

## PENGARUH PENURUNAN NILAI *CHRONAXIE* PADA ARUS *STRENGTH DURATION CURVE* TERHADAP PENINGKATAN KEKUATAN OTOT

M. Irfan, I Putu Sutha Nurmawan  
Fisioterapi – Universitas INDONUSA Esa Unggul, Jakarta  
Fisioterapi – Universitas INDONUSA Esa Unggul, Jakarta  
Jl. Arjuna Utara Tol Tomang Kebun Jeruk Jakarta 11510  
muhamad.irfan@indonusa.ac.id

### Abstrak

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh penurunan nilai *chronaxie* pada arus *strength duration curve* terhadap peningkatan kekuatan otot. Penelitian yang dilakukan ini bersifat *quasi eksperimen*. Sampel penelitian terdiri dari 30 orang yang terdiri dari 15 orang laki-laki dan 15 orang perempuan. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling* 1 kelompok sample dilakukan pengukuran nilai kekuatan otot dan nilai *chronaxie* sebelum dan sesudah dilakukan latihan. Dengan design penelitian yang telah ditetapkan maka kesimpulan akan dapat diperoleh dengan menggunakan analisa *comparative* antara nilai *cronaxie* sebelum dan sesudah otot mengalami peningkatan kekuatan. Pada pembuktian hipotesis, data statistik yang di dapatkan dalam pengukuran, peneliti menggunakan uji *T-test Related* untuk mengetahui pengaruh penurunan nilai *chronaxi* terhadap peningkatan kekuatan otot. Hasil pengukuran yang diperoleh dari SDC (*Strength Duration Curve*) dan Dynamometer. Dimana dari hasil pengujian hipotesa didapatkan **P = 0,000**, atau dengan nilai t sebesar **16,098** dan t-tabel pada df 29 dan taraf signifikan 0,05 yaitu sebesar **1,6991**. Hal tersebut menunjukkan ada perbedaan yang bermakna nilai *chronaxie* sebelum dan sesudah otot mengalami peningkatan. Yang secara deskriptif menunjukkan rata-rata nilai *chronaxie* mengalami penurunan sehingga dapat dikatakan bahwa peningkatan kekuatan otot pada sejumlah kelompok sample dipengaruhi oleh penurunan nilai *chronaxie*.

**Kata Kunci:** *Cronaxie*, Kekuatan Otot, SDC

### Pendahuluan

Setiap individu memiliki potensi gerak yang dapat dikembangkan secara maksimal, akan tetapi gerak yang ada bukanlah gerak yang maksimal melainkan gerak aktual, gerak aktual belum tentu dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia dalam beraktifitas, gerak itu bisa saja berlebih ataupun kurang, dan bahkan bisa juga tepat mencapai tujuan. Geral aktual yang bisa mencapai tujuan inilah yang disebut sebagai gerak fungsional.

Untuk mencapai gerak fungsional dibutuhkan kualitas kerja otot yang sesuai dengan kebutuhan gerakan seseorang. Kualitas kerja otot yang dimaksud disini adalah kemampuan otot untuk melakukan suatu kontraksi yang menimbulkan gerakan.

Selain gerak aktual dan fungsional gerak yang kita kenal kita juga mengenal adanya gerak maksimal, dimana gerak maksimal adalah gerakan paling tinggi yang seharusnya

dapat dilakukan oleh seseorang dalam keadaan normal.

Untuk menimbulkan kontraksi otot dibutuhkan stimulasi yang mencapai nilai ambang rangsang tertentu yang menghasilkan kerja motorik dan memberi perintah kepada otot untuk berkontraksi. Banyaknya serabut otot yang berkerja saat kontraksi otot sangat ditentukan oleh jumlah *motor unit* yang melakukan aktifitas motorik.

Semakin rendah nilai ambang rangsang *motor unit* maka semakin mudah *motor unit* tersebut untuk melakukan aktifitas motorik. Oleh karena itu terjadinya peningkatan kekuatan otot di ikuti oleh jumlah serabut otot yang berkontraksi juga meningkat. Peningkatan jumlah serabut otot tersebut menyebabkan peningkatan jumlah *motot unit* yang berkerja Untuk mengukur nilai ambang rangsang dapat dilakukan dengan mengukur nilai *chronaxie* pada alat *Strength Duration Curve (SDC)* yang menjadi

indikator dari jumlah *motor unit* yang berkerja saat dilakukan kontraksi otot.

