

**EFEK LATIHAN DENGAN *ERGOCYCLE* TERHADAP KADAR
GLUKOSA DARAH PADA PENDERITA DIABETES MELITUS
TIPE 2 ANGGOTA KLUB PERSADIA RUMAH SAKIT
UMUM DAERAH (RSUD) YOGYAKARTA**

SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Ilmu Keolahragaan
Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Olahraga



Oleh:
Korina Wulandari
10603141025

**PROGRAM STUDI ILMU KEOLAHRAGAAN
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2013**

**EFEK LATIHAN DENGAN *ERGOCYCLE* TERHADAP KADAR
GLUKOSA DARAH PADA PENDERITA DIABETES MELITUS
TIPE 2 ANGGOTA KLUB PERSADIA RUMAH SAKIT
UMUM DAERAH (RSUD) YOGYAKARTA**

SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Ilmu Keolahragaan
Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Olahraga



Oleh:
KorinaWulandari
10603141025

**PROGRAM STUDI ILMU KEOLAHRAGAAN
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2013**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Tanda tangan dosen penguji yang tertera dalam halaman pengesahan ini adalah asli. Jika tidak asli saya siap menerima sanksi ditunda yudisium pada periode berikutnya.

Yogyakarta, 20 Januari 2014

Yang menyatakan,



Korina Wulandari
NIM. 10603141025

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Efek latihan dengan *Ergocycle* terhadap Kadar glukosa darah pada Penderita Diabetes Melitus Tipe 2 Anggota Klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta” ini telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal, 22 Januari 2014 dan dinyatakan lulus.

DEWAN PENGUJI

Nama	Jabatan	Tandatangan	Tanggal
dr.Novita Intan Arofah, M.Ph	Ketua Penguji		23/01 2014
dr.Rahmah Laksmi A, M.Kes	Sekretaris Penguji		23/01 2014
Dr.dr.BM.Wara Kushartanti	Penguji I		23/01 2014
Bambang Priyonoadi, M.Kes	Penguji II		23/01 2014

Yogyakarta, 23 Januari 2014

Fakultas Ilmu Keolahragaan
Dekan,

Dr. Rumpis Agus Sudarko, MS
NIP. 19600824 198601 1 001

PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul “Efek latihan dengan *Ergocycle* terhadap Kadar glukosa darah pada Penderita Diabetes Melitus Tipe 2 Anggota Klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta” yang disusun oleh Korina Wulandari NIM. 10603141025, ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.

Yogyakarta, 20 Januari 2014

Pembimbing,



dr. Novita Intan Arovah, MPH
NIP 19781110 200212 2 001

MOTTO

Berjuang sekuat mungkin, kemudian biarkan Allah melakukan sisanya.

*Aku bersyukur atas semua orang yang berkata TIDAK kepadaku. Karena hal itulah aku melakukan sendiri
(Albert Einstein).*

*Jangan cemas akan kegagalan, namun cemaslah pada kesempatan yang kau lewatkan ketika kau sama sekali tidak ada usaha untuk mencoba.
(Jack Canfield)*

*Tidak ada seorangpun yang mempunyai berencana untuk jatuh, menjadi gendut, malas, atau bodoh. Hal-hal tersebut terjadi ketika kau tidak mempunyai rencana.
(Larry Winget)*

Tidak ada seorangpun yang bisa kembali ke masa lalu dan membuat awal baru di masa lalu, namun semua orang bisa membuat awal baru sekarang dan membuat akhir baru. (Carl Bard)

PERSEMBAHAN

Karya sederhana ini saya persembahkan untuk mama tercinta Christina Heny AN, bapak Abdul Haris Darmawan, kakak Ario Herman Pribadi, dan adik Rizky Kurniawan, doa yang mereka panjatkan dan belaian kasih sayang yang tulus dan tidak terbatas, senantiasa menemani penulis dalam suka maupun dukanya kehidupan. dr. Novita Intan Arovah, MPH, Dr.dr.BM.Wara Kushartanti, M.S, dan Ali Satia Graha, M.Kes., yang telah memberikan wawasan baru, arahan, dan nasehat hidup hingga terselesaikan dan terlewatinya sebagian dari perjalanan hidup ini. Kepada I Dewa Gde Agung Putra Nugraha dengan segala perhatian dan kesabaran untuk selalu menemani serta tidak bosan untuk selalu memberikan semangat. Teman-teman di *Physical Therapy Clinic UNY* (Mas Pras, Mas Ardhika, Mas Wawan, Mas Hendro, Mas Danang, Mas Ardi, Mas Nova, Mas Fendi, Mas Aji, Mas Syafi'i, Mbak Susi, Mbak Agri, Mbak Ratna, Anggita, Shanty). Teman-teman IKOR 2010 yang selama kuliah ini telah memberikan warna selama perkuliahan.

**EFEK LATIHAN DENGAN *ERGOCYCLE* TERHADAP KADAR
GLUKOSA DARAH PADA PENDERITA DIABETES MELITUS
TIPE 2 ANGGOTA KLUB PERSADIA RUMAH SAKIT
UMUM DAERAH (RSUD) YOGYAKARTA**

ABSTRAK

Oleh:
Korina Wulandari
10603141025

Diabetes melitus (DM) tipe 2 merupakan ancaman global, karena insidensinya yang tinggi dan kecenderungannya menimbulkan komplikasi. Salah satu upaya pengelolaan DM adalah melalui latihan dengan *ergocycle*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek latihan dengan *ergocycle* dalam menurunkan kadar glukosa darah pada penderita diabetes melitus tipe 2 di anggota klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta.

Penelitian ini merupakan penelitian *Pre-Experimental Design* dengan desain *One-Group Pretest-Posttest Design*. Populasi dalam penelitian ini adalah penderita DM di klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta sebanyak 90 orang. Pengambilan sampel dengan teknik *purposive sampling* dengan kriteria inklusi mengalami DM tipe 2, tidak menggunakan insulin, dan bersedia. Jumlah sampel sebanyak 10 orang yaitu 6 pria dan 4 wanita. Latihan dengan *ergocycle* dalam penelitian ini dilakukan satu sesi, intensitas 60-65% DJM (Denyut Jantung Maksimal), dan selama 30 menit. Kadar glukosa darah (KGD) diukur dari sampel darah vena subjek saat sebelum (*pretest*) dan setelah perlakuan (*posttest*). Instrumen pengukuran KGD menggunakan sistem Architect dan Aeroset dengan metode Hexokinase dari Laboratorium Parahita. Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah *wilcoxon signed rank test* pada taraf signifikansi 5%.

Hasil penelitian diperoleh bahwa KGD rata-rata \pm standar deviasi saat *pretest* dan *posttest* adalah sebesar $190,70 \pm 143,46$ mg/dL dan $142,50 \pm 113,67$ mg/dL, terjadi penurunan sebesar 25,28% ($p=0,028$). Dapat disimpulkan bahwa latihan dengan *ergocycle* secara bermakna dapat menurunkan kadar glukosa darah pada penderita diabetes melitus tipe 2 di anggota klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta.

Kata kunci : Latihan dengan *ergocycle*, kadar glukosa darah.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Yang Maha Esa, karena atas segala karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Efek latihan dengan *Ergocycle* terhadap Kadar glukosa darah pada Penderita Diabetes Melitus Tipe 2 Anggota Klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta”.

Skripsi ini dapat selesai berkat bantuan dari berbagai pihak, baik yang bersifat moril maupun materil. Oleh karenanya, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang setulus-tulusnya dan penghargaan yang tertinggi kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Yogyakarta, yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk menyelesaikan studi di Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Dekan Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Yogyakarta, yang telah memberikan kemudahan.
3. Ketua Program Studi Ilmu Keolahragaan, Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Yogyakarta, yang telah memberikan kelancaran serta kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Pendidikan Kesehatan dan Rekreasi.
4. dr. Novita Intan Arovah, MPH., Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak meluangkan waktu dan memberikan bimbingan hingga terselesaikannya skripsi ini.
5. Dr.dr.BM.Wara Kushartanti, M.S, Dosen perkuliahan yang telah memberi kesempatan dan banyak bantuan dalam terselesaikannya skripsi ini.

6. Sumarjo M.Kes., Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak memberikan dukungan dan arahan.
7. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan bimbingan, dorongan, kasih sayang yang berlimpah serta doa.
8. Sahabat-sahabat, teman, keluarga serta orang terkasih yang selalu mendorong dan mendukung dalam penyelesaian karya ini.
9. Klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta atas segala bantuan dan kesediaannya demi terselesaikannya skripsi ini.
10. Laboratorium Parahita yang telah membantu selama penelitian dalam skripsi ini.
11. Semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari sepenuh hati, bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh sebab itu, kritik yang membangun akan diterima dengan senang hati untuk perbaikan lebih lanjut. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi dunia pendidikan.

Yogyakarta, Januari 2014

Penulis.

Korina Wulandari

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah.....	7
C. Batasan Masalah	8
D. Rumusan Masalah.....	8
E. Tujuan Penelitian	8
F. Manfaat Penelitian	9
BAB II. KAJIAN PUSTAKA.....	10
A. Deskripsi Teori	10
1. Diabetes Melitus	10
a. Definisi Diabetes Melitus	10
b. Sejarah Diabetes Melitus	11
c. Patofisiologi dan Etiologi Diabetes Melitus Tipe 2	18
d. Gejala dan Diagnosis Diabetes Melitus Tipe 2	27
e. Penatalaksanaan Diabetes Melitus Tipe 2	29
2. Latihan pada Diabetes Melitus Tipe 2	31
a. Efek Fisiologis Latihan pada Diabetes Melitus	31
b. Prinsip Latihan pada Diabetes Melitus	47
c. Latihan dengan <i>Ergocycle</i> pada Penderita Diabetes Melitus Tipe 2	54
3. Klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta.....	55
B. Penelitian yang Relevan.....	56
C. Kerangka Berpikir.....	57
D. Hipotesis Penelitian	61
BAB III. METODE PENELITIAN	62
A. Desain Penelitian	62
B. Tempat dan Waktu Penelitian.....	63
C. Definisi Operasional Variabel Penelitian.....	63
D. Populasi dan Sampel Penelitian.....	63
E. Instrumen Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data	64

1. Instrumen	64
2. Teknik Pengambilan Data	64
F. Teknik Analisis Data	65
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	66
A. Deskripsi Subjek dan Lokasi Penelitian	66
1. Deskripsi Subjek Penelitian	66
2. Deskripsi Lokasi Penelitian	66
B. Deskripsi Data Penelitian	66
C. Hasil Analisis Data Penelitian	69
D. Pembahasan Hasil Penelitian	71
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	79
A. Kesimpulan	79
B. Implikasi Penelitian.....	79
C. Keterbatasan Penelitian	79
D. Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN.....	88

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Pedoman Latihan <i>Ergocycle</i> bagi Penderita DM Tipe 2	65
Tabel 2. Hasil Analisis Deskriptif Data Penelitian	68
Tabel 3. Hasil Uji Wilcoxon atau <i>Wilcoxon Signed Rank Test</i>	70

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Pankreas	12
Gambar 2. Pulau Langerhans	12
Gambar 3. Sel Isel	15
Gambar 4. Diabetes Gestational	15
Gambar 5. Patofisiologi Tipe 2	20
Gambar 6. Sel Resisten Insulin.....	21
Gambar 7. Badan Keton	22
Gambar 8. Hormon Pertumbuhan dan Kortisol	24
Gambar 9. Kelenjar Pituitari	24
Gambar 10. Bagian Kelenjar Pituitari	25
Gambar 11. Kegemukan Menimbulkan Resistensi Insulin.....	35
Gambar 12. Transportasi Glukosa Normal	38
Gambar 13. Insulin menstimulasi Translokasi GLUT-4.....	39
Gambar 14. Transportasi Glukosa pada Tipe 2	40
Gambar 15. Insulin dan Kadar glukosa darah.....	45
Gambar 16. Kerangka Berfikir.....	61
Gambar 17. Desain Penelitian.....	62
Gambar 18. Data Kadar Glukosa Darah <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	67
Gambar 19. Data Mean dan Std Deviasi pada <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i>	68
Gambar 20. Data Mean <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> pada Pria dan Wanita.....	69

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Surat Ijin Penelitian.....	89
Lampiran 2. Data Penelitian.....	90
Lampiran 3. Hasil Analisis Deskriptif.....	91
Lampiran 4. Hasil Uji Wilcoxon atau <i>Wilcoxon Signed Rank Test</i>	92
Lampiran 5. Dokumentasi Penatalaksanaan Penelitian	93

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Tingginya angka kejadian diabetes melitus merupakan permasalahan yang terjadi di seluruh dunia, dan angkanya diperkirakan akan terus meningkat. Hal ini diketahui dari data WHO yang menyatakan bahwa total pengidap diabetes melitus diperkirakan akan meningkat dari 171 juta pada tahun 2000 menjadi 366 juta di tahun 2030. Sedangkan untuk Indonesia, angka ini juga berpotensi mengalami peningkatan yaitu sebanyak 8,4 juta orang ditahun 2000 meningkat menjadi 21,3 juta orang di tahun 2030. (Wild, 2004: 1047). Lebih lanjut, pada tahun 2006, WHO mengeluarkan resolusi dengan nomor 61/225 yang mendeklarasikan bahwa epidemik diabetes melitus merupakan ancaman global dan serius. Resolusi tersebut juga menyatakan bahwa diabetes melitus merupakan salah satu penyakit tidak menular yang harus dititik-beratkan pada pencegahan dan pelayanan diabetes di seluruh dunia (Departemen Kesehatan, 2009: 2).

Penyebab semakin tingginya angka kejadian diabetes melitus tipe 2 adalah gaya hidup atau *lifestyle* (Khardori, 2013: 1). Gaya hidup atau *lifestyle* abad 21, membuat manusia semakin jauh dari gaya hidup aktif. Gaya hidup mengonsumsi makanan instan dan cepat saji yang tidak terkontrol serta sedikit beraktifitas mengakibatkan semakin tingginya angka kejadian *overweight* yang berkaitan erat dengan peluang terjadi diabetes melitus terutama tipe 2. Hasil data menunjukkan bahwa 80-90% penderita diabetes tipe 2 mengalami obesitas atau *overweight* (Kyrou dan Kumar, 2010: 1). Selain obesitas beberapa faktor lain pencetus

terjadinya diabetes melitus tipe 2 adalah usia lebih dari 45 tahun, perbedaan ras, hipertensi, dan keturunan (Khardori, 2013: 7).

Melihat tingginya angka kejadian diabetes melitus di atas, permasalahan ini semakin penting untuk diatasi, karena diabetes melitus juga memiliki angka kesakitan atau komplikasi yang tinggi. Angka kesakitan diabetes melitus di wilayah Amerika Serikat adalah 68% mengalami gangguan jantung, 16% mengalami stroke, 67% hipertensi dengan tekanan darah lebih dari 140/90 mmHg, 28,5% mengalami retinopati, 44% mengalami gangguan ginjal, 60% mengalami amputasi anggota tubuh bawah, dan 60 – 70% mengalami gangguan sistem saraf (Diabetes Public Health Resource, 2013: 9).

Tingginya angka kesakitan diabetes melitus di atas, juga diikuti dengan tingginya pengeluaran untuk perawatan kesakitan. Penyakit diabetes melitus merupakan penyakit mahal, karena semakin berat tingkat komplikasi atau kesakitan yang dialami, maka biaya untuk mengendalikan komplikasinya juga semakin besar (WHO, 2013: 1). Menurut data dari *American Diabetes Association*, biaya perawatan medis per tahun untuk diabetes meningkat yaitu dari tahun 2007 sebesar 174 miliar dolar menjadi 245 miliar dolar di tahun 2012, yaitu jika dirupiahkan adalah sekitar 1,740 triliun rupiah menjadi 2,450 triliun. Sebanyak 18% dari biaya tersebut adalah untuk merawat komplikasi atau angka kesakitan dari diabetes yaitu sekitar 44,1 miliar dolar pada tahun 2012 (American Diabetes Association, 2013: 1). Berdasarkan angka kejadian, angka kesakitan, dan besarnya biaya perawatan diabetes melitus, sehingga diperlukan tindak

pencegahan dan pengelolaan atau manajemen diabetes melitus untuk meminimalkan angka kejadian dan kesakitan atau komplikasi diabetes melitus.

Prinsip pengelolaan diabetes melitus terdiri atas penetapan tujuan pengelolaan, modifikasi diet dan olahraga, obat-obatan, pemantauan kadar glukosa darah, pemantauan komplikasi berkala, dan penilaian laboratorium (Khardori, 2013: 2). Selain prinsip tersebut, ada empat pilar utama manajemen diabetes melitus yang lebih ringkas untuk dimengerti yaitu meliputi edukasi, diet, olahraga, dan obat-obatan (Elson dan Norris, 2004: 2). Olahraga merupakan salah satu pilar utama dalam pengelolaan diabetes melitus, hal ini dikarenakan olahraga atau latihan pada diabetes melitus tipe 2 bertujuan untuk mengelola berat badan, tekanan darah, lemak tubuh, dan kadar glukosa darah (Hoeger, 2013: 218). Olahraga dinyatakan penting untuk manajemen diabetes melitus karena dapat menimbulkan efek fisiologis seperti menurunkan kadar glukosa darah, menurunkan kadar lemak tubuh, menurunkan kadar lemak darah, menurunkan tekanan darah, dan meningkatkan kebugaran. Efek-efek tersebut muncul akibat efek biokimia yang dihasilkan latihan yaitu peningkatan translokasi GLUT-4, peningkatan oksidasi asam lemak bebas, meningkatkan sensitivitas insulin, menurunkan tahanan arteri perifer, meningkatkan jumlah mitokondria sel, dan mioglobin.

Efek-efek di atas dapat diperoleh jika latihan atau olahraga yang dilakukan adalah tepat atau sesuai. Latihan atau olahraga yang tepat adalah latihan yang memenuhi salah satu dari dua syarat yaitu pertama adalah *continuous, rhythmic, interval, progressive, endurance* (CRIPE). *Continuous* berarti latihan harus

berkesinambungan dan dilakukan terus menerus, *rhythmic* berarti latihan yang dilakukan berirama sehingga otot-otot akan kontraksi dan relaksasi secara teratur, *interval* berarti latihan dilakukan selang-seling yaitu antara gerakan cepat dan lambat, *progressive* berarti latihan dilakukan secara bertahap sesuai kemampuan dari intensitas ringan ke sedang ke berat, dan *endurance* berarti latihan daya tahan untuk meningkatkan kemampuan jantung dan paru. CRIFE bagi diabetes adalah *continuous* 30 menit latihan, *rhythmic* seperti berjalan, *jogging*, bersepeda, berenang, *interval* seperti gerakan latihan dipadukan cepat dan ada lambat, *progressive* seperti untuk pemula latihan dilakukan dari intensitas ringan dahulu dan meningkat seiring meningkatnya kemampuan, dan *endurance* seperti selama latihan pengaturan nafas juga diatur (Esti, 2013: 1). Syarat kedua adalah latihan dapat bersifat aerobik dan atau kekuatan, latihan aerobik dan latihan kekuatan telah terbukti dapat menguntungkan dalam menurunkan kadar glukosa darah bagi penderita diabetes melitus. Hasil penelitian oleh Colberg dkk (2010: e148), efek akut latihan aerobik dan kekuatan dapat menurunkan kadar glukosa darah. Efek kronis kedua latihan adalah dapat meningkatkan kerja insulin, dan oksidasi lemak (Colberg, 2010: e150).

Kadar glukosa darah pada penderita diabetes melitus tipe 2 merupakan masalah serius yang harus dikontrol. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Enzo Bonora, dkk (2001: 2023), menunjukkan bahwa kadar glukosa darah rata-rata pada 856 subjek penderita diabetes melitus tipe 2 pada saat setelah makan pagi, siang, dan malam adalah memiliki kadar glukosa meningkat $> 8,9$ mmol. Berdasarkan penelitian tersebut dapat diketahui bahwa kadar glukosa darah pada

penderita diabetes melitus tipe 2, meningkat terutama setelah makan, sehingga diperlukan olahraga rutin untuk mengontrol kadar glukosa darah tetap berada pada batas normal. Kadar gula darah tinggi (hiperglikemia) dalam jangka panjang atau kronis dapat menimbulkan banyak komplikasi diabetes seperti jantung, stroke, retinopati, gangguan sistem saraf, hingga amputasi, sehingga diperlukan latihan untuk mengontrol kadar glukosa darah dan mencegah komplikasi.

Salah satu bentuk olahraga untuk mengontrol kadar glukosa darah adalah bersepeda. Bersepeda dalam bentuk statisnya adalah bisa dengan menggunakan *ergocycle*. *Ergocycle* merupakan salah satu bentuk latihan bersepeda yang bisa dilakukan di laboratorium, tempat-tempat fitness, atau di dalam ruangan. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Colberg dkk (2010: e159), menyimpulkan bahwa latihan sangat berperan dalam pencegahan dan kontrol resisten insulin, komplikasi diabetes melitus tipe 2.

Walaupun demikian, banyak penderita diabetes melitus terutama yang melakukan latihan dan atau olahraga, beberapa justru menimbulkan hal yang kontraproduktif atau hasil yang didapat tidak sesuai dengan yang diharapkan. Oleh karena itu, banyak penderita diabetes melitus yang bergabung di rumah sakit untuk mendapatkan pengetahuan atau teredukasi untuk pemeliharaan penyakitnya. Salah satu klub diabetes yang ada di Yogyakarta adalah Klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta. Klub ini didirikan bertujuan untuk membangkitkan dan meningkatkan kesadaran masyarakat akan masalah, pengenalan, pengelolaan dan pencegahan terhadap diabetes. Penderita diabetes melitus dalam klub ini juga banyak yang sering bersepeda untuk

mengontrol penyakitnya. Sejauh ini, di klub PERSADIA RSUD Yogyakarta olahraga yang dilakukan hanya senam. Banyak dari anggota yang tidak mengetahui alternatif olahraga atau latihan lain.

