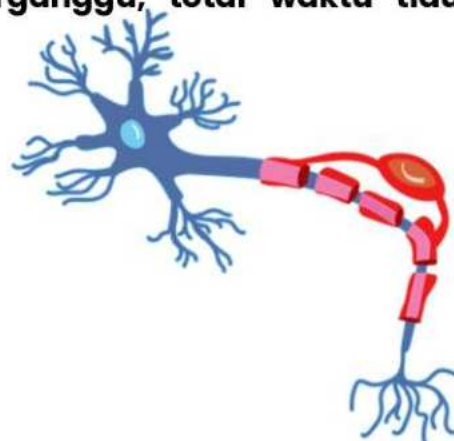


SISTEM SARAF PUSAT



Latihan maraton reguler terbukti bersifat neuroprotektif: memperbaiki fungsi kognitif, memperlambat onset demensia, meningkatkan volume materi abu-abu otak, dan mengurangi gejala depresi secara signifikan. Pelari maraton menunjukkan lebih sedikit gejala depresi, tingkat afek positif lebih tinggi, dan kualitas hidup lebih baik dibanding kontrol sedentari.¹

Pasca-lomba, BDNF (brain-derived neurotrophic factor) meningkat sesaat, kemudian turun di bawah baseline 72 jam kemudian sebelum kembali normal. Gangguan tidur juga umum terjadi segera setelah maraton, REM sleep terganggu, total waktu tidur berkurang.¹



10 SISTEM ORGAN : MANFAAT & RISIKO DALAM SATU TABEL

Sistem Organ	Manfaat Utama	Risiko Akut
Kardiovaskular	Profil lipid lebih baik, tekanan darah turun, jantung atlet	Peningkatan troponin, fibrilasi atrium, disfungsi RV
Ginjal	Memperlambat penurunan GFR pada pasien CKD	AKI (40–82%), cedera tubular, ketidakseimbangan elektrolit
Paru-Paru	Kapasitas paru meningkat, penuaan paru terlambat	FVC turun sementara, kelelahan otot pernapasan, asma
GI / Pencernaan	Motilitas usus meningkat, risiko kanker kolorektal turun	GI distress (20–57%), perdarahan mikro feses
Hati / Liver	Menurunkan lemak hati, risiko karsinoma hepatoselular turun	Peningkatan AST/ALT/bilirubin, gagal hati akut (jarang)
Muskuloskeletal	Densitas tulang naik, osteoarthritis lebih rendah	Cedera lari, CK tinggi, kram otot, nyeri otot
Imunitas	CRP basal turun, NK cell lebih aktif	'Open window' infeksi 3–72 jam pasca lomba
Endokrin	Sensitivitas insulin membaik, profil lipid lebih baik	Kortisol melonjak, testosteron turun sementara
Saraf Pusat	Neuroprotektif, kognisi meningkat, depresi berkurang	Gangguan tidur, kelelahan mental, stroke (sangat jarang)

DUA PILIHAN UNTUK PELARI

BERLARI DALAM GELAP

Terus berlari tanpa memahami respons fisiologis tubuhmu.

- Minum NSAID saat lomba karena "semua orang melakukannya."
- Langsung naik pesawat setelah finish.
- Berlari keras di hari ke-3 pasca-maraton karena "sudah tidak sakit."
- Mengabaikan tanda-tanda awal overuse injury.

BERLARI DENGAN ILMU

- Memahami bahwa tubuhmu dirancang untuk pulih dari tekanan maraton — jika kamu memberi ruang yang cukup.
- Tahu apa yang normal (troponin naik, AKI ringan, CK tinggi) dan apa yang perlu diwaspadai.
- Merancang nutrisi, hidrasi, dan recovery berdasarkan bukti ilmiah.
- Menjadi pelari yang lebih cerdas setiap tahun.





Jangan biarkan informasi ini menguap begitu saja. Berikut 4 tindakan berbasis bukti yang bisa kamu mulai sekarang:

AUDIT STRATEGI HIDRASIMU :

- Hindari minum berlebihan (overdrinking) – minum hanya saat haus, sekitar 500–1000 ml/jam, dan tambahkan elektrolit ~1–2 g sodium/jam untuk lomba >2 jam. Jangan minum air polos dalam jumlah besar tanpa elektrolit – ini adalah penyebab utama hiponatremia fatal.¹

BUANG NSAID DARI RACE KIT-MU:

- Ibuprofen dan parasetamol bukan teman saat lomba. Bukti menunjukkan NSAID memperparah AKI dan meningkatkan perdarahan GI. Jika nyeri membutuhkan manajemen, konsultasikan dengan dokter olahraga sebelum hari lomba.

