

ISSN: 1411-0016



# JURNAL IPTEK OLAHRAGA

Volume 16, Nomor 3, September-Desember 2014

**Pengembangan Judo Instruksional *Kyu 5* untuk Pejudo Persatuan Judo  
Seluruh Indonesia**

*(Ari Wibowo Kurniawan)*

**Polimorfisme R577X Gena ACTN3 Atlet Atletik Indonesia:  
Suatu Tinjauan Genetik Otot**

*(Rachmah Laksmi Ambardini, Hari Kusnanto, Indwiani Astuti & Ahmad  
Hamim S.)*

**Efektivitas *Audio Visual Imagery* untuk Meningkatkan Ketepatan  
*Service Flat* Tennis Lapangan**

*(Hendro Kusworo)*

**Pengaruh Metode Latihan dan Fleksibilitas terhadap Keterampilan  
Menerima Servis pada Permainan Sepak Takraw**

*(Sulaiman)*

**Analisis Penampilan *Stroke Rate* Perenang Indonesia di Pekan  
Olahraga Nasional Riau 2012**

*(Dikdik Zafar Sidik, Iman Imanudin, Sufyar Mudjiyanto & Luky Affari)*

**Pengaruh Latihan Pliometrik dan Latihan Beban terhadap *Jumping  
Smash* Atlet Bulutangkis**

*(Syahriadi)*

Diterbitkan oleh:

**KEMENTERIAN PEMUDA DAN OLAHRAGA R.I.**

Gedung Grha Pemuda dan Olahraga Lantai 4, Jalan Gerbang Pemuda No. 3

Senayan Jakarta Pusat-10270

Email: [jurnal\\_iptekor@yahoo.co.id](mailto:jurnal_iptekor@yahoo.co.id)

**JURNAL IPTEK OLAHRAGA**

Volume 16, Nomor 3, September-Desember 2014

**DAFTAR ISI**

Ari Wibowo Kurniawan	Pengembangan Judo Instruksional <i>Kyu 5</i> untuk Pejudo Persatuan Judo Seluruh Indonesia.....240-253
Rachmah Laksmi Ambardini, Hari Kusnanto, Indwani Astuti & Ahmad Hamim S.	Polimorfisme R577X Gena <i>ACTN3</i> Atlet Atletik Indonesia: Suatu Tinjauan Genetik Otot.....254-269
Hendro Kusworo	Efektivitas <i>Audio Visual Imagery</i> untuk Meningkatkan Ketepatan <i>Service Flat</i> Tennis Lapangan.....270-285
Sulaiman	Pengaruh Metode Latihan dan Fleksibilitas terhadap Keterampilan Menerima Servis pada Permainan Sepak Takraw.....286-300
Dikdik Zafar Sidik, Iman Imanudin, Sufyar Mudjiyanto & Luky Affari	Analisis Penampilan <i>Stroke Rate</i> Perenang Indonesia di Pekan Olahraga Nasional Riau 2012.....301-315
Syariadi	Pengaruh Latihan Pliometrik dan Latihan Beban terhadap <i>Jumping Smash</i> Atlet Bulutangkis.....316-331

# POLIMORFISME R577X GENA *ACTN3* ATLET ATLETIK INDONESIA: SUATU TINJAUAN GENETIK OTOT

Rachmah Laksmi Ambardini<sup>1</sup>  
Hari Kusnanto<sup>2</sup>  
Indwiani Astuti<sup>3</sup>  
Ahmad Hamim S.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta,

<sup>2</sup>Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kedokteran Universitas Gajah Mada, Yogyakarta,

<sup>3</sup>Bagian Farmakologi Fakultas Kedokteran, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta

<sup>4</sup>Bagian Biokimia Fakultas Kedokteran, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta

E-mail: ambardini28@gmail.com / rachmah\_la@uny.ac.id

**Abstrak:** Gen *ACTN3* R577X di otot lurik tipe cepat (otot putih) diketahui mempunyai keterkaitan dengan performa olahraga, khususnya pada nomor-nomor yang berbasis kecepatan, kekuatan dan *power*. Adanya alel X, yang terkait dengan tidak terbentuknya protein  $\alpha$ -actinin-3 (*ACTN3*) diduga melemahkan performa olahraga, khususnya pada kontraksi otot dengan intensitas tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola polimorfisme gen *ACTN3* R577X pada atlet atletik Indonesia. Metode penelitian ini adalah survei dengan pendekatan *cross sectional*. Sampel dalam penelitian ini adalah 32 atlet atletik nasional Indonesia. Sebelum mengikuti penelitian, subjek diminta menandatangani kesediaan mengikuti penelitian (*informed consent*), kemudian subjek diambil darah 5 cc dari vena *antecubiti*, dimasukkan dalam tabung yang sudah diberi EDTA. Selanjutnya dilakukan ekstraksi DNA dan dilakukan amplifikasi menggunakan *polymerase chain reaction* (PCR). Langkah berikutnya dilakukan *restriction fragment length polymorphism* (RFLP) dengan enzim restriksi DdeI. Elektroforesis menggunakan *agarose gel*, dan diwarnai dengan *ethidium bromide* serta divisualisasi menggunakan sinar ultraviolet, sehingga diperoleh gambaran polimorfisme gen *ACTN3* R577X dengan kemungkinan genotip RR, RX, atau XX. Teknik analisis data menggunakan analisis deskriptif kuantitatif untuk menggambarkan pola polimorfisme gen *ACTN3* R577X pada atlet atletik. Distribusi genotip adalah 18,7% RR, 75% RX dan 6,3% XX. Tidak ditemukan atlet atletik kategori elit dan *sprint* yang mempunyai genotip XX menyiratkan bahwa alel R gen *ACTN3* sangat penting pada nomor-nomor olahraga yang berbasis kecepatan, kekuatan dan *power*, dan genotip XX tampaknya menghambat seseorang untuk menjadi atlet elit.

