



Proceedings Seminar Nasional Olahraga 2015

Peran Olahraga dalam Era Global



Diterbitkan Oleh:
Fakultas Ilmu Keolahragaan
Universitas Negeri Yogyakarta

dalam rangka
**Dies Natalis Ke-51
Universitas Negeri Yogyakarta
tahun 2015**

A. Erlina Listyorini	Development Of Human Resources Through Senam Kesegaran Jasmani Indonesia Training	182
Farida Mulyaningsih	The Analysis Of Angguk Gymnastic In Kulonprogo Regency Yogyakarta Special Region	191
Dena Widyawan	The Influence Of Teaching Models Through Sientific Approach Towards The Skill Of Playing Football	209
Rachmah Laksmi Ambardini	Faktor Genetik, Trainability, Dan Performa Olahraga: Kajian Genetika Olahraga	227
Gede Doddy Tisna MS	Implementasi Tri Hita Karana Terhadap Prestasi Atlet Woodball Undiksha	239
Yuyun Ari Wibowo	Kompetensi Decision Making Siswa Putri Smp Negeri 2 Kretek Yang Tergabung Dalam Tim Bolavoli O2sn Kabupaten Bantul Tahun 2014	253
Nur Rohmah Muktiani	Identification Of Pencaksilat Basic Movement Impediment On Subsidised Pjkr Student On Fik UNY	267
Tri Ani Hastuti	Moral and integrity teacher profession (the role of human resources in the future changes)	284
Lilik Indriharta	Pengembangan Soft Skills Melalui Aktivitas Jasmani Di Sekolah	299
Abdul Mahfudin Alim	Computer Tablet As Augmented Feedback In Motor Learning	314
Ngatman	Evaluasi Analisis Butir Soal-soal Penjaskes Sekolah Menengah Pertama (SMP) Se-kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman	327
Made Kurnia Widiastuti Giri, Herka Maya Jatmika	Hubungan Pola Asuh Nutrisi Dan Karakter Hidup Sehat Dengan Tingkat Kesegaran Jasmani Siswa Kelas Iv Sdk Karya Singaraja	343
Ali Satia Graha Edy Mintarto	Manfaat Istirahat Pada Pasca Cedera Akibat Berolahraga	360
Fatkurahman Arjuna	Body Mass Index (Bmi) And Body Fat Percentage Of Security Of Faculty Of Sport Science Yogyakarta State University	371
Fathan Nurcahyo	Teacher Of Sport And Health Physical Education As Fit, Creative, And Adaptive Sportpersonship	383
Bambang Priyonoadi	Masase Terapi: Aman Dan Efektif	401
Ardhi Mardiyanto Indra Purnomo, Nur Ahmad Muharram	Pengaruh pendekatan latihan sasaran tetap dan sasaran berubah arah terhadap ketepatan pukulan push padahoki ditinjau dari power otot lengan.	416



Faktor Genetik, *Trainability*, dan Performa Olahraga: Kajian Genetika Olahraga

Oleh:
Rachmah Laksmi Ambardini

Universitas Negeri Yogyakarta
email: rachmah_la@uny.ac.id

Abstrak

Bidang genetika olahraga merupakan area ilmiah yang menarik untuk diteliti, seiring dengan meningkatnya kompetisi olahraga di tingkat dunia. Para ilmuwan olahraga melihat ke sisi genetik untuk menjelaskan kemampuan-kemampuan olahraga, seperti *endurans*, kecepatan, kekuatan, dan *power*. Apakah profil genetik berkontribusi terhadap performa olahraga? Dapatkah kita menggunakan profil genetik tersebut untuk mengidentifikasi calon-calon atlet elit sehingga mereka mendapat dukungan yang mereka perlukan untuk mengoptimalkan potensi yang dimiliki? Tujuan artikel ini untuk menjelaskan kontribusi genetik terhadap performa olahraga, khususnya kandidat gena yang mendukung performa *endurans* dan *power*.

Performa olahraga dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain faktor latihan, nutrisi, genetik, dan faktor mental. Selain itu, kemampuan seorang atlet merespons program latihan (*trainability*) juga sangat mempengaruhi performa olahraga. Beberapa atlet diberkati dengan keuntungan genetik dan mempunyai *trainability* yang lebih baik dibandingkan atlet lain. Terdapat dua kandidat gena yang terkait dengan performa *endurans* dan *power*, yaitu polimorfisme gena ACE I/D dan ACTN3 R577X. Genotip ACE I/I terkait dengan performa *endurans*, sementara genotip RR gena ACTN3 terkait dengan performa *power*, kecepatan, dan kekuatan.

