

LAPORAN AKHIR PENELITIAN HIBAH DISERTASI DOKTOR



**RESPON LEUKOSIT SUBSET, KADAR ASAM LAKTAT,
HIF-1, DAN HSP70 TERHADAP LATIHAN INTERVAL
PADA ATLET SPRINTER YUNIOR INDONESIA**

**EDDY PURNOMO
0010036207**

Dibiayai oleh:

**Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan**

**Sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penugasan Penelitian Hibah Disertasi Doktor
Nomor: 532a/BOPTN/UN34.21/2013, tanggal 27 Mei 2013**

**UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
TAHUN 2013**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Kegiatan : RESPON LEUKOSIT SUBSET, KADAR ASAM LAKTAT, HIF-1, DAN HSP70 TERHADAP LATIHAN INTERVAL PADA ATLET SPRINTER JUNIOR INDONESIA

Peneliti / Pelaksana

Nama Lengkap : Drs. EDDY PURNOMO M.Kes.
NIDN : 0010036207
Jabatan Fungsional :
Program Studi : Pendidikan Jasmani, Kesehatan Dan Rekreasi
Nomor HP : 08122762432
Surel (e-mail) : eddy_poer@yahoo.com

Institusi Mitra (jika ada)

Nama Institusi Mitra :
Alamat :
Penanggung Jawab :
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 1 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp. 30.000.000,00
Biaya Keseluruhan : Rp. 0,00

Disahkan oleh Dekan
Fakultas Kedokteran UI



[Signature]
Ratna Sitompul, Sp.M (K)
NIP. 19610206 198703 2 005

Yogyakarta, 6 - 1 - 2014,
Ketua Peneliti,

(Drs. EDDY PURNOMO M.Kes.)
NIP/NIK196203101990011001



Mengetahui DRPM UI.

[Signature]
NIP. 19580306 198603 1 001

ABSTRAK

N a m a : **Eddy Purnomo**

Program Studi : Ilmu Biomedik FKUI

Judul : Respons Leukosit, Asam Laktat, HIF-1 Alpha, dan HSP70 terhadap Latihan Interval Pada Atlet Sprinter Yuniior Indonesia.

Penelitian ini, bertujuan untuk mengetahui respons Leukosit subsets, asam laktat, HIF-1 α , dan HSP70 terhadap latihan interval atlet sprinter yuniior Indonesia. respons biologisi, ditentukan berdasarkan hasil analisa biokimiawi darah dengan menggunakan teknik ELISA, kecuali analisa leukosit menggunakan *hematoanalyzer* yang dilakukan melalui sampel darah yang diambil dari masing-masing subjek sebanyak 3 kali pengambilan darah, dan masing-masing sebanyak 5 ml, yaitu sebelum latihan, selama latihan, dan setelah istirahat 30 menit. .dapun tujuannya ialah untuk mengukur respons leukosit subsets, konsentrasi asam laktat, HIF-1 α , dan HSP70.

Hasil analisa respons leukosit untuk atlet sprinter yuniior, berdasarkan intensitas tinggi, sedang, dan rendah sebelum latihan interval dilakukan, didapatkan hasil tidak terjadi respons leukosit atlet sprinter yuniior. Begitu juga hasil analisa leukosit selama latihan interval, terjadi penambahan jumlah leukosit diatas normal, baik untuk kelompok sprinter maupun yang bukan sprinter, sedangkan respons leukosit setelah istirahat 30 menit, terjadi jumlahnurunan jumlah leukosit. Hasil analisa sebelum latihan interval, belum terjadi respons asam laktat berdasarkan intensitas latihan tinggi, sedang, dan rendah.. Selama latihan interval hasil analisisnya terjadi kenaikan jumlah konsentrasi asam laktat, dan dan setelah istirahat 30 menit, terjadi penurunan jumlah konsentrasi asam laktat. Hasil analisa untuk HIF-1 α sebelum latihan interval berdasarkan intensitas latihan tinggi, sedang, dan rendah, belum terjadi respons, dan. selama latihan interval terjadi kenaikan penurunan jumlah HIF-1 α , sedangkan hasil analisa HIF-1 α setelah istirahat 30 menit, terjadi kenaikan jumlah HIF-1 α . Hasil analisa respons HSP70, berdasarkan intensitas tinggi, sedang, dan rendah, sebelum latihan interval belum terjadi kenaikan, tetapi selama latihan, interval, hasil analisa HSP70 terjadi kenaikan, tetapi setelah istirahat 30 menit, hasil analisa terjadi penurunan jumlah HSP70..

Kesimpulan bahwa latihan interval dapat menimbulkan respons yang berbeda-beda terhadap intenitas latihan interval terutama selama latihan dan setelah istirahat 30 menit.

Keywords: latihan interval, Profil fisik, vo₂max, HIF-1 α , HSP70, leukosit subsets, konsentrasi asam laktat.

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Salah satu metode latihan di bidang olahraga adalah metode latihan interval. Metode ini sangat populer di kalangan atlet atletik dan pertama kalinya diperkenalkan oleh Gerschler pada tahun 1930-an. Saat ini latihan interval juga diterapkan secara luas oleh para pelatih di berbagai cabang olahraga, termasuk renang dan sepak bola.

Unsur-unsur dalam latihan interval ini adalah jarak tempuh, waktu tempuh, istirahat antar ulangan dan jumlah ulangan, serta intensitas latihan. Pada dasarnya latihan interval yang diterapkan pada atlet dimaksudkan untuk meningkatkan prestasi atlet.

Di samping itu, ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) olahraga, antara lain, biokimia olahraga, fisiologi olahraga, dan biomekanika olahraga, antropometrika, berkembang sangat pesat di berbagai tempat, terutama di negara maju dan telah digunakan sepenuhnya untuk mendukung seleksi dan latihan atlet. Hasilnya dapat dilihat dari prestasi olahraga di negara maju. Di tempat tersebut, perkembangan dan kemajuan IPTEK olahraga dimanfaatkan untuk mengamati respon, pengaruh atau dampak serta perubahan yang terjadi sebelum, selama, dan sesudah latihan terhadap sistem fisiologis dan biokimia manusia (para atlet). Untuk itu, berbagai variasi metode latihan, salah satunya latihan interval, dipilih oleh para pelatih untuk meningkatkan kemampuan fisik atlet untuk meningkatkan kecepatan, daya tahan, dan kekuatan.

Latihan interval adalah suatu metode latihan yang sering digunakan dalam olahraga atletik, khususnya nomor lari, dan bertujuan untuk meningkatkan kemampuan, kecepatan berlari, dan kemampuan mempertahankan kecepatan lari atlet dalam jarak dan waktu tempuh yang sudah ditentukan. Karakteristik metode latihan ini adalah jarak/volume latihan, intensitas, dan waktu tempuh serta waktu istirahat sudah ditentukan terlebih dahulu.

Penelitian tentang efek latihan interval terhadap sistem fisiologis dan biokimia ini telah dilakukan oleh Gray et al (1993) yang mengamati respon total subset leukosit sebelum dan setelah latihan (*exercise*). Nemet et.al (2003) membandingkan efek antara latihan yang berintensitas maksimum (90 – 97% VO_2 max) dengan intensitas rendah. Namun, penelitian ini tidak membedakan antara atlet dan bukan atlet, berbagai intensitas latihan dan responnya terhadap sistem fisiologis dan biokimia.

Menurut McCarthy (1988) latihan interval intensif yang membutuhkan energi anaerobik yang besar, bisa menyebabkan sistem kekebalan tubuh berada dalam situasi yang berbeda dengan latihan aerobik. Perbedaan ini diduga terjadi karena mobilisasi subset leukosit yang berbeda dalam aliran darah. Kuat dugaan bahwa latihan interval intensif akan menimbulkan perubahan kualitatif dan kuantitatif pada berbagai indikator adaptasi, baik fisiologis maupun biokimia, pada berbagai pola intensitas latihan interval.

Parameter yang digunakan dalam mengukur kelelahan ini terdiri atas parameter langsung dan tidak langsung. Untuk parameter langsung, alat yang biasanya digunakan adalah mengukur dan mengetahui kelelahan otot, yang dilakukan dengan menggunakan cara *staircase*. Untuk parameter tidak langsung, salah satu cara untuk mengetahui kelelahan adalah melalui pengukuran konsentrasi laktat dalam darah.

Selama ini, pengukuran konsentrasi laktat yang dilakukan untuk memantau latihan-latihan rutin, biasanya menggunakan alat hitung laktat (*laktat counter*) dan sangat jarang sekali dilakukan penelitian yang benar-benar dirancang untuk mengetahui respon metabolik dengan mengukur kadar asam laktat secara spektrofotometri.

Pada latihan interval dengan intensitas yang berbeda-beda, tingkat ketahanan dan adaptasi diri tergantung pada kondisi tubuh atlet. Tingkat ketahanan dan adaptasi diri ini dapat diketahui dengan mengamati protein HSP (*heat shock protein*). HSP disintesis oleh sel-sel sebagai usaha untuk mengatasi stres internal maupun eksternal, termasuk stres fisik, stres metabolis, serta serangan penyakit dan kenaikan suhu tubuh (Morimoto et.al. 1994).

Banyak peneliti yang melaporkan ekspresi protein HSP sebagai reaksi terhadap latihan fisik, Fehrenbach dan Niess, (1999) mengemukakan bahwa latihan fisik mampu memicu serta memacu sintesis HSP. Hal yang sama juga diungkap oleh Liu et.al., (1990), yang mengatakan bahwa, HSP70 pada otot rangka manusia amat mudah meningkat terhadap latihan. Akan tetapi belum ada laporan yang membandingkan ekspresi HSP70 pada atlet terlatih dan subjek tidak terlatih pasca latihan berintensitas sedang menuju berat.

Sementara ini, Mason et al. (2007) menyatakan, selama latihan, seluruh otot membutuhkan oksigen yang sangat besar dan berulang (hipoksia relatif). Karena, latihan membutuhkan suplai energi yang intensif dan berkelanjutan. Metabolisme energi dan karakteristik fisiologis otot sangat menentukan besarnya pasokan energi yang dibutuhkan dalam latihan.

Prior et al.(2001) mengatakan bahwa kemampuan otot rangka untuk memenuhi permintaan energi yang meningkat dibatasi oleh ketersediaan oksigen dalam jaringan. Dalam keadaan latihan terjadi ketidakcukupan pasokan O₂ ke jaringan dibandingkan dengan keperluan jaringan terhadap oksigen hipoksia relatif). Keadaan ini dinamakan atau disebut hipoksia. Keadaan hipoksia bila berkelanjutan dapat mengancam kelanjutan hidup sel, organ dan jaringan. Untuk itu, tersedia beberapa macam mekanisme untuk mengatasi hipoksia. Pada tahap akut, detik-detik pertama hipoksia keadaan ini diatasi dengan meningkatkan frekuensi denyut nadi, dan tekanan darah melalui respon di sel-sel dan pembuluh darah di tempat-tempat tertentu dan respon akut ini diperantarai dengan mekanisme hormonal, antara lain, adrenalin. Mekanisme kedua terjadi pada tahap lebih lanjut berupa respon yang memerlukan pengaturan genetik melalui sejumlah ekspresi gen untuk menghasilkan protein yang diperlukan. Gen yang mengaturnya dinamakan gen *Hipoxia Inducible Factor one (HIF-1)*. Produksi gen ini adalah dalam bentuk HIF-1. HIF-1 adalah suatu faktor transkripsi yang mengatur ekspresi sejumlah gen lain dalam rangka menghadapi kekurangan oksigen. Hingga kini, belum ditemukan adanya laporan yang menjelaskan hubungan antara aktivitas fisik dengan aktifitas HIF-1.

Oleh karena olahraga merupakan suatu aktifitas fisik, tentu membutuhkan oksigen yang cukup untuk mempertahankan kegiatan fisik dalam jangka waktu tertentu. Akan tetapi aktifitas fisik dalam bentuk olahraga ini membutuhkan banyak oksigen, sehingga tubuh berada dalam keadaan hipoksia relatif. Hipoksia relatif adalah ketidakseimbangan antara kebutuhan oksigen oleh tubuh dan ketersediaan oksigen. Oleh karena itu dirasakan sangat perlu dilakukan penelitian pada latihan interval terhadap respon HIF-1 α .

Latihan interval bila dilakukan secara teratur dan terukur dengan intensitas ringan sampai sedang, mampu meningkatkan kesehatan dan kebugaran jasmani. Bahkan, dapat memperbaiki dan memperlambat proses penurunan fungsi organ tubuh, serta dapat meningkatkan ketahanan tubuh terhadap infeksi. Tapi latihan interval atau aktifitas fisik yang dilakukan dengan intensitas tinggi dan melelahkan justru dapat menimbulkan gangguan imunitas.

Pada beberapa penelitian mengenai pemberian beban maksimal ditemukan adanya perubahan jumlah leukosit pada darah tepi, yang diduga menjadi penyebab meningkatnya kejadian infeksi saluran nafas, karena terjadi penekanan fungsi imunitas, sehingga terjadi penurunan prestasi atlet. Jumlah leukosit perifer dapat menjadi sumber

informasi untuk diagnostik dan prognosa, gambaran adanya kerusakan organ dan pemulihan setelah aktifitas fisik yang maksimal.

Pada penelitian terdahulu, ditemukan bahwa 33% dari 140 orang pelari maraton menderita infeksi saluran nafas atas setelah melakukan pertandingan, sedangkan kejadian infeksi pada kontrol hanya 15%. Insiden infeksi saluran nafas pada pelari maraton ternyata meningkat 6 kali lipat setelah pertandingan. Kelelahan akibat aktifitas fisik dengan intensitas tinggi bisa menyebabkan terjadinya perubahan komponen seluler dari imunitas yang dapat dilihat pada darah tepi. Peningkatan leukosit merupakan respon protektif terhadap stres fisik.

Leukosit dapat mendeteksi adanya infeksi yang disebabkan oleh bakteri dan virus serta dapat melihat kekebalan tubuh serta mendeteksi potensi terjadinya alergi, karena leukosit berperan dalam sistem pertahanan tubuh. Jumlah leukosit dapat menjadi sumber informasi untuk diagnostik dan prognosa serta gambaran adanya kerusakan organ dan pemulihan setelah latihan fisik yang berat (intensitas tinggi). Jumlah leukosit sebanding dengan intensitas latihan, dan durasi latihan, tidak tergantung pada jenis kelamin dan tingkat kebugaran subjek. (Sodique, 2000)

Hal ini semua bertujuan untuk pencapaian prestasi olahraga nomor lari *sprint* yang optimal baik tingkat Asia Tenggara, Asia, maupun dunia. Begitu juga perlu diadakan penelitian yang berhubungan dengan respon biologis, baik di tingkat sel, organisme.

1.2 Rumusan Masalah

Semuanya ini menimbulkan pemikiran bagaimana gambaran berbagai parameter antropometri dan molekuler biokimia pada atlet Indonesia. Dari gambaran tersebut, dapat diambil suatu rumusan masalah, yaitu: Apakah terdapat perbedaan respons jumlah leukosit, konsentrasi asam laktat, HIF-1 alpha, dan HSP 70 terhadap latihan interval dengan intensitas berbeda-beda (tinggi, sedang, dan rendah) pada atlet printer junior?

1.4 Tujuan Penelitian

1.4.1 Tujuan Umum

Memperoleh gambaran respons atlet sprinter junior Indonesia dalam mengatasi stress fisik akibat latihan interval dengan intensitas yang berbeda-beda dalam rangka peningkatan prestasi olahraga di Indonesia.

1.4.2 Tujuan Khusus

Penelitian ini didesain untuk :

- 1.4.2.1 Mengetahui besarnya perbedaan respons terhadap jumlah leukosit pada atlet sprinter junior dengan intensitas latihan yang berbeda-beda.
- 1.4.2.2 Mengetahui besarnya perbedaan respons konsentrasi asam laktat pada atlet sprinter junior dengan intensitas latihan yang berbeda-beda.
- 1.4.2.3 Mengetahui besarnya respons HIF-1 alpha pada atlet sprinter junior dalam mengatasi hipoksia relatif terhadap stress fisik akibat latihan interval dengan intensitas yang berbeda-beda.
- 1.4.2.4 Mengetahui besarnya respons HSP 70 pada atlet sprinter dalam mengatasi stress fisik akibat latihan interval dengan intensitas yang berbeda-beda.

1.5. Manfaat Penelitian

- 1.5.1 Diketahui gambaran respons atlet sprinter junior terhadap stress latihan dalam hal ini respons biologisnya.
- 1.5.2 Sebagai pengembangan ilmu kesehatan olahraga, terutama dalam penerapan ilmu biomedik ke dalam olahraga.
- 1.5.3 Sebagai bahan masukan bagi pelatih sprint khususnya, dan pelatih olahraga yang lain umumnya, bahwa latihan dengan stress yang tinggi dalam hal ini intensitas latihan, sebaiknya memperhatikan jumlah waktu istirahatnya, agar si atlet dapat benar-benar pulih dari kelelahan dalam hal ini stress fisik.

2.1 LATIHAN FISIK (*Physical Exercise*)

Setiap atlet harus melakukan latihan fisik (*physical exercise*). Karena, latihan fisik menentukan keberhasilan atlet tersebut di cabang olahraga yang digelutinya. Di samping itu, melalui latihan ini, tubuh pun terasa bugar. Hal ini sebagaimana yang dikemukakan oleh Wuest dan Bucher (2009) bahwa latihan kadang-kadang disebut juga sebagai aktivitas fisik (*physical activity*) yang terencana, terstruktur, dan dilakukan secara berulang-ulang dengan tujuan untuk mencapai kebugaran anggota tubuh dan prestasi maksimal. Sementara itu, Bompa (2000) menyatakan bahwa latihan (*exercise*) adalah perangkat utama dalam proses latihan harian untuk meningkatkan kualitas fungsi sistem organ tubuh manusia, sehingga mempermudah atlet dalam penyempurnaan gerakannya.

Berdasarkan pengertian di atas bisa disimpulkan bahwa latihan memerlukan adanya perencanaan, struktur dan perulangan. Perencanaan menyangkut berbagai hal, termasuk materi dalam pelatihan di cabang olahraga itu sendiri. Materi latihan ini dirancang dan disusun oleh pelatih sesuai dengan tujuan latihan itu sendiri. Untuk satu sesi latihan atau satu kali tatap muka dalam latihan, susunan materi latihan pada umumnya berisikan materi, (1) pembukaan/pengantar latihan, (2) pemanasan (*warming-up*), (3) latihan inti, (4) latihan tambahan (suplemen), dan (5) *cooling down*/penutup.

Latihan fisik ini perlu dilakukan berulang-ulang, sehingga atlet bisa memiliki kesempurnaan gerakannya dalam melakukan olahraga. Semakin sering dan berulang-ulang latihan fisik yang dilakukannya, maka makin sempurna gerakannya. Oleh karena itu, perlu adanya pelatihan (*training*) dalam melakukan latihan fisik para atlet ini. Pelatihan ini memiliki program pelatihan yang terencana, terarah, dan sistematis.

Bompa (2000) menyatakan, *training is usually defined as systematic process of long duration, repetitive, progressive exercises, having the ultimate goal of improving athletic performance.* (Pelatihan biasanya didefinisikan sebagai sebuah proses sistematis exercise berdurasi panjang, berulang-ulang, progresif, dengan sasaran akhir meningkatkan kinerja atau prestasi atletik.)

Oleh karena itu, tujuan pelatihan akan tercapai apabila diprogram atau direncanakan dengan kaidah-kaidah latihan yang benar dan baik. Program atau perencanaan pelatihan ini mencakup volume, takaran/intensitas latihan, frekuensi latihan, waktu latihan, metode, dan prinsip-prinsip latihan lainnya. Program latihan yang baik direncanakan dan disusun secara sistematis, terukur, dan disesuaikan dengan tujuan latihan. Namun demikian, hasil yang

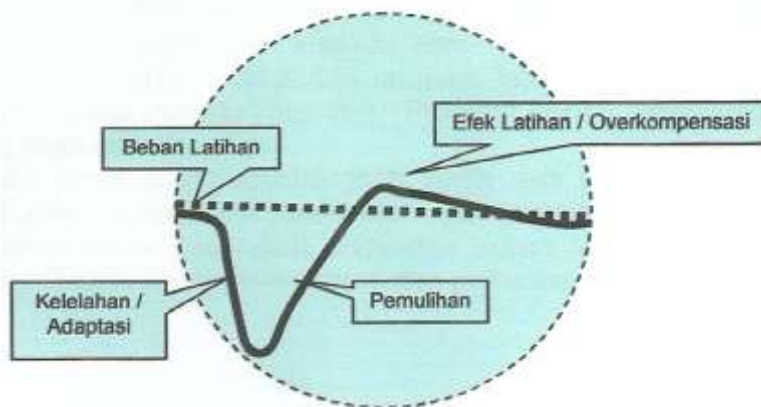
diharapkan dalam pelatihan ini hendaknya mengikuti kaidah hukum dan prinsip-prinsip latihan yang benar.

2.2 PRINSIP-PRINSIP LATIHAN

Dalam melakukan latihan, atlet harus memiliki prinsip. Prinsip dalam latihan juga sangat menentukan keberhasilan atlet, baik untuk mencapai prestasi atau kebugaran. Prinsip dalam latihan terdiri dari prinsip hukum beban lebih (*law of overload*), hukum reversibilitas (*law of reversibility*), hukum kekhususan (*law of specificity*), individual, variasi (*variety*).

2.2.1 Hukum Beban Lebih (*Law of Overload*)

Tubuh manusia memiliki sifat adaptasi terhadap setiap perlakuan yang dikenakan terhadapnya, termasuk beban latihan. Bila tubuh dengan tingkat kebugaran tertentu diberikan beban latihan dengan tingkat intensitas yang ditetapkan, maka tubuh akan beradaptasi dengan rangkaian proses sebagai berikut: proses awal setelah pembebanan adalah kelelahan dan memerlukan istirahat. Setelah beristirahat dengan kurun waktu tertentu, maka tubuh akan kembali bugar, namun dengan tingkat kebugaran yang lebih baik dari sebelumnya. Peningkatan kebugaran melalui adaptasi dari hukum overload ini disebut *overcompensation*. Hal ini dapat digambarkan seperti gambar 2.1.

