

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL PENELITIAN

1. Deskripsi Data

Penelitian dilakukan terhadap 60 orang sampel yang terdiri atas 50% sampel yang melakukan Latihan Interval Intensitas Tinggi (LIIT) dan 50% lainnya melakukan Latihan Kontinu Intensitas Sedang (LKIS). Karakteristik sampel penelitian dapat dilihat pada Tabel 12 yang dikelompokkan berdasarkan jenis latihan.

Tabel 12. Karakteristik sampel penelitian

Karakteristik	LIIT (n=30)	LKIS (n=30)
Usia (tahun)	16,2±0,4	16,00±0,4
Tinggi Badan (m)	165,3±6,5	161,5±8,5
Berat Badan (kg)	55,4±9,2	52,8±11,7
IMT (kg.m ⁻²)	20,4±3,0	20,2±4,3
Hb (g/dL)	15,3±1,0	13,1±1,3
TD Sistolik (mmHg)	105,4±9,2	109,47±9,8
TD Diastolik (mmHg)	67,0±7,0	69,5±8,6
$\dot{V}O_{2max}$ (mL/kg/min)	31,2±5,8	32,3±6,8

IMT = indeks masa tubuh, TD = tekanan darah, Hb = hemoglobin

Usia sampel penelitian ini termasuk dalam kategori remaja. Dilihat dari hasil IMT/U yang dicocokkan dengan tabel *z-scores* dari WHO tahun 2007 didapatkan status gizi pada kedua kelompok termasuk dalam kategori berat badan normal (pedoman *z-scores* terdapat pada lampiran 16) Jenis kelamin sampel merata antara putra (50%) dan putri (50%). Tingkat kebugaran aerobik sebelum dilakukan penelitian didapatkan bahwa kedua kelompok jenis latihan termasuk dalam kategori tidak terlatih. Selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 13. Sampel Penelitian

Faktor	Kategori	n	%
Jenis Latihan (a)	LIIT (a ₁)	30	50%
	LKIS (a ₂)	30	50%
Jenis Kelamin (b)	Putra (b ₁)	30	50%
	Putri (b ₂)	30	50%
Kebugaran Aerobik (c)	Tinggi (c ₁)	20	33,3%
	Sedang (c ₂)	20	33,3%
	Rendah (c ₃)	20	33,3%
Total		60	100%

Ketiga faktor di atas (jenis latihan, jenis kelamin dan kebugaran aerobik) adalah variabel bebas. Sedangkan variabel terikat yang diteliti adalah peningkatan kadar plasma IL-6, yang diukur dari hasil selisih antara *posttest* (sesaat setelah latihan terakhir) dengan *pretest* (sesaat sebelum latihan pertama). Deskripsi data kadar plasma IL-6 *pretest*, *posttest*, dan selisih (perubahan) pada tiap sampel dapat dilihat pada lampiran 14. Analisis deskriptif diuraikan sebagai berikut :

a. Analisis Deskriptif Peningkatan Kadar Plasma IL-6

Hasil analisis deskriptif antara *posttest* dengan *pretest* (Δ IL-6) secara lengkap dapat dilihat di lampiran 16. Penjelasan terhadap hasil rerata selisih berdasarkan kelompok variabel diuraikan berikut ini :

1) Berdasarkan perbedaan jenis latihan

Tabel 14. Deskripsi Data Kenaikan Kadar Plasma IL-6

Berdasar Kelompok Latihan

Kelompok	<i>Pretest</i>		<i>Posttest</i>	
	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>
LIIT	93.74	80.61	111.74	113.09
LKIS	65.05	50.15	81.51	78.86

Berdasarkan tabel 14 di atas dapat dilihat bahwa terdapat kenaikan rerata antara *pretest* dan *posttest* kadar plasma IL-6 pada kedua kelompok latihan. Pada kelompok latihan LIIT hasil rerata *posttest* 111,74 pg/mL, terbukti lebih tinggi dibanding hasil rerata *pretest* sebesar 93,74 pg/mL. Pada kelompok latihan LKIS hasil rerata *posttest* 78,46 pg/mL terbukti lebih tinggi dibanding *pretest* sebesar 65,05 pg/mL. Hasil tersebut dapat diambil simpulan bahwa kedua jenis kelompok latihan mengalami kenaikan kadar plasma IL-6 akibat latihan, dan berdasarkan nilai gain pada kedua kelompok, gain (kenaikan) pada kelompok LIIT cenderung lebih tinggi (18,00 pg/mL) dibandingkan dengan kelompok LKIS (13,41 pg/mL).

Tabel 15. Pengaruh Jenis Latihan terhadap Δ IL-6

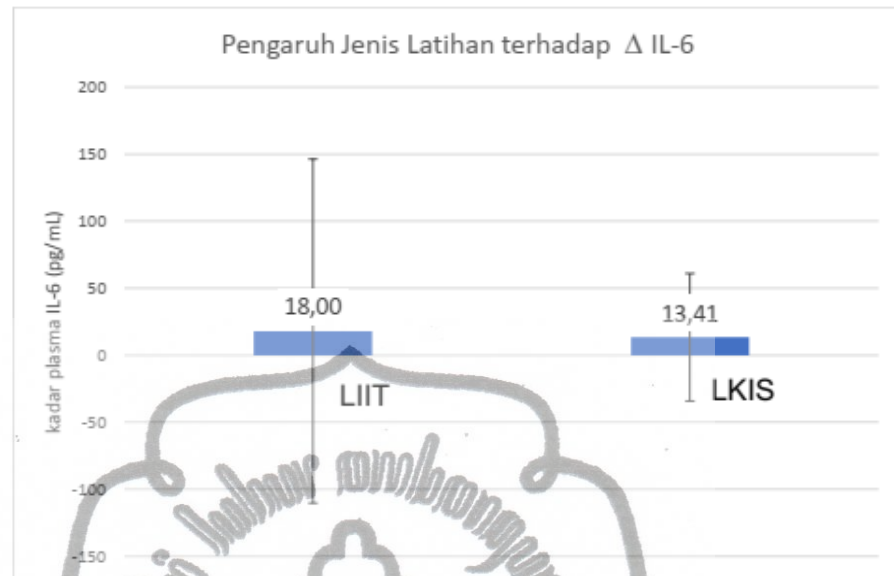
Jenis Latihan	n	Δ IL-6		
		Rata-rata	Std. Deviation	Range (Min-Max)
LIIT	30	18,00	128,32	818,15 (-288,04 - 530,11)
LKIS	30	13,41	47,61	213,53 (-109,34 - 104,19)

Keterangan :

LIIT : latihan interval intensitas tinggi

LKIS : latihan kontinu intensitas sedang

Berdasarkan tabel dan gambar di atas, diketahui bahwa rata-rata perubahan IL-6 yang dihasilkan oleh LIIT (Latihan Interval Intensitas Tinggi) adalah 18,00pg/mL, sedikit lebih tinggi dari yang dihasilkan oleh LKIS (13,41pg/mL), namun juga memiliki simpangan baku yang jauh lebih besar (sebaran data lebih bervariasi/range besar) dibandingkan LKIS. Grafik rata-rata dan simpangan baku dapat dilihat pada gambar 31.



Gambar 31. Perbandingan Δ IL-6 Berdasarkan Jenis Latihan (Mean)

2) Berdasarkan perbedaan jenis kelamin

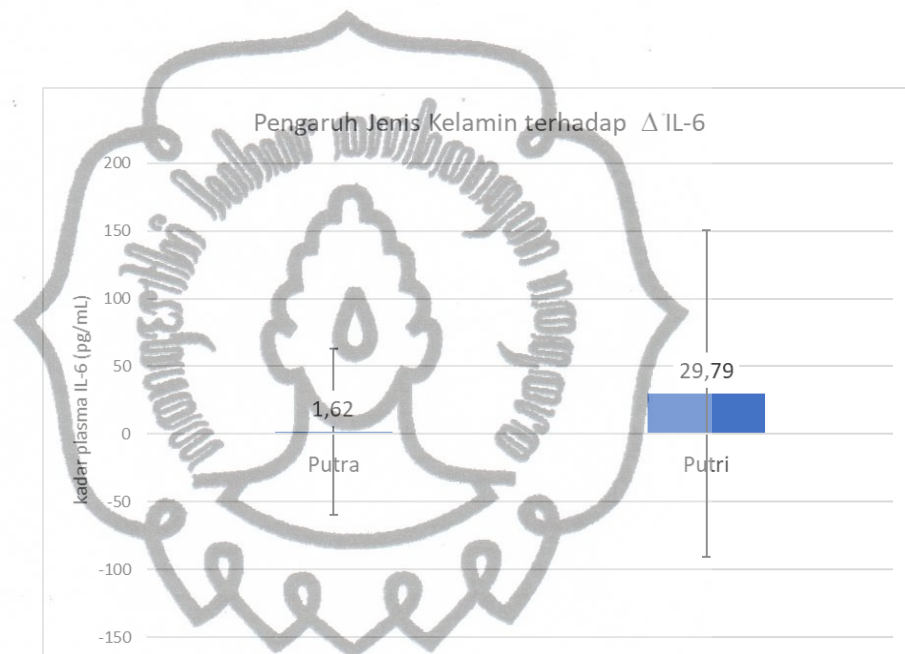
Tabel 16. Deskripsi Data Kenaikan Kadar Plasma IL-6 Berdasarkan Jenis Kelamin

Jenis Kelamin	Pretest		Posttest	
	Mean	SD	Mean	SD
Putra	86.49	38.20	88.12	43.72
Putri	72.30	88.74	102.09	125.70

Berdasarkan tabel 16 di atas dapat dilihat bahwa terdapat kenaikan rerata antara *pretest* dan *posttest* kadar plasma IL-6 pada kedua jenis kelamin. Pada kelompok putra hasil rerata *posttest* 88,12 pg/mL, terbukti lebih tinggi dibanding hasil rerata *pretest* sebesar 86,49 pg/mL. Pada putri hasil rerata *posttest* 102,09 pg/mL terbukti lebih tinggi dibanding *pretest* sebesar 72,30 pg/mL. Hasil tersebut dapat diambil simpulan bahwa kedua jenis kelamin mengalami kenaikan kadar plasma IL-6 akibat latihan.

Tabel 17. Pengaruh Jenis Kelamin terhadap Δ IL-6

Jenis Kelamin	n	Δ IL-6		
		Rata-rata	Std. Deviation	Range (Min-Max)
Putra	30	1,62	61,55	339,29 (-176,11 - 163,18)
Putri	30	29,79	120,60	818,15 (-288,04 - 530,11)

Gambar 32. Perbandingan Δ IL-6 Berdasarkan Jenis Kelamin (Mean)

Berdasarkan tabel dan gambar di atas, diketahui bahwa rata-rata perubahan IL-6 yang dihasilkan oleh sampel putri adalah 29,79 pg/mL, lebih tinggi dari yang dihasilkan oleh sampel putra (1,62 pg/mL), namun juga memiliki simpangan baku yang jauh lebih besar (sebaran data lebih bervariasi/*range* besar) dibandingkan sampel putra.

3) Berdasarkan tingkat kebugaran aerobik

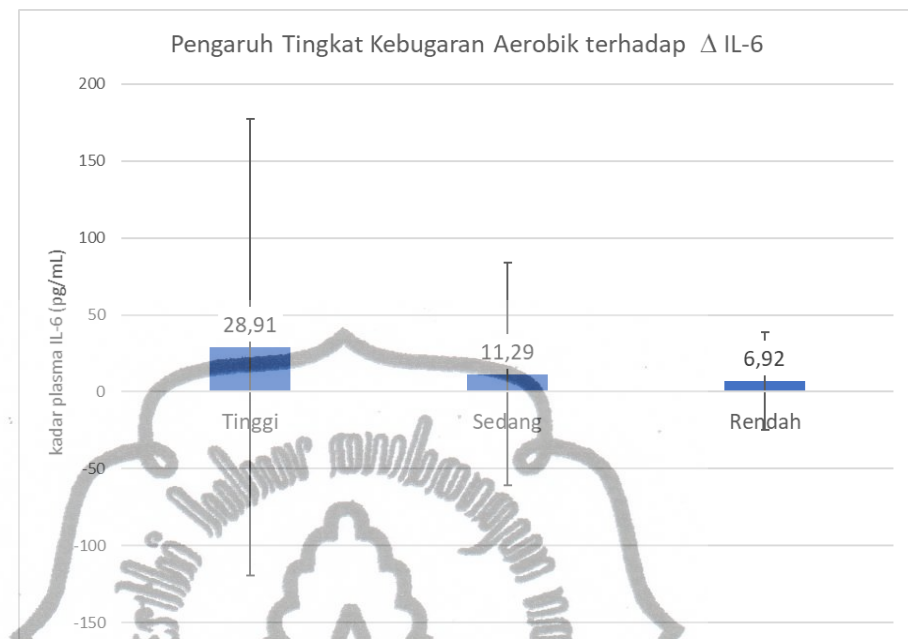
Tabel 18. Deskripsi Data Kenaikan Kadar Plasma IL-6 Berdasar Perbedaan Tingkat Kebugaran Aerobik

Tingkat Kebugaran Aerobik	Pretest		Posttest	
	Mean	SD	Mean	SD
Tinggi	76.08	65.00	104.98	122.13
Sedang	83.26	84.18	106.93	87.92
Rendah	78.85	55.38	88.66	85.70

Berdasarkan tabel 18 di atas dapat dilihat bahwa terdapat kenaikan rerata antara *pretest* dan *posttest* kadar plasma IL-6 pada ketiga kelompok tingkat kebugaran. Pada kelompok tingkat kebugaran aerobik tinggi hasil rerata *posttest* 104,98 pg/mL, terbukti lebih tinggi dibanding hasil rerata *pretest* sebesar 76,08 pg/mL. Pada kelompok tingkat kebugaran aerobik sedang hasil rerata *posttest* 94,55 pg/mL terbukti lebih tinggi dibanding *pretest* sebesar 83,26 pg/mL. Demikian pula pada kelompok tingkat kebugaran aerobik rendah hasil rerata *posttest* 85,77 pg/mL terbukti lebih tinggi dibanding *pretest* sebesar 78,85 pg/mL. Hasil tersebut dapat diambil simpulan bahwa ketiga tingkat kebugaran mengalami kenaikan kadar plasma IL-6 akibat latihan.

