

PENAMBAHAN NMES (*NEUROMUSCULAR ELECTRICAL STIMULATION*) PADA PILATES EXERCISE LEBIH BAIK DALAM MENINGKATKAN CORE STABILITY PADA REMAJA PUTRA TIDAK TERLATIH

Heri Priatna¹, Winata S²

¹STIKES Hang Tuah, Fisioterapis Fitness First

²Tanjung Pinang, Mall Taman Anggerak-Jakarta Barat
surya_w@yahoo.com

Abstrak

Latar Belakang: Remaja putra sangat perlu core muscles yang bagus untuk menunjang seluruh kegiatan yang ditekuninya. Jika core muscles yang dimilikinya tidak bagus, maka sangat berakibat cukup fatal terhadap pertumbuhan posture, dan ketidakmampuan mengantisipasi macam-macam cedera yang bisa dialaminya (*low back pain, hernia nucleus pulposus*, dll). Peranan core muscles terhadap posture sangatlah besar dan sangat berkaitan dengan keseluruhan extremitas tubuh karena merupakan topangan utama tubuh. Oleh karena itu, core muscles yang lemah dan tidak stabil bisa berakibat fatal ketika melakukan variasi kegiatan olahraga (*futsal, basket, dll*) yang mengakibatkan cedera pada extremitas (seperti: *rupture anterior cruciatum ligament, illiotibial band syndrome, patellofemoral pain*, dll). Oleh karena itu, penanganan yang dapat dilakukan oleh fisioterapi sebagai langkah pencegahan/prevention adalah dengan intervensi NMES (*Neuromuscular Electrical Stimulation*) dan *pilates exercise*. **Tujuan:** 1) Untuk mengetahui penambahan NMES (*Neuromuscular Electrical Stimulation*) pada pilates exercise lebih baik dalam meningkatkan core stability pada remaja putra tidak terlatih. 2) Untuk mengetahui penambahan NMES (*Neuromuscular Electrical Stimulation*) pada pilates exercise dapat meningkatkan core stability pada remaja putra tidak terlatih. 3) Untuk mengetahui pilates exercise dapat meningkatkan core stability pada remaja putra tidak terlatih. **Metode:** Rancangan yang digunakan yaitu True Eksperimental. Dalam penelitian ini menggunakan pendekatan Pre dan Post Test Control group Design. Sampel dalam penelitian ini adalah remaja putra berusia 13-22 tahun yang bukan atlet. Kondisi sampel diambil berdasarkan dengan kriteria inklusif dan eksklusif. Sampel dibagi menjadi 2 kelompok yaitu kelompok perlakuan dan kelompok kontrol. Kelompok perlakuan berjumlah 7 orang dengan pemberian NMES dan pilates exercise. Kelompok kontrol berjumlah 7 orang dengan pemberian *pilates exercise*. **Hasil:** Hasil dari uji normalitas dengan menggunakan saphiro-wilk test menunjukkan bahwa sampel penelitian berdistribusi normal. Sedangkan hasil uji homogenitas dengan menggunakan levene's test diperoleh hasil data yang homogen. Data pada kelompok perlakuan sebelum (pre) intervensi mean = 41 (SD = 5.033) dan sesudah (post) intervensi mean = 116 (SD = 3.146). Hasil uji hipotesis pada kelompok perlakuan dengan t-test related didapatkan nilai p = 0.000 yang berarti penambahan NMES pada *pilates exercise* dapat meningkatkan core stability pada remaja putra tidak terlatih. Pada kelompok kontrol, data sebelum (pre) intervensi mean = 41.71 (SD = 3.729) dan sesudah (post) intervensi mean = 98.29 (SD = 2.812). Dilakukan pengujian dengan t-test related didapatkan nilai p = 0.000 yang berarti pilates exercise dapat meningkatkan core stability pada remaja putra tidak terlatih. Pada kelompok perlakuan dan kelompok kontrol dengan data sesudah (post) intervensi kelompok perlakuan mean = 116 (SD = 3.830) dan data sesudah (post) intervensi kelompok kontrol mean = 98.29 (SD = 2.812) diuji dengan t-test independent untuk menguji signifikansi komparatif dua sampel yang tidak berpasangan (*independent*) didapatkan nilai p = 0.000 yang berarti penambahan NMES pada *pilates exercise* lebih baik dalam meningkatkan core stability pada remaja putra tidak terlatih. **Kesimpulan:** Penambahan NMES (*Neuromuscular Electrical Stimulation*) pada *pilates exercise* lebih baik dalam meningkatkan core stability pada remaja putra tidak terlatih.

Kata kunci: NMES, pilates exercise, core stability

Abstract

Background: Young men desperately need a good core muscles to support all activities are practiced. If the core muscles its not good, it is quite fatal consequences on growth posture, and the inability to anticipate the kinds of injuries that can be suffered (low back pain, herniated nucleus pulposus, etc.). The role of the core muscles of the posture is very large and very related to the extremities of the body as a whole is the main strut body. Therefore, the core muscles are weak and unstable can be fatal when doing variations of sports activities (indoor soccer, basketball, etc.) which result in injury to the extremities (such as rupture of the anterior cruciate ligament, illiotibial band syndrome, patellofemoral pain, etc.). Therefore, the treatment can be carried out by physiotherapists as a prevention measure is to intervention of NMES (Neuromuscular Electrical Stimulation) and Pilates exercise. **Objectives:** 1) To know the addition of NMES (Neuromuscular Electrical Stimulation) at pilates exercise better in improving core stability in untrained young men. 2) To know the addition of NMES (Neuromuscular Electrical Stimulation) at pilates exercise can increase core stability in untrained young men. 3) To know pilates exercise can increase core stability in untrained young men. **Methods:** The design used is True Experimental. In this study, using the approach of Pre and Post Test Control Group Design. The samples in this study were young men aged 13-22 years who are not athletes. Condition of the sample taken based on the inclusive and exclusive criteria. The samples were divided into 2 groups: the treatment group and the control group. Treatment groups amounted to 7 people with the provision of NMES and pilates exercise. The control group amounted to 7 people with the provision of pilates exercise. **Results:** The results of the test for normality by using the Shapiro-Wilk test showed that the study sample are normally distributed. While the results of the homogeneity test using Levene's test result data obtained homogeneous. Data in the treatment group before (pre) intervention mean = 41 (SD = 5,033) and after (post) the intervention mean = 116 (SD = 3.146). Hypothesis test results in the group treated with t-test related p value = 0.000, which means the addition of NMES on the pilates exercise can improve core stability in untrained young men. In the control group, the data before (pre) intervention mean = 41.71 (SD = 3,729) and after (post) the intervention mean = 98.29 (SD = 2.812). Tested with t-test related p value = 0.000 which means that pilates exercise can increase core stability in untrained young men. In the experimental group and the control group with the data after (post) the intervention of treatment group mean = 116 (SD = 3.830) and the data after (post) intervention of control group mean = 98.29 (SD = 2,812) were tested with t-test independent to test the significance of comparative unpaired two-sample (independent) p value = 0.000, which means the addition of NMES on the pilates exercise better in improving core stability in young untrained. **Conclusion:** The addition of NMES (Neuromuscular Electrical Stimulation) at pilates exercise better in improving core stability in young untrained

Keywords: NMES, pilates exercise, core stability

Pendahuluan

Core stability adalah kemampuan untuk mengontrol otot yang digunakan untuk menjaga stabilitas daerah sekitar tulang belakang bagian lumbal dan panggul. Ada banyak komponen yang berbeda dalam core stability yang masing-masing bagian otot untuk menstabilkan wilayah bagian tertentu. Stabilitas otot merupakan komponen yang sangat penting karena ketika stabilitas tercapai maka kekuatan dapat dihasilkan melalui kaki untuk berlari, melompat, menendang, dll (Elphinston, 2008).

Ada dua jenis otot yang digunakan ketika menstabilkan tulang belakang bagian lumbal dan panggul: local postural muscles dan global dynamic muscles. Local postural muscles

adalah kelompok otot yang letaknya lebih dalam. Kelompok otot ini berhubungan langsung dengan lumbar vertebrae dan sekitar thoracolumbar fascia yang menegang-melemas (tensing-relaxing) untuk memberikan stabilitas pada area tersebut. Kelompok otot ini terdiri dari: M. Multifidus, M. Transversus Abdominis, M. Diaphragma, M. Pelvic Floor. Sedangkan global dynamic muscles adalah kelompok otot yang dapat memproduksi torsi yang besar. Kelompok otot ini menghubungkan pelvic dan thoracic cage untuk memberikan stabilitas yang lebih umum ketika tulang belakang bergerak. Kelompok otot ini terdiri dari: M. Erector Spine (Longissimus dan Iliocostalis), M. Rectus

Abdominis, M. Internal Oblique, M. External Oblique (Scheumann, 2007).