Dengan melakukan pemetaan penanda genetik yang terkait dengan performa olahraga di tingkat elit, informasi genetik diharapkan dapat membantu individu dengan potensi genetik untuk menjadi juara dan menyediakan program latihan secara individual sesuai dengan potensi genetik yang dimiliki.

Kata Kunci: genetika olahraga, *trainability*, performa olahraga.

PENDAHULUAN

Selama bertahun-tahun, para praktisi olahraga di Indonesia menggunakan berbagai macam tes fisik untuk mencoba mengidentifikasi atlet-atlet potensial. Namun demikian, masih banyak individu-individu berbakat yang tetap tidak teridentifikasi dan atlet yang terdeteksi melalui tes-tes fisik yang dilakukan juga belum sepenuhnya bisa dicetak menjadi atlet elit tingkat dunia.

Sering diungkapkan bahwa seorang atlet elit dilahirkan, bukan diciptakan. Studi yang dilakukan pada pasangan kembar menunjukkan bahwa lebih dari 50%



Proceedings Seminar Nasional Olahraga
“PERAN OLAHRAGA DALAM ERA GLOBAL”
Dies Natalis Universitas Negeri Yogyakarta

perbedaan dalam performa olahraga dapat dijelaskan oleh faktor genetik. Hal ini mengindikasikan bahwa faktor genetik berperan besar terhadap performa olahraga. Banyak studi melihat diwariskannya sifat-sifat terkait olahraga, dan memprediksi bahwa kemampuan dalam olahraga diturunkan dengan rentang antara 20% sampai 70%, tergantung pada keterampilan olahraga yang dibutuhkan. Pada olahraga yang berbasis fisiologi, seperti atletik, aspek genetik lebih tinggi daripada olahraga berbasis keterampilan. Sebagai contoh, seorang *sprinter* selalu membutuhkan kecepatan, sementara seorang pemain sepak bola, selain membutuhkan kecepatan juga daya tahan yang baik. Pemahaman peran faktor genetik terhadap kesuksesan dalam olahraga dapat mendorong pembuatan program latihan yang lebih baik, lebih efisien, dan potensi untuk mencapai kesuksesan meningkat.

Pertanyaan yang sering timbul terkait dengan peran gena dan performa olahraga di antaranya adalah apakah beberapa individu didesain secara genetik untuk menjadi atlet yang lebih baik? Apakah beberapa individu cenderung menjadi *sprinter* sementara yang lain lebih tepat menjadi pelari marathon? Dapatkah kita menggunakan profil genetik untuk mengidentifikasi calon atlet elit sehingga mereka mendapatkan dukungan yang diperlukan untuk mencapai potensinya?

PEMBAHASAN

Pengertian Gena

Gena adalah tempat penyimpanan *Deoxyribonucleic acid* (DNA), dan DNA dibutuhkan untuk menciptakan protein dengan fungsi tertentu atau sifat tertentu. Sebagai contoh, terdapat serangkaian gena yang menyusun protein untuk warna mata, dan perbedaan dalam gena-gena ini di antara individu menyebabkan perbedaan warna mata. Rantai panjang DNA yang menyusun gena-gena terdiri atas empat basa yang berbeda, yaitu Adenine (A), Cytosine (C), Guanine (G), dan Thymin (T).

Kadang-kadang, dalam proses replikasi DNA, salah satu basa penyusun tergantikan dengan basa lain secara kebetulan. Penggantian basa ini menghasilkan *single nucleotide polymorphism* (SNP). SNP dapat tidak menimbulkan efek terhadap urutan asam amino yang dihasilkan (*synonymous* SNP) atau menimbulkan perubahan urutan asam amino, yang disebut *non-*



synonymous SNP. Ada dua tipe *non-synonymous* SNP, yaitu nonsense dan missense. Nonsense SNP adalah salah satu penyebab terjadinya *stop codon* dan sebagai akibatnya protein tidak lengkap ditranskripsikan. Protein yang tidak lengkap cenderung menjadi non-fungsional dan tidak efektif. Salah satu contoh adalah polimorfisme gena *ACTN3 R577X*.

Sementara pada missense SNP terjadi perbedaan asam amino yang dikode, yang mengubah fungsi protein. Contohnya pada penyakit sickle cell anemia, dihasilkan dari perubahan GAG menjadi GTG, A digantikan dengan T. Perubahan ini menghasilkan asam amino valin, menggantikan asam amino asam glutamate dan sebagai akibatnya individu tersebut mengalami penyakit sickle cell anemia. Mempelajari fenomena SNP dalam kaitan dengan performa olahraga merupakan bidang studi yang menarik (Wackerhage, 2014).