Adanya pengaruh penurunan nilai ambang rangsang yang diukur dengan nilai *chronaxi* terhadap peningkatan kekuatan otot yang dapat diukur dengan dynamometer.

### **Peningkatan Kekuatan Otot**

Kekuatan otot adalah istilah umum tanpa definisi yang tepat dan mempunyai pengertian yang bermacam-macam. Pengertian tersebut antara lain "Kekuatan otot adalah kekuatan maksimum otot yang ditunjang oleh area crosssectional yang merupakan kekuatan otot untuk menahan beban maximal disekitar axis sendi".

Selain faktor neurologi,metabolisme dan psikologi yang menentukan suatu kekuatan otot atau *Maximum Voluntary Contraction* (MVC)

### **Faktor-faktor lain yang sangat penting**

#### ***Recruitment motor unit***

Setiap otot terdiri dari sejumlah unit motorik yang bercampur baur, dimana *motor unit* adalah unit fungsional dari sistem *neuromuscular* yang terdiri dari anterior motor *neuron* yaitu terdiri dari *axon*, *dendrit* serta badan sell dan serabut otot yang terdiri dari *slow twitch fiber* dan *fast twitch fiber*. Untuk menimbulkan kontraksi lemah pada suatu otot, hanya satu atau beberapa *motor unit* yang diaktifkan, sedangkan untuk kontraksi yang lebih kuat akan lebih banyak motor unit yang direkrut atau dirangsang untuk berkontraksi.

1) Hubungan antara panjang dengan tegangan otot pada saat kontraksi

Ketegangan maksimum otot dapat dicapai pada saat panjang yang lebih besar saat otot berkontraksi.

"Tenaga kontraktil otot yang terbesar adalah ketika otot dalam keadaan ekstensi penuh karena pada saat ekstensi penuh, otot dalam keadaan 1/3 kali lebih panjang daripada saat istirahat."

Ini terjadi karena jumlah jembatan silang yang dapat diakses oleh molekul aktin untuk diikat dan ditekuk adalah maksimum, sehingga terjadi ketegangan maksimum.

2) Tipe kontraksi otot

Otot mengeluarkan tenaga paling besar ketika kontraksi *eccentric* atau memanjang melawan tahanan. Dan otot juga mengeluarkan tenaga lebih sedikit ketika kontraksi isometrik serta mengeluarkan tenaga yang paling sedikit ketika kontraksi *concentric* yaitu memendek melawan beban.

3) Tipe serabut otot

Karakteristik tipe serabut otot memiliki peranan pada sifat kontraktil otot seperti kekuatan atau *strenght*, *endurance*, *power*, kecepatan dan ketahanan terhadap kelelahan/*fatigue*. Tipe serabut II A dan B memiliki kemampuan untuk menghasilkan sejumlah tegangan tetapi sangat cepat mengalami kelelahan/*fatigue*. Tipe I menghasilkan sedikit tegangan dan dilakukan lebih lambat dibandingkan dengan tipe serabut II tetapi lebih tahan terhadap kelelahan/*fatigue*.

4) Ketersedian energi dan aliran darah

Otot membutuhkan sumber energi yang adekuat untuk berkontraksi, menghasilkan tegangan, dan mencegah kelelahan/*fatigue*. Tipe serabut otot yang predominan dan suplai darah yang adekuat, serta transport oksigen dan nutrisi ke otot, akan mempengaruhi hasil tegangan otot dan kemampuan untuk melawan kelelahan/*fatigue*.

5) Usia dan jenis kelamin

Perlu diingat bahwa pada umumnya pria lebih kuat daripada wanita. Kekuatan otot timbul sejak lahir sampai dewasa meningkat terutama pada usia 20 sampai 30-an dan secara *gradual* menurun seiring dengan peningkatan usia. Kekuatan otot pada pria muda hampir sama dengan wanita muda sampai menjelang usia puber. Setelah itu pria akan mengalami peningkatan kekuatan otot yang signifikan dibanding dengan wanita, dan perbedaan yang terbesar timbul selama usia pertengahan (30 sampai 50).