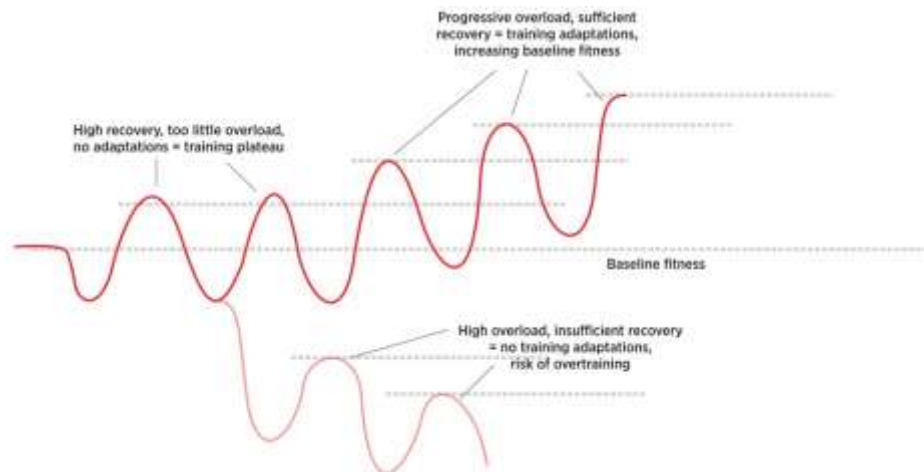


Gambar 2.1 Hukum Beban Lebih (Sumber: Lankor: 2007: 44)

Gambar 2.1 menunjukkan bahwa pemberian beban latihan harus sesuai dan seimbang dengan waktu pemulihan, agar mendapatkan tingkat kebugaran di atas sebelum beban latihan itu diberikan, dan keadaan ini disebut dalam teori latihan adalah *overcompensation*.

2.2.2 Hukum Reversibilitas (*Law of Reversibility*)

Hukum reversibilitas menuntut atlet berlatih secara kontinu dan progresif. Berlatih secara kontinu dan progresif bisa menghasilkan tingkat kebugaran yang semakin meningkat. Namun sebaliknya, bila latihan dihentikan maka kebugaran atlet akan menurun. Hukum reversibilitas diperlihatkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Hukum Reversibility-Kebugaran yang Meningkat

(Sumber: Bompa , 1999:48)

2.2.3 Hukum Kekhususan (*Law Specificity*)

Hukum kekhususan adalah bahwa beban latihan yang alami menentukan efek latihan. Oleh karena itu, latihan harus secara khusus, termasuk beban latihan diberikan, untuk efek yang diinginkan. Dan, metode latihan yang diterapkan harus sesuai dengan kebutuhan latihan.

Beban latihan menjadi spesifik, karena adanya rasio latihan (beban terhadap latihan) dan struktur pembebanan (intensitas terhadap beban latihan) yang tepat.

Intensitas latihan adalah kualitas atau kesulitan beban latihan. Mengukur intensitas tergantung pada atribut khusus yang dikembangkan atau ditekankan. Kecepatan berlari diukur dalam meter per detik (m/dtk) atau langkah per detik (m/sec). kekuatan diukur dalam pound, kilogram, atau ton. Lompat dan lempar diukur dengan tinggi, jarak, atau jumlah usaha. Intensitas kerja berdasarkan pada persentase kerja terbaik seseorang, sebagaimana bisa dilihat pada Table 2.1

Tabel 2.1 Intensitas Latihan Berdasarkan Persentase
(Menurut Freeman Dikutip oleh Dikdik Zafar Sidik, 2007: 4)

Intensitas	Persentase			Endurance VO2Max
	Latihan	Kekuatan	Denyut nadi	
Maksimal	96 – 100	90 – 100	≥ 190	100
Submaksimal	86 – 95	80 – 90	180 – 190	90
Tinggi	76 – 85		165	75
Sedang	66 – 75	70 – 80	150	60
Ringan	50 – 65	50 – 70		
Rendah	30 – 49	30 – 50	130	50

(Sumber: Freeman dikutip Oleh Dikdik Zafar Sidik, 2007: 4)

Volume latihan yaitu jumlah seluruh latihan (dalam istilah) waktu, jarak, akumulasi berat dan sebagainya. Sedangkan, durasi beban adalah jumlah beban yang harus disesuaikan oleh seorang dalam jangka waktu tertentu. Misalnya, seorang pelari menyelesaikan program latihannya untuk satu unit latihan selama 60 menit, maka volume latihannya adalah 60 menit. Atau, ia berlari sejauh 10 km, maka volume latihannya adalah 10 km. Seorang lifter mampu berlatih dalam satu unit latihan dengan Squat 150 kg x 5 rep x 3 set ; Bench Press 50 kg x 8 rep x 3 set ; Heel Raise 100 kg x 6 rep x 3 set ; dan Pull Down 60 kg x 5 rep x 3 set. Maka, volume latihannya adalah Squat = 2250 kg ; Bench Press = 1200 kg ; Heel Raise = 1800 kg ; Pull Down = 900 kg. Menjadi $2250 + 1200 + 1800 + 900 = 6150$ kg (6.15 ton).

2.2.4 Prinsip Individu

Tanggapan atau respon dari masing-masing atlet terhadap suatu rangsangan latihan berbeda-beda. Pada dasarnya, perbedaan tersebut timbul, karena usia dan jenis kelamin, dan faktor konstitutif (faktor genetik yang diujutkan secara jelas dengan somatotipe). Oleh karena itu, dalam merencanakan latihan, perlu berdasarkan perbedaan individu atas kemampuan, kebutuhan, dan potensi. Dengan demikian, tidak ada program latihan yang dapat disalin secara utuh dari satu individu untuk individu yang lain.

Program latihan yang efektif hanya cocok untuk individu yang telah direncanakan. Pelatih harus mempertimbangkan faktor usia kronologis dan usia biologis (kematangan fisik)

atlet, pengalaman dalam olahraga, tingkat keterampilan (skill), kapasitas usaha dan prestasi, status kesehatan, kapasitas beban latihan (*training load*) dan pemulihan, tipe antropometrik dan system syaraf, dan perbedaan seksual (terutama saat pubertas).

Tidak ada dua individu (atlet) yang memiliki kesamaan yang sempurna (tepat sama) di dunia ini. Konsekuensi logisnya, setiap individu bereaksi dengan cara yang berbeda terhadap beban latihan yang sama. Bagi pelatih, hal ini perlu menjadi pertimbangan dalam memberikan pelatihan kepada para atlet.

Menurut Bompa, (1999), mengatakan bahwa, individu juga dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti, faktor keturunan, umur latihan dan umur perkembangan. Prinsip ini juga berkaitan dengan hukum kekhususan dan berimplementasi pada latihan yang khusus bagi atlet. Hukum dan prinsip inilah yang memunculkan adanya beban luar dan beban dalam.

Beban luar adalah beban yang diberikan dari luar atlet, misalnya oleh pelatihnya, atlet diprogram untuk melakukan latihan lari 5 x 150 m dengan waktu @ 25 detik. Sedangkan beban dalam adalah beban fisiologis dan psikologis atlet setelah mendapatkan beban luar sebagai reaksi dan adaptasi internalnya, seperti denyut nadi dan sebagainya.

2.2.5 Prinsip Variasi (*Variety*)

Kompleksnya latihan dan tingginya tingkat pembebanan dalam latihan bisa menimbulkan masalah bagi atlet dalam melakukan latihan. Apalagi, latihan dilakukan dengan bentuk dan metode latihan yang sama untuk latihan yang berlangsung terus menerus. Oleh karena itu, perlu adanya variasi dalam bentuk dan metode latihan agar tidak terjadi kebosanan. Faktor kebosanan ini akan menjadi kritis apabila kurang bervariasi, seperti pada gerakan (hanya) lari saja yang secara teknik tidak begitu kompleks (terbatas) dan membutuhkan faktor fisiologik.

Bompa (2007) mengatakan bahwa, variasi latihan yang diberikan oleh pelatih dapat berupa:

2.2.5.1 Tempat latihan yang berganti-ganti, misalnya di stadion, di ruang latihan beban, di alam bebas, di pantai, bukit, tempat rekreasi, dan sebagainya yang dapat memberikan suasana baru bagi atlet.

2.2.5.2 Metode latihan yang bervariasi. Untuk tujuan latihan yang sama pelatih dapat menggunakan metode berbeda, misalnya latihan kecepatan dapat menggunakan metode merepetisi/ulangan, namun dapat juga dengan metode bermain. Latihan kekuatan dapat diberikan dengan metode pembebanan (besi) dan dapat pula dengan *medicine ball*, *partnerwork*, dan sebagainya.

2.2.5.3 Suasana latihan, yaitu dengan memberikan berbagai situasi lapangan yang berbeda dengan mendatangkan klub lain untuk berlatih bersama, atau berlatih dalam kondisi keramaian yang ada dilapangan, dan sebagainya.

2.3 LATIHAN LARI INTERVAL (*Interval Running*)

Latihan lari interval (*interval running*) merupakan bentuk latihan lari yang diselengi dengan periode istirahat, atau lazimnya disebut waktu pemulihan (*recovery*), volume, jarak tempuh, intensitas, dan jumlah ulangan latihan sudah ditentukan. Latihan lari merupakan kerja (aktifitas fisik) yang dapat dilakukan dengan intensitas rendah, sedang, atau tinggi, tergantung pada tujuan latihan itu sendiri.

Dalam merancang program latihan interval, khususnya lari interval, menurut Fox, et al (1989), mengatakan, bahwa terdapat terdapat beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dan ditetapkan:

- a. Interval kerja (*work interval*), merupakan intensitas kerja atau latihan, yaitu kecepatan atau tempo lari (*pace*) pada jarak tertentu (misalnya 50 meter dan 100 meter) yang diperhitungkan dari kecepatan maksimal, misalnya, 85% atau 90% dari kecepatan lari maksimal.
- b. Interval istirahat (*relief interval*), merupakan periode atau lamanya istirahat yang dapat dilakukan dengan aktif atau pasif. Lamanya interval istirahat sangat erat hubungannya dengan interval kerja (intensitas kerja) dan dapat dibedakan dalam 3 (tiga) kategori, yaitu: 1) jika intensitas interval kerja/latihan rendah, dengan waktu tempuh lebih lama atau jarak tempuh lebih jauh (*longer work intervals*), maka perbandingan antara latihan dengan istirahat adalah 1 : ½ atau 1:1; 2) jika intensitas kerja/latihan sedang (*middle duration intervals*), maka perbandingan antara latihan dengan istirahat adalah 1:2; dan 3) jika intensitas kerja/latihan tinggi, biasanya untuk lari jarak pendek (*shorter work intervals*), maka perbandingan antara kerja/latihan dengan istirahat adalah 1:3.
- c. Jumlah set merupakan kelompok ulangan kerja seperti set 1= lari 5x50 m
- d. Jumlah ulangan (*repetition*) adalah banyaknya ulangan yang harus dilakukan, misalnya, 10 -20 kali.
- e. Lamanya latihan (*training time*) merupakan rentangan waktu tempuh setiap repetisi, misalnya untuk lari 50 meter adalah 6 detik.
- f. Jarak latihan (*training distance*) merupakan jarak latihan yang ditempuh dalam satu kali ulangan, misalnya lari 50 m
- g. Frekuensi latihan (*training frequency*) merupakan jumlah latihan yang dilakukan setiap minggu, misalnya 3 atau 4 kali perminggu.

Salah satu contoh latihan interval adalah 6 x 200 m dapat ditulis dengan singkatan (0,33 detik; istirahat 5 menit) yang mempunyai makna bahwa, latihan interval dengan jarak

tempuh 200 m, mempunyai jumlah ulangan 6 kali, mempunyai waktu istirahat 5 menit setiap ulangan, dan mempunyai waktu tempuh untuk 200 m adalah 33 detik.

Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah prinsip penambahan beban latihan. Penambahan beban ini dilakukan, karena beban latihan sebelumnya telah dilakukan secara berulang-ulang atau beberapa kali, sehingga bagi atlet, tingkat kesulitannya dalam melakukan latihan tersebut sudah mudah atau beban latihan sudah ringan. Oleh sebab itu perlu adanya peningkatan beban latihan. Dalam hal ini, penambahan beban latihan ini menyangkut tempo lari, repetisi, dan jarak.

Tabel 2.2 Informasi Pembuatan Program Latihan lari Interval
Sumber: Fox and Methews (1989)

Major energy system	Training time (min:sec)	Repetitions per workout	Rest per workout	Repetition per set	Work-relief ratio	Type of relief interval
A TP-PC	0.10 0.15 0.20 0.25	50 45 40 32		10 9 8 5	1 :3	Rest-relief (e.g., walking, flexing)
A TP-C, LA	0.30 0.40-0.50 1:00-1:10 1:20	25 20 15 10		5 5 5 5	1 :3	Work-relief (e.g., light to mild exercise, jogging)
L A, O ₂	1:20-2:00 2:10-2:40 2:50-3:00	8 6 4		4 6 4	1 :2 1 :1	Work-relief
O ₂	3:00-4:00 4:00-5:00	4 3		4 3	1 :1 1 :½	Work-or rest-relief

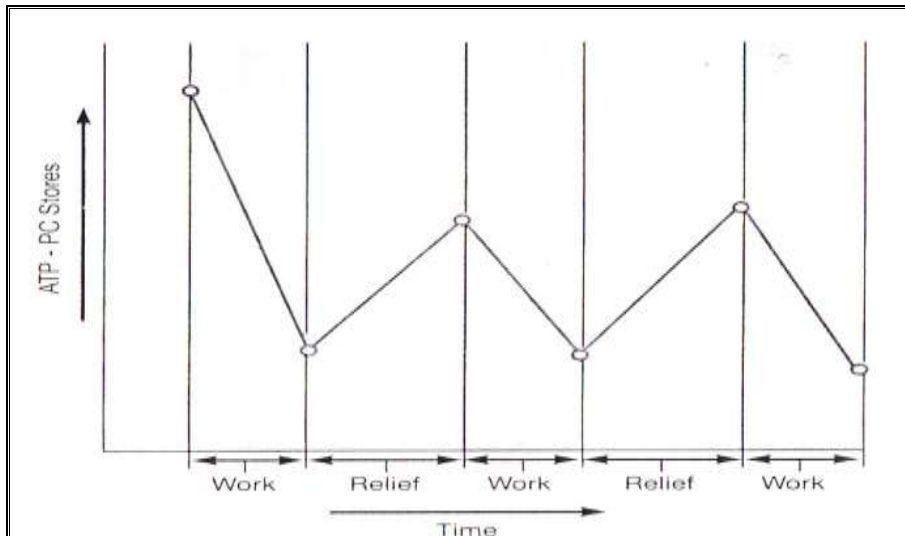
Pada tabel 2.2 dapat dilihat bahwa, jika latihan lari interval dengan waktu tempuh antara 10 detik sampai dengan 25 detik, dan jumlah repetisinya 50 – 32, maka bentuk latihan seperti ini lebih banyak menggunakan sistem energi ATP-PC. Oleh karena itu, melalui latihan tersebut, sistem energi ATP-PC dapat ditingkatkan. Demikian pula, dalam penelitian ini latihan lari interval yang digunakan adalah lari jarak pendek dengan pembagian berdasarkan perbedaan intensitas latihan (rendah, sedang, dan tinggi).

Bila ditinjau dari sistem energi, ada perbedaan produksi energi antara latihan *intermittent* (terputus) dengan latihan kontinyu. Namun, untuk kepentingan pembahasan ini, ada satu perbedaan yang amat penting dari keduanya yang perlu dipahami. Sebagai ilustrasi,

seorang atlet berlari secara kontinyu sejauh dan sekencang mungkin selama satu menit. Kemudian, di saat lain, ia berlari secara terputus-putus, namun masih sekencang ia berlari kontinyu untuk 1 menit. Larinya diputus setiap 10 detik dengan jeda masing-masing 30 detik. Jika lari 10 detik itu diulang hingga enam kali, maka jumlah intensitas kerja terputus ini sama dengan kerja kontinyu (enam kali lari 10 detik sama dengan lari satu menit), tapi tingkat kelelahan usai lari terputus akan jauh lebih kecil.

Hal ini bisa dijelaskan secara fisiologis, yakni adanya perbedaan interaksi antara sistem posfat (ATP-PC) dan glikolisis anaerobik saat lari terputus dan saat lari kontinyu. Pada lari terputus-putus, energi yang disuplai melalui glikolisis anaerobik akan lebih sedikit dan yang disuplai melalui sistem posfat (ATP-PC) akan lebih banyak. Ini berarti, akumulasi asam laktat lebih rendah dan hasilnya, kelelahan jadi lebih kecil pada kerja intermiten/ terputus-putus.

Selama pemulihan, cadangan ATP dan PC (*phospho Creatine*) di otot yang telah habis terpakai selama interval kerja sebelumnya akan resintesa kembali melalui sistem aerobik. Ini tersaji pada Gambar 2.3. Dengan kata lain, selama pemulihan, bagian dari fase pemulihan-cepat akan kembali terisi. Selain itu, jumlah simpanan O_2 -myoglobin juga akan terisi ulang. Dengan demikian, di setiap kegiatan lari yang diiringi interval pemulihan, resintesa molekul ATP, PC, dan O_2 -myoglobin akan kembali menjadi sumber energi yang siap pakai. Konsekuensinya, sejumlah energi dari sistem asam laktat akan 'disimpan sebagai cadangan', dan asam laktat pun tidak akan terakumulasi selekas atau setinggi itu. Sebaliknya, selama berlari kontinyu, fosfokreatin di dalam sistem ATP-PC akan terkuras habis dalam hitungan detik dan tidak akan terisi ulang hingga di akhir kerja. Untuk itu, energi berupa ATP dari sistem asam laktat akan dipergunakan sedari awal berlari, dan asam laktatpun akan cepat terakumulasi hingga ke level-level atas.



Gambar 2.3 Selama latihan interval, sebagian dari penyimpanan ATP dan PC otot yang terkuras selama latihan interval akan diisi ulang melalui sistem Aerobik (Sumber: Fox. et al 1989)

Semua ini akan besar manfaatnya saat diterapkan dalam latihan, mengingat pengurangan kelelahan yang mengiringi kerja terputus bisa dikonversi menjadi peningkatan intensitas kinerja. Inilah gambaran terpenting yang paling diunggulkan dalam kerja *terputus-putus* dan menjadi kunci dalam sistem *interval training*.

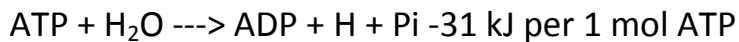
Kerja terputus-putus bisa menghasilkan kinerja yang level intensitasnya dua atau satu setengah kali lipat level kerja kontinu sebelum keduanya mencapai level asam laktat darah setara. Interaksi antara sistem ATP-PC dengan asam laktat dalam kerja terputus juga agak bervariasi mengikuti tipe atau tingkat aktivitas interval pemulihan yang diterapkan. Interval pemulihan bisa jadi berbentuk istirahat penuh ataupun kerja ringan atau sedang. Hal ini, tergantung dari tujuan latihan, sehingga pelatih bisa memilih dengan tepat bentuk istirahatnya, bisa berbentuk istirahat aktif ataupun pasif.

Dari paparan di atas tampak bahwa, perbedaan pokok dari kedua macam latihan interval, dilihat dari bentuk istirahatnya, antara kerja terputus yang menggunakan interval istirahat penuh dengan yang menggunakan interval pemulihan berisi kerja ringan dan sedang, jika keduanya dilakukan dengan intensitas dan waktu yang sama terletak pada tingkat laktat darah dimana aktifitas fisik dengan intensitas tinggi akan lebih tinggi daripada aktifitas fisik dengan intensitas ringan dan sedang. Hal ini bisa terjadi, karena aktifitas fisik yang dilakukan selama interval pemulihan akan menghambat seluruh atau sebagian resintesa molekul ATP-PC. Bila hasil resintesa tidak memadai, dimana lebih banyak lagi kebutuhan energi yang harus disediakan oleh sistem asam laktat selama interval aktifitas fisik. Oleh

karena itu,, akumulasi asam laktat akan naik lebih tinggi, semakin berat kerja yang dilakukan selama interval pemulihan, semakin banyak pula asam laktat yang terakumulasi.

2.4 Metabolisme Energi Dalam Olahraga

Proses metabolisme energi di dalam tubuh berfungsi untuk meresintesis molekul ATP dimana prosesnya akan dapat berjalan secara aerobik maupun aneorobik. Proses hidrolisis ATP yang akan menghasilkan energi ini dapat dituliskan melalui persamaan reaksi kimia sederhana sebagai berikut:



Di dalam jaringan otot, hidrolisis 1 mol ATP akan menghasilkan energi sebesar 31 kJ (7.3 kkal) serta akan menghasilkan produk lain berupa ADP (*adenosine diphosphate*) dan Pi (posfat inorganik). Pada saat beraktifitas fisik, terdapat 3 jalur metabolisme energi yang dapat digunakan oleh tubuh untuk menghasilkan ATP yaitu hidrolisis *phosphocreatine* (PC), glikolisis glukosa dan glikogen serta glukoneogenesis yaitu sintesis glukosa non karbohidrat.

Pada aktifitas fisik yang dominan aerobik, metabolisme energi akan berjalan melalui pembakaran simpanan karbohidrat, lemak dan sebagian kecil ($\pm 5\%$) dari pemecahan simpanan protein yang terdapat di dalam tubuh untuk menghasilkan ATP (*adenosine triphosphate*). Proses metabolisme ini akan berjalan dengan kehadiran oksigen (O_2). Sedangkan pada aktivitas yang bersifat anaerobik, energi yang akan digunakan oleh tubuh untuk melakukan aktivitas yang membutuhkan energi secara cepat ini akan diperoleh melalui hidrolisis *phosphocreatine* (PC) serta melalui glikolisis glukosa secara anaerobik. Proses metabolisme energi secara anaerobik ini dapat berjalan tanpa kehadiran oksigen (O_2).

Metabolisme energi secara anaerobik dapat menghasilkan ATP dengan laju yang lebih cepat jika dibandingkan dengan metabolisme energi secara aerobik. Sehingga untuk gerakan-gerakan dalam olahraga yang membutuhkan tenaga yang cepat dalam waktu yang singkat, proses metabolisme energi secara anaerobik dapat menyediakan ATP dengan cepat namun hanya untuk waktu yang terbatas yaitu hanya sekitar ± 90 detik. Walaupun prosesnya dapat berjalan secara cepat, namun metabolisme energi secara anaerobik ini hanya menghasilkan molekul ATP yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan metabolisme energi secara aerobik (2 ATP vs 36 ATP per 1 molekul glukosa).

Sedangkan pada metabolisme energi secara aerobik merupakan proses yang menghasilkan energi, proses tersebut selain menghasilkan ATP juga menghasilkan produk samping berupa karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O). Hal ini berbeda dengan proses metabolisme secara anaerobik juga menghasilkan ATP juga menghasilkan produk

samping berupa asam laktat yang apabila terakumulasi dapat menghambat kontraksi otot dan menyebabkan kelelahan pada otot. Hal inilah yang menyebabkan, mengapa saat aktifitas fisik tidak dapat dilakukan secara kontinyu dalam jangka waktu yang panjang, dan harus diselingi dengan interval istirahat.

2.5 Proses Metabolisme Energi Secara Anaerobik

2.5.1 Phospho Kreatin

Kreatin (*Cr*) merupakan jenis asam amino yang tersimpan di dalam otot sebagai sumber energi. Di dalam otot, bentuk kreatin yang sudah terfosforilasi yaitu *phosphocreatine* (PC) akan mempunyai peranan penting dalam metabolisme energi secara anaerobik di dalam otot untuk menghasilkan ATP.