**Kata kunci:** polimorfisme gen *ACTN3*, atletik, otot

Prestasi olahraga Indonesia beberapa tahun belakangan ini semakin tertinggal dibandingkan dengan negara-negara lain, terutama di tingkat persaingan lebih tinggi seperti Olimpiade atau Asian Games. Seperti diketahui, prestasi olahraga ditentukan berbagai faktor, seperti program latihan, nutrisi, mental, dan genetik. Pada atlet elit, program latihan dan pengaturan nutrisi

hampir sama kualitasnya di antara kompetitor, sehingga peran gena dalam menentukan prestasi tinggi dalam olahraga menjadi perhatian.

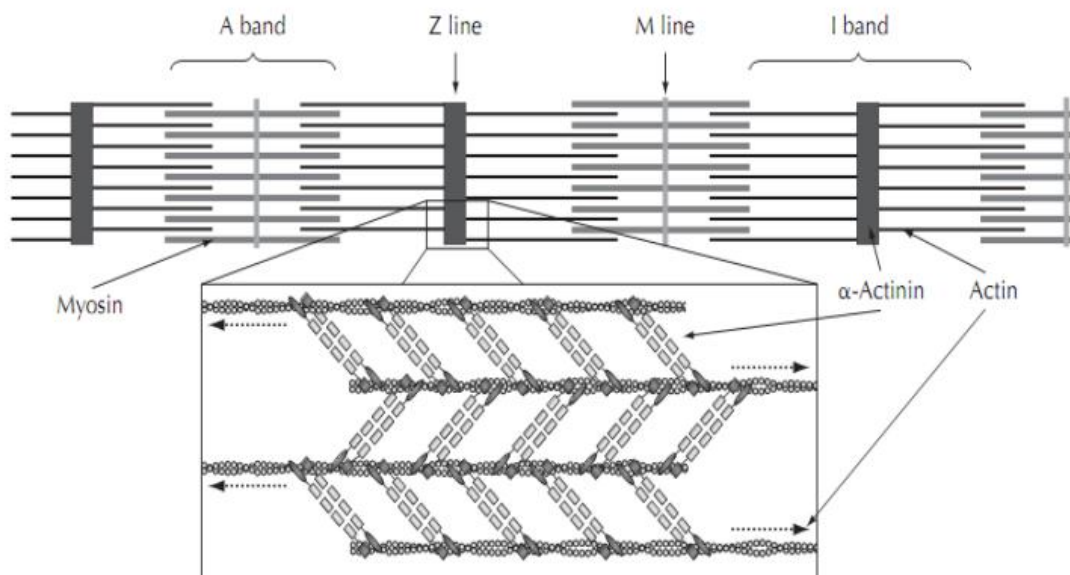
Gena menentukan potensi seseorang untuk mengembangkan berbagai karakteristik struktural dan fungsional penting dalam olahraga (Neeser, 2009). Gena juga menentukan bagaimana seorang atlet merespons program latihan, nutrisi, dan faktor lingkungan lainnya (Bouchard *et al.*, 1997). Beberapa ahli mengatakan bahwa medali emas Olimpiade diawali dengan gena yang baik. Peran gena dalam mempengaruhi performa fisik olahraga mulai banyak diteliti (Yang *et al.*, 2003; MacArthur & North, 2007; Wolfarth *et al.*, 2005). Fakta bahwa beberapa individu dari ras dan etnik tertentu cenderung menguasai cabang olahraga tertentu menarik perhatian banyak pihak. Sebagai contoh Jamaica. Jamaica adalah sebuah negeri kecil, namun memiliki medali Olimpiade lebih banyak daripada negara-negara yang lebih luas dengan tingkat kesejahteraan yang lebih baik. Pada Olimpiade Beijing tahun 2008, atlet-atlet Jamaica menguasai nomor lari jarak pendek. Pada lari 200 m, empat posisi teratas dikuasai atlet-atlet Jamaica dan pemegang rekor dunia lari 100 m putra dikuasai oleh atlet Jamaica. Dalam hal ini, salah satu faktor yang diperkirakan berpengaruh adalah faktor gena (Neeser, 2009).

Kekuatan gena dalam mempengaruhi karakteristik performa fisik dalam olahraga bervariasi. Karakteristik seperti keseimbangan, waktu reaksi, serta akurasi dipengaruhi gena dalam rentang kecil sampai sedang, dan tampaknya lebih dipengaruhi oleh faktor latihan, nutrisi, dan faktor lingkungan lain. Sementara karakteristik fisik seperti kekuatan, fleksibilitas, ukuran dan komposisi serabut otot serta kemampuan *endurance*, efek gena besar (Bouchard *et al.*, 1997).

Dalam kaitan dengan otot lurik, gena memberi pengaruh besar terhadap kekuatan otot. Namun di sisi lain, aktivitas enzim-enzim otot yang penting dalam metabolisme energi dan jumlah mitokondria, kurang dipengaruhi oleh gena karena dapat dimodifikasi dengan berbagai tipe latihan fisik. Efek gena terhadap otot relatif besar pada struktur otot (protein kontraktil dan ukuran otot), tetapi tidak pada fungsi otot sehingga dalam hal performa fisik daya tahan otot, yang dipengaruhi oleh faktor struktural dan fungsional, efek gena berada pada rentang sedang sampai besar (Neeser, 2009).

Salah satu gena yang banyak diteliti, terkait dengan perannya dalam mempengaruhi performa dalam olahraga adalah gena  $\alpha$ -actinin-3 (*ACTN3*), khususnya pada atlet elit. Gena

*ACTN3* berlokasi di kromosom 11q13-q14, terdiri atas 21 *exon*, berfungsi mengkode pembentukan protein  $\alpha$ -actinin-3.  $\alpha$ -actinin-3 adalah protein yang mengikat aktin dan secara struktural terkait dengan distrofin (MacArthur & North, 2007). Pada manusia, ada dua gen yang mengkode  $\alpha$ -actinin otot lurik, yaitu *ACTN2*, yang ekspresinya pada semua jenis serabut otot lurik (otot merah dan putih) dan *ACTN3*, yang ekspresinya terbatas pada serabut otot tipe cepat (otot putih) (North *et al.*, 1999). Protein *ACTN3* berfungsi menyediakan dukungan struktural untuk transmisi kekuatan selama kontraksi otot sepanjang garis Z (membentuk tautan diantara filamen aktin) dan mengoordinasi kontraksi *myofilamen*.