Jadi, *core stability* paling baik dipahami sebagai aktivasi yang saling terintegrasi dari beberapa segmen/kelompok otot untuk menyediakan kekuatan/*force*, sebagai *proximal stability* untuk *distal mobility*, dan untuk menghasilkan momen yang interaktif (Kibler, 2006).

NMES (*Neuromuscular Electrical Stimulation*)

Sudah lama digunakan oleh kalangan fisioterapi sebagai salah satu cara untuk menghasilkan kontraksi otot secara buatan yang disebabkan otot/syaraf mengalami kelainan, gangguan, ataupun cedera. Dalam pelayanan rehabilitasi dan fisioterapi, NMES digunakan untuk mendidik kembali fungsi otot, membantu kontraksi otot, menguatkan otot, memelihara masa dan daya ledak otot selama immobilisasi yang lama dan untuk mencegah terjadinya atrofi dan kelemahan otot pada pasien dengan penyakit kronis. Sedangkan penggunaan NMES untuk orang sehat dan olahraga kompetitif telah banyak digunakan di berbagai cabang olahraga, seperti untuk penguatan otot dinding perut, pemain basket, hockey es dan cabang olahraga lainnya (Budi, 2013).

NMES (*Neuromuscular Electrical Stimulation*) merupakan teknik aplikasi dari stimulasi listrik kepada kelompok otot yang dituju melalui elektroda-elektroda yang ditempatkan pada kulit. Teknik aplikasi ini menghasilkan elisitasi kontraksi otot menggunakan impuls listrik. Impuls ini dihasilkan oleh NMES lalu disampaikan melalui elektroda-elektroda yang ditempatkan pada kulit kemudian dilanjutkan kepada kelompok otot tersebut untuk dirangsang. Impuls dari NMES tersebut meniru potensial aksi yang dihasilkan oleh sistem saraf pusat/central nervous system (CNS) yang menyebabkan otot berkontraksi (Yang, 2011).

a. Biofeedback

Biofeedback adalah proses umpan balik yang memanfaatkan informasi dari tubuh untuk mengajarkan/memberitahukan kepada individu agar mengenali apa yang terjadi di dalam otak, sistem saraf dan kelompok otot individu tersebut. *Biofeedback* mengacu pada teknik

apapun yang dapat digunakan sebagai instrumen bagi individu untuk melanjutkan sinyal perubahan pada fungsi tubuh yang biasanya terjadi secara tidak sadar, seperti fluktuasi tekanan darah, aktivitas gelombang otak, atau tegangan otot. Semakin sering dilatih, masukan informasi tersebut akan memungkinkan individu untuk mengendalikan fungsi-fungsi tersebut (Davis, 2009).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Mehmet Kirnap dan rekan-rekannya pada tahun 2005, NMES yang dilakukan pada latihan penguatan otot quadriceps memberikan informasi aktivitas elektrik dan ketegangan otot pada kelompok otot tersebut dengan dosis penelitian 3 kali dalam seminggu selama 5 minggu. Ternyata hasilnya (kekuatan otot quadriceps) meningkat lebih signifikan daripada kelompok kontrol yang hanya melakukan latihan penguatan otot quadriceps dengan dosis yang sama melalui hasil yang ditunjukkan pada EMG (*Electromyography*) dalam *peak torque level* dan *maximum contraction*.

Jadi, kekuatan otot dapat muncul lebih besar ketika latihan ditambah dengan *biofeedback*. NMES dapat membantu mengendalikan gerakan otot dan memberikan umpan balik berupa informasi tentang aktivitas kelompok otot tertentu yang kemudian memfasilitasi pengembangan otot untuk menghasilkan keuntungan yang signifikan (Mehmet, 2005).

b. Sensomotorik

Sensomotorik adalah adanya suatu rangsangan (*input*) pada sensorik (taktil, proprioseptif, sensasi suhu, sensasi nyeri) atau pancaindra (visual, audio, dll) yang diinformasikan ke korteks cerebri lalu diolah oleh otak untuk dikenali sehingga menghasilkan suatu reaksi (*output*) yang disalurkan ke otot untuk mencapai aktivitas gerak (motorik) yang halus, terarah, bertujuan dan berfungsi. Bagian *input* akan diolah oleh somatosensorik korteks sedangkan bagian *output* akan diolah oleh somatomotorik korteks (Gandevia, 2012).

Kajian tentang somatosensorik akan diperdalam dalam lingkup proprioseptif. Reseptor sistem proprioseptif terletak di dalam otot dan persendian, serta pada sistem indra taktil yang bergabung dengan sistem indra vestibular. Fungsinya untuk menyampaikan informasi (*input*) ke otak mengenai koordinasi

dari anggota tubuh, yang diekspresikan (*output*) dalam berbagai gerakan tubuh. Sistem indra proprioseptif memberikan informasi tentang: gerakan koordinasi motorik kasar dan halus yang membutuhkan ketepatan, posisi anggota tubuh (*body schema*), pembagian energi pada saat yang tepat (Gandasetiawan, 2009).

NMES (*Neuromuscular Electrical Stimulation*) merupakan salah satu modalitas fisioterapi yang dapat mempengaruhi sensomotorik pada bagian otot yang dituju. Dalam *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation* tahun 2004 dengan judul penelitian *Functional Magnetic Resonance Image Finding of Cortical Activation by Neuromuscular Electrical Stimulation on Wrist Extensor Muscles*, Hans et al, memaparkan hasil penelitiannya sebagai berikut: "Diantara 8 sampel yang diteliti, 7 sampel menunjukkan aktivasi yang signifikan pada *contralateral sensorymotor cortex* oleh *neuromuscular electrical stimulation* pada *wrist extensor muscles*. Dalam 7 sampel ini, diamati juga bahwa aktivasi pada *primary sensory cortex* sedikit lebih besar daripada aktivasi *primary motor cortex*. Jadi, *neuromuscular electrical stimulation* bila diterapkan pada otot perifer akan memiliki efek langsung pada *cortex cerebral* (Hans, 2004).

c. Irradiation

Pada tahun 1906, ilmuwan asal Inggris yang bernama Sir Charles Sherrington mengembangkan suatu prinsip/hukum pada sistem saraf mamalia (termasuk manusia) yang dikenal sebagai "*Law of Irradiation*". Prinsip ini menyatakan bahwa otot bekerja keras untuk merekrut otot tetangganya, dan jika otot-otot tersebut sudah terrekruit maka akan menguatkan keseluruhan otot. Impuls saraf yang dipancarkan oleh otot yang berkontraksi mencapai otot-otot tetangganya lalu mempengaruhi otot-otot tersebut untuk ikut dalam bagian kontraksi otot secara keseluruhan.

Untuk memahami "*Law of Irradiation*" pada otot, kita bisa memperhatikan gambar 2.22 yang ditampilkan ini dan bisa mencoba mempraktekkannya. Jika diperhatikan secara teknis, hanya otot-otot fleksor jari di lengan bawah saja yang dikepalkan. Tetapi pada realitanya, ketika permintaan tenaga

bertambah, otot-otot lain/tetangganya menjadi ikut terlibat dalam aksi tersebut. Hal ini dianalogikan seperti sebuah batu yang dijatuhkan ke dalam air akan mengirimkan riak-riaknya ke permukaan air tersebut. Ketegangan/*tension* dari otot-otot tersebut menyebar/*irradiates* secara langsung kepada otot-otot lain/tetangganya sebagai respon terhadap kontraksi yang sedang dilakukan otot tersebut. Semakin besar batu yang jatuh ke dalam air, semakin besar sebaran riak-riaknya ke permukaan air tersebut (Tsastouline, 2012).

NMES juga bekerja secara *irradiation* ketika diaplikasikan bersama dengan *isometric exercise* dengan syarat, otot yang dikontraksikan berada dibawah tegangan/*under tension*. Sebaran otot-otot tetangga yang terlibat akan lebih efektif bila *isometric exercise* dikombinasikan dengan NMES. Ada cara lain untuk menghasilkan *irradiation* pada NMES yaitu dengan frekuensi yang ditingkatkan hingga melampaui *tetany range* (>50 Hz). Tetapi cara ini akan membuat efek yang tak nyaman pada otot tersebut. Jadi, lebih baik penggunaan NMES pada *tetany range* (35-50 Hz) lalu dikombinasikan dengan *isometric exercise* (Moffat, 2008).

Pilates Exercise

Teknik Pilates, yang telah diperkenalkan pada tahun 1920an, adalah salah satu olah tubuh pertama di Barat yang melakukan pendekatan secara holistik untuk kebugaran dan kesejahteraan. Kepopuleran Pilates akhir-akhir ini selain disebabkan karena *trend* masa kini tapi juga kesadaran orang-orang akan pentingnya untuk melihat diri kita masing-masing dari berbagai sisi – *body, mind, life* (Archer, 2004).