Phosphocreatine (PC) dengan bantuan enzim *creatine kinase* yang tersimpan di dalam otot akan dipecah menjadi Pi (posfat inorganik) dan kreatin dimana proses ini juga akan disertai dengan pelepasan energi sebesar 43 kJ (10.3 kkal) untuk tiap 1 mol PC. Posfat Inorganik yang dihasilkan melalui proses pemecahan PC ini melalui proses fosforilasi dapat mengikat kepada molekul ADP untuk kemudian kembali membentuk molekul ATP. Melalui proses hidrolisis PC, energi dalam jumlah besar (2.3 mmol ATP/kg berat basah otot per detiknya) dapat dihasilkan secara instant untuk memenuhi kebutuhan energi pada saat berolahraga dengan intensitas tinggi. Namun demikian, karena terbatasnya simpanan PC yang terdapat di dalam jaringan otot, maka energi yang dihasilkan melalui proses hidrolisis ini hanya dapat bertahan untuk mendukung aktivitas anaerobik selama 5-10 detik.

2.5.2 Glikolisis

Glikolisis merupakan salah satu bentuk proses metabolisme energi yang dapat berjalan secara anaerobik tanpa kehadiran oksigen. Proses glikolisis menggunakan simpanan glukosa yang sebagian besar akan diperoleh dari glikogen

otot atau juga dari glukosa yang terdapat di dalam aliran darah untuk menghasilkan ATP. Jadi pengertian dari glikolisis adalah adalah proses pemecahan 1 molekul glukosa menjadi 2 molekul asam piruvat dan terjadi di dalam sitosol (sitoplasma) dalam keadaan anaerob.

Jumlah ATP yang dapat dihasilkan dalam proses glikolisis ini akan berbeda dan bergantung pada asal molekul glukosa. Jika molekul glukosa berasal dari dalam darah maka 2 buah ATP akan dihasilkan namun jika molekul glukosa berasal dari glikogen otot maka sebanyak 3 buah ATP akan dapat dihasilkan. (Wilmore JH, dan Costill DL (1994).

Molekul asam piruvat yang terbentuk dari proses glikolisis ini dapat mengalami proses metabolisme lanjut baik secara aerobik maupun secara anaerobik bergantung pada ketersediaan oksigen di dalam tubuh.

Pada saat berolahraga dengan intensitas rendah dimana ketersediaan oksigen di dalam tubuh cukup besar, molekul asam piruvat yang terbentuk ini dapat diubah menjadi CO₂ dan H₂O di dalam mitokondria. Selanjutnya, jika ketersediaan oksigen terbatas di dalam tubuh atau saat pembentukan asam piruvat terjadi secara cepat seperti saat melakukan *sprint*, maka asam piruvat tersebut akan terkonversi menjadi asam laktat.

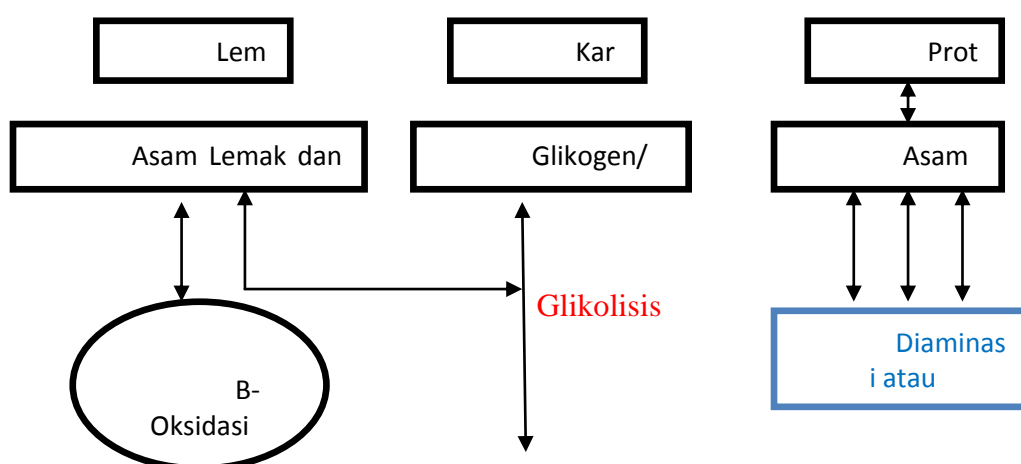
2.6 Metabolisme Energi Secara Aerobik

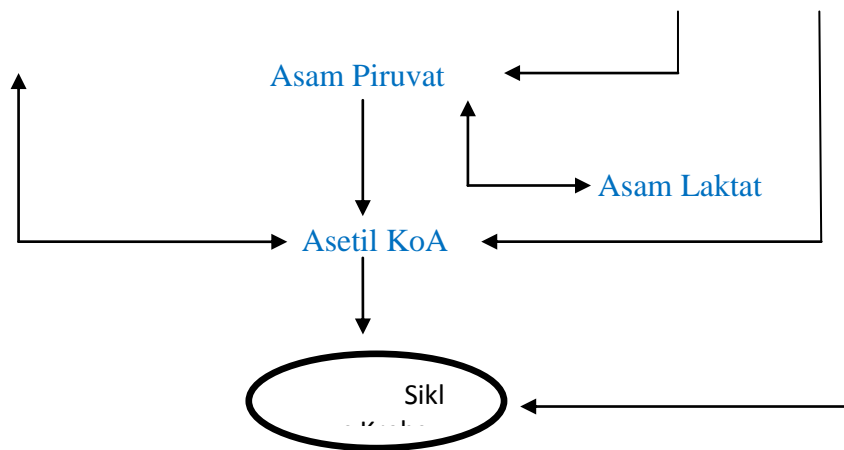
Pada jenis olahraga yang bersifat ketahanan (*endurance*), seperti lari marathon, bersepeda jarak jauh (*road cycling*) atau juga lari 10 km, produksi energi di dalam tubuh tergantung pada sistem metabolisme energi secara aerobik melalui pembakaran karbohidrat, lemak dan pemecahan protein. Oleh karena itu, atlet-atlet yang berpartisipasi dalam ajang-ajang yang bersifat ketahanan ini harus mempunyai kemampuan dalam memasok oksigen ke dalam tubuh agar proses metabolisme energi secara aerobik dapat berjalan dengan sempurna.

Metabolisme energi secara aerobik merupakan metabolisme yang membutuhkan oksigen agar prosesnya dapat berjalan dengan sempurna untuk menghasilkan ATP.

Pada saat latihan, kedua simpanan energi tubuh, yaitu, simpanan karbohidrat (glukosa darah, glikogen otot dan hati) dan simpanan lemak dalam bentuk trigeliserida akan memberikan kontribusi terhadap laju produksi energi secara aerobik di dalam tubuh. Namun demikian, hal ini tergantung pada intensitas latihan yang dilakukan, karena kedua simpanan energi ini dapat memberikan jumlah kontribusi yang berbeda.

Secara singkat proses metabolisme energi secara aerobik bisa dilihat pada Gambar 2.4. Untuk meregenerasi ATP, tiga simpanan energi akan digunakan oleh tubuh, yaitu, simpanan karbohidrat (glukosa, glikogen), lemak dan juga protein. Di antara ketiganya, simpanan karbohidrat dan lemak merupakan sumber energi utama saat berolahraga. Atlet dengan latihan berat, memerlukan pengeluaran energi 2 – 3 kali lebih besar dari individu yang tidak berlatih.





Gambar 2.4. Proses metabolisme secara aerobik (Litwak : 2003)

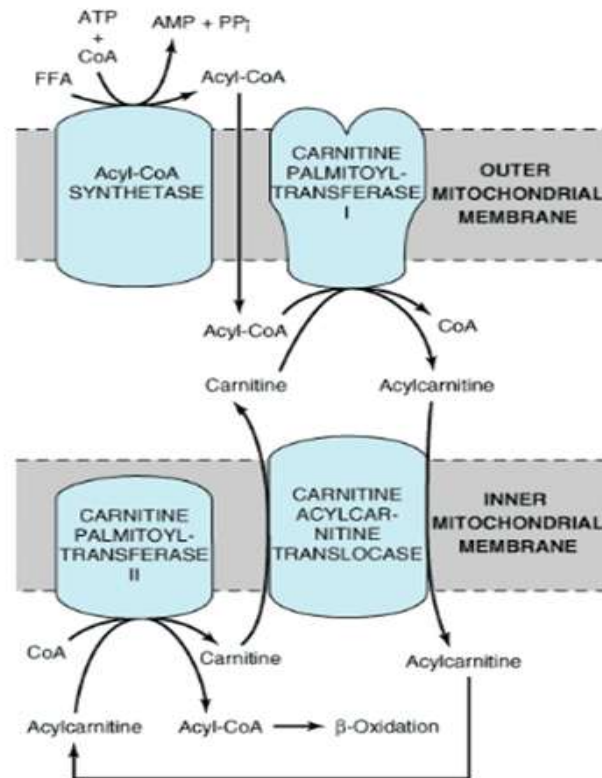
2.7 Beta Oksidasi Asam Lemak

Oksidasi asam lemak melalui cara oksidasi beta berlangsung di dalam mitokondria. Asam lemak mula-mula harus diubah menjadi suatu zat aktif sebelum dikatabolisme. Reaksi ini satu-satunya tahap dalam penguraian sempurna suatu asam lemak yang memerlukan energi dari ATP. Dengan adanya ATP dan koenzim A, enzim asil-KoA sintetase mengkatalis perubahan asam lemak menjadi asam lemak aktif atau asil-KoA yang menggunakan satu fosfat yang berenergi tinggi disertai pembentukan AMP dan Ppi, (gambar 2.5). Ppi dihidrolisis oleh pirofosfatase anorganik disertai hilangnya fosfat berenergi tinggi lainnya yang memastikan bahwa seluruh reaksi berlangsung hingga selesai. Asil-KoA sintetase ditemukan di retikulum endoplasma, peroksisom, serta dibagian dalam dan membran luar mitokondria.

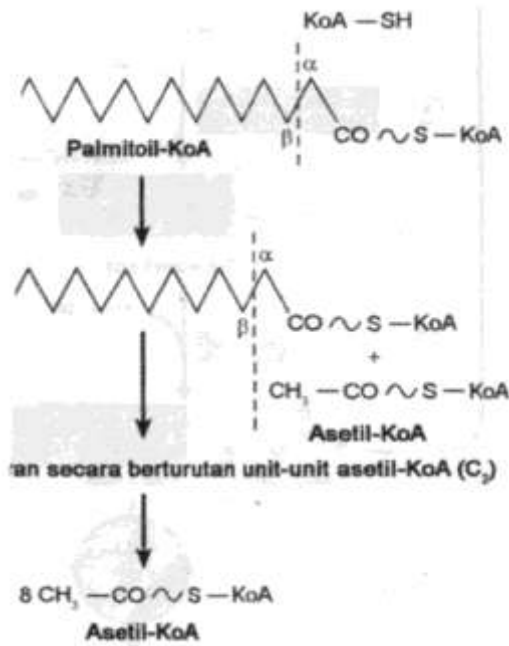
Selanjutnya, asil-KoA yang dibantu oleh karnitin *palmitoltransferase-I* , yang terdapat di membran luar mitokondria mengubah asil-KoA rantai panjang menjadi asilkarnitin yang mampu masuk ke membran dalam dan memperoleh akses ke sistim oksidasi-beta dengan bantuan *karnitin-asilkarnitin translokase* . Asilkarnitin diangkut masuk dan disertai *karnitin palmitoiltransferase II* yang terletak dibagian dalam membran dalam, Asil KoA terbentuk kembali di matriks mitokondria dan karnitin dibebaskan.

Pada oksidasi-beta, gambar 2.6, terjadi pemutusan tiap dua atom karbon dari molekul asil-KoA-beta yang dimulai dari ujung karboksil . rantai diputus antara atom karbon $-\alpha$ (2) dan $-\beta$ (3) karena itu dinamai oksidasi beta. Unit dua karbon yang terbentuk adalah

asetil-KoA, jadi, palmitol KoA menghasilkan delapan molekul asetil KoA. Selanjutnya asetil-KoA dioksidasi menjadi CO₂ di siklus Krebs menghasilkan ATP serta NADH dan FADH₂ yang lebih banyak.



Gambar 2.5. Peran Karnitin sebagai Alat transportasi Asam Lemak Rantai Panjang (Murray RK., et al : 2006)



Gambar 2.6. Oksidasi Beta Asam Lemak (Murray RK, et al, 2006)

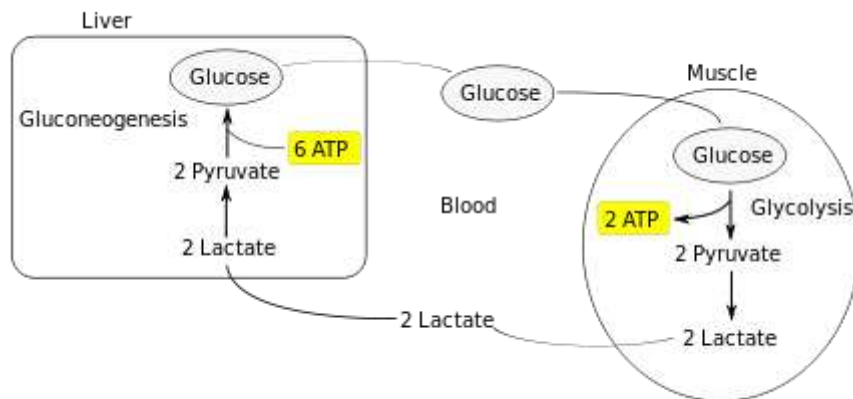
2.8 Glukosa dan Asam Laktat

Glukosa merupakan produk utama yang dibentuk dari hidrolisis karbohidrat kompleks dalam proses pencernaan dan sekaligus merupakan bentuk gula yang biasanya terdapat dalam peredaran darah. Kadar glukosa dalam darah berlebih, terutama setelah penyerapan makanan (karbohidrat). Kelebihan kadar glukosa ini, melalui mekanisme glikogenesis, disimpan dalam hati dan otot sebagai glikogen. Adapun jumlah glikogen yang dapat tersimpan di dalam hati dan otot masing-masing sekitar 5-8% dan 1-3% dari beratnya.

Glukosa secara khusus diperlukan di banyak jaringan tubuh, tetapi tidak harus tersedia dalam bentuk glukosa di dalam makanan, karena jenis-jenis karbohidrat lainnya mudah diubah menjadi glukosa, baik selama proses pencernaan (misalnya, pati) maupun proses pengolahan selanjutnya di dalam hati (misalnya fruktosa dan galaktosa). Glukosa juga dibentuk dari bagian gliserol lemak dan senyawa glukogenik yang dapat digolongkan ke dalam dua kategori, yaitu, (1) senyawa yang meliputi konversi netto langsung menjadi glukosa tanpa daur ulang yang berarti, seperti beberapa asam amino serta propionat; (2) senyawa yang merupakan hasil metabolisme parsial glukosa dalam jaringan tertentu yang diangkut ke dalam hepar serta ginjal untuk disintesis kembali menjadi glukosa melalui mekanisme glikoneogenesis, seperti laktat dan alanin.

Pada keadaan latihan dimana otot dalam keadaan hipoksia, maka glikogen diubah menjadi glukosa, selanjutnya glukosa akan diubah menjadi laktat. Selanjutnya, laktat melalui aliran

darah masuk ke hati. Di dalam hati, laktat diubah kembali menjadi glukosa. Glukosa kembali masuk ke dalam darah yang selanjutnya digunakan di dalam otot. Di dalam otot, glukosa diubah kembali menjadi glikogen. Hal tersebut dikenal dengan siklus Cori. Mengenai siklus asam laktat ini bisa dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Siklus Cori (Sumber:Virtual Chembook: 2003)

Fungsi utama glukosa adalah menghasilkan energi untuk jaringan tubuh. Energi yang dihasilkan dari glukosa ini, kemudian dilepaskan melalui proses glikolisis. Pada proses glikolisis yang berlangsung di dalam sitoplasma dan dikatalisis oleh enzim-enzim protein sitoplasma terlarut pada masing-masing tahap. Glikogen mula-mula dipecah menjadi unit glukosa 1-fosfat dan masing-masing unit dibagi menjadi dua fragmen 3-karbon. Produk akhir dari pemecahan glukosa adalah asam piruvat.

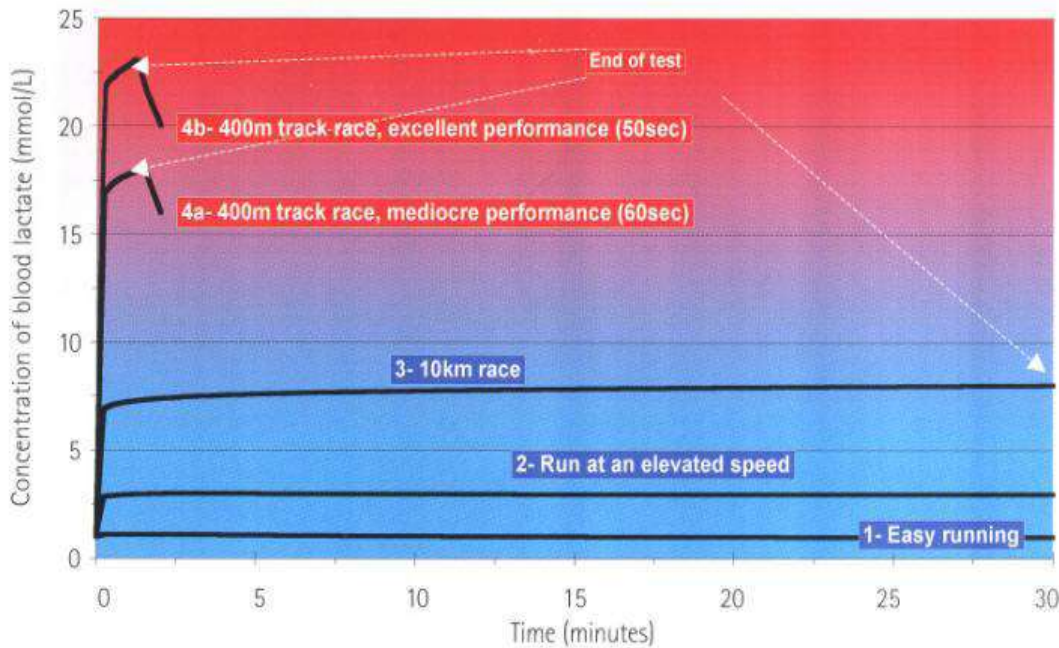
Pada kondisi anaerob, ion hidrogen dilepaskan dalam glikolisis, kelebihan ion hidrogen ini, kemudian digunakan untuk mengkonversi asam piruvat menjadi asam laktat. Akan tetapi, pada kondisi aerob, ion-ion hidrogen tersebut diterima oleh senyawa pembawa H^+ , *nikotinamida adenin dinukleotida* bentuk oksidasi (NAD^+) dan mentransportasikan H^+ ke dalam mitokondria untuk fosforilasi kembali sehingga menghasilkan 4 molekul ATP.

Asam piruvat selanjutnya mengalami oksidasi, menjadi asetil-KoA sebelum masuk ke siklus Krebs dan dirubah menjadi karbondioksida dan ion hidrogen. Kemudian karbondioksida berdifusi memasuki peredaran darah sebagai hasil sisa, sedangkan, ion hidrogen diterima oleh NAD^+ untuk membentuk senyawa NADH (NAD dalam bentuk reduksi). Produk-produk perubahan dari asam lemak dan protein, juga memasuki siklus Krebs dan dikonversi menjadi energi.

Fosforilasi dalam proses glikolisis dan siklus Krebs terjadi di dalam rantai pernapasan berada di membran mitokondria, bersama-sama dengan enzim siklus Krebs yang berada di

dalam membran. Dalam rantai pernapasan, ion hidrogen dari glikolisis dan siklus Krebs ditransportasikan oleh NAD^+ dan bergabung dengan molekul oksigen membentuk air.

Sejumlah besar energi yang dilepaskan digunakan untuk memfosforilasi kembali ADP, sedangkan sisa energi akan hilang sebagai panas. Setiap pasang ion hidrogen dari siklus Krebs menghasilkan 3 molekul ATP. Sedangkan, setiap pasang ion hidrogen yang dilepaskan dari proses glikolisis menghasilkan 2 molekul ATP.



Gambar 2.8. Gambar skema produksi konsentrasi laktat darah pada berbagai intensitas
(Sumber: Ron Mangan dan Michael Gleeson: 2004)

2.6. Stress pada Latihan

2.6.1. Beban Kerja Fisik sebagai Stress

Setiap aktifitas yang dilakukan oleh fisik merupakan beban bagi fisik itu sendiri. Misalnya, berjalan merupakan bagian dari aktivitas fisik. Semakin jauh jarak tempuh yang dilakukan fisik dalam melakukan aktivitas tersebut, semakin besar beban kerja fisik dalam melakukan aktifitas tersebut. Dalam hal ini, beban kerja fisik diukur dari jarak tempuh, demikian juga halnya dalam latihan.

Dalam latihan, dimensi beban kerja fisik adalah jarak tempuh yang diukur dalam meter dan waktu tempuh dalam melakukan satu unit latihan tersebut yang diukur dalam menit dan detik. Dengan melakukan aktifitas ini, fisik mengalami stress yang mana semakin tinggi atau berat latihan dilakukan, semakin besar stress yang dialami fisik.

Efek yang ditimbulkan dalam melakukan aktivitas fisik terhadap fisik itu sendiri secara fisiologis adalah timbulnya atau meningkatnya panas tubuh dan terjadinya perubahan terhadap biokimia tertentu, misalnya, protein.

Dalam menghadapi aktifitas fisik tersebut, fisik melakukan respon, baik secara psikologis maupun fisiologis. Dengan demikian, aktivitas fisik tersebut merupakan stressor bagi fisik, baik secara psikologis maupun fisiologis. Dan, perubahan yang dialami fisik, direspon oleh fisik itu sendiri baik secara fisiologis maupun psikologis.

Naiknya denyut jantung dan tekanan darah sudah cukup untuk mendukung latihan berintensitas rendah hingga sedang. Namun, ketika intensitas latihan semakin meningkat, maka tubuh membutuhkan semacam dorongan atau semangat, sehingga sistem tetap berjalan dengan baik dan responsif. Dorongan atau semangat ini yang disebut epinephrine atau yang umumnya dikenal sebagai adrenalin.

Adrenalin merupakan hormon yang diproduksi dan dilepas dari kelenjar adrenal. Adrenalin berperan penting saat latihan. Di samping itu, adrenalin juga penting dalam respon *fight or flight* (siaga), yaitu respon spontan yang dilakukan seseorang terhadap suatu keadaan, misalnya, saat menghindari dari kecelakaan. Dengan demikian, adrenalin merupakan respon fisik dan mental saat terjadinya stress fisik dan mental pada diri atlet.