Peran Gen dalam mempengaruhi Performa Olahraga

Performa fisik dalam olahraga merupakan fenotip kompleks yang dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan dan genetik (MacArthur & North, 2004). Segura (2008) mengemukakan bahwa performa seorang atlet merupakan hasil interaksi antara faktor gena, lingkungan, nutrisi, latihan, dan perilaku/psikologis. Dikemukakan bahwa faktor nutrisi atau latihan esensial untuk perkembangan atlet elit. Namun demikian, kedua faktor ini saja tidak cukup untuk membentuk seorang atlet menjadi atlet elit, meskipun sudah berlatih keras. Dalam hal ini, faktor gena diperkirakan berperan. Gen diduga berperan dalam menentukan kemampuan seorang atlet merespons faktor lingkungan, seperti latihan atau diet (MacArthur & North, 2007). Seorang atlet elit adalah atlet yang dapat merespons latihan dengan cara yang luar biasa dengan memanfaatkan potensi genetik yang sudah dimilikinya.

Ada keterkaitan antara gena dan performa fisik dalam olahraga. Hal ini didukung oleh temuan ilmiah bahwa ada lebih kurang 200 gena yang mempunyai hubungan positif dengan performa olahraga (Neesser, 2009). Gen menentukan potensi seseorang untuk mengembangkan berbagai karakteristik struktural maupun fungsional yang penting dalam menunjang performa fisik dalam olahraga (Rankinen *et al.*, 2004). Efek gena terhadap parameter performa fisik dalam olahraga bervariasi dari kecil sampai besar. Pada parameter performa fisik dalam olahraga seperti keseimbangan dan waktu reaksi, efek gena kecil sampai



Proceedings Seminar Nasional Olahraga
"PERAN OLAHRAGA DALAM ERA GLOBAL"
Dies Natalis Universitas Negeri Yogyakarta

sedang. Tampaknya parameter ini lebih kuat dipengaruhi oleh faktor latihan, diet, dan faktor lingkungan lain. Sementara parameter performa fisik dalam olahraga seperti kekuatan, fleksibilitas, dan daya tahan, pengaruh gena cukup besar (Rankinen *et al.*, 2004).

Adanya variasi dalam populasi terkait dengan performa olahraga menambah kajian peran gena dalam menunjang performa fisik dalam olahraga. Atlet dari negara-negara Afrika Barat dikenal berprestasi pada nomor lari jarak pendek. Pada olimpiade Beijing 2008, empat atlet putri Jamaica menjadi yang tercepat di nomor 200 m, empat dari enam atlet wanita menempati posisi teratas di nomor 100 m. Usain Bolt, atlet putra Jamaica, memenangkan 3 medali emas di olimpiade Beijing, yaitu dari nomor 100 m, 200 m, dan nomor estafet 4 x 100 m. Penelitian *International Centre for East African Running Science (ICEARS)* menemukan bahwa 70% populasi Jamaica mempunyai gena *ACTN3* (genotip RR) dan hanya sekitar 2% populasi yang tidak mempunyai gena *ACTN3* (genotip XX). Atlet dari negara-negara Afrika Timur dikenal sebagai atlet elit nomor maraton. Atlet Kenya pada perlombaan maraton New York tahun 2000 menempati tiga posisi teratas, pada lomba maraton Boston tahun 2002, 13 atlet Kenya menempati 25 posisi teratas. Tampaknya atlet Kenya mempunyai kemampuan yang sesuai untuk nomor lari jarak jauh, sedangkan atlet Caucasian cemerlang pada olahraga renang (Calo & Vona, 2008).

Rankinen (2004) mengemukakan bahwa ada sejumlah bukti adanya variasi pada gena tunggal yang dapat mempengaruhi performa, diantaranya VO_2max , kapasitas enzim aerobik, dan kekuatan otot. Namun demikian, polimorfisme gena tunggal tidak bertanggung jawab untuk kesuksesan dalam olahraga, tetapi hal tersebut dapat memodulasi kapasitas fisik seorang atlet.