Pilates melatih kembali tubuh, meningkatkan kekuatan dan kelenturan, meningkatkan keseimbangan, postur, *alignment* dan mengontrol otot. Pada akhirnya kita menjadi lebih handal dalam mengatur kegiatan kita sehari-hari secara lebih efisien dan efektif dengan kemungkinan cedera yang lebih kecil. Dengan latihan Pilates, tubuh kita bekerja secara keseluruhan, menjaga stabilitas tubuh, keseimbangan, *alignment* yang benar, kontrol otot yang baik dan pernafasan yang benar akan tetap terjaga saat sejumlah otot sedang bekerja (Pohlman, 2005).

Keenam prinsip Pilates (*Centering, Control, Flow, Breath, Precision, Concentration*) tersebut harus saling berpadu untuk menghasilkan latihan yang sukses. Metodenya sendiri lebih menekankan pada kualitas bukan kuantitas. Itulah sebabnya dalam Pilates jarang dilakukan pengulangan-pengulangan gerakan. Cukup dengan melakukan gerakan yang benar, teliti dan terkonsentrasi, kita akan mendapatkan hasil yang diinginkan dalam waktu yang relatif singkat (Powers, 2004).

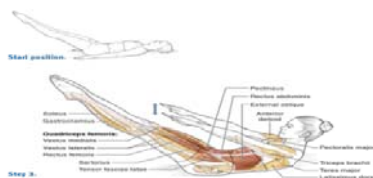
a. *Hundred Beginner - Advance*

Pilates memiliki berbagai macam teknik untuk melatih *core muscles*. Salah satu teknik yang dapat melatih *core muscles* adalah teknik *hundred*. Teknik ini merupakan salah satu teknik yang sangat bagus karena bisa mengenai beberapa segmen secara langsung pada *core muscles*, seperti M. Rectus Abdominis dan M. Oblique Externus, berdasarkan hasil EMG/Electromiografi (Olson, 2005). Menurut Kenney (2013), *hundred* juga melatih M. Transversus Abdominis karena sesuai dengan origo-insertio dari otot tersebut.



Gambar 1
Hundred Beginner Pilates

Teknik *hundred* yang dipaparkan diatas dengan pola tersebut disebut *Hundred Beginner*. Selain itu, teknik *hundred* juga memiliki variasi pola yang lebih sulit sehingga dapat mengaktifasi group otot yang lebih kompleks. Teknik *hundred* ini disebut *Hundred Advance*. Perbedaan antara dua variasi ini adalah terletak pada posisi lutut dan pinggulnya. *Hundred Beginner* posisi lutut dan pinggulnya 90° sedangkan *Hundred Advance* posisi lututnya 0° dan pinggulnya 60° serta posisi kedua lengan di samping tubuh tetapi diangkat lebih tinggi dari paha sekitar 15-20 cm (Zemo, 2006).



Gambar 2
Hundred Advance Pilates

Pada *Hundred Advance* memiliki cakupan otot yang lebih kompleks. Menurut Isacowitz (2011), teknik ini mencakup *targeted muscles* (otot yang ditargetkan) dan *accompanying muscles* (otot yang menyertai) yaitu:

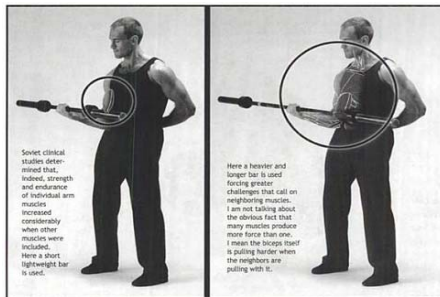
- *Targeted muscles*
 - *Spinal flexors: rectus abdominis, external oblique, internal oblique.*
 - *Hip flexors: iliopsoas, rectus femoris, sartorius, tensor fascia latae, pectineus.*
- *Accompanying muscles*
 - *Anterior spinal stabilizer: transversus abdominis.*
 - *Hip adductor: adductor longus, adductor brevis, adductor magnus, gracilis.*
 - *Knee extensors: quadriceps femoris.*
 - *Ankle-foot plantar flexors: gastrocnemius, soleus.*
 - *Shoulder extensors: pectoralis major (sternal), latissimus dorsi, teres major.*
 - *Shoulder flexors: pectoralis major (clavicular), anterior deltoid.*
 - *Elbow extensors: triceps brachii.*

Hundred Advance merupakan teknik yang memberikan tantangan untuk mencapai *core stability* dengan menjaga posisi *spinal flexion*, kaki yang terangkat 60°, lutut yang lurus/ekstensi 0°, dan lengan yang terangkat (sambil terus bergerak ke atas-bawah) dengan konstan. Tetapi tidak semua orang mampu dengan langsung melakukan teknik ini karena biasanya kaki tidak terangkat 60° di atas matras melainkan hanya terangkat sedikit dari matras dan ini memberikan efek yang buruk. Kekuatan dan stabilitas *hip flexors* (rectus femoris dan iliopsoas) yang belum cukup *adequate*/memadai akan menyebabkan terjadinya *anterior pelvic tilt* yang akan mengakibatkan *inadequate abdominal stabilisation*. Oleh karena itu, jangan langsung melakukan *Hundred Advance* melainkan mulailah dari *Hundred Beginner* (Clippinger, 2011).

b. *Pilates Irradiation*

Irradiation merupakan salah satu alasan mengapa *bench press* lebih efektif dalam meningkatkan kekuatan otot daripada *triceps pushdowns*. Berdasarkan salah satu penelitian di sebuah klinik di Soviet, peningkatan

kekuatan dan daya tahan pada otot lengan akan signifikan ketika otot-otot lain juga ikut terlibat. Seperti pada gambar 3 ketika lengan mengangkat benda yang semakin panjang maka otot yang terlibat akan semakin kompleks. Dengan kata lain, di dalam kesatuan otot terletak kekuatan otot yang optimal (Tsastouline, 2012).



Gambar 3
Iradiasi Mengangkat Benda yang semakin panjang.

Berdasarkan prinsip *irradiation* inilah, teknik *hundred* pada pilates sangat lebih efektif daripada *sit up* dalam meningkatkan kekuatan, daya tahan dan keseimbangan otot abdominal bahkan otot-otot tetangganya juga ikut berbagian dalam kontraksi otot abdominal tersebut dan terlatih secara bersamaan. Maka dari itu, *accompanying muscles* (otot-otot yang menyertai) pada saat teknik *hundred* dilakukan merupakan bukti nyata implementasi dari prinsip *irradiation* (Isacowitz, 2011).

Metode Penelitian

Metode penelitian ini bersifat *true eksperimental* dengan *pre-test post-test control group design*. Dimana kelompok dibagi atas dua kelompok. Kelompok perlakuan diberikan penambahan NMES pada *pilates exercise* sedangkan kelompok kontrol diberikan *pilates exercise*.

Core stability diukur dengan *modified prone plank test*. Hasil pengukuran *core stability* tersebut akan dianalisa dan dibandingkan antara kelompok perlakuan dan kelompok kontrol.

Baik dalam kelompok perlakuan dan kelompok kontrol dengan penerapan dosis masing-masing, penelitian akan dijalankan selama 4 minggu dengan 3 kali pertemuan setiap minggunya. Pengukuran/pengambilan data awal pada *sample* dilakukan pada awal sebelum dilakukan intervensi secara

keseluruhan, yaitu pada minggu I. Pengukuran/pengambilan data pada *sample* sesudah intervensi dilakukan setiap minggu (setiap 3x intervensi) untuk melihat grafik peningkatan *core stability*.

Teknik pengambilan sampel yang digunakan pada penelitian ini menggunakan rumus Pocock. Berdasarkan penghitungan didapatkan jumlah sampel penelitian adalah 7 orang pada masing-masing kelompok.

Remaja putra usia 13-22 tahun yang ada di Gereja Sidang Pantekosta Di Indonesia (GSPDI) Kristus Gembala yang akan dijadikan sampel menjadi dua kelompok. Dari jumlah remaja yang terdata, diminta kesediannya untuk menjadi sampel pada penelitian, maka dilakukan pemeriksaan fisioterapi yang sesuai dengan kebutuhan penelitian.