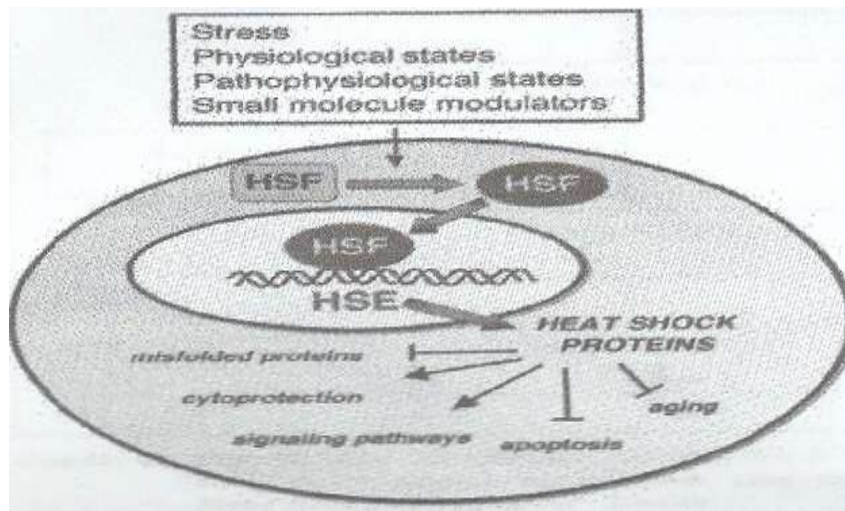
Adrenalin juga berperan penting dalam mengkonversi glikogen menjadi glukosa. Proses konversi ini dikenal dengan glikogenolisis.

2.6.2. HSF (*Heat Shock Factors*)

HSF adalah nama untuk faktor transkripsi yang mengatur ekspresi *heat shock protein*. Ada beberapa jenis protein HSF di dalam tubuh manusia, yaitu HSF-1, HSF-2, and HSF-4. Dari ketiga macam protein tersebut yang paling berperan dalam modulasi *Heat Shock Response* (HSR) adalah HSF-1.

Faktor yang dapat mengaktifasi HSF, terutama HSF-1 bila terjadi keadaan stress fisiologis, patofisiologis dan kenaikan suhu yang tiba-tiba.

Jika HSF telah teraktifasi, maka akan menyebabkan induksi ekspresi HSP, dan berfungsi dalam mencegah terbentuknya *misfolding Protein* (salah lipat protein), menginduksi sitoprotektif, meningkatkan jalur pensinyalan untuk pertumbuhan sel, mencegah apoptosis dan menghambat penuaan. (Gambar 2.10).



Gambar 2.9. Aktivasi HSF akan menginduksi Ekspresi HSP
(Sumber:Shöffi F dan Prádi R.1998)

Dengan tidak adanya stres selular, HSF-1 menjadi tidak aktif karena dihambat oleh HSP, begitu juga sebaliknya, bila terjadi stress selular, seperti peningkatan suhu akan mengakibatkan kesalahan lipat protein (*misfolding protein*), sehingga HSP akan berikatan dengan protein yang gagal melipat. Hal ini memungkinkan HSF1 akan mentranslokasi ke inti sel dan mengaktifkan transkripsi. (Prasad KV, et al. 2007 dan Westerhede SD, Morimoto RI. 2005).

HSP adalah suatu protein yang dihasilkan karena adanya *Heat Shock Respons* (HSR). HSR adalah suatu respon yang berbasis genetik untuk menginduksi protein yang mengkode molekul *chaperon* (pengarah), *protease* dan protein lain yang penting dalam mekanisme pertahanan dan pemulihan terhadap stress selular yang berhubungan dengan terjadinya kesalahan lipat dari protein.

Jadi bila dilihat dari fungsi utama HSP adalah sebagai tempat perlindungan sel terhadap stress. Oleh karena itu, HSP banyak ditemukan dalam tubuh manusia, yaitu HSP 70. HSP tersebut mudah diinduksi dan memiliki peran penting dalam pertahanan sel dan sitoprotektif dalam keadaan *stress* maupun fisiologis (Kurucz I, 2002).

HSP berdasarkan berat molekulnya terdiri dari HSP 60, HSP 70, HSP 72, HSP 90, HSP 100, dan HSP 110.

Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Young-Oh Shin dan kawan-kawan (2004) mengatakan bahwa, terdapat peningkatan HSP70 selama melakukan latihan dengan denyut nadi maksimal 90% antara kelompok tidak terlatih (SED) dengan kelompok terlatih (TR), adapun kenaikan kelompok tidak terlatih (SED) lebih tinggi dibandingkan kelompok terlatih (TR).

Dengan demikian, kelompok terlatih lebih baik dalam meregulasi suhu (*thermo regulation*) dibanding kelompok yang tidak terlatih, dan keluaran suhu yang lebih rendah membuat induksi ekspresi HSP70 menjadi lebih rendah.

2.6.3. Hipoksia pada Latihan

Hipoksia adalah suatu keadaan dimana kebutuhan akan oksigen lebih besar dibandingkan ketersediaan oksigen di luar tubuh. Oleh karena itu, kekurangan oksigen bisa menyebabkan permasalahan kesehatan, dan berpengaruh pada organ-organ tubuh, dan juga akan terjadi penurunan kemampuan atlet.

Hipoksia bisa terjadi karena oksigen jumlahnya yang kurang di udara (daerah ketinggian), kerusakan pada sistem jantung, dan pembuluh darah serta sistem pernapasan.

Tubuh manusia terdapat suatu sistem kesetimbangan yang berperan dalam menjaga fungsi fisiologis tubuh untuk beradaptasi dengan lingkungannya. Salah satu proses adaptasi yang dilakukan oleh tubuh manusia adalah beradaptasi terhadap perubahan ketinggian yang tiba-tiba.

Jika seseorang atlet yang berlatih di Jakarta dengan ketinggian 0 km dari permukaan laut dan akan bertanding di Myanmar dengan ketinggian 1,7 km dari permukaan laut, maka setelah tiba para atlet akan merasa pusing, mual, atau rasa tidak nyaman lainnya. Oleh karena itu, atlet yang akan bertanding di daerah ketinggian, misalnya tim Sea Games Indonesia yang akan bertanding di Myanmar, tim Indonesia sudah berada di tempat 2 minggu sebelum mereka bertanding untuk proses adaptasi dengan keadaan lingkungan terutama terhadap tekanan oksigen yang rendah. Tetapi sebaliknya, tidak terjadi pada tim Myanmar mereka tidak membutuhkan adaptasi..

2.6.4. Adaptasi terhadap Hipoksia

Selama latihan, otot rangka mengalami kekurangan akan oksigen yang banyak dan berulang-ulang, karena latihan itu sendiri sangat membutuhkan energi dan terus-menerus harus tersedia.

Usaha yang dapat dilakukan tubuh mengatasi kekurangan oksigen (hipoksia) mempunyai mekanisme homeostasis yang mudah beradaptasi dalam mengatasi hipoksia, baik pada tingkat sistemik maupun seluler. Contohnya, pada tingkat seluler penurunan kadar oksigen akan mengakibatkan aktivasi beberapa jalur metabolik yang tidak membutuhkan oksigen (induksi enzim glikolisis anaerob), sedangkan pada tingkat sistemik, pengaturan dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan distribusi oksigen, (Semenza GL, et al. 2007).

Respon terhadap kondisi hipoksia ditingkat sel, diatur oleh suatu protein yang dinamai *hypoxia-inducible factor* (HIF). Protein ini terdiri atas 2 subunit, subunit α yang diregulasi oleh hipoksia dan subunit β yang merupakan protein konstitutif. Pada keadaan normoksia subunit α didegradasi oleh sistem ubiquitin proteasom (Lee JW, et al. 2004). Namun, pada keadaan hipoksia subunit α tidak terdegradasi dan membentuk dimer dengan subunit β di dalam nukleus. Selanjutnya, kompleks ini dapat berikatan dengan elemen *enhancer* yang disebut *hypoxia response element* (HRE) pada promotor gen sasaran, dengan sekuen inti 5' – RCGTG-3' (Nangaku M, et al. 2008).

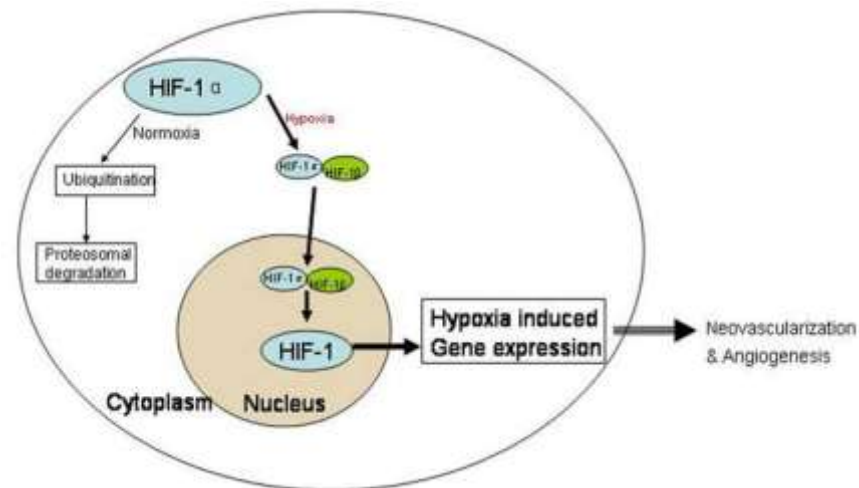
HIF-1 terdiri atas subunit- α dan β . Subunit- α konsentrasinya diregulasi oleh oksigen melalui aktifitas *prolil hidrosilase*. Subunit- β disintesis secara terus-menerus (konstitutif) dan dikenal sebagai *aryl hydrocarbon receptor nuclear translocator* (ARNT). Subunit- α terdiri atas 3 *isoform*, yaitu HIF-1 α , HIF-2 α , dan HIF-3 α . Subunit HIF-1 α dan subunit HIF-2 α , masing-masing dapat membentuk heterodimer dengan subunit HIF-1 β , namun gen target heterodimer HIF-1 α –HIF-1 β berbeda dari gen target HIF-2 α –HIF- β . (Semenza GL, et al. 2007).

Jadi, HIF-1 α adalah suatu faktor transkripsi di bawah pengaruh oksigen, berperan dalam angiogenesis. Faktor transkripsi ini meningkat pada keadaan hipoksia sel dan jaringan, dengan tujuan mempertahankan homeostasis energi. (Semenza GL, et al. 2007).

2.6.5. Peran HIF-1 α

Pada keadaan hipoksia terjadinya penurunan tekanan oksigen (PO_2) di sel dan jaringan, sehingga menyebabkan hambatan aktifitas enzim *4-prolil hidrosilase* (PHD). Akibatnya, HIF-1 α menjadi stabil dan tidak terdegradasi. HIF-1 α berpindah menuju nukleus dan membentuk kompleks dimer dengan HIF-1 β . Dimer ini akan berikatan dengan DNA pada HRE gen sasaran, berlanjut dengan proses transkripsi gen, untuk lebih jelasnya tergambar pada gambar 2.11. Menurut Nangaku M, et al.(2008) sampai saat ini sudah terungkap lebih dari 70 gen yang ekspresinya dikendalikan oleh HIF-1 α . Diantaranya sel survival (VEGF), eritropoiesis (EPO), metabolisme glukosa (GLUT1), dan metabolisme energi (LEP).

Enzim PHD mempunyai beberapa isomer yaitu PHD1, PHD2, dan PHD3 yang menggunakan ion besi valensi 2 dan *oksoglutarat* (2OG). Prolil hidrosilase-2 paling banyak jumlahnya oleh karena itu, enzim ini paling dominan. Enzim *prolil hidrosilase-2* dapat dihambat aktifitasnya dengan *tamoxifen* dan dapat menyebabkan *angiogenesis* (Chan D, et al. 2002).



Gambar 2.10 Aktivitas HIF-1 α dalam keadaan normoxida dan hypoxia. (Sumber: (Franz-Ulrich Hartl, 2011))

2.6.6. Regulasi lain HIF

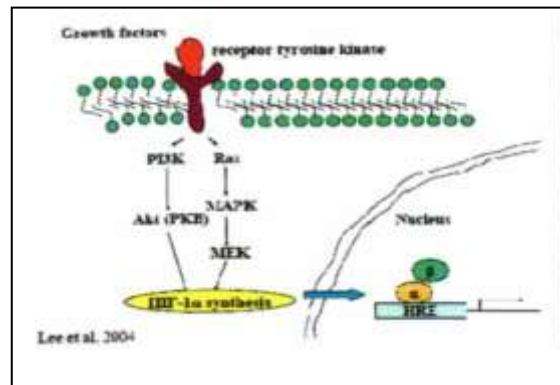
Pengaturan stabilisasi protein HIF-1 α selain oleh aktifitas PHD juga oleh aspariginil hidroksilase HIF- α . Enzim ini dikenal juga dengan nama *factor inhibiting HIF* (FIH). Hidroksilasi terjadi pada gugus asparagin domain *C-terminal activation* dan dapat menyebabkan hambatan peningkatan ko-aktivator p300 (CBP) ke subunit HIF-1 α , sehingga proses transkripsi gen tidak terjadi (Lee JW, at al. 2004).

Sintesis HIF-1 α dapat terjadi melalui aktivasi jalur *p44/42MAP kinase* tergambar pada gambar 2.10, oleh faktor pertumbuhan melalui tirosin kinase reseptor.

Bilton RI, Booker GW. (2003), mengatakan bahwa, jalur MAPKs adalah jalur transduksi sinyal melalui tirosin kinase reseptor yang selanjutnya dapat mengaktifkan *phosphatidyl inositol 3-kinase* (PI3K) dan jalur *mitogen activating protein kinase* (MAPK). Hal yang sama Lee JW, at al. (2004) mengatakan bahwa, faktor pertumbuhan dapat mengaktifkan RAS dan MAPK, MAP/ERK kinase (MEK). Jalur MAPK meningkatkan aktifitas transkripsi HIF-1 α .

Liberman M, Marks AD. (2009) mengatakan bahwa, sintesis *insulin like growth factor* (IGF) yang juga dikenal sebagai *soma tomedin*, dipicu oleh *growth hormone* (GH) di hati dan jaringan lain. Sekresi GH dikendalikan oleh beberapa hal antara lain stres, latihan fisik, peningkatan kadar asam amino, kadar glukosa darah yang rendah dan tidur. Setelah GH berikatan pada reseptornya di permukaan membran sel hati, terjadi transduksi sinyal yang menyebabkan sintesis IGF. Faktor pertumbuhan ini dapat bekerja secara

endokrin maupun otokrin, yang berujung pada pengikatannya dengan tirosin kinase reseptor. Selain itu, diketahui bahwa sintesis HIF-1 α distimulasi oleh insulin, IGF-1 dan IGF-2.



Gambar 2.11. Sintesis HIF-1 α Kompleks tirosin kinase-faktor pertumbuhan sintesis HIF-1 α melalui jalur Ras—MAPK (Sumber: Lee JW, at al. 2004).

2.6.7 Struktur HIF-1 α

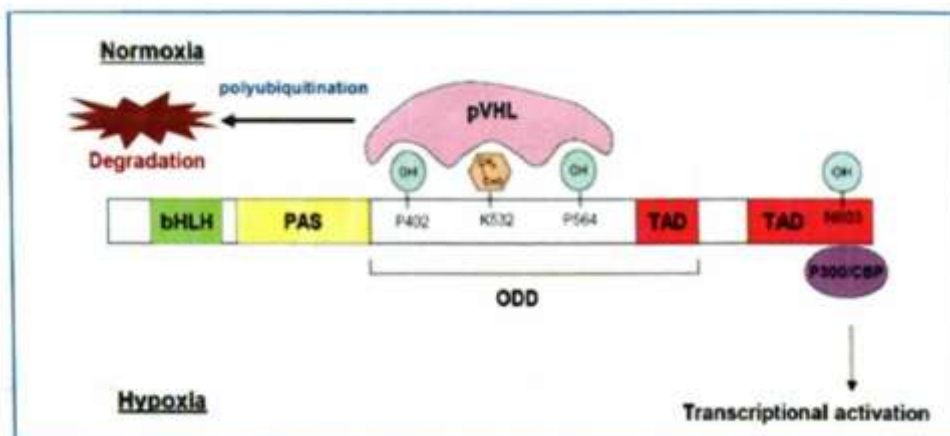
HIF-1 α terdiri atas subunit alfa yang diregulasi oleh oksigen dan subunit beta yang disintesis secara terus-menerus (kontititif) dan dikenal sebagai *aryl hydrocarbon receptor nuclear translocator* (ARNT). Kedua protein ini merupakan keluarga protein *basic helix-loop-helix* (bHLH)-PAS. Domain helix-loop-helix (bHLH) dan *arnt-sim* (PAS) terletak pada ujung terminal –NH₂HIF-1 α , domain ini merupakan sisi protein yang berfungsi untuk membentuk dimer dengan HIF-1 β . Transaktivasi pada keadaan hipoksia terjadi akibat dimerisasi kedua subunit di inti dan menempel pada elemen enhancer yang disebut dengan *hypoxia response element* (HRE) pada gen target. Telah dikemukakan sebelum ini bahwa, subunit alfa, mempunyai 3 isoform yaitu HIF-1 α , HIF-2 α , dan HIF-3 α . Subunit 1 α dan 2 α secara struktural dan fungsi juga ditandai oleh 48% asam aminonya yang identik. Keduanya diregulasi melalui hidrosilasi prolin yang mengakibatkan degradasi pada keadaan normoksia oleh kelompok ubiquitin E3 ligase. Ekspresi HIF-2 α ini terbatas, antara lain berperan pada pengaturan ekspresi EPO, dan protein HIF-3 α belum banyak diketahui, diduga protein ini berperan sebagai inhibitor jalur HIF (Lee JW, at al. 2004).

Protein subunit HIF-1 α terdiri atas 826 asam amino. Menurut Lee JW, at al. (2004) ujung terminal karboksil mengandung domain TAD-N dan TAD-C (N dan C *terminal*

transactivation domain) yang dihubungkan dengan suatu domain penghambat. TAD-C berinteraksi dengan protein koaktivator p300/CBP yang diperlukan untuk aktivasi HIF-1, hal ini tergambar pada gambar 2.12.

Domain ODD terletak ditengah (401 – 603), mengandung banyak rangkaian asam amino Pro-Ser-Thr, bagian ini berperan untuk stabilisasi protein HIF-1 α (ChunYS, at al. 2003). Prolin yang berperan pada degradasi HIF-1 α terletak pada urutan asam amino 402 dan 564 (p402 dan p564) Lee JW, at al. 2004).

Subunit HIF-1 α mempunyai beberapa isoform (variant splicing), yang ditulis dengan angka atau huruf pada simbol α . Angka yang tercantum menunjukkan jumlah asam amino pada isoform HIF-1 α , sebagai contoh HIF-1 $\alpha^{(785)}$ adalah protein HIF-1 α dengan jumlah asam amino 785. HIF-1 $\alpha^{(FL)}$ mirip wild type HIF-1 α (826 asam amino) kecuali ada tambahan 3 pb dan TAG terletak di axon 1 dan 2. HIF-1 $\alpha^{(736)}$ kehilangan exon 14, karena itu tidak mempunyai terminal C, yang berfungsi transaktifasi. HIF-1 $\alpha^{(FL)}$ dan HIF-1 $\alpha^{(736)}$ dapat mengaktifkan promotor VEGF pada keadaan hipoksia.



Gambar 2.13. Struktur Skematis HIF-1 α . (Sumber: Lee JW, at al. 2004)

2.6.6 Leukosit

Latihan fisik yang dilakukan secara teratur dan terukur dengan intensitas latihan ringan sampai sedang dapat meningkatkan kesehatan, kebugaran tubuh dan kekebalan tubuh. Latihan tersebut dapat meningkatkan daya tahan tubuh terhadap kejadian infeksi, sedangkan latihan dengan intensitas tinggi dan melelahkan dapat menyebabkan gangguan imunitas. Hal ini dapat menyebabkan cedera pada serabut otot yang dikenal dengan *micro traumatic*.

Fisik seseorang akan meningkat dengan melakukan latihan sesuai dengan tujuan latihan, intensitas, waktu, frekuensi, dan dilakukan secara teratur, juga dapat meningkatkan sistem imun dan berpengaruh terhadap jumlah leukosit darah.

Leukosit dapat mendeteksi adanya infeksi yang disebabkan oleh bakteri dan virus, serta dapat melihat kekebalan tubuh serta mendeteksi potensi terjadinya alergi, karena leukosit berperan dalam sistem pertahanan tubuh.

Jumlah leukosit dapat menjadi sumber informasi untuk diagnostik dan prognosa serta gambaran adanya kerusakan organ dan pemulihan setelah latihan fisik yang berat. Jumlah leukosit sebanding dengan intensitas kerja dan durasi latihan, dan tidak bergantung pada jenis kelamin dan tingkat kebugaran subjek (Sodique,2000).

Fungsi umum sel leukosit, sangat berbeda dengan sel darah merah. Leukosit umumnya berfungsi dalam mempertahankan tubuh terhadap masuknya benda asing. Hal yang sama, juga diungkap oleh Sadikin M. (2002) bahwa, leukosit hanya diperlukan pada tempat-tempat terjadinya konflik dengan benda asing, dengan demikian leukosit dapat memperbanyak diri dengan cara mitosis di luar jaringan sumsum tulang.

Jumlah normal leukosit mempunyai rentang antara $5.10^3 - 10^4$ /mL, dan berubah-ubah jumlahnya pada setiap saat, dan tergantung pada situasi tubuh. Bila jumlah leukosit lebih besar dari 10^4 /mL, keadaan ini merupakan tanda bahwa, tubuh sedang dalam keadaan radang atau infeksi.

2.6.7 Pengaruh Latihan Fisik dan Jumlah Leukosit

Seseorang dalam melakukan kegiatan aktifitas fisik dalam hal ini olahraga mempunyai beberapa tujuan, antara lain meningkatkan, menjaga kebugaran jasmani, prestasi, dan rehabilitasi, serta mencari kegembiraan. Hal ini bisa mendapatkan manfaat, bila dilakukan secara teratur, sistematis dan terukur. Banyak informasi dan hasil penelitian yang telah menemukan dampak dari latihan fisik, bila dilakukan tidak teratur, sistematis dan terukur, ialah cedera, *overtraining*, dan sakit.