Meskipun bersepeda sudah semakin banyak dilakukan oleh penderita diabetes melitus dan terbukti mampu menurunkan kadar glukosa darah, namun banyak dari anggota klub yang belum menjadikan bersepeda sebagai olahraga rutin untuk mengelola diabetesnya. Bersepeda dilihat efektif dan aman digunakan penderita diabetes melitus tipe 2, karena mayoritas penderita mengalami *overweight*. Bentuk sepeda statis yang dinilai aman dan efektif adalah *ergocycle*. Oleh karena itu, peneliti ingin meneliti bagaimana efek latihan dengan *ergocycle* terhadap kadar glukosa darah pada penderita diabetes melitus tipe 2 di anggota klub Persadia Rumah sakit umum daerah (RSUD) Yogyakarta.

Berdasarkan hasil pengamatan selama satu bulan di lapangan dari tanggal 23 Februari sampai 23 Maret 2013 tentang kadar glukosa darah pada penderita diabetes melitus dapat diketahui sebagai berikut: (1) kadar glukosa darah beberapa penderita diabetes melitus tipe 2 anggota klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta, cukup tinggi, (2) beberapa penderita diabetes melitus tipe 2 anggota klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta mengalami berat badan berlebih (*overweight*), (3) beberapa penderita diabetes melitus tipe 2 anggota klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta mengalami hipertensi, (4) sejauh ini, olahraga yang dilakukan oleh penderita diabetes melitus anggota klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta adalah hanya senam, (5) banyak penderita

diabetes melitus yang belum mengetahui alternatif olahraga yang tepat untuk mengatasi penyakitnya.

Latihan dengan *ergocycle* bermanfaat untuk menjaga kestabilan kadar glukosa darah (KGD), karena KGD tinggi atau melebihi batas normal dapat menyebabkan ancaman serius bagi kesehatan yaitu dapat menyebabkan kerusakan serius pada jaringan yang dihasilkan oleh kerusakan pada pembuluh besar dan kecil (Meeking, 2011: 8). Sementara itu, banyak penderita diabetes melitus anggota klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta, yang belum mengetahui manfaat dari latihan dengan *ergocycle* terhadap pengelolaan serta pencegahan komplikasi penyakitnya, sehingga latihan *ergocycle* diperlukan untuk mengelola kadar glukosa darah tetap dalam batas normal.

Oleh karenanya, penelitian ini dilakukan untuk meneliti tentang, “Efek latihan dengan *Ergocycle* terhadap Kadar Glukosa Darah pada Penderita Diabetes melitus Tipe 2 dianggota klub Persadia Rumah sakit umum daerah (RSUD) Yogyakarta?”

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan dapat diidentifikasi masalah yaitu:

1. Kadar glukosa darah beberapa penderita diabetes melitus tipe 2 anggota klub Persadia Rumah sakit umum daerah (RSUD) Yogyakarta, cukup tinggi.
2. Beberapa penderita diabetes melitus tipe 2 anggota klub Persadia Rumah sakit umum daerah (RSUD) Yogyakarta mengalami berat badan berlebih (*overweight*).

3. Beberapa penderita diabetes melitus tipe 2 anggota klub Persadia Rumah sakit umum daerah (RSUD) Yogyakarta mengalami hipertensi.
4. Sejauh ini, olahraga yang dilakukan oleh penderita diabetes melitus anggota klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta hanya senam.
5. Banyak penderita diabetes melitus yang belum mengetahui alternatif olahraga yang tepat untuk mengatasi penyakitnya.
6. Belum diketahui efek latihan dengan *ergocycle* terhadap kadar glukosa darah pada penderita diabetes melitus tipe 2 anggota klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta.

C. Batasan Masalah

Mengingat luasnya cakupan masalah, keterbatasan waktu, dan dana maka peneliti akan membatasi masalah pada penelitian ini yaitu: efek latihan dengan *ergocycle* terhadap kadar glukosa darah pada penderita diabetes melitus tipe 2 di anggota klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan pada batasan masalah di atas maka dapat dirumuskan permasalahan pada penelitian ini adalah apakah latihan dengan *ergocycle* dapat menurunkan kadar glukosa darah pada penderita diabetes melitus tipe 2 di anggota klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efek latihan dengan *ergocycle* terhadap kadar glukosa darah

pada penderita diabetes melitus tipe 2 anggota Klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta.

F. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian di atas, diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat bagi:

1. Penderita Diabetes melitus.

Diharapkan dapat memberikan referensi bahwa latihan dengan *ergocycle*, bisa dijadikan salah satu penanganan tepat untuk mengatasi kadar glukosa darah.

2. Perkembangan Ilmu Keolahragaan.

Diharapkan dapat memberikan manfaat untuk memberikan masukan dalam rangka keilmuan dalam bidang terapi dan rehabilitasi fisik.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

A. Deskripsi Teori

1. Diabetes Melitus

a. Definisi Diabetes Melitus

Istilah diabetes berasal dari Ionian Greek yang berarti “*to pass through*”, yaitu “untuk melewati”. *Mellitus* berarti “*honey*” dalam bahasa Greek), yaitu “madu” (Starr dan McMillan, 2011: 301). Pada 1980 WHO *Diabetes Mellitus Expert Committee* mendefinisikan keadaan diabetes sebagai keadaan kronis hiperglikemia yang bisa terjadi dari banyak faktor lingkungan dan genetik sering bertindak bersama-sama (Ekoe, dkk, 2008: 5). Hiperglikemia diakibatkan oleh kurangnya sekresi insulin, fungsi insulin, atau gangguan pada keduanya. Ketidakseimbangan ini mengawali munculnya gangguan pada metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein, dan timbul gejala seperti rasa haus, poliuria, polidipsia, penglihatan kabur, berat badan berkurang, dan infeksi (Ekoe, dkk, 2008: 6). Sedangkan menurut Joslin, diabetes melitus adalah sekelompok gangguan heterogen pada metabolisme yang ditandai oleh hiperglikemia kronis. Diabetes muncul dengan gejala khas seperti rasa haus, poliuria, penglihatan kabur, berat badan berkurang, polifagia (Joslin, 2010: 331). Menurut Horton, “Diabetes melitus adalah bukan penyakit tunggal melainkan penyakit gangguan sekelompok metabolisme yang dikarakteristikkan melalui meningkatnya konsentrasi gula darah puasa dan setelah makan yang

dihasilkan dari menurunnya pengeluaran insulin, menurunnya kerja insulin, atau keduanya” (Horton, 2006: 144).

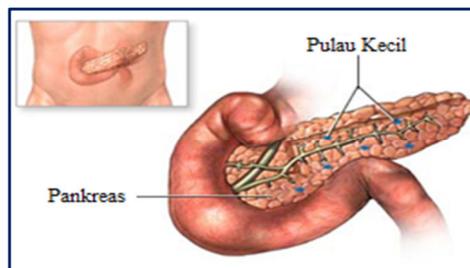
Berdasarkan ketiga pendapat di atas dapat disimpulkan bahwa definisi diabetes melitus adalah keadaan hiperglikeia kronis yang menimbulkan gangguan sekelompok metabolisme yang diakibatkan oleh gangguan pada produksi atau fungsi insulin.

b. Sejarah Diabetes Melitus

Diabetes telah dikenal sejak jaman kuno, kata “diabetes” berasal dari bahasa Yunani. Kata ini dideskripsikan oleh Aretaeus di Cappadocia pada abad ke 2 AD sebagai kondisi serius yang menyebabkan “*melting down of flesh and limbs into urine*” yang berarti meleleh turun dari darah dan badan ke dalam urin. Kemudian ia mengamati jika hidupnya pendek, tidak menyenangkan dan menyakitkan, haus yang tidak kunjung puas, minum terlalu banyak, dan jumlah urin yang tidak wajar. Pada tahun 1869, seorang mahasiswa Kedokteran Jerman, Paul Langerhans menemukan bahwa di dalam jaringan pankreas memproduksi cairan pencernaan yang belum diketahui fungsinya. Lebih lanjut, pada tahun 1889 di Jerman, seorang Fisiologis Oskar Minkowski dan seorang Ahli Physician Josef von Meering yang melakukan penelitian dengan melepas pankreas seekor anjing dan kemudian anjing tersebut mengalami diabetes (Nobel Prize, 2009: 1).

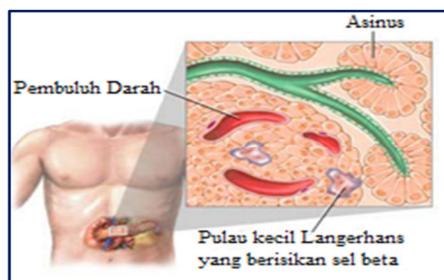
Penemuan lebih lanjut yaitu pada tahun 1921 oleh Dr Frederick Banting dan Professor John Macleod dari Universitas Toronto di Kanada.

Beliau melakukan penelitian dengan melepas pankreas dari seekor anjing dan anjing tersebut mengalami peningkatan kadar glukosa darah, haus berlebihan, minum banyak air, dan mengeluarkan banyak urin, serta menjadi semakin lemah. Kemudian, mereka mengambil suatu ekstrak dari pankreas anjing lain lalu menyuntikkannya kepada anjing yang mengalami diabetes, penyuntikkan ini menyebabkan penurunan kadar glukosa darah anjing tersebut (Holt, 2009: 2). Insulin dihasilkan oleh pankreas, berikut adalah letak pankreas dalam tubuh:



Gambar 1. Pankreas (sumber: <http://www.pre-diabetes.com/medical/definition-pancreas.html>, diakses pada 24 Juli 2013 pukul 22:48 WIB).

Lebih detail lagi, di dalam pankreas terdapat pulau Langerhans yang di dalamnya ada sel beta sebagai penghasil insulin. Berikut anatomi Pulau Langerhans di dalam Pankreas:



Gambar 2. Pulau Langerhans (Sumber: <http://www.pre-diabetes.com/medical/definition-pancreas.html>, diakses pada 24 Juli 2013 pukul 22:48 WIB).

Sejarah perjalanan pengklasifikasian diabetes melitus telah bervariasi sejak tiga dekade, seiring berjalannya waktu maka telah terkumpulnya pengetahuan baru tentang homeostatis glukosa, patofisiologi, dan kumpulan patogenesis yang bermacam-macam dari hiperglikemia (diabetes mellitus) (Rios, 2010: 2). Klasifikasi DM pertama, yang secara luas diterima adalah oleh *World Health Organization* (WHO) pada tahun 1980, WHO berencana membuat dua kelas besar DM yang secara klinis telah dikenal dengan nama: tipe 1 atau *insulin-dependent* DM (IDDM), dan tipe 2 atau *non insulin dependent* DM (NIDDM). Kemudian dimodifikasi kembali pada tahun 1985, menjadi penggabungan antara tipe 1 dan tipe 2 DM untuk mendeskripsikan jenis klinis yang sering terjadi.

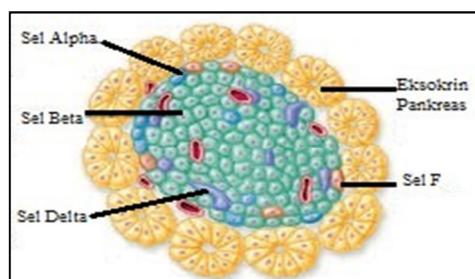
Klasifikasi 1985 WHO mendapatkan penerimaan hebat di komunitas internasional dan secara luas diperkenalkan dalam praktek klinis dalam mengklasifikasi pasien DM melalui kriteria klinis dan etiologi, kemudian didapat bukti bahwa penyebab spesifik DM pada pasien sangat sulit untuk ditetapkan atau tidak diketahui. Pada 1979, proposal pengklasifikasian DM yang sama juga diajukan di US oleh grup *National Diabetes Data*. Pada akhir abad 19, *American Diabetes Association* (ADA) dan *ad Hoc WHO Expert Committee* memisahkan pengklasifikasian antara klasifikasi WHO dan *National Diabetes Data*. Hasil akhir atau rekomendasi final pengklasifikasian yaitu pada tahun 1999 menyimpulkan klasifikasi antara ADA dan *WHO Consultation Committee* adalah berintikan sama yaitu meliputi: tipe 1, tipe 2, yang

disebabkan oleh mekanisme dan gangguan khusus (termasuk gangguan hati), dan *gestational* DM. (Rios, 2010: 3).

Berdasarkan uraian di atas, tahun 1997 merupakan tahun terbentuknya klasifikasi DM yang diterima luas di dunia yaitu tipe 1, tipe 2, tipe khusus lain, dan Gestational, melalui *ad Hoc Committee of the Japanese Diabetes Association*, yang telah menggabungkan analisis klasifikasi diabetes melitus dari ADA dan WHO.

Diabetes melitus tipe 1 adalah gangguan autoimun kronis yang terjadi pada individu yang rentan terkena secara genetik (memiliki keturunan), DM tipe 1 ini dapat muncul melalui faktor lingkungan. Gangguan autoimun tersebut mengganggu fungsi pankreas dalam menghasilkan insulin. Besar populasi diabetes tipe 1 di UK yang penyebabnya bersangkutan dengan agen dari lingkungan, oleh virus seperti *mumps*, *rubella*, dan *coxsackie B infection* adalah sebesar 5-10% (Meeking, 2011: 11). Pada individu yang rentan, sistem imun akan dipicu untuk mengembangkan respon autoimun melawan antigen sel beta pankreas atau molekul di dalam sel beta yang dirubah menjadi menyerupai protein virus, sehingga terjadi peradangan. Peradangan yang terjadi bisa diidentifikasi melalui bentuk sirkulasi antibodi tubuh. Pada pasien yang baru saja terdiagnosa diabetes tipe 1, dapat ditemukan sirkulasi dari autoantibodi sel *islet* atau *islet cells autoantibodies* (ICAs), *glutamic acid decarboxylase* (GAD), *insulin autoantibodies* (IAAs) dan IA-2 antibodi (Meeking, 11: 2011). Sekitar 85% diabetes tipe 1 memiliki sirkulasi

antibodi sel islet (ICAs) dan kebanyakan pasien juga dapat terdeteksi memiliki sirkulasi autoantibodi insulin (IAAs). Menurut Darryl Meeking, sel pulau kecil pada pankreas penderita tipe 1 terdapat sel yang menerobos masuk yaitu mayoritas sel mononuklear yang mengalami peradangan, mayoritas adalah limfosit T dan makrofagus. Seiring meningkatnya keganasan penyakit, sel beta yang menghasilkan insulin, menghilang total. Sel beta menyusun 65-80% dari jumlah sel di dalam *islet of Langerhans* (Wolfe, 2011:1), berikut anatomi sel *islet*:



Gambar 3. Sel Islet (sumber: <http://www.math.montana.edu>, diakses pada 24 Juli 2013 pukul 5:09 WIB).

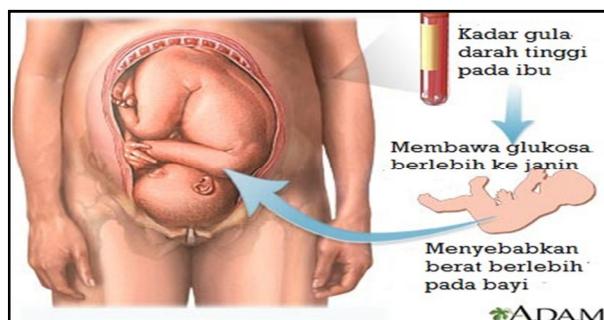
Sedangkan pada diabetes tipe 2, asam lemak bebas dari sel adiposa dikeluarkan untuk meningkatkan lipolisis yang berkontribusi resisten insulin (kekebalan sel terhadap insulin) melalui pencegahan proses pengangkutan dan fosforilasi glukosa, diikuti dengan menurunkan kecepatan oksidasi glukosa dan sintesis glikogen, serta meningkatkan pengeluaran apolipoprotein B dan meningkatkan kerja enzim lipase hati. Secara kronis, diabetes tipe 2 ini akan meningkatkan kadar asam lemak bebas untuk mencegah pelepasan insulin dari sel beta dan menurunkan sensitivitas insulin pada otot dan hati. Tingkat resistensi insulin sejajar dengan dengan beberapa penyakit klinis, yaitu polikistik ovarii,

dislipidemia, gangguan vaskular arteriskelrotis, obesitas, hipertensi, dan *impaired glucose tolerance* (IGT) (Codario, 2011: 4).

Tipe diabetes lain yang disebabkan oleh mekanisme dan gangguan khusus, biasanya tidak sering terjadi. Bentuk diabetes ini yang telah diketahui adalah meliputi diabetes dihubungkan dengan faktor genetik yang merusak fungsi sel beta atau kerja insulin atau dengan endokrin pankreas, diabetes yang disebabkan oleh obat-obatan endokrinopatik atau zat kimia lain, diabetes yang disebabkan oleh berbagai infeksi, bentuk yang jarang terjadi dari imun menengahi diabetes dan sindrom genetik lainnya seringkali dikaitkan dengan diabetes (Frontera, 2006: 146). Sedangkan tipe khusus lainnya disebabkan oleh faktor lain seperti faktor genetik yang merusak fungsi sel beta, genetik yang merusak kerja insulin, gangguan pada eksokrin pankreas (seperti kista fibrosis), pankreatitis kronis atau diabetes pankreas, dan penyebab dari obat-obatan atau bahan kimia lain (Rios, 2010: 6).

Diabetes Gestational adalah intoleransi glukosa yang muncul atau disadari selama masa kehamilan (Hawley dan Zierath, 2010: 6), keadaan ini menyebabkan keadaan hiperkglikemia selama masa kehamilan. Jika pada metabolisme normal orang hamil, terjadi keseimbangan yaitu ketika ibu hamil mengonsumsi makanan, maka sekelompok hormon akan beraksi (insulin, glukagon, somatomedin, dan adrenal katekolamin) bekerja sama untuk menjaga kestabilan kadar gula darah tubuh. Namun hal ini tidak terjadi pada ibu hamil yang mengalami diabetes gestational, metabolisme

yang terjadi ialah ketidakcukupan produksi insulin pada ibu (*maternal*) dan janin (*fetal*) menyebabkan terjadinya kondisi hiperglikemia. Kemudian ketidakseimbangan ini akan menimbulkan hiperinsulinemia pada janin akibat suplai darah yang mengandung banyak glukosa masuk ke dalam janin, sehingga terjadi hiperinsulinemia janin yang akan memengaruhi pengeluaran berlebih nutrisi janin dari penyimpanannya yang menyebabkan makrosomia. Banyaknya energi yang dikeluarkan dalam proses pengubahan glukosa yang berlebihan menjadi lemak, dapat menyebabkan terkurasnya kadar oksigen janin dan menyebabkan hipoksia janin, sehingga akan memengaruhi antara lain perubahan alur sistem kardio dan hipertensi pada ibu hamil (Moore, 2013: 1). Menurut Strock (2013: 2), perubahan hormon saat kehamilan dapat menyebabkan resistensi insulin. Sehingga, membahayakan ibu dan bayi, selain itu kadar gula darah berlebih yang dibawa ke janin membuat bayi tumbuh dengan berat badan berlebih. Berikut gambar diabetes gestasional:



Gambar 4. Diabetes Gestasional (sumber: health.rush.edu, diakses pada 24 September 2013 pukul 08:25 WIB).

c. Patofisiologi dan Etiologi Diabetes Melitus Tipe 2

Patofisiologi adalah ilmu yang mempelajari perubahan fisiologis yang diakibatkan oleh proses patologis (Jan Tambayong, 2000: 1). Ketidaknormalan pada proses fisiologis dan mekanisme organ tubuh pada penderita diabetes melitus disebut patofisiologi diabetes melitus.

Sebagian besar gambaran patologik dari diabetes melitus dapat dilihat dari efek utama yang dihasilkan akibat berkurangnya jumlah insulin yaitu (1) berkurangnya penggunaan glukosa oleh sel-sel tubuh, sehingga konsentrasi glukosa darah meningkat hingga 300-1200 mg/dl; (2) meningkatnya mobilisasi lemak dari penyimpanan lemak, sehingga terjadi metabolisme lemak abnormal disertai endapan kolestrol pada dinding pembuluh darah yang menimbulkan gejala aterosklerosis, dan (3) protein tubuh berkurang (Guyton dan Hall, 1997: 1235). Menurut Guyton dan Hall di atas, dapat diketahui bahwa diabetes melitus dicirikan dengan tingginya kadar glukosa darah, sehingga asupan glukosa sel untuk metabolisme energi berkurang. Dalam keadaan ini sel akan menggunakan simpanan glukosa yaitu glikogen, dan jika glikogen habis maka metabolisme energi akan memecah lemak. Lebih lanjut, tingginya mobilisasi dan metabolisme lemak serta endapan kolestrol. Mobilisasi lemak yang tinggi dapat merusak sel dan metabolisme lemak yang abnormal dapat menyebabkan keracunan yang disebut dengan ketosis. Yang terakhir adalah berkurangnya jumlah protein tubuh akibat metabolisme, ketika cadangan lemak semakin menipis, maka tubuh akan

memecah protein tubuh untuk digunakan sebagai sumber energi. Ciri ini terjadi secara bertahap pada tubuh penderita.