Tabel 19. Δ IL-6 berdasarkan tingkat kebugaran aerobik

Tingkat Kebugaran Aerobik	n	Δ IL-6		
		Rata-rata	Std Deviation	Range (Min-Max)
Tinggi	20	28,91	148,61	818,15 (-288,04 - 530,11)
Sedang	20	11,29	72,38	391,67 (-176,11 - 215,56)
Rendah	20	6,92	31,60	159,82 (-59,06 - 100,76)



Gambar 33. Δ IL-6 Berdasarkan Tingkat Kebugaran Aerobik (Mean)

Berdasarkan tabel dan gambar di atas, diketahui bahwa rata-rata perubahan IL-6 paling tinggi dihasilkan oleh sampel dengan tingkat kebugaran yang tinggi yakni 28,91pg/mL, urutan kedua dihasilkan oleh sampel dengan tingkat kebugaran yang sedang (11,29pg/mL) dan paling rendah dihasilkan oleh sampel dengan tingkat kebugaran yang rendah (6,92pg/mL). Namun demikian nilai rata-rata tersebut juga diiringi oleh nilai standar deviasi yang tinggi pula (sebaran data lebih bervariasi/*range* besar)

b. Rata-Rata Perubahan Kadar Plasma IL-6

Rangkum perolehan nilai rata-rata pada setiap sel disajikan pada tabel berikut ini :

Tabel 20. Rerata perubahan kadar plasma IL-6

Jenis Kelamin (B)	Kebugaran Aerobik (C)	Metode Latihan (A)				Rata-rata kelompok	Rata-Rata per n	n
		Interval Intensitas tinggi (A ₁)	n	Kontinu Intenitas Sedang (A ₂)	n			
Putra (B ₁)	Tinggi (C ₁)	33,99	5	-0,03	5	16,97	1,69	10
	Sedang (C ₂)	-27,91	5	1,6	5	-13,11	-1,31	10
	Rendah (C ₃)	-4,33	5	6,3	5	0,99	0,09	10
Jumlah Rata-Rata		0,58	15	2,66	15	1,62	0,05	30
Putri (B ₂)	Tinggi (C ₁)	58,59	5	23,0	5	40,83	4,08	10
	Sedang (C ₂)	39,0	5	32,3	5	35,69	3,56	10
	Rendah (C ₃)	8,6	5	17,0	5	12,83	1,28	10
Jumlah Rata-Rata		35,4	15	24,1	15	29,78	0,99	30
Jumlah Besar		17,9	30	13,4	30	15,70		60
Rata-Rata		0,59		0,44			0,26	

Sumber : Hasil luaran SPSS

Berdasarkan tabel diatas diperoleh kesimpulan untuk perubahan kadar plasma IL-6 berdasarkan nilai selisih rerata :

- 1) Nilai peningkatan yang paling tinggi terjadi pada kelompok LIIT putri dengan tingkat kebugaran tinggi dengan nilai sebesar 58,59 pg/mL
- 2) Nilai peningkatan terendah terjadi pada kelompok LKIS putra dengan tingkat kebugaran sedang sebesar 1,6 pg/mL.
- 3) Terdapat tiga kelompok sel yang mengalami penurunan rerata selisih *posttest* dan *pretest* yaitu :
 - a) Kelompok LKIS putra tingkat kebugaran aerobik tinggi sebesar 1,6 pg/mL

- b) Kelompok LIIT putra tingkat kebugaran aaerobik rendah sebesar 4,33 pg/mL
- c) Kelompok LIIT putra tingkat kebugaran aerobik sedang sebesar 27,91 pg/mL

2. Uji Prasyarat

Untuk menguji apakah hasil analisis deskriptif di atas signifikan atau tidak, maka selanjutnya akan dilakukan uji signifikansi yang juga merupakan uji hipotesis. Sebelum dilakukan uji hipotesis, maka dilakukan uji prasyarat analisis sebagai berikut :

a. Uji Normalitas

1). Uji Normalitas Kelompok Perlakuan (Jenis Latihan)

Tabel 21. Hasil Uji Normalitas Kenaikan Kadar Plasma IL-6 pada kelompok perlakuan (jenis latihan)

Kelompok	n	p	Keterangan
LIIT	30	0,000	Tidak Normal
LKIS	30	0,028	Tidak Normal

Keterangan :

LIIT : latihan interval intensitas tinggi

LKIS : latihan kontinu intensitas sedang

Berdasarkan uji normalitas dengan metode Liliefors maka diperoleh hasil bahwa hasil uji normalitas untuk data kelompok LIIT diperoleh sig. yang lebih kecil dari pada alpha 5% (0,05). Demikian pula pada kelompok LKIS diperoleh sig. lebih kecil dari alpha 5% (0,05). Hal ini menjelaskan bahwa data penelitian kenaikan kadar plasma IL-6 pada kelompok LIIT dan kelompok LKIS tidak berdistribusi normal. Diagram distribusi frekuensi dapat dilihat pada lampiran 16.

2). Hasil Uji Normalitas Kelompok Tingkat Kebugaran Aerobik

Tabel 22. Hasil Uji Normalitas Kenaikan Kadar Plasma IL-6 pada Kelompok Tingkat Kebugaran Aerobik

Kelompok	n	p	Keterangan
Tinggi	20	0,011	Tidak normal
Sedang	20	0,085	Normal
Rendah	20	0,071	Normal

Berdasarkan uji normalitas dengan metode Liliefors maka diperoleh hasil bahwa hasil uji normalitas untuk data kelompok tingkat kebugaran tinggi diperoleh sig. yang lebih kecil dari pada alpha 5% (0,05), yang menjelaskan bahwa data penelitian kenaikan kadar plasma IL-6 pada kelompok tingkat kebugaran tinggi tidak berdistribusi normal. Pada kelompok kebugaran sedang diperoleh sig. lebih besar dari alpha 5% (0,05) yang menunjukkan bahwa data penelitian kenaikan kadar plasma IL-6 pada kelompok tingkat kebugaran sedang dinyatakan normal. Demikian pula pada kelompok kebugaran rendah diperoleh sig. lebih besar dari alpha 5% (0,05) yang menunjukkan bahwa data penelitian kenaikan kadar plasma IL-6 pada kelompok tingkat kebugaran rendah dinyatakan berdistribusi normal. Diagram distribusi frekuensi dapat dilihat pada lampiran 16.

3). Hasil Uji Normalitas Kelompok Jenis Kelamin

Tabel 23. Hasil Uji Normalitas Kenaikan Kadar Plasma IL-6 pada Kelompok Jenis Kelamin

Jenis Kelamin	n	p	Keterangan
Putra	30	0,022	Tidak Normal
Putri	30	0,000	Tidak Normal

Berdasarkan uji normalitas dengan metode Liliefors maka diperoleh hasil bahwa hasil uji normalitas untuk data kelompok putra diperoleh sig. yang lebih kecil dari pada alpha 5% (0,05). Demikian pula pada kelompok putri diperoleh sig. lebih kecil dari alpha 5% (0,05). Hal ini menjelaskan bahwa data penelitian kenaikan kadar plasma IL-6 pada kelompok putra dinyatakan berdistribusi normal sedangkan pada kelompok putri dinyatakan tidak berdistribusi normal. Diagram distribusi frekuensi dapat dilihat pada lampiran 16.

4). Hasil Uji Normalitas Data Interaksi Jenis Latihan dan Jenis Kelamin

Tabel 24. Hasil Uji Normalitas Kenaikan Kadar Plasma IL-6 pada Kelompok Interaksi Jenis Latihan dan Jenis Kelamin

Jenis Latihan & Jenis Kelamin	n	p	Keterangan
LIIT & Putra	15	0.042	Tidak normal
LIIT & Putri	15	0.000	Tidak normal
LKIS & Putra	15	0.187	Normal
LKIS & Putri	15	0.024	Tidak normal

Keterangan :

LIIT : latihan interval intensitas tinggi

LKIS : latihan kontinu intensitas sedang

Berdasarkan uji normalitas dengan metode Liliefors maka diperoleh hasil bahwa uji normalitas untuk data kelompok interaksi LIIT & Putra, LIIT & Putri dan LKIS & Putri diperoleh sig. yang lebih kecil dari pada alpha 5% (0,05). Sedangkan pada kelompok LKIS & Putra diperoleh sig. lebih besar dari alpha 5% (0,05). Hal ini menjelaskan bahwa data penelitian kenaikan kadar plasma IL-6 pada kelompok LIIT & putra dinyatakan berdistribusi normal sedangkan pada kelompok lainnya dinyatakan tidak berdistribusi normal. Diagram distribusi frekuensi dapat dilihat pada lampiran 16.

5). Hasil Uji Normalitas Data Interaksi Jenis Latihan dan Tingkat Kebugaran

Tabel 25. Hasil Uji Normalitas Kenaikan Kadar Plasma IL-6 pada Kelompok Interaksi Jenis Latihan dan Tingkat Kebugaran

Jenis Latihan & Tingkat Kebugaran	n	p	Keterangan
LIIT & Tinggi	10	0,029	Tidak Normal
LIIT & Sedang	10	0,026	Tidak Normal
LIIT & Rendah	10	0,141	Normal
LKIS & Tinggi	10	0,200	Normal
LKIS & Sedang	10	0,152	Normal
LKIS & Rendah	10	0,164	Normal

Keterangan :

LIIT : latihan interval intensitas tinggi

LKIS : latihan kontinu intensitas sedang

Berdasarkan uji normalitas dengan metode Liliefors maka diperoleh hasil bahwa uji normalitas untuk data kelompok interaksi Jenis Latihan & Tingkat Kebugaran diperoleh nilai sig. yang lebih besar dari pada alpha 5% (0,05) untuk kelompok LIIT & Rendah, LKIS & Tinggi, LKIS & Sedang, dan LKIS & Rendah. Hal ini menjelaskan bahwa data penelitian kenaikan kadar plasma IL-6 pada kelompok tersebut dinyatakan berdistribusi normal. Sedangkan pada kelompok LIIT & Tinggi dan LIIT & Sedang diperoleh nilai sig. yang lebih kecil dari pada alpha 5% (0,05) sehingga data pada dua kelompok tersebut dinyatakan tidak berdistribusi normal. Diagram distribusi frekuensi dapat dilihat pada lampiran 16.

6). Hasil Uji Normalitas Data Interaksi Jenis Kelamin dan Tingkat Kebugaran

Tabel 26. Hasil Uji Normalitas Kenaikan Kadar Plasma IL-6 pada Kelompok Interaksi Jenis Kelamin dan Tingkat Kebugaran

Jenis Kelamin & Tingkat Kebugaran	n	p	Keterangan
Putra & Tinggi	10	0,200	Normal
Putra & Sedang	10	0,040	Tidak Normal
Putra & Rendah	10	0,200	Normal
Putri & Tinggi	10	0,003	Tidak Normal
Putri & Sedang	10	0,125	Normal
Putri & Rendah	10	0,021	Tidak Normal

Berdasarkan uji normalitas dengan metode Liliefors maka diperoleh hasil bahwa uji normalitas untuk data kelompok interaksi Putra & Kebugaran Tinggi, Putra & Kebugaran Rendah dan Putri & Kebugaran Sedang diperoleh sig. yang lebih besar dari pada alpha 5% (0,05). Sedangkan pada kelompok lainnya diperoleh sig. lebih kecil dari alpha 5% (0,05). Hal ini menjelaskan bahwa data penelitian kenaikan kadar plasma IL-6 pada kelompok Putra & Kebugaran Tinggi, Putra & Kebugaran Rendah dan Putri & Kebugaran Sedang dinyatakan berdistribusi normal sedangkan pada tiga kelompok lainnya dinyatakan tidak berdistribusi normal. Diagram distribusi frekuensi dapat dilihat pada lampiran.

7). Hasil Uji Normalitas Data Interaksi Jenis Latihan, Jenis Kelamin dan Tingkat Kebugaran

Tabel 27. Hasil Uji Normalitas Kenaikan Kadar Plasma IL-6 pada Kelompok Interaksi Jenis Latihan, Jenis Kelamin dan Tingkat Kebugaran

Jenis Latihan * Jenis Kelamin * Tingkat Kebugaran	n	p	Keterangan
LIIT * Putra * Rendah	5	0,200	Normal
LIIT * Putra * Sedang	5	0,039	Tidak Normal
LIIT * Putra * Tinggi	5	0,162	Normal
LIIT * Putri * Rendah	5	0,051	Normal
LIIT * Putri * Sedang	5	0,116	Normal
LIIT * Putri * Tinggi	5	0,020	Tidak Normal
LKIS * Putra * Rendah	5	0,200	Normal
LKIS * Putra * Sedang	5	0,014	Tidak Normal
LKIS * Putra * Tinggi	5	0,200	Normal
LKIS * Putri * Rendah	5	0,038	Tidak Normal
LKIS * Putri * Sedang	5	0,098	Normal
LKIS * Putri * Tinggi	5	0,200	Normal

Keterangan :

LIIT : latihan interval intensitas tinggi

LKIS : latihan kontinu intensitas sedang

Berdasarkan uji normalitas dengan metode Liliefors maka diperoleh hasil bahwa uji normalitas untuk data kelompok interaksi Jenis Latihan, Jenis Kelamin & Tingkat Kebugaran untuk kelompok LIIT*Putra*Sedang, LIIT*Putri*Tinggi, LKIS*Putra*Sedang dan LKIS*Putri*Rendah diperoleh nilai sig. yang lebih kecil dari alpha 5% (0,05). Hal ini menjelaskan bahwa data penelitian kenaikan kadar plasma IL-6 pada empat kelompok tersebut dinyatakan tidak berdistribusi normal. Sedangkan data pada 8 kelompok lainnya menghasilkan sig. yang lebih besar dari alpha 5% (0,05) sehingga dinyatakan berdistribusi normal.