Gena diketahui mempunyai efek terhadap fenotip-fenotip yang terkait dengan performa fisik dalam olahraga. Gena mempunyai efek besar pada tinggi badan, panjang lengan dan tungkai. Gena juga mempunyai pengaruh besar terhadap ukuran dan komposisi otot. Oleh karena kekuatan otot terkait erat dengan komposisi serabut, maka gena juga mempunyai efek besar terhadap kekuatan. Di sisi lain, aktivitas enzim otot dan jumlah mitokondria kurang dipengaruhi oleh gena, karena karakteristik tersebut dapat dimodifikasi dengan berbagai tipe latihan, sehingga efek gena pada otot relatif lebih besar terhadap



Efek Lingkungan terhadap Gena.

Dalam kaitan dengan performa olahraga, mempunyai gena terbaik tidaklah cukup. Lingkungan yang ideal adalah sesuatu yang krusial. Sebagai ilustrasi, misalnya di suatu tempat di pedalaman Indonesia seorang anak laki-laki dilahirkan dengan gena *sprint*, yang mungkin lebih baik daripada Usain Bolt. Namun demikian, dia tidak mengenal atletik. Dia menghabiskan waktu di sawah untuk memenuhi kehidupannya sehari-hari. Selain gena yang sempurna, ia tidak pernah menjadi rival Usain Bolt.

Di sisi lain, ada seorang anak laki-laki 12 tahun, tumbuh di Jamaica. Dia memperlihatkan prestasi sprint yang baik di sekolahnya dan bergabung di klub atletik. Dia dilatih oleh pelatih profesional, yang berpengalaman melatih atlet juara Olimpiade. Dia bergabung dengan kelompok latihan yang terdiri dari *sprinter-sprinter* dengan level tinggi, dan setiap hari didorong untuk menampilkan sesi-sesi latihan yang baik oleh partner latihannya. Dia terpapar dengan lingkungan yang kompetitif, yang memungkinkannya menampilkan seluruh potensi yang dimiliki. Atlet ini mendapat lingkungan yang membuat gena yang dimilikinya berfungsi optimal. Fakta yang ada, populasi Jamaica rata-rata mempunyai gena yang mendukung untuk mengembangkan kemampuan *sprint*. Hal ini merupakan ilustrasi bagaimana suatu kandidat gena berinteraksi dengan faktor lingkungan. Faktor gaya hidup sejak kecil bersama dengan faktor genetik yang sesuai dapat menginduksi perubahan-perubahan biologis yang memungkinkan individu tersebut merespons dengan baik program latihan di kemudian hari (Tucker *et al.*, 2013).

Penelitian Gena-Gena yang Terkait Performa Olahraga.

Saat ini, sebagian besar studi genetika olahraga adalah studi asosiasi. Hal ini berarti bahwa para ilmuwan menempatkan kelompok atlet elit di satu sisi dan kelompok kontrol atlet atau non-atlet di sisi yang lain, dan melihat perbedaan profil genetik antar kelompok. Ilmuwan kemudian dapat membuat hipotesis tentang gena tertentu yang lebih sering ditemui atau lebih jarang ditemui pada kelompok atlet elit dan selanjutnya menguji hipotesis.

Para ahli genetika olahraga mencoba mengidentifikasi kontribusi relatif gena terhadap performa olahraga. Performa olahraga yang banyak diteliti adalah



performa yang terkait dengan sprint dan endurans. Dari sudut pandang fisiologis dan biokimia, performa *sprint/power* dan endurans menggambarkan dua hal yang berbeda. Kebutuhan metabolik pada pelari marathon berlawanan dengan yang dibutuhkan pada lari 100 m. Diasumsikan bahwa seorang individu mempunyai predisposisi untuk menampilkan performa *sprint/power* di satu sisi atau performa endurans di sisi yang lain. Kandidat gena yang banyak diteliti terkait dengan performa olahraga adalah gena *ACTN3* dan gena *ACE*.