Peningkatan kekuatan ini berkaitan dengan peningkatan masa otot setelah puber. Sampai pada 16 tahun rasio masa tumbuh antara wanita dan pria sama. Setelah masa puber massa otot pria 50 persen lebih besar sehingga rasio masa tubuh secara umum menjadi lebih besar. Disisi lain kekuatan otot per *cross-sectional area* pada otot tampak sama antara pria dan wanita sesuai

dengan proporsi serabut *fast-twitch* dan *slow twitch* pada otot-otot tertentu (komi dan karlson, 1979).

Meskipun kekuatan otot menunjukkan keterkaitan antara usia dan jenis kelamin secara keseluruhan, banyak pengecualian yang dapat ditemukan karena variasi yang besar pada seseorang dalam menjaga kondisinya melalui diet dan latihan.

6) Ukuran *cross sectional* otot

Secara umum telah diketahui bahwa ukuran otot yang lebih besar pada orang normal akan lebih kuat dibanding ukuran otot yang kecil dan mungkin meningkat atau menurun dengan latihan atau inaktivitas (*hipertropi* dan *atrofi*).

"Kekuatan otot skeletal manusia dapat menghasilkan kekuatan kurang lebih 3-8 kg/cm<sup>2</sup> pada *cross sectional area* tanpa memperhatikan jenis kelamin."

Pengukuran ukuran otot sangat sulit dilakukan *magnetic resonance imaging* memberikan gambaran *anatomic cross-section* pada otot dimana area pada otot dapat diukur dan perubahan ukuran yang kecil dapat dideteksi. Biopsi otot dengan pengukuran pada serabut dapat mengukur perubahan ukuran yang kecil.

7) Kecepatan kontraksi

Kecepatan berarti rata-rata gerakan dalam arah tertentu. Rata-rata pemendekan atau pemanjangan otot secara substantial akan mempengaruhi tegangan otot yang terjadi selama kontraksi. Penurunan tegangan kontraksi ketika terjadi peningkatan kecepatan pada saat pemendekan otot merupakan dasar penjelasan jumlah link yang terbentuk perunit waktu antara *filamen actin* dan *myosin*. Pada kecepatan lambat jumlah *maximum cross-bridge* dapat terbentuk semakin cepat *filamen actin* dan *myosin slide* terhadap satu dengan yang lain, semakin kecil jumlah *links* yang terbentuk antara filamen-filamen dalam satu unit waktu dan semakin kecil tegangan yang terjadi.

8) Motivasi dari klien

Motivasi yang tinggi akan mempengaruhi kemampuan untuk menghasilkan kekuatan yang maksimal

## Perubahan sistem *neuromuscular* dalam peningkatan kekuatan otot *Hypertropi*

Kapasitas kekuatan otot secara langsung berhubungan dengan fisiologi *cross sectional area* pada serabut otot. Dengan desain latihan yang spesifik dapat meningkatkan kekuatan otot dan ukuran serabut otot *skeletal* yang disebut *hypertropi*. Faktor yang berperan pada *hypertropi* meliputi; peningkatan jumlah protein pada serabut otot, peningkatan kepadatan kapiler, perubahan biokimia pada serabut otot.

Walaupun masih dalam tanda tanya, diduga bahwa kekuatan otot juga dapat ditingkatkan dengan *resistance exercise* yang menyebabkan terjadinya *hyperplasia* yaitu peningkatan jumlah serabut otot. Peningkatan ini dapat disebabkan oleh gerak *longitudinal* serabut otot. Hal ini belum bisa dipastikan karena gerak serabut otot tersebut baru dilakukan penelitian pada binatang.

## *Recruitment*

Faktor lain yang penting yang mempengaruhi kapasitas otot untuk meningkatkan kekuatan otot adalah peningkatan jumlah *recruitment motor unit*. Banyaknya jumlah *motor unit* yang aktif akan menghasilkan kekuatan otot yang besar.

Kekuatan dapat meningkat tanpa adanya *hypertropi* otot. Kekuatan otot dapat dicapai dengan cepat pada fase awal dari program *resistance exercise* yang mungkin lebih menghasilkan *recruitment* daripada *hypertropi*.

## Perubahan pada jaringan nonkontrakttil

Program latihan yang didesain untuk meningkatkan kekuatan otot dapat juga dapat meningkatkan kekuatan pada jaringan nonkontrakttil seperti ; tulang, tendon dan ligamen.