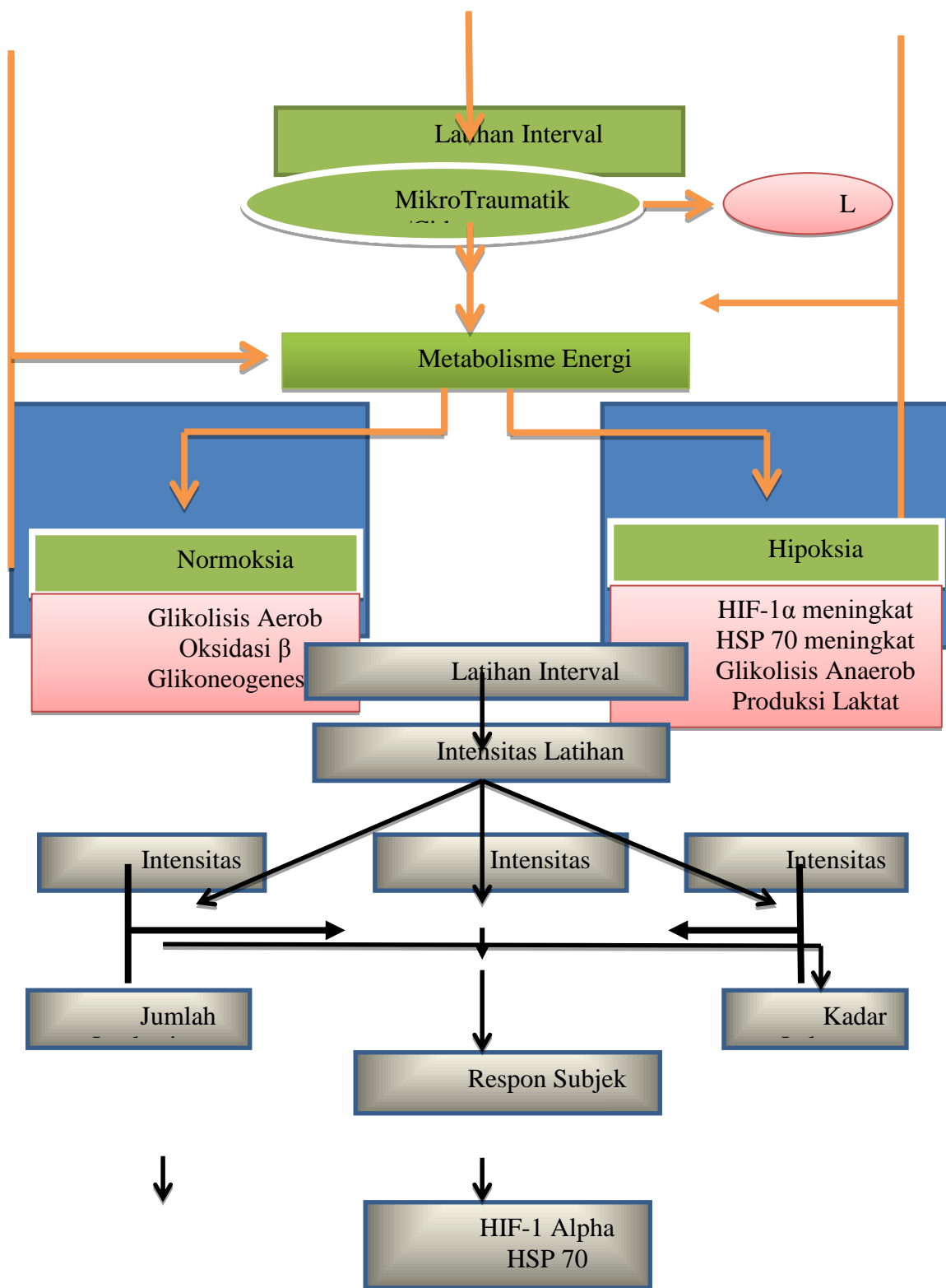
Atlet yang berada di pemusatan latihan olahraga seharusnya sehat semua, tetapi kenyataannya hampir 5 sampai 10% atlet yang berada dipemusatan latihan tersebut sering mengalami demam, flu dan sebagainya, hal ini bisa terjadi, karena waktu istirahat yang kurang cukup dan asupan makan yang tidak sesuai dengan jumlah kalori yang dibutuhkan. Oleh karena itu, banyak dari para pelatih menyerahkan kejadian ini kepada dokter, tetapi jarang mendiskusikan program latihan dengan dokter yang mendampingi cabang olahraga tersebut.

Menurut Mukaromah SB, et al (2008) mengatakan bahwa, latihan fisik dengan intensitas tinggi dan melelahkan dapat menyebabkan gangguan imunitas begitu juga, bila atlet yang berlatih dengan intensitas latihan yang tinggi dan melelahkan untuk menghadapi suatu pertandingan, sering tidak dapat melanjutkan ke pertandingan berikutnya karena sakit atau cedera. Oleh karena itu, kapasitas kemampuan fisik dapat diperbaiki dengan melakukan latihan sesuai intensitas, durasi dan frekuensi. Latihan juga dapat meningkatkan sistem imun pada atlet dan mempengaruhi jumlah leukosit. Leukosit berperan dalam sistem pertahanan tubuh dan jumlah leukosit perifer dapat menjadi sumber informasi untuk diagnostik dan prognosa serta gambaran adanya kerusakan organ atau infeksi.

Oleh karena itu, latihan interval dengan intensitas yang berbeda-beda berpengaruh tidak dalam sistem imun, dalam hal ini jumlah leukosit subsetnya, kalau benar intensitas latihan yang mana yang dapat menyebabkan gangguan pada tubuh terutama sistem imun.

2.8 Kerangka Teori





3.1 METODE PENELITIAN

Mengacu pada tujuan penelitian yang telah ditetapkan, pelaksanaan penelitian ini dibagi dalam 3 tahapan, yaitu, tahap pengukuran sebelum diberi perlakuan, selama perlakuan, dan setelah perlakuan dengan istirahat 30 menit.

Tahap sebelum diberi perlakuan, pengukuran yang dilakukan mencakup pengambilan darah I sebanyak 5 ml, untuk menganalisa respons jumlah leukosit, konsentrasi asam laktat, HIF-1 alpa, dan HSP 70.

Pengukuran pada tahap II, dilakukan segera setelah lari interval selesai dan setelah istirahat 30 menit, dilakukan yaitu pengambilan darah II dan III, sebanyak 5 ml, untuk masing-masing tahap, untuk mengukur respons jumlah leukosit, konsentrasi asam laktat, HIF-1 alpa, dan HSP 70.

Jenis penelitian yang digunakan adalah pra-eksperimen, yaitu, jenis penelitian yang dilakukan untuk mengukur respon sebagai sebab dengan pengendalian minimum, bahkan tidak dilakukan sama sekali kontrol terhadap faktor-faktor lain (SudigdoS, dan Sofyan I., 2011).

3.1 Desain Penelitian

Sebelum penelitian ini dilakukan, perlu adanya sebuah desain penelitian yang akan memandu dan mengarahkan proses penelitian ini. Desain penelitian ini merupakan kerangka atau rencana kerja, sehingga temuan-temuan (data) yang diperoleh memungkinkan untuk menjawab pertanyaan penelitian. Hal ini sebagaimana yang disampaikan Anker, et al, (2001) bahwa, desain penelitian merupakan suatu kerangka kerja yang digunakan untuk memandu dan mengarahkan proses penelitian ke arah tujuan yang diharapkan. Salah satu keputusan paling penting yang diambil dalam mendesain suatu penelitian adalah pendekatan penelitian (*research approach*) yang digunakan.

Pendekatan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif. Karena, penelitian ini melakukan pengukuran terhadap jumlah subset leukosit, konsentrasi laktat, HIF-1 α , dan HSP70, pada kondisi latihan interval yang berbeda-beda, yakni intensitas rendah (50%) maksudnya ialah 50 % dari kecepatan

maksimal lari 100 m yang ditempuh oleh subjek, intensitas sedang (70%) dari kecepatan maksimal lari 100 m, ialah 70% dan intensitas tinggi (90%) dari kecepatan maksimal lari 100 m. Untuk lebih jelasnya tergambar pada gambar 3.1.

Semua pengukuran dilakukan di tempat pelaksanaan lari interval 100 m, pengambilan darah untuk mengukur jumlah leukosit, konsentrasi asam laktat, HIF-1 alpa, dan HSP 70, selanjutnya sampel darah di analisa di laboratorium.

3.2 Lokasi dan Waktu

Perlakuan dalam hal ini lari interval 10 x 100 m dan pengambilan sampel darah serta pengukuran tinggi badan dan berat badan dilakukan di lapangan atletik stadion madya senayan, tempat diadakannya latihan interval dan pengambilan darah. Sedangkan, untuk analisis darah dilakukan di Laboratorium Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, jalan Salemba Raya, Jakarta Pusat dan di laboratorium Paramitha. Penelitian dilakukan pada bulan Oktober sampai dengan Desember 2013.

3.3 Populasi dan Sampel Penelitian

3.3.1 Populasi

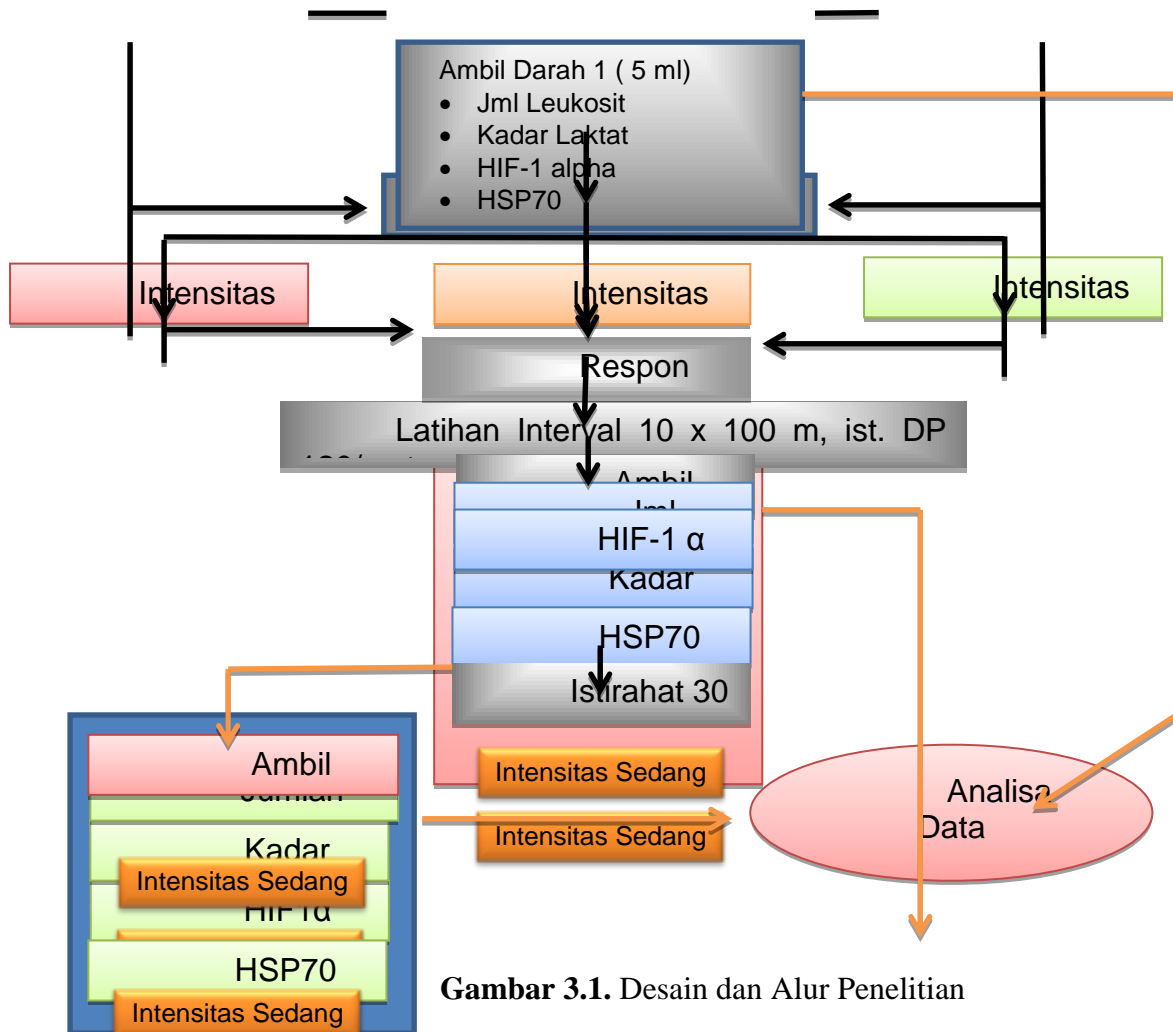
Populasi yang menjadi subjek penelitian, terdiri dari populasi atlet dan populasi bukan atlet. Populasi atlet terdiri dari para atlet sprinter junior nasional yang berada di pemusatan latihan (Jakarta), berusia 15-16 tahun, dan bersedia menjadi subjek penelitian, mulai dari penelitian dilakukan sampai penelitian berakhir sebanyak 17 orang.

Sampel adalah bagian (subset) dari populasi yang dipilih dengan cara tertentu hingga dianggap dapat mewakili populasinya (Sudigdo S, dan Sofyan I, 2011). Sampel ini dibagi ke dalam 3 (tiga) kelompok secara random.

Atlet

Tinggi Badan
Berat Badan

Bukan



Gambar 3.1. Desain dan Alur Penelitian

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel bebas (*Independent variabel*) adalah latihan interval dengan intensitas 50%, 70%, dan 90% dengan jarak tempuh 100 meter dengan waktu istirahat untuk masing-masing kelompok (atlet dan non-atlet) dengan mempergunakan perhitungan denyut nadi 110 – 120 kali per menit.

3.4.2 Variabel terikat (*Dependent variabel*), yaitu jumlah leukosit dan hitung konsentrasi laktat, hitung HIF-1 α , dan hitung HSP70, sebelum, selama, dan setelah istirahat 30 menit.

3.5 Bahan dan Metode

3.5.1 Subjek

Jumlah keseluruhan subjek penelitian ini sebanyak 17 orang,. Subjek ini dibagi ke dalam 3 kelompok perlakuan yang berbeda, yaitu kelompok intensitas tinggi, sedang, dan rendah secara random.

Semua subjek penelitian membaca dan menandatangani dokumen persetujuan yang diberikan (Komite Etik Penelitian FKUI dengan No. 130/PT02.FK/ETIK/2011).

3.5.2 Bahan

Bahan dalam penelitian ini adalah sampel darah dari masing-masing subjek penelitian. Pengambilan sampel darah dilakukan sebelum latihan dimulai, selama latihan, dan setelah istirahat 30 menit sebanyak 3 kali, yang masing-masing jumlahnya 5 ml. Sampel darah ini disimpan dalam tabung dengan antikoagulan EDTA dan selanjutnya disimpan pada suhu 4°C.

Pemeriksaan darah perifer lengkap dan hitung jenis leukosit dilakukan di laboratorium hematologi RSCM dan Paramitha. Selanjutnya dilakukan pemisahan plasma darah dan komponen lain dengan cara sentrifugasi (*Hettich*) 3000 rpm selama 10 menit. Plasma darah dipindahkan ke dalam mikrotube baru, dan disimpan pada suhu -20°C.

Subyek penelitian telah diberikan penjelasan tentang penelitian ini dan bersedia menandatangani surat persetujuan sebagai subyek penelitian. Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan dari **Komite Etik Penelitian FKUI dengan No. 130/PT02.FK/ETIK/2011.**

3.5.3. Cara Kerja

Masing-masing kelompok melakukan tes kecepatan lari 100 m secara maksimal 2 (dua) hari sebelum pelaksanaan penelitian. Adapun tujuannya adalah untuk menentukan intensitas latihan (tinggi, sedang atau rendah). Selanjutnya, sebelum latihan interval dilakukan semua subjek mengukur tinggi badan, berat badan dan pengambilan darah pertama, sebanyak 5 ml. Setelah itu semua subjek melakukan latihan interval di masing-masing kelompoknya, dan setelah latihan interval selesai dilakukan segera pengambilan darah kedua, dan dilanjutkan istirahat selama 30 menit, dan setelah istirahat 30 menit dilanjutkan pengambilan darah yang ketiga. Adapun alur penelitian tergambar pada gambar 3.2.

3.5.3.1. Penghitungan Biokimia

1. Penghitungan Total Subset Leukosit

Darah dihisap dengan menggunakan pipet hisap sampai tanda 1, selanjutnya diencerkan dengan larutan *turk* sampai tanda 11, dan dilakukan pengocokkan. Setelah dilakukan pengocokkan dan dibiarkan selama 15

menit, dan diteteskan ke dalam kamar hitung. Dan perhitungannya dilakukan secara otomatis dengan menggunakan alat *hematoanalyzer*.

2. Isolasi Leukosit

Isolasi leukosit dilakukan dengan menggunakan *red blood cell lysis buffer*, selanjutnya tabung mikrotube 1,5 mL steril ditambahkan 1 mL *red blood cell lysis buffer*, kemudian ditambahkan 500 uL darah, dicampur dan dibolak balik. Setelah inkubasi 15 menit pada suhu ruang, dilakukan sentrifugasi pada 2500 rpm selama 5 menit dengan mikrosentrifus pada suhu 15-25°C. Selanjutnya, supernatan yang berwarna merah dibuang dengan menggunakan pipet steril. Setelah supernatan dibuang, tampak pellet (endapan) berwarna putih di dasar tabung. Kemudian ditambahkan 1 ml *red blood cell lysis buffer*, dicampur dan endapan di dasar tabung dilarutkan (diresuspensi). Selanjutnya dilakukan sentrifugasi pada 2500 rpm selama 5 menit pada mikrosentrifus dengan suhu 15-25 °C, kemudian supernatant dibuang, terutama cincin merah disekitar pellet. Selanjutnya pellet dilarutkan dengan bufer dan disimpan pada suhu -20°C.

2. Konsentrasi Laktat

Pengukuran konsentrasi laktat dilakukan dengan menggunakan *Lactate colorimetric assay kit*. Standar laktat (1 mM) dibuat dengan penambahan 10 uL *Lactate standard* ke dalam 990 uL *Lactate assay buffer*. Ke dalam well mikroplate dipipetkan masing-masing 0,2,4,6,8,10 uL standar laktat dan ditambahkan *lactate assay buffer* ke masing-masing sumur, sehingga volume total 50 uL/sumur.

Konsentrasi standar yang dibuat adalah 0,2,4,6,8,10 nmol/sumur, dan 2 uL plasma sampel yang diukur dipipetkan dalam mikroplate dan ditambahkan dengan *lactate assay buffer*, sehingga volume total 50 uL. Selanjutnya, pada standar dan sampel masing-masing sumur ditambahkan *reaction mix* yang terdiri dari 46 uL *Lactate assay buffer*, 2 uL *lactate substrat mix* dan 2 uL *lactate enzyme mix*. Setelah inkubasi selama 30 menit pada suhu ruang tanpa paparan cahaya, mikroplate dibaca pada *mikroplate reader* 450 nm. Kemudian dibuat kurva standar, dan perhitungan sampel diplot pada kurva standar.

Hitung Konsentrasi Laktat
 $C = La/Sv$
La = Konsentrasi Laktat berdasarkan
kurva standar
Sv = Volume sampel yang ditambahkan
ke masing-masing sumur

4. Konsentrasi HSP70

Pengukuran HSP70, dilakukan dengan metode sandwich ELISA (*enzyme linked immunosorbent assay*). Adapun langkah-langkah pemeriksaannya adalah:

- 4.1 Seluruh reagen diletakkan pada suhu ruang dan disiapkan sesuai petunjuk. HSP70 standar dilarutkan dengan 0.5 ml *assay diluents*, menjadi larutan standar 150 ng/mL dan setelah dicampur dan dibiarkan selama 15 menit, selanjutnya 66.7 uL larutan standar dipipetkan ke dalam tabung mikrotube yang berisi 933.3 uL *assay diluents*.
- 4.2 Melakukan pengenceran serial pada 6 tabung berikutnya yang berisi 500 uL *assay diluents*. Sampel leukosit yang telah diinkubasi dalam *assay diluent* selama 15 menit di atas es kemudian disentrifugasi 2500 g, selama 5 menit.
- 4.3 Selanjutnya 100 uL standar dan sampel dipipetkan ke dalam sumur mikrotube yang telah dilapisi *antibody monoclonal* terhadap HSP70.
- 4.4 Melakukan inkubasi selama 2 jam pada suhu ruang dan dilanjutkan dengan mencuci 3 kali dengan 300uL cairan pencuci, ditambahkan 100 uL larutan antibody pendeteksi (pengenceran 1:15) ke dalam setiap sumur dan diinkubasi selama 2 jam lagi pada suhu ruang. Setelah dicuci 3 kali dengan 300uL cairan pencuci, ditambahkan 100 uL larutan *streptavidin-HRP* (pengenceran 1:200) dan diinkubasi selama 20 menit.
- 4.5 selanjutnya dilakukan pencucian 3 kali dengan 300uL cairan pencuci, dan ditambahkan 100 uL larutan substrat. Setelah inkubasi selama 20 menit tanpa paparan cahaya pada suhu ruang, ditambahkan 50 uL larutan stop solution. Selanjutnya mikrotube dibaca pada 450 nm dengan ELISA reader. Kemudian dibuat kurva standar, dan perhitungan sampel diplot pada kurva standar.

5. Konsentrasi HIF 1 α

Pengukuran konsentrasi HIF 1 α total dilakukan dengan metode *sandwich* ELISA (*enzyme linked immunosorbent assay*). Adapun langkah-langkah pemeriksaannya adalah:

- 5.1 Seluruh reagen diletakkan pada suhu ruang dan disiapkan sesuai instruksi. HIF 1 α standar dilarutkan dengan 0.5 ml *reagent diluents*, menjadi larutan standar 150 ng/mL. Setelah dicampur dan dibiarkan selama 15 menit, selanjutnya 53 uL larutan standar dipipetkan ke dalam tabung mikrotube yang berisi 947 uL reagent diluents.
- 5.2 melakukan pengenceran serial pada 6 tabung berikutnya yang berisi 500 uL reagent diluents. Sampel leukosit yang telah diinkubasi dalam *lysis buffer* selama 15 menit di atas es kemudian disentrifugasi 2500 g selama 5 menit. Selanjutnya, 100 uL standard dan sampel dipipetkan ke dalam sumur mikroplate yang telah dilapisi *antibody monoclonal* terhadap HIF 1 α .
- 5.3 Melakukan inkubasi selama 2 jam pada suhu ruang. Setelah dicuci 3 kali dengan 300uL dapar pencuci, ditambahkan 100 uL larutan antibody pendeteksi (pengenceran 1:15) ke dalam setiap sumur dan diinkubasi selama 2 jam pada suhu ruang.
- 5.4 Setelah dicuci 3 kali dengan 300uL dapar pencuci, ditambahkan 100 uL larutan *streptavidin*-HRP (pengenceran 1:200) dan diinkubasi selama 20 menit.
- 5.5 Melakukan pencucian 3 kali dengan 300uL dapar pencuci, dan ditambahkan 100 uL larutan substrat.
- 5.6 Setelah diinkubasi selama 20 menit tanpa paparan cahaya pada suhu ruang, ditambahkan 50 uL larutan *stop solution*.
- 5.7 Selanjutnya mikroplate dibaca pada 450 nm dengan ELISA reader. Kemudian dibuat kurva standar, dan hasil perhitungan sampel diplot pada kurva standar.