Gambar 1. Lokasi dan Struktur  $\alpha$ -actinin  
(Sumber: Bouchard, 2011)

*Sarcomeric  $\alpha$ -actinins* terdapat di garis Z, menghubungkan *actin* dari sarkomer terdekat. Dimer antiparalel dari  $\alpha$ -actinins mengait silang (*cross-link*) *actin* dan menstabilkan struktur saat melawan kekuatan yang dihasilkan oleh apparatus kontraktile.

Polimorfisme fungsional gena *ACTN3* diidentifikasi oleh North *et al.* (1999). Polimorfisme ini dikenal sebagai R577X (rs1815739), merupakan transisi dari *Cytosine* (R) ke *Tymine* (X) pada posisi 1747 di *exon* 16, menghasilkan *premature stop codon*, yang terkait dengan absennya ekspresi *ACTN3* pada individu dengan genotip XX (North *et al.*, 1999). Pada individu dengan genotip XX, tubuhnya tidak mampu membentuk protein *ACTN3*.

Namun karena gena *ACTN2* ekspresinya terjadi baik pada otot merah (tipe I) maupun otot putih (tipe II), maka dapat menggantikan hilangnya protein *ACTN3* pada serabut otot tipe II pada individu 577X homozigot (genotip XX). Defisiensi ini tidak berakibat suatu fenotip penyakit atau kelemahan fungsional muskular (MacArthur & North, 2007).

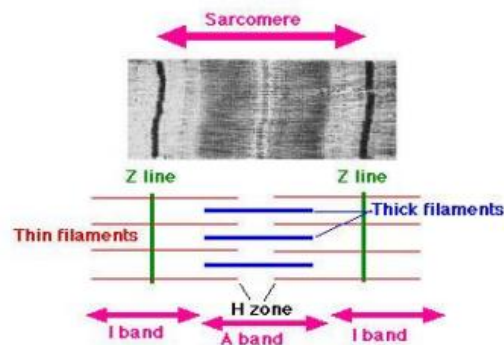
Penelitian pada tikus dan manusia memperlihatkan bahwa defisiensi *ACTN3* berakibat berkurangnya kekuatan otot, meskipun pada kedua kasus tersebut kekuatan otot pada individu yang mengalami defisiensi *ACTN3* masih dalam rentang normal. Penelitian oleh MacArthur *et al.* (2008) pada tikus yang mengalami defisiensi *ACTN3* (tikus *ACTN3* KO), kekuatan genggam (*grip strength*) pada tikus jantan 7,4% lebih rendah dan betina 6,0% lebih rendah dibandingkan dengan tikus yang tidak mengalami defisiensi *ACTN3* (tikus *wild type*). Profil kontraktil otot tikus KO yang diisolasi memperlihatkan perubahan serabut otot tipe cepat (yang bertanggung jawab menghasilkan kekuatan kontraksi cepat) menjadi serabut otot dengan karakteristik lambat (mula kerja lambat, tetapi secara metabolik lebih efisien). Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian pada atlet *sprint/power*, yang menemukan adanya hubungan negatif antara genotip XX dengan status atlet *sprint/power* (Yang *et al.*, 2003; Niemi & Majamaa, 2005). Alel *nonsense* (tidak membentuk protein *ACTN3*) ditemukan pada tiap populasi manusia dengan variasi yang lebar (dari 1% di Bantu, Afrika sampai 25% pada populasi Asia), mengimplikasikan bahwa keseimbangan seleksi mungkin terlibat dalam mempertahankan polimorfisme tersebut (Yang *et al.*, 2003). Hal ini menyiratkan bahwa genotip *ACTN3* mungkin menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi variasi normal dalam fungsi otot dan sebagai konsekuensinya juga mempengaruhi performa fisik manusia.

Sejumlah penelitian menunjukkan adanya keterkaitan gena dengan performa olahraga. Alel tertentu dari gena *ACTN3* diketahui menghasilkan sifat menguntungkan, terkait dengan performa olahraga (Yang *et al.*, 2003). Individu yang mempunyai gena *ACTN3* dengan genotip RR sangat terkait dengan performa yang membutuhkan kecepatan, kekuatan atau *power*, sedangkan individu dengan genotip XX (tidak mempunyai *ACTN3* di ototnya) ternyata tidak mampu meraih performa tinggi pada aktivitas fisik yang membutuhkan kecepatan, kekuatan atau *power*. Hal ini menyiratkan bahwa alel R dari polimorfisme *ACTN3* R577X memberikan keuntungan untuk aktivitas yang terkait dengan kecepatan atau *power* dibandingkan alel X.