## Prinsip untuk meningkatkan kekuatan

### 1. Prinsip *overload*

Untuk meningkatkan kekuatan otot, beban yang melebihi kapasitas metabolik otot harus digunakan selama latihan. Karena hal ini akan membuat *hypertropi* otot dan

peningkatan *recruitment* sehingga akan meningkatkan kekuatan otot.

2. Kapasitas otot untuk menghasilkan tegangan yang tinggi dapat dicapai dengan latihan dengan intensitas tinggi atau latihan dengan melawan beban berat dan dengan repetisi yang relatif rendah. Berdasarkan penjelasan di atas maka kekuatan otot *biceps brachii* berarti kemampuan otot *biceps brachii* untuk menghasilkan tegangan dan tenaga selama usaha maksimal.

### Latihan Penguatan Otot

Kekuatan otot sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya gerakan, sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti usia, jenis kelamin, jenis ukuran dan panjang otot, tipe kontraksi, neurologi, metabolisme dan psikologi. Hal ini berarti bahwa kekuatan otot pada setiap orang akan berbeda, walaupun pada orang normal.

Pada kondisi normal atau tidak dalam keadaan cedera, kekuatan otot dapat terus ditingkatkan agar dapat menghasilkan *performance* yang tinggi. Peningkatan kekuatan otot ini dapat dilakukan dengan memberikan teknik terapi latihan khususnya latihan *strengthening*.

Dalam terapi latihan khususnya latihan *strengthening* ada beberapa jenis teknik latihan yang dapat diaplikasikan, antara lain teknik latihan *isometric*, *isotonic* dan *isokinetic*. Latihan *isometric* adalah suatu jenis latihan statik kontraksi yaitu kontraksi muskular melawan tahanan tanpa ada perubahan panjang otot atau tidak diikuti oleh adanya gerakan sendi. Latihan *isokinetic* adalah suatu jenis latihan dinamik dimana kecepatan otot untuk memendek dan memanjang terjadi secara konstan. Latihan *isotonic* adalah suatu jenis latihan dinamis dengan kontraksi otot yang menggunakan *resistent*/beban yang tetap dan terjadi perubahan panjang otot pada lingkup gerak sendi.

Latihan isotonik sebagai latihan penguatan otot yang paling sering digunakan pada latihan dinamik mempunyai beberapa metode, antara lain; *De Lorme*, *Oxford*, *DAPRE*, *Circuit Weight Training*, dan *Plyometric Training*. Metode-metode ini merupakan metode *isotonic resistance exercise* yang pendekatannya dilakukan dengan meningkatkan keua-

tan otot pada seluruh lingkup gerak sendi yang ada, sehingga aktifitas fungsional dari sendi tersebut dapat meningkat.

Evaluasi untuk mengetahui adanya peningkatan kekuatan otot dapat diketahui dengan cara pengukuran *dynamometer*, *cable tensiometer*, *computer assisted electromechanical* dan *isokinetic determinations* serta satu repetisi maksimal.

### Fisiologi Otot

Jaringan otot mempunyai kemampuan untuk *ekstensibilitas* yaitu kemampuan otot untuk mengulur atau memanjang. *Elastisitas* yaitu kemampuan otot untuk kembali kepanjang semula atau normal. *Irritabilitas* yaitu kemampuan otot untuk merespon rangsang. *Kontraktibilitas* yaitu kemampuan otot untuk memanjang dan memendek, kemampuan ini dimiliki oleh semua jenis otot baik otot jantung, otot rangka atau skeletal maupun otot polos.

Otot Rangka tersusun oleh serat-serat otot yang merupakan "balok penyusun atau *building blocks*" sistem otot, dimana serat ini memiliki diameter sekitar 10 sampai 80 mikrometer, masing-masing serat ini terbuat dari rangkaian *sub unit* yang lebih kecil. Hampir seluruh otot rangka berawal dan berakhir ditendo, dan serat-serat otot rangka tersusun sejajar diantara ujung-ujung tendo, sehingga daya kontraksi setiap unit akan saling menguatkan otot rangka memiliki tiga lapisan yang terdiri dari *epimesium* merupakan lapisan jaringan ikat yang terdiri dari serat kolagen yang membungkus otot paling luar, *perimesium* merupakan lapisan yang membungkus berkas otot kecil atau *fasciculus*, *endomesium* merupakan lapisan yang membungkus sel otot.