Berdasarkan hasil uji normalitas di atas, diketahui bahwa hampir pada semua data kenaikan kadar plasma IL-6 terdapat data yang tidak berdistribusi normal, sehingga untuk melakukan analisis perbandingan tidak bisa menggunakan Analisis Varians (ANOVA) Faktorial ataupun metode *One Way Anova* (metode Parametrik), dengan demikian maka

akan digunakan metode Non Parametrik yakni uji *Kruskal Wallis* untuk perbandingan lebih dari dua kelompok, atau uji *Mann Whitney* untuk perbandingan pada dua kelompok.

b. Uji Homogenitas

Tabel 28. Hasil Uji Homogenitas Kadar Plasma IL-6

	F	df ₁	df ₂	Sig.	Keterangan
Metode Latihan	1,883	29	29	0,175	Homogen
Tingkat Kebugaran aerobik	3,259	2	57	0,046	Tidak Homogen
Jenis Kelamin	1,024	29	29	0,316	Homogen
Latihan * Jenis Kelamin	1,814	3	56	0,155	Homogen
Latihan * Kebugaran	2,557	5	54	0,038	Tidak Homogen
Jenis Kelamin * Kebugaran	1,853	5	54	0,118	Homogen
Latihan * JK * Kebugaran	2,348	11	48	0,021	Tidak Homogen

Berdasarkan uji homogenitas varians dengan metode Bartlett maka diperoleh hasil bahwa hasil uji homogenitas varians berdasarkan metode latihan, jenis kelamin, interaksi metode latihan dan jenis kelamin, dan interaksi jenis kelamin dan tingkat kebugaran diperoleh nilai sig. yang lebih besar dari pada alpha 5% (0,05), dimana hal ini menjelaskan bahwa data penelitian kenaikan kadar plasma IL-6 berdasarkan kelompok tersebut dinyatakan memiliki varians yang homogen. Sedangkan data berdasarkan kelompok tingkat kebugaran, metode latihan dan tingkat kebugaran dan interaksi antara jenis latihan, jenis kelamin dan tingkat kebugaran menghasilkan nilai sig. yang lebih kecil dari alpha 5% (0,05) yang menunjukkan varians data berdasarkan ketiga komposisi variabel tersebut dinyatakan tidak homogen.

3. Uji Hipotesis

a. Uji Komparatif Variabel Penelitian

Analisis komparatif antar kelompok dilakukan terhadap hasil perbedaan *pretest* sebelum latihan dan *posttest* setelah akhir latihan pada masing-masing kelompok. Uji komparatif yang digunakan disesuaikan dengan hasil uji persyaratan sifat kenormalan data, dengan menggunakan Software SPSS 25.

- 1) Uji beda untuk mengetahui beda rerata peningkatan kadar plasma IL-6 antar kelompok metode latihan LIIT dan LKIS

Hipotesis 1

H_0 : Tidak ada perbedaan pengaruh metode latihan LIIT dan LKIS terhadap peningkatan kadar plasma IL-6

H_1 : Ada perbedaan pengaruh metode latihan LIIT dan LKIS terhadap peningkatan kadar plasma IL-6

Dikarenakan data kenaikan kadar plasma IL-6 berdasarkan kelompok jenis latihan ada yang tidak berdistribusi normal, maka analisis komparatif menggunakan uji *Mann Whitney* (MW) dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 29. Hasil Analisis Perbandingan Kadar Plasma IL-6 Berdasarkan Kelompok Latihan

Kelompok Latihan	Gains (pg/mL)	<i>p-value</i> (MW)
LIIT	18,00 (128,32)	0,882
LKIS	13,41 (47,61)	

Keterangan :

LIIT : latihan interval intensitas tinggi

LKIS : latihan kontinu intensitas sedang

Berdasarkan hasil uji *Mann Whitney* di atas, kenaikan kadar Plasma IL-6 berdasarkan jenis latihan menunjukkan nilai $p=0,882$, dimana hal ini menjadikan p lebih besar daripada $\alpha=0,05$. Dengan demikian maka dapat disimpulkan H_0 diterima dan H_1 ditolak.

Hasil tersebut memberikan kesimpulan bahwa tidak ada perbedaan pengaruh jenis latihan terhadap peningkatan kadar plasma IL-6. Dengan demikian meskipun berdasarkan hasil analisis gain bahwa kenaikan kadar plasma IL-6 kelompok LIIT cenderung lebih tinggi (18,00 pg/mL) dibandingkan dengan kelompok LKIS (13,41 pg/mL), namun dengan tingkat keyakinan 95%, perbedaan di antara keduanya dinyatakan tidak bermakna.

Pada hasil penelitian ini disampaikan juga uji komparatif perubahan kadar plasma IL-6 pada masing-masing perlakuan. Berdasarkan hasil pengujian normalitas, terlihat bahwa *p*-value yang diperoleh masing-masing kelompok $< 0,05$ dinyatakan tidak berdistribusi normal. Sehingga uji perbandingan yang digunakan menggunakan analisis non parametrik willcoxon. Luaran hasil SPSS didokumentasikan pada lampiran 16.

Tabel 30. Hasil Analisis Perbandingan Perubahan Kadar Plasma IL-6 Berdasarkan Kelompok Latihan

Variabel	Uji Perbandingan				<i>p-value</i>
	<i>Pretest</i>		<i>Postest</i>		
	Mean	SD	Mean	SD	
LIIT	93.74	80.61	111.74	113.09	0.237
LKIS	65.05	50.15	81.51	78.86	0.198

Keterangan :

LIIT : latihan interval intensitas tinggi

LKIS : latihan kontinu intensitas sedang

Hasil tersebut memberikan kesimpulan bahwa ada kenaikan kadar plasma IL-6 setelah menjalani latihan LIIT dan LKIS. Namun, berdasarkan hasil analisis uji komparatif bahwa kenaikan kadar plasma IL-6 pada kelompok LIIT (*p*-value $0,237 > 0,05$) dan kelompok LKIS (*p*-value $0,198 > 0,05$) menunjukkan kenaikan pada masing-masing kelompok dinyatakan tidak bermakna.

- 2) Uji beda untuk mengetahui beda rerata peningkatan kadar plasma IL-6 antara jenis kelamin putra dan putri

Hipotesis 2

H₀ : Tidak ada perbedaan pengaruh jenis kelamin terhadap peningkatan kadar plasma IL-6

H₁ : Ada perbedaan pengaruh jenis kelamin terhadap peningkatan kadar plasma IL-6

Dikarenakan data kenaikan kadar plasma IL-6 berdasarkan kelompok jenis kelamin ada yang tidak berdistribusi normal, maka analisis komparatif menggunakan uji *Mann Whitney* (MW) dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 31. Hasil Analisis Perbandingan Kadar Plasma IL-6 Berdasarkan Jenis Kelamin

Jenis Kelamin	Gains (pg/mL)	p-value (MW)
Putra	1,62 (61,55)	0,179
Putri	29,79 (120,6)	

Berdasarkan hasil uji *Mann Whitney* di atas, kenaikan kadar Plasma IL-6 berdasarkan jenis kelamin menunjukkan nilai $p=0,179$, dimana hal ini menjadikan p lebih besar daripada $\alpha=0,05$. Dengan demikian maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Hasil tersebut memberikan kesimpulan bahwa tidak ada perbedaan pengaruh jenis kelamin terhadap peningkatan kadar plasma IL-6. Dengan demikian meskipun berdasarkan hasil analisis gain bahwa kenaikan kadar plasma IL-6 kelompok putri cenderung lebih tinggi (29,79 pg/mL) dibandingkan dengan kelompok putra (1,62 pg/mL), namun dengan tingkat keyakinan 95%, perbedaan di antara keduanya dinyatakan tidak bermakna.

Hasil uji perbandingan menggunakan analisis non parametrik willcoxon untuk perubahan kadar plasma IL-6 pada

masing-masing kelompok jenis kelamin dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 32. Hasil Analisis Perbandingan Perubahan Kadar Plasma IL-6 Berdasarkan Jenis Kelamin

Variabel	Uji Perbandingan				<i>p-value</i>
	<i>Pretest</i>		<i>Posttest</i>		
	Mean	SD	Mean	SD	
Putra	86.49	38.20	88.12	43.72	0.797
Putri	72.30	88.74	102.09	125.70	0.023

Hasil tersebut memberikan kesimpulan bahwa ada kenaikan kadar plasma IL-6 pada kelompok putra dan putri. Kelompok putra mengalami kenaikan dari rata-rata pretest 86,49 pg/mL menjadi 88,12 pg/mL saat posttest. Namun, berdasarkan hasil analisis uji komparatif, kenaikan kadar plasma IL-6 pada kelompok putra ($p\text{-value } 0,797 > 0,05$) dinyatakan tidak bermakna. Pada kelompok putri mengalami kenaikan dari rata-rata pretest sebesar 72,30 pg/mL menjadi rata-rata posttest sebesar 102,09 pg/mL dan kenaikan tersebut dengan tingkat keyakinan 95%, dinyatakan bermakna ($p\text{-value } 0,023 < 0,05$). Luaran hasil SPSS didokumentasikan pada lampiran 16.

- 3) Uji beda untuk mengetahui beda rerata peningkatan kadar plasma IL-6 antar kelompok tingkat kebugaran aerobik

Hipotesis 3

H_0 : Tidak ada perbedaan pengaruh tingkat kebugaran aerobik terhadap peningkatan kadar plasma IL-6

H_1 : Ada perbedaan pengaruh tingkat kebugaran aerobik terhadap peningkatan kadar plasma IL-6

Berhubung data kenaikan kadar plasma IL-6 berdasarkan tingkat kebugaran aerobik ada yang tidak berdistribusi normal, maka analisis komparatif untuk lebih dari dua kelompok

menggunakan uji Kruskal Wallis (KW) dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 33. Hasil Analisis Perbandingan Kadar Plasma IL-6 Berdasarkan Tingkat Kebugaran Aerobik

Tingkat kebugaran aerobik	Gains (pg/mL)	<i>p-value</i> (<i>Kruskal Wallis</i>)
Tinggi	28,91 (148,61)	0,805
Sedang	11,29 (72,38)	
Rendah	6,92 (31,6)	

Berdasarkan hasil uji Kruskal Wallis, kenaikan kadar Plasma IL-6 berdasarkan tingkat kebugaran menunjukkan nilai $p=0,805$, dimana hal ini menjadikan p lebih besar daripada $\alpha=0,05$. Dengan demikian maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Hasil tersebut memberikan kesimpulan bahwa tidak ada perbedaan pengaruh tingkat kebugaran aerobik terhadap peningkatan kadar plasma IL-6. Dengan demikian meskipun berdasarkan hasil analisis gain bahwa kenaikan kadar plasma IL-6 kelompok tingkat kebugaran tinggi cenderung lebih tinggi (28,91 pg/mL) dibandingkan dengan kelompok sedang (11,29 pg/mL) dan rendah (6,92 pg/mL), namun dengan tingkat keyakinan 95%, perbedaan di antara ketiganya dinyatakan tidak bermakna.

Berikut disajikan hasil perbandingan perubahan kadar IL-6 posttest dengan pretest pada masing-masing kelompok tingkat kebugaran aerobik. Luaran hasil SPSS didokumentasikan pada lampiran.

Tabel 34. Hasil Analisis Perbandingan Perubahan Kadar Plasma IL-6 Pretest dengan Posttest Berdasarkan Tingkat Kebugaran Aerobik

Tingkat kebugaran aerobik	Uji Perbandingan				<i>p-value</i>
	<i>Pretest</i>		<i>Posttest</i>		
	Mean	SD	Mean	SD	
Tinggi	76.08	65.00	104.98	122.13	0.156
Sedang	83.26	84.18	106.93	87.92	0.526
Rendah	78.85	55.38	88.66	85.70	0.314

Berdasarkan tabel di atas memberikan kesimpulan bahwa ada kenaikan kadar plasma IL-6 pada kelompok kebugaran aerobik tinggi, sedang, rendah setelah menjalani latihan. Kelompok kebugaran aerobik tinggi mengalami kenaikan dari rata-rata pretest 76,08 pg/mL menjadi 104,98 pg/mL saat posttest. Namun, berdasarkan hasil analisis uji komparatif, kenaikan kadar plasma IL-6 pada kelompok kebugaran aerobik tinggi ($p\text{-value } 0,156 > 0,05$) dinyatakan tidak bermakna. Pada kelompok kebugaran aerobik sedang mengalami kenaikan dari rata-rata pretest sebesar 83,26 pg/mL menjadi rata-rata posttest sebesar 106,93 pg/mL namun berdasarkan hasil analisis uji komparatif, kenaikan kadar plasma IL-6 pada kelompok kebugaran aerobik sedang ($p\text{-value } 0,526 > 0,05$) dinyatakan tidak bermakna. Pada kelompok kebugaran aerobik rendah juga mengalami kenaikan dari rata-rata pretest sebesar 78,85 pg/mL menjadi rata-rata posttest sebesar 88,66 pg/mL namun kenaikan tersebut berdasarkan hasil analisis uji komparatif pada kelompok kebugaran aerobik rendah ($p\text{-value } 0,314 > 0,05$) dinyatakan tidak bermakna.