Adapun kriteria sampel penelitian yang akan diambil oleh peneliti adalah sebagai berikut:

1. Kriteria Penerimaan (*inclusive criteria*)
 - a. Remaja putra
 - b. Berusia 13 – 22 tahun.
 - c. *Normal weight* (berat badan normal).
 - d. Bukan atlet maupun yang rutin ikut program *fitness*.
 - e. Kondisi tubuh sehat tanpa kelainan otot (tidak menderita suatu penyakit seperti *guillain barre syndrome*, dll)
 - f. Sampel bersedia bekerjasama dan mengikuti program penelitian secara keseluruhan.
2. Kriteria Penolakan (*exclusive criteria*)
 - a. Menderita suatu kelainan otot (menderita *syndrome* penyakit otot dan penyakit lainnya yang termasuk kategori kelainan otot).
 - b. Melakukan kegiatan olahraga (*sit up, push up, jogging*, dll) selama penelitian berlangsung walaupun aktivitas tersebut tidak rutin.
 - c. Mengikuti kegiatan ekstrakurikuler (siswa) maupun unit kegiatan kampus (mahasiswa) yang bersifat aktivitas fisik.
3. Kriteria Pengguguran
 - a. Sampel yang tidak mengikuti program sampai akhir penelitian.
 - b. Sampel yang datang tidak teratur.

- c. Sampel menyatakan pengunduran diri dari penelitian yang dilakukan.

Hasil dan Pembahasan

1. Deskripsi Data

Dari hasil penelitian pada kelompok perlakuan dan kelompok kontrol, peneliti memberikan deskripsi atau gambaran sampel mengenai karakteristik sampel dalam kelompok tersebut. Deskripsi sampel dibuat dalam bentuk distribusi frekuensi dan juga gambaran berupa grafik. Adapun karakteristik sampel yang dideskripsikan antara lain:

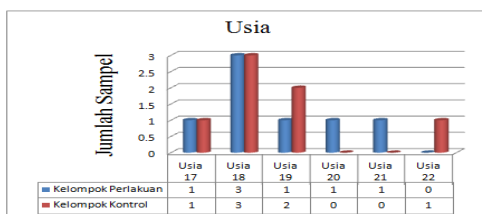
- a. Karakteristik Berdasarkan Usia

Tabel 1
Karakteristik Berdasarkan Usia

Usia (Tahun)	Kelompok Perlakuan		Kelompok Kontrol	
	Jumlah	%	Jumlah	%
17	1	14.3	1	14.3
18	3	42.9	3	42.9
19	1	14.3	2	28.6
20	1	14.3	-	-
21	1	14.3	-	-
22	-	-	1	14.3
Total	7	100	7	100

Berdasarkan data table 1 karakteristik sampel menurut usia pada kelompok perlakuan maupun kelompok kontrol sama-sama lebih banyak pada usia 18 tahun dengan jumlah sample sebanyak 3 orang (42.9 %). Sedangkan 4 sampel lainnya pada masing-masing kelompok memiliki perbandingan umur yang saling berdekatan.

Distribusi sampel berdasarkan kelompok usia diatas dapat digambarkan dalam grafik berikut ini:



Grafik 1
Karakteristik Berdasarkan Usia

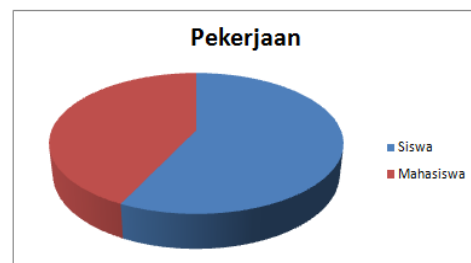
- b. Karakteristik Berdasarkan Pekerjaan

Tabel 2
Karakteristik Berdasarkan Pekerjaan

Pekerjaan	Kelompok Perlakuan		Kelompok Kontrol	
	Jumlah	%	Jumlah	%
Siswa	4	57.1	4	57.1
Mahasiswa	3	42.9	3	42.9
Total	7	100	7	100

Berdasarkan tabel 2 pada kelompok perlakuan dan kelompok kontrol, jenis pekerjaan seluruh sampel adalah sebagai siswa sebanyak 8 orang (4 orang – 57.1% pada masing-masing kelompok) dan sebagai mahasiswa sebanyak 6 orang (3 orang – 42.9% pada masing-masing kelompok) dengan jumlah sampel pada kelompok perlakuan sebanyak 7 orang (100%) dan jumlah sampel pada kelompok kontrol sebanyak 7 orang (100%).

Distribusi sampel berdasarkan kelompok pekerjaan diatas dapat digambarkan dalam grafik berikut ini:



Grafik 2
Karakteristik Berdasarkan Pekerjaan

- c. Karakteristik Berdasarkan BMI

Tabel 3
Karakteristik Berdasarkan BMI –
Kelompok Perlakuan

Sampel	Kelompok Perlakuan				
	Usia (tahun)	Berat Badan (kg)	Tinggi badan (m)	BMI	Keterangan
1	17	68	1.75	22.20	Normal
2	18	64	1.70	22.15	Normal
3	20	53	1.62	20.20	Normal
4	18	53	1.55	22.06	Normal
5	18	51	1.58	20.43	Normal
6	21	59	1.65	21.67	Normal
7	19	68	1.78	21.46	Normal

Tabel 4
Karakteristik Berdasarkan BMI –
Kelompok Kontrol

Sampel	Kelompok Kontrol				
	Usia (tahun)	Berat Badan (kg)	Tinggi badan (m)	BMI	Keterangan
1	19	64	1.71	21.89	Normal
2	18	56	1.63	21.08	Normal
3	18	62	1.69	21.71	Normal
4	17	60	1.69	21.01	Normal
5	22	62	1.68	21.97	Normal
6	18	64	1.73	21.38	Normal
7	19	58	1.66	21.05	Normal

Berdasarkan tabel 3 pada kelompok perlakuan dan tabel 4 pada kelompok kontrol, didapatkan data secara keseluruhan bahwa BMI para sampel termasuk dalam kategori *normal weight* (berat badan normal). Oleh karena itu, BMI

para sampel antara kelompok perlakuan maupun kelompok kontrol bukanlah suatu faktor yang akan mempengaruhi perbedaan pencapaian hasil antar sampel dalam menjalani rangkaian penelitian ini.

- d. Hasil serta Selisih *Core Stability Pre* dan *Post* Latihan pada Kelompok Perlakuan dan Kontrol

Pengukuran *core stability* dilakukan dengan menggunakan *modified prone*

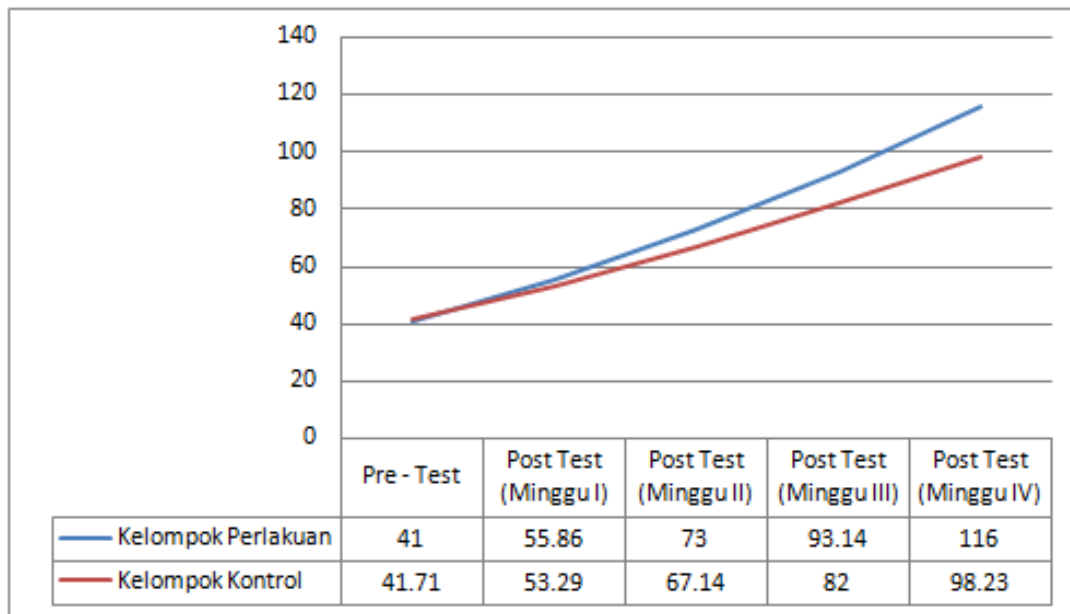
plank test pada kelompok perlakuan dan kontrol. *Pre* menunjukkan hasil sebelum latihan pertemuan 1 dan *post* menunjukkan hasil setelah latihan setiap 3x pertemuan sehingga akan di dapat 4x data pada akhir latihan. Hasil dari pengukuran *core stability* beserta nilai selisihnya setelah penambahan NMES pada *pilates exercise* dan *pilates exercise* adalah sebagai berikut:

Tabel 5
Hasil serta Selisih *Core Stability Pre* dan *Post* Latihan pada Kelompok Perlakuan (data dalam detik)