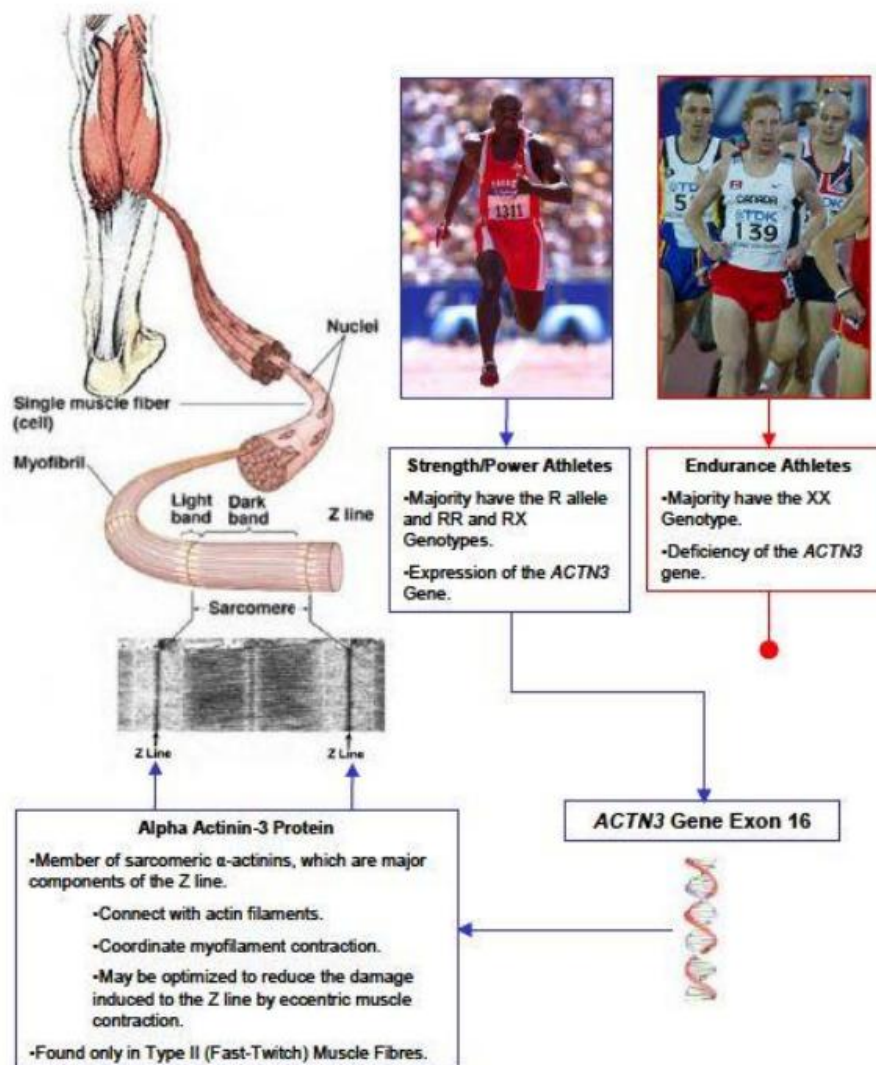
Studi awal tentang polimorfisme R577X pada atlet menunjukkan bahwa frekuensi alel 577X lebih rendah secara signifikan pada atlet elit nomor *sprint* dan *power* dibandingkan kelompok kontrol (Yang, 2003). Ekspresi  $\alpha$ -actinin-3 terbatas pada serabut otot tipe cepat dan polimorfisme R577X menghasilkan defisiensi  $\alpha$ -actinin-3 yang luas pada manusia. Hal ini meningkatkan kemungkinan bahwa genotip *ACTN3* berkontribusi terhadap variasi manusia normal pada performa otot skelet dan ada atau tidaknya  $\alpha$ -actinin-3 mungkin mempengaruhi aktivitas *sprint* atau *power* yang ditampilkan oleh serabut otot tipe cepat. Sejak beberapa efek pada fungsi otot bisa diobservasi pada performa manusia tingkat ekstrem, efek genotip *ACTN3* paling ekstensif dipelajari pada atlet elit (Yang *et al.*, 2009).

Sementara Niemi dan Majamaa (2005) melaporkan temuan bahwa frekuensi genotip XX pada atlet nomor *sprint* Finlandia lebih rendah daripada atlet-atlet nomor *endurance*. Tidak ada atlet nomor *sprint* top Finlandia yang mempunyai genotip XX. Hal ini mengindikasikan bahwa  $\alpha$ -actinin-3 berkaitan dengan kapasitas untuk menampilkan aktivitas otot yang membutuhkan *power* otot.

Penelitian terkait polimorfisme gen *ACTN3* banyak dilakukan pada atlet elit yang berkompetisi di tingkat Olimpiade. Sementara pola polimorfisme gen *ACTN3* atlet Indonesia belum diketahui. Di sisi lain, timbul pertanyaan apakah terpuruknya prestasi olahraga Indonesia terkait dengan belum tepatnya mengarahkan seseorang untuk menekuni cabang olahraga yang sesuai dengan kondisi genetik ototnya? Bagaimanakah pola polimorfisme gen *ACTN3* pada atlet atletik Indonesia? Penelitian ini akan mengidentifikasi pola polimorfisme gen *ACTN3* pada atlet atletik Indonesia, khususnya pada atlet cabang atletik. Gambaran skematik efek gen *ACTN3* terhadap sistem otot dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 2. *Protein  $\alpha$ -actinin 3* (di Garis Z)  
(Sumber: Kohlmann, 2013)



Gambar 1. Efek Gena *ACTN3* terhadap Otot  
(Sumber: Kohlmann, 2013)

## METODE

Penelitian ini adalah penelitian survei dengan menggunakan rancangan penelitian *cross sectional*. Populasi penelitian adalah atlet atletik yang minimal sudah bertanding di tingkat nasional, atlet terbagi menjadi kategori elit dan subelit. Atlet dikategorikan elit jika minimal sudah pernah meraih medali emas pada tingkat Pekan Olahraga Nasional (PON), sedangkan atlet subelit adalah atlet Indonesia yang sudah pernah bertanding di tingkat nasional cabang olahraga yang ditekuni.

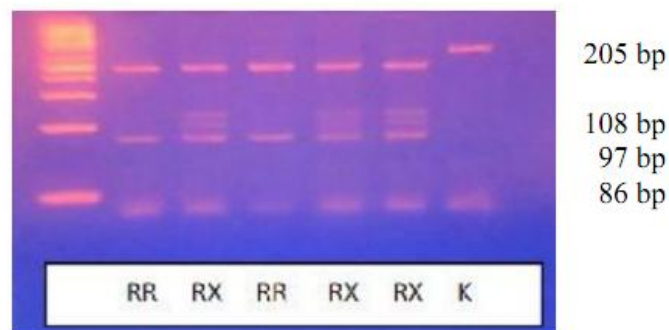


Sampel penelitian berjumlah 32 orang, dalam aktivitas yang mewakili tipe olahraga *sprint* (kecepatan, kekuatan atau *power*), yaitu cabang olahraga atletik *track and field* (lari jarak pendek dan nomor lempar, serta lompat) dan *endurance* (lari jarak menengah dan jauh). Penelitian ini sudah mendapat persetujuan dari komisi etik Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada dan subjek penelitian sudah memberikan persetujuan mengikuti penelitian secara tertulis (*informed consent*).