4) Pengaruh Interaksi Antara Jenis Latihan dan Jenis Kelamin terhadap Peningkatan Kadar Plasma IL-6

Hipotesis 4

H_0 : Tidak ada pengaruh interaksi antara jenis latihan dengan jenis kelamin terhadap peningkatan kadar plasma IL-6

H_1 : ada pengaruh interaksi antara jenis latihan dengan jenis kelamin terhadap peningkatan kadar plasma IL-6

Berdasarkan hasil uji normalitas diketahui bahwa salah satu kelompok data tidak berdistribusi normal, sehingga untuk menguji hipotesis di atas digunakan metode nonparametrik untuk lebih dari dua kelompok yakni uji Kruskal Wallis. Dari hasil pengujian diperoleh hasil analisis perbandingan kenaikan kadar Plasma IL-6 berdasarkan interaksi antara jenis latihan dan jenis kelamin yakni nilai $p = 0,481$, dimana hal ini menjadikan p lebih besar daripada $\alpha = 0,05$. Dengan demikian maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Hasil tersebut memberikan kesimpulan bahwa tidak ada perbedaan pengaruh dari interaksi antara jenis latihan dan jenis kelamin terhadap perubahan kadar plasma IL-6. Dengan demikian meskipun berdasarkan hasil analisis gain bahwa kenaikan kadar plasma IL-6 putri baik dengan latihan LIIT (35,41 pg/mL) maupun dengan latihan LKIS (24,61 pg/mL) cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok putra baik dengan latihan LKIS (2,66 pg/mL) maupun LIIT (0,58 pg/mL), namun dengan tingkat keyakinan 95%, perbedaan di antara keempat kombinasi kelompok tersebut dinyatakan tidak bermakna

Tabel 35. Pengaruh Interaksi Jenis Latihan dan Jenis Kelamin terhadap Peningkatan Kadar IL-6

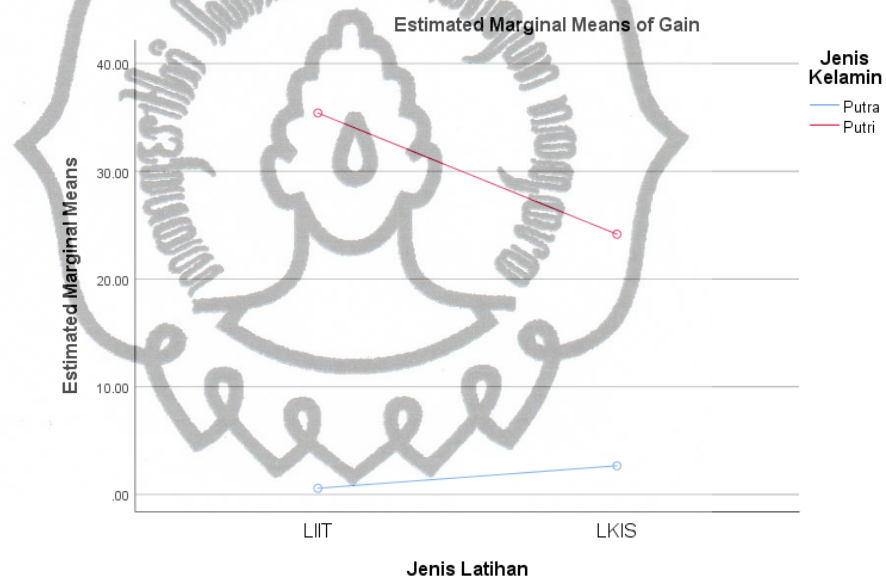
Jenis Latihan	Jenis Kelamin	n	IL-6			p-value Gain
			Prestes	Posttes	Gain	
LIIT	Putra	15	98,26	98,84	0,58	0,481
	Putri	15	89,23	124,64	35,41	
LKIS	Putra	15	33,12	77,39	2,66	
	Putri	15	62,55	79,53	24,16	

Keterangan :

LIIT : latihan interval intensitas tinggi

LKIS : latihan kontinu intensitas sedang

p-value diperoleh dari hasil pengujian Kruskal Wallis



Gambar 34. Grafik Interaksi Antara Jenis Latihan dan Jenis Kelamin

- 5) Pengaruh Interaksi Antara Jenis Latihan dan Tingkat Kebugaran Aerobik terhadap Peningkatan Kadar Plasma IL-6

Hipotesis 5

H_0 : Tidak ada pengaruh interaksi antara jenis latihan dengan tingkat kebugaran aerobik terhadap peningkatan kadar plasma IL-6

H_1 : ada pengaruh interaksi antara jenis latihan dengan tingkat kebugaran aerobik terhadap peningkatan kadar plasma IL-6

Berdasarkan hasil uji normalitas diketahui bahwa terdapat kelompok data yang tidak berdistribusi normal, sehingga untuk menguji hipotesis di atas digunakan metode Kruskal Wallis. Dari hasil pengujian diperoleh hasil analisis perbandingan kenaikan kadar Plasma IL-6 berdasarkan interaksi antara jenis latihan dan tingkat kebugaran yakni nilai $p = 0,984$, dimana hal ini menjadikan p lebih besar daripada $\alpha = 0,05$. Dengan demikian maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Hasil tersebut memberikan kesimpulan bahwa tidak ada perbedaan pengaruh dari interaksi antara jenis latihan dan Tingkat Kebugaran Aerobik terhadap perubahan kadar plasma IL-6. Dengan demikian meskipun berdasarkan hasil analisis gain bahwa kenaikan kadar plasma IL-6 dengan tingkat kebugaran tinggi dan latihan LIIT (46,29 pg/mL) cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok lainnya, namun dengan tingkat keyakinan 95%, perbedaan di antara keenam kombinasi kelompok tersebut dinyatakan tidak bermakna.

Tabel 36. Pengaruh Interaksi Jenis Latihan dan Tingkat Kebugaran Aerobik terhadap Kenaikan Kadar IL-6

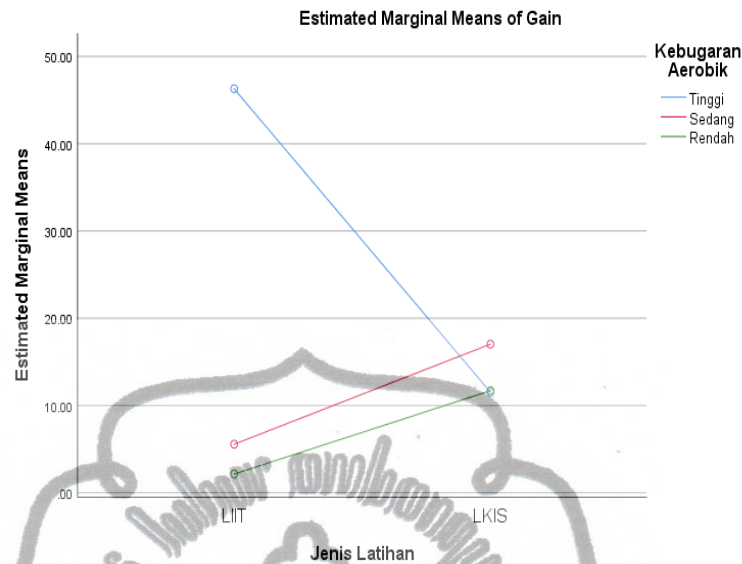
Jenis Latihan	Tingkat Kebugaran	n	IL-6			<i>p-value</i> Gain
			<i>Prestest</i>	<i>Posttest</i>	<i>Gain</i>	
LIIT	Tinggi	10	93,79	140,09	46,29	0,984
	Sedang	10	112,85	118,41	5,56	
	Rendah	10	74,60	76,74	2,14	
LKIS	Tinggi	10	76,08	69,88	11,52	
	Sedang	10	83,26	70,70	17,024	
	Rendah	10	78,85	94,81	11,692	

Keterangan :

LIIT : latihan interval intensitas tinggi

LKIS : latihan kontinu intensitas sedang

p -value diperoleh dari hasil pengujian *Kruskal Wallis*



Gambar 35. Grafik Interaksi Antara Jenis Latihan dan Tingkat Kebugaran Aerobik

6) Pengaruh Interaksi Antara Jenis Kelamin dan Tingkat Kebugaran Aerobik terhadap Peningkatan Kadar Plasma IL-6

Hipotesis 6

H_0 : Tidak ada pengaruh interaksi antara jenis kelamin dengan tingkat kebugaran aerobik terhadap peningkatan kadar plasma IL-6

H_1 : ada pengaruh interaksi antara jenis kelamin dengan tingkat kebugaran aerobik terhadap peningkatan kadar plasma IL-6

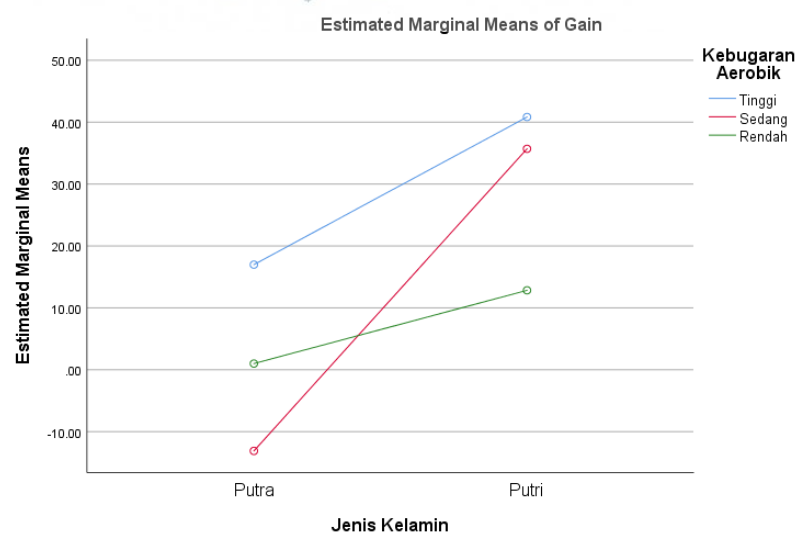
Berdasarkan hasil uji normalitas diketahui bahwa salah satu kelompok data tidak berdistribusi normal, sehingga untuk menguji hipotesis di atas digunakan metode nonparametrik untuk lebih dari dua kelompok yakni uji Kruskal Wallis. Dari hasil pengujian diperoleh hasil analisis perbandingan kenaikan kadar Plasma IL-6 berdasarkan interaksi antara jenis kelamin dan tingkat kebugaran yakni nilai $p = 0,623$, dimana hal ini menjadikan p lebih besar daripada $\alpha=0,05$. Dengan demikian maka H_0 diterima dan H_1

ditolak. Hasil tersebut memberikan kesimpulan bahwa tidak ada perbedaan pengaruh dari interaksi antara jenis Kelamin dan Tingkat Kebugaran Aerobik terhadap perubahan kadar plasma IL-6. Dengan demikian meskipun berdasarkan hasil analisis gain bahwa kenaikan kadar plasma IL-6 putri dengan tingkat kebugaran tinggi (40,83 pg/mL) cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok lainnya, namun dengan tingkat keyakinan 95%, perbedaan di antara keenam kombinasi kelompok tersebut dinyatakan tidak bermakna.

Tabel 37. Pengaruh Interaksi Jenis Kelamin dan Tingkat Kebugaran Aerobik terhadap Peningkatan Kadar IL-6

Jenis Kelamin	Tingkat Kebugaran	n	IL-6		Gain	p-value Gain
			Prestest	Posttest		
Putra	Tinggi	10	82,87	99,85	16,98	0,623
	Sedang	10	90,87	77,76	-13,11	
	Rendah	10	85,74	86,74	1,00	
Putri	Tinggi	10	69,29	110,12	40,83	
	Sedang	10	75,64	111,34	35,70	
	Rendah	10	71,97	84,81	12,83	

Keterangan : p-value diperoleh dari hasil pengujian Kruskal Wallis



Gambar 36. Grafik Interaksi Antara Jenis Kelamin dan Tingkat Kebugaran Aerobik

7) Pengaruh Interaksi Antara Jenis Latihan, Jenis Kelamin, dan Tingkat Kebugaran Aerobik terhadap Peningkatan Kadar Plasma IL-6

Hipotesis 7

- H_0 : Tidak ada pengaruh interaksi antara jenis latihan, jenis kelamin, dan tingkat kebugaran aerobik terhadap peningkatan kadar plasma IL-6
- H_1 : ada pengaruh interaksi antara jenis latihan, jenis kelamin, dan tingkat kebugaran aerobik terhadap peningkatan kadar plasma IL-6

Berdasarkan hasil uji normalitas diketahui bahwa terdapat kelompok data yang tidak berdistribusi normal, sehingga untuk menguji hipotesis di atas digunakan metode Kruskal Wallis. Dari hasil pengujian diperoleh hasil analisis perbandingan kenaikan kadar Plasma IL-6 berdasarkan interaksi antara jenis latihan, jenis kelamin dan tingkat kebugaran yakni nilai $p = 0,933$, dimana hal ini menjadikan p lebih besar daripada $\alpha = 0,05$. Dengan demikian maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Hasil tersebut memberikan kesimpulan bahwa tidak ada perbedaan pengaruh dari interaksi antara Jenis Latihan, Jenis Kelamin dan Tingkat Kebugaran Aerobik terhadap perubahan kadar plasma IL-6. Dengan demikian meskipun berdasarkan hasil analisis gain bahwa kenaikan kadar plasma IL-6 pada putri dengan tingkat kebugaran tinggi dan melakukan latihan LIIT (58,59 pg/mL) cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok lainnya, namun dengan tingkat keyakinan 95%, perbedaan di antara 12 kombinasi kelompok tersebut dinyatakan tidak bermakna.