Sampel	Usia (tahun)	Kelompok Perlakuan					Selisih
		<i>Pre</i>	<i>Post</i> Minggu I	<i>Post</i> Minggu II	<i>Post</i> Minggu III	<i>Post</i> Minggu IV	
1	17	41	56	72	91	113	72
2	20	50	66	82	101	121	71
3	18	45	59	77	97	120	75
4	18	39	55	74	95	118	79
5	18	36	50	67	87	111	75
6	21	40	54	70	90	113	73
7	19	36	51	69	91	116	80
Mean		41	55.86	73	93.14	116	75
SD		5.03	5.40	5.16	4.78	3.83	3.42
Nilai tertinggi		50	66	82	101	121	
Nilai terendah		36	50	67	87	111	

Tabel 6
Hasil serta Selisih *Core Stability Pre* dan *Post* Latihan pada Kelompok Kontrol (data dalam detik)

Sampel	Usia (tahun)	Kelompok Kontrol					Selisih
		<i>Pre</i>	<i>Post</i> Minggu I	<i>Post</i> Minggu II	<i>Post</i> Minggu III	<i>Post</i> Minggu IV	
1	19	40	51	65	80	97	57
2	18	37	49	63	78	94	57
3	18	42	55	70	85	101	59
4	17	39	51	65	81	99	60
5	22	45	56	69	83	99	54
6	18	48	58	71	86	102	54
7	19	41	53	67	81	106	55
Mean		41.71	53.29	67.14	82	98.29	56.57
SD		3.73	3.20	2.97	2.83	2.81	2.31
Nilai tertinggi		48	58	71	86	102	
Nilai terendah		37	49	63	78	94	



Grafik 3

Hasil Core Stability Pre dan Post Latihan pada Kelompok Perlakuan dan Kontrol

2. Uji Persyaratan Analisis

a. Uji Normalitas dan Homogenitas

Untuk mengetahui apakah pada awal penelitian antara kelompok perlakuan dan kelompok kontrol berangkat dari satu kondisi yang sama, maka peneliti melakukan uji normalitas antara dua kelompok perlakuan dengan menggunakan *saphiro-wilk test* karena sampel kurang dari 30 orang. Sedangkan, untuk mengetahui varian dari kelompok perlakuan dan kelompok kontrol, maka dilakukan uji homogenitas dengan menguji uji *levene's test*.

Untuk mendapatkan gambaran dari distribusi data nilai *core stability* setelah latihan pada kelompok perlakuan dan kelompok kontrol dapat dilihat dalam tabel 7 dibawah ini:

Tabel 7
Uji Normalitas dan Uji Homogenitas

Variabel	Nilai p Shapiro-wilk-test	Keterangan	Nilai p Levene's test	Keterangan
Pre Kelompok Perlakuan	0.367	Normal	0.536	Homogen
Pre Kelompok Kontrol	0.828	Normal		
Post Kelompok Perlakuan	0.571	Normal	0.317	Homogen
Post Kelompok Kontrol	0.828	Normal		
Selisih Kelompok Perlakuan	0.446	Normal	0.466	Homogen
Selisih Kelompok Kontrol	0.389	Normal		

Hasil dari uji normalitas dengan menggunakan *saphiro-wilk test* menunjukkan bahwa sampel penelitian berdistribusi normal. Sedangkan hasil uji homogenitas dengan menggunakan *levene's test* diperoleh hasil data yang homogen.

b. Uji Hipotesis I

Pada kelompok perlakuan digunakan *t-test related*, untuk menguji signifikansi dua sampel yang saling berpasangan (*related*) kriteria penerimaan yang ditetapkan adalah H_0 diterima bila nilai $p >$ nilai α (0,05).

Tabel 8
Uji Hipotesis I *t-test related*

Variabel	Mean	Standar deviasi	p
Pre Kelompok Perlakuan	41	5.033	0.000
Post (Minggu IV) Kelompok Perlakuan	116	3.146	

Berdasarkan tabel 8 di atas terdapat perbedaan data pada pertemuan pertama (*pre*) nilai *mean* = 41, sedangkan data pada pertemuan terakhir (*post*) nilai *mean* = 75. Dari data uji tersebut didapatkan nilai $p = 0.000$ dimana $p < 0.05$. Hal ini berarti

Ho ditolak dan Ha diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa **penambahan NMES pada pilates exercise dapat meningkatkan core stability pada remaja putra tidak terlatih.**

c. Uji Hipotesis II

Pada kelompok kontrol digunakan *t-test related*, untuk menguji signifikansi dua sampel yang saling berpasangan (*related*) kriteria penerimaan yang ditetapkan adalah Ho diterima bila nilai $p > \alpha$ (0,05).

Tabel 9
Uji Hipotesis II *t-test related*

Variabel	Mean	Standar deviasi	p
PreKelompok Kontrol	41.71	3.729	0.000
Post(Minggu IV) Kelompok Kontrol	98.29	2.812	

Berdasarkan table 9 di atas terdapat perbedaan data pada pertemuan pertama (*pre*) nilai *mean* = 41.71, sedangkan data pada pertemuan terakhir (*post*) nilai *mean* = 98.29. Dari data uji tersebut didapatkan nilai $p = 0.000$ dimana $p < 0.05$. Hal ini berarti Ho ditolak dan Ha diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ***pilates exercise* dapat meningkatkan *core stability* pada remaja putra tidak terlatih.**

d. Uji Hipotesis III

Pada kelompok perlakuan dan kelompok kontrol digunakan dengan *t-test independent* untuk menguji signifikansi komparatif dua sampel yang tidak berpasangan (*independent*). Kriteria penerimaan yang ditetapkan adalah Ho diterima bila nilai $p > \alpha$ (0,05).

Tabel 10
Uji Hipotesis II *t-test related*

Variabel	Mean	Standar deviasi	p
PostKelompok Perlakuan	116	3.830	0.000
PostKelompok Kontrol	98.29	2.812	

Berdasarkan tabel 10 di atas terdapat perbedaan antara nilai *mean core stability* setelah latihan pada kelompok perlakuan = 116, dengan nilai *mean core stability* setelah latihan pada kelompok kontrol = 98.29. Dari data uji tersebut didapatkan nilai $p = 0.000$ dimana $p < 0.05$. Hal ini berarti Ho ditolak dan Ha diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa **penambahan NMES pada pilates exercise lebih baik dalam meningkatkan core stability pada remaja putra tidak terlatih.**

Penelitian dari hasil uji hipotesa yang telah dilakukan oleh 14 orang sampel yang terbagi dalam dua kelompok perlakuan yaitu kelompok perlakuan dan kelompok kontrol dengan masing-masing berjumlah 7 orang sampel. Dimana pada kelompok perlakuan diberikan NMES dan *pilates exercise* sedangkan pada kelompok kontrol diberikan *pilates exercise*. Pada kedua kelompok tersebut didapatkan hasil pada uji *mean* berupa perbedaan *core stability* yang signifikan antara penambahan NMES pada *pilates exercise* dengan *pilates exercise*.

Adapun data-data yang terdapat dalam pendeskripsian dan pendistribusian data antara lain menurut usia (tabel 4.1), pada kelompok perlakuan maupun kelompok sama-sama didominasi oleh usia 18 tahun dengan persentase 42.9% pada masing-masing kelompok.

Pada data karakteristik sampel berdasarkan pekerjaan (tabel 4.2) didapatkan hasil berupa pekerjaan semua sampel kelompok perlakuan dan kelompok kontrol adalah 4 orang siswa (57.1%) dan 3 orang mahasiswa (42.9%) pada masing-masing kelompok.

Sedangkan data berdasarkan karakteristik BMI (*Body Mass Index*) didapatkan hasil pada kelompok perlakuan (tabel 4.3) dan kelompok kontrol (tabel 4.4) dengan seluruh sampel (14 orang) termasuk kategori *normal weight*/berat badan normal.

Hasil penelitian pada hipotesa I diuji menggunakan *t-test related* pada kelompok perlakuan yang berjumlah 7 orang sampel dengan pemberian NMES dan *pilates exercise*. Pengukuran *core stability* dengan *modified prone plank test* yang menggunakan *stopwatch* untuk penghitungan dalam detik pada tabel 4.8

data sebelum (*pre*) intervensi $mean = 41$ ($SD = 5.033$) sedangkan data sesudah (*post*) intervensi $mean = 116$ ($SD = 3.146$). Dengan *t-test related* didapatkan nilai $p = 0.000$ dimana $p < 0.05$. Hal ini berarti H_0 ditolak dan H_a diterima yang menunjukkan bahwa kelompok perlakuan terdapat peningkatan *core stability* yang signifikan antara *pre* dan *post* diberikan NMES dan *pilates exercise*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan NMES (*neuromuscular electrical stimulation*) pada *pilates exercise* dapat meningkatkan *core stability* pada remaja putra tidak terlatih.