### Pengambilan Sampel Darah dan Penentuan Genotip (*Genotyping*)

Subjek diambil darah 5 cc dari vena *antecubiti*, dimasukkan dalam tabung yang sudah diberi EDTA. Selanjutnya dilakukan isolasi DNA dan dilakukan amplifikasi menggunakan *polymerase chain reaction* (PCR) dengan metode yang dikembangkan oleh Mills (2001). Langkah berikutnya dilakukan *restriction fragment length polymorphism* (RFLP) menggunakan enzim DdeI dan elektroforesis dengan agarose gel, diwarnai dengan *ethidium bromide* serta divisualisasi menggunakan sinar ultraviolet, sehingga diperoleh gambaran polimorfisme gena *ACTN3* R577X dengan kemungkinan genotip RR, RX, atau XX.

Alel 577R dan 577X *ACTN3* exon 16 dibedakan berdasarkan ada tidaknya *single nucleotide polymorphism* (SNP) yang ditandai dengan terbentuknya sisi pemotongan untuk enzim DdeI. Digesti produk PCR 291 bp pada alel 577R (DdeI-) membentuk dua fragmen, yaitu 205 bp dan 86 bp. Sementara, digesti DdeI alel 577X (DdeI+) membentuk tiga fragmen, yaitu 108 bp, 97 bp, dan 86 bp (Mayne, 2006). Hasil RFLP terlihat pada Gambar 2.

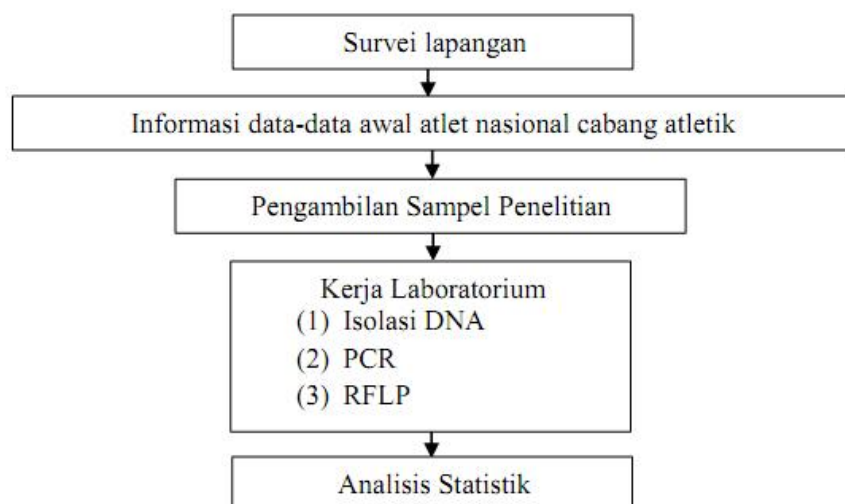


Gambar 2. Hasil RFLP Gena *ACTN3*  
(Sumber: Penulis, 2013)

Siklus PCR untuk *ACTN3* exon 16 terdiri atas 30 siklus, 94°C selama 5 menit, denaturasi 94°C selama 30 detik, *annealing* 56°C selama 30 detik, ekstensi 72°C selama 3 menit, dan ekstensi final 72°C selama 7 menit. Sesudah ekstensi final, *temperature block* diturunkan ke 4°C sampai sampel dapat dipindahkan dan disimpan sampai uji berikutnya.

Teknik analisis data menggunakan analisis deskriptif kuantitatif untuk menggambarkan pola polimorfisme gena *ACTN3* R577X pada atlet atletik Indonesia.

### Bagan Alir Penelitian



## HASIL

### Karakteristik Subjek Penelitian

Subjek penelitian berjumlah 32 orang, terdiri dari 19 (59,4%) laki-laki dan 13 (40,6%) orang wanita. Umur rata-rata subjek adalah  $23,1 \pm 3,97$  tahun. Umur 23 tahun merupakan umur ideal untuk mencapai puncak prestasi. *Body mass index* (BMI) subjek mempunyai rerata  $22,1 \pm 4,5$  Kg/m<sup>2</sup>. Rerata BMI subjek penelitian termasuk dalam kategori normal. Sementara persentase lemak subjek  $9,05 \pm 6,9$  %.

Bentuk fisik, termasuk berat badan, komposisi tubuh, ukuran dan bentuk tubuh penting untuk mengoptimalkan performa fisik dalam olahraga. Dampak variasi fisik bervariasi, tergantung pada jenis olahraga dan tingkat kompetisi. Namun demikian, karakteristik bentuk yang spesifik, bahkan kadang ekstrem sangat penting dalam menunjang

kesuksesan di tingkat elit pada beberapa cabang olahraga, misalnya pada atletik nomor tolak peluru.

Pelari jarak jauh umumnya mempunyai bentuk tubuh yang kecil. Secara fisiologis, bentuk tubuh berpengaruh terhadap kebutuhan energi untuk bergerak, produksi panas, serta pengaturan suhu tubuh (termoregulasi). Pada pelari jarak jauh, berat badan cenderung ringan, biasanya mempunyai persentase lemak tubuh rendah, tinggi badan lebih rendah, dan massa tubuh bebas lemak tinggi. Hal ini memberi keuntungan pada olahraga *endurance* karena mengurangi kebutuhan energi untuk bergerak.

Sebaliknya, pada olahraga atletik nomor lempar (tolak peluru, lempar lembing, lempar cakram), berat badan lebih relatif terhadap tinggi badan (mesomorf) merupakan postur yang diharapkan dan atlet pada cabang olahraga ini biasanya mempunyai BMI lebih dari 30 kg/m<sup>2</sup>. Nilai ini termasuk obesitas berdasarkan standar *World Health Organization* (WHO), meskipun naiknya nilai BMI ini merefleksikan perkembangan otot yang tinggi dan bukan karena kelebihan lemak.