RENCANAKAN RECOVERY MINGGU PERTAMA:

- 48 jam pertama: istirahat aktif (jalan santai, bukan lari). Hari ke-3 hingga ke-7: hindari keramaian dan kontak erat – jendela imun terbuka. Tunda perjalanan jauh dengan pesawat minimal 48–72 jam pasca-lomba. Kembali berlari ringan setelah 48–72 jam terbukti mempercepat pemulihan neuromuskular.¹

KENALI TANDA BAHAYA YANG NYATA:

- Segera cari bantuan medis jika kamu mengalami: kebingungan/disorientasi saat lomba (bisa tanda EAH atau EHS), nyeri dada atau sesak napas yang tidak wajar, urin berwarna merah-gelap (tanda rhabdomyolysis berat), atau tidak buang air kecil selama >4 jam pasca-lomba.

DAFTAR REFERENSI :

- Braschler L, Nikolaidis PT, Thuany M, Chlíbková D, Rosemann T, Weiss K, Wilhelm M, Knechtle B. **Physiology and Pathophysiology of Marathon Running: A Narrative Review.** Sports Medicine - Open. 2025;11:10. doi:10.1186/s40798-025-00810-3. [Open Access – 329 studi dianalisis, termasuk studi kardiovaskular, ginjal, pernapasan, GI, hepatobilier, muskuloskeletal, hematologi, imun, endokrin, dan susunan saraf pusat]
- Predel HG. **Marathon run: cardiovascular adaptation and cardiovascular risk.** Eur Heart J. 2014;35(44):3091–8.
- Kim JH, et al. **Cardiac arrest during long-distance running races.** N Engl J Med. 2012;366(2):130–40.
- Mansour SG, et al. **Kidney injury and repair biomarkers in marathon runners.** Am J Kidney Dis. 2017;70(2):252–61.
- Nieman DC. **Infectious episodes in runners before and after the Los Angeles Marathon.** J Sports Med Phys Fitness. 1990;30(3):316–28.
- Ponzio DY, et al. **Low prevalence of hip and knee arthritis in active marathon runners.** J Bone Joint Surg. 2018;100(2):131–7.
- Klingert M, et al. **Exercise-associated hyponatremia in marathon runners.** J Clin Med. 2022;11(22):6775.
- Hodgson L, et al. **Acute kidney injury associated with endurance events—is it a cause for concern?** BMJ Open Sport Exerc Med. 2017;3(1):e000093.
- Roeh A, et al. **Marathon running improves mood and negative affect.** J Psychiatr Res. 2020;130:254–9.
- Kaufmann CC, et al. **Effect of marathon and ultra-marathon on inflammation and iron homeostasis.** Scand J Med Sci Sports. 2021;31(3):542–52.

MARATHON WORLD RECORDS

Batas Fisiologis Manusia
Kembali didefinisikan ulang
pada 26 April 2026



1:59:30

[SUBJECT:
Sebastian Sawe (Kenya)

[MAIN READOUT:
1:59:30

[LOCATION]:
London Marathon

MENGAPA SELALU KENYA? MENGAPA LONDON MARATHON? APAKAH SAWE BUKAN MANUSIA BIASA?



1 jam, 59 menit, 30 detik. Pada 26 April 2026, Sabastian Sawe asal Kenya menjadi manusia pertama yang menyelesaikan maraton resmi di bawah dua jam. Yomif Kejelcha (Ethiopia) finis pada 1:59:41, Jacob Kiplimo (Uganda) pada 2:00:28. Tiga atlet, satu balapan, dan rekor dunia lama (Kelvin Kiptum, 2:00:35, Chicago 2023) yang dipecahkan secara serentak – sebuah peristiwa statistik yang langka.