Gena ACTN3 R577X

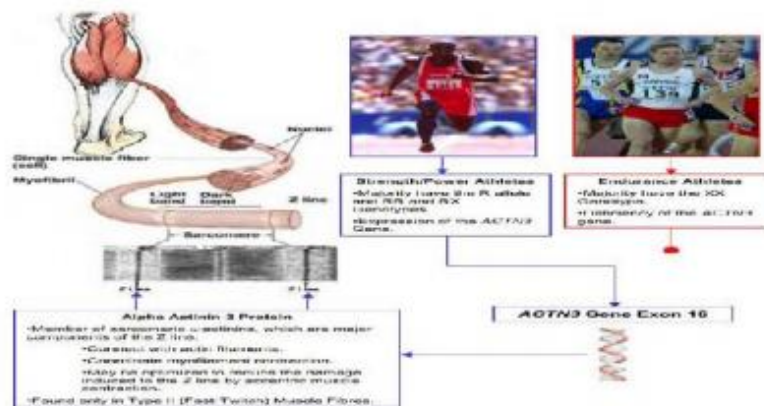
Alpha (α) actinin adalah keluarga actin-binding protein. Pada otot skelet manusia, α -actinin dihasilkan oleh dua gena, yaitu *ACTN2* dan *ACTN3*. Ekspresi Gena *ACTN2* ada pada semua tipe serabut otot skelet (otot putih dan otot merah), menghasilkan protein α -actinin-2. Sementara gena *ACTN3* menghasilkan protein α -actinin-3, dan hanya diekspresikan pada serabut otot putih, yang terutama digunakan pada kontraksi cepat. *Sarcomeric α -actinin* ini tersusun dalam formasi zig zag dan berfungsi mentautkan filament aktin sehingga menstabilkan perangkat kontraksi otot. Selain itu, α -actinin juga berinteraksi dengan protein lain yang memfasilitasi berbagai jalur metabolik dan kontraksi otot (MacArthur & North, 2004).

Gena *ACTN3* adalah gena yang dipelajari secara luas. Gena *ACTN3* mempunyai tiga tipe genotip, yaitu RR, RX, dan XX. Ada dua alel, yaitu R dan X. Perbedaan antara alel R dan X adalah penggantian satu basa, yaitu dari C ke T, pada posisi asam amino 577. Penggantian basa ini merupakan SNP dan menyebabkan terjadinya *stop codon*, yang mencegah pembentukan protein *ACTN3* pada individu dengan genotip XX.

Studi yang dilakukan Yang *et al.* (2003), melibatkan 429 atlet elit Australia dan 436 kontrol. Kelompok atlet elit kemudian dibagi menjadi dua kelompok, yaitu olahraga yang terkait speed-power dan atlet yang menekuni olahraga endurans. Temuan penelitian ini adalah bahwa atlet speed-power lebih banyak yang mempunyai genotip RR dibandingkan dengan kelompok atlet endurans atau kelompok control. Sebaliknya, kelompok endurans lebih banyak mempunyai genotip XX. Temuan yang menarik dari penelitian ini adalah tidak adanya sprinter yang berlomba di tingkat Olimpiade yang bergenotip XX. Tampak bahwa genotip RR terkait dengan performa elit pada nomor yang berbasis *speed-power*, dan



genotip XX terkait dengan performa elit pada nomor endurans. Efek gena ACTN3 terhadap sistem otot dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Efek Gena ACTN3 terhadap sistem otot. (Sumber: Mayne, 2006)

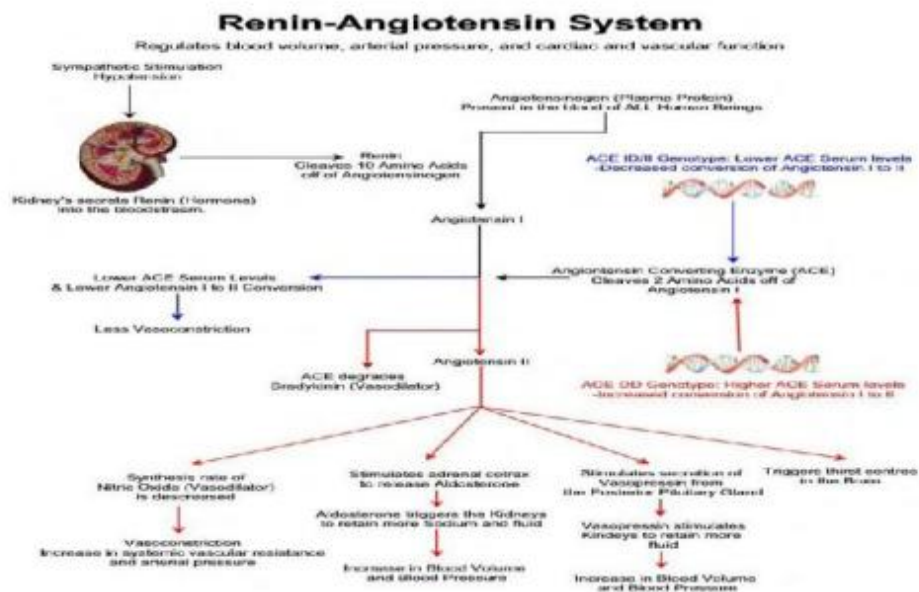
Gena ACTN3 ekspresinya terbatas pada otot putih Individu dengan genotip XX tidak dapat membentuk protein ACTN3 di otot putih. Individu dengan genotip RX dapat menghasilkan protein ACTN3 dan individu dengan genotip RR menghasilkan protein ACTN3 dengan kualitas terbaik. Dari hasil-hasil penelitan tersebut, secara konsisten memperlihatkan bagaimana gena ACTN3 mempengaruhi performa olahraga. Delmonico *et al.* (2007) menemukan bahwa jika individu-individu diberikan program latihan yang sama, individu dengan genotip RR memperlihatkan perbaikan *power* paling besar dibandingkan genotip RX atau XX. Demikian juga Turkey *et al.* (2014) menemukan bahwa sekelompok atlet angkat besi yang mendapat pelatihan program latihan 12 minggu, individu dengan genotip RR memperlihatkan peningkatan kekuatan yang paling baik. Sementara individu dengan genotip XX memperlihatkan peningkatan stamina yang paling baik. Dari hasil tersebut, terlihat bahwa genotip RR merespons program latihan berbasis *power* lebih besar daripada individu dengan genotip RX dan XX. Mekanisme yang menjelaskan fenomena ini tampaknya sebagai hasil adaptasi serabut otot tipe II-x.