Pada atletik nomor lompat tinggi cenderung ektomorf. Postur tinggi tanpa kelebihan lemak sangat penting. Faktanya, tinggi badan pada cabang lompat tinggi meningkat 10 cm sejak teknik baru lompat tinggi diperkenalkan. Analisis performa lompat tinggi menunjukkan bahwa pelompat tinggi wanita 191 kali lebih sering tampil di final Olimpiade jika mempunyai tinggi badan lebih dari 180 cm jika dibandingkan yang bertinggi badan kurang dari 151 cm. Karakteristik fisik memengaruhi performa dan pengaruhnya berbeda pada beberapa cabang olahraga. Karakteristik seperti tinggi badan dan panjang serta lebar rangka tidak bisa dimanipulasi. Namun demikian, berat badan dan massa tubuh bebas lemak lebih bisa diubah. Atlet dapat menerapkan strategi efektif untuk mencapai tujuan yang diinginkan, tetapi harus juga diingat bahwa ada faktor genetik yang membatasi kapasitas untuk berubah (Lanham *et al.*, 2011).

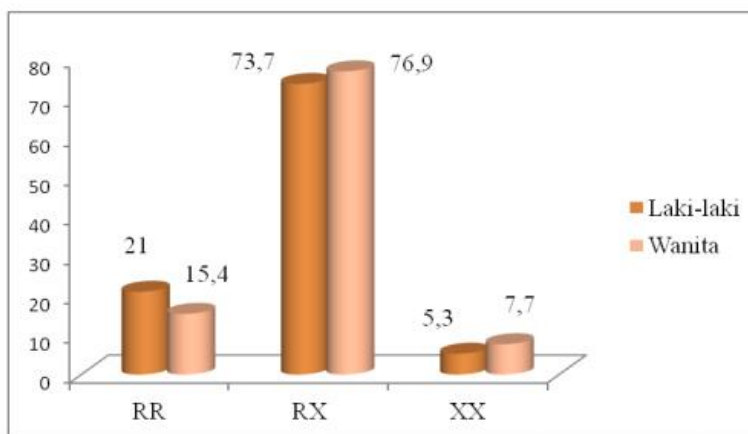
### **Distribusi Genotip *ACTN3***

Distribusi genotip *ACTN3* berdasarkan jenis kelamin disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi Genotip ACTN3 R577X Berdasarkan Jenis Kelamin

Jenis Kelamin	Genotip <i>ACTN3</i> R577X, n (%)			Total
	RR	RX	XX	
Laki-laki	4 (21,0)	14 (73,7)	1 (5,3)	19 (59,4)
Wanita	2 (15,4)	10 (76,9)	1 (7,7)	13 (40,6)
Total	6 (18,7)	24 (75,0)	2 (6,3)	32 (100)

Atlet atletik laki-laki yang mempunyai genotip RR 4 orang (21%), RX 14 orang (73,7%), dan XX 1 orang (5,3), sedangkan atlet wanita, 2 orang (15,4%) bergenotip RR, 10 orang (76,9%), dan 1 orang (7,7%) XX. Diagram batang distribusi genotip *ACTN3* berdasarkan jenis kelamin ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Distribusi Genotip *ACTN3* Berdasarkan Jenis Kelamin

Karakteristik subjek penelitian berdasarkan nomor atletik yang ditekuni dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Subjek Berdasarkan Nomor Atletik Yang Ditekuni

Nomor	n	(%)
Lari jarak pendek	6	18,8
Lari gawang	5	15,6
Lari jarak menengah	7	21,8
Lempar	3	9,4
Lompat	9	28,1
Tolak peluru	2	6,3
Total	32	100

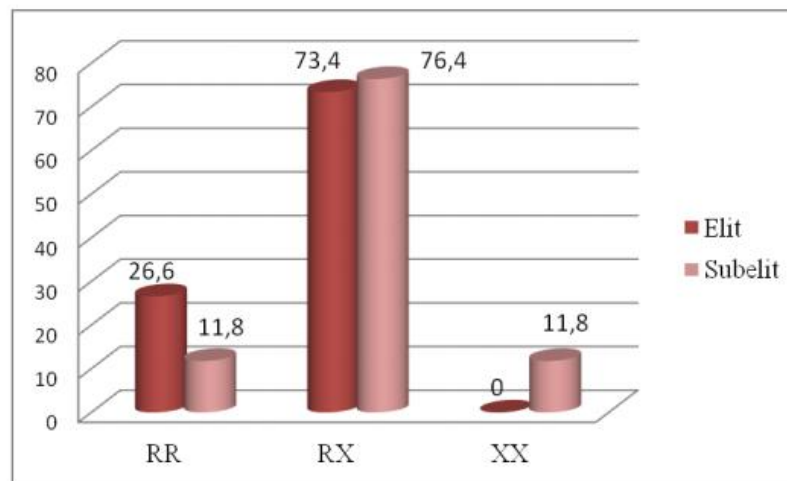
Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa untuk nomor lari, sebagian besar menekuni lari jarak menengah dan jauh (21,8%), sedangkan pada nomor lapangan, sebagian besar menekuni nomor lompat (28,1%).

### Deskripsi Genotip ACTN3 R577X berdasarkan Status Atlet

Tabel 3. Distribusi Genotip ACTN3 R577X Berdasarkan Status Atlet

Status Atlet	Genotip ACTN3 R577X, n (%)			Total
	RR	RX	XX	
Elit	4 (26,6)	11 (73,4)	0 (0)	15 (46,9)
Subelit	2 (11,8)	13 (76,4)	2 (11,8)	17 (53,1)
Total	6 (18,7)	24 (75,0)	2 (6,3)	32 (100)

Secara keseluruhan, pola polimorfisme gena ACTN3 R577X pada atlet atletik yaitu 6 orang (18,7%) bergenotip RR, 24 orang (75%) bergenotip RX, dan 2 orang (6,3%) bergenotip XX. Sementara apabila dilihat berdasarkan status atlet, atlet atletik yang berkategori elit ada 15 orang (46,9%) dan subelit 17 orang (53,1%). Atlet elit tidak ada yang tidak mempunyai gena ACTN3, sedangkan atlet subelit yang tidak mempunyai gena ACTN3 sebanyak 6,3%. Gambaran pola polimorfisme gena ACTN3 R577X berdasarkan status atlet ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Frekuensi Genotip ACTN3 (%) Berdasarkan Status Atlet