Pemegang Rekor	Sabastian Kimaru Sawe (Kenya, lahir 16 Maret 1995)
Catatan Waktu	1:59:30 (rekor dunia resmi pertama sub-2 jam)
Selisih dari Rekor Lama	65 detik lebih cepat dari 2:00:35 (Kelvin Kiptum, Chicago 2023)
Split Pertama / Kedua	1:00:29 / 0:59:01 (negative split 88 detik)
Pace Rata-rata	2:50 menit/km
Suhu / Kelembaban	9–15 °C, kering, cerah, angin lembut
Sepatu	Adidas Adizero Adios Pro Evo 3 (97 gram, ENERGYRIM perimeter)



SAAT DUA JAM AKHIRNYA RUNTUH

Pada Minggu pagi 26 April 2026, seorang petani jagung muda dari Barsombe—desa kecil di Uasin Gishu, Kenya—melakukan apa yang selama hampir empat dekade dianggap sebagai ambang biologis manusia : ia menyelesaikan 42,195 km dalam waktu kurang dari dua jam, dalam kondisi balap yang sah.

Ini bukan sekadar berita olahraga. Ini adalah peristiwa biologi, biomekanika, dan kedokteran olahraga—pertemuan presisi antara genetika populasi, fisiologi latihan, ilmu bahan, dan kondisi atmosfer yang menentukan apa yang sanggup dilakukan tubuh manusia. Pertanyaannya: mengapa selalu Kenya yang berdiri di puncak? Mengapa London menjadi panggungnya, bukan Berlin atau Chicago yang lebih datar? Dan—pertanyaan paling menggoda—apakah Sawe benar-benar manusia biasa?

MENGAPA SELALU KENYA?

Kenya bukan negara terbesar di Afrika. Populasinya sekitar 55 juta, tetapi dari semua waktu sub-2:05 yang pernah dicatat dalam sejarah maraton, lebih dari 70% atas nama atlet Kenya. Yang lebih ganjil lagi: mayoritas berasal dari satu sub-etnis yang sama—suku Kalenjin di Rift Valley, yang hanya merupakan sekitar 10–12% dari populasi Kenya. Kalenjin, dengan kata lain, adalah sekitar 1% dari penduduk dunia—tetapi memegang sekitar 75% gelar lari jarak menengah dan jauh internasional. [1,2] Bagaimana ini mungkin? Sejak studi-studi klasik Saltin di Copenhagen Muscle Research Centre pada 1990-an, hingga tinjauan sistematis terbaru di Experimental Physiology (2025), tiga hipotesis terus diuji secara konvergen: genetik, lingkungan, dan budaya. [1,3]

Hipotesis Genetik : Bukan Satu "Gen Pelari"

Mitos populer mengatakan ada "gen pelari" pada orang Kalenjin. Bukti ilmiah tidak mendukung itu—setidaknya bukan dalam bentuk gen tunggal. Yang ada adalah kluster sifat fenotipik yang menguntungkan, kemungkinan hasil seleksi alam selama generasi hidup di altitude tinggi dengan gaya hidup yang aktif secara intens. [2,4]



HEALTHY RUNNER PROJECT

Studi anthropometric oleh Larsen dkk. (Experimental Physiology, 2025) membandingkan ekonomi lari (running economy / RE) dan antropometri tungkai bawah pada 12 elite Kenya, 29 sub-elite Kenya, dan 57 atlet Denmark. Temuan kunci: pelari elite Kenya memiliki **tungkai bawah yang lebih ramping** (*lower-leg mean thickness* lebih rendah) dan rasio panjang tungkai bawah terhadap tinggi badan yang lebih besar. Anatomi ini secara biomekanik menurunkan momen inersia ayunan tungkai—setiap langkah membutuhkan energi metabolik yang lebih rendah untuk mengayun kaki ke depan. [3]

Tinjauan sistematis biomekanik (Mooses dkk.) juga menunjukkan pelari elite Kenya memiliki tendon gastrocnemius-Achilles yang lebih panjang dibanding pelari elite non-Afrika—properti yang meningkatkan elastic energy return melalui mekanisme **stretch-shortening cycle**, mengurangi biaya metabolik per langkah.[5] Inilah dasar fisiologis mengapa, pada $VO_2\max$ yang setara, pelari Kalenjin bisa berlari lebih cepat dari pelari Eropa pada intensitas submaksimal—mereka lebih hemat oksigen per kilometer.