Hal ini dikarenakan, NMES mempunyai tiga pengaruh yang sangat penting: *biofeedback*, *sensomotorik*, *irradiation*. NMES yang diimplementasikan pada penelitian ini memiliki efek-efek terhadap fisiologis tubuh sebagai berikut: efek *biofeedback* untuk meningkatkan *recruitment motor unit*, efek *sensomotorik* untuk merangsang proprioseptif sehingga meningkatkan koordinasi otot, dan efek *irradiation* dengan meningkatkan tegangan/*tension* otot sehingga meningkatkan sinergisitas sebaran kontraksi otot-otot sekitar. Oleh karena itulah, ketika NMES dikombinasikan dengan suatu bentuk latihan untuk tujuan tertentu maka NMES akan lebih mengoptimalkan tujuan dari latihan tersebut. Dalam hal ini, *pilates exercise* yang bertujuan untuk peningkatan *core stability* akan dibantu oleh NMES mencapai optimalisasi tujuan tersebut.

Misalkan dalam penelitian yang dilakukan oleh Kirnap dan kawan-kawan (2005) dalam jurnal: "*The Efficacy of EMG-biofeedback Training on quadriceps muscle strength in patients after arthroscopic meniscectomy*", NMES sangat efektif untuk meningkatkan kekuatan M. Quadriceps dengan fokus pada M. Vastus Medialis dan M. Vastus Lateralis melalui peningkatan kekuatan kontraksi otot pada para sampel pasca operasi arthroscopic meniscectomy.

Ada juga penelitian yang dilakukan oleh Pocari dan kawan-kawan (2005) dalam jurnal: "*The Effective Neuromuscular Electrical Stimulation Training on Abdominal Strength, Endurance and Selected Anthropometry Measures*", NMES sangat signifikan dalam meningkatkan kekuatan dan ketahanan otot abdomen, penurunan lingkaran pinggang dan meningkatkan ketegangan (*firmness* dan *tone*)

pada perut. Hal ini dikarenakan terjadi peningkatan kekuatan kontraksi otot melalui NMES tersebut.

Melalui hasil kajian dari kedua penelitian tersebut, peneliti lebih membuktikan dan mempertegas lagi signifikansi dari NMES dari penelitian sendiri yang telah dilakukan dan ternyata H_0 ditolak. Dengan demikian, signifikansi NMES memang nyata baik secara teori maupun penerapan.

Hasil penelitian pada hipotesa II diuji menggunakan *t-test related* pada kelompok kontrol yang berjumlah 7 orang sampel dengan pemberian *pilates exercise*. Pengukuran *core stability* dengan *modified prone plank test* yang menggunakan *stopwatch* untuk penghitungan dalam detik pada tabel 4.9 data sebelum (*pre*) intervensi $mean = 41.71$ ($SD = 3.729$), sedangkan data sesudah (*post*) intervensi $mean = 98.29$ ($SD = 2.812$). Dengan *t-test related* didapatkan nilai $p = 0.000$ dimana $p < 0.05$. Hal ini berarti H_0 ditolak dan H_a diterima yang menunjukkan bahwa kelompok kontrol terdapat peningkatan *core stability* yang signifikan antara *pre* dan *post* diberikan *pilates exercise*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *pilates exercise* dapat meningkatkan *core stability* pada remaja putra tidak terlatih.

Hal ini dikarenakan, *pilates exercise* merupakan latihan dengan konsep mengontrol pikiran saat melakukan teknik-teknik latihan yang ada pada *pilates exercise* itu sendiri. Melalui pengontrolan pikiran, terjadi peningkatan kontrol otot yang akan berdampak pada dua hal: peningkatan kekuatan otot dan membentuk co-kontraksi yang tepat serta proporsional. Ketika co-kontraksi ini terjadi, maka akan terjadi peningkatan *core stability*. Bahkan, *pilates exercise* dalam pemaparan oleh Isacowitz (2011) mengatakan bahwa terjadi *irradiation* saat melakukan teknik-teknik dalam *pilates exercise* yang melibatkan otot-otot sekitar (*accompanying muscles*) selain otot-otot yang sudah ditargetkan (*targeted muscles*) sehingga pembentukan *core stability* menjadi lebih efektif dan optimal.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Kim dan kawan-kawan (2014) dalam jurnal: "*The Effect of 12 weeks Prop Pilates Exercise Program (PPEP) on Body Stability and Pain for Fruit Farmer with MSDS*", *pilates exercise* secara signifikan meningkatkan stabilitas tubuh lateral-medial dan anterior-posterior pada para

pria dan para wanita berusia 50-65 tahun yang bekerja sebagai petani buah. Selain itu, dilakukan juga pengukuran nyeri menggunakan VAS dan ternyata menunjukkan penurunan nyeri yang signifikan.

Adapun penelitian lain yang dilakukan oleh Guclu-Gunduz dan kawan-kawan (2014) dalam jurnal: "*The Effect of Pilates on Balance, Mobility and Strength in Patients with Multiple Sclerosis*" menunjukkan bahwa *pilates exercise* dapat mengembangkan keseimbangan, mobilitas dan kekuatan otot pasien Multiple Sclerosis secara signifikan daripada *abdominal breathing exercise* dan latihan aktif biasa pada setiap extremitas.

Setelah melihat pembahasan dari kedua jurnal tersebut dan hasil kajian dari hipotesis II tersebut, peneliti melihat keluasan manfaat *pilates exercise* terhadap *core muscles* yang berdampak positif juga pada *extremity muscles*. Hal ini menunjukkan bahwa *pilates exercise* merupakan rangkaian latihan yang sangat sinergi pada tubuh secara keseluruhan. Oleh karena itu, *pilates exercise* dalam kaitan dengan *core stability* pada penelitian ini menunjukkan H_0 ditolak adalah sangat jelas dalam pembuktian pengukuran tersebut.

Berdasarkan pada tabel 10, pada hipotesis III sampel masing-masing kelompok 7 orang nilai *core stability* setelah latihan *post* untuk kelompok perlakuan dengan nilai $mean = 116$ ($SD = 3.830$), sedangkan nilai *core stability* setelah latihan *post* untuk kelompok kontrol didapatkan nilai $mean = 98.29$ ($SD = 2.812$). Dengan *t-test independent* didapatkan hasil nilai $p = 0,000$ dimana $p < 0,05$, sehingga H_0 ditolak dan H_a diterima. Sehingga disimpulkan bahwa penambahan NMES (*neuromuscular electrical stimulation*) pada *pilates exercise* lebih baik dalam meningkatkan *core stability* pada remaja putra tidak terlatih.

Hal ini dikarenakan, terjadi kombinasi yang sangat baik antara NMES dan *pilates exercise*. NMES lebih mengarah pada sistem neuromuskuler sedangkan *pilates exercise* lebih mengarah pada sistem muskuloskeletal tetapi bukan berarti NMES dan *pilates exercise* tidak mempengaruhi salah satu dari dua sistem tersebut. Melalui gabungan kedua intervensi ini jelas akan lebih baik dari pada salah satu dari intervensi tersebut karena saat NMES menghasilkan efek *biofeedback* untuk peningkatan *recruitment motor unit* maka

langsung disambut dengan bentuk teknik yang tepat dari *pilates exercise* sehingga peningkatan kekuatan motorik yang terbentuk menjadi lebih signifikan.

Melalui efek *sensomotorik* yang dihasilkan oleh NMES, terjadi perangsangan proprioseptif untuk membentuk koordinasi otot melalui sistem piramidal dan ekstra piramidal. *Pilates exercise* yang sedang dilakukan berdampingan dengan NMES akan menghasilkan optimalisasi koordinasi otot yang akan berdampak pada peningkatan kekuatan kontraksi otot sekitar, peningkatan stabilitas tulang belakang dan peningkatan *core stability*.

Lalu, pada NMES maupun *pilates exercise* sama-sama memiliki efek *irradiation* sehingga terbentuk *double irradiation* melalui mekanisme yang sama. Oleh karena itu, sinergisitas kontraksi *core muscles* utama dan *core muscles* pendamping mengalami peningkatan yang lebih signifikan ketika terbentuk *double irradiation* tersebut.