Gena ACE dan Performa Endurans

Angiotensin converting enzyme (ACE) merupakan enzim dalam sistem Renin-Angiotensin (RAS), yang penting dalam mengatur volume darah, tekanan arterial serta fungsi jantung dan pembuluh darah.



Ginjal mengeluarkan hormon renin ke dalam aliran darah. Fungsi renin mengaktifkan angiotensinogen menjadi angiotensin I. Angiotensin I selanjutnya diubah menjadi angiotensin II oleh ACE. Angiotensin II merupakan peptide multifungsional yang secara tidak langsung meningkatkan vasokonstriksi, tahanan vaskular, tekanan darah dan volume darah. Selain itu, angiotensin II dapat menstimulasi korteks cerebral untuk melepaskan hormon aldosteron yang selanjutnya akan mengirimkan sinyal ke ginjal untuk meningkatkan retensi sodium dan cairan. Angiotensin II juga memicu kelenjar hipofise posterior untuk melepaskan vasopressin, yang menyebabkan ginjal meningkatkan absorpsi cairan. Jalur *Renin-Angiotensin System* bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Efek Gena ACE terhadap *Renin-Angiotensin System* (Sumber: Mayne, 2006)

Polimorfisme ACE I/D terkait dengan ada (I) atau tidak adanya (D) rangkaian berulang 287 bp alu. Alel D (*Deletion*) terkait dengan fragmen 190 bp. Individu dengan genotip DD mempunyai kadar ACE serum yang tinggi. Kadar ACE serum yang lebih tinggi akan meningkatkan konversi angiotensin I menjadi angiotensin II dan sebagai hasilnya terjadi vasokonstriksi pembuluh darah. Alel I (*Insertion*) terkait dengan fragmen 490 bp dan berhubungan dengan rendahnya kadar ACE serum. Polimorfisme ACE I/D dalam bidang medis sudah diteliti

Proceedings Seminar Nasional Olahraga
“PERAN OLAHRAGA DALAM ERA GLOBAL”
Dies Natalis Universitas Negeri Yogyakarta



dalam berbagai kondisi, seperti Diabetes, Alzheimer, dan penyakit kardiovaskular. Selain itu, gena ACE juga diteliti pada atlet elit dalam kaitannya dengan performa olahraga.

Gena ACE berlokasi di kromosom 17, terdiri atas 20546 basa dan 25 ekson. Gena Angiotensin-converting enzyme (ACE) ditemukan di otot dengan panjang 287 base pairs (bp). Ada 2 alel yaitu I (insertion) dan D (deletion). Individu dengan genotip DD mempunyai kadar serum ACE yang lebih tinggi, sedangkan individu dengan genotip II mempunyai kadar serum ACE yang lebih rendah. Studi farmakologi mengindikasikan bahwa penekanan aktivitas ACE dalam waktu lama oleh ACE inhibitor dapat meningkatkan performa endurans melalui peningkatan ekspresi gena *myosin heavy chain* (MHC) I (Tobina *et al.*, 2007).