TIGA DETERMINAN UTAMA PERFORMA MARATHON

- **$VO_2\max$** kapasitas aerobik maksimal (ml O_2 /kg/menit). Menentukan plafon tertinggi konsumsi oksigen.
- **Fractional utilization at lactate threshold (FULT)**: persentase $VO_2\max$ yang dapat dipertahankan tanpa akumulasi laktat. Elite ~85–90%, terlatih ~80%, untrained ~76%.
- **Running economy (RE)**: biaya energi (ml O_2 /kg/km) pada kecepatan submaksimal tertentu. Pada $VO_2\max$ setara, RE adalah prediktor terbaik performa.

Joyner et al. J Appl Physiol 2020; Zanini et al. Scand J Med Sci Sports 2025.

Hipotesis Lingkungan : “Hidup di Atap Dunia”

Iten, kota kecil di Elgeyo-Marakwet, dijuluki **“Home of Champions”**. Berada di ketinggian 2.400 meter di atas permukaan laut. Kapsabet, tempat 2Running Club — markas latihan Sawe di bawah pelatih Italia Claudio Berardelli — berada di sekitar 1.900–2.000 meter.[6]

Paparan kronik altitude antara 1.800–2.500 meter (zona “sweet spot” untuk altitude training) memicu serangkaian adaptasi hematologi dan non-hematologi:

- Peningkatan produksi *erythropoietin (EPO) endogen*, yang memicu erythropoiesis dan meningkatkan massa hemoglobin total.
- Adaptasi muskular berupa *peningkatan densitas mitokondria*, kapilarisasi otot, dan ekspresi enzim oksidatif.
- Peningkatan buffering capacity terhadap H^+ dan adaptasi neuromuskular yang menggeser kurva laktat. [7]

Bagi anak-anak yang lahir dan tumbuh di altitude ini, adaptasi berlangsung selama dekade—jauh lebih dalam daripada “kamp altitude” dua-tiga minggu yang dijalani pelari sea-level. Inilah “live high—train high” yang sesungguhnya, dijalani sejak kelahiran.

Hipotesis Budaya: Gerak Sejak Pagi Buta

Saltin dan murid-muridnya menemukan sesuatu yang sederhana namun radikal pada studi Kalenjin: banyak pelari elite Kenya berlari ke sekolah—dua kali sehari, pulang-pergi, sering belasan kilometer total—sejak usia tujuh atau delapan tahun. Sebelum mereka pernah masuk track meet pertama, akumulasi mileage di kaki mereka sudah ribuan kilometer.[1,8] Ini bukan latihan terstruktur; ini adalah *way of life*. Konsekuensinya: ketika mereka akhirnya masuk klub lari profesional di usia 18 atau 20, mereka membawa basis aerobik yang tidak dimiliki pelari Eropa atau Asia rata-rata.

Yang menarik secara klinis: ketika peneliti membandingkan anak laki-laki Kalenjin desa yang tidak terlatih dengan anak Denmark seusia yang juga tidak terlatih, $VO_2\max$ keduanya setara. Setelah 12 minggu pelatihan endurance terstandar, kedua kelompok meningkatkan $VO_2\max$ dengan derajat yang sama. Tetapi anak Kalenjin desa tetap berlari lebih cepat pada lomba 5.000 m yang dijalankan pada persentase $VO_2\max$ yang sama. Selisih ini, sekali lagi, adalah running economy—konsekuensi antropometri dan tahun-tahun gerak alamiah.[1,8]

“

"Pelari Kenya tidak menang karena berlatih lebih keras saja—mereka menang karena tubuh mereka secara biomekanik selaras untuk endurance."

— Bengt Saltin, almarhum direktur Copenhagen Muscle Research Centre

”

Singkatnya : **"selalu Kenya"** bukanlah jawaban genetik tunggal, melainkan konvergensi antropometri yang menguntungkan, paparan altitude sejak lahir, volume gerak alamiah selama masa pertumbuhan, dan ekosistem klub lari (Iten, Kapsabet, Eldoret) yang memilih bibit-bibit terbaik dari kolam talenta yang sudah sangat besar. Kalenjin tidak "lebih cepat" karena gen mereka—mereka lebih cepat karena gen, lingkungan, dan budaya bekerja searah selama puluhan tahun.