3.6 Teknik Analisis Data

Teknik analisis yang digunakan untuk mengolah data dari hasil tes dan pengukuran adalah analisis statistik. Teknik analisis ini digunakan untuk menguji:

- 3.6.1 Apakah terdapat perbedaan jumlah leukosit kelompok atlet sprinter dengan bukan atlet, sebelum, selama dan setelah istirahat 30 menit pada intensitas rendah (50%), sedang (70%), dan tinggi (90%)?
- 3.6.2 Apakah terdapat perbedaan konsentrasi laktat kelompok atlet sprinter dengan bukan atlet, sebelum, selama dan setelah istirahat 30 menit pada intensitas rendah (50%), sedang (70%), dan tinggi (90%)?
- 3.6.3 Apakah terdapat perbedaan HIF-1 α kelompok atlet sprinter dengan bukan atlet, sebelum, selama dan setelah istirahat 30 menit pada intensitas rendah (50%), sedang (70%), dan tinggi (90%)?
- 3.6.4 Apakah terdapat perbedaan HSP70 kelompok atlet sprinter dengan bukan atlet, sebelum, selama dan setelah istirahat 30 menit pada intensitas rendah (50%), sedang (70%), dan tinggi (90%)?

HASIL PENELITIAN

4.1. Perbedaan Ekspresi HSP 70 Berdasarkan Waktu Latihan

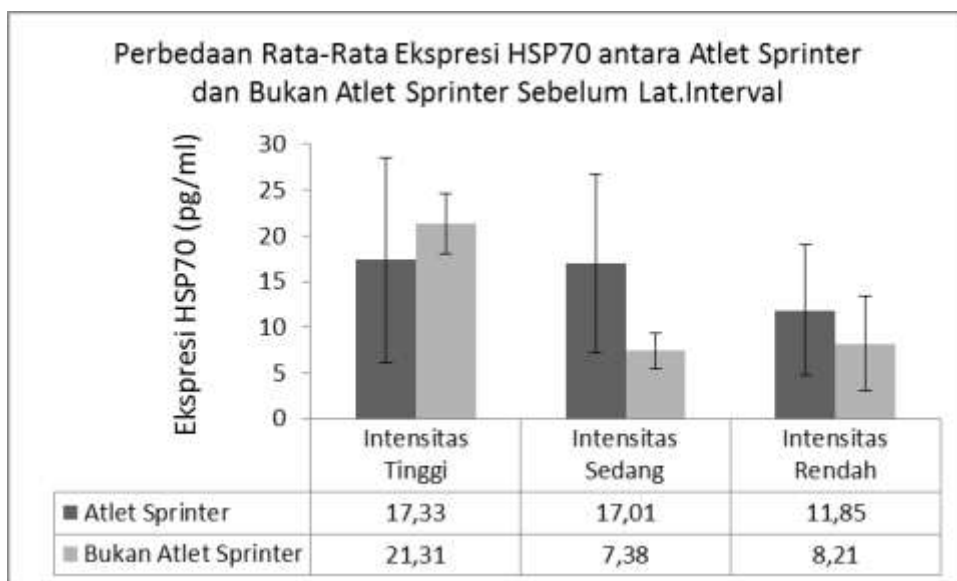
HSP 70 diukur dengan menggunakan metode sandwich ELISA. Alat yang digunakan adalah Surveyor TM IC Human/Mouse/Rat Total HSP70/HSPA1A *Immunoassay*.

Pengukuran HSP 70, dilakukan sebelum latihan, selama, dan setelah istirahat 30 menit, dimasing-masing kelompok, yaitu kelompok intensitas tinggi, sedang, dan rendah. Dan sampel darah dari masing-masing atlet diambil di lapangan, dan penganalisaannya dilakukan di laboratorium. Hasil pengukuran ini bisa dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Rata-Rata Hasil Pengukuran HSP70 atlet Sprinter junior Sebelum Latihan Interval

Kelompok Intensitas Latihan	Intensitas Latihan			p
	Tingg i	Sedan g	Renda h	
HSP70	17,33 ± 11,17	17,01 ± 9,74	11,85 ± 7,01	P >0,05

Berdasarkan tabel 4.1, disimpulkan bahwa, tidak terjadi perbedaan yang jumlah ekspresi HSP70 sebelum latihan antara atlet sprinter junior dan bukan atlet dengan $p > 0,05$. Adapun rata-rata HSP70 untuk atlet sprinter junior untuk intensitas tinggi ($17,33 \pm 11,17$), sedang ($17,01 \pm 9,74$), rendah ($11,85 \pm 7,1$). Untuk lebih jelasnya perbedaan ekspresi HSP70 sebelum latihan antara atlet sprinter junior dan bukan atlet sprinter, tergambar pada grafik 4.1.



Grafik 4.1. Perbedaan Rata-rata Ekspresi HSP70 Atlet Sprinter Sebelum Latihan

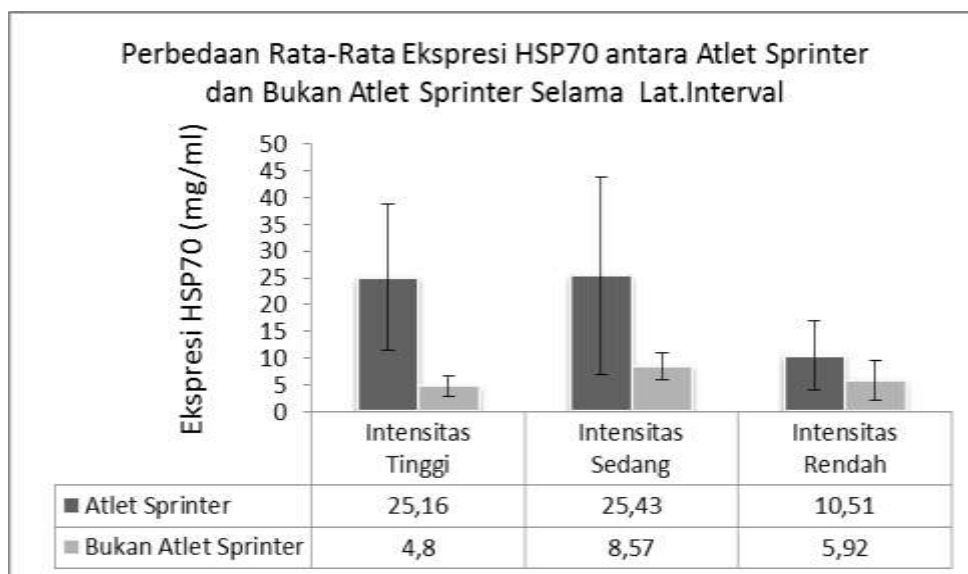
Untuk lebih jelasnya perbedaan ekspresi HSP70 selama latihan antara atlet sprinter junior dan bukan atlet sprinter, tergambar pada tabel 4.2 dan grafik 4.2.

Tabel 4.2. Rata-Rata Hasil Pengukuran HSP70 atlet Sprinter Selama Latihan Interval

Kelompok Intensitas Latihan	Intensitas Latihan			P
	Tinggi i	Sedan g	Rendah h	
HSP70	25,16 ±13,65	25,43 ± 18,52	10,51 ± 6,37	>0,05

Berdasarkan tabel 4.2, disimpulkan bahwa, terjadi perbedaan yang bermakna ekspresi HSP70 selama latihan interval antara atlet sprinter junior Adapun rata-rata HSP70 untuk atlet sprinter jynior untuk intensitas tinggi ($25,16 \pm 13,65$), sedang ($25,43 \pm 18,52$), rendah ($10,51 \pm 6,37$)

Untuk lebih jelasnya perbedaan ekspresi HSP70 sebelum latihan antara atlet sprinter junior dan bukan atlet sprinter, tergambar pada grafik 4.2



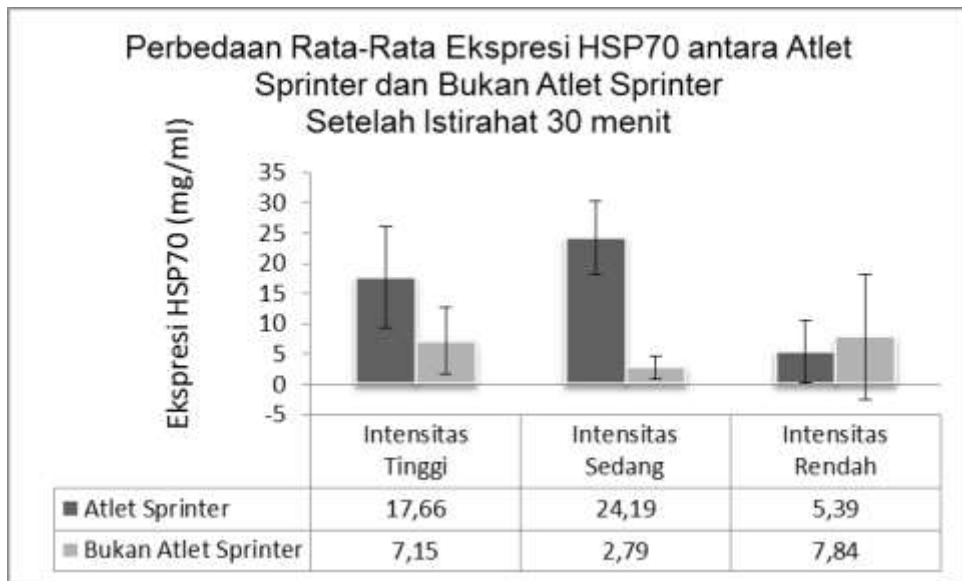
Grafik 4.2. Perbedaan Rata-rata Ekspresi HSP70 antara Atlet Sprinter junior Selama Latihan

Untuk lebih jelasnya perbedaan ekspresi HSP70 setelah istirahat 30 menit latihan atlet sprinter junior, tergambar pada tabel 4.3 dan grafik 4.3.

Tabel 4.3. Rata-Rata Hasil Pengukuran HSP70 atlet Sprinter junior Setelah Istirahat 30 Menit

Kelompok Intensitas Latihan	Intensitas Latihan			P
	Tinggi i	Sedan g	Renda h	
HSP70	17,66 ± 8,39	24,19 ± 6,05	5,39 ± 5,17	P >0,05

Berdasarkan tabel 4.3, disimpulkan bahwa, terjadi perbedaan yang bermakna ekspresi HSP70 selama latihan interval antara atlet sprinter junior. Adapun rata-rata HSP70 untuk atlet sprinter junior untuk intensitas tinggi ($17,66 \pm 8,39$), sedang ($24,19 \pm 6,05$), rendah ($5,39 \pm 5,17$). Untuk lebih jelasnya perbedaan ekspresi HSP70 setelah istirahat 30 menit latihan atlet sprinter junior , tergambar pada grafik 4.3.

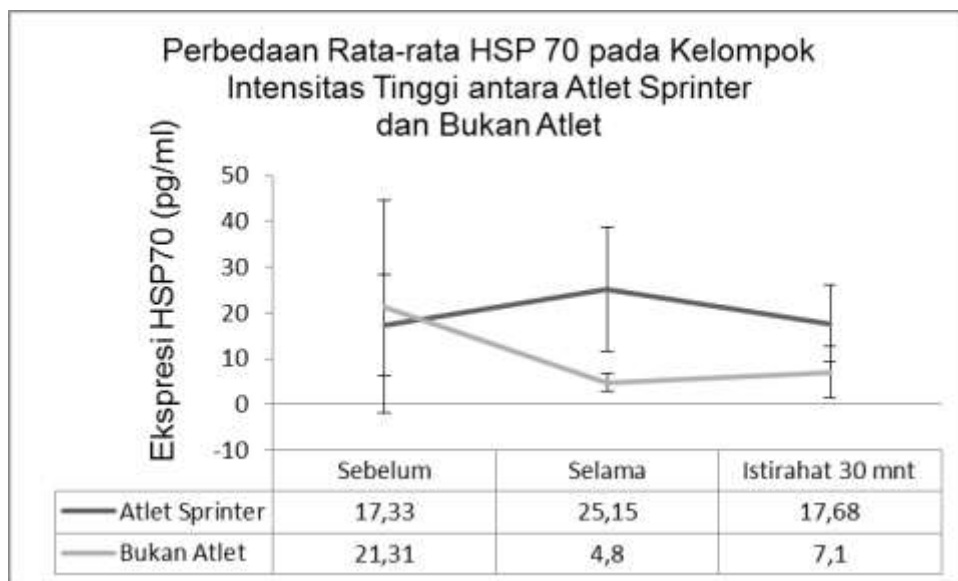


Grafik 4.3. Perbedaan Rata-rata Ekspresi HSP70 antara Atlet Sprinter junior Setelah Istirahat 30 Menit.

4.2 Perbedaan Ekspresi HSP 70 pada Kelompok Intensitas

4.2.1 Perbedaan Ekspresi HSP 70 pada Kelompok Intensitas Tinggi

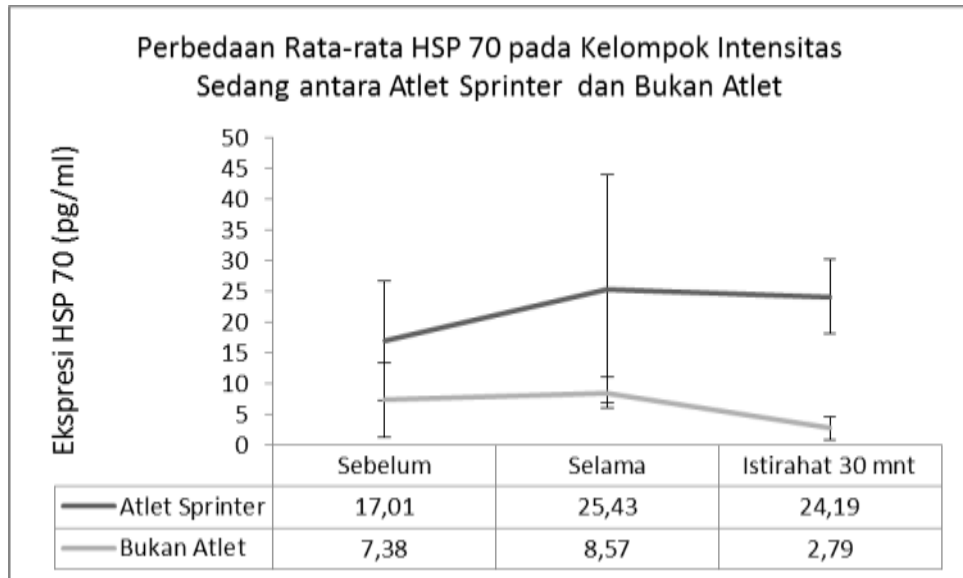
Analisis ekspresi HSP70 berdasarkan waktu latihan interval, perlu diungkap, karena bertujuan untuk mengetahui respon HSP70 terhadap pemberian latihan interval pada kelompok intensitas tinggi, dan mengetahui respon HSP70 sebelum, selama dan setelah istirahat 30 menit di masing-masing kelompok. Analisis ini tergambar pada grafik 4.4.



Grafik 4.4. Perbedan Rata-Rata HSP70 Pada Kelompok Intensitas Tinggi Berdasarkan Waktu Latihan antara Atlet Sprinter junior

4.2.2 Perbedaan Ekspresi HSP 70 Pada Kelompok Intensitas Sedang

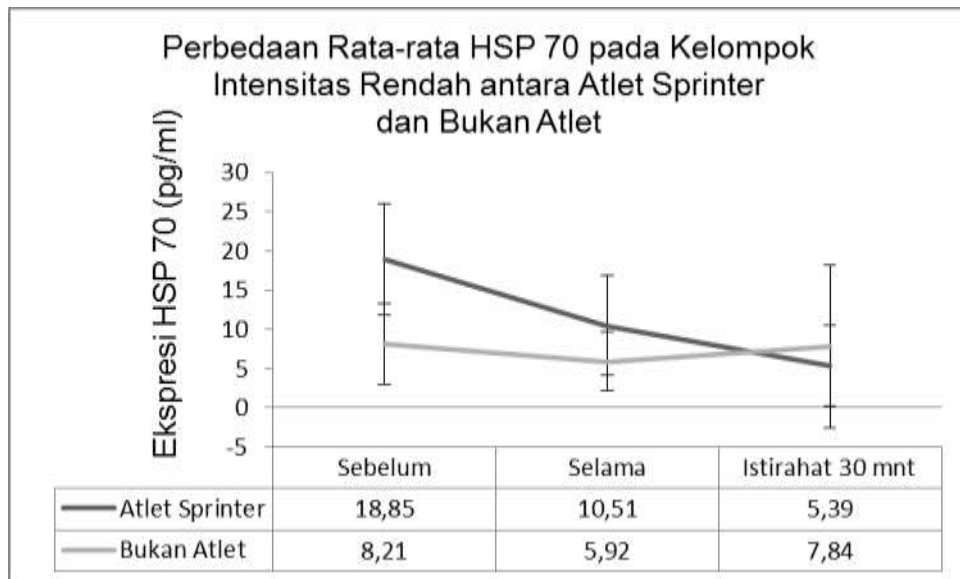
Analisis ekspresi HSP70 berdasarkan waktu latihan interval, perlu diungkap, karena bertujuan untuk mengetahui respon HSP70 terhadap pemberian latihan interval pada kelompok intensitas sedang, dan mengetahui ekspresi HSP70 sebelum, selama dan setelah istirahat 30 menit. Analisis ini tergambar pada grafik 4.5.



Grafik 4.5. Perbedan Rata-Rata HSP70 Pada Kelompok Intensitas Sedang Berdasarkan Waktu Latihan antara Atlet Sprinter junior

4.2.3 Perbedaan Ekspresi HSP 70 Pada Kelompok Intensitas Rendah

Analisis ekspresi HSP70 berdasarkan waktu latihan interval, perlu diungkap, karena bertujuan untuk mengetahui respon HSP70 terhadap pemberian latihan interval pada kelompok intensitas rendah, dan mengetahui ekspresi HSP70 sebelum, selama dan setelah istirahat 30 menit. Analisis ini tergambar pada dan grafik 4.6.



Grafik 4.6. Perbedaan Rata-Rata HSP70 Pada Kelompok Intensitas Rendah Berdasarkan Waktu Latihan antara Atlet Sprinter junior

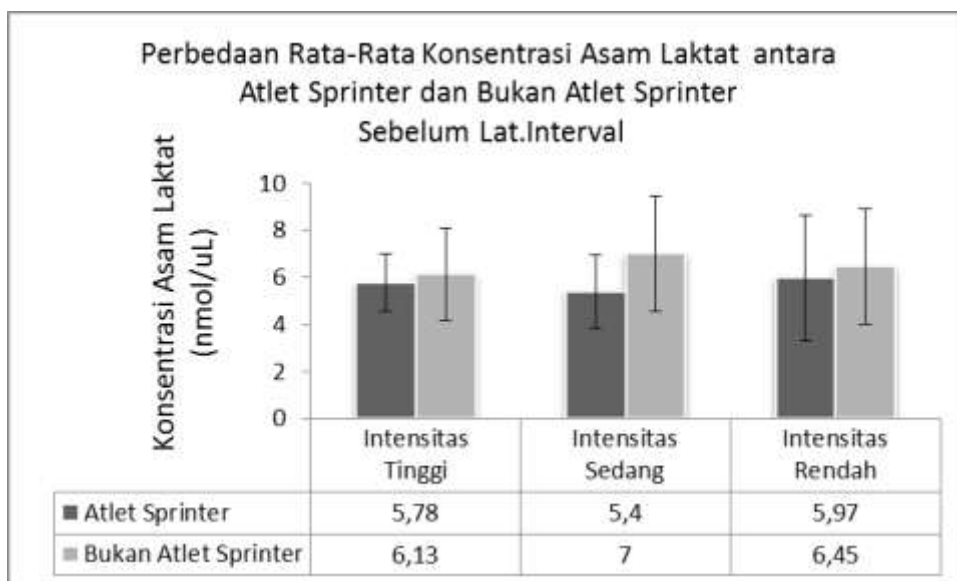
4.3. Pengukuran Konsentrasi Asam Laktat Berdasarkan Waktu Latihan

Pengukuran konsentrasi laktat dilakukan dengan menggunakan *Lactate colorimetric assay kit*. Pengambilan sampel darah sebanyak 5 ml, dilakukan sebelum latihan interval, selama, dan setelah istirahat 30 menit di lapangan tempat latihan interval dilakukan, yaitu di stadion atletik madya senayan. Hasil analisis dapat dibaca pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Rata-Rata Hasil Pengukuran Konsentrasi Asam Laktat atlet Sprinter junior

Kelompok Intensitas Latihan	Intensitas Latihan			P
	Tinggi	Sedan	Rendah	
Konsentrasi Asam Laktat	$5,78 \pm 1,25$	$5,40 \pm 1,55$	$5,97 \pm 2,69$	$P < 0,05$

Berdasarkan tabel 4.4, disimpulkan bahwa, tidak terjadi perbedaan yang konsentrasi asam laktat sebelum latihan interval, pada atlet sprinter junior. Adapun rata-rata konsentrasi asam laktat untuk atlet sprinter junior intensitas tinggi ($5,78 \pm 1,25$), sedang ($5,4 \pm 1,55$), rendah ($5,97 \pm 2,69$). Untuk lebih jelasnya perbedaan konsentrasi asam laktat sebelum latihan antara atlet sprinter junior dan bukan atlet sprinter, tergambar pada grafik 4.7



Grafik 4.7.. Perbedaan Rata-rata Konsentrasi Asam Laktat Atlet Sprinter junior Sebelum Latihan Interval.