Alel I terkait dengan aktivitas ACE yang lebih rendah sehingga vasokonstriksi kurang dan pengiriman darah kaya oksigen ke otot-otot yang bekerja meningkat. Atlet yang memiliki alel I dan genotip II memperlihatkan performa endurans yang lebih baik (Montgomery *et al.*, 2000). Banyak studi pada atlet elit memperlihatkan perbedaan alel I dalam disiplin *sprint/power* vs endurans. Pada studi yang melibatkan atlet elit Rusia (atlet renang, ski, dan atletik nomor jarak pendek), frekuensi alel D dominan (72%) sedangkan pada kelompok atlet lari jarak menengah, frekuensi alel I dominan (73%). Alel I secara umum terkait dengan meningkatnya performa endurans seperti pada pelari, perenang, atlet dayung jarak jauh, Alel I dipercaya mengubah respons metabolik sehingga memfasilitasi metabolisme oksidatif.

Alel D dikaitkan dengan peningkatan massa otot ventrikel kiri, $VO_2\max$ yang lebih tinggi, dan tambahan kekuatan yang lebih besar sebagai respons terhadap latihan. Alel D terkait dengan performa yang berorientasi pada kekuatan/*power* Individu dengan genotip DD cenderung merespons latihan *power* lebih baik, sementara individu dengan genotip II lebih merespons terhadap latihan endurans. Pada studi yang melibatkan 91 pelari Olimpiade Inggris, frekuensi alel I meningkat pada atlet elit endurans. hal ini mengindikasikan bahwa genotip II lebih dominan pada atlet elit nomor endurans dan jarang pada atlet *sprint* (Ostraender *et al.*, 2009).



Faktor Genetik dan Trainability

Trainability didefinisikan sebagai kemampuan individu dalam merespons stimulus latihan pada berbagai tahap pertumbuhan dan perkembangan yang berbeda. Periode perkembangan yang penting yaitu pada titik perkembangan kapasitas spesifik, saat latihan mempunyai efek yang optimal.

Trainability merujuk pada kemampuan seseorang untuk dilatih. Ada atlet yang sangat cepat merespons program latihan (*responders*), namun ada yang lambat (*non-responders*). *Trainability* diduga juga dipengaruhi oleh faktor genetik. Paul Tergat, seorang pelari marathon elit dari distrik Nandi di Kenya menjadi contoh seorang atlet yang memiliki *trainability* yang sangat baik. Paul Tergat mulai menekuni lari pada umur 19 tahun, namun sudah menjadi atlet elit pada usia 21 tahun dan memegang rekor dunia nomor marathon dari tahun 2003-2007. Ada sejumlah contoh atlet lain dari Kenya yang mencapai performa tingkat dunia segera sesudah memulai menekuni lari (Tucker *et al.*, 2013). Fenomena yang terjadi pada para pelari Kenya bukan hanya karena pengaruh gen tunggal, namun merupakan kombinasi berbagai faktor, seperti karakteristik somatotipe yang sesuai, kapasitas biomekanik, efisiensi metabolik, paparan terhadap lingkungan di ketinggian dikombinasi dengan program latihan volume sedang, intensitas tinggi (*live high-train high*), disertai motivasi psikologis yang kuat dengan tujuan kesejahteraan secara ekonomi dan mendapatkan status sosial yang tinggi diduga merupakan rahasia kesuksesan atlet-atlet Afrika Timur (Tucker *et al.*, 2013).

Apakah arti temuan-temuan gena-gena yang terkait dengan performa olahraga?

Informasi yang diperoleh dari hasil-hasil penelitian yang membahas tentang gena-gena yang terkait dengan performa olahraga sangat menarik. Namun demikian, apakah informasi ini berguna bagi atlet dan pelatih?

Hasil tes genetik dapat digunakan sebagai panduan bagi pelatih untuk mengarahkan atlet sesuai dengan potensi genetiknya. Pada kasus gena ACTN3, diketahui bahwa individu dengan genotip RR akan merespons latihan *power* lebih besar daripada individu dengan genotip XX. Jadi, jika ada individu dengan genotip RR, pelatih dapat merekomendasikan latihan *power* yang lebih banyak. Sementara bagi individu XX, dapat direkomendasikan program latihan *power*



dengan repetisi yang lebih tinggi. Individu dengan genotip RR akan mendapatkan manfaat dari latihan *sprint* intensitas tinggi dalam jarak pendek, sedangkan individu dengan genotip RX mungkin merespons latihan speed endurans dengan lebih baik. perbedaan arsitektur otot dan tipe serabut terjadi karena perbedaan pada tipe genotip gena ACTN3 ini.