REFERENSI :

- Wilber RL, Pitsiladis YP. **Kenyan and Ethiopian distance runners: what makes them so good?** Int J Sports Physiol Perform. 2012;7(2):92–102. (Referensi historis untuk konteks.)
- Bouwer S, Pitsiladis YP. **Genetic differentiation in East African ethnicities and its relationship with endurance running success: a meta-review.** Eur J Appl Physiol. 2020;120(7):1505–1517.
- Larsen HB, Mortensen SP, Damsgaard R, et al. **Running economy and lower-limb anthropometry in adult male Kenyan and Danish middle- and long-distance runners.** Exp Physiol. 2025;110(11):1842–1857. doi:10.1113/EP092758
- Tucker R, Onywera VO, Santos-Concejero J. **Analysis of the Kenyan distance-running phenomenon.** Int J Sports Physiol Perform. 2015;10(3):285–291.
- Mooses M, Hackney AC. **Anthropometrics and body composition in East African runners: potential impact on performance.** Int J Sports Physiol Perform. 2017;12(4):422–430.
- BiopediaWorld. **Sabastian Sawe: Biography, training, and the road to London 2026** [Internet]. 2026 [diakses 17 Mei 2026]. Tersedia di: <https://biopediaworld.com/sabastian-sawe-biography/>
- Levine BD, Stray-Gundersen J. **The effects of altitude training are mediated primarily by acclimatization, rather than by hypoxic exercise.** Adv Exp Med Biol. 2019;1135:177–188.
- Hansen M, Coupe C, Hansen CS, et al. **Factors correlated with running economy among elite middle- and long-distance runners.** Physiol Rep. 2021;9(20):e15076. doi:10.14814/phy2.15076



WHY ?