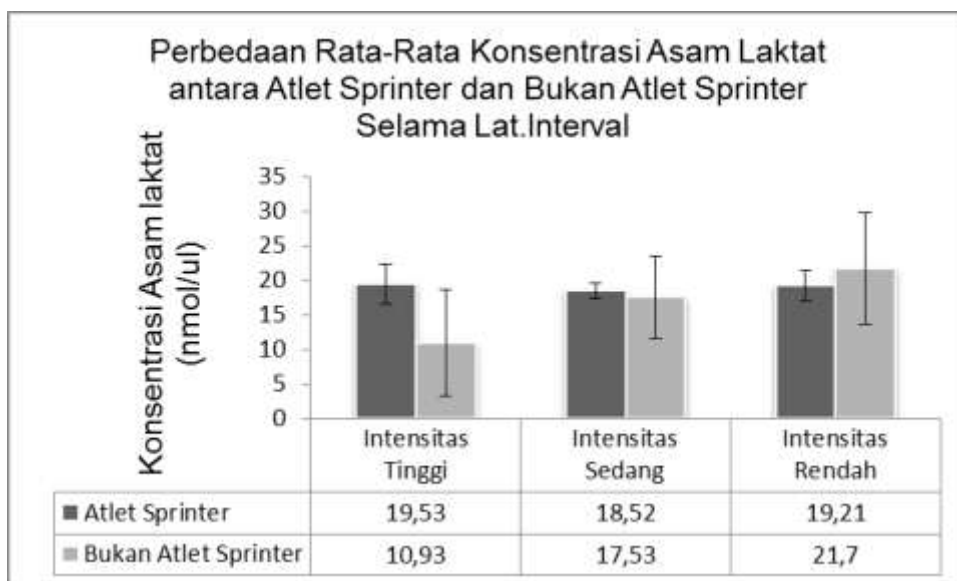
Untuk lebih jelasnya perbedaan konsentrasi asam laktat selama latihan atlet sprinter junior, tergambar pada tabel 4.5 dan gambar grafik 4.8

Tabel 4.5. Rata-Rata Hasil Pengukuran Konsentrasi Asam Laktat atlet Sprinter junior Selama Latihan Interval

Kelompok Intensitas Latihan	Intensitas Latihan			p
	Tinggi	Sedan	Rendah	
Konsentrasi Asam Laktat	$19,53 \pm 2,89$	$18,52 \pm 1,09$	$19,21 \pm 2,21$	$P < 0,05$

Berdasarkan tabel 4.5, disimpulkan bahwa, tidak terjadi perbedaan yang bermakna konsentrasi asam laktat selama latihan interval, atlet sprinter junior Adapun rata-rata konsentrasi asam laktat untuk kelompok atlet sprinter junior intensitas tinggi ($19,53 \pm 2,89$), sedang ($18,52 \pm 1,09$), rendah ($19,21 \pm 2,21$).

Untuk lebih jelasnya perbedaan konsentrasi asam laktat selama latihan antara atlet sprinter junior dan bukan atlet sprinter, tergambar pada grafik 4.8



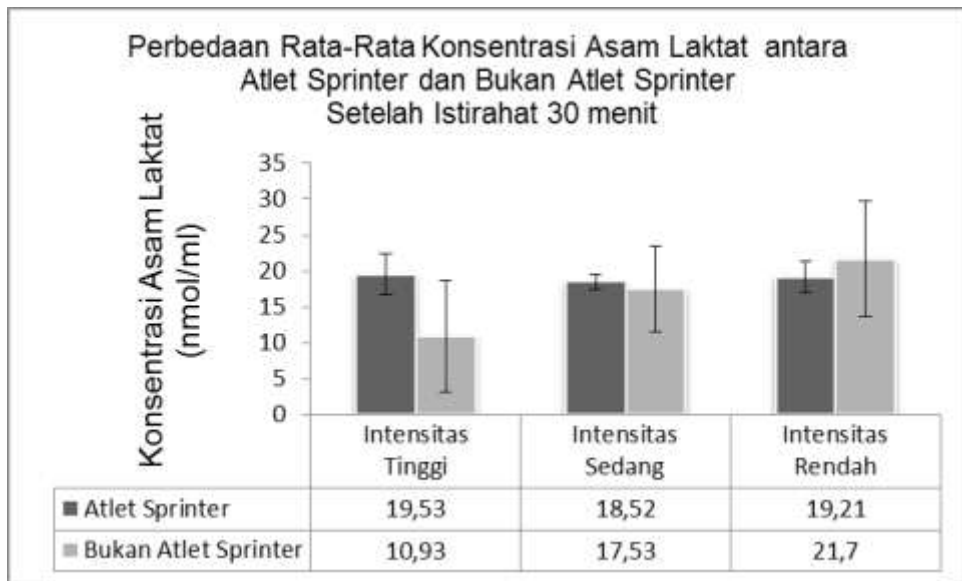
Grafik 4.8 Perbedaan Rata-rata Konsentrasi Asam Laktat antara Atlet Sprinter junior Selama Latihan Interval.

Untuk lebih jelasnya perbedaan konsentrasi asam laktat setelah istirahat 30 menit latihan antara atlet sprinter junior dan bukan atlet sprinter, tergambar pada tabel 4.6 dan grafik 4.9

Tabel 4.6. Rata-Rata Hasil Pengukuran Konsentrasi Asam Laktat atlet Sprinter junior Setelah Istirahat 30 menit

Kelompok Intensitas Latihan	Intensitas Latihan			P
	Tingg i	Sedan g	Renda h	
Konsen trasi Asam Laktat	12,99 ± 5,62	10,48 ± 6,19	9,43 ± 6,56	P < 0,05

Berdasarkan tabel 4.6, disimpulkan bahwa, tidak terjadi perbedaan konsentrasi asam laktat selama latihan interval, atlet sprinter junior. Adapun rata-rata konsentrasi asam laktat untuk kelompok atlet sprinter junior intensitas tinggi ($12,99 \pm 5,62$), sedang ($10,48 \pm 6,19$), rendah ($9,43 \pm 6,56$). Untuk lebih jelasnya perbedaan konsentrasi asam laktat selama latihan antara atlet sprinter junior, tergambar pada grafik 4.9

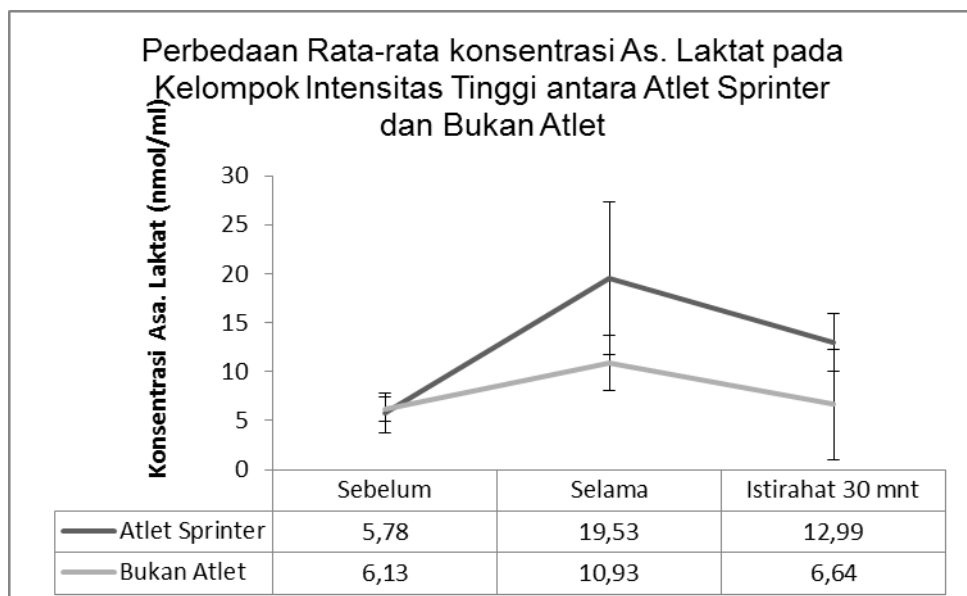


Grafik 4.9. Perbedaan Rata-rata Konsentrasi Asam Laktat antara Atlet Sprinter junior Atlet Setelah Istirahat 30 meenit.

4.4 Perbedaan Konsentrasi Asam Laktat Pada Kelompok Intensitas

4.4.1 Perbedaan Konsentrasi Asam Laktat Pada Kelompok Intensitas Tinggi

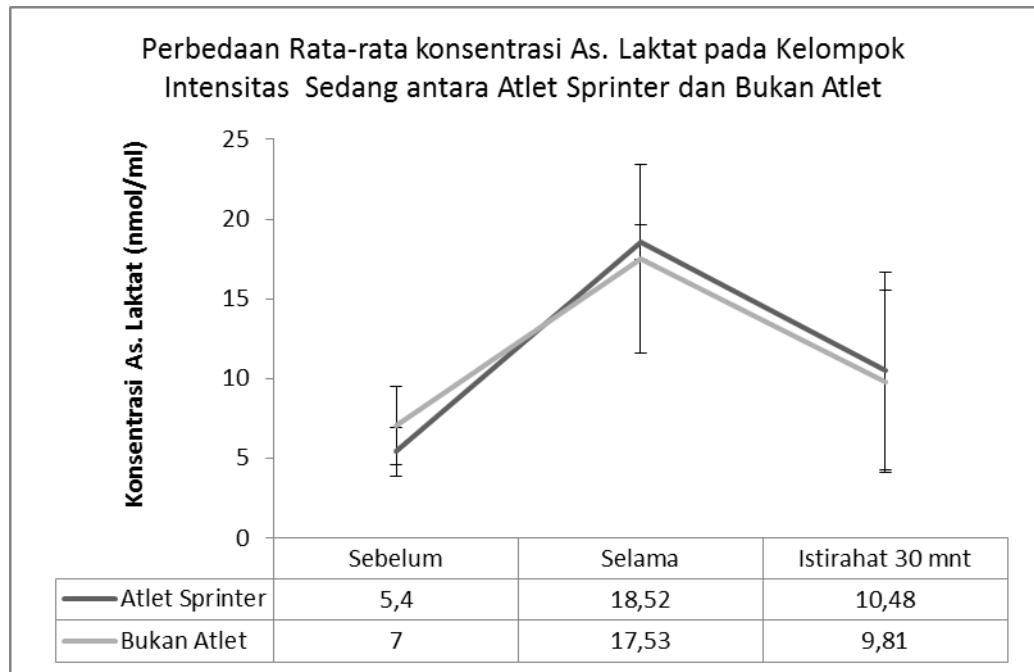
Analisis konsentrasi asam laktat berdasarkan waktu latihan interval, perlu diungkap, karena bertujuan untuk mengetahui respon asam laktat terhadap pemberian latihan interval pada kelompok intensitas tinggi, dan mengetahui respon asam laktat sebelum, selama dan setelah istirahat 30 menit di masing-masing kelompok. Analisis ini tergambar pada dan grafik 4.10.



Grafik 4.10. Perbedan Rata-Rata Konsentrasi Asam Laktat pada Kelompok Intensitas Tinggi Berdasarkan Waktu Latihan Atlet Sprinter junior

4.4.2 Perbedaan Konsentrasi Asam Laktat Pada Kelompok Intensitas Sedang

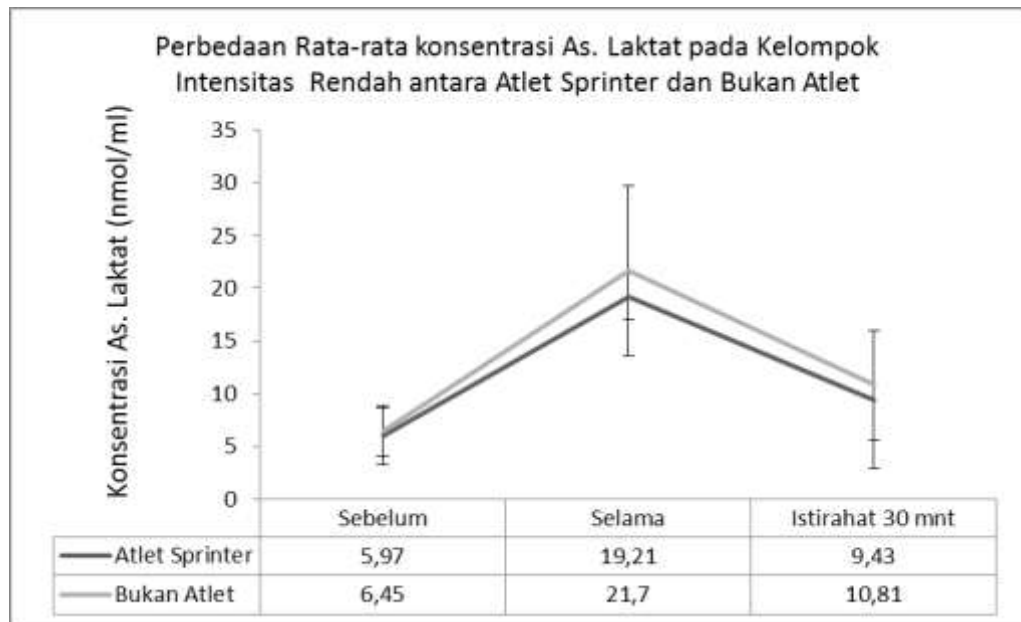
Analisis konsentrasi asam laktat berdasarkan waktu latihan interval, perlu diungkap, karena bertujuan untuk mengetahui respon asam laktat terhadap pemberian latihan interval pada kelompok intensitas sedang, dan mengetahui respon asam laktat sebelum, selama dan setelah istirahat 30 menit di masing-masing kelompok. Analisis ini tergambar pada dan grafik 4.11.



Grafik 4.11. Perbedan Rata-Rata Konsentrasi Asam Laktat pada Kelompok Intensitas Sedang Berdasarkan Waktu Latihan antara Atlet Sprinter junior

4.4.3 Perbedaan Konsentrasi Asam Laktat Pada Kelompok Intensitas Rendah

Analisis konsentrasi asam laktat berdasarkan waktu latihan interval, perlu diungkap, karena bertujuan untuk mengetahui respon asam laktat terhadap pemberian latihan interval pada kelompok intensitas rendah, dan mengetahui respon asam laktat sebelum, selama dan setelah istirahat 30 menit di masing-masing kelompok. Analisis ini tergambar pada grafik 4.12.



Grafik 4.12. Perbedan Rata-rata Konsentrasi Asam laktat pada Kelompok Intensitas Rendah Berdasarkan Waktu Latihan antara Atlet Sprinter dan Bukan Atlet Sprinter.

4.5. Pengukuran Ekspresi HIF-1 α Berdasarkan Waktu Latihan

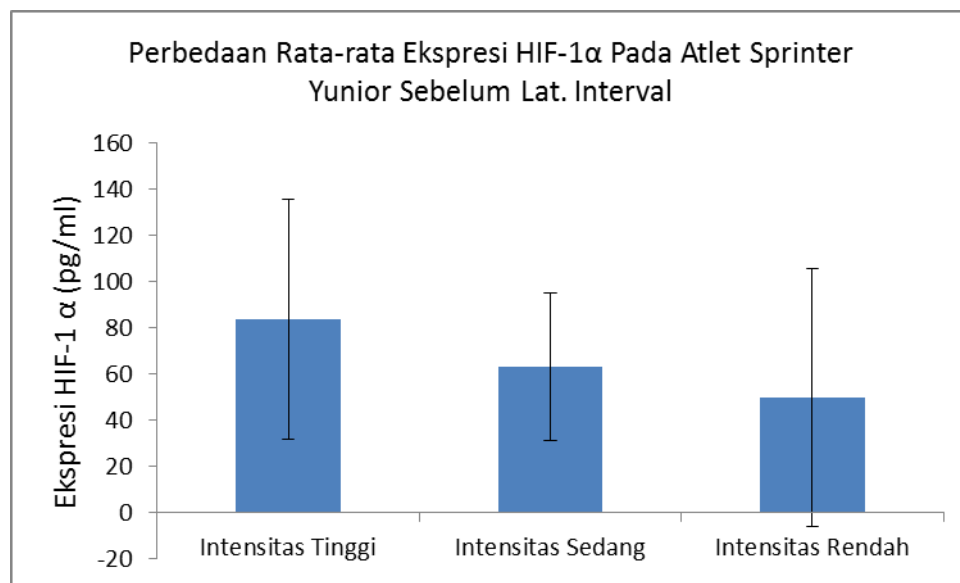
Pengukuran konsentrasi HIF-1 α dilakukan dengan menggunakan metode *sandwich ELISA*. Pengukuran ini dilakukan sebelum, selama, dan sesudah masing-masing atlet itu melakukan istirahat selama 30 menit. Sampel darah dari masing-masing atlet diambil sebanyak 5 ml, dan diambil di lapangan tempat latihan interval dilaksanakan, serta penganalisan dilakukan di laboratorium biokimia FKUI. Hasil pengukuran dapat tergambar pada dan grafik 4.13.

Tabel 4.7. Rata-Rata Hasil Pengukuran HIF- α atlet Sprinter junior Sebelum Latihan Interval

Kelompok Intensitas Latihan	Intensitas Latihan			p
	Tingg i	Sedan g	Renda h	
HIF-1 α	54,02 \pm 53,50	57,72 \pm 56,72	55,8 \pm 52,81	P >0,05

Berdasarkan tabel 4.7 disimpulkan bahwa, tidak terjadi perbedaan yang bermakna sebelum latihan interval. Adapun rata-rata ekspresi HIF- α untuk kelompok atlet sprinter junior intensitas tinggi (54,02 \pm 53,50), sedang (57,72 \pm 56,72), rendah

(55,8 ± 52,81).. Untuk lebih jelasnya perbedaan ekspresi HIF-1 α , sebelum latihan atlet sprinter junior, tergambar pada grafik 4.13.



Grafik 4.13. Perbedaan Rata-rata HIF-1 α antara Atlet Sprinter dan Bukan Atlet Sebelum Latihan Interval.

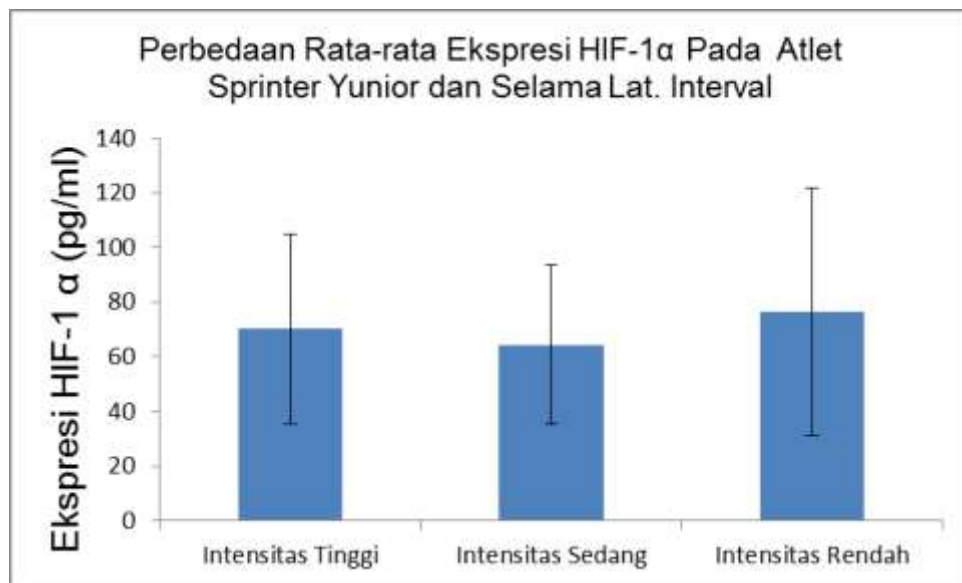
Untuk lebih jelasnya perbedaan ekspresi HIF-1 α , selama latihan interval antara atlet sprinter junior dan bukan atlet sprinter, tergambar dalam tabel 4.8, dan tergambar pada grafik 4.14.

Tabel 4.8. Rata-Rata Hasil Pengukuran HIF- α atlet Sprinter dan Bukan Atlet Selama Latihan Interval

Kelompok Intensitas Latihan	Intensitas Latihan			p
	Tinggi i	Sedan g	Renda h	
Atlet	70,13 ± 34,81	64,36 ± 29,21	76,22 ± 45,30	P >0,05
	54,02 ± 53,50	57,84 ± 56,72	55,8 ± 52,81	
Bukan	54,02 ± 53,50	57,84 ± 56,72	55,8 ± 52,81	P >0,05
	70,13 ± 34,81	64,36 ± 29,21	76,22 ± 45,30	

Kesimpulan dari tabel 4.8 ialah tidak terjadi perbedaan selama latihan interval, pada atlet sprinter junior. Adapun rata-rata ekspresi HIF- α untuk kelompok atlet sprinter junior intensitas tinggi (70,34 ± 34,81), sedang (64,36 ± 29,21), rendah (76,22 ± 45,30). Untuk lebih jelasnya perbedaan ekspresi HIF-1 α , selama latihan

antara atlet sprinter junior dan bukan atlet sprinter, tergambar pada tabel 4.8 dan grafik 4.14.



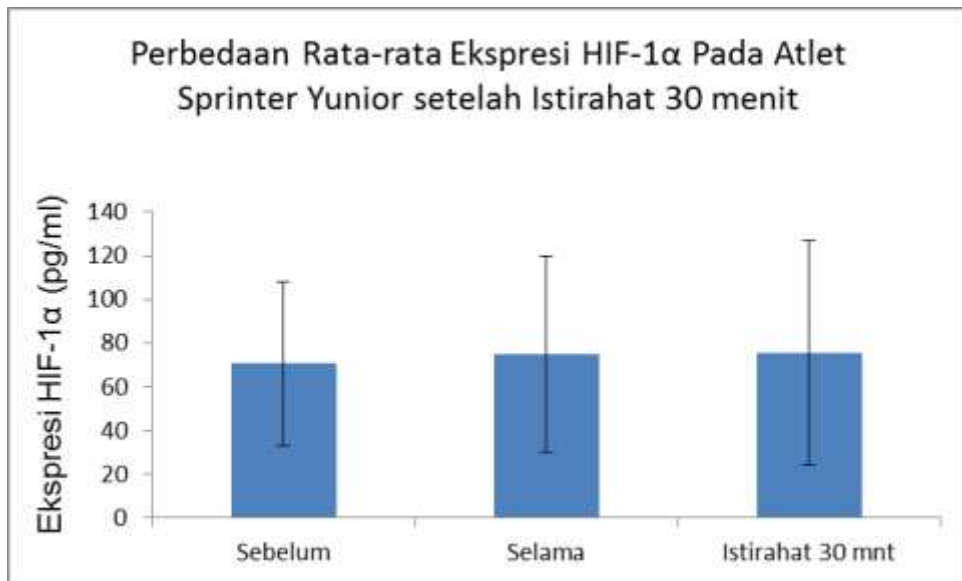
Grafik 4.14. Perbedaan Rata-rata HIF-1 α antara Atlet Sprinter junior Selama Latihan Interval.

Untuk lebih jelasnya perbedaan ekspresi HIF-1 α , setelah istirahat 30 menit latihan antara atlet sprinter junior dan bukan atlet sprinter, tergambar pada tabel 9 dan grafik 4.15.

Tabel 4.9. Rata-Rata Hasil Pengukuran HIF- α atlet Sprinter junior setelah istirahat 30 menit Latihan Interval

Kelompok Intensitas Latihan	Intensitas Latihan			p
	Tinggi i	Sedan g	Renda h	
HIF-1 α	70,5 ± 37,26	74,8 ± 44,77	75,74 ± 51,29	P >0,05

Kesimpulan dari tabel 4.9, ialah tidak terjadi perbedaan selama latihan interval, pada atlet sprinter junior. Adapun rata-rata ekspresi HIF- α untuk kelompok atlet sprinter junior intensitas tinggi (70,5 ± 37,26), sedang (74,8 ± 44,77), rendah (75,74 ± 51,29). Untuk lebih jelasnya perbedaan ekspresi HIF-1 α , selama latihan pada atlet sprinter junior, tergambar pada tabel 4.9 dan grafik 4.15.