Walaupun belum ada jurnal penelitian yang menggabungkan NMES dengan *pilates exercise*, penambahan NMES (*neuromuscular electrical stimulation*) pada *pilates exercise* jelas akan lebih baik daripada hanya *pilates exercise* saja. Hal ini dapat dilihat dari kajian teori dari kedua intervensi ini dan penerapan penggunaan NMES yang disesuaikan dengan aturan *pilates exercise* tersebut dalam menjalankan penelitian yang menunjukkan signifikansi melalui *t-test independent*. Dengan hasil H_0 ditolak, jelaslah bahwa gabungan kedua jenis intervensi ini sangatlah efektif dan optimal untuk diterapkan pada instansi-instansi kesehatan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan diatas maka kesimpulan yang dapat diambil adalah penambahan NMES (*Neuromuscular Electrical Stimulation*) pada *Pilates Exercise* dapat meningkatkan *core stability* pada remaja putra tidak terlatih, *pilates exercise* dapat meningkatkan *core stability* pada remaja putra tidak terlatih, penambahan NMES (*Neuromuscular Electrical Stimulation*) pada *Pilates Exercise* lebih baik dalam meningkatkan *core stability* pada remaja putra tidak terlatih.

Daftar Pustaka

- Akuthota Venu, Andrea Ferreiro, Tamara Moore, Michael Fredericson, "Core Stability Exercise Principles", 2008. available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18296944>. Date of access: 21 November 2013. Pubmed by National Center for Biotechnology Information.
- Amato Anthony, Russel James, "Neuromuscular Disorders", McGraw-Hill Companies, Philadelphia, 2008
- Archer Shirley Sugimura, Kaufman Nicole, "Pilates Fusion: Well-Being for Body, Mind and Spirit", Chronicle Books, California, 2004
- Baechle Thomas R., Earle Roger W, "Essentials Strength Training and conditioning, third edition National Strength & conditioning Association", Human Kinetics, USA, 2008
- Baker Lucinda, "Neuromuscular Electrical Stimulation: A Practical Guide", Los Amigos Research and Education Institute, Incorporated, California, 2010
- Barret Kim E, Susan M. Barman, Scott Boitano, Heddwen Brooks, "Ganong's Review of Medical Physiology: Properties of Sensory Receptor", McGraw-Hill Professional, Philadelphia, 2012
- Bear Mark F., Barry W. Connor, Michael A. Paradiso, "Neuroscience: Exploring The Brain", Lippincott Williams and Willins, USA, 2007
- Brockenshire Geoff, "Core Stability and Training: Two Principles that should be not separated", 2011. available at: <http://ssop.com.au/blog/core-strength-and-strength-training-two-principles-that-should-not-be-separated/>. Date of access: 10 April 2014. Physiotherapy Sydney Sport and Orthopaedic.
- Brown Lee E, "Strength Training", Human Kitenic, USA, 2007
- Brown, Stanley P., Miller Wayne C., Eason Jane M, "Exercise Physiology: Basic of Human Movement in Health and Disease", Lippincott Williams and Wilkins, USA, 2006
- Budiman G, "Basic Neuroanatomical Pathways: Somatic Nervous System", 2nd edition, Penerbit FK UI, Jakarta, 2009
- Budnik Vivian, Catalina Ruiz Canada, "The Fly Neuromuscular Junction: Structure and Function", 2nd edition, Elsevier Inc, USA, 2006
- Campbell William W, "De-Jong's The Neurologic Examination", 7th edition, Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, 2013
- Chaitow Leon, "Muscle Energy Technique", fourth edition, Churchill Livingstone Elsevier, China, 2013
- Coleman John, Leo B. Hendry, Marion Kloep, "Adolescence and Health", John Wiley & Sons Ltd, England, 2007
- Corey Kathy, "Total Core Fitness: Stronger, Leaner and Fitter to The Core", Murdoch Books Pty Limited, Singapore, 2006
- Corwin Elisabeth J, "Handbook of Patofisiology", 3rd edition, Lippincott Williams and Wilkins, USA, 2008
- Dalton Erik, "Core Stability and Back Pain", 2011. available at: <http://erikdalton.com/media/published-articles/dont-get-married/>. Date of access: 12 April 2014. Dalton Myoskeletal by Freedom From Pain Institute.
- Davis Carol M, "Complementary Therapies in Rehabilitation: Evidence of Efficacy in Therapy, Prevention, and Wellness", Third Edition, SLACK Incorporated, USA, 2009
- Deswita, "Psikologi Perkembangan", Remaja Rosdakarya, Bandung, 2006

- Ebashi Setsuro, Iwao Ohtsuki, "Regulatory of Mechanism Striated Muscle Contraction", Springer, Japan, 2007
- Elphinston Joanne, "Stability, Sport and Performance Movement: Great Technique Prevent Injury", Lotus Publishing, UK, 2008
- Erkert Jan, "Harnessing The Wind: The Art of Teaching Modern Dance", Human Kinetic, USA, 2004
- Fischman Donald A, "Skeletal Muscle & Muscular Dystrophy: A Visual Approach", Morgan & Claypool Life Sciences, New York, 2009
- Franz Shepherd Ivory, "On The Function of The Cerebrum", Bibliobazaar, Charleston, 2011
- Gandasetiawan R. Zimmer, "Mengoptimalkan IQ dan EQ Anak melalui Metode Somatomotorik", Libri, Jakarta, 2009
- Gandevia C. Simon, Uwe Proske, Douglas G. Stuart, "Sensorimotor Control of Movement and Posture", Springer, London, 2012
- Gunclu-Gunduz A, Citaker S, Irkec C, Nazliel B, Batur-Caqlayan H. Z, "The Effect of Pilates on Balance, Mobility and Strength in Patients with Multiple Sclerosis", 2014. available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23949064>. Date of access: 07 Juni 2014. Pubmed by National Center for Biotechnology Information.
- Guyton & Hall, "Text Book of Medical Physiology", twelfth edition, Saunders Elsevier, Philadelphia, 2011
- Hagerty Laura Lynn, "The Role of ZIP Kinase in Smooth Muscle Contraction", ProQuest LLC, USA, 2007
- Hans B.S., Jang S.H., Chang Y., Byun W.M., Kang D.S, "Functional Magnetic Resonance Image Finding of Cortical Activation by Neuromuscular Electrical Stimulation on Wrist Extensor Muscles", 2004. available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12510180>. Date of access: 02 April 2014. Pubmed by National Center for Biotechnology Information.
- Hinklers, "Pilates Three In One: Improve Strength, Flexibility and Stability", Hinklers Books, Sydney, 2006
- Hodges P. W., Carolyn Richardson, "Inefficient Muscular Stabilization of The Lumbar Spine Associated with Low Back Pain: A Motor Control Evaluation of Transversus Abdominis", 2006. available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8961451>. Date of access: 02 April 2014. Pubmed by National Center for Biotechnology Information.
- Holcomb J, "A Randomized Controlled Trial of Functional Neuromuscular Stimulation in Chronic Stroke Subjects", 2006. available at: <http://stroke.ahajournals.org/content/37/1/172.long>. Date of access: 02 April 2014. American Heart Association.
- Irfan Muhammad, "Pengaruh Penurunan Nilai Chronaxie pada Arus Strength Duration Curve terhadap Peningkatan Kekutan Otot", 2010. available at <http://www.esaunggul.ac.id/article/pe-ngaruh-penurunan-nilai-chronaxie-pada-arus-strength-duration-curve-terhadap-peningkatan-kekutan-otot/>. Date of access, 17 November 2013. Jurnal Fisioterapi Universitas Esa Unggul.
- Isacowitz Rael, Karen Clippinger, "Pilates Anatomy: Your Illustrated Guide to Mat Work for Core Stability and Balance", Human Kinetics, USA, 2011
- Isacowitz Rael, "Pilates", Human Kinetics, USA, 2006
- Kenney Michelle, "Dropping The Hundred", 2013. available at <http://themethodpilates.com/uncategorized/dropping-the-hundred/>. Date of access, 21 November 2013.