**LONDON
MARATHON**

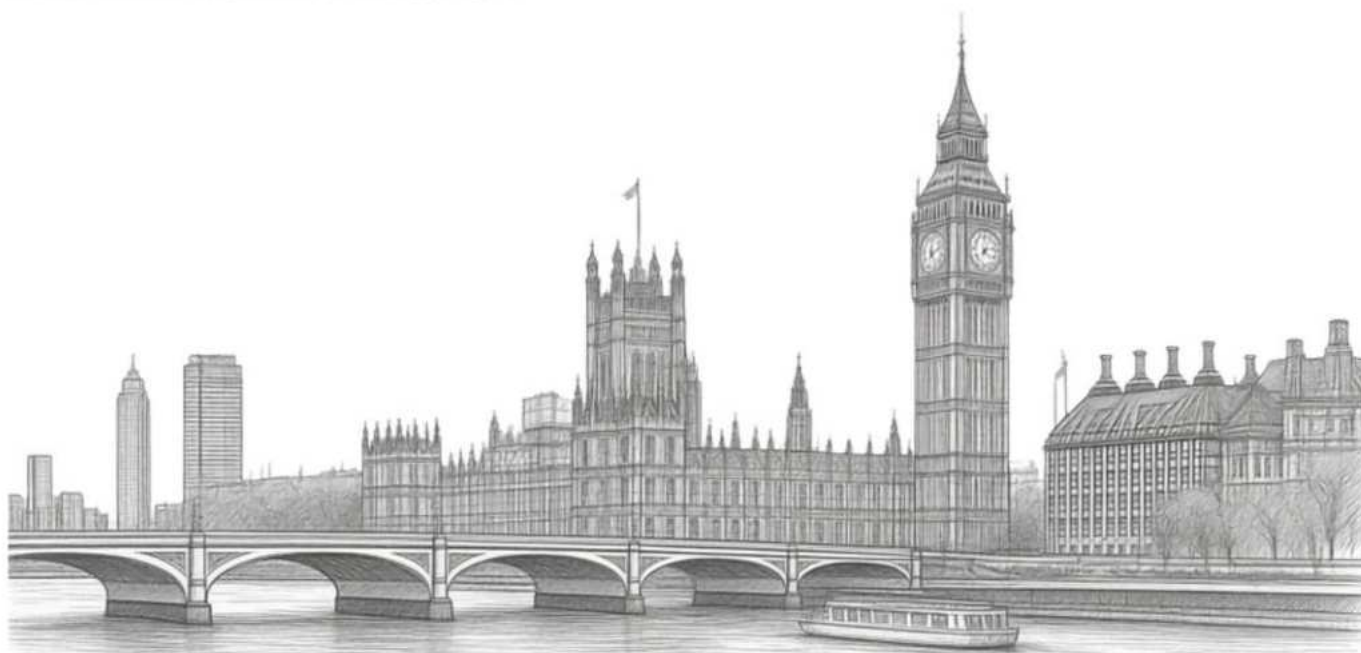
BISA MEMECAHKAN WORLD MARATHON RECORD

FUN

FACT



**Tujuh dari
sembilan
rekor dunia
maraton
putra antara
2003–2023
dipecahkan
di Berlin
atau Chicago
Tidak Pernah
sebelumnya
di London
Marathon**



Rekor terakhir di London adalah pada tahun 2002 oleh Khalid Khannouchi (2:05:38). Selama 24 tahun, London bukan tempat pemecahan rekor dunia.

Lalu Mengapa 26 April 2026, di Londonlah Rekor Marathon pecah?

Lintasan : Cukup Datar, Cukup Cepat

London bukan datar dalam arti Berlin. Lintasan TCS London Marathon memiliki total elevation gain sekitar **127 meter**—lebih besar dari Berlin (73 m) atau Chicago, tetapi profile-nya secara keseluruhan cenderung **sedikit menurun** (*net downhill*).

Beberapa titik teknis : turunan tajam di kilometer kelima setelah start dari Greenwich, beberapa belokan tajam, permukaan jalan yang bervariasi dengan polisi tidur dan kamber, serta jembatan-jembatan termasuk Tower Bridge di pertengahan.

Analisis World Athletics Endurance Medicine (2025) :

menemukan bahwa meskipun Berlin secara profile lebih ideal, London konsisten menghasilkan waktu top-10 yang sangat cepat, terutama karena medan downhill di awal yang "meminjamkan" kecepatan, dikombinasikan dengan kerumunan dan musik di sepanjang lintasan yang meningkatkan output psikologis pelari.

Penting: lintasan ini berlisensi World Athletics dengan drop dan separation yang sah untuk record-eligibility—tidak seperti Boston yang memiliki downhill terlalu curam dan point-to-point separation yang membuat rekor tidak diakui.

Cuaca: Termoregulasi Adalah Segalanya

Pada 26 April 2026, suhu di London berkisar 9–15 °C, langit cerah, angin lembut—mendekati "jendela termal optimal" maraton elite, yang menurut tinjauan World Athletics (analisis Majors 2023–2024) berada di sekitar 8 °C dengan kelembaban 63–70%.

Pelari pemula sering terkejut melihat suhu udara 10 °C dianggap "hangat" oleh elite. Tetapi pada pace 2:50/km dengan body composition seperti Sawe (sekitar 56 kg, lean body mass tinggi), 10 °C sudah ideal—sebagian besar penonton akan butuh jaket, sementara atlet justru perlu kondisi sedikit lebih dingin lagi untuk performa optimal.

“

ZONA TERMAL UNTUK MARATHON ELITE

- **Optimal** : 6–10 °C, kelembaban relatif <70%, angin ringan (<10 km/jam)
- **Baik** : 10–14 °C
- **Cepat berisiko** : >18 °C atau wet-bulb globe temperature (WBGT) >20 °C
- **Berbahaya**: WBGT >28 °C; ACSM dan IAAF menyarankan kontingensi/pembatalan

”

Lapangan : Persaingan Yang Mendorong

Faktor ketiga, sering diremehkan : kedalaman elite field. London 2026 menyajikan beberapa pelari sub-2:03 dalam satu starting line dengan tim pacemaker yang ditata presisi hingga halfway point.

Sawe melewati halfway dalam 60:29—pace dunia, tetapi tidak ekstrem. Yang luar biasa terjadi di babak kedua : tanpa pacemaker, dengan Kejelcha menempel di bahunya, Sawe justru mengakselerasi—negative split 88 detik (59:01 babak kedua).