*Sarkolema* adalah membran sel dari sel otot, *sarkolema* terdiri dari membran sel yang sebenarnya, yang disebut membran plasma. Dan sebuah lapisan tipis bahan polisakarida yang mengandung sejumlah serat kolagen tipis. Pada ujung serat otot lapisan permukaan *sarkolema* ini bersatu dengan serat tendon dan serat-serat tendon kemudian berkumpul menjadi berkas untuk membentuk tendon dan kemudian menyisip kedalam tulang.

*Miofibril* terdiri dari filamen *aktin* dan *miosin*, dimana pada setiap serat otot akan mengandung beberapa ratus sampai ribu *miofibril* yang letaknya saling berdampingan

dan memiliki sekitar 1500 filamen *myosin* dan 3000 filamen *aktin* yang merupakan molekul protein polimer besar yang bertanggung jawab untuk kontraksi otot.

*Sarkoplasma* adalah *myofibril-myofibril* terpendam dalam serat otot didalam suatu matriks yang terdiri dari unsur-unsur intra seluler. Cairan *sarkoplasma* mengandung *kalsium*, *magnesium*, *fosfat* dan enzim protein dalam jumlah besar, juga terdapat mitokondria dalam jumlah yang banyak sekali, terletak diantara dan sejajar dengan *myofibril*, suatu keadaan yang menunjukkan bahwa *myofibril-myofibril* yang berkontraksi membutuhkan sejumlah besar *adenosin trifosfat* atau ATP yang dibentuk oleh *mitokondria*

*Reticulum sarkoplasmik* terdapat di dalam serat otot yang berada dalam *sarkoplasma*, mempunyai susunan khusus yang sangat penting dalam pengaturan kontraksi otot, semakin cepat kontraksi suatu otot, maka semakin banyak juga *retikulum sarkoplasmik* yang ada.

*Filamen myosin* terdiri dari banyak molekul *myosin* yang masing-masing mempunyai berat molekuler kira-kira 460.000, molekul *myosin* terdiri dari enam rantai *polipeptida*, dua rantai berat masing-masing mempunyai berat molekul masing-masing sekitar 200.000 dan empat rantai ringan dengan berat molekul masing-masing 20.000, dua rantai besar saling melilit satu sama lain untuk membentuk untai ganda salah satu ujung dari masing-masing rantai ini melipat kedalam sebuah struktur *polipeptida globuler* yang disebut dengan kepala *myosin*, jadi terdapat dua kepala bebas yang letaknya bersebelahan pada salah satu ujung molekul myosin untai ganda, bagian yang memanjang dari untai spiral disebut ekor, empat rantai ringan juga bagian dari kepala *myosin* dua pada setiap kepala, rantai-rantai ringan ini membantu mengatur fungsi kepala selama kontraksi otot. Filamen *myosin* dibentuk oleh 200 atau lebih molekul *myosin* tunggal. panjang total setiap filament kira-kira 1,6 mikrometer, ciri-ciri lain dari kepala myosin yang sangat penting untuk kontraksi otot adalah bahwa ia dapat berfungsi seperti *enzim ATPase*, kemampuan ini menyebabkan kepala mampu memecah ATP dan menggunakan energi yang berasal dari ikatan fosfat berenergi

tinggi ATP untuk memberi energi pada proses kontraksi.

*Filament aktin* terdiri dari tiga komponen protein yang terdiri dari *aktin*, *tropomiosin* dan *troponin*, tulang punggung filemen aktin adalah suatu molekul protein F-aktin untai ganda, setiap untai *heliks* F-aktin ganda terdiri dari molekul G-aktin terpolimerisasi, yang masing-masing mempunyai berat molekul sekitar 42.000. terdapat kurang lebih 13 molekul seperti ini pada setiap perputaran dari setiap untai *heliks*, pada setiap molekul G-aktin melekat satu molekul ADP. Molekul ADP ini adalah bagian aktif pada *filament aktin* yang berinteraksi dengan jembatan penyeberangan *filament myosin* untuk menimbulkan kontraksi otot, bagian aktif pada kedua untai F-aktin dari *heliks* ganda diatur bergantian, menghasilkan satu tempat aktif pada seluruh *filament aktin* kira-kira setiap 2,7 nanometer, setiap *filament aktin* panjangnya sekitar 1 mikrometer, bagian dasar dari *filament aktin* disisipkan dengan kuat kedalam lempeng Z, sedangkan ujung-ujung lain menonjol kedalam *sarkomer* yang berdekatan untuk berada dalam ruangan antara molekul *myosin*.