Pada awal penyakit diabetes tipe 2, terjadi resistensi pada sel-sel sasaran kerja insulin yang tidak terjadi pada keadaan normal. Pada keadaan normal, jika dalam keadaan normal insulin akan mengikatkan dirinya kepada reseptor-reseptor permukaan sel dan terjadi reaksi intraselular yang meningkatkan transport glukosa menembus membran sel. Tetapi tidak pada diabetes melitus tipe 2, ketidaknormalan yang terjadi adalah adanya kelainan dalam pengikatan insulin kepada reseptor, hal ini bisa disebabkan oleh berkurang jumlah reseptor yang responsif terhadap insulin pada membran sel. Salah satu kasus dunia yang paling sering dan diduga sebagai penyebab resistensi insulin adalah obesitas, sehingga sering dikaitkan bahwa pengurangan berat badan atau lebih tepatnya kadar lemak tubuh bertujuan untuk memperbaiki sensitivitas insulin terhadap toleransi glukosa (Schteingart, 1995: 1112).

Obesitas merupakan penyebab resistensi insulin, hal ini dikarenakan banyak asam lemak bebas di dalam sel adiposa yang dikeluarkan untuk meningkatkan lipolisis dan memicu resistensi insulin. Resistensi insulin terjadi melalui pemblokkan proses pengangkutan glukosa ke dalam sel, diikuti dengan menurunkan kecepatan oksidasi glukosa dan meningkatkan kerja enzim lipase hati yang memecah trigliserida menjadi asam lemak. Meningkatnya kadar asam lemak bebas

pada diabetes melitus tipe 2 dapat menurunkan sensitivitas insulin pada otot dan hati (Codario, 2011: 4).

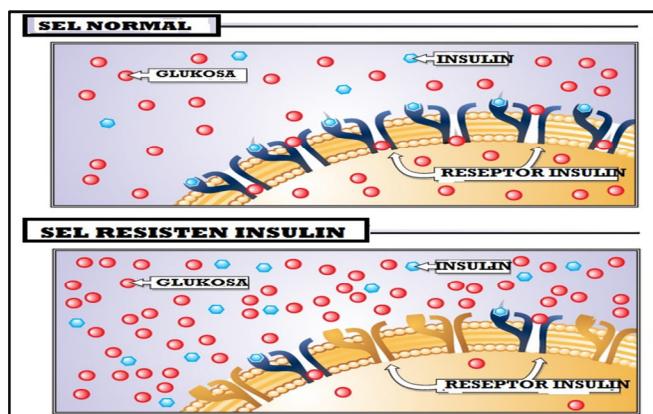
Selain ketidaknormalan sensitivitas insulin di atas, penderita diabetes tipe 2 juga bisa mengalami kerusakan pada sel beta seperti yang terjadi pada penderita diabetes melitus tipe 1, hal ini dikarenakan sel beta yang terlalu keras bekerja dalam memproduksi insulin untuk menurunkan kadar gula darah, jika kerja keras sel beta ini terjadi dalam jangka waktu lama maka sel beta akan mengalami kerusakan. Hal ini sama dengan sebuah mesin produksi yang digunakan kerja keras secara terus menerus tanpa ada waktu istirahat, maka mesin ini juga semakin lama akan semakin buruk keadaannya atau rusak.

Berdasarkan uraian di atas dapat diketahui bahwa keadaan diabetes melitus tipe 2 terdapat sel yang resisten terhadap efek dari insulin, berkurangnya kemampuan pankreas terutama sel beta untuk menghasilkan insulin, atau keduanya (Nucleus Medical Media, 2012)



Gambar 5. Patofisiologi Tipe 2 (Sumber: <http://www.health.am/>, diakses pada 22 Juli 2013 pukul 4:54 WIB).

Berikut adalah gambar perbandingan sel normal yang dapat menerima insulin dan sel yang resisten terhadap insulin:

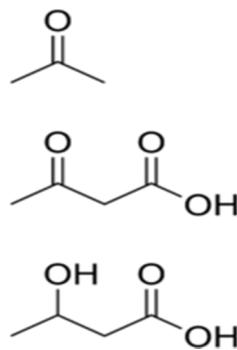


Gambar 6. Sel Resisten Insulin (Sumber: <http://viim.org/>, diakses pada 26 Juli 2013 pukul 05.00 WIB).

Pada gambar di atas, dapat dilihat bahwa terdapat banyak reseptor insulin yang tidak berfungsi normal dan hanya tersisa sedikit reseptor yang masih bisa berfungsi, keadaan ini menyebabkan jumlah glukosa yang masuk ke dalam sel berkurang dan jumlah glukosa yang masuk tidak dapat memenuhi jumlah glukosa yang dibutuhkan oleh sel. Kemudian, kadar glukosa darah meningkat dan insulin semakin banyak diproduksi. Semakin banyak jumlah insulin yang beredar memengaruhi timbulnya penyimpanan lemak di dalam jaringan lemak. Hal ini terjadi apabila lebih banyak karbohidrat yang masuk ke dalam tubuh daripada yang digunakan tubuh sebagai energi (glukosa), sehingga mendorong terjadinya sintesis lemak, sintesis lemak terjadi di dalam hati kemudian asam lemak hasil sintesis akan ditranspor melalui lipoprotein darah ke sel adiposa untuk disimpan (Guyton dan Hall, 1997: 1226).

Dalam jangka kronis, kekurangan energi di dalam sel akan menyebabkan metabolisme lemak meningkat, sehingga menimbulkan proses lipolisis dari lemak cadangan dan pelepasan asam lemak bebas,

lemak cadangan yang terbentuk ketika insulin banyak akan digunakan kembali jika energi dari glukosa ke dalam sel berkurang, sehingga asam lemak dan gliserol banyak dilepas ke dalam sirkulasi darah. Hal ini menyebabkan konsentrasi asam lemak bebas di dalam plasma darah meningkat, selanjutnya asam lemak ini akan digunakan sebagai bahan energi utama oleh tubuh. Asam lemak di dalam plasma darah yang berlebihan dan melebihi konsentrasi normalnya yaitu 0,6% dapat menyebabkan aterosklerosis. Selain itu, juga akan meningkatkan jumlah asam asetoasetat, asam asetoasetat merupakan senyawa labil yang mudah pecah menjadi asam β hidroksibutirat dan aseton yang merupakan dua bagian lain dari senyawa keton. Berikut adalah gambar senyawa keton:



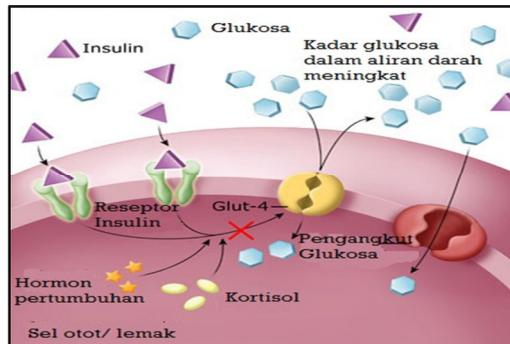
Gambar 7. Badan keton (Sumber: <http://www.answers.com/topic/ketone-bodies>, diakses pada 29 Desember 2013 pukul 08.21 WIB).

Badan keton di atas terdiri dari tiga senyawa yaitu yang paling atas adalah aseton, tengah adalah asam asetoasetat, dan paling bawah adalah beta hidroksibutirat. Ketiga senyawa ini atau badan-badan keton dilepaskan oleh hati yang menyebabkan keadaan asidosis atau keracunan. *Metabolic acidosis* atau asidosis yaitu keadaan pH darah sangat rendah (asam) yang

dapat membahayakan fungsi otak (Starr dan McMillan, 2011: 301). Sebagian asam asetoasetat diubah menjadi β -hidroksibutirat dan aseton, kedua zat ini disebut badan-badan keton dan bila terdapat dalam jumlah besar maka disebut ketosis (Guyton dan Hall, 1997: 1227).

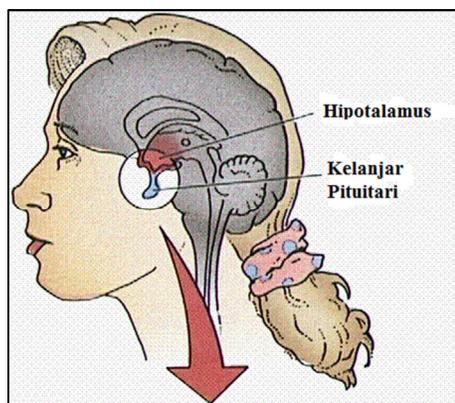
Selain metabolisme lemak, metabolisme protein juga akan meningkat, sehingga menyebabkan konsentrasi asam amino dalam plasma darah meningkat, dan sebagian besar asam amino yang dilepas akan digunakan sebagai bahan energi yang akan ikut dalam proses glukoneogenesis. Pemecahan asam amino berlebih juga akan meningkatkan ekskresi ureum dalam urin, hal ini dapat menyebabkan terganggunya fungsi organ (Guyton dan Hall, 1997: 1229).

Selain metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein. Diabetes melitus tpe 2 kronis, dapat menyebabkan gangguan pada sekresi insulin, yang berakibat pada kekurangan insulin. Kekurangan insulin akan memengaruhi pengeluaran hormon pertumbuhan (*Growth Hormone*). Hormon ini dikeluarkan dari pituitari pada bagian otak. Hormon pituitary ini berkerja seperti kortisol yaitu untuk melawan efek insulin pada sel otot dan lemak, sehingga tingginya kadar hormon pertumbuhan menyebabkan resistensi insulin (Kennedy, 2013: 3). Berikut gambar efek hormon pertumbuhan terhadap kerja insulin:



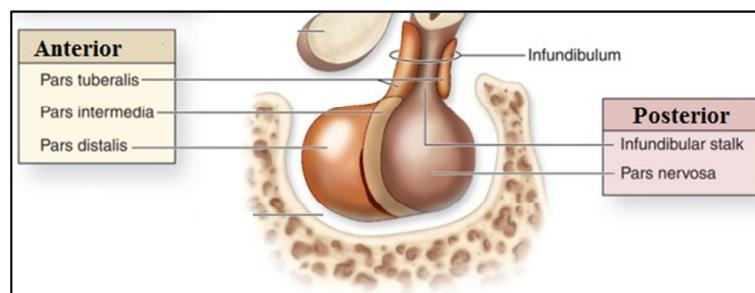
Gambar 8. Hormon Pertumbuhan dan Kortisol (Sumber: <http://dte.ucsf.edu/types-of-diabetes/>, diakses pada 24 September 2013 pukul 08:19 WIB).

Pituitari yang melepaskan hormon pertumbuhan di atas terletak di tengah tengkorak, tepat di belakang jembatan dari hidung. Kelenjar ini juga disebut “*master of gland*”, artinya adalah ahli kelenjar. Disebut *master of gland* karena efeknya yang sangat besar terhadap organ-organ tubuh. Bentuk kelenjar ini adalah seperti kacang polong. Pituitari merupakan link penting antara sistem saraf dan sistem endokrin serta melepaskan banyak hormon yang mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan seksual, metabolisme dan sistem reproduksi. Berikut adalah gambar kelenjar pituitari:



Gambar 9. Kelenjar Pituitari (sumber: <http://www2.estrellamountain.edu/faculty/farabee/biobk/biobookendocr.html>, diakses pada 22 Januari 2013 pukul 11:13 WIB).

Pituitari memproduksi hormon yang bekerja langsung pada tubuh untuk menstimulasi kelenjar endokrin lain. Bagian anterior (depan) memproduksi beberapa tipe hormon yaitu prolaktin untuk menstimulasi produksi susu pada wanita menyusui, hormon pertumbuhan untuk menstimulasi pertumbuhan pada masa anak-anak dan mengatur komposisi tubuh, adrenokortikotropin untuk menstimulasi produksi kortisol pada kelenjar adrenal, hormon stimulasi tiroid untuk menstimulasi kelenjar tiroid untuk membuat hormon tiroid untuk mengontrol metabolisme, energi, pertumbuhan, dan aktivitas sistem saraf, *luteinizing hormone* untuk meregulasi testosteron dan estrogen, dan *follicle-stimulating hormone* untuk menstimulasi ovarium untuk melepaskan telur, dan produksi sperma. Pituitary posterior (belakang) memproduksi dua hormon yaitu oksitosin untuk melepaskan susu saat ibu menyusui dan hormon antidiuretik untuk meregulasi keseimbangan air (Anawalt, dkk, 2013: 1). Berikut gambar bagian dari kelenjar pituitari:



Gambar 10. Bagian di Kelenjar Pituitari (sumber: <http://www.thebiologyzone.wordpress.com/>, diakses pada 22 Januari 2014 pukul 17:24 WIB).

Selain hal ke metabolisme dan hormon di atas, pada DM tipe 2 juga terjadi perubahan neurofisiologi yang memengaruhi sensitivitas pada

bagian reseptor (Taylor dan Johnson, 2008: xix). Hal ini yang menyebabkan orang yang menderita DM tipe 2 mengalami kehilangan fungsi indra peraba (contoh: tidak bisa merasakan sakit saat kaki menginjak batu), yang bisa menyebabkan komplikasi lain akibat luka pada penderita tipe 2 sukar menutup yaitu amputasi. Berdasarkan data US *National Institute Health* (NIH) 60% dari keseluruhan jumlah pasien amputasi bagian tubuh bawah adalah penderita DM tipe 2, dan 50% penderita tipe 2 mengalami penyakit sistem saraf meliputi kelemahan dalam merasakan sensasi atau sakit pada kaki atau tangan dan penyakit sistem saraf lainnya (Hawley dan Zierath, 2010: 16).

Diabetes melitus tipe 2 merupakan penyakit yang muncul akibat adanya faktor pemicu atau etiologi. Etiologi diabetes melitus tipe 2 melibatkan hubungan antara lingkungan dan faktor genetika. Penyakit ini berkembang ketika gaya hidup yang tidak sehat dilakukan seperti mengonsumsi kalori berlebihan, pengeluaran kalori yang tidak sesuai, obesitas) kemudian ditambah lagi dengan faktor genetika yang rentan terkena diabetes. Fakta dilapangan menunjukkan bahwa 90% penderita diabetes melitus tipe 2 juga mengalami obesitas. Menurut Khardori (2013: 7), diabetes melitus tipe 2 atau faktor-faktor pemicu terjadinya diabetes melitus tipe 2 adalah sebagai berikut: (1) usia lebih dari 45 tahun (walaupun saat ini diabetes melitus juga muncul pada individu yang masih muda); (2) berat badan lebih dari 120% berat badan ideal; (3) sejarah keluarga yang pernah terkena diabetes melitus tipe 2 pada tingkat

pertama seperti orang tua; (4) perbedaan ras (4) sejarah Gangguan toleransi Glukosa sebelumnya atau Gangguan Glukosa Puasa; (5) dyslipidemia (HDL < 40 mg/dL) atau kadar trigliserida (>150 mg/dL) (Khardori, 2013: 7).

Ke enam hal di atas dapat memicu terjadinya resistensi insulin sehingga glukosa tidak bisa masuk ke dalam sel-sel otot untuk digunakan sebagai sumber energi menyebabkan kadar glukosa di dalam darah meningkat. Selain itu penelitian lain menyatakan bahwa rasis juga turut menentukan besar resiko, orang afrika amerika atau berkulit gelap yang mengalami hipertensi lebih beresiko untuk terkena diabetes dibandingkan dengan orang berkulit (Wei GS, 2011: 873).

d. Gejala dan Diagnosis Diabetes Melitus Tipe 2

Banyak pasien yang menderita diabetes melitus tipe 2 akan mengalami gejala klasik yaitu gejala yang khas terjadi pada penderita diabetes. Gejala klasik ini adalah poliuria, polidipsia, polifagia, dan menurunnya berat badan. Selain gejala klasik tersebut, beberapa gejala lain adalah penglihatan buram, parastesia ekstremitas bawah (Khardori, 2013: 1).

Gejala klasik poliuria atau sering buang air kecil disebabkan oleh tingginya kadar glukosa di dalam aliran darah. Gula bersifat higroskopis, sehingga kadar air dalam tubuh penderita diabetes lebih tinggi dibandingkan orang normal, hal ini menyebabkan kerja ginjal untuk menghasilkan volume urin yang semakin besar. Keadaan ini menyebabkan

tubuh banyak mengeluarkan banyak cairan atau dehidrasi, rasa dehidrasi ini akan memicu respon haus pada penderita dan untuk menyeimbangi dehidrasi penderita akan minum secara berlebihan (polidipsia) (Barnes, 2012: 4). Di samping gejala tersebut, penderita juga akan mengalami sering makan karena cepat lapar (polifagia), hal ini dikarenakan glukosa yang masuk tidak dapat digunakan secara efektif untuk memberi makan sel-sel tubuh atau diserap oleh sel, sehingga kebutuhan energi dari sel yang belum terpenuhi akan memicu rasa lapar. Selain itu pengurangan berat badan terjadi pada penderita diabetes melitus kronis, hal ini disebabkan oleh gangguan metabolisme tubuh yang tidak bisa menggunakan glukosa sebagai bahan bakar utama sehingga menggunakan bahan bakar lain seperti lemak dan protein untuk menghasilkan energi.

Penglihatan buram disebabkan oleh pembuluh darah yang memasok nutrisi ke dalam retina rusak akibat tingginya kadar gula darah sehingga menyebabkan perdarahan dan pembentukan gumpalan darah di dalam pembuluh darah tersebut atau darah dari pembuluh darah kecil ke retina bocor dan merembes ke dalam retina mata sehingga menghalangi cahaya masuk hingga menyebabkan kebutaan. Jika retina mata tidak mendapatkan asupan nutrisi dan oksigen dikarenakan aliran darah yang terganggu maka sel akan mati dan dapat menyebabkan kehilangan penglihatan secara permanen (Barnes, 2012: 14).

Seseorang dapat diketahui terkena diabetes melitus melalui diagnosis. Kriteria diagnosis berdasarkan ADA (*American Diabetes*

Association) adalah jika sebagai berikut: (1) plasma glukosa darah puasa 126 mg/dL atau lebih tinggi; (2) plasma glukosa darah 2 jam setelah makan 200 mg/dL atau lebih tinggi; (3) plasma glukosa random 200mg/dL atau lebih tinggi (Khardori, 2013: 1). Jika plasma darah puasa lebih dari angka normal atau 100, namun masih dibawah 126 mg/dL maka keadaan ini disebut dengan *Impaired Glucose Tolerance* (IGT) atau gangguan toleransi glukosa. Plasma glukosa darah puasa adalah plasma darah yang diambil setelah 8 jam puasa, tes plasma darah bisa dengan menggunakan *Glucose meter* atau uji laboratorium.

e. Penatalaksanaan Diabetes Melitus Tipe 2

Rekomendasi penatalaksanaan atau pengelolaan DM tipe 2 dari *European Association for the Study of Diabetes* (EASD) dan *American Diabetes Association* (ADA) terdiri dari 7 komponen yaitu sebagai berikut: (1) target glikemik dan terapi menurunkan glukosa darah; (2) diet, latihan, dan edukasi sebagai dasar program penanganan; (3) menggunakan metformin sebagai obat yang pertama digunakan kecuali jika kontraindikasi; (4) setelah metformin menggunakan 1 atau 2 penambahan zat oral atau injeksi dengan tujuan untuk meminimalkan efek samping; (5) hingga menggunakan terapi insulin atau zat lainnya untuk mengontrol kadar glukosa darah; (6) bila memungkinkan, semua keputusan pengobatan harus melibatkan pasien, dengan fokus pada preferensi pasien, kebutuhan, dan nilai-nilai; (7) fokus utama pada pengurangan resiko kardiovaskular secara luas (Khardori, 2013: 1). Untuk lebih ringkasnya,

menurut Elson dan Norris (2004: 2), ada empat pilar utama manajemen DM yaitu meliputi edukasi, diet, obat-obatan, dan olahraga.

Edukasi untuk para penderita diabetes ditujukan untuk meningkatkan pengetahuan, teknik dan kepercayaan diri, mempermudah para penderita untuk mengontrol kondisi mereka sendiri dan memadukan pengelolaan DM sendiri yang efektif. *The National Institute for Health and Clinical Excellence (NICE)* merekomendasikan bahwa program yang dirancang secara baik dan diterapkan secara baik cenderung lebih menghemat biaya (Tidy, 2013: 1). Adanya edukasi bagi penderita DM akan meningkatkan kesadaran bagi penderita mengenai program mana yang lebih tepat, diet bagaimana yang tepat, agar apa yang mereka pilih dan lakukan dapat sesuai dengan tujuannya masing-masing.

Diet pada diabetes yaitu diet yang ditujukan pada penderita diabetes melitus, sering juga disebut sebagai terapi nutrisi bagi penderita diabetes. Diet pada penderita diabetes adalah perencanaan pola makan yang sehat yaitu memakan makanan yang kaya nutrisi dan rendah lemak dan karbohidrat. Tujuan dari diet ini adalah untuk mengontrol kadar gula darah dan mengelola berat badan. Alasan mengonsumsi makanan atau minuman yang bernutrisi namun rendah lemak dan karbohidrat adalah karena ketika mengonsumsi makanan yang mengandung lemak dan karbohidrat berlebih maka akan terjadi kenaikan kadar gula darah yang tidak terduga. Bagi penderita DM, kadar gula darah tinggi dapat menyebabkan masalah seperti hiperglikemia, dan masalah serius lainnya

yang diakibatkan hiperglikemia kronis yaitu kerusakan saraf, ginjal, dan jantung (Mayo Clinic Staff, 2013: 2).

Obat-obatan dianggap perlu dalam pengelolaan diabetes karena memiliki beberapa fungsi yaitu menurunkan glukoneogenesis hati, menstimulasi sensitivitas insulin terhadap otot, hati, dan lemak untuk merendahkan glukosa darah.

“Type 2 diabetes mellitus is a complicated metabolic disease affecting millions of individuals worldwide. The medications used to manage the disease are based on different pharmacologic approaches, including decreasing hepatic gluconeogenesis, stimulating pancreatic insulin sensitivity in muscle, liver, and fat to lower blood glucose.”(Acton, 2012: 119).