Negative split sedalam ini pada race-pace world record bukan kebetulan. Ini adalah penanda apa yang disebut sport scientist sebagai **durability atau physiological resilience** : kemampuan mempertahankan running economy, fractional utilization, dan output mekanik di tengah depleksi glikogen, peningkatan suhu inti, dan kerusakan otot kumulatif dari benturan eksentrik berulang.[15,16] Studi Hunter dan Muniz-Pumares (European Journal of Sport Science, 2025) menunjukkan bahwa pada pelari maraton, deteriorasi VO₂max, lactate threshold, dan running economy pasca 90–120 menit lari sub-maksimal adalah hal yang biasa. Yang membedakan elite world-class adalah resistensi terhadap deteriorasi ini—the fourth determinant of marathon performance, di luar Joyner's classic Big Three.

REFERENSI :

- The Running Channel. **What are the major marathon course records?** [Internet]. 2026 April [diakses 17 Mei 2026].
- Runna Support. **The 10 flattest marathons in the world.** [Internet]. 2026 [diakses 17 Mei 2026].
- World Athletics Endurance Medicine. **An investigation on World Majors Marathons: running performance analysis of elite runners.** World Athletics; 2025 February.
- Racinais S, Hosokawa Y, Akama T, et al. **IOC consensus statement on recommendations and regulations for sport events in the heat.** Br J Sports Med. 2023;57(1):8–25.
- Olympics.com Editorial Team. **Sabastian Sawe 2026 London Marathon breakdown: stats and splits behind the new world record.** Olympics.com; 2026 April 28.
- Casado A, Hanley B, Santos-Concejero J, Ruiz-Pérez LM. **The training characteristics of world-class distance runners: an integration of scientific literature and results-proven practice.** Sports Med Open. 2022;8(1):46.
- Hunter B, Muniz-Pumares D. **Durability of parameters associated with endurance running in marathoners.** Eur J Sport Sci. 2025;25(11):1745–1760. doi:10.1002/ejsc.70073
- Takayama F, Aoyagi A. **Do heart rates of elite marathon runners exhibit room for drift? Implications for durability.** Front Sports Act Living. 2025;7:1571498. doi:10.3389/fspor.2025.1571498





APAKAH SAWE BUKAN MANUSIA BIASA ?

Pertanyaan ini provokatif, tetapi secara fisiologis layak ditanyakan. Mari kita susun apa yang kita ketahui (dan yang kita perkirakan).

Profil Fisiologis Sawe : Estimasi dari Performa

- Data lab Sawe tidak dipublikasikan—dia bukan subjek studi formal. Tetapi kita dapat memodelkannya.
- Joyner (1991), yang memprediksi sub-2 jam mungkin secara teori dengan kombinasi $VO_2\max$ tinggi, $FULT$ tinggi, dan RE excellent, kemudian merevisi modelnya pada 2020 setelah meneliti 16 elite sub-2:09 termasuk Kipchoge, Desisa, dan Tadese.
- Temuan mereka : $VO_2\max$ para elite ini berkisar 71–84 ml/kg/menit—tinggi, tetapi tidak "out of range" pelari elite kelas dunia.
- Yang membedakan mereka adalah running economy yang luar biasa dan lactate threshold di 85–90% $VO_2\max$. [17,18]
- Berdasarkan model INSCYD untuk Kipchoge pada lari 1:59:40 INEOS 2019 (bukan rekor resmi), perkiraan adalah $VO_2\max$ ~78 ml/kg/menit, V_{Lamax} ~0,25 mmol/L/detik, kombustibilitas karbohidrat 221 g/jam, body mass ~52 kg.

PROFIL FISIOLOGIS	PERKIRAAN ELITE SUB-2 JAM
$VO_2\max$	75–82 ml/kg/menit (di atas P99,9 populasi dewasa muda)
Lactate threshold	85–90% $VO_2\max$ (vs 76% pada untrained)
Running economy	~180 ml O_2 /kg/km (vs 210–220 pada recreational elite)
Tipe serat otot	Dominan tipe I (slow-twitch), >70% di gastrocnemius
Body composition	Body fat ~6–8%, tungkai bawah ramping, BMI ~18–19
V_{Lamax} (glikolitik)	≤0,25 mmol/L/detik (rendah, optimal untuk endurance)

BUKAN ATLET "SEMPURNA" TANPA CEDERA

Sawe bukan atlet "sempurna" tanpa cedera. Tahun 2020, ia mengalami ruptur tendon yang nyaris mengakhiri kariernya. Ia hampir berhenti berlari untuk bergabung dengan kepolisian Kenya demi gaji tetap. COVID-19 menghapus debut internasionalnya. Pada musim gugur 2025, ia kembali cedera dan baru memulai latihan struktural lagi di Januari 2026—empat bulan sebelum London.