Tabel 38. Pengaruh Interaksi Jenis Latihan, Jenis Kelamin dan Tingkat Kebugaran Aerobik terhadap Peningkatan Kadar IL-6

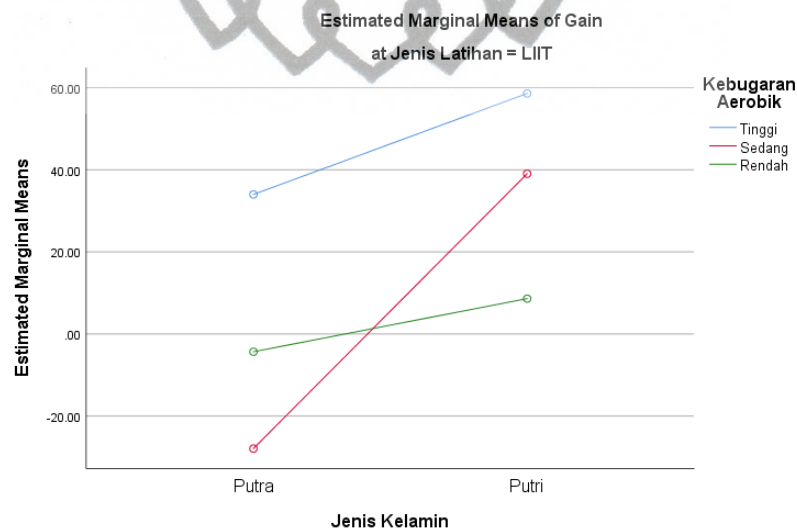
Jenis Latihan	Jenis Kelamin	Tingkat Kebugaran	n	IL-6			p-value Gain
				Prestest	Posttest	Gain	
LIIT	Putra	Tinggi	5	90,51	124,50	33,99	0,933
		Sedang	5	114,07	86,16	-	
		Rendah	5	90,20	85,86	-4,33	
	Putri	Tinggi	5	97,08	155,67	58,59	
		Sedang	5	111,62	150,65	39,04	
		Rendah	5	58,99	67,61	8,61	
LKIS	Putra	Tinggi	5	75,23	75,20	-0,03	
		Sedang	5	67,67	69,37	1,69	
		Rendah	5	81,28	87,61	6,33	
	Putri	Tinggi	5	41,50	64,57	23,07	
		Sedang	5	39,67	72,02	32,36	
		Rendah	5	84,95	102,00	17,05	

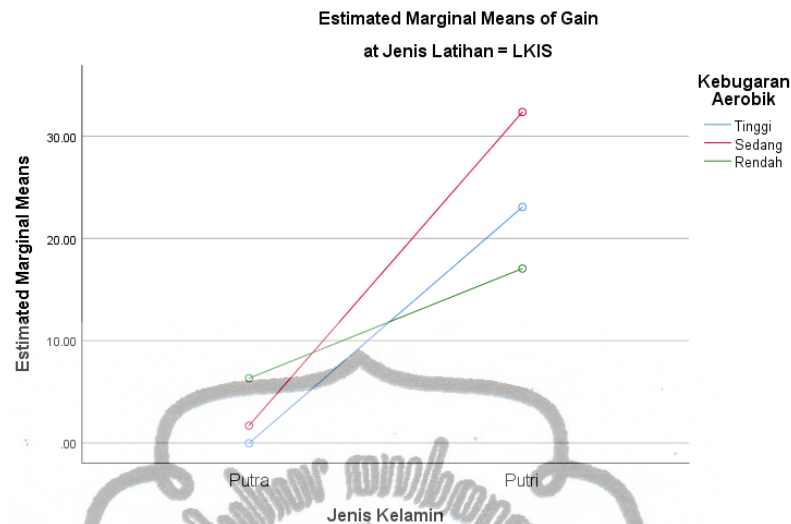
Keterangan :

LIIT : latihan interval intensitas tinggi

LKIS : latihan kontinu intensitas sedang

p-value diperoleh dari hasil pengujian One Way Anova





Gambar 37. Grafik Interaksi Antara Jenis Latihan , Jenis Kelamin, dan Tingkat Kebugaran Aerobik.

4. Uji Lanjut

Uji lanjut (*post hoc*) dilakukan untuk menilai adanya perbedaan signifikan antar kelompok. Dikarenakan hasil uji Anova tidak ditemukan perbedaan yang signifikan pada semua variabel yang dibandingkan, maka tidak diperlukan uji lanjut.

B. PEMBAHASAN

Latihan fisik telah diketahui dapat memperbaiki kebugaran fisik dan mencegah munculnya penyakit kronik seperti diabetes dan penyakit-penyakit lain yang berkaitan dengan proses penuaan. Latihan fisik juga mempunyai manfaat dalam mencegah penyakit kardiovaskuler. Aspek penting dalam proses latihan adalah perbaikan kebugaran sistem muskuloskeletal yang juga berhubungan dengan perbaikan status kesehatan dan kualitas hidup.

Latihan fisik berkaitan dengan kerja otot skelet. Otot skelet bekerja seperti halnya sebuah organ tubuh yang mempunyai kemampuan memproduksi ratusan *myokine*. Hal ini yang mendasari bahwa otot dapat

melakukan komunikasi dengan organ lain seperti lemak, hepar, pankreas, tulang, dan otak. Interleukin-6 (IL-6) dikeluarkan ke aliran darah saat latihan fisik dan dari penelitian sebelumnya diketahui IL-6 mempunyai banyak efek imun dan metabolis.

Kadar plasma IL-6 dapat meningkat hingga 100 kali lipat setelah latihan dan level IL-6 berhubungan dengan durasi dan intensitas latihan (Raschke & Eckel, 2013) IL-6 disekresi oleh otot skelet tanpa disertai kerusakan otot dan kondisi ini memiliki peran penting dalam regulasi metabolis tidak hanya pada otot itu sendiri tetapi juga organ lainnya seperti liver, jaringan lemak, dan sel- β pancreas (Steinbacher & Eckl, 2015) Sekresi IL-6 oleh otot skelet meningkat tidak hanya karena latihan tetapi juga oleh faktor stres eksternal dan internal. Stres oksidatif adalah salah satu signal stres internal pada otot skelet yang diproduksi oleh kondisi stres yang berbeda yaitu latihan fisik, hipertermi, hipoksia, dan sepsis (Wright *et al.*, 2009)

Pembahasan selanjutnya dikelompokkan pada variabel yang berbeda pada kelompok perlakuan kemudian dirangkai dengan hasil pengujian variabel terikat yaitu kenaikan kadar plasma IL-6. Kenaikan kadar plasma IL-6 didefinisikan sebagai perubahan kadar plasma IL-6 yang diukur sesaat sebelum latihan dan segera setelah latihan selama 6 minggu.

1. Pengaruh perbedaan jenis latihan

Pada penelitian ini membandingkan dua jenis latihan yang berbeda, yaitu latihan interval dan latihan kontinu. Latihan kontinu disebut juga sebagai tipe klasik atau tipe *endurance* yang memiliki tipe intensitas sedang dan membutuhkan waktu yang lama dalam durasi latihan serta untuk memperoleh manfaat adaptasi fisiologis terhadap latihan. Manfaat latihan kontinu telah banyak diketahui hasil penelitiannya yaitu meningkatkan kebugaran aerobik atau sering dinyatakan dengan $\dot{V}O_{2max}$. Selain itu latihan kontinu dengan durasi

yang lama juga akan memengaruhi kadar plasma IL-6 yang bersifat antiinflamasi sehingga latihan kontinu juga berperan dalam mencegah penyakit dalam kategori *chronic low-grade inflammation* seperti diabetes, kardiovaskuler, dan obesitas. Latihan interval intensitas tinggi (LIIT) yang digunakan pada penelitian ini juga mempunyai manfaat yang sama dengan latihan kontinu yaitu dengan temuan bahwa hasil $\dot{V}O_{2max}$ setelah latihan selama 6 minggu mengalami kenaikan yang signifikan yaitu sebesar 31.2 ± 5.8 ml/kg/min sebelum latihan dan 35.5 ± 6.9 ml/kg/min setelah latihan ($p < 0.001$). Sedangkan hasil rata-rata $\dot{V}O_{2max}$ pada kelompok latihan kontinu didapatkan 32.3 ± 6.8 ml/kg/min sebelum latihan dan meningkat menjadi 37.3 ± 6.7 ml/kg/min ($p < 0.001$). Kenaikan pada kedua kelompok latihan tidak terdapat perbedaan secara bermakna ($p = 0.292$). Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Alonso-Fernández *et al.*, (2019) yaitu terjadi kenaikan kebugaran aerobik pada remaja yang melakukan latihan interval menggunakan metode Tabata selama 7 minggu, juga dari hasil penelitian oleh Racil *et al.*, (2016) terjadi perbaikan kebugaran aerobik pada remaja putri dengan obesitas setelah melakukan LIIT.

Hasil ini menunjukkan bahwa kedua metode latihan baik LIIT maupun LKIS dapat secara signifikan memperbaiki tingkat kebugaran aerobik. LIIT yang memiliki intensitas tinggi dan durasi lebih singkat mampu memperbaiki $\dot{V}O_{2max}$ yang sama dengan metode latihan *endurance*. Hasil peningkatan $\dot{V}O_{2max}$ yang lebih tinggi pada latihan interval dilaporkan oleh Kilpatrick *et al.*, (2014) dan Milanović *et al.*, (2015)

Kemungkinan mekanisme molekuler yang mendasari hal ini adalah LIIT mampu meningkatkan kapasitas mitokondria (Gibala *et al.*, 2012). LIIT mengaktifkan *peroxisome-proliferator activated receptor γ coactivator* (PGC)-1 α yang dikenal sebagai “*master regulator*” biogenesis mitokondria di otot. Intensitas latihan

merupakan faktor utama yang memengaruhi aktivasi PGC-1 α pada otot skelet manusia (Egan *et al.*, 2010). Pengaruh LIIT terhadap PGC-1 α dan biogenesis mitokondria diduga karena perubahan yang kuat rasio ATP:ADP/AMP intramuscular pada latihan seiring aktivasi 5'-adenosine monophosphate-activated protein kinase (AMPK) dan aktivasi p38 mitogen-activated protein kinase (MAPK) yang mungkin karena peningkatan reactive oxygen species (ROS). Latihan menggunakan metode LIIT juga meningkatkan kandungan protein PGC-1 α dan juga meningkatkan protein PGC-1 α pada nukleus. Secara bersamaan PGC-1 α terlibat dalam adaptasi metabolis pada LIIT. Peningkatan PGC-1 α memiliki efek positif pada kapasitas oksidasi, pertahanan antioksidan, ambilan glukosa, memperlambat *sarcopenia* karena usia, dan jalur antiinflamasi (Gibala *et al.*, 2012)

Pada penelitian ini, kedua kelompok latihan baik LIIT maupun LKIS mengalami kenaikan kadar plasma IL-6, kenaikan pada kelompok LIIT lebih tinggi dibanding kelompok LKIS namun tidak ada perbedaan bermakna diantara keduanya. Ada beberapa kemungkinan yang bisa menjadi penyebabnya. Kemungkinan yang pertama adalah intensitas *work* saat melakukan LIIT tidak mencapai batas yang ditentukan. Intensitas pada LIIT sesuai yang dikemukakan oleh Weston *et al.*, (2014) adalah 80-100% MHR, pada penelitian ini intensitas yang digunakan adalah 80%MHR yaitu batas minimal mengingat sampel penelitian adalah usia remaja dan tidak terlatih. Pada pelaksanaan latihan, kendala yang muncul adalah pada awal latihan sampel belum terbiasa dengan pola latihan dan belum bisa mencapai intensitas 80%MHR sehingga dibutuhkan waktu yang lebih lama mencapai target latihan. Intensitas yang minimal dan belum tercapainya target intensitas dapat memengaruhi kontraksi otot dan respon fisiologis khususnya terkait sistem energi yang digunakan.

Kemungkinan kedua adalah rasio *work:rest* pada program latihan ini 1:3. Perbandingan ini dapat memengaruhi respon fisiologis

tubuh terhadap kadar plasma IL-6. Waktu *rest* yang digunakan lebih lama dibanding literatur yang ada. Penyusunan program latihan dengan rasio 1:3 ini berdasarkan kondisi sampel yang digunakan yaitu usia remaja dan kategori tidak terlatih sehingga untuk mengurangi risiko cedera atau ketidakmampuan menyelesaikan latihan maka program latihan disusun dengan memperlama masa istirahat. Pada penelitian pendahuluan yang sebelumnya telah dilakukan, hasil uji coba latihan dengan intensitas *work* 80-90% MHR rata-rata waktu kelompok putra adalah 33 detik dan kelompok putri 35 detik. Pada percobaan pendahuluan dengan menggunakan rasio *work: rest* = 1:1, maka waktu *rest* selama 35 detik dengan gerakan *passive recovery* belum dapat mencapai nadi istirahat yaitu 60-65% MHR. Dibutuhkan waktu lebih lama untuk mencapai nadi istirahat tersebut dengan hasil rata-rata sampel sekitar 90 detik. Dari hasil penelitian pendahuluan tersebut maka disusun program latihan dengan memperlama masa istirahat agar tersedia cukup waktu untuk melakukan *work* kembali dengan intensitas tinggi yaitu 80-90% MHR.

Kedua faktor yang telah disebutkan sebelumnya yaitu intensitas latihan yang kurang adekuat dan rasio istirahat yang lebih lama akan memengaruhi kontraksi otot dan sistem energi. Kenaikan kadar plasma IL-6 yang terjadi akibat kontraksi otot berkaitan dengan jumlah otot yang terlibat dan durasi latihan. Intensitas latihan juga berperan utama dalam perubahan IL-6 khususnya jika latihan memicu penipisan cadangan glikogen intramuskuler. Penelitian telah menunjukkan bahwa penipisan glikogen otot secara nyata meningkatkan pelepasan IL-6 dari otot yang bekerja (Ellingsgaard *et al.*, 2019). Sejalan dengan ketergantungan energi intrinsik ini, pelepasan IL-6 berkorelasi dengan produksi laktat pada otot yang bekerja. Hal ini mengarah ada hubungan antara intensitas latihan, produksi laktat, dan pelepasan IL-6 selama latihan berat. Penelitian terbaru menyatakan bahwa latihan intensitas tinggi pada manusia dan suntikan laktat intramuscular pada

tikus putih berhubungan dengan pelepasan IL-6. Produksi laktat selama latihan memicu pelepasan IL-6 yang bergantung pada protease. Hubungan antara produksi laktat dan pelepasan IL-6 ini menjelaskan mengapa sekresi IL-6 bertambah selama latihan intensitas tinggi dan deplesi glikogen (Hojman et al., 2019)

Jenis latihan yang memiliki intensitas tinggi seperti program LIIT pada penelitian ini akan memicu penipisan glikogen, penipisan glikogen saat latihan fisik akan meningkatkan pelepasan IL-6 lebih banyak. Intensitas yang tinggi juga akan memicu produksi asam laktat yang tinggi, kondisi inilah yang juga meningkatkan pelepasan IL-6 dari otot. Sesuai hasil yang didapatkan pada penelitian ini, peningkatan pada kelompok jenis latihan LIIT memiliki kenaikan yang lebih tinggi dari LKIS. Namun, secara statistik tidak ada perbedaan yang bermakna.