Olahraga atau latihan fisik bagi penderita DM adalah salah satu komponen penting di dalam rencana pengelolaan atau manajemen diabetes. Ketika melakukan latihan, maka otot tubuh akan menggunakan glukosa untuk menghasilkan energi, latihan rutin bisa meningkatkan sensitivitas insulin. Kedua faktor ini, penggunaan glukosa dan peningkatan sensitivitas insulin yang meningkat, mampu menurunkan kadar glukosa darah (Mayo Clinic Staff, 2013: 1).

2. Latihan pada Diabetes Melitus Tipe II

a. Efek Fisiologis Latihan pada Diabetes Melitus

Latihan telah lama diperkenalkan sebagai komponen dari perawatan diabetes (Jonathan dan Gordon, 2011: 207). Latihan adalah tindakan preventif untuk mengurangi atau mengimbangi efek dari beberapa penyakit seperti diabetes tipe 2, kanker usus besar pada pria, kanker payudara pada wanita, obesitas, osteoporosis, osteoarthritis, dan

penyakit kardiovaskular (Taylor dan Johnson, 2008: x). Latihan dapat membawa efek positif dan negatif pada tubuh tergantung pada penggunaan dan ketepatan pemilihan latihan, oleh karena itu latihan yang tepat dan sesuai dapat membawa efek positif bagi pelakunya dan sebaliknya. Khususnya efek latihan terhadap kadar glukosa darah penderita diabetes melitus tipe 2, latihan dapat menurunkan kadar gula darah namun juga dapat menaikkan kadar gula darah.

Pada penderita diabetes melitus tipe 2, sirkulasi kadar insulinnya bisa normal atau meningkat, namun meningkatnya insulin belum cukup untuk mengontrol kadar glukosa darah untuk berada di dalam angka normal. Hal ini dikarenakan sel-sel tubuh mengalami resisten (kebal) terhadap insulin. Resistensi insulin ini bisa menurun melalui pengurangan berat badan atau dengan obat-obatan sehingga kadar gula darah bisa kembali normal (Joslin, 2010: 333). Sehingga pada penderita DM tipe 2, kadar gula darah tidak bisa menurun walaupun telah menggunakan terapi insulin dikarenakan sel yang resisten insulin atau sensitivitas sel terhadap insulin rusak. Dalam hal ini diperlukan latihan untuk memperbaiki sensitivitas sel terhadap insulin. Respon latihan terhadap kadar gula darah terkait pada kadar gula darah sebelum latihan, serta durasi dan intensitas latihan (Ehrman, 2011: 207).

Tubuh secara natural meregulasi kadar gula darah sebagai bagian dari metabolisme homeostatis. Glukosa adalah sumber utama energi untuk sel-sel tubuh, dan lemak darah. Glukosa diedarkan dari usus atau hati ke

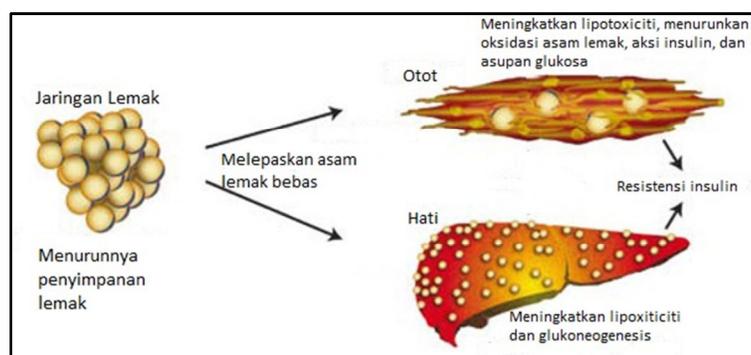
sel-sel tubuh melalui aliran darah dan telah dicerna ke bentuk monosakarida agar bisa diserap melalui kerja hormon insulin yang diproduksi oleh pankreas. Kadar gula darah normal pada manusia 100 mg/dL setelah puasa, kadar ini bisa naik turun sepanjang hari. Kadar glukosa biasanya terendah pada pagi hari, saat sebelum makan pertama atau yang biasa disebut “*the fasting level*”, dan meningkat setelah makan sekitar satu atau dua jam. Kadar gula darah normal (diukur saat puasa) untuk non-diabetes, seharusnya berada diantara 70 dan 100 miligram per desiliter (mg/dL). Kadar gula darah untuk mereka yang tidak mengalami diabetes dan tidak berpuasa seharusnya 125 mg/dL. Target kadar glukosa darah untuk penderita diabetes, berdasarkan *American Diabetes Association*, seharusnya berada pada 70-130 (mg/dL) sebelum makan, dan kurang dari 180 mg/dL setelah makan (diukur dengan monitor kadar glukosa darah) (Starr dan McMillan, 2011: 301).

Tingginya kadar glukosa darah pada penderita diabetes melitus tipe 2 disebabkan oleh resisten insulin. Hampir 80% penderita tipe 2 mengalami obesitas dan resisten insulin, dan hanya 35% yang memerlukan terapi insulin. Latihan jarang menyebabkan masalah hipoglikemia pada penderita diabetes melitus tipe 2, namun resiko gangguan kardiovaskular dan cedera muskuloskeletal lebih besar (Frontera, 2006: 154). Hipoglikemia adalah kondisi yang dicirikan dengan rendahnya kadar gula darah yang tidak normal, biasanya lebih rendah dari 70 mg/dl. Masalah hipoglikemia biasanya muncul pada penderita diabetes

melitus tipe 1. Pada penderita diabetes melitus tipe 1, permukaan sel-sel tubuh tidak resistan terhadap insulin, namun jumlah insulin yang dihasilkan oleh pankreas tidak mencukupi untuk mengasup glukosa ke dalam sel. Hipoglikemia selama latihan bisa terjadi jika jumlah insulin lebih tinggi dari pada yang dibutuhkan, sehingga glukosa yang masuk dengan cepat terserap oleh sel dan juga dengan cepat menurunkan kadar gula di aliran darah. Salah satu cara menghindari hipoglikemia adalah mengurangi jumlah suntik insulin sebelum melakukan latihan (Meade, 2003: 2). Hipoglikemia jarang sekali terjadi pada penderita diabetes melitus tipe 2, namun hiperglikemia saat latihan sering terjadi hal ini dikarenakan intensitas latihan yang tidak tepat atau terlalu tinggi (Colberg dkk, 2010: e148). Sedangkan pendapat bahwa latihan dapat meningkatkan resiko gangguan vaskular pada penderita diabetes melitus tipe 2 sebagai akibat efek latihan belum dapat diketahui secara jelas (Chudyk dan Petrella, 2011: 1228). Selain itu, latihan yang tidak sesuai dapat meningkatkan cedera muskuloskeletal atau cedera otot pada penderita diabetes melitus tipe 2. Cedera ini bisa muncul jika pemilihan tipe latihan tidak tepat, sebagai contoh jika penderita mengalami obesitas, maka pemilihan latihan aman menggunakan *non-weight bearing* untuk menghindari cedera tungkai.

Obesitas adalah masalah yang sering dijumpai pada penderita diabetes melitus tipe 2 saat awal penyakit. Obesitas dan diabetes melitus tipe 2 juga merupakan keadaan yang saling berkaitan, dan keberadaannya

akan memperparah kondisi penyakit. Kenaikan berat badan pada saat pada tahap awal penyakit diabetes, menyebabkan tingkat resisten insulin semakin buruk (Joslin, 2010: 333). Resistensi permukaan sel terhadap insulin semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kadar lemak tubuh. Menurut Stephenson, obesitas dapat meningkatkan resistensi insulin karena obesitas berkaitan dengan meningkatnya jumlah lemak di dalam penyimpanan lemak pada bukan jaringan lemak sehingga menurunkan sensitivitas insulin (Stephenson, 2013: 1). Seperti yang dapat dijelaskan melalui gambar berikut ini:



Gambar 11. Kegemukan Menimbulkan Resistensi Insulin (Sumber: <http://www.sigmaldrich.com/>, diakses pada 29 November 2013 pukul 21:07 WIB).

Berdasarkan gambar di atas, dapat dijelaskan obesitas menimbulkan resistensi insulin diebabkan bahwa jaringan lemak melepaskan asam lemak bebas. Asam lemak bebas dilepaskan karena jaringan lemak memiliki kapasitas maksimal untuk menyimpan lemak, ketika jumlah ini sudah melebihi kapasitas maksimal, maka lemak akan melepaskan asam lemak bebas. Kemudian asam lemak bebas ini menuju ke aliran darah dan ke otot dan hati. Asam lemak yang menempel di permukaan sel otot akan meningkatkan lipoksitisiti yaitu keadaan terakumulasinya lemak pada

jaringan non-adiposa yang dapat mengakibatkan disfungsi sel bahkan kematian sel. Menurunkan oksidasi asam lemak, kerja insulin, dan pengasupan glukosa. Pada sel hati, terjadi peningkatan lipoksitisiti dan glukoneogenesis. Lipoksitisiti adalah gangguan metabolisme yang muncul sebagai akibat dari menumpuknya zat lemak di bukan jaringan lemak.

Pada penderita diabetes melitus tipe 2, ada dua masalah utama yang akan dihadapi terutama pada masa penyakit awal yaitu resistensi insulin dan obesitas. Oleh karena hal tersebut penderita DM tipe 2 perlu untuk melakukan upaya pengelolaan penyakitnya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah latihan. Latihan memiliki manfaat bagi penderita DM tipe 2 beberapa diantaranya adalah membakar lemak berlebih pada tubuh, membantu menurunkan dan mengontrol berat badan serta meningkatkan sensitivitas insulin, meningkatkan kekuatan otot, meningkatkan kepadatan dan kekuatan, menurunkan tekanan darah, membantu melindungi penyakit jantung dan pembuluh darah, dan mengurangi stres (WebMD Medical Reference, 2013: 1). Tujuan penderita DM tipe 2 melakukan latihan adalah agar dapat mengelola diabetesnya dan mencegah resiko komplikasi. Efek dari latihan terhadap penderita diabetes melitus adalah bervariasi, walaupun sebagian besar manfaat latihan bagi penderita diabetes dapat terasa jelas dari latihan rutin dan *long-term* (jangka lama), akan tetapi Ehrman (2009: 207), berpendapat bahwa manfaat latihan dapat terlihat dari latihan akut maupun kronis.

Efek fisiologis latihan akut bagi penderita tipe 2 tergantung pada seberapa baik koordinasi dan integrasi antara saraf simpatis dan sistem endokrin yang akan memengaruhi keseimbangan kadar gula darah selama istirahat dan latihan. Saraf simpatis yaitu saraf yang berkaitan dengan sistem lari atau hadapi atau *flight-fight system*, meningkatnya adrenalin, sedangkan sistem endokrin yaitu sistem kelenjar yang menjaga kestabilan di dalam tubuh. Selain itu, respon latihan membuat kontraksi otot yang akan meningkatkan penggunaan glukosa pada darah, sementara itu kadar glukosa dalam darah dijaga keseimbangannya oleh produksi glukosa hati melalui glikogenolisis dan glukoneogenesis dan pergerakan bahan bakar alternatif yaitu seperti asam lemak bebas atau *free fatty acid* (Colberg dkk, 2010: e148).

Pada orang normal, respon tubuh pada awal latihan yaitu otot menggunakan energi di dalam otot (ATP) dan glikogen dalam otot terlebih dahulu, ketika glikogen habis maka otot meningkatkan asupannya dengan mengambil glukosa dari sirkulasi darah. Kemudian hati meningkatkan glikogenolisis untuk memicu peningkatan glukoneogenesis sepanjang durasi latihan meningkat (Colberg, 2010: e148). Secara keseluruhan penggunaan glukosa seimbang dengan peningkatan produksi glukosa oleh hati. Saat latihan, kebutuhan glukosa pada sel-sel otot meningkat, kemudian insulin dilepaskan untuk mentransportasikan glukosa masuk ke dalam sel. Kadar gula darah menurun, kemudian saat istirahat tubuh akan mengeluarkan hormon katekolamin, glukagon, kortisol, dan hormon

pertumbuhan untuk menstimulasi produksi gula oleh hati untuk menyeimbangkan kerja insulin mengasup glukosa ke dalam sel, maka kadar gula darah kembali normal (euglikemia).

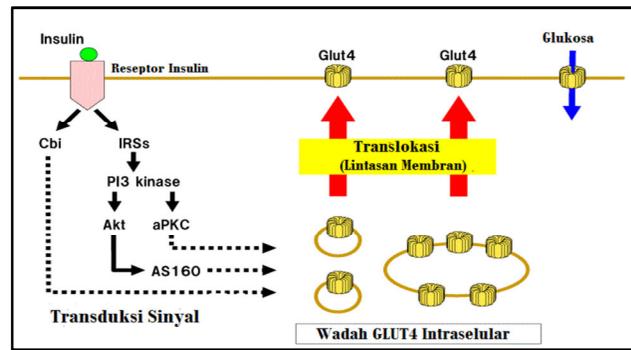
Glukosa masuk ke dalam sel melalui suatu proses, proses tersebut adalah melalui GLUT-4. GLUT-4 merupakan isoform utama dalam mengatur otot melalui kerja insulin dan kontraksi. Insulin memberi sinyal dengan mengaktifkan 5 (*Adenosin Monofosfat*) AMP protein kinase untuk mengaktifkan GLUT-4, kemudian kontraksi juga turut memicu GLUT-4, sehingga terjadi translokasi GLUT-4 ke permukaan sel dan membawa glukosa masuk ke dalam sel. Berikut adalah gambar masuknya glukosa melalui mediator GLUT-4 dan translokasi GLUT-4:



Gambar 12. Transportasi Glukosa Normal (Sumber: <http://dtc.ucsf.edu/>, diakses pada 24 September 2013 pukul 08:19 WIB).

Insulin diibaratkan sebagai sebuah kunci, dan GLUT-4 sebagai pintu. Insulin menempel ke reseptor insulin untuk membuka pintu masuk glukosa ke dalam sel yaitu GLUT-4. Pada orang normal, ketika glukosa darah meningkat maka sistem endokrin akan mengeluarkan insulin dari pankreas untuk menjaga kestabilan gula darah. Insulin akan menempel pada reseptor insulin pada permukaan sel, reseptor insulin akan memberi sinyal terhadap GLUT-4, kemudian GLUT-4 akan berpindah dari dalam

sel menuju ke permukaan sel untuk memasukkan glukosa. Berikut adalah gambar proses perpindahan GLUT-4 ke permukaan sel:

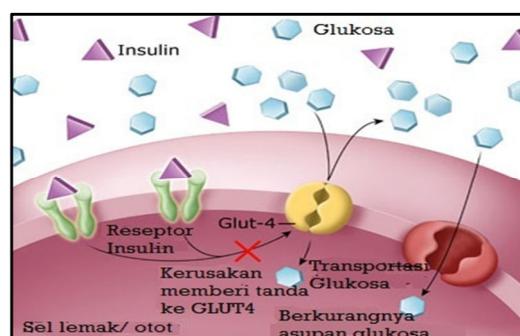


Gambar 13. Insulin menstimulasi Translokasi GLUT-4 (Sumber: www.tokoshima-u.ac.jp, diakses pada 29 September 2013 pukul 21.29 WIB).

Berdasarkan gambar di atas, dapat diketahui bahwa ada sinyal yang dihantarkan dari reseptor insulin ke wadah GLUT-4. Proses transduksi sinyal dibagi 3 yaitu: (1) penerimaan; (2) transduksi; (3) respon (Harris, 2008: 2). Tahap pertama, penerimaan yaitu sel mendeteksi adanya sinyal dari molekul lain di luar sel. Sinyal terdeteksi ketika sinyal dari zat kimia mengikat pada reseptor sinyal di permukaan sel. Transduksi sinyal yaitu ketika zat kimia pembawa sinyal atau sering disebut ligan, sudah mengikat pada reseptor, maka reseptor tersebut akan mengalami perubahan. Perubahan ini yang memulai terjadinya transduksi (perpindahan), transduksi sinyal merupakan suatu jalur yang memiliki beberapa tahap. Setiap molekul yang berpindah dalam jalur ini akan mengubah molekul selanjutnya. Yang terakhir adalah tahap respon, sinyal memicu respon atau aksi khusus dari sel tersebut, artinya bahwa sel target dapat menstimulasi GLUT-4 untuk pindah ke permukaan sel dan membawa masuk glukosa.

Olahraga akut pada penderita tipe 2 akan menimbulkan kembali homeostatis glukosa yang diakibatkan dari pengaruh positif pada permukaan sel terhadap kerja insulin. Pengaruh positif tersebut adalah peningkatan kerja insulin yang berkaitan dengan peningkatan ketepatan asupan glukosa atau *glucose uptake* yang dimediasi oleh peningkatan translokasi GLUT-4. Namun, mekanisme bahwa latihan meningkatkan translokasi GLUT-4 dan mengurangi resistensi insulin masih sukar untuk dipahami (Frontera, 2006: 11). Translokasi GLUT-4 adalah mekanisme utama oleh insulin dan latihan yang meningkatkan asupan glukosa di otot (Thorell dkk, 1999: E7333).

Pada penderita tipe 2, stimulasi insulin terhadap GLUT-4 adalah lemah, sehingga olahraga atau latihan diperlukan untuk memperbaiki gangguan stimulasi insulin tersebut. Latihan aerobik dan pembebanan meningkatkan stimulasi terhadap GLUT-4 dan asupan gula darah. Berikut gambar transportasi glukosa pada tipe 2:



Gambar 14. Transportasi Glukosa pada Tipe 2 (sumber: <http://drc.ucsf.edu/>, diakses pada 24 September 2013 pukul 08:19 WIB).

Berdasarkan gambar di atas, dapat diketahui bahwa pada penderita DM tipe 2 terjadi gangguan pada reseptor insulin, reseptor insulin tersebut

tidak dapat melakukan tugasnya untuk memberi sinyal ke GLUT-4, sehingga GLUT-4 tidak bisa bertranslokasi dan membawa glukosa masuk ke dalam sel.

Penelitian menunjukkan bahwa satu sesi latihan tunggal dapat meningkatkan pengurusan glukosa pada seluruh tubuh dengan sebagian besar glukosa digunakan sebagai asupan kerja otot. Menurut Colberg dkk, satu sesi latihan tunggal meningkatkan kerja insulin dan toleransi glukosa selama lebih dari > 24 hingga < 72 jam (Colberg dkk, 2010: e148).

Menurut penelitian yang dilakukan Lemos dkk, dapat diketahui bahwa efek fisiologis latihan akut tidak sebanyak seperti yang dihasilkan pada latihan kronis. Jika latihan akut mampu menurunkan kadar glukosa dan insulin, latihan kronis bukan hanya mampu menurunkan kadar gula darah dan insulin tetapi juga total kolestrol dan trigliserid. Penurunan insulin tidak meningkatkan kadar glukosa darah karena jumlah insulin yang sudah dilepaskan oleh pankreas ke aliran darah, sudah dapat bekerja dengan efektif, sehingga tidak membuat pankreas bekerja lebih keras dalam menghasilkan insulin. Meskipun begitu, efek fisiologis latihan akut atau latihan satu kali selama kurang lebih 30 menit sangat bermanfaat dibandingkan jika hanya beraktivitas duduk-duduk saja (Lemos dkk, 2011: 4).

Efek fisiologis latihan kronis bagi penderita tipe 2 adalah meliputi meminimalisir resiko komplikasi penyakit kardiovaskular, mengontrol kadar gula darah, mengurangi dan menjaga berat badan, meningkatkan

sensitivitas insulin, dan menyehatkan tubuh (Raven dkk, 2013: 206). Manfaat olahraga kronis menurut Raven dkk, mengacu kepada kesehatan pembuluh darah atau vaskular dan jantung, yang merupakan ancaman serius bagi penderita diabetes melitus. Kontrol berat badan dalam angka ideal akan juga mengontrol kadar lemak tubuh sehingga menurunkan resistensi insulin serta menyehatkan tubuh. Menurut Colberg dkk, latihan bisa dikatakan rutin jika sudah dilakukan selama seminggu. Satu minggu latihan khususnya aerobik pada penderita tipe 2, mampu meningkatkan sensitivitas insulin di seluruh tubuh. Latihan rutin mampu meningkatkan kemampuan reaksi otot rangka terhadap insulin dengan meningkatkan pensinyalan insulin (Colberg dkk, 2010: e151).

Latihan rutin menghasilkan efek yang disebut aktivitas “*insulin like*”, dikarenakan peningkatan kapasitas otot untuk menangkap sirkulasi glukosa yang diakibatkan menurunnya cadangan lemak di dalam sel. Meningkatnya kapasitas otot untuk mengoksidasi lemak juga merupakan mekanisme utama yang meningkatkan sensitivitas insulin. Meningkatkan kapasitas oksidatif pada beberapa jaringan termasuk jaringan otot rangka yang memiliki kapasitas oksidatif lemah atau mengalami resisten insulin, latihan meningkatkan jumlah serabut kapiler dan oksidatif di dalam otot, meningkatkan lipolisis yang membawa masuk asam lemak bebas masuk ke dalam jaringan sehingga mengurangi konsentrasi asam lemak bebas di plasma darah. (Lemos dkk, 2011: 6), sehingga dapat menurunkan kadar asam lemak bebas di dalam plasma darah, kolesterol jahat (LDL),

menurunkan kadar lemak tubuh, sehingga meningkatkan resistensi sel terhadap insulin.