Pada Februari 2026, punya target sederhana : pertahankan gelar London. Tidak ada pembicaraan tentang rekor dunia. Volume latihan 6 minggu sebelum lomba : rata-rata 200 km per minggu pada altitude 2.000+ meter, angka yang masuk akal untuk elite, bukan astronomis. Dengan kata lain : **Sawe bukan superhuman; dia adalah hasil dari sistem rehabilitasi, pemantauan beban, dan return-to-sport yang terstruktur.**

Tidak adil membicarakan rekor 2026 tanpa membicarakan sepatu. Sawe dan Kejelcha, keduanya berlari dengan **Adidas Adizero Adios Pro Evo 3, generasi ketiga super-shoe dengan teknologi ENERGYRIM (carbon-fiber frame perimeter, bukan plate tunggal di bawah kaki)** dan foam Lightstrike Pro Evo generasi baru. Berat : 97 gram. Lebih ringan dari sebatang sabun mandi.

Adidas mengklaim 1,6% peningkatan running economy dibandingkan Pro Evo 2 dan 11% energy return forefoot lebih besar. Literatur peer-reviewed di Sports Medicine (2024) menemukan super-shoe karbon meningkatkan running economy 4–6% rata-rata dibanding flats konvensional—setara 2–3 menit pada jarak maraton untuk elite. Ini bukan keuntungan kecil; ini adalah revolusi material.

Pertanyaan etis tetap terbuka: di mana batas antara "shoe yang membantu performa" dan "technological doping"? World Athletics sejauh ini menetapkan batas stack height 40 mm dan rigid plate tunggal, tetapi ENERGYRIM secara kreatif men-sidestep aturan tersebut. Yang pasti: jika Sawe berlari dengan flats 1980-an, kemungkinan besar 1:59:30 tidak terjadi—mungkin 2:01–2:02 dengan profil fisiologis yang sama. **Kemajuan teknologi adalah variabel ketiga, di samping genetika dan latihan, dalam evolusi rekor dunia.**

"Saya hampir berhenti. Saya hampir mengambil pekerjaan di polisi. Tapi sesuatu di dalam mengatakan: tunggu, satu kali lagi."

— Sabastian Sawe, The Guardian, April 2026

DAFTAR REFERENSI :

- Joyner MJ. **Modeling: optimal marathon performance on the basis of physiological factors.** J Appl Physiol. 1991;70(2):683–687. (Referensi historis fondasional.)
- Jones AM, Kirby BS, Clark IE, et al. **Physiology and fast marathons.** J Appl Physiol. 2020;128(4):1083–1085. doi:10.1152/jappphysiol.00793.2019
- INSCYD. **Eliud Kipchoge's physiology: uncovering the secrets behind the INEOS 1:59 marathon [Internet]. 2023 [diakses 17 Mei 2026].**
- VnExpress International. **Under two hours: how Sabastian Sawe ran from Kenyan village into marathon history.** 2026 April 28.
- The5krunner. **Sub-2-hour marathon shoes: how the tech works.** 2026 April 26.
- Gear Patrol. **The Adidas shoe that cracked the 2-hour marathon: everything you need to know about the Adizero Adios Pro Evo 3.** 2026 April 28.
- Hoogkamer W, Kipp S, Frank JH, Farina EM, Luo G, Kram R. **A comparison of the energetic cost of running in marathon racing shoes.** Sports Med. 2018;48(4):1009–1019. (Studi dasar super-shoe.)
- Knopp M, Muñiz-Pardos B, Wackerhage H, et al. **Variability in running economy of Kenyan world-class and European amateur male runners with advanced footwear running technology.** Sports Med. 2024;54(11):2861–2873. doi:10.1007/s40279-024-02049-6



HEALTHY RUNNER

PROJECT

by @dokandi

**Run,
Buddy**



Runnnnn!!!!

FOR EVERYTHING YOU NEED TO KNOW