2. Perbedaan jenis kelamin terhadap kenaikan kadar plasma IL-6

Terdapat perbedaan signifikan dimorfisme jenis kelamin pada respon imun dalam kondisi bukan akibat latihan (Oertelt-Prigione, 2012). Pada saat latihan, laki-laki dan perempuan menunjukkan perbedaan pengaruh jenis kelamin pada regulasi penggunaan substrat metabolisme (Oertelt-Prigione, 2012). Pada wanita, memprioritaskan oksidasi lemak dari pada karbohidrat selama berolahraga hal ini diduga disebabkan oleh kepadatan volume mitokondria terkait ukuran tubuh, asam lemak dan kapasitas oksidatif laktat dalam serat otot rangka (Montero et al., 2018)

Terkait perbedaan jenis kelamin terhadap kadar plasma IL-6 belum banyak ditemukan. Penelitian terdahulu gagal untuk membuktikan konsistensi pola temporal, besar kecilnya respon, dan atau perubahan yang signifikan kadar sitokin sistemik setelah satu kali latihan *resistance* pada laki-laki dan perempuan. Perempuan

menunjukkan perubahan IL-6 yang lebih lambat dibanding laki-laki (Benini *et al.*, 2015)

Hasil penelitian ini didapatkan kenaikan kadar plasma IL-6 pada kelompok putra maupun putri setelah latihan selama 6 minggu. Hal ini menunjukkan bahwa latihan fisik dapat meningkatkan kadar plasma IL-6 baik pada jenis kelamin putra maupun putri. Kenaikan pada kelompok putri lebih tinggi dari putra tetapi secara statistik perbedaan tersebut tidak bermakna. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa kenaikan kadar plasma IL-6 akibat latihan tidak dipengaruhi jenis kelamin.

Tidak ada perbedaan yang signifikan antara putra dan putri pada kadar plasma IL-6 setelah melakukan latihan pada penelitian ini memiliki hasil yang sama yang dilakukan oleh Terink (2018) bahwa tidak ada perbedaan sitokin setelah melakukan latihan pada kelompok laki-laki dan perempuan. Namun, temuan terkait kadar basal IL-6 pada penelitian ini berkebalikan dari penelitian yang dilakukan oleh Terink (2018) yang memperoleh hasil kadar basal IL-6, IL-8, dan IL-10 yang sama antara laki-laki dan perempuan, sedangkan pada IL-1 β dan TNF- α laki-laki lebih tinggi dibanding perempuan.

Tidak adanya perbedaan kenaikan kadar plasma IL-6 setelah latihan 6 minggu pada kelompok putra dan putri dapat disebabkan karena pengaruh hormonal, pada penelitian ini tidak didata siklus menstruasi pada sampel putri selama latihan. Telah diketahui sebelumnya bahwa fase lutheal pada siklus menstruasi berhubungan dengan meningkatnya kapasitas sel imun untuk memproduksi sitokin dibanding fase folikuler (Konecna *et al.*, 2000)

Temuan lain terkait penelitian ini adalah kadar plasma IL-6 pada konsentrasi basal sebelum latihan didapatkan hasil rata-rata pada kelompok putra (82.52 ± 16.43 pg/mL) lebih tinggi dibanding kelompok putri (72.30 ± 16.43 pg/mL). Hasil pada kelompok putra yang lebih tinggi daripada putri sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan

oleh Beenakker *et al.*, (2020). Rasio rata-rata pria lebih tinggi daripada wanita dalam respons produksi sitokin proinflamasi (TNF- α , IL-6, IL-12, dan IL-1 β).

Pembahasan tentang pengaruh hormon pada wanita terhadap metabolisme tubuh khususnya terkait munculnya kondisi aterosklerosis sebagai penyebab penyakit kardiovaskuler bahwa secara alamiah pada usia subur (18-50 tahun) kadar hormon estrogen wanita cukup tinggi. Pengaruh hormon estrogen dapat menghambat NF-kB, dimana NF-kB terlibat dalam proses inflamasi bersama sitokin-sitokin proinflamasi sebagai penyebab terjadinya aterosklerosis. Kadar estrogen pada wanita subur yang dapat menekan proinflamasi inilah yang memiliki manfaat sebagai pencegahan terjadinya penyakit kardiovaskuler (Evans *et al.*, 2001)

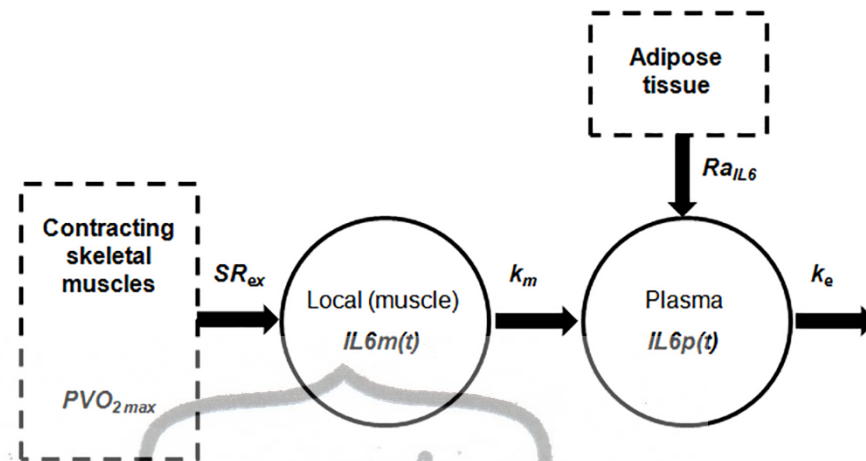
3. Perbedaan tingkat kebugaran aerobik tinggi, sedang, dan rendah terhadap kenaikan kadar plasma IL-6

Kadar glikogen otot berpengaruh terhadap kadar IL-6. Ekspresi IL-6mRNA dan pelepasan protein IL-6 terpacu ketika glikogen intramuskuler dalam kondisi rendah. Pada orang yang tidak terlatih memiliki glikogen yang rendah, kondisi ini akan memicu produksi IL-6 lebih banyak. Seiring dengan berjalannya latihan rutin yang dilakukan, maka terjadi adaptasi tubuh berupa peningkatan glikogen sehingga pada akhir latihan akan didapatkan penurunan IL-6. Pada orang terlatih akan memiliki glikogen yang lebih banyak sehingga kadar IL-6 yang dihasilkan akan lebih sedikit dibanding orang tidak terlatih, namun kondisi ini bukan merupakan efek negatif dari latihan tetapi efek adaptasi latihan berupa meningkatnya IL-6R pada otot dan peningkatan glikogen.

Hasil penelitian ini didapatkan tidak ada perbedaan yang signifikan kenaikan kadar plasma IL-6 antara tingkat kebugaran tinggi, sedang, dan rendah. Ketiga kategori tingkat kebugaran mengalami kenaikan, kenaikan tertinggi ditemukan pada kategori

tinggi diikuti kelompok sedang kemudian rendah. Walaupun secara statistik tidak ada perbedaan yang bermakna pada tiga tingkat kebugaran aerobik, hasil penelitian ini sejalan dengan hasil yang dilakukan oleh Antunes *et al.*, (2020) bahwa Individu dengan $\dot{V}O_{2\max}$ yang lebih tinggi menunjukkan konsentrasi IL-6 perifer yang lebih tinggi setelah melakukan sesi latihan aerobik (respon akut satu kali latihan) dan menunjukkan konsentrasi IL-10 yang lebih rendah selama pemulihan (1 jam setelah latihan). Penelitian dari Antunes (2020) juga membuktikan bahwa status kebugaran fisik berdampak langsung pada respons peradangan melalui mekanisme LPS-independen. Efek antiinflamasi yang terkait dengan latihan rutin dan status kebugaran fisik dapat dijelaskan oleh ekspresi gen dan reseptor seluler yang lebih besar pada IKK1, TLR-4, dan PGC-1 α dalam kelompok dengan $\dot{V}O_{2\max}$ tinggi. Pada kelompok ini menampilkan kerangka kerja seluler yang sangat efisien untuk respons cepat dan efisien yang dikoordinasikan oleh PPAR- γ . Berdasar pada penelitian yang lain juga menunjukkan bahwa laki-laki dan atlet yang aktif secara fisik memiliki ekspresi mRNA IL-6 yang lebih tinggi dalam otot rangka setelah sesi latihan (Eaton *et al.*, 2018)

Pada saat kondisi istirahat, IL-6 terutama diproduksi oleh jaringan adiposa sedangkan, selama latihan, kontraksi otot rangka merangsang sekresi IL-6 (Morettini *et al.*, 2017) hal ini membuktikan sifat ganda IL-6 sebagai *adipokine* (yaitu, sitokin yang berasal dari jaringan adiposa) dan sebagai *myokine* (yaitu sitokin yang berasal dari otot). Perubahan plasma IL-6 sebagai respon terhadap variasi penyerapan oksigen (oxygen uptake) selama latihan dimodelkan oleh Morettini *et al.*, 2017 sebagai berikut :



Gambar 38. Pemodelan kadar plasma IL-6 saat kontraksi otot
(Sumber : Moretti *et al.*, 2017)

Model diatas menggambarkan efek fisiologis latihan pada kadar plasma IL-6 dan memberikan deskripsi tentang peran otot rangka dan jaringan adiposa pada perubahan plasma IL-6.

Sejauh pengetahuan peneliti, penelitian ini yang pertama membandingkan perubahan kenaikan kadar plasma IL-6 berdasarkan tingkat kebugaran aerobik tinggi, sedang, rendah. Studi lain tentang pengaruh tingkat kebugaran aerobik terhadap perubahan kadar plasma IL-6 belum ditemukan.

Temuan tambahan dari penelitian ini adalah data rata-rata *baseline* kadar plasma IL-6 pada tiap kelompok kebugaran aerobik yaitu pada kelompok tingkat kebugaran aerobik tinggi hasil rerata *pre test* sebesar 76,08 pg/mL, pada kelompok tingkat kebugaran aerobik sedang hasil rerata *pre test* sebesar 83,26 pg/mL, dan pada kelompok tingkat kebugaran aerobik rendah hasil rerata *pre test* sebesar 78,85 pg/mL. Dari hasil tersebut didapatkan bahwa rata-rata *baseline* pada kelompok tingkat kebugaran aerobik tinggi paling rendah. Dikaitkan dengan hasil penelitian dari Hingorjo *et al.*, (2017) bahwa ada hubungan terbalik yang kuat antara tingkat kebugaran dan adipositas pada orang dewasa muda dari kedua jenis kelamin maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi $\dot{V}O_{2max}$ maka semakin rendah

kadar adipositasnya. Sejalan dengan yang dikemukakan oleh Morettini *et al.*, (2017) bahwa saat istirahat IL-6 dihasilkan oleh sel adiposa maka pada tingkat $\dot{V}O_{2max}$ tinggi akan memiliki IL-6 yang rendah karena jaringan adiposa yang dimiliki juga lebih sedikit.

Terkait hasil penelitian yang secara statistik tidak ada perbedaan diantara ketiga tingkat kebugaran tersebut, apabila kita amati bahwa dalam waktu enam minggu latihan sudah terdapat kenaikan. Waktu latihan yang terbatas enam minggu ini ada kemungkinan mempengaruhi hasil, apabila latihan ditambahkan menjadi delapan minggu ada kemungkinan akan menimbulkan adaptasi yang berbeda sehingga hasil peningkatan yang berbeda pada ketiga kelompok kebugaran.

Tidak adanya perbedaan yang signifikan pada perbedaan jenis latihan, jenis kelamin, dan tingkat kebugaran dapat disebabkan karena standar deviasi yang lebar pada masing-masing kelompok hal ini kemungkinan dapat disebabkan waktu pengambilan sampel darah terjadi selisih waktu yang lebih dari 20 menit. Kondisi disebabkan keterbatasan jumlah petugas pengambil darah yang hanya dua orang sehingga untuk waktu pengambilan darah terdapat jeda waktu yang lebar pada masing-masing sampel. Waktu yang tidak sama dapat mengakibatkan kadar plasma IL-6 yang diambil memiliki kadar yang lebih rendah karena IL-6 akan menurun kadarnya segera setelah dua puluh menit latihan selesai. Kemungkinan yang lain adalah adanya pengaruh genetik pada tiap-tiap sampel. Pada beberapa kelompok orang sangat responsif terhadap latihan namun ada juga yang tidak. Selain itu, jenis latihan juga dapat menimbulkan respon berbeda yang dipengaruhi faktor genetik seseorang. Perlu penelitian lanjutan yang lebih spesifik terkait pengaruh genetik terhadap kadar plasma IL-6 akibat latihan.

4. Pengaruh interaksi antara metode latihan dan jenis kelamin

Berdasarkan hasil uji Kruskall Wallis pada tabel 29 maka hasil tersebut memberikan kesimpulan bahwa tidak ada perbedaan pengaruh dari interaksi antara metode latihan dan jenis kelamin terhadap perubahan kadar plasma IL-6, walaupun masing-masing (baik metode latihan dan motivasi) sudah menghasilkan peningkatan. Tidak adanya interaksi ini menunjukkan bahwa pada keempat kelompok perlakuan walaupun dapat memberikan efek terhadap kadar plasma IL-6, namun antara metode latihan dan jenis kelamin tidak terjadi interaksi. Hal ini dapat dikatakan bahwa pada kelompok jenis kelamin putra maupun putri yang melakukan metode LIIT dan LKIS semuanya dapat mengalami kenaikan kadar plasma IL-6 akibat latihan.

5. Pengaruh interaksi antara metode latihan dan tingkat kebugaran aerobik

Hasil uji Kruskall Wallis pada tabel 30 memberikan kesimpulan bahwa tidak ada perbedaan pengaruh dari interaksi antara metode latihan dan tingkat kebugaran aerobik terhadap perubahan kadar plasma IL-6 walaupun masing-masing (baik metode latihan dan tingkat kebugaran aerobik) sudah menghasilkan peningkatan. Tidak adanya interaksi ini menunjukkan bahwa pada keenam kelompok perlakuan walaupun dapat memberikan efek terhadap kadar plasma IL-6, namun antara metode latihan dan tingkat kebugaran aerobik tidak terjadi interaksi. Hal ini dapat dikatakan bahwa pada kelompok yang memiliki tingkat kebugaran aerobik tinggi, sedang, dan rendah yang melakukan latihan metode LIIT dan LKIS semuanya dapat mengalami kenaikan kadar plasma IL-6 akibat latihan.