- TheMethodPilates by Physical Mind Institute.
- Kibler W. Ben, Joel Press, Aaron Sciascia, "The Role of Core Stability in Athletic Function", 2006. available at: <http://link.springer.com/article/10.2165/00007256-200636030-00001>. Date of access: 02 April 2014. Journal of Sport Medicine – Springer Internaional Publishing
- Kim H. J., Nam S. N., Bae U. R., Hwanq R., Lee J. B., Kim J. H., "The Effect of 12 weeks Prop Pilates Exercise Program (PPEP) on Body Stability and Pain for Fruit Farmer with MSDS", 2014. available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24704650>. Date of access: 07 Juni 2014. Pubmed by National Center for Biotechnology Information.
- Kirnap Mehmet, Mustafa Calis, Ali Osman Turgut, Mehmet Halici, Mehmet Tuncel. "The Efficacy of EMG-Biofeedback Training on Quadriceps Muscle Strength in Patients after Arthroscopic Meniscectomy", 2005. available at: <http://journal.nzma.org.nz/journal/118-1224/1704/>. Date of access: 05 Maret 2014. Journal of New Zealand Medical Association.
- Kumar Shrawan, "Muscle Strength", CRC Press LLC, USA, 2004
- Kurniawati Dwi, "Ilmu Perkembangan Gerak (IPG)", 2013. available at http://chimut279.files.wordpress.com/2013/05/ilmu_perkembangan_gerak.pdf. Date of access, 14 November 2013. The Motion Theme.
- Law Kevin, "Health in Your Hands: Your Plan for Natural Scoliosis Prevention and Treatment", Human Kinetic, USA, 2010
- Lawrence Matt, "Guide for Core Stability", 3rd edition, Bloomsbury Publishing Plc, London, 2011
- Leeton, D.T., M.L. Ireland, and J.D. Willson, "Core Stability Measures as Risk Factor for Lower Extremity Injury in Athletes", 2004. available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15179160>. Date of access: 15 November 2013. Pubmed by National Center for Biotechnology Information.
- Liebman Hollis Lance, "Anatomy of Core Stability", Bloomsbury Publishing Plc, London, 2013
- Lopez Rodney, "Orderly Recruitment of Muscle Fibers: Muscle Fibers Activation", 2014. available at: <http://www.nutridesk.com.au/orderly-recruitment-of-mucclle-fibres.phtml>. Date of access: 05 April 2014. Nutridesk, website by Acidgreen.
- Lucett Scott C., Miachael A. Clarkm, "NASM Essentials of Sports Performance Training", Lippincott Williams and Wilkins, USA, 2010
- MacKenzie Brian, "Core Muscle Strength and Stability Test: Modified Prone Plank Test", 2002. available at: <http://www.brianmac.co.uk/coretest.htm>. Date of access: 15 April 2014. BrianMac Sports Coach.
- MacIntosh Brian M., Gardiner Philips F., McComas Alan J, "Skeletal Muscle: Form & Function", Human Kinetics, USA, 2006
- Marieb EN, Hoehn K, "Human Anatomy & Physiology", 9th edition, Pearson Benjamin Cummings, San Francisco, 2010
- Menezes Allan, "The Complete guide to Joseph H. Pilates Techniques of Physical Conditioning", 2nd edition, Hunter House, Alameda, 2004
- Moffat Marilyn, Joanell A. Bohmet, Janice B. Hulme, "Neuromuscular Essentials: Applying The Preferred Physical Therapist Practice Patterns", SLACK Incorporated, USA, 2008
- Mogler Christian, "Adolescence: The Physical, Cognitive, Social, Personality, Moral and Faith Development of Adolescence,

- scholar research paper edition*”, Germany, GRIN Verlag, 2008
- Mumenthaler Mark, Heinrich Mattle, “*Neurology*”, Thieme Verlag, Stuttgart, 2004
- Netter Frank H, “*Atlas of Human Anatomy*”, 5th edition, Saunders Elsevier, Philadelphia, 2010
- Noback Charles R., Norman L. Strominger, Robert J. Demarest, David A. Rugeiro, “*The Human Nervous System: Structure and Function*”, 6th edition, Human Press, USA, 2005
- Olson Michelle, “*Pilates Exercise: Lessons from The Lab*”, 2005. available at <http://www.ideafit.com/fitness-library/pilates-exercise-lessons-from-the-lab>. Date of access, 21 November 2013. IDEA Health & Fitness Association.
- Pearce Evelyn C, “*Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*”, Gramedia, Jakarta, 2009
- Phafid Arie, “*Kekuatan Otot*”, 2011. available at <http://ariephafidznik14.wordpress.com/2011/03/29/kekuatan-otot/>. Date of access: 14 November 2013. The Elegant Grunge Theme.
- Pocari John P., Jennifer Miller, Kelly Cornwell, Carl Foster, Mark Gibson, Karen McLaren, Tom Kernozek, “*The Effective Neuromuscular Electrical Stimulation Training on Abdominal Strength, Endurance and Selected Anthropometry Measures*”, 2005. available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3880086/>. Date of Access: 06 November 2013. Journal of Sport Science & Medicine by Medical Faculty of Uludag University.
- Pohlman Jennifer, “*More Simply Pilates*”, Hinkler Books, Australia, 2005
- Powers Stefanie, Kathy Corey, “*Powers Pilates: Stephanie Powers’ Guide to Longevity and Well-Being Thorough Pilates*”, Gaia Books, New York, 2004
- Premkumar Kalyani, “*The Massage Connection: Anatomy & Physiology*”, Lippincott Williams and Wilkins, USA, 2004
- Roskopf G, “*Muscle Mechanics, Library of Congress Cataloging in Publication Data*”, 2nd edition, Everett Aaberg, USA, 2006
- Saladin Kenneth, “*Human Anatomy*”, Mc Graw Hill, Philippines, 2007
- Sanbrink Friedhelm, Eliad Culcea, “*Motor Unit Recruitment in EMG Definition of Motor Unit Recruitment and Overview*”, 2012. available at: <http://emedicine.medscape.com/article/1141359-overview#aw2aab6b2>. Date of access: 08 April 2014. Medscape by WebMD Health Professional Network.
- Santrock W John, “*Aldosence: Perkembangan Remaja*”, Erlangga, Jakarta, 2003
- Scheumann Donald W, “*The Balance Body: Guide to Deep Tissue and Neuromuscular Therapy*”, Lippincott Williams and Wilkins, USA, 2007
- Serway R.A., J.S. Faughn, “*College Physics*”, 7th edition, Brooks/Cole – Thomson Learning, Belmont California, 2006
- Shahinpoor Mohsen, Kim Kwang J., Mojarrad Mehran, “*Artificial Muscle: Application of Advanced Polymeric Nanocomposites*”, Taylor & Francis Group LLC, USA, 2007
- Sherwood Lauralee, “*Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem*”, Buku Kedokteran EGC, Jakarta, 2009
- Shipside Steve, “*Power-up Pilates: Power and Poise for Daily Life*”, The Infinite Ideas Compny Limited, United Kingdom, 2004
- Shumway-Cook Anne, Marjorie H. Woollacott, “*Motor Control: Translating Research into Clinical Practice*”, 3rd edition, Lippincott Williams and Wilkins, USA, 2007

- Sircar Sabyasachi, "Principles of Medical Physiology", Thieme, New York, 2008
- Sloane Ethel, "Anatomi & Fisiologi Manusia untuk Pemula", Buku Kedokteran EGC, Jakarta, 2004
- Smith Garry A, "New Concept in The Control of Muscle Contraction", Rowans Scientific, Cambridge, 2007
- Sperelakis Nicholas, "Cell Physiology Sourcebook: Essentials of Membrane Biophysics", Elsevier, China, 2012
- Sugi Haruo, "Sliding Filament Mechanism in Muscle Contraction, fifty years of research", Springer Science & Business Media, USA, 2005
- Thomson Catherine Rush, "Prevention Practice: A Physical Therapist Guide's to Health, Fitness, Wellness", SLACK Incorporated, USA, 2007
- Tortora Gerald J & Derrickson Bryan H, "Principles of Anatomy and Fisiology, volume 1", Willey, USA, 2011
- Tsastouline Pavel, "From Russian with Tough Love: Pavel's Kettlebell Workout for Femme Fatale", 4th edition, Dragon Door Publications, USA, 2012
- Vera-Garcia Francisco J, Brown Stephen H. M, McGill Stuart, "Effect of Abdominal Muscle Coactivation on The External Preloaded Trunk: Variations in Motor Control and Its Effect on Spine Stability", 2006. available at: http://journals.lww.com/spinejournal/Abstract/2006/06010/Effects_of_Abdominal_Muscle_Coactivation_on_the.23.aspx. Date of access: 11 April 2014. Journal of Spen Disorders & Techniques. by Lippincott Williams and Wilkins Inc.
- Vernon David, "Human Potentials: Exploring Techniques, Used to Enhance Human Performance", Routledge, New York, 2009
- Watson Tim, "NMES: Stimulation", 2013. available at <http://www.electrotherapy.org/assets/Downloads/NMES%20Muscle%20Stimulation%20march%202013.pdf>. Date of access, 22 November 2013.
- Wibowo Daniel D, "Anatomi Tubuh Manusia", Grasindo, Jakarta, 2008
- Widjaja I Harjadi, "Anatomi Abdomen", Buku Kedokteran EGC, Jakarta, 2007
- Winch M, Stanley L, "Strength Training for Athletes", Hunt Ltd, UK, 2004
- Yalowchuck Jonathan, "Your Action Potential", Tate Publishing and Enterprise, Oklahoma, 2009
- Yang Dongzhi, Chengyu Zheng, Shouqin Chen, "Neuromuscular electrical stimulation and biofeedback therapy may improve endometrial growth for patients with thin endometrium during frozen-thawed embryo transfer: A preliminary report", 2011. available at: <http://www.rbej.com/content/9/1/122#>. Date of access: 04 Maret 2014.
- Zemo Bobby, "Change Your Mind – Change Your Body – Change Your Life", Dog Hear Publishing, Indianapolis, 2006