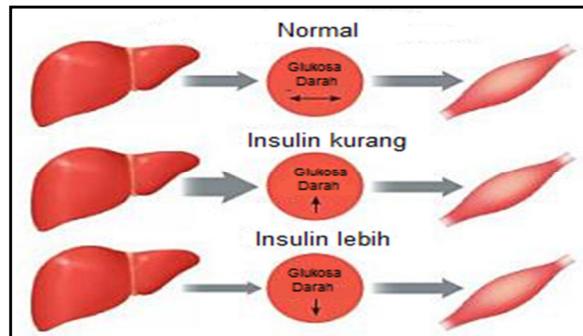
Pada tubuh penderita tipe 2 sering mengalami cepat lelah, hal ini diakibatkan oleh proses metabolisme tubuh dalam penyediaan energi terganggu. Melalui latihan rutin, terdapat beberapa perubahan pada sel yaitu sebagai berikut: (1) Meningkatnya jumlah mitokondria pada sel, sehingga laju metabolisme tubuh dan penyimpanan energi (glikogen) akan meningkat. Jika kapasitas glikogen di otot semakin besar maka kemungkinan sel untuk menghasilkan energi dari sumber lain seperti lemak dan protein akan menurun; (2) Enzim yang terlibat dalam produksi energi akan lebih fokus dan efisien mengakibatkan laju metabolisme meningkat, (3) Jumlah mioglobin di dalam otot meningkat sehingga jumlah oksigen di dalam sel untuk ditranspor ke mitokondria semakin meningkat (TeachPE, 2013: 2). Latihan rutin dapat meningkatkan jumlah mitokondria sel, meningkatkan kerja enzim yang terlibat dalam produksi energi, dan meningkatkan jumlah mioglobin di dalam sel.

Latihan rutin dapat menurunkan denyut jantung, meningkatkan sensitivitas aortik baroreseptor yang membuat regulasi tekanan darah lebih efisien, menurunkan aktivitas saraf simpatis dan tahanan arteri perifer melalui vasodilatasi. Denyut jantung menjadi lebih efektif diakibatkan jumlah darah dalam sekali sistol lebih banyak dan dapat efektif menyebar ke seluruh tubuh, sehingga kerja jantung menjadi lebih ringan. Tekanan darah menjadi lebih stabil sehingga mengurangi resiko hipertensi, jantung,

dan stroke. Menurunkan aktivitas adrenalin yang berbahaya bagi tipe 2 karena kerja saraf simpatis dapat membuat kerja jantung paru lebih keras, meningkatkan kadar glukosa darah melalui produksi glukosa oleh hati. Menurunkan tahanan arteri perifer sehingga menurunkan resiko komplikasi gangguan vaskular. Meningkatkan kapasitas antioksidan dalam tubuh, melindungi sel dari efek berbahaya tekanan oksidatif. Selain tahanan arteri perifer, radikal bebas atau oksidan juga merupakan masalah yang sering menyebabkan kerusakan sel dan pembuluh darah (Lemos dkk, 2011: 3).

Efek latihan rutin terhadap sistem hormonal adalah menstimulasi pengeluaran katekolamin (epineprin dan norepineprin), konsentrasi katekolamin dalam plasma akan meningkat pesat melalui meningkatnya intensitas latihan. Katekolamin adalah yang menstimulasi terjadinya lipolisis dan glikogenolisis (Hoffman, 2006: 18). Sedangkan pengaruhnya terhadap hormon insulin dan glukagon yaitu kadar insulin akan menurun selama latihan dan sejajar dengan meningkatnya intensitas atau durasi latihan, dan kadar glukagon akan meningkat untuk menjaga keseimbangan kadar gula darah selama latihan (Hoffman, 2006: 18). Selama latihan kadar insulin akan menurun, namun pada tipe 1 sering terjadi kasus hipoglikemia (terutama pada tipe 1) yang diakibatkan karena sebelum latihan menggunakan terapi insulin sehingga jumlah insulin bertambah maka kadar gula darah menurun drastic. Sedangkan kasus hiperglikemia biasanya terjadi pada yang tidak menggunakan terapi insulin (tipe 2),

karena jumlah insulin berkurang selama latihan sehingga kadar gula darah meningkat. Berikut gambar hubungan antara hormon insulin dan kadar gula darah:



Gambar 15. Insulin dan Kadar Gula Darah (Sumber: Exercise Physiology: An Integrated Approach, 2013, hal. 196).

Turunnya kadar insulin saat latihan disebabkan oleh turunnya kapasitas sel beta dalam menghasilkan insulin, sementara itu dalam saat yang bersamaan efek insulin dalam memberi asupan glukosa pada sel otot meningkat. Meningkatnya sensitivitas insulin melalui peningkatan pensinyalan dari reseptor insulin terhadap GLUT-4 didukung juga oleh meningkatnya kapasitas enzim dan kapilarisasi otot. Sehingga latihan rutin menurunkan kebutuhan jumlah insulin dalam memberi asupan penyimpanan karbohidrat (Hoffman, 2006: 18). Hal ini menyebabkan kerja sel beta pankreas tidak semakin keras sehingga sel beta pankreas tidak mudah rusak, serta sel-sel otot yang semakin sensitif terhadap insulin menyebabkan transportasi glukosa ke dalam sel semakin efektif dan efisien.

Latihan rutin juga memberi efek terhadap hormon pertumbuhan yaitu hormon yang dikeluarkan oleh kelenjar anterior pituitari, yang

berfungsi untuk meningkatkan proses lipolisis dan glukoneogenesis. Hormon ini berperan penting dalam menjaga kestabilan kadar asam lemak bebas dan glukosa darah selama latihan dengan durasi panjang. Jumlah hormon kortisol juga semakin banyak yang meningkatkan mobilisasi asam lemak bebas dan berkerja untuk melindungi karbohidrat.

Latihan dapat menurunkan kadar glukosa darah melalui meningkatnya asupan glukosa otot, sensitivitas reseptor, dan transportasi glukosa. Latihan meningkatkan transportasi glukosa melalui kontraksi otot. Kontraksi otot menimbulkan peningkatan kebutuhan glukosa di dalam otot yang lebih lanjut melalui mekanisme kerja insulin, memberi sinyal terhadap GLUT4 berpindah ke permukaan sel untuk membawa glukosa masuk. Selain dengan insulin, mekanisme ini juga bisa terjadi tanpa tergantung pada kerja insulin yaitu melalui mekanisme Ca^{++} selama kontraksi otot, mekanisme ini mengeluarkan protein 5'AMP kinase yang berfungsi sebagai aktivator untuk perpindahan GLUT4 ke permukaan sel (EA, 2004: 1). Sedangkan menurut Meery TL, latihan dapat berfungsi mirip seperti insulin, tidak hanya melalui Ca^{++} , tetapi kontraksi otot juga AMPK (5' AMP Protein Kinase Aktif), ROS (*Reactive Oxygen Species*), NO (*Nitric Oxide*) untuk mensinyali GLUT4 (TL, 2009: 1). Selain berperan dalam meningkatkan translokasi GLUT4, terutama efek bahwa latihan meningkatkan jumlah mitokondria yang dipengaruhi oleh nitrit oksid (NO), membuat oksidasi lemak di permukaan sel meningkat sehingga meningkatkan sensitivitas reseptor terhadap insulin.

Berdasarkan penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa latihan baik akut maupun kronis, mampu memberi manfaat terhadap penderita diabetes melitus tipe 2. Latihan akut dapat menurunkan kadar glukosa darah lebih dari 24 jam dan kurang dari 72 jam melalui peningkatan asupan glukosa otot, transportasi glukosa, dan sensitivitas reseptor. Sedangkan pada latihan kronis atau rutin, efek ini dapat dipertahankan seterusnya, sehingga dapat membawa manfaat lebih bagi perawatan diabetes melitus tipe 2 yaitu selain manfaat kestabilan kadar gula darah, namun juga menurunkan berat badan melalui penurunan kadar lemak tubuh, meningkatkan kebugaran, serta pencegahan dampak komplikasi.

b. Prinsip Latihan pada Diabetes Melitus

Latihan dapat memberi dampak positif dan negatif tergantung pada ketepatan melakukan latihan. Berdasarkan kajian teoritis atau penelitian maka disusunlah rekomendasi atau prinsip latihan yang tepat bagi penderita diabetes melitus tipe 2. Rekomendasi atau prinsip latihan untuk penderita diabetes melitus adalah dapat ditinjau berdasarkan CRIPE maupun FITT. CRIPE adalah singkatan dari *continuous, rhythmic, interval, progressive, endurance*. *Continuous* berarti latihan harus berkesinambungan dan dilakukan terus menerus, sebagai contoh jika latihan berdurasi 30 menit maka selama 30 menit tersebut pelaku latihan tidak diperkenankan untuk berhenti. *Rhythmic* berarti latihan yang dilakukan berirama sehingga otot-otot akan kontraksi dan relaksasi secara teratur, latihan dilakukan dengan tempo yang teratur dan benar atau tidak

tergesa-gesa. *Interval* berarti latihan dilakukan selang-seling yaitu antara gerakan cepat dan lambat sebagai contoh jika melakukan latihan *jogging* maka *jogging* dilakukan dengan cepat atau menyerupai *sprint* dan ada lambat atau santai. *Progressive* berarti latihan dilakukan secara bertahap sesuai kemampuan dari intensitas ringan ke sedang ke berat, sebagai contoh jika pelaku latihan adalah pemula maka latihan dilakukan dari intensitas rendah terlebih dahulu dan intensitas meningkat seiring meningkatnya kemampuan pelaku. Yang terakhir adalah *endurance* berarti latihan daya tahan untuk meningkatkan kemampuan jantung dan paru, latihan yang dilakukan adalah latihan yang melibatkan otot-otot besar sehingga memacu kebugaran jantung dan paru untuk menyediakan oksigen dan energi yang cukup selama latihan. CRIFE bagi diabetes adalah *continuous* 30 menit latihan, *rhythmic* seperti berjalan, *jogging*, bersepeda, berenang, *interval* seperti gerakan latihan dipadukan cepat dan ada lambat, *progressive* yaitu dari intensitas ringan kemudian meningkat, dan *endurance* (Esti, 2013: 1).

Selain dengan CRIFE, saat ini pemilihan latihan lebih berpatokan pada FITT yaitu *frequency, intensity, time, and type*. Pemilihan frekuensi, intensitas, durasi, dan tipe latihan yang tepat dapat mencegah resiko buruk latihan terhadap tipe 2 (Frontera, 2006: 154). Tiga faktor yang memengaruhi efek yang dihasilkan oleh satu sesi latihan adalah intensitas, durasi, dan diet setelah latihan (Colberg, dkk, 2010: e148). Fisiologis latihan dipengaruhi oleh intensitas, durasi, dan diet setelah latihan.

Semakin tinggi intensitas latihan, maka kadar gula darah akan semakin meningkat diakibatkan mekanisme tubuh untuk memenuhi asupan glukosa melalui glukoneogenesis dan glikogenolisis di hati. Berdasarkan penelitian, latihan dengan intensitas rendah ke sedang dan berdurasi lama atau sering disebut aerobik, telah terbukti dapat meningkatkan sensitivitas insulin pada kalangan muda, tua, dan atau individu yang mengalami resistan terhadap insulin, serta bisa dianggap sebagai pilihan latihan yang tepat untuk memperbaiki keseimbangan energi yang terganggu diakibatkan oleh DM tipe 2 (Saxton, 2011: 276). Selanjutnya, intensitas aerobik yang lebih tinggi lebih efektif untuk mengontrol kadar gula darah daripada intensitas yang lebih rendah. Tetapi untuk alasan keamanan, latihan dengan intensitas tinggi tidak dianjurkan pada penderita diabetes tipe 2 yang berada pada tahap pemula dalam latihan karena dapat menyebabkan hiperglikemia saat setelah latihan. Beberapa studi mengenai tipe 2 telah menunjukkan bahwa dengan menggunakan intensitas latihan dari ringan ke sedang mampu mempertahankan penurunan kadar gula darah hingga waktu setelah latihan. Penurunan pada kadar gula darah dikaitkan dengan penurunan produksi glukosa hati dengan peningkatan penggunaan glukosa otot. Durasi latihan akan meningkatkan penggunaan glukosa oleh tubuh yang berarti menurunkan kadar glukosa darah, semakin lama durasi maka glukosa di dalam darah akan semakin banyak diambil oleh sel untuk menghasilkan energi. Diet setelah latihan juga memengaruhi kadar glukosa darah setelah latihan, jika kadar glukosa

darah sudah menurun akibat efek latihan maka diet setelah latihan juga harus dijaga untuk tetap menjaga kestabilan kadar glukosa darah.

Hal-hal yang harus diperhatikan sebelum melakukan latihan bagi penderita tipe 2 adalah saat menentukan latihan dan meningkatkan aktivitas fisik harus disesuaikan dengan pengobatan yang sedang dijalani, keparahan komplikasi diabetes yang dialami, dan tujuan serta manfaat dari latihan dan aktivitas fisik yang dilakukan (Regensteiner, 2009: 194). Pemilihan latihan bagi penderita diabetes harus bersifat aman dan efektif. Penderita dilarang melakukan latihan jika kadar gula darah $> 300\text{mg/dl}$, dan harus mengonsumsi karbohidrat jika sebelum latihan kadar gula darah mereka adalah $<100\text{mg/dl}$ (Regensteiner, 2009: 203). Frekuensi, intensitas, dan durasi latihan menghasilkan manfaat terapi yang berbeda pada masing-masing individu. Menurut ADA, latihan untuk meningkatkan kontrol glikemik, manajemen berat badan dan mengurangi resiko gangguan kardiovaskular yaitu dengan latihan aerobik dengan intensitas sedang selama 150 menit/ minggu dan ditambahkan aerobik dengan intensitas tinggi selama 90 menit/ minggu (Regensteiner, 2009: 195).

Frekuensi latihan kurang dari atau 2 hari/minggu memiliki efek minimal pada kardiovaskular daripada latihan lebih dari 5 hari/minggu. Durasi peningkatan kontrol glikemik setelah latihan bertahan selama >12 tetapi <72 jam. Sehingga direkomendasikan bagi penderita diabetes untuk melakukan frekuensi latihan lebih dari 3-5 hari/minggu dengan tidak melewati 2 hari tanpa kegiatan fisik yang berarti (*sedentary*). Untuk

pasien tipe 2 yang sebagian besar mengalami obesitas, disarankan untuk melakukan aktivitas fisik setiap hari untuk mengurangi berat badan (Regeinster, 2009: 195). Menurut Ehrman, frekuensi latihan yang dianjurkan adalah 3-5 kali per minggu (Ehrman, 2009: 206).

Intensitas latihan atau aktivitas fisik yang disarankan adalah sedang yaitu 60-80% MHR (*Maximal Heart Rate*) atau DJM (Denyut Jantung Maksimum). Intensitas yang lebih tinggi dari yang disarankan berhubungan dengan resiko pada kardiovaskular, peluang cedera yang lebih besar, dan mendapatkan efek latihan yang lebih kecil dibandingkan menggunakan intensitas yang lebih rendah. Intensitas latihan harus selalu diawasi oleh penderita itu sendiri maupun terapis latihan melalui denyut jantung dan atau persepsi kelelahan penderita (Regeinster, 2009: 195). Menurut Ehrman, latihan yang bersifat *short-term* (durasi pendek) dan berintensitas tinggi dapat menyebabkan hiperglikemia. Hiperglikemia yang dihasilkan dari latihan berdurasi singkat dan berintensitas tinggi pada penderita DM tipe 2 pada pemula disebabkan oleh sistem metabolisme tubuh dalam menyediakan glukosa sebagai energi. Semakin tinggi intensitas maka hati akan semakin dipacu untuk melakukan glikogenolisis dan semakin lama durasi maka semakin tinggi proses glukoneogenesis yang dipacu, sehingga gula darah meningkat. Sementara itu, beberapa studi menunjukkan bahwa latihan ringan hingga sedang memberi efek penurunan glukosa darah hingga setelah latihan (Ehrman, 2008: 207).

Durasi latihan yang disarankan adalah 60-90 menit/minggu. Penelitian menunjukkan bahwa latihan berdurasi 60-90 menit/minggu memberi manfaat pada penderita diabetes tipe 2 atau manfaatnya terkait tekanan darah, berat badan, dislipidemia, dan respon vasodilatasi endotelium (Saxton, 2011: 281). Menurut Ehrman (2009: 206), durasi latihan untuk diabetes melitus adalah 20 - 60 menit. Selain intensitas dan durasi, tipe latihan juga harus dipertimbangkan, sebelum memulai latihan. Tipe latihan yang disarankan oleh ADA adalah latihan aerobik rutin yang melibatkan otot-otot besar untuk memberi efek lebih lama terhadap penderita tipe 2. Untuk hasil yang maksimal jika intensitas semakin rendah maka harus diseimbangkan dengan menambah atau meningkatkan durasi latihan (Poretsky, 2010: 701).

Tipe latihan yang disarankan antara lain adalah jalan cepat, lari konstan (*jogging*), renang, dayung, dansa, bersepeda, dan aktivitas ketahanan lainnya. Tipe latihan ditentukan berdasarkan resiko komplikasi yang mungkin dialami penderita, contoh: bagi penderita yang mengalami *peripheral neuropathy* berat sebaiknya menghindari latihan lari konstan, dan lebih memilih berenang atau bersepeda (Poretsky, 2010: 701). Selain itu pemilihan olahraga untuk penderita DM tipe 2 lebih disarankan untuk olahraga aerobik yang tanpa menggunakan beban sendiri atau *non-weight bearing*. Hal ini dikarenakan pertimbangan berat badan berlebih pada DM tipe 2, komplikasi, dan untuk menghindari terjadinya luka pada kaki (Jonathan dan Gordon, 2011: 209).

Pemberian latihan pada penderita diabetes melitus tipe 2 pemula yaitu dengan peningkatan perlahan, untuk mencegah terjadinya hiperglikemia (Saxton, 2011: 276). Berdasarkan rekomendasi dari *American Diabetes Association (ADA)*, *The European Association for The Study of Diabetes (EASD)*, *The American College of Physicians (ACP)*, *The American College of Sports Medicine (ACSDM)*. Intensitas yang dianjurkan bagi penderita diabetes tipe 2 yang baru memulai program latihan adalah (0-6 bulan pertama) antara 50-65% DJM, durasi selama 30 menit; (>6 bulan) antara 65-75% DJM, durasi 45-60 menit. (Saxton, 2011: 279).

Disarankan latihan tidak dilakukan pada malam hari karena dapat meningkatkan resiko nokturnal hipoglikemia, nokturnal hipoglikemia yaitu rendahnya kadar glukosa darah di malam hari, hal ini bisa disebabkan meningkatnya sensitivitas insulin yang meningkat sebagai efek latihan yang terus menerus mengasup glukosa dari darah ke dalam sel sehingga kadar glukosa darah turun; hindari latihan berat kecuali diabetes di bawah kendali; ketahui gejala, tanda, dan pengelolaan hipoglikemia seperti bingung, fatig, pusing, kehilangan kesadaran; membawa makanan ringan sumber karbohidrat; latihan dilakukan 1-2 jam setelah makan; pemantauan kadar gula darah; minum banyak air sebelum, selama, dan sesudah latihan (Regensteiner, 2009: 194).

Dapat disimpulkan bahwa prinsip latihan yang disarankan bagi penderita diabetes adalah aman dan efektif, yaitu latihan yang

berfrekuensi lebih dari 3 hari/minggu, berintensitas sedang yaitu 60-80% DJM, berdurasi 60-90 menit/minggu atau 20 - 60 menit tiap satu kali latihan, dan tipe nya lebih disarankan berenang dan bersepeda untuk alasan keamanan penderita. Selain aspek latihan, aspek bagi tubuh penderita juga diperhatikan yaitu meliputi minum air, membawa cemilan karbo, pemantauan kadar gula darah, tidak berlatih di malam hari, dan mengenali tanda dan mengetahui penanganan jika terjadi hipoglikemia.

c. Latihan dengan *Ergocycle* pada Penderita Diabetes Melitus II

Penderita diabetes melitus tipe 2 sudah banyak yang melakukan latihan sebagai upaya perawatan penyakitnya. Salah satu latihan atau olahraga yang banyak dilakukan saat ini adalah bersepeda. Namun, karena kesibukan aktivitas maka banyak yang menggunakan sepeda dalam bentuk statis yaitu *ergocycle*. Latihan *ergocycle* dianalisis telah mengikuti prinsip atau rekomendasi untuk perawatan diabetes melitus karena latihan ini bersifat aman dan efektif. *Ergocycle* ini aman dan efektif karena dapat digunakan oleh siapapun dengan kondisi morfologi berbeda, telah didesain untuk digunakan dalam mencapai tujuan tertentu, dapat digunakan untuk latihan jangka panjang tanpa menimbulkan luka akibat penggunaan, dapat digunakan untuk penggunaan khusus, dan berstandar *EC (European Commission) Medical Standard* (Teach Med, 2013: 1).

Latihan *ergocycle* dapat menurunkan kadar glukosa darah pada penderita diabetes melitus terutama tipe 2 melalui prinsip latihan yang telah dijelaskan sebelumnya, yaitu menggunakan intensitas sedang 60-

80% DJM dan berdurasi aerobik 30 menit. Untuk perawatan bagi penderita diabetes melitus tipe 2, latihan dengan *ergocycle* ditujukan salah satunya adalah untuk mengontrol gula darah. Penggunaan latihan dengan intensitas sedang dan durasi yang berada pada zona aerob, menyebabkan sel-sel tubuh meningkatkan translokasi GLUT-4 sehingga permukaan sel dapat membawa masuk glukosa ke dalam sel, seperti yang dijelaskan pada efek latihan akut. Untuk efek latihan kronis, proses metabolisme aerob selama latihan rutin yang menggunakan asam lemak dalam proses lipolisis dapat mengurangi kadar lemak, kolesterol di plasma darah, hingga berat badan.