6. Pengaruh interaksi antara jenis kelamin dan tingkat kebugaran aerobik

Hasil uji statistik Kruskall Wallis sesuai tabel 31 memberikan kesimpulan bahwa tidak ada perbedaan pengaruh dari interaksi antara

jenis kelamin dan tingkat kebugaran aerobik terhadap perubahan kadar plasma IL-6, meskipun masing-masing (baik jenis kelamin dan tingkat kebugaran aerobik) sudah menghasilkan peningkatan. Tidak adanya interaksi ini menunjukkan bahwa pada keenam kelompok perlakuan walaupun dapat memberikan efek terhadap kadar plasma IL-6, namun antara jenis kelamin dan tingkat kebugaran aerobik tidak terjadi interaksi. Hal ini dapat dikatakan bahwa pada kelompok jenis kelamin putra dan putri yang memiliki tingkat kebugaran aerobik tinggi, sedang, dan rendah semuanya dapat mengalami kenaikan kadar plasma IL-6.

7. Pengaruh interaksi antara jenis latihan, jenis kelamin, dan tingkat kebugaran aerobik

Uji statistik Kruskal Wallis sesuai tabel 32 memberikan kesimpulan bahwa tidak ada perbedaan pengaruh dari interaksi antara metode latihan, jenis kelamin, dan tingkat kebugaran aerobik terhadap peningkatan kadar plasma IL-6 meskipun masing-masing (baik metode latihan, jenis kelamin dan tingkat kebugaran aerobik) sudah menghasilkan peningkatan. Tidak adanya interaksi ini menunjukkan bahwa pada keduabelas kelompok perlakuan walaupun dapat memberikan efek terhadap kadar plasma IL-6, namun antara metode latihan, jenis kelamin, dan tingkat kebugaran aerobik tidak terjadi interaksi. Hal ini dapat dikatakan bahwa pada kelompok jenis kelamin putra dan putri yang masing-masing memiliki tingkat kebugaran aerobik tinggi, sedang, dan rendah setelah melakukan latihan metode LIIT dan LKIS semuanya dapat mengalami kenaikan kadar plasma IL-6.

Kebugaran aerobik yang diwakili oleh penyerapan oksigen maksimum ($\dot{V}O_2\text{max}$) dianggap sebagai salah satu faktor risiko paling penting sebagai penyebab kematian di seluruh dunia. $\dot{V}O_2\text{max}$ rendah bahkan dipandang sebagai prediktor kematian yang lebih baik daripada

tingkat obesitas, meskipun kelebihan adipositas juga merupakan faktor penting (Di Angelantonio *et al.*, 2016). Hasil penelitian ini, kedua metode latihan yaitu LIIT dan LKIS signifikan dalam meningkatkan $\dot{V}O_{2max}$. Pada kelompok LIIT menunjukkan peningkatan signifikan dalam $\dot{V}O_{2max}$ rata-rata, yaitu $31,2 \pm 5,8$ ml/kg/menit sebelum latihan dan $35,5 \pm 6,9$ ml/kg/menit setelah latihan ($p < 0,001$). Pada kelompok LKIS rata-rata $\dot{V}O_{2max}$ sebelum latihan adalah $32,3 \pm 6,8$ ml/kg/menit yang meningkat menjadi $37,3 \pm 6,7$ ml/kg/menit ($p < 0,001$). Perubahan yang terjadi pada kelompok LIIT tidak berbeda secara signifikan dengan kelompok LKIS ($p = 0,292$).

Meskipun tidak ada perbedaan nyata diantara keduanya, karakteristik metode LIIT yang memiliki waktu lebih singkat dapat menjadi metode latihan yang lebih efisien. Pada penelitian ini subjek yang digunakan adalah usia remaja, hal ini menunjukkan bahwa metode LIIT dapat memperbaiki kebugaran aerobik pada kelompok usia remaja. Tingkat kebugaran aerobik yang tinggi di masa anak-anak sampai remaja akan menunjukkan kemungkinan hasil yang lebih rendah terhadap munculnya kondisi $\dot{V}O_{2max}$ rendah, tekanan darah tinggi, dan risiko metabolisme (Silva *et al.*, 2018). Kelebihan waktu yang singkat dan mempunyai manfaat yang sama seperti metode klasik, maka metode LIIT dapat dijadikan alternatif latihan dalam melawan pandemi kurang aktivitas fisik yang memicu munculnya penyakit terkait *chronic low-grade inflammation*.

Respon dan adaptasi fisiologi pada latihan interval intensitas tinggi dapat memengaruhi fungsi oksidatif otot. Latihan yang sangat intens, singkat, dan berulang dapat dengan cepat merangsang perbaikan potensi oksidatif otot yang sebanding atau lebih tinggi dari latihan aerobik dengan durasi yang sama. LIIT menunjukkan kenaikan aktivitas sintesa sitrat dan glikogen konten. Intensitas tinggi meningkatkan kapasitas daya tahan selama uji beban kerja dan sistem energi yang digunakan didominasi metabolisme aerobik (Burgomaster *et al.*, 2005)

Durasi yang pendek, beban latihan yang tinggi dan periode pemulihan yang panjang, efektif untuk meningkatkan kegiatan enzimatik jalur energi dalam waktu singkat (Rodas *et al.*, 2000). Oleh karena itu, tampaknya program LITT dapat meningkatkan kebugaran kardiorespirasi melalui adaptasi sentral dan perifer yang akan mengurangi risiko penyakit pada populasi dewasa hingga lansia.

Kebugaran aerobik atau disebut juga dengan kebugaran kardiorespirasi (daya tahan paru jantung) atau kapasitas aerobik maksimal dipengaruhi faktor fisiologi yang sangat kompleks dan saling berinteraksi. Namun ada dua faktor utama yang memengaruhi yaitu (1) adalah kapasitas sistem kardiovaskuler, yang berfungsi menyalurkan darah yang mengandung oksigen ke otot skelet yang bekerja dan (2) kapasitas oksidatif otot skelet, yang sangat ditentukan oleh konten mitokondria. Faktor lain yang memengaruhi adalah *lactate threshold* yang secara umum didefinisikan sebagai intensitas latihan dimana laktat mulai berakumulasi di darah, faktor ini dipengaruhi *power output* dan waktu latihan.

Latihan kontinu intensitas sedang (LKIS) atau disebut juga dengan tipe latihan klasik atau tradisional dapat meningkatkan kebugaran aerobik dengan beberapa mekanisme yaitu (1) meningkatkan *maximal cardiac output*, (2) meningkatkan pengiriman oksigen ke otot skelet, dan (3) menstimulasi biogenesis mitokondria berupa peningkatan kapasitas substrat metabolis oksidatif (Egan & Zierath, 2012). Demikian juga pada latihan interval dapat meningkatkan kebugaran aerobik dengan meningkatkan *maximal cardiac output* (Q_{\max}) yang secara umum diperantarai oleh faktor darah dan jantung (Montero *et al.*, 2015) dan latihan interval juga dapat mengurangi kekakuan arteri (Gibala, 2015). Peran yang pasti dari intensitas dan volume latihan dalam adaptasi fisiologis belum dapat diketahui dengan pasti. Latihan interval dapat mengaktifkan jalur regulasi PGC-1 α lebih besar dibandingkan LKIS, hal ini diduga karena fluktuasi metabolis yang terjadi karena metode *work-rest* (latihan-istirahat) yang berselang-seling pada latihan interval

menyebabkan respon adaptasi yang lebih baik (Combes *et al.*, 2015). Dari hasil penelitian Shirvani & Arabzadeh (2020) PGC-1 α , irisin, dan nesfatin-1 menunjukkan peningkatan signifikan dalam kelompok LIIT. Selain itu, LIIT dapat memperbaiki faktor oksidatif otot skelet berupa perbaikan ekstraksi oksigen dan metabolisme energi oksidatif berupa peningkatan densitas kapiler pada serabut otot tipe I dan II (Raleigh *et al.*, 2018) (Cocks *et al.*, 2016). LIIT tidak berpengaruh besar terhadap ukuran otot terutama dibandingkan dengan latihan beban berat, namun beberapa penelitian melaporkan bahwa terjadi hipertrofi walaupun sedikit namun signifikan pada serabut otot tipe I dan II setelah beberapa bulan menjalani LIIT (Ross & Leveritt, 2001)

Seperti halnya latihan kontinu atau latihan beban adaptasi fisiologi LIIT bergantung pada stimulasi latihan yaitu frekwensi, intensitas, dan volume latihan. Berbeda dengan kedua jenis latihan tersebut yang sistem energinya secara garis besar dibedakan menjadi sistem oksidatif untuk latihan kontinu dan sistem non-oksidatif untuk latihan beban, bioenergetik latihan interval berbeda dari keduanya karena pada latihan interval bergantung pada durasi dan interval tiap interval, jumlah interval, dan durasi recovery selama latihan (Gibala, 2015)

Kontribusi metabolisme oksidatif selama latihan berulang intensitas tinggi sebagian besar ATP berasal dari pemecahan fosfokreatin (PCr) dan glikogen menjadi laktat. Pengukuran menggunakan PCR secara langsung pada otot dan glikogen pada saat sebelum, selama dan setelah latihan menunjukkan penurunan substansi zat ini (Hargreaves & Spriet, 2020). Metabolisme energi LIIT bersifat unik karena sistem energi dapat utama saat latihan akut atau beberapa kali sesi latihan dapat berupa metabolisme nonoksidatif atau oksidatif.

Menilik tentang kaitan latihan dan IL-6, maka pembahasan yang penting adalah tentang peran IL-6 sebagai antiinflamasi. Aktivitas fisik mengurangi munculnya berbagai penyakit dan olahraga menjadi salah satu obat yang diresepkan sebagai pencegahan dan pengobatan penyakit yang

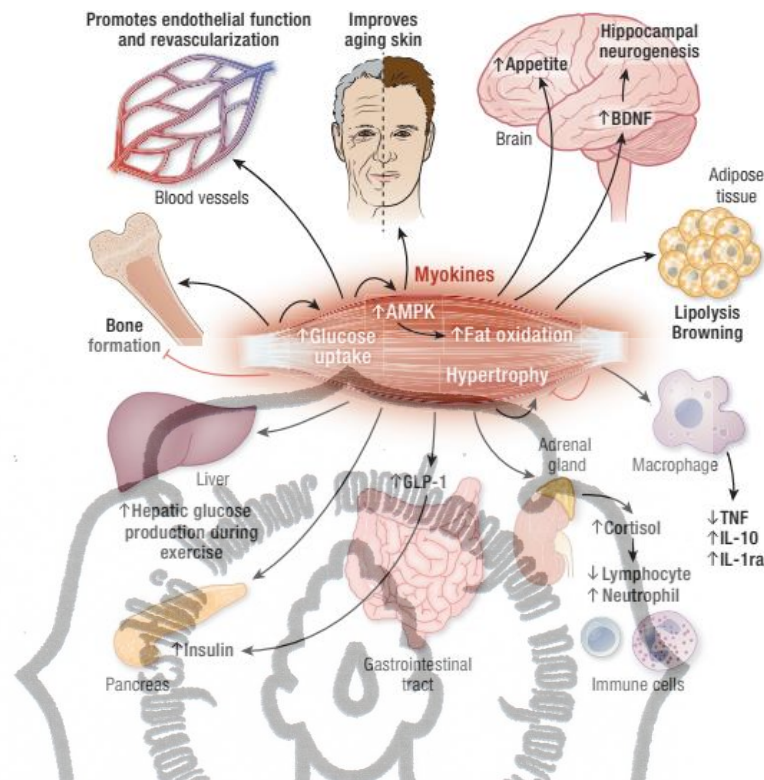
berhubungan dengan gaya hidup sedenter seperti diabetes tipe 2, demensia, penyakit kardiovaskuler, dan kanker. Kemajuan terbaru menunjukkan bahwa otot rangka menghasilkan *myokine* sebagai respons terhadap olahraga, yang memungkinkan *crosstalk* antara otot dan organ, termasuk otak, jaringan adiposa, tulang, hati, usus, pankreas, kulit, serta komunikasi dalam otot itu sendiri.

Penemuan baru oleh peneliti sebelumnya terkait *muscle-muscle crosstalk* (komunikasi antara otot dengan otot) memiliki pengaruh terhadap myogenesis. Meskipun IL-6 sebagian besar dikenal karena efek pengaturannya dalam lipid dan metabolisme glukosa, IL-6 juga memainkan peran penting dalam myogenesis. Muñoz-Cánoves dan timnya mengidentifikasi IL-6 sebagai faktor anabolik dalam model praklinis. IL-6 diproduksi tidak hanya oleh sel satelit yang berkembang biak tetapi juga dengan menumbuhkan myofibers selama hipertrofi secara *in vivo*. IL-6 yang diproduksi myotube merangsang proliferasi sel otot melalui jalur parakrin (Serrano *et al.*, 2008). *Leukemia inhibitory factor* (LIF) adalah anggota IL-6 sitokin *superfamily* dan memiliki beberapa fungsi biologis. Protein LIF telah terbukti dikeluarkan dari *myotube* manusia, ketika dirangsang secara elektrik dan LIF merangsang proliferasi sel satelit. *Myokine* lain yaitu IL-15 dan IL-7 juga memiliki efek anabolik pada menci (Severinsen & Pedersen, 2020)

IL-6 selain mempunyai karakteristik sebagai sistem endokrin, juga memiliki efek autokrin yaitu mengeluarkan zat yang bekerja pada otot itu sendiri dan memiliki aksi metabolik. Kurang aktivitas fisik berkaitan dengan kadar basal plasma IL-6 yang lebih tinggi pada manusia. Pada kondisi obesitas, sel imun jaringan adiposa telah diketahui menjadi sumber utama kenaikan kadar plasma IL-6. Dari temuan tersebut IL-6 dianggap sebagai pemicu resistensi insulin. Namun demikian, dengan berkembangnya penelitian lanjutan, diketahui bahwa IL-6 teridentifikasi sebagai regulator keseimbangan energi dan metabolisme glukosa (Timper *et al.*, 2017). 'Dogma' yang menyatakan bahwa IL-6 menginduksi

resistensi insulin telah ditantang oleh temuan yang dilakukan oleh Steensberg *et al.*, (2000) dan Steensberg *et al.*, (2001) bahwa IL-6 diproduksi dan selanjutnya dilepaskan dari sel otot rangka yang berkontraksi karena telah diketahui sebelumnya bahwa latihan fisik meningkatkan sensitivitas insulin (Sjøberg *et al.*, 2017). Selain itu, latihan sesaat akan menaikkan kadar plasma IL-6 dan IL-6mRNA-otot yang akan berkurang dengan latihan. Sebaliknya, ekspresi IL-6 reseptor (IL-6R) meningkat pada otot yang terlatih, diduga bahwa sensitivitas otot terhadap IL-6 meningkat sebagai hasil adaptasi latihan. Sinyal IL-6 di dalam otot memengaruhi ambilan glukosa dan oksidasi lemak. IL-6 meningkatkan ambilan glukosa basal dan translokasi GLUT4 *glucose transporter*. Efek IL-6 pada penyerapan glukosa *in vitro* terbukti dimediasi dengan aktivasi *adenosin 5'-monophosphateactivated protein kinase* (AMPK). Beberapa studi lain telah menggambarkan bahwa IL-6 dapat meningkat pada intramyocellular atau oksidasi asam lemak seluruh tubuh melalui aktivasi AMPK (Carey *et al.*, 2006).