Individu dengan gena yang memperlihatkan bahwa mereka lebih efisien dalam membentuk pembuluh darah baru di dalam otot dan lebih efisien dalam biogenesis mitokondria akan merespons latihan lari endurans dengan baik.

KESIMPULAN

Atlet elit merupakan kombinasi dari faktor genetik dan faktor lingkungan (latihan dan nutrisi). bagaimana atlet merespons terhadap latihan dipengaruhi oleh genetik. *Trainability* sangat dipengaruhi oleh faktor genetik,

Tes genetik bukanlah sebuah pil ajaib. Tes genetik berguna untuk membuat keputusan dengan berdasar pada bukti ilmiah. Tes genetik juga dapat menghindarkan dari *trial and error* yang menghabiskan biaya dan waktu atlet untuk mencapai kesuksesan. Jika seorang atlet melakukan tes genetik di usia 18 tahun, hasil dari tes tersebut dapat mencegah bertahun-tahun program latihan dan diet yang salah dan menempatkan atlet tersebut pada jalur yang tepat. Informasi profil genetik seorang atlet atau calon atlet dapat membantu pengembangan seorang lebih awal sehingga mereka dapat menerima dukungan yang mereka perlukan untuk mencapai performa olahraga di tingkat elit.

Dengan semakin berkembangnya tes-tes genetik dalam kaitan dengan performa olahraga, program latihan dan diet yang bersifat personal dapat diterapkan, khususnya pada atlet elit sehingga kelak akan diterapkan program latihan sesuai dengan potensi genetiknya secara individual. Efek positif faktor genetik terhadap performa olahraga harus dikombinasikan dengan program latihan yang efektif disertai gaya hidup sehat untuk mencapai kesuksesan

Tantangan ke depan bagi dunia olahraga di Indonesia yaitu bagaimana mengombinasikan pola pemanduan bakat secara konvensional dengan melihat fenotip seperti faktor antropometri, tes-tes fisik dengan faktor genetik beserta semua hal yang mendukung perkembangan atlet seperti program latihan yang ideal, nutrisi yang tepat, peralatan olahraga yang memadai, dan lain-lain.



DAFTAR PUSTAKA

- Bouchard C., R. Malina, L. Perusse. 1997. *Genetics of Fitness and Physical Performance*. Champaign: Human Kinetics, 1-400.
- Calo, CM & Vona, G. 2008. Gene Polymorphisms and Elite Athletic Performance. *Journal of Anthropological Sciences*, Vol.86: 113-131
- Delmonico, M.J., Kostek, M.C., Doldo, N.A., Hand, B.D., Walsh, S., Conway, J.M., Carignan, C.R., Roth, S.M., & Hurley, B.F. 2007. Alpha-actinin-3 (ACTN3) R577X polymorphism influences knee extensor peak power response to strength training in older men and women. *J. Gerontol A Biol Med Sci*, vol. 62A,2: 206-212.
- MacArthur, D. & North, K.N. 2004. A gene for speed? The function and evolutionary history of α -actinin-3. *Bioessays*, 26: 786-895.
- MacArthur, D.G., Seto, J.T., Raffery, J.M. 2007. Loss of ACTN3 gene function alters mouse metabolism and shows evidence of positive selection in humans. *Nat Genet*, 39: 1261-1265.
- Mayne, I. 2006. Examination of the ACE and ACTN3 genes in UTC Varsity athletes and sedentary student. *Thesis*. The University of Tennessee.
- Neeser, KJ. 2009. The Genes who make the Champions:"Can Genes predict Athletic Performance?" *Proceeding of the 2009 Management and Technology in Sport Science*
- Rankinen, T., Perusse, L., Rauramaa, R., Rivera, MA., Wolfarth, B., Bouchard, C. 2004. The Human Gen Map for Performance and Health-related Fitness Phenotypes. The 2003 Update. *Medicine & Science in sport & Exercise*. 36(9): 1451-69.
- Segura, J. 2008. Genes, Sport Performance, & Doping. IOC Medical Commission. *Presentation*
- Tobina T, Kiyonaga A, Akagi Y, Mori Y, Ishii K, Chiba H, Shindo M, & Tanaka H. 2007. Angiotensin I converting enzyme gene polymorphism and exercise trainability in elderly women: An electrocardiological approach. *JSSM*, 6:: 230-236.
- Tucker R, Concejero JS, & Collins M. 2013. The Genetic Basis for Elite Running Performance. *Br J Sports Med*; 47(9): 545-549
- Wackerhage H. 2014. *Molecular exercise physiology: an Introduction*. Routledge, NY.