3. Klub Persadia Rumah sakit umum daerah (RSUD) Yogyakarta

Rumah sakit umum daerah (RSUD) Wirosaban Yogyakarta adalah Rumah sakit Umum kelas C yang dibentuk berdasarkan Surat Keterangan (SK) Menteri Kesehatan RI No. 496/Menkes/SKV/1994, dan dikukuhkan dengan Peraturan daerah no. 1 tahun 1996. Rumah sakit ini memiliki klub Persadia yang beranggotakan orang-orang yang menderita diabetes melitus. Persadia adalah singkatan dari Persatuan Diabetes Indonesia, yang dirintis dari tahun 1972, hingga akhirnya semua perkumpulan diabetes di Indonesia berkumpul di Bandung pada tanggal 12 Juli 1986 untuk melakukan kongres untuk mengesahkan organisasi dan AD dan RT. Pada pertemuan tersebut semua sepakat untuk membentuk perkumpulan diabetes nasional yang diberi nama sesuai usul Prof. dr. Utoyo Soekaton yaitu Persadia (Persadia, 2013: 1).

Orang-orang yang berada di klub Persadia Rumah sakit umum daerah (RSUD) Wirosaban Yogyakarta sebagian besar sudah memasuki usia lanjut, mereka sudah tidak bekerja lagi (pensiun). Klub ini memiliki kegiatan rutin yaitu senam diabet yang dilakukan setiap hari Jum'at yang berdurasi selama kurang lebih 45 menit. Klub ini melakukan tindakan preventif dan perawatan diabetes melitus agar tetap sehat, bugar, mengurangi resiko komplikasi, serta berkurangnya ketergantungan terhadap obat. Sesuai yang dikatakan oleh Jonathan dan Gordon (2011: 207), bahwa latihan telah lama diperkenalkan sebagai komponen dari perawatan diabetes. Sebagian besar anggota klub ini merupakan penderita diabetes kronis, namun sebagian besar dari mereka juga tidak mengalami gangguan yang berarti atau masih bisa beraktivitas normal, hanya saja pada beberapa anggota mereka masih sering mengalami kenaikan kadar gula darah.

B. Penelitian yang Relevan

Penulis ingin menambah ragam penelitian yang sudah ada dengan peneliti ingin mengamati lebih dalam tentang “Efek latihan dengan *Ergocycle* terhadap Kadar Glukosa Darah pada Penderita Diabetes Melitus Tipe 2 di Anggota Klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta”. Penelitian yang relevan dengan judul di atas antara lain adalah penelitian yang dilakukan oleh Sheri R. Colberg dan kawan-kawan di tahun 2013 dan dipublikasikan di *Diabetes Journal*. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui respon glukosa darah pada tipe, intensitas, durasi, dan waktu latihan yang berbeda. Subjek dalam penelitian adalah individu yang bersedia melakukan latihan dan memonitor kadar

glukosa darah sendiri. Variabel dalam penelitian adalah kadar glukosa darah, tipe, intensitas, durasi, dan waktu latihan. Instrumen penelitian menggunakan alat pengukur glukosa sendiri seperti *Glucose meter*. Desain penelitian menggunakan kadar glukosa sebelum dan sesudah latihan. Latihan yang digunakan dalam penelitian adalah berjalan, berlari, bersepeda, mesin yang telah dikondisikan, dan menari, dengan intensitas sedang atau tinggi selama 10-30 menit, dan waktu latihan 30 menit dan 1-3 jam setelah makan. Hasil penelitian tersebut latihan-latihan tersebut dapat menurunkan kadar glukosa darah hingga: untuk berjalan 25,0 mg/dL, berlari 40,1 mg/dL, bersepeda 42,4 mg/dL, mesin yang telah dikondisikan 35,9 mg/dL, dan menari 37,4 mg/dL. Latihan intensitas sedang menurunkan hingga 32,7 mg/dL, sedangkan intensitas tinggi hanya menurunkan 28,0 mg/dL. Waktu latihan yaitu 1 jam setelah makan menurunkan 49,3 mg/dL, 2 jam setelah makan 46,4 mg/dL, dan 30 menit setelah makan 34,4 mg/dL. Melalui penelitian itu, partisipan mengalami penurunan kadar gula darah yang paling tinggi dengan intensitas latihan sedang, durasi 30 menit, dan waktu latihan 1-2 jam setelah makan (Colberg dkk, 2013: e177).

C. Kerangka Berpikir

Gambaran patologik diabetes melitus tipe 2 yaitu (1) berkurangnya penggunaan glukosa oleh sel-sel tubuh, sehingga konsentrasi glukosa darah meningkat hingga 300-1200 mg/dl; (2) meningkatnya mobilisasi lemak dari penyimpanan lemak, sehingga terjadi metabolisme lemak abnormal; dan (3) protein tubuh berkurang (Guyton dan Hall, 1997: 1235). Penderita Diabetes melitus tipe 2 mayoritas diderita oleh berusia 45 tahun ke atas, akan tetapi saat ini

diabetes melitus tipe 2 juga bisa terjadi pada usia muda, remaja atau anak-anak. Diabetes melitus tipe 2 erat kaitannya dengan kegemukan atau obesitas. Obesitas merupakan pemicu utama terjadinya diabetes melitus tipe 2, selain itu obesitas juga akan semakin bertambah pada awal terkena diabetes melitus tipe 2. Obesitas muncul ketika asupan lebih besar daripada energi yang dikeluarkan atau input lebih besar daripada output. Mengacu pada pendapat Guyton dan Hall bahwa glukosa tidak dapat digunakan oleh sel, maka hal ini akan memicu rasa mudah lapar, sehingga akan menjadi lebih sering makan. Keadaan ini menyebabkan penumpukan cadangan makanan di dalam tubuh yang disimpan dalam bentuk cadangan lemak juga akan semakin bertambah.

Tingginya jumlah lemak di dalam tubuh, memicu terjadinya resisten insulin atau menurunkan sensitivitas insulin. Jika kapasitas penyimpanan lemak di dalam jaringan lemak sudah berlebih, maka lemak dari jaringan lemak akan dimobilisasi keluar dari jaringan dalam bentuk asam lemak bebas, menuju jaringan bukan lemak. Ketika asam lemak bebas ini sudah menempel pada permukaan jaringan bukan lemak, maka mengakibatkan disfungsi sel bahkan kematian sel dan menurunkan oksidasi asam lemak, kerja insulin, dan pengasupan glukosa. Glukosa tidak bisa masuk ke dalam sel, dan beredar dalam jumlah berlebihan di dalam aliran darah.

Keadaan ini menyebabkan kadar glukosa darah meningkat, dan dikarenakan permasalahan berada pada permukaan sel tubuh, maka ketika glukosa darah meningkat dan insulin dilepaskan untuk menurunkan kadar glukosa darah, kadar glukosa darah tidak akan turun. Sebanyak apapun insulin yang

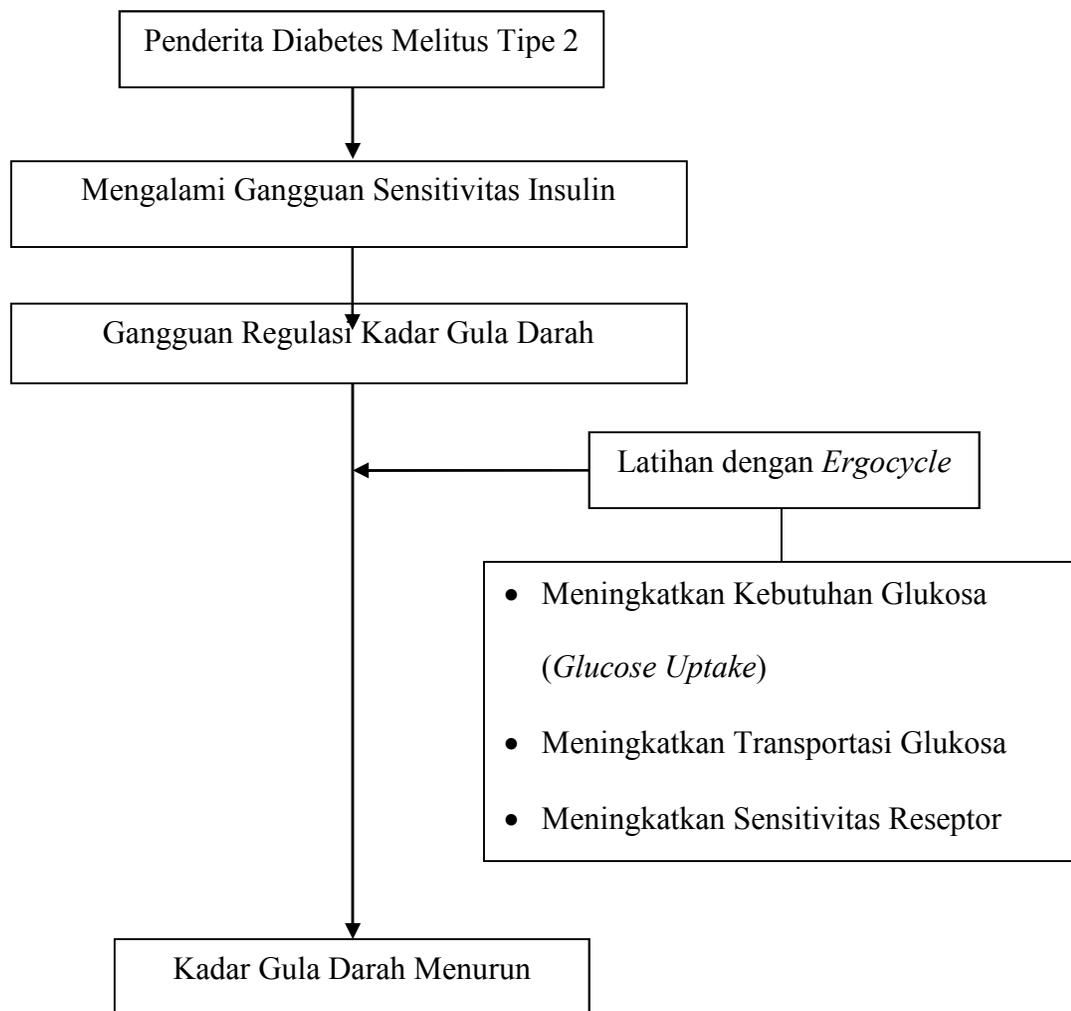
beredar di darah tidak akan bisa memasukkan glukosa ke dalam sel, karena jalan masuk ke dalam sel tidak bisa dibuka. Sel tidak lagi mengenali insulin, dan insulin tidak bisa memberi sinyal untuk translokasi GLUT-4 ke permukaan sel untuk membuka pintu masuk glukosa.

Gangguan pensinyalan insulin terhadap GLUT-4 dapat dibantu dengan latihan. Latihan telah lama diperkenalkan sebagai komponen dari perawatan diabetes (Jonathan dan Gordon, 2011: 207). Latihan, baik akut maupun kronis terbukti dapat membantu menurunkan kadar glukosa darah (Lemos dkk, 2011: 4). Latihan dapat menurunkan kadar glukosa darah jika latihan dilakukan secara tepat. Salah satu latihan sudah banyak dilakukan adalah bersepeda. Namun, jika memiliki banyak kesibukan, maka *ergocycle* merupakan pilihan tepat pengganti bersepeda. *Ergocycle* merupakan bentuk statis dari bersepeda, namun *ergocycle* lebih aman dan efektif untuk mendapatkan manfaat latihan, karena telah dirancang lebih terkondisi. Latihan *ergocycle* yang tepat bagi penderita diabetes melitus tipe 2 adalah latihan dengan intensitas sedang 60-80% DJM, dengan durasi 30 menit, untuk satu sesi latihan. Namun jika bisa dilakukan rutin yaitu 3-5 hari per minggu.

Pada penderita diabetes melitus tipe 2, latihan akan menimbulkan efek fisiologis meningkatkan kebutuhan glukosa sel, sehingga sel akan berusaha untuk mengambil glukosa dari aliran darah dengan meningkatkan ekspresi atau kemunculan GLUT-4. Meningkatkan sensitivitas reseptor insulin melalui peningkatan kerja insulin untuk memberi sinyal terhadap GLUT-4. Meningkatkan transporasi glukosa, jika ekspresi GLUT-4 meningkat akibat meningkatnya

kebutuhan asupan glukosa, dan kerja insulin meningkat, maka GLUT-4 dapat membuka jalan masuk untuk glukosa.

Jika transportasi glukosa ke dalam sel meningkat, maka kadar glukosa darah akan menurun. Menurunnya kadar glukosa darah akibat satu sesi latihan atau latihan akut akan bertahan hingga kurang dari 72 jam atau 3 hari (Colberg dkk, 2010: e148). Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa latihan *ergocycle* dapat menurunkan kadar glukosa darah, adapun gambar dari kerangka berfikir sebagai berikut:



Gambar 16. Kerangka Berfikir.

D. Hipotesis Penelitian

Latihan dengan *Ergocycle* dapat menurunkan kadar glukosa darah penderita diabetes melitus tipe 2 di anggota klub Persadia Rumah sakit umum daerah (RSUD) Yogyakarta.

BAB III METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian pre-eksperimental dengan rancangan desain satu kelompok dengan tes awal dan tes akhir (*One-Group Pretest-Posttest Design*) (Sugiyono, 2009: 83). Desain penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana efek latihan dengan *ergocycle* terhadap kadar glukosa darah. Menurut Shuttleworth (2009: 1), *One group pretest-posttest design* merupakan metode yang sering digunakan untuk membandingkan dan mengukur derajat perubahan yang muncul sebagai hasil dari sebuah penanganan atau intervensi. *One Group Pretest-posttest design* dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 17. Desain Penelitian.

Keterangan:

K = Kelompok subjek

O₁ = Sebelum latihan dengan *ergocycle/ pretest*

X = Latihan dengan *Ergocycle*

O₃ = Setelah latihan dengan *ergocycle/ posttest*

Dalam penelitian ini, suatu kelompok diberikan tes awal (*pretest*) berupa pengukuran kadar glukosa darah sebelum perlakuan. Kemudian kelompok ini diberi perlakuan berupa latihan dengan *ergocycle* selama 30 menit dengan intensitas sedang yaitu 60-65% DJM yaitu pada angka intensitas sedang (Regeinster, 2009: 195). Setelah itu dilakukan tes akhir (*posttest*) berupa pengambilan sampel darah setelah latihan.

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli 2013 di *Fitness Centre* UNY, pada penderita diabetes melitus tipe 2 anggota klub Persadia Rumah Sakit Wirosaban Yogyakarta.

C. Definisi Operasional Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian “Efek latihan dengan *Ergocycle* terhadap Kadar glukosa darah pada Penderita Diabetes Melitus Tipe 2 di anggota klub Persadia Rumah Sakit Wirosaban Yogyakarta”, adalah latihan dengan *ergocycle* dan kadar glukosa darah. Kedua variabel tersebut dapat didefinisikan sebagai berikut:

1. Latihan dengan *ergocycle*, yaitu latihan satu sesi menggunakan *ergocycle* selama 30 menit dengan intensitas sedang 60-65% DJM.
2. Kadar glukosa darah, yaitu merupakan banyaknya kadar glukosa di dalam aliran darah. Dalam penelitian ini, pengukuran kadar glukosa darah acak diperoleh dari sampel darah pembuluh darah vena, lebih lanjut diukur oleh laboratorium Parahita menggunakan sistem Architect dan Aeroset dengan metode pengukuran Hexokinase.

D. Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi adalah keseluruhan subjek penelitian (Suharsimi Arikunto, 2010: 173). Populasi dalam penelitian ini adalah penderita diabetes melitus tipe 2 di anggota klub Persadia Rumah Sakit Wirosaban Yogyakarta yang berjumlah 90 orang. Sampel adalah sebagian atau wakil populasi yang diteliti (Suharsimi Arikunto, 2010: 174). Teknik sampling yang digunakan dalam mengambil sampel adalah *purposive sampling* (sampling bertujuan) yaitu pengambilan subjek yang

didasarkan pada tujuan tertentu, menggunakan syarat-syarat tertentu (Suharsimi Arikunto, 2010: 183), ada syarat-syarat yang harus dipenuhi dalam teknik ini yaitu pengambilan sampel harus didasarkan atas ciri-ciri, karakteristik tertentu, dan subjek yang diambil sebagai sampel merupakan subjek yang benar-benar mengandung ciri-ciri yang dimaksud (Suharsimi Arikunto, 2010: 183). Ciri-ciri atau kriteria yang digunakan yaitu dalam penelitian ini adalah subjek yang mengalami diabetes melitus tipe 2, tidak menggunakan insulin, dan bersedia.

Berdasarkan kriteria yang diperlukan dalam penelitian ini, jumlah subjek dalam populasi yang memenuhi kriteria sebagai sampel tersebut adalah 10 orang yaitu dengan rincian 4 wanita dan 6 pria.

E. Instrumen Penelitian dan Teknik Pengambilan Data

1. Instrumen

Instrumen penelitian adalah alat atau fasilitas yang digunakan oleh peneliti dalam mengumpulkan data agar pekerjaannya lebih mudah dan hasilnya lebih baik yaitu lebih cermat, lengkap, dan sistematis sehingga lebih mudah diolah (Suharsimi Arikunto, 2010: 203).

Instrumen dalam penelitian ini adalah menggunakan instrumen dari Laboratorium Parahita yaitu Sistem Architect dan Aeroset dengan kotak reagen untuk pengujian glukosa menggunakan metode Hexokinase.

2. Teknik Pengambilan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah menggunakan teknik *Track*, yaitu (1) persiapan, (2) rekrutmen pasien, (3) pengambilan data, dengan cara mengambil darah pasien sebelum dan setelah perlakuan.

Pengumpulan data variabel utama berupa kadar glukosa darah dilakukan dengan bekerjasama dengan Laboratorium Parahita Yogyakarta. Pengukuran kadar glukosa darah diukur dengan menggunakan Sistem Architect dan Aeraset dengan pengujian glukosa menggunakan metode Hexokinase.

Adapun pedoman pelaksanaan *treatment* (latihan *ergocycle*) mengacu pada FITT (*Frequency, Intensity, Time, and Type*) sebagai berikut:

Tabel 1. Pedoman Latihan *Ergocycle* bagi Penderita DM Tipe 2

NO	KOMPONEN	KETERANGAN	
1.	<i>Frequency</i> (Frekuensi)	Satu kali	Satu kali
2.	<i>Intensity</i> (Intensitas)	Sedang	60-65% DJM
3.	<i>Time</i> (Waktu)	30 menit	Satu kali
4.	<i>Type</i> (Tipe)	Latihan Aerobik	<i>Ergocycle</i>

F. Teknik Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini menggunakan tes non parametrik, karena data penelitian ini tidak memenuhi kedua kriteria prasyarat analisis bahwa data penelitian ini adalah homogen dan tidak normal. Bentuk tes non parametrik yang digunakan adalah menggunakan Uji Wilcoxon atau *Wilcoxon Signed Rank Test*. Cara untuk mengetahui bahwa data signifikan atau tidak adalah jika nilai $p < 0,05$ maka ada perbedaan signifikan, selanjutnya jika $p > 0,05$ maka tidak ada perbedaan signifikan.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Subyek dan Lokasi Penelitian

1. Deskripsi Subyek Penelitian

Subyek penelitian ini adalah 10 orang dengan rincian 6 pria dan 4 wanita, dan semua berusia di atas 45 tahun dengan rata-rata usia 64 tahun. Rata-rata usia pada pria adalah 67 tahun dan wanita adalah 59 tahun. Rata-rata IMT (Indeks Massa Tubuh) adalah 25,66 yang menunjukkan *overweight*. Kesepuluh subjek ini mengalami diabetes melitus tipe 2, bersedia, dan tidak menggunakan insulin, yang diberikan perlakuan latihan dengan *ergocycle* selama 30 menit.

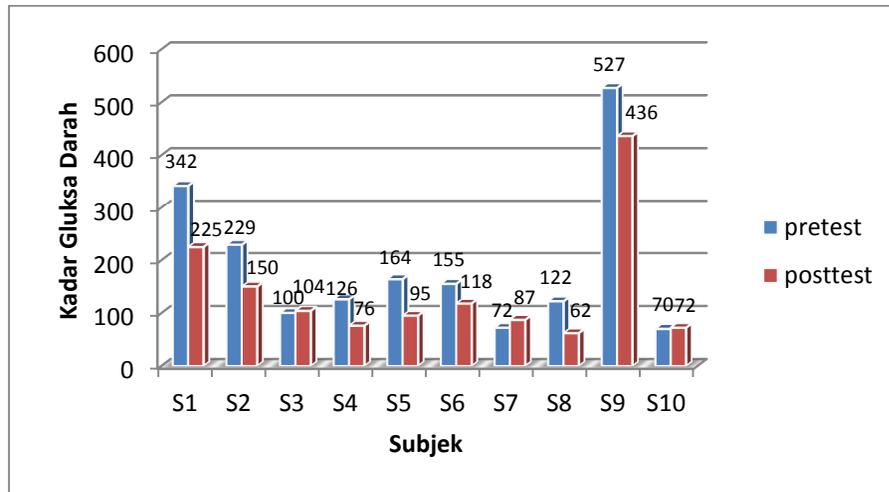
2. Deskripsi Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di *Fitness Center* Universitas Negeri Yogyakarta.

B. Deskripsi Data Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek latihan dengan *ergocycle* terhadap kadar glukosa darah pada penderita diabetes melitus tipe 2. Data diperoleh dengan cara melakukan pengukuran kadar glukosa dalam darah menggunakan metode Hexokinase pada sistem sistem Architect dan Aeroset di Laboratorium Parahita. Pengukuran kadar glukosa darah dilakukan sebanyak dua kali yaitu sebelum dan sesudah diberikan latihan menggunakan *ergocycle*. Data kadar glukosa dalam penelitian ini dideskripsikan dengan cara menyajikan data penelitian berdasarkan hasil analisis deskriptif meliputi hasil perhitungan skor

minimum, maximum, mean, median, modus, dan standart deviation. Hasil analisis deskriptif pada data penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 18. Data Kadar Glukosa Darah *Pretest* dan *Posttest*.