Keterkaitan antara genotip ACTN3 dengan status atlet dihitung berdasarkan rasio prevalensi, yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rasio Prevalensi Atlet Elit di antara Genotip *ACTN3* R577X

Genotip	Atlet Elit, n (%)	Atlet Subelit, n (%)	Total, n	Rasio Prevalensi
RR	4 (67)	2 (33)	6	1
RX	11 (46)	13 (54)	24	0,69
XX	0 (0)	2 (100)	2	0,0

Pada perhitungan rasio prevalensi ini, yang menjadi acuan adalah genotip RR sehingga besarnya rasio prevalensi RR adalah 1, kemudian berturut-turut 0,69 untuk genotip RX dan 0,0 untuk genotip XX. Berdasarkan rasio prevalensi pada Tabel 4 terlihat bahwa semakin kuat efek gena, semakin elit atlet tersebut. Diduga bahwa genotip XX menghambat seorang atlet untuk mencapai status elit.

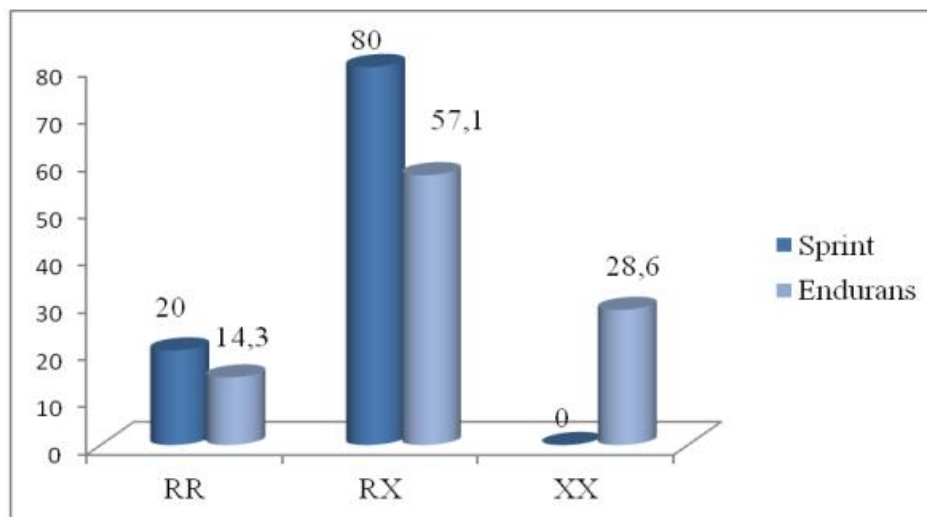
#### Deskripsi Genotip *ACTN3* R577X berdasarkan Energi Dominan

Tabel 5. Distribusi Genotip *ACTN3* R577X Berdasarkan Energi Dominan

Kategori Atlet	Genotip <i>ACTN3</i> R577X, n (%)			Total
	RR	RX	XX	
<i>Sprint</i>	5 (20)	20 (80)	0 (0)	25 (78,1)
<i>Endurance</i>	1 (14,3)	4 (57,1)	2 (28,6)	7 (21,9)
Total	6 (18,7)	24 (75,0)	2 (6,3)	32 (100)

Atlet dikategorikan *sprint* jika sistem energi dominan yang digunakan adalah anaerob, sedangkan *endurance* jika sistem energi dominan yang digunakan adalah aerob. Berdasarkan Tabel 5 diketahui bahwa atlet *sprint* sebagian besar bergenotip RX (80%), diikuti RR (20%). Tidak ada yang bergenotip XX. Atlet *endurance* sebagian besar RX (57,1%), RR 14,3%, dan XX 21,9%.

Diagram batang distribusi genotip *ACTN3* R577X antara atlet *sprint* dan *endurance* disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Distribusi Genotip *ACTN3* R577X Berdasarkan Energi Dominan

Atlet atletik kategori *sprint* tidak ada yang bergenotip XX (Gambar 5). Individu bergenotip XX berarti di otot tipe cepatnya tidak mempunyai protein  $\alpha$ -actinin 3 yang penting dalam mempetahankan struktur serabut otot, terutama saat kontraksi otot dengan kekuatan penuh seperti yang dibutuhkan pada nomor yang berlandaskan pada kecepatan, kekuatan, dan *power*. Gambaran di atas sesuai dengan temuan Yang *et al.* (2003), yaitu bahwa atlet nomor *sprint* sangat menguntungkan apabila mempunyai gena *ACTN3* dan pada penelitian Yang *et al.* (2003), atlet elit olimpiade, khususnya atlet wanita, tidak ada yang tidak mempunyai gena ini. Individu dengan genotip RR. mengekspresikan gena *ACTN3* secara penuh di otot skelet tipe cepat sehingga sangat menguntungkan apabila dimiliki oleh atlet yang menekuni nomor *sprint*.

## PEMBAHASAN

Sebagian besar atlet atletik Indonesia mempunyai gena *ACTN3* R577X (RR dan RX). Pada atlet elit dan nomor *sprint* bahkan tidak ada yang bergenotip XX. Hal ini sesuai dengan temuan yang menyatakan bahwa olahraga yang mengandalkan kecepatan, kekuatan, dan *power* sangat menguntungkan jika mempunyai gena ini.

Gena *ACTN3* R577X, genotip RR dan RX terkait dengan predisposisi olahraga yang mengandalkan pada kecepatan, kekuatan, dan *power* dan mempunyai hubungan positif dengan status atlet *power* elit pada atlet Rusia (Druzhevskaya *et al.*, 2008). Pada penelitian ini, tidak ada atlet atletik nomor *sprint*, yang berbasis kecepatan, kekuatan, dan *power*, yang

mengalami bergenotip XX. Atlet-atlet yang dominan energinya anaerob membutuhkan kecepatan, kekuatan, dan *power* yang baik untuk mencapai performa optimal. Hal ini sejalan dengan temuan Yang *et al.* (2003). Yang, *et.al.* (2003) meneliti tentang frekuensi genotip *ACTN3* pada atlet elit. Protein *ACTN3* hanya diekspresikan pada otot lurik tipe cepat sehingga alel X mungkin lebih sedikit ditemukan pada atlet elit nomor kecepatan, kekuatan atau *power*. Yang *et al.* (2003) menemukan keuntungan mempunyai alel R untuk olahraga yang membutuhkan kecepatan dan *power*.