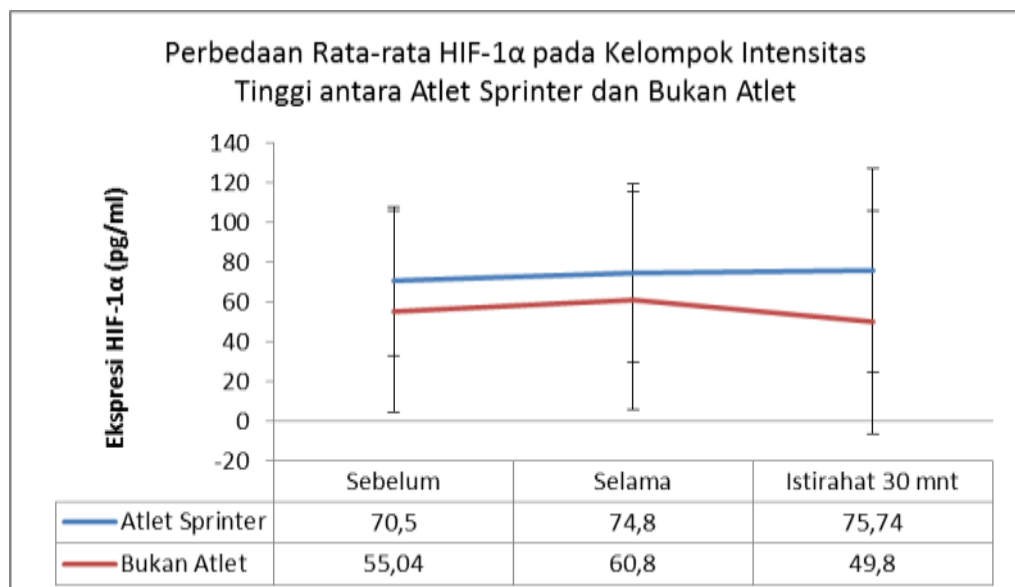


Grafik 4.15. Perbedaan Rata-rata HIF-1 α antara Atlet Sprinter setelah Istirahat 30 menit.

4.5. Perbedaan Ekspresi HIF-1 α pada Kelompok Intensitas

4.5.1 Perbedaan Ekspresi HIF-1 α pada Kelompok Intensitas Tinggi

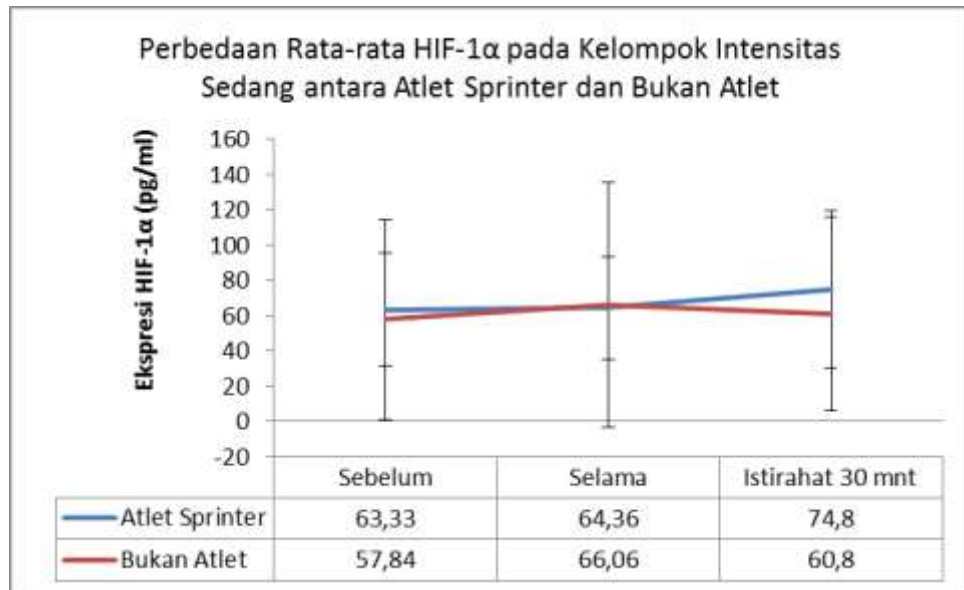
Analisis ekspresi HIF-1 α berdasarkan waktu latihan interval, perlu diungkap, karena bertujuan untuk mengetahui respon HIF-1 α terhadap pemberian latihan interval pada kelompok intensitas tinggi, dan sebelum, selama dan setelah istirahat 30 menit di masing-masing kelompok. Analisis ini tergambar pada dan grafik 4.16.



Grafik 4.16. Perbedan Rata-rata Ekspresi HIF-1 α pada Kelompok Intensitas Tinggi Berdasarkan Waktu Latihan antara Atlet Sprinter junior

4.5.2 Perbedaan Ekspresi HIF-1 α pada Kelompok Intensitas Sedang

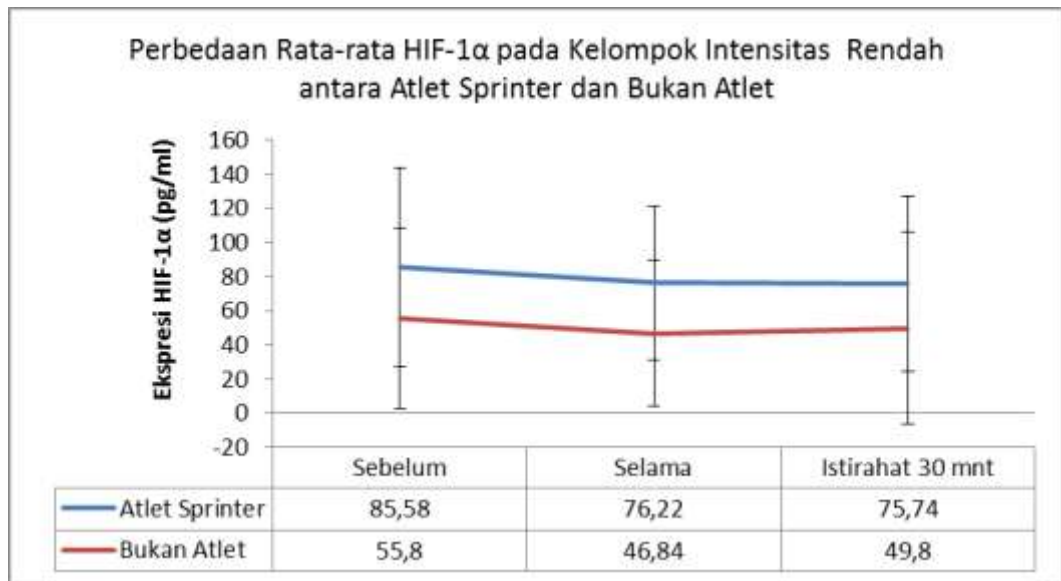
Analisis ekspresi HIF-1 α berdasarkan waktu latihan interval, perlu diungkap, karena bertujuan untuk mengetahui respon HIF-1 α terhadap pemberian latihan interval pada kelompok intensitas sedang, sebelum, selama dan setelah istirahat 30 menit di masing-masing kelompok. Analisis ini tergambar pada grafik 4.17.



Grafik 4.17. Perbedan Rata-rata Ekspresi HIF-1 α pada Kelompok Intensitas Sedang Berdasarkan Waktu Latihan antara Atlet Sprinter junior

4.5.3 Perbedaan Ekspresi HIF-1 α pada Kelompok Intensitas Rendah

Analisis ekspresi HIF-1 α berdasarkan waktu latihan interval, perlu diungkap, karena bertujuan untuk mengetahui respon HIF-1 α terhadap pemberian latihan interval pada kelompok intensitas rendah, sebelum, selama dan setelah istirahat 30 menit di masing-masing kelompok. Analisis ini tergambar pada grafik 4.18.



Grafik 4.18. Perbedaan Rata-rata Ekspresi HIF-1 α pada Kelompok Intensitas Rendah Berdasarkan Waktu Latihan antara Atlet Sprinter junior

4.6. Pengukuran Jumlah Leukosit Subset Berdasarkan Waktu Latihan

Pengukuran jumlah leukosit subset juga dilakukan sebelum, selama, dan sesudah latihan (istirahat 30 menit) untuk masing-masing kelompok dan intensitas latihan (tinggi, sedang, dan rendah). Pengambilan sampel darah atlet sprinter dan bukan sprinter sebanyak 3 kali 5 ml untuk masing-masing kegiatan (sebelum, selama, dan setelah istirahat 30 menit). Selanjutnya dihitung di laboratorium. Hasil pengukuran jumlah leukosit sebelum latihan interval, tersaji pada Tabel 4.10

Tabel 4.10. Rata - Rata dan Standar Deviasi Jumlah Leukosit Subset Antara Atlet Sprinter junior Sebelum Latihan

Kelompok Intensitas Latihan	Intensitas Latihan			p
	Tingg i	Sedan g	Renda h	
Jumlah Leukosit	$7070 \pm 1908,7$	8680 ± 2279	7576 ± 792	$P > 0,05$

Tabel 4.10, menunjukkan bahwa, terdapat perbedaan jumlah leukosit atlet sprinter sebelum latihan interval dilakukan, untuk intensitas tinggi dengan rata-rata ($7070 \pm 1908,7$); sedang ($8680 \pm 2279,0$), dan rendah ($7576 \pm 792,0$). Untuk lebih jelasnya tergambar pada grafik 4.19.



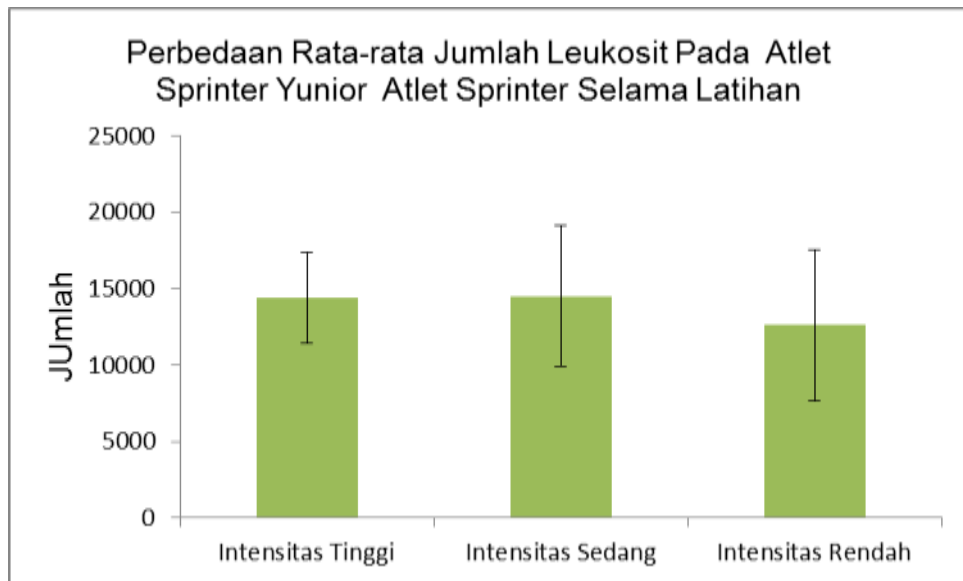
Grafik 4.19. Perbedaan Rata-rata Jumlah Leukosit Subsets pada Atlet Sprinter Sebelum Latihan Interval.

Hasil pengukuran jumlah leukosit selama latihan interval, tersaji pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Rata - Rata dan Standar Deviasi Jumlah Leukosit Subset Antara Atlet Sprinter yuniior Selama Latihan Interval.

Kelompok Intensitas Latihan	Intensitas Latihan			p
	Tingg i	Sedan g	Renda h	
Jumlah Leukosit	$\bar{x}_i \pm 2949,2$	$\bar{x}_g \pm 4615$	$\bar{x}_h \pm 4938,2$	$P > 0,05$

Tabel 4.11, menunjukkan bahwa, terdapat perbedaan, jumlah leukosit atlet sprinter yuniior selama latihan interval dilakukan, untuk intensitas tinggi dengan rata-rata ($14380 \pm 2949,2$); sedang (14493 ± 4615), dan rendah ($12608 \pm 4938,2$). Untuk lebih jelasnya tergambar pada grafik 4.20.



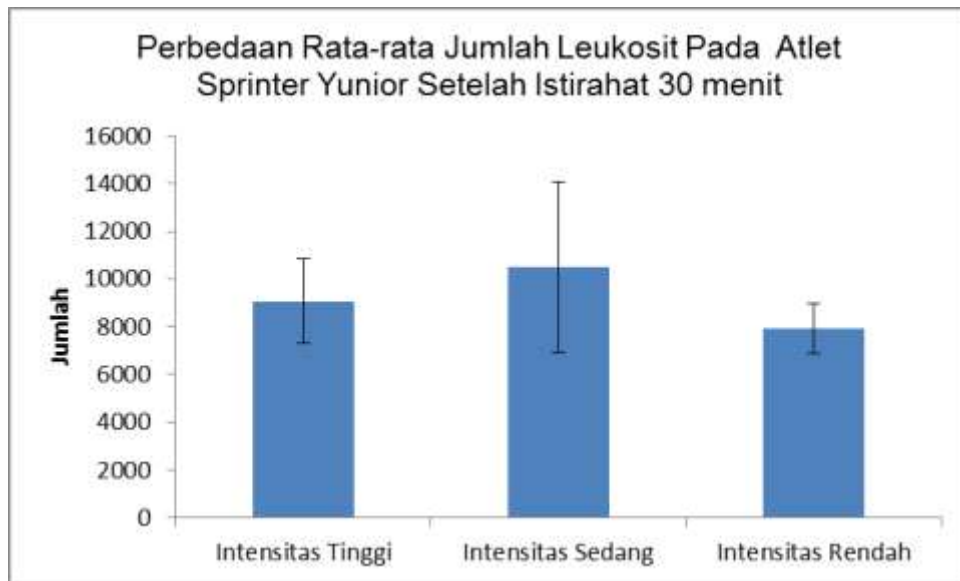
Grafik 4.20. Perbedaan Rata-rata Jumlah Leukosit Atlet Sprinter junior Selama Latihan Interval.

Hasil pengukuran jumlah leukosit setelah istirahat 30 menit latihan interval, tersaji pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12. Rata - Rata dan Standar Deviasi Jumlah Leukosit Atlet Sprinter junior Setelah Istirahat 30 menit.

Kelompok Intensitas Latihan	Intensitas Latihan			P
	Tinggi	Sedan	Renda	
Jumlah Leukosit	9071,6 ± 1765,4	10506,6 ± 3557,6	7926 ± 1045	P > 0,05

Tabel 4.12 menunjukkan bahwa, terdapat perbedaan, jumlah leukosit atlet sprinter junior setelah istirahat 30 menit, untuk intensitas tinggi dengan rata-rata (9071,6 ± 1765,4); sedang (10506,6 ± 3557,6), dan rendah (7926 ± 1045). Untuk lebih jelasnya tergambar pada grafik 4.21.

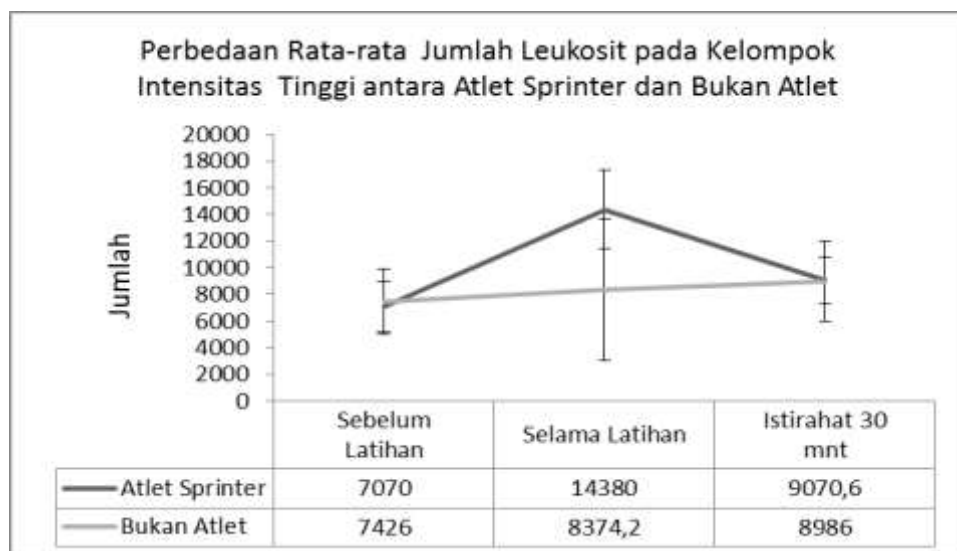


Grafik 4.21. Perbedaan Rata-rata Jumlah Leukosit pada Atlet Sprinter junior Setelah Istirahat 30 menit.

4.7. Perbedaan Jumlah Leukosit Subsets pada Kelompok Intensitas

4.7.1 Perbedaan Jumlah Leukosit pada Kelompok Intensitas Tinggi

Analisis jumlah leukosit berdasarkan waktu latihan interval, perlu diungkap, karena bertujuan untuk mengetahui respon leukosit terhadap pemberian latihan interval pada kelompok intensitas tinggi, dan mengetahui respons leukosit sebelum, selama dan setelah istirahat 30 menit. Hasil Analisis ini tergambar pada dan grafik. 4.22.

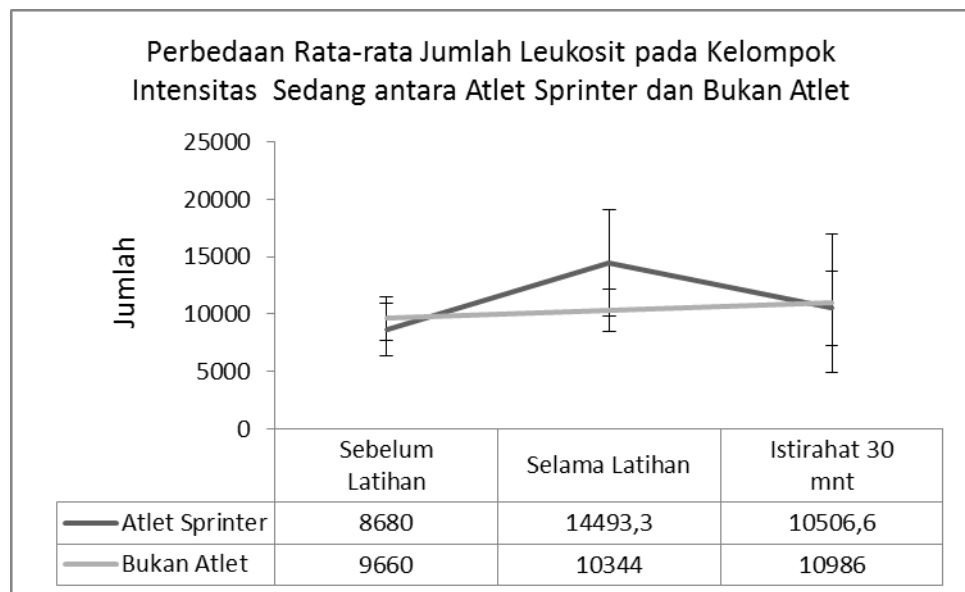


Grafik 4.22. Perbedan Rata-rata Jumlah Leukosits pada Kelompok Intensitas Tinggi Berdasarkan Waktu Latihan pada Atlet Sprinter junior.

4.7.2 Perbedaan Jumlah Leukosit pada Kelompok Intensitas Sedang

Analisis jumlah leukosit berdasarkan waktu latihan interval, perlu diungkap, karena bertujuan untuk mengetahui respon leukosit terhadap pemberian latihan interval pada kelompok intensitas sedang, dan mengetahui respons leukosit sebelum, selama dan setelah istirahat 30 menit. Hasil Analisis ini tergambar pada dan grafik 4.22.

Grafik 4.22, menunjukkan bahwa, terjadi perbedaan jumlah leukosit, sebelum latihan interval, selama dan istirahat 30 menit. Hasil analisisnya diperjelas pada grafik 4.22.

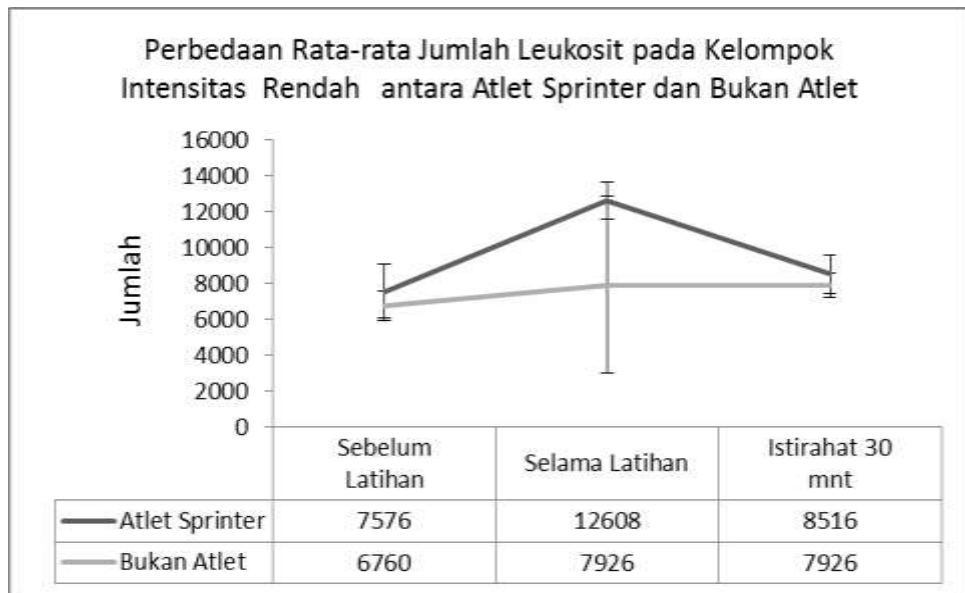


Grafik 4.22. Perbedan Rata-rata Jumlah Leukosit pada Kelompok Intensitas Sedang Berdasarkan Waktu Latihan pada Atlet Sprinter junior

4.7.3 Perbedaan Jumlah Leukosit Subsets pada Kelompok Intensitas Rendah

Analisis jumlah leukosit berdasarkan waktu latihan interval, perlu diungkap, karena bertujuan untuk mengetahui respon leukosit terhadap pemberian latihan interval pada kelompok intensitas rendah, dan mengetahui respons leukosit sebelum, selama dan setelah istirahat 30 menit. Hasil Analisis ini tergambar pada dan grafik 4.23.

Tabel 4.23, menunjukkan bahwa, terjadi perbedaan jumlah leukosit, sebelum latihan interval, selama dan istirahat 30 menit. Hasil analisisnya diperjelas pada grafik 4.23



Grafik 4.23. Perbedaan Rata-rata Jumlah Leukosit pada Kelompok Intensitas Rendah Berdasarkan Waktu Latihan pada Atlet Sprinter junior.