Peningkatan konsentrasi IL-6 sebagai respon terhadap latihan akan merangsang sekresi *glucagon like peptide-1* (GLP-1) dari sel-L usus dan sel β pankreas yang meningkatkan sekresi insulin (Ellingsgaard *et al.*, 2015) sehingga menunjukkan bahwa IL-6 terlibat dalam jalur endokrin. Jalur ini memberikan efek positif dan dapat berkontribusi untuk mencegah komplikasi diabetes tipe 2 atau progresifitas penyakit. IL-6 juga merangsang proliferasi sel β , yang berespon mencegah apoptosis yang disebabkan stres metabolis dan meregulasi massa sel β *in vivo*. Dengan demikian, tampaknya produksi IL-6 yang diinduksi latihan mungkin terlibat langsung dalam perluasan massa sel β pankreas yang diperlukan untuk kompensasi sel β fungsional ketika terjadi peningkatan kebutuhan metabolisme (Ellingsgaard *et al.*, 2008)



Gambar 39. *Muscle-Organ Crosstalk* melalui *myokine*
(Sumber : Severinsen & Pedersen, 2020)

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa konsentrasi IL-6 sebagai respon terhadap latihan yang meningkat akan merangsang sekresi *glucagon like peptida-1* (GLP-1) dari sel-L usus berefek meningkatkan sekresi insulin. Sebuah studi terbaru dari Lang Lehrskov *et al.*, (2018) melihat adanya efek IL-6 pada glikemia postprandial dan sekresi insulin pada manusia dan menemukan bahwa IL-6 menunda laju pengosongan lambung, hal ini merupakan regulator glukosa postprandial yang paling signifikan (Woerle *et al.*, 2008). Studi ini mengidentifikasi peran baru IL-6 pada manusia yaitu terlibat dalam pengosongan lambung dan mengurangi insulin pada waktu pascaprandial sehingga IL-6 yang dikeluarkan oleh otot dapat menjalin komunikasi dengan sistem cerna.

Pada saat latihan, *myokine* terlibat dalam regulasi metabolisme lemak dan temuan terbaru menunjukkan beberapa *myokine* mempunyai

kemampuan untuk menginduksi *browning*/pencoklatan pada jaringan lemak putih.

Adipositas perut dikaitkan dengan diabetes tipe 2, penyakit kardiovaskular, demensia (Pedersen, 2017a) , dan kanker usus besar (Nagata *et al.*, 2014). Adipositas perut juga berhubungan dengan penyebab kematian pada orang obesitas maupun pada orang normal (Pischon *et al.*, 2008). Studi epidemiologis dengan jelas menunjukkan bahwa ada hubungan antara adipositas perut dan kebugaran yang rendah serta antara adipositas perut dan inflamasi kronis tingkat rendah (Wedell-Neergaard, Krogh-Madsen, *et al.*, 2018) (Wedell-Neergaard, Eriksen, *et al.*, 2018). Kurang aktivitas fisik meningkatkan jaringan adipositas perut (Benatti & Pedersen, 2015) sedangkan latihan mengurangi massa jaringan adipositas perut (Dagan *et al.*, 2013) Hilangnya massa jaringan adiposa visceral setelah latihan tergantung pada IL-6. Blokade reseptor IL-6 meningkatkan kolesterol total dan tidak dipengaruhi oleh olahraga. Peningkatan kebugaran kardiorespirasi setelah berolahraga tidak tergantung IL-6 (Wedell-Neergaard *et al.*, 2019)

Studi pada manusia menunjukkan bahwa secara fisiologi IL-6 memiliki banyak efek positif, termasuk peningkatan penyerapan glukosa yang dirangsang insulin (Lehrskov & Christensen, 2019) dan lipolisis serta oksidasi lemak (Wueest *et al.*, 2018) Pada studi *in vivo* menunjukkan bahwa rhIL-6 meningkatkan lipolisis dan oksidasi lemak pada anak muda yang sehat dan lanjut usia (Petersen *et al.*, 2005).

Kurang aktivitas fisik dikaitkan dengan inflamasi kronis tingkat rendah dan gaya hidup tidak aktif berkaitan dengan obesitas (Benatti & Pedersen, 2015). Pada manusia, latihan dapat menginduksi efek antiinflamasi baik secara akut pada setiap kali latihan dan melalui adaptasi latihan jangka panjang berupa pengurangan adipositas perut (Bay & Pedersen, 2020). Latihan akut akan meningkatkan IL-6 yang merangsang lingkungan sistemik antiinflamasi. IL-6 mempromosikan peningkatan produksi sitokin antiinflamasi yaitu antagonis reseptor IL-1 (IL-1ra) dan

IL-10 (Steensberg *et al.*, 2003) melalui monosit dan macrophage (Duggal *et al.*, 2019). IL-1ra menghambat transduksi sinyal IL-1 β dan IL-10 menghambat sintesis TNF- α (Pedersen, 2017a). Telah diketahui pada penelitian terdahulu bahwa TNF- α mempunyai peran langsung terjadinya *atherosclerosis* (Tam *et al.*, 2014). Adipositas perut berkaitan dengan tingginya lemak *visceral*. Lemak *visceral* berkaitan dengan penyakit kardiovaskuler, diabetes tipe 2, dan demensia serta semua kematian. Latihan fisik dapat mereduksi adipositas perut yang dimediasi oleh IL-6 (Wedell-Neergaard *et al.*, 2019).

Latihan fisik mempunyai efek positif terhadap kesehatan yaitu memicu peningkatan *nitric oxide* (NO), zat ini akan memberikan efek berupa vasodilatasi pembuluh darah, bekerja sebagai antiROS, antiagregasi trombosit yang akan mengurangi pengentalan darah, mengurangi pembentukan plak, dan mengurangi *remodelling* kardiovaskuler. Kondisi-kondisi inilah yang merupakan penghambat terjadinya aterosklerosis.

Otot mempunyai dampak pada jalur limfosit dan neutrofil serta inflamasi (Duggal *et al.*, 2019). Saat latihan, neutrofil serta sel pembunuh alami / *natural killer* (NK) dan limfosit lainnya masuk ke aliran darah. Latihan intensitas tinggi dan berdurasi panjang akan menyebabkan penurunan jumlah limfosit sedangkan konsentrasi neutrofil meningkat (Pedersen & Hoffman-Goetz, 2000) melalui mekanisme yang melibatkan adrenalin dan kortisol. IL-6 telah terbukti terlibat dalam peningkatan kortisol (Steensberg *et al.*, 2003).

IL-6 telah diidentifikasi mempunyai berbagai efek, misalnya metabolisme lipid dan glukosa, kecokelatan lemak putih, fungsi sel- β , fungsi sel endotel dan pertumbuhan tumor. Identifikasi secara biologis dan fisiologis pada beberapa *myokine* telah menunjukkan peran *myokine* sebagai *biomarker*/penanda yang berguna untuk memantau latihan, dimana latihan berperan sebagai obat untuk pasien dengan penyakit tertentu, seperti diabetes, penyakit kardiovaskular dan kanker. Identifikasi baru

myokine khususnya IL-6 memiliki peran dalam imunometabolisme, temuan ini dapat digunakan sebagai target terapeutik baru untuk penyakit terkait gaya hidup.

C. Nilai-Nilai Kebaruan

1. Aspek ilmiah, nilai kebaruan penelitian ini berupa informasi ilmiah yaitu latihan interval intensitas tinggi dan latihan kontinu intensitas sedang mampu meningkatkan kadar plasma IL-6 setelah menjalani latihan selama 6 minggu, tetapi perbedaan peningkatan antara kedua latihan tersebut tidak bermakna secara statistik, serta tidak ada perbedaan pengaruh jenis kelamin dan tingkat kebugaran aerobik terhadap kenaikan kadar plasma IL-6.
2. Ditinjau dari aspek klinis, penelitian ini menghasilkan temuan baru bahwa dua jenis latihan yaitu interval dan kontinu dapat meningkatkan kadar plasma IL-6 setelah latihan yang mempunyai efek antiinflamasi sehingga hasil penelitian ini bisa dikembangkan lebih lanjut sebagai usaha preventif terjadinya penyakit tidak menular khususnya kardiovaskuler dan diabetes.
3. Hasil penelitian ini menghadirkan solusi baru atas masalah kurangnya latihan akibat kurang waktu. Efektivitas LIIT dalam menghasilkan adaptasi kardiovaskuler maupun metabolisme seluler yang lebih cepat sangat membawa banyak keuntungan, selain peningkatan sistem aerobik juga meningkatkan kapasitas aerobik. Namun, penerapan bentuk latihan ini masih perlu penelitian dan pengembangan lanjutan.
4. Hasil penelitian ini memberikan suatu informasi tentang strategi baru dalam penyusunan program latihan dengan waktu yang lebih singkat sehingga lebih efisien. Karakteristik metode LIIT yang memiliki waktu lebih singkat dapat menjadi metode latihan yang lebih efisien. Menyangkut kemungkinan keberhasilan latihan interval intensitas tinggi untuk promosi kesehatan tingkat populasi maka perlu pengembangan program latihan dengan dosis yang tepat dan sesuai

dengan kelompok usia maupun kondisi kesehatan, serta perlu penelitian dan kajian lebih lanjut agar LIIT dapat menjadi salah satu pilihan latihan fisik dalam upaya pencegahan penyakit tidak menular.

5. Pada penelitian ini subjek yang digunakan adalah usia remaja, hal ini menunjukkan bahwa metode LIIT dapat memperbaiki kebugaran aerobik pada kelompok usia remaja. Tingkat kebugaran aerobik yang tinggi di masa anak-anak sampai remaja akan dapat memberikan efek positif terhadap kesehatan, hal ini membuat kondisi baru bagi kesehatan remaja. Keuntungan waktu yang singkat, sifat latihan yang aktif dan dinamis sesuai pola gerak remaja yang aktif serta mempunyai manfaat yang sama seperti metode klasik, maka metode LIIT dapat dijadikan alternatif latihan dalam melawan pandemi kurang aktivitas fisik yang memicu munculnya penyakit terkait *chronic low-grade inflammation*.

D. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki keterbatasan yaitu :

1. Rasio *work:rest* pada metode LIIT menggunakan rasio 1:3 dan waktu latihan selama 6 minggu.

Pada latihan ini *recovery* lebih lama dari program awal latihan yaitu 1:1. Hal ini karena kelompok sampel remaja yang pada pelaksanaan latihan membutuhkan waktu lebih panjang untuk mencapai denyut nadi istirahat sebelum mulai kembali latihan. Intensitas *work* pada metode LIIT tidak dapat maksimal sesuai program latihan. Pada pelaksanaan di lapangan, sampel pada kelompok LIIT belum dapat mencapai target intensitas di awal latihan karena sampel adalah kategori tidak terlatih sehingga perlu waktu penyesuaian dalam menjalani latihan dengan intensitas tinggi. Pada beberapa sampel mengalami cedera ringan pada ekstremitas bawah setelah latihan awal sehingga dapat memengaruhi kecepatan lari saat latihan.

2. Waktu latihan yang dijalani pada penelitian ini selama 6 minggu dari rencana awal 8 minggu. Hal ini terjadi karena dari pihak sekolah hanya mengizinkan 6 minggu untuk pelaksanaan latihan ke siswa. Waktu latihan 6 minggu ini dapat memengaruhi hasil peningkatan IL-6 yang tidak signifikan. Apabila dilihat dari hasil yang diperoleh pada semua kelompok telah terjadi kenaikan, namun secara statistik peningkatan tersebut belum bermakna. Peningkatan secara nyata diharapkan bisa bermakna apabila waktu latihan dilakukan selama 8 minggu.
3. Sampel yang diambil adalah plasma darah dan bukan biopsi otot. Pada penelitian ini sampel yang digunakan adalah siswa sekolah menengah atas (kelompok usia remaja) sehingga belum memungkinkan pengambilan jaringan otot pada kelompok tersebut. IL-6 diproduksi di otot dan dikeluarkan ke aliran darah. Sehingga apabila sampel diambil dengan biopsi otot maka kadar IL-6 bisa lebih spesifik diketahui.
4. Keterbatasan pemeriksaan biomarker. Biomarker yang diukur hanya satu jenis *myokine* yaitu IL-6 sehingga kurang bisa menganalisis fungsi antiinflamasi latihan dalam menekan atau menurunkan faktor proinflamasi seperti TNF- α dan IL-1.
5. Peneliti tidak bisa mengendalikan semua faktor yang memengaruhi IL-6 dan kondisi fisik sampel penelitian saat menjalani latihan. Faktor tersebut berupa stres, pola tidur, dan kecukupan istirahat. Hal ini dapat memengaruhi hasil. Kondisi stres, kurang tidur, dan istirahat dapat memengaruhi kondisi sampel saat latihan sehingga tidak dapat menjalani latihan secara optimal. Stres eksternal juga memengaruhi kadar IL-6 yang dihasilkan otot. Hasilnya bisa berbeda jika peneliti mampu mengendalikan faktor yang memengaruhi performa sampel dalam menjalani latihan.