Berdasarkan gambar di atas dapat diketahui bahwa ada 3 subjek yang mengalami kenaikan kadar glukosa darah paska latihan yaitu S3 dari 100 menjadi 104 mg/dL, S7 dari 72 menjadi 87 mg/dL, dan S10 dari 70 menjadi 72 mg/dL, sedangkan tujuh subjek lainnya mengalami penurunan yaitu S1 dari 342 menjadi 225 mg/dL penurunan sebesar 117 mg/dL, S2 dari 229 menjadi 150 mg/dL penurunan sebesar 79 mg/dL, S4 dari 126 menjadi 76 mg/dL penurunan sebesar 50 mg/dL, S5 dari 164 menjadi 95 mg/dL penurunan sebesar 69 mg/dL, S6 dari 155 menjadi 118 mg/dL penurunan sebesar 37 mg/dL, S8 dari 122 menjadi 62 mg/dL penurunan sebesar 60 mg/dL, dan S9 dari 527 menjadi 436 mg/dL penurunan sebesar 91mg/dL.

Tabel 2. Hasil Analisis Deskriptif Data Penelitian

Data	Min	Max	Mean	Median	Modus	Std. Dev
Pre test	70,00	527,00	190,70	140,50	70,00	143,46
Post test	62,00	436,00	142,50	99,50	62,00	113,67

a. Pretest

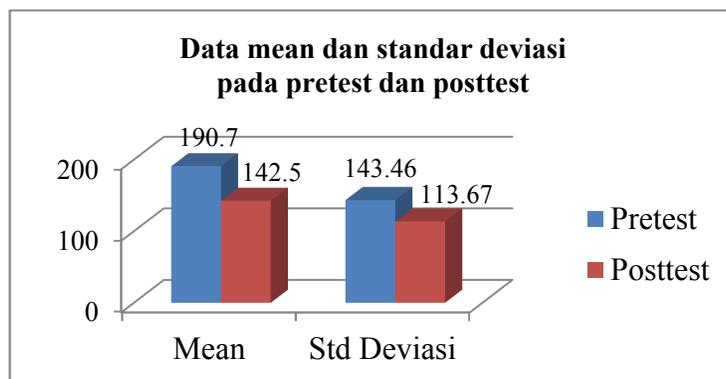
Hasil analisis pada data *pretest* kadar glukosa darah diperoleh nilai terendah adalah 70,00 dan nilai tertinggi adalah 527,00. Hasil analisis statistik deskriptif diperoleh *Mean* (M) = 190,70; Standar deviasi (SD) = 143,46; *Median* (Me) = 140,50; dan *Modus* (Mo) = 70,00.

b. Posttest

Hasil analisis data *posttest* kadar glukosa darah diperoleh skor terendah adalah 62,00 dan skor tertinggi adalah 436,00. Hasil analisis statistik deskriptif diperoleh *mean* (M) = 142,50; Standar deviasi (SD) = 113,67; *Median* (Me) = 99,50; dan *Modus* (Mo) = 62,00.

c. Perbandingan Nilai Rerata dan Standar Deviasi

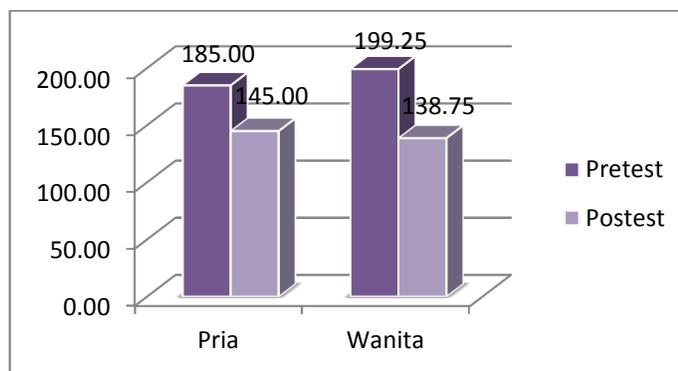
Perbandingan nilai rerata dan standar deviasi kadar glukosa darah *pretest* dan *posttest* dapat dilihat pada gambar di berikut ini:



Gambar 19. Data Mean dan Standar Deviasi pada *Pretest* dan *Posttest*.

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa nilai rerata atau mean kadar glukosa darah pasien diabetes melitus tipe 2 pada saat *pretest* sebesar 190,70. Rerata kadar glukosa darah saat *posttest* sebesar 142,50. Hasil ini menunjukkan adanya penurunan kadar glukosa darah pasien setelah melakukan latihan dengan *ergocycle*.

Perbandingan nilai rerata kadar glukosa darah pretest dan pada pria dan wanita adalah sebagai berikut:



Gambar 20. Data Mean *Pretest* dan *Posttest* pada Pria dan Wanita.

Berdasarkan gambar di atas dapat diketahui bahwa terdapat penurunan bermakna pada pria maupun wanita. Pada pria terjadi rata-rata penurunan sebesar 40 mg/dL dan wanita sebesar 60,5 mg/dL.

C. Hasil Analisis Data Penelitian

Hipotesis penelitian ini akan diuji menggunakan uji wilcoxon atau *wilcoxon signed rank test*.

Hipotesis penelitian ini yaitu latihan dengan *ergocycle* dapat menurunkan kadar glukosa darah penderita diabetes melitus tipe 2 di anggota klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta. Hipotesis diterima apabila Z

hitung > dari Z tabel pada taraf signifikansi 5%. Hasil *Wilcoxon Signed Rank Test* pembuktian hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil *Wilcoxon Signed Rank Test*

Data	Z hitung	Z tabel	p	Ket.
Kadar glukosa darah	2,191	1,960	0,028	Signifikan

Sumber: Data primer diolah

Berdasarkan hasil analisis *wilcoxon signed rank test* diperoleh nilai Z hitung sebesar 2,191 dan nilai signifikansi sebesar 0,028. Z hitung pada wilcoxon sama dengan nilai t pada tes parametrik. Nilai Z tabel pada taraf signifikansi 5% adalah sebesar 1,960. Oleh karena Z hitung > Z tabel, dan nilai p sebesar 0,028 lebih kecil dari 0,05 ($p < 0,05$), maka hipotesis dapat diterima. Dapat disimpulkan bahwa latihan dengan *ergocycle* dapat menurunkan kadar glukosa darah penderita diabetes melitus tipe 2 di anggota klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta. Hal analisis tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan hasil *pretest* dan *posttest* latihan dengan *ergocycle*.

Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui bahwa terjadi penurunan kadar glukosa darah pada pasien dari 190,70 pada saat *pretest* turun menjadi 142,50 pada saat *posttest*. Penurunan kadar glukosa darah tersebut secara statistik dinyatakan signifikan, yang memiliki arti bahwa latihan dengan *ergocycle* secara signifikan dapat menurunkan kadar glukosa darah penderita diabetes melitus tipe 2.

D. Pembahasan Hasil Penelitian

Perkiraan epidemik diabetes melitus yang akan semakin meningkat dari tahun ke tahun inilah yang menjadi ancaman global termasuk di Indonesia. Total pengidap diabetes melitus diperkirakan akan meningkat dari 171 juta pada tahun 2000 menjadi 366 juta di tahun 2030 (Wild, 2004: 1). Penyebab tingginya angka diabetes melitus disebabkan oleh gaya hidup modern, ketidakseimbangan antara input dan output energi mengakibatkan obesitas, obesitas kemudian mengawali munculnya diabetes melitus tipe 2. Melihat fakta tersebut maka diperlukan tindak pencegahan dan pengelolaan atau manajemen DM untuk meminimalkan angka kejadian dan kesakitan DM. Cara untuk mencegah diabetes melitus adalah dengan menerapkan gaya hidup aktif dan sehat, sedangkan cara untuk mengelola diabetes melitus adalah melalui diet, obat, olahraga, dan edukasi. Olahraga diperlukan untuk mengontrol kadar glukosa darah untuk selalu berada pada batas normal, salah satu bentuk olahraga yang dapat dilakukan tanpa menyita banyak waktu adalah latihan dengan *ergocycle*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efek latihan dengan *Ergocycle* terhadap kadar glukosa darah pada penderita diabetes melitus tipe 2.

Karakteristik subjek 10 orang terdiri dari 6 pria dan 4 wanita, semua berusia di atas 45 tahun, dan rata-rata sudah terkena penyakit diabetes melitus tipe 2 selama puluhan tahun. Mereka adalah anggota dari Persatuan Diabetes Indonesia, maka mereka adalah termasuk penderita diabetes melitus yang aktif. Subjek dikatakan kurang ideal dikarenakan jumlahnya yang kurang banyak yaitu hanya 10 orang dan juga terdapat variasi jenis kelamin yaitu pria dan wanita,

sedangkan terdapat perbedaan metabolisme pada pria dan wanita sehingga subjek dalam penelitian ini generalisasinya terbatas. Glukosa puasa normal adalah < 100 mg/dL, dan indikasi diabetes melitus adalah jika ≥ 126 mg/dL. Bagi subjek diabetes melitus tipe 2 yang memiliki kadar glukosa puasa normal, yaitu kurang dari sama dengan 100 mg/dL, mengalami sedikit kenaikan kadar glukosa darah setelah melakukan latihan dengan *ergocycle*, hal ini diakibatkan oleh metabolisme tubuh dalam menyediakan asupan glukosa untuk energi yang meningkat seiring latihan, sehingga homeostatis kadar glukosa darah pada pasien yang sebelum latihan adalah ≤ 100 mg/dL akan meningkat sedikit sebagai upaya tubuh untuk membuat kadar glukosa darah menjadi normal atau tetap normal, respon tubuh lebih memilih untuk menaikkan daripada menurunkan yang menyebabkan hipoglikemia. Berikut adalah gambar perbandingan kadar glukosa darah *pretest* dan *posttest* pada kesepuluh subjek.

Berdasarkan data penelitian, diketahui bahwa ada 3 subjek yang memiliki kadar glukosa darah rendah yaitu ≤ 100 mg/dL. Rendahnya kadar glukosa darah ini diakibatkan ketiga subjek berada dalam kontrol dokter dan mengonsumsi obat-obatan penurun gula darah. Hal ini terjadi karena kadar gula darah yang rendah sebelum latihan, maka saat latihan tubuh akan meningkatkan epineprin dan glukagon sehingga terpicu proses glikolisis dan glukoneogenesis hati untuk menyediakan glukosa. Glikolisis dan glukoneogenesis yang terjadi lebih tinggi dibandingkan glukosa yang digunakan sel-sel otot sehingga kadar glukosa darah meningkat. Rata-rata peningkatan sebesar 7 mg/dL/ Pada ketujuh subjek lainnya, terjadi penurunan kadar glukosa darah, hal ini terjadi karena kadar gula darah yang

tinggi sebelum latihan menyebabkan tubuh tidak ada respon untuk menyediakan lagi, serta respon latihan yang dapat meningkatkan asupan glukosa, sensitivitas reseptor, dan transportasi glukosa, menyebabkan glukosa di plasma darah dapat masuk ke dalam sel sehingga kadar gula menurun. Rata-rata penurunan glukosa setelah latihan adalah sebesar 71,9 mg/dL dan terjadi penurunan terbesar yaitu pada S9 sebesar 91 mg/dL, hal ini mungkin dikarenakan kadar glukosa darah sebelum latihan yang sangat tinggi yaitu 527 mg/dL, sehingga memicu respon latihan yang juga tinggi sebagai upaya menurunkan kadar glukosa darah tersebut.

Latihan akan meningkatkan jika kadar gula darah rendah, serta akan menurunkan jika kadar gula darah di tinggi. Sistem homeostasis kadar gula darah ini dijaga oleh hormon insulin dan glukagon, kedua hormon ini akan bekerja berdasarkan alarm tubuh. Pada penderita diabetes melitus tipe 2, terjadi gangguan pada permukaan sel yang tidak bisa menerima kerja insulin, sehingga saat kadar gula darah tinggi, tubuh berusaha untuk menurunkan dengan meningkatkan jumlah insulin, akan tetapi kadar gula darah tetap saja tidak bisa turun. Latihan membantu homeostasis kadar gula darah melalui mekanisme latihan meningkatkan sensitivitas insulin dan menurunkan resistensi insulin. Sehingga sistem homeostasis tubuh akan bisa kembali bekerja.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Colberg, Hernandez, Shahzad (2013) melalui *The Big Blue Test* yang merupakan ide tahunan oleh *Diabetes Hands Foundation* untuk meningkatkan kesadaran pentingnya aktivitas fisik dalam mengelola diabetes melitus. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui respon glukosa darah pada tipe, intensitas, durasi, dan waktu latihan yang

berbeda. Beberapa latihan diteliti untuk melihat pengaruhnya dalam menurunkan kadar glukosa darah, hasilnya adalah sebagai berikut: berjalan menurunkan 25,0 mg/dL; berlari 40,1 mg/dL; bersepeda 42,4 mg/dL; mesin yang sudah dikondisikan 35,9 mg/dL; dan menari 37,4 mg/dL. Latihan dengan intensitas sedang dapat menurunkan hingga 32,7 mg/dL, sedangkan intensitas tinggi hanya menurunkan 28,0 mg/dL. Untuk durasi, diantara 3 durasi yaitu kurang dari 10 menit, 11-19 menit, 20-29 menit, dan lebih dari 30 menit, hasil menunjukkan bahwa durasi lebih dari 30 menit lebih dapat menurunkan glukosa. Serta waktu latihan yaitu 1 jam setelah makan menurunkan 49,3 mg/dL, 2 jam setelah makan 46,4 mg/dL, dan 30 menit setelah makan 34,4 mg/dL (Colberg, 2013: 1). Berdasarkan data penelitian di atas dapat diketahui bahwa bersepeda intensitas sedang serta durasi 30 menit mampu menurunkan kadar glukosa darah hingga 48 mg/dL. Meskipun sudah ada penelitian sebelumnya, penelitian ini tetap dilakukan untuk mengetahui efek latihan dengan *Ergocycle* terhadap kadar glukosa darah penderita diabetes melitus tipe 2 di anggota klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta, tetap dilakukan untuk membuktikan kebenaran di lapangan tentang adanya teori bahwa latihan dapat menurunkan kadar glukosa darah pada penderita diabetes melitus tipe 2.

Implikasi penelitian ini hanya untuk mengetahui respon akut latihan saja, sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui respon kronis latihan dengan *ergocycle*. Penelitian lanjutan ini bermanfaat untuk mengetahui apakah latihan *ergocycle* secara rutin dapat memberi efek dalam menjaga

kestabilan kadar glukosa darah, atau tidak memberi efek, atau justru meningkatkan kadar glukosa darah?

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek latihan dengan *ergocycle* terhadap kadar glukosa darah pada penderita diabetes melitus tipe 2 anggota klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta. Latihan dengan *ergocycle* diberikan pada pasien diabetes melitus karena diindikasikan dapat menurunkan kadar glukosa darah pasien diabetes melitus. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa latihan akut dengan *ergocycle* secara signifikan dapat menurunkan kadar glukosa darah penderita diabetes melitus tipe 2 di anggota klub Persadia Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Yogyakarta. Didukung hasil *Wilcoxon signed rank test* diperoleh nilai z hitung sebesar -2,191 dengan nilai signifikansi sebesar 0,028 ($p < 0,05$). Hasil ini dapat diartikan bahwa pemberian latihan dengan *ergocycle* terbukti mampu menurunkan kadar glukosa darah pasien diabetes melitus.

Hal ini dapat dijelaskan karena pada saat melakukan latihan dengan *ergocycle* maka seluruh sel di dalam tubuh akan mengalami peningkatan kebutuhan energi, sehingga mendorong penggunaan glukosa yang beredar di dalam darah untuk masuk ke dalam sel-sel tubuh untuk kemudian diolah menjadi energi. Peningkatan kebutuhan sel akan pasokan energi atau glukosa inilah yang meningkatkan translokasi GLUT-4 sebagai pembawa masuknya glukosa ke dalam sel, sehingga kadar glukosa dalam darah akan berkurang. Efek latihan akut ini akan menurunkan kadar glukosa darah pasien diabetes melitus tipe 2 hingga > 24 hingga < 72 jam dan jika dilakukan secara rutin akan menjaga kestabilan kadar

glukosa darah sehingga menurunkan resiko komplikasi. Pendapat ini juga didukung oleh pendapat dari Menurut Colberg dan teman-teman, satu sesi latihan tunggal meningkatkan kerja insulin dan toleransi glukosa selama lebih dari > 24 hingga < 72 jam (Colberg dkk, 2010: e148).

Latihan dengan *ergocycle* juga dapat membakar lemak berlebih pada tubuh sebagai efek kronis. Kebanyakan pasien diabetes melitus mengalami berat badan yang berlebih atau obesitas. Melakukan latihan dengan *ergocycle* secara rutin akan membantu menurunkan berat badan. Hal ini dapat menjaga berat badan pasien dalam angka ideal atau normal; mengurangi resiko komplikasi; sensitivitas insulin yang terganggu terutama yang disebabkan oleh penumpukan lemak, akan meningkat; dan menjaga kebugaran tubuh. Berat badan yang terkontrol dan insulin yang semakin sensitif akan dapat menjaga keseimbangan gula darah pasien diabetes melitus. Sesuai dengan pendapat dari Ehrman (2009: 207), beliau menyebutkan bahwa tujuan penderita diabetes melitus tipe 2 melakukan latihan adalah agar dapat mengelola diabetesnya dan mencegah resiko komplikasi.

Penurunan kadar glukosa darah pasien diabetes melitus setelah melakukan latihan dengan *ergocycle* juga berkaitan dengan koordinasi dan integrasi antar sistem yang ada dalam tubuh. Latihan akan meningkatkan penggunaan glikogen dalam otot dan saat glikogen otot habis maka akan mengambil asupan atau glukosa dari aliran darah. Kondisi ini akan dapat menjaga keseimbangan gula darah menjadi normal. Didukung pendapat dari Colberg (2010: e148), yang menyebutkan saat latihan kebutuhan glukosa pada sel otot meningkat, kemudian

insulin dilepaskan untuk membantu mentransportasikan glukosa masuk ke dalam sel sehingga kadar glukosa menjadi normal.

Hasil analisis diketahui terjadi penurunan kadar glukosa darah pasien diabetes melitus tipe 2 setelah mengikuti latihan dengan *ergocycle*. Data penelitian diketahui nilai rerata kadar glukosa darah pasien diabetes melitus tipe 2 pada saat *pretest* sebesar 190,70. Rerata kadar glukosa darah saat *posttest* sebesar 142,50. Hasil ini menunjukkan adanya penurunan kadar glukosa darah pasien setelah mengikuti latihan dengan *ergocycle*.

Diabetes melitus merupakan salah satu penyakit berbahaya hal ini dikarenakan penyakit ini dapat menimbulkan banyak komplikasi kerusakan vaskular baik mikrovaskular maupun makrovaskular, kerusakan ginjal, saraf, hingga termasuk stroke dan penyakit jantung yang dapat berujung pada kematian. Penderita diabetes melitus perlu mendapat perawatan dan pengelolaan yang baik agar derajat kesehatannya dapat dipertahankan dan menghindarkan dari berbagai komplikasi penyakit yang dapat terjadi. (Khardori, 2013: 2) menyebutkan penderita diabetes memerlukan pengelolaan meliputi pola diet, olahraga, obat-obatan, pemantauan komplikasi berkala, penilaian laboratorium dan yang paling penting yaitu pemantauan kadar glukosa darah.

Mengontrol gula darah merupakan hal yang paling penting dilakukan untuk perawatan pada penderita diabetes melitus. Kontrol gula darah tersebut dilakukan dengan diet, terapi obat, dan olahraga atau latihan rutin. Aktivitas olahraga dan latihan akan meningkatkan kebugaran tubuh penderita sekaligus sebagai salah satu bentuk terapi dalam perawatan yang dapat menjaga kestabilan

kadar glukosa darah. Seperti halnya yang dihasilkan dari penelitian ini menyimpulkan bahwa latihan dengan *ergocycle* terbukti mampu menurunkan kadar glukosa darah pasien diabetes melitus tipe 2.

Pemilihan jenis aktivitas olahraga yang tepat akan bermanfaat untuk menurunkan kadar glukosa darah penderita diabetes melitus tipe 2 dan meminimalkan resiko cedera dan kontraindikasi selama melakukan latihan. Latihan dengan *ergocycle* terbukti dapat menurunkan kadar glukosa darah karena aktivitas latihan yang dilakukan mampu meingkatkan kebutuhan energi dari dalam sel sehingga mendorong sel untuk mengambil pasokan sumber energi berupa glukosa dari darah untuk digunakan dan diolah menjadi energi menyebabkan kadar glukosa di darah menjadi turun. Hal ini berimplikasi bahwa latihan *ergocycle* dapat digunakan sebagai alternatif latihan untuk menurunkan kadar glukosa darah pada penderita diabetes melitus tipe 2.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka kesimpulan dalam penelitian menyatakan bahwa latihan dengan *ergocycle* secara umum dapat menurunkan kadar gula darah penderita diabetes melitus tipe 2 di anggota klub Persadia Rumah Sakit Wirosaban Yogyakarta secara bermakna.

B. Implikasi Penelitian

Berdasarkan kesimpulan di atas, implikasi dalam penelitian ini adalah latihan dengan *ergocycle* dapat digunakan sebagai alternatif terapi untuk menurunkan kadar gula darah penderita diabetes melitus tipe 2. Pemilihan dan penggunaan jenis latihan yang tepat akan membantu penderita diabetes melitus menurunkan kadar gula darahnya dan sekaligus mempertahankan kebugarannya yang akan sangat bermanfaat untuk sakit yang mereka alami.

C. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini telah diusahakan sebaik mungkin, tetapi tidak terlepas dari keterbatasan penelitian diantaranya adalah:

1. Penelitian ini belum menyimpulkan frekuensi latihan *ergocycle* yang tepat untuk menurunkan kadar gula darah.
2. Jumlah sampel hanya sedikit yaitu 10 orang dari jumlah populasi 90 orang.
3. Tidak dapat dikendalikannya keseriusan penderita dalam mengikuti latihan, sehingga dapat mempengaruhi hasil.

D. Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. PERSADIA RSUD Yogyakarta

Untuk bisa mengadakan kegiatan olahraga bersepeda sebagai kegiatan dalam Persadia RSUD Yogyakarta, selain senam rutin. Jika memungkinkan kegiatan bersepeda bisa dilakukan mulai dengan satu minggu sekali, misal pada minggu pagi.

2. Penderita Diabetes Melitus

Rutin melakukan olahraga atau latihan aerobik, salah satunya adalah dengan menggunakan *ergocycle* sebagai salah satu upaya perawatan untuk menurunkan kadar gula darah.

3. Jurusan IKOR

Perlu perhatian untuk semakin meningkatkan kualitas mata kuliah olahraga terapi, karena salah satu ketrampilan dan ilmu yang dimiliki oleh mahasiswa pada jurusan ini dan berbeda dengan jurusan lain di fakultas ilmu keolahragaan adalah terapi fisik yang meliputi terapi latihan untuk upaya *promotive, preventive, curative, dan rehabilitative*.

4. Mahasiswa IKOR

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang efek latihan dengan *ergocycle* dalam penanganan penyakit lain.

DAFTAR PUSTAKA

- _____. _____. *Kementrian Kesehatan Republik Indonesia*.
<http://www.depkes.go.id/index.php/berita/ress-release/414-tahun-2030-prevalensi-diabetes-melitus-di-indonesia-mencapai-213-juta-orang.html>, diakses pada 13 Juli 2013 pukul 14.00 WIB.
- _____. _____. *Plate Of Our Nation: 21st Life Century Lifestyle*. <http://www.plateofournation.com.au/21st-century-lifestyle/>, diakses pada 13 Juli 2013 pukul 14.20 WIB.
- American Association of Clinical Endocrinologist. _____. *Type 1 Diabetes Pathophysiology*. <http://outpatient.aace.com/type1-diabetes/pathophysiology>, diakses pada 24 Juli 2013 pukul 04L56 WIB.
- Acton, Q Ashton. (2012). *Diabetes: Advances in Research and Treatment: 2011 Edition*. USA: ScholarlyEditions.
- American Diabetes Association. (2002). *Diabetes Mellitus and Exercise*. *Diabetes Journals*. Vol. 25 No. suppl 1 s64.
- American Diabetes Association. _____. *The Cost of Diabetes*. *Diabetes Journals*. Vol. 25 No. suppl 1 s64.
- Anawalt, dkk,. (2013). *Endocrine Glands and Types of Hormones*. <http://www.hormone.org/hormones-and-health/the-endocrine-system/endocrine-glands-and-types-of-hormones>, diakses pada 22 Januari 2014 pukul 17:22 WIB.
- Barnes, Darryl. (2012). *Program Olahraga: Diabetes*. Klaten: PT. Intan Sejati.
- Bonora, Enzo, Calcaterra, Francesco, dkk,. (2001). *Plasma Glucose Levels Throughout the Day and HbA_{1c} Interrelationships in Type 2 Diabetes: Implications for treatment and monitoring of metabolic control*. Vol. 24 No. 12 2023-2029.
- Chudyk, Anna. Petrella, Robert. (2011). *Effect of Exercise on Cardiovascular Risk Factors in Type 2 Diabetes.* *Diabetes Journals*. Vol. 34 No. 5 1228-1237.
- Codario, Ronald A. (2011). *Type 2 Diabetes, Pre-Diabetes, and the Metabolic Syndrome*. New York: Humana Press.
- Colberg, Sher R., Hernandez, Manuel J., Shahzad, Fatima. (2013). *Blood Glucose Responses to Type, Intensity, Duration, dan Timing of Exercise*. *Diabetes Journals*. Vol. 36 No. 10 e177.

- Colberg, Sher R., Sigal, Ronald J, dkk., (2010). *Exercise and Type 2 Diabetes. Diabetes Journals*. Vol. 33 No. 12 2692-2696.
- Departemen Kesehatan RI. (2009). <http://www.depkes.go.id/index.php?vw=2&id=414>, diakses pada 20 Agustus 2013 pukul 14:03 WIB.
- Diabetes Public Health Resource. (2013). *2011 National Diabetes Fact Sheet*. <http://www.cdc.gov/diabetes/pubs/estimates11.htm#12>, diakses pada 4 Desember 2013 pukul 14:25 WIB.
- EA, Richter. (2004). *Exercise Signalling to Glucose Transport in Skeletal Muscle. PubMed Journal*. Vol. 63 (2) No. 211-6.
- Ehrman, Jonathan K., Gordon, Paul M., dkk., (2009). *Clinical Exercise Physiology: Second Edition*. USA: Human Kinetics.
- Ekoe, Jean Marie. Zimmet, Paul Z., dkk. (2008). *The Epidemiology of Diabetes Mellitus: The Clinical Syndrome and The Biochemical Definition*. Inggris: Antony Rowe Ltd.
- Elson, DE., Norris, SL. (2004). *Diabetes: Empat Pilar Pengelolaan Diabetes*. <http://www.smallcrab.com/diabetes/635-empat-pilar-pengelolaan-diabetes>, diakses pada 6 September 2013 pukul 7:24 WIB.
- Esti Setia Sari, (2013), *CRIPE untuk Diabetes*. <http://www.sehatnews.com/mobile/tips/22657-cripe-untuk-diabetes.html>, diakses pada 23 Desember 2013 pukul 19:07 WIB.
- Frontera, Walter R. (2006). *Exercise In Rehabilitation Medicine: Second Edition*. United States: Human Kinetics.
- Guyton, Arthur C., Hall, John E. Editor: Irawati Setiawan. (1997). *Fisiologi Kedokteran. Edisi 9*. Jakarta: EGC.
- Harris, Katherine. (2008). *Signal Transduction Tutorial*. <http://www.hartnell.edu/tutorials/biology/signaltransduction.html>, diakses pada 1 Desember 2013 pukul 07:20 WIB.
- Hawley, John A., Zierath, Juleen A., (2008). *Physical Activity and Type 2 Diabetes: Therapeutic Effects and Mechanism of Action*. United States: Human Kinetics.
- Henriksen, Erik J. (2001). *Invited Review: Effects of acute exercise and exercise training on insulin resistance. Journal of Applied Physiology*. Vol. 93 No. 2 788-796.

- Hoeger, Werner. M. K., Hoeger, Sharon A (2013). *Fitness and Wellness..* USA: Cengage Learning.
- Hoffman, Martin D. (2006). *Exercise in Rehabilitation Medicine: Adaptations to Endurance Exercise Training.* USA: Human Kinetics.
- Holt, Paula. (2009). *Diabetes in Hospital: A Practical Approach for Healthcare Professionals.* United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd.
- Horton, Edward S. (2006). *Exercise in Rehabilitation Medicine. Chapter 10: Diabetes Mellitus.* USA: Human Kinetics.
- Inner Body. (2013). *Pituitary Gland.* <http://www.innerbody.com/image/endo01.html>, diakses pada 22 Januari 2014 pukul 11:20 WIB).
- Jan Tambayong. (2000). *Patofisiologi: Untuk Keperawatan.* Jakarta: EGC.
- Joslin, Elliott Proctor (2010). *Joslin's Diabetes Mellitus: Fourteenth Edition.* USA: Lippincott Wiliam & Winkins.
- Kennedy, Martha Nolte. (2013). *Diabetes Education Online: Blood Sugar and Other Hormones.* <http://dte.ucsf.edu/types-of-diabetes/type1/understanding-type-1-diabetes/how-the-body-processes-sugar/blood-sugar-other-hormones/>, diakses pada 24 September 2013 pukul 08:03 WIB.
- Khardori, Romesh. (2013). *Type 2 Diabetes Mellitus Treatment & Management..* <http://emedicine.medscape.com/article/117853-treatment>, diakses pada 5 September 2013 pukul 16:40 WIB.
- Khardori, Romesh. *Type 2 Diabetes Mellitus.* <http://emedicine.medscape.com/article/117853-overview>, diakses pada 8 November 2013 pukul 08.00 WIB.
- Kyrou, Ioannis. Kumar, Sudhesh. (2010). *Weight Management in Overweight and Obese Patients With Type 2 Diabetes Mellitus.* <http://www.medscape.com/viewarticle/738864>, diakses pada 18 Juli 2013 pukul 12:26 WIB.
- Lemos, Teixeira., Nunes, Sara. (2011). *Regular Physical Exercise Training Assist in Preventing Type 2 Diabetes Development: Focus on its Antioxidant and Anti-inflammatory Properties.* *Journal of Cardiovascular Diabetology.* Volume 10.
- Mayo Clinic Staff. (2013). *Diabetes Diet: Creating Your Healthy Eating Plan.* <http://www.mayoclinic.com/health/diabetes-diet/DA00027>, diakses pada 16 September 2013 pukul 11:19 WIB.

- Mayo Clinic Staff. (2013). *Diabetes management: How lifestyle, daily routine affect blood sugar*. <http://www.mayoclinic.com/health/diabetes-management/DA00005>, diakses pada 17 September 2013 pukul 11:28 WIB.
- Meade, Anthony. (2003). The Highs and Lows of Diabetes and Exercise. http://www.ausport.gov.au/sportscoachmag/nutrition2/the_highs_and_lows_of_diabetes_and_exercise, diakses pada 29 November 2013 pukul 13:37 WIB.
- Meeking, Darryl. (2011). *Understanding Diabetes and Endocrinology*. UK: Manshon Publishing.
- Moore, Thomas R. (2013). *Diabetes Mellitus and Pregnancy*. <http://emedicine.medscape.com/article/127547-overview#aw2aab6b3>, diakses pada 13 September 2013 pukul 21:45 WIB.
- Nobel Prize. (2009). *The Discovery of Insulin*. <http://www.Nobelprize.org/educational/medicine/insulin/discovery-insulin.html?print=1>, diakses pada 23 Desember 2013 pukul 21:24 WIB.
- Nucleus Medical Media. (2012). "Type 2 Diabetes." _____ .
- Persatuan Diabetes Indonesia. (2013). *Sejarah Persadia*. <http://diabetesindo.com/mengenal-persadia/sejarah-persadia/>, diakses pada tanggal 11 November 2013 pukul 17:01 WIB.
- Poretzky, Leonid. (2010). *Principle of Diabetes Mellitus: Second Edition*. New York: Springer.
- Raven, Peter Bernard., Vasserman, David H., dkk. (2013). *Exercise Physiology: An Integrated Approach*. USA: Wadsworth.
- Regenstreiner, Judith G., Reusch, Jane E. B., dkk. (2009). *Diabetes and Exercise*. USA: Humana Press.
- Rios, Manuel SerraNo. Fuentes, Jose A. Gutierrez. (2010). *Type 2 Diabetes Mellitus*. Barcelona: Elsevier.
- Saxton, John. (2011). *Exercise and Chronic Disease: An Evidence-based Approach*. Oxon: Routledge.
- Schteingart, David E. (1995). *Patofisiologi: Konsep Klinis Proses-proses Penyakit. Edisi 4*. Jakarta: EGC.
- Shuttleworth, Martyn. (2009). *Pretest-Posttest Designs*. <http://explorable.com/pretest-posttest-designs>, diakses pada 21 Juli 2013 pukul 19:29 WIB.

- Sigal, Ronald J, dkk. (2004). *Physical Activity/ Exercise and Type 2 Diabetes. Diabetes Journals*. Vol. 27 No. 10 2518-2539.
- Starr, Cecie,. Mcmillan, Beverly. (2012). *Human Biology: Ninth Edition*. Canada: Nelson Education Ltd.
- Stephenson, Linda. (2013). *Lipid Induced Insulin Resistance*. <http://www.sigmaaldrich.com/technical-documents/articles/biofiles/lipid-induced-insulin-resistance.html>, diakses pada 29 November 2013 pukul 21:04 WIB.
- Strock, Susan. _____. <http://health.rush.edu/HealthInformation/Women's%20Center/2/19724.aspx>, diakses pada 24 September 2013 pukul 08:29 WIB.
- Suara Merdeka. 11 September 2009. *Olahraga Satu Jam Sehari Hindarkan Diri Dari DM*. <http://www.suamerdeka.com/v1/index.php/read/news/2009/09/11/36194/Olahraga-Satu-Jam-Sehari-Hindarkan-Diri-Dari-DM>, diakses pada 14 Juli 2013 pukul 11:02 WIB.
- Suharsimi Arikunto. (2010). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*.” Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Taylor, Albert W,. Johnson, Michel J. (2008). *Physiology of Exercise and Healthy Aging*. USA: Human Kinetics.
- TeachPE. (2013). *Long-term Effects of Exercise*. http://www.teachpe.com/anatomy/long_term_effects.php, diakses pada 29 September 2013 pukul 23:08 WIB.
- Teach Med. (2013). *Tm-Cardio 4000 – Ergocycle*. _____ .
- Thorell, Anders., Hirsman, Micahel F., dkk. (1999). *Exercise and insulin cause GLUT-4 translocation in human skeletal muscle. American Journal of Physiology*. Vol. 277 No. E733-E741.
- Tidy, Colin. *Diabetes Education and Self-management Programmes*. <http://www.patient.co.uk/doctor/diabetes-education-and-self-management-programmes>, diakses pada 16 September 2013 pukul 11:49 WIB.
- Tim Medicine Virginia Mason. (2013). *Complications*. <https://www.virginiamason.org/Complications>, diakses pada 6 September 2013 pukul 7:44 WIB.
- TL, Merry. (2009). *Skeletal Muscle Glucose Uptake During Exercise: A Focus on Reactive Oxygen Species and Nitric Oxide Signaling. PubMed Journal*. Vol. 61 (5) No. 479-84.

- Wara Kushartanti. (2013). *Program Kesehatan Olahraga*. Ppt. Seminar Kesehatan Olahraga.
- WebMD Medical Reference. (2013). *Type 2 Diabetes and Exercise*. <http://diabetes.webmd.com/guide/exercise-guidelines>, diakses pada 19 September 2013 pukul 22:01 WIB.
- Wei GS, Coady SA, Goff DC Jr, Brancati FL, Levy D, Selvin E, et al. (2011). *Blood pressure and the risk of developing diabetes in african americans and whites: ARIC, CARDIA, and the framingham heart study*. *Diabetes Journals*. Vol. 34 No. 4 873-879.
- Wild, Sarah. Dkk,. (2004). *Global Prevalence of Diabetes: Estimates for the year 2000 and projections for 2030*. *Diabetes Journals*. Vol. 27 No. 5 1047-1053.
- Wolfe, Lahle. (2011). *Definition Pancreas*. <http://www.pre-diabetes.com/medical/definition-pancreas.html>, diakses pada 24 Juli 2013 pukul 22:52 WIB.
- World Health Organization. (2013). *Diabetes: The Cost Diabetes*. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs236/en/>, diakses pada 4 Desember 2013 pukul 15:36 WIB.
- Zacker, Ronald J. (2004). *Exercise: A Key Component of Diabetes Management*. *Diabetes Journals*. Vol. 17 No. 3 142-144.
- (Sumber: <http://www.pre-diabetes.com/medical/definition-pancreas.html>, diakses pada 24 Juli 2013 pukul 22:48 WIB).
- (Sumber: <http://www.health.am/db/more/type-2-diabetes-patients-transplanted/>, diakses pada 22 Juli 2013 pukul 4:54 WIB).
- (Sumber: <http://viim.org/horse-cushings-insuline-resistance-metabolic-syndrome.php>, diakses pada 26 Juli 2013 pukul 05.00 WIB).
- (Sumber: <http://drc.ucsf.edu/types-of-diabetes/type1/understanding-type-1-diabetes/how-the-body-processes-sugar/blood-sugar-other-hormones/>, diakses pada 24 September 2013 pukul 08:19 WIB).
- (Sumber: <http://www.sigmaaldrich.com/technicaldocuments/articles/biofiles/lipid-induced-insulin-resistance.html>, diakses pada 29 November 2013 pukul 21:07 WIB).
- (Sumber: www.tokoshima-u.ac.jp, diakses pada 29 September 2013 pukul 21.29 WIB).

(Sumber: <http://www.answers.com/topic/ketone-bodies>, diakses pada 29 Desember 2013 pukul 08.21 WIB).

(Sumber: <http://www.pre-diabetes.com/medical/definition-pancreas.html>, diakses pada 24 Juli 2013 pukul 22:48 WIB).

(Sumber: <http://www.math.montana.edu>, diakses pada 24 Juli 2013 pukul 5:09 WIB).

LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Ijin Penelitian



KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
Alamat : Jl. Kolombo No.1 Yogyakarta, Telp.(0274) 513092 psw 255

Nomor : 591/UN.34.16/PP/2013 30 Desember 2013
Lamp. : 1 Eks.
Hal : Permohonan Izin Penelitian
Yth. : Pengelola Klub Persadia
Rumah Sakit Wirosaban
Yogyakarta

Dengan hormat, disampaikan bahwa untuk keperluan penelitian dalam rangka penulisan tugas akhir skripsi, kami mohon berkenan Bapak/Ibu/Saudara untuk memberikan ijin penelitian bagi mahasiswa Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Yogyakarta :

Nama : Korina Wulandari
NIM : 10603141025
Jurusan : IKORA

Penelitian akan dilaksanakan pada :

Waktu : 2 Juli 2013
Tempat/obyek : *Fitness Centre* Universitas Negeri Yogyakarta
Judul Skripsi : Pengaruh Latihan Dengan *Ergocycle* Terhadap Kadar Gula Darah Pada Penderita Diabetes Melitus Tipe 2 Anggota Klub Persadia Rumah Sakit Wirosaban Yogyakarta.

Demikian surat ijin penelitian ini dibuat agar yang berkepentingan maklum, serta dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Tembusan :
1. Kajur. POR
2. Pembimbing TAS
3. Mahasiswa ybs.

Lampiran 2. Data Penelitian

No	Pasien	Usia	Jenis Kelamin	BB (kg)	TB (cm)	IMT	Pretest (mg/dL)	Posttest (mg/dL)
1	Lilik Indah	58	P	73	153	31,18	342,00	225,00
2	Masniarti	47	P	65	156,5	26,54	229,00	150,00
3	Sumarsiti	67	P	50,5	151	22,15	100,00	104,00
4	Kasminah	65	P	65,5	143,5	31,81	126,00	76,00
5	Lins Sumarjo	71	L	82,5	182	24,91	164,00	95,00
6	Hadi Prabowo	60	L	77	166	27,94	155,00	118,00
7	Sudirman	64	L	59	159	23,34	72,00	87,00
8	Giran Haryadi	74	L	67	158	26,84	122,00	62,00
9	Witono	63	L	62,5	165	22,96	527,00	436,00
10	Amat Suhar	71	L	50	162,5	18,93	70,00	72,00

Lampiran 3. Hasil Analisis Deskriptif

Statistics

		Pretest	Posttest
N	Valid	10	10
	Missing	10	10
Mean		190.70	142.50
Median		140.50	99.5000
Mode		70.00 ^a	62.00 ^a
Std. Deviation		143.463	1.3.674
Minimum		70.00	62.00
Maximum		527.00	436.00

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Lampiran 4. Hasil Uji *Wilcoxon* atau *Wilcoxon Signed Rank Test*

Ranks

	N	Mean Rank	Sum of Ranks
glu3 - glu1 Negative Ranks	7 ^a	7.00	49.00
Positive Ranks	3 ^b	2.00	6.00
Ties	0 ^c		
Total	10		

a. $glu3 < glu1$

b. $glu3 > glu1$

c. $glu3 = glu1$

Test Statistics^b

	glu3 - glu1
Z	-2.191 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)	.028

a. Based on positive ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test

Lampiran 5. Dokumentasi Penatalaksanaan Penelitian

No	Gambar	Keterangan
1.		<p>Setibanya subjek tiba di lokasi penelitian, subjek diminta untuk istirahat (duduk-duduk santai) terlebih dahulu selama 30 menit.</p>
2.		<p>Sambil duduk-duduk santai, subjek diberi pengarahannya tentang bagaimana jalannya penelitian ini, tujuan penelitian, dan apa dan bagaimana yang harus subjek lakukan selama penelitian.</p>
3.		<p>Selama istirahat, tim sambil melakukan wawancara kepada subjek penelitian. Meliputi identitas dan anamnesis penyakit diabetes melitus tipe 2 yang diderita.</p>

4.		<p>Setelah wawancara, maka satu per satu subjek diminta untuk diambil darahnya untuk data pengukuran kadar gula darah sebelum latihan.</p>
5.		<p>Setelah 30 menit, maka subjek diminta melakukan latihan dengan <i>ergocycle</i>. Sebagai pemanasan, maka subjek diminta melakukan latihan perlahan dahulu, kemudian intensitas ditingkatkan melalui peningkatan kecepatan kayuhan. Sambil tim mengukur denyut nadi, tim juga mengarahkan subjek untuk mempercepat/ memperlambat kayuhan. Target denyut nadi adalah 60% DJM.</p>
6.		<p>Setelah denyut nadi berada pada angka 60 – 65% DJM, maka subjek diminta untuk menjaga kestabilan kayuhan hingga 25 menit ke depan. Selama 25 menit ke depan, pasien tetap mengajak subjek berbicara untuk melihat intensitas latihan pada subjek. Jika subjek sudah terganggu dalam berkomunikasi, maka diminta untuk memperlambat kayuhan.</p>

7.		<p>Jika sudah memasuki menit ke 25, maka subjek diminta untuk memperlambat kayuhannya, sebagai bentuk pendinginan.</p>
8.		<p>Setelah menit ke 30, subjek diminta untuk berhenti mengayuh dan diambil darahnya lagi.</p>
9.		<p>Setelah diambil darahnya, subjek diminta untuk beristirahat dan minum air putih.</p>