Atlet laki-laki yang mempunyai genotip RR ada 4 orang (21%), 2 orang dari nomor lari (*sprinter*) dan 2 orang dari nomor lapangan (tolak peluru dan lompat galah), sedangkan atlet wanita yang bergenotip RR 2 orang (satu orang dari nomor lompat galah dan satu orang dari nomor lari jarak menengah). Atlet atletik yang menekuni nomor berbasis kecepatan, kekuatan, dan *power* akan lebih menguntungkan kalau mempunyai genotip *ACTN3* RR, karena untuk menekuni nomor-nomor ini membutuhkan kontraksi otot cepat yang difasilitasi oleh *ACTN3* pada serabut otot lurik tipe cepat, yang secara dramatis ditingkatkan melalui latihan kekuatan (Delmonico *et al.*, 2008). Dikatakan bahwa alel R dari gena *ACTN3* memberikan keuntungan untuk performa kekuatan dan *power*. Individu yang mempunyai gena *ACTN3* dengan genotip 577RR terkait dengan performa yang membutuhkan kecepatan/kekuatan/*power*, sedangkan individu dengan genotip XX (tidak mempunyai *ACTN3* di ototnya) ternyata tidak mampu meraih performa tinggi pada aktivitas fisik yang membutuhkan kecepatan/kekuatan/*power*.

Tidak adanya genotip XX pada atlet atletik Indonesia kategori *sprint* (nomor kecepatan, kekuatan, dan *power*) mengindikasikan bahwa atlet-atlet yang menekuni nomor-nomor ini sudah sesuai dengan predisposisi genetik ototnya, walaupun tidak dalam bentuk genotip yang paling kuat (genotip RR). Berdasarkan hasil penelitian, tampak bahwa alel R (genotip RR atau RX) dibutuhkan untuk menjadi atlet elit dan sesuai untuk menekuni nomor *sprint*.

Pemeriksaan predisposisi genotip otot, dalam hal ini gena *ACTN3*, akan lebih baik apabila dilakukan pada atlet junior atau calon atlet sehingga selain profil antropometri, kemampuan biomotor, dan keterampilan cabang olahraga, pertimbangan genetik akan membantu mengarahkan atlet dalam menekuni cabang olahraga sesuai predisposisi



genetiknya. Hal ini diharapkan dapat diterapkan dalam pembinaan atlet-atlet Indonesia di masa mendatang.

## **SIMPULAN**

Distribusi genotip gena *ACTN3* R577X pada atlet atletik Indonesia adalah 18,7% RR, 75,0% RX dan 6,3% XX. Tidak adanya atlet atletik kategori elit dan *sprint* yang mempunyai genotip XX menyiratkan bahwa alel R gena *ACTN3* R577X sangat penting pada nomor-nomor yang berbasis pada kecepatan, kekuatan dan *power* dan dibutuhkan untuk menjadi seorang atlet elit.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- 
- Bouchard C., R. Malina, L. Perusse. 1997. *Genetics of Fitness and Physical Performance*. Champaign: Human Kinetics.
- Bouchard, C. 2011. *Genetic and Molecular Aspects of Sports Performance*. Wiley-Blackwell.
- Delmonico, M.J., Zmuda, J.M., Taylor, B.C., Cauley, J.A., Harris, T.B., Manini, T.M., Schwart, A., Li, R., Roth, S.M., Hurley, B.F., Bauer, D.C., Ferrell, R.E., & Newman, A.M. 2008. Association of the *ACTN3* genotype and physical functioning with age in older adults. *J Gerontol A Biol Med Sci*, vol.63A, 110: 1227-1234.
- Druzhevskaya, A.M., Ahmetov, I.I., Astratenkova, I.V., Rogozkin, V.A. 2008. Association of the *ACTN3* R577X polymorphism with power athlete status in Russians. *Eur J Appl Physiol*, 103: 631-634.
- Kohlmann, K. 2013. *The Gene for Speed: ACTN3*, (Online), (<http://kohlmannngen677s13.weebly.com/>), diakses tanggal 27 September 2013.
- Lanham S, Stear S, Shirreffs S & Collins A. 2011. *Sport & exercise nutrition*. Willey-Blackwell, UK: 210-213.
- 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 Students*. University of Tennessee at Chattanooga, Biological and Environmental Sciences.

- Mills, M., Yang, N., Weinberg, R. 2001. Differential expression of the actin-binding protein, alpha-actinin-2 and -3, in different species: implications for the evolution of functional redundancy. *Hum Mol Genet*, 10: 1335-1346.
- Neeser, KJ. 2009. The Genes who make the Champions: "Can Genes predict Athletic Performance?" *J Sports Sci & Health*, 10: 106-131
- Niemi, A.K. and Majamaa, K. 2005. Mitochondrial DNA and *ACTN3* genotypes in Finnish elite endurance and sprint athletes. *Eur J Hum Genet*, 13: 965-969.
- Wolfarth, B., Bray, M.S., Hagberg, J.M., Perusse, L., Rivera, M.A., Roth, S.M., Bouchard, C. 2005. The Human Gene Map for Performance and Health-related Fitness Phenotypes: The 2004 Update. *Med & Sci Sports & exerc.* 37(6): 881-903
- Yang, N., MacArthur, D.G., Gulbin, J.P. 2003. *ACTN3* genotype is associated with human elite athletic performance. *Am J Hum Genet*, 73: 627-631.
- Yang N., Garton F., & North K. 2009.  $\alpha$ -actinin-3 and performance. *Med Sport Sci*, Basel Karger, 54: 88-101