*Molekul tropomiosin* mempunyai berat molekul 70.000 dan panjang 40 nanometer. Pada stadium istirahat molekul *tropomiosin* diduga terletak pada ujung atas tempat yang aktif dari untai aktin, sehingga tidak dapat terjadi penarikan antara *filament aktin* dan *myosin* untuk menimbulkan kontraksi.

*Troponin* mempunyai berat molekul sekitar 18.000-35.000, protein ini terdiri dari tiga sub unit protein yang terikat secara longgar, yang masing-masing memiliki peran specific dalam pengaturan kontraksi otot, *troponin* ini terdiri dari *troponin I* yang mempunyai afinitas yang kuat terhadap aktin, *troponin T* terhadap *tropomiosin* dan *troponin C* terhadap ion-ion kalsium, afinitas troponin yang kuat terhadap ion-ion kalsium dapat mencestuskan proses kontraksi.

## Mekanisme Kontraksi dan Relaksasi

Otot merupakan struktur elastik yang terdapat dalam medium yang *viscous* (teori viskoelastik 1840-1920). Sejak ditemukannya struktur aktin dan myosin sebagai protein kontraktile maka muncullah teori *continuous filament theory* yang menjelaskan bahwa pro-

ses kontraksi molekul aktin dan myosin berkombinasi membentuk satu *continuous filament*.

Tahun 1954, Huxley mengajukan *sliding filament theory*. Dengan menggunakan mikroskop electron serta dukungan data biokimia, maka teori sliding filament dikembangkan menjadi *cross-bridge* teori yang mana menjelaskan bahwa kepala dari *myosin* membentuk *cross-bridges* dengan *aktin monomer*.

Menurutnya bahwa pada saat kontraksi *cross-bridges* pertama-tama akan menempel pada filament tipis dan menariknya kearah *central* dari pita A, kemudian ia akan terlepas dari filament tipis sebelum kembali bergerak kedalam posisinya yang semula. Gerakan yang terjadi tersebut disebut juga *ratchet theory*.

Jika terdapat *troponin-tropomiosin* kompleks, filament aktin akan melekat erat dengan filament miosin dengan adanya ion Mg dan ATP. Namun, jika terdapat *troponin-tropomiosin* kompleks maka interaksi antara *filamen aktin* dan *myosin* tidak terjadi. Dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa pada keadaan relaksasi bagian aktif dari *filamen aktin* ditutupi oleh *troponin-tropomiosin* kompleks. Hal ini menyebabkan bagian aktif tersebut tidak dapat melekat dengan *filamen myosin* untuk menimbulkan kontraksi.

Setiap dikeluarkannya isi sebuah gelembung sinaptik yang biasanya berisi Ach akan dihasilkan perubahan tegangan listrik pada sel *post sinaptik*. Pada setiap perangsangan saraf pada umumnya akan dilepaskan sejumlah gelembung sinaptik secara serentak sehingga membran ototnya mengalami depolarisasi di atas nilai ambang sehingga terbangkitlah aksi potensial. Potensial menyebar ke seluruh sel otot yang akan berakhir sebagai kontraksi.

Mekanisme kontraksi otot terjadi melalui beberapa tahapan yaitu dimulai pada terjadinya aksi potensial pada motor neuron yang menyebabkan pelepasan Ach. Ach akan terikat dengan reseptor pada otot yang menyebabkan *end plate potential* (EPP), Na *channel* terbuka dan ion Na akan masuk kedalam sel otot dan memulai aksi potensial pada otot. Aksi potensial pada otot tersebut akan menyebabkan ion Ca masuk ke dalam sel dan merangsang pelepasan ion Ca intra sel dari sisterna RS atau *Ca interduced Ca Released*

Depolarisasi dari SR terjadi dengan mengaktifkan Ca *channel* pada *tubulus T* melalui *reseptor dihidropiridin* yang terdapat pada Ca *channel*. Ion Ca dari RS ini akan terikat dengan TN-C dan selanjutnya merubah konfigurasi *troponin-tropomiosin* kompleks dan terjadi *sliding* dari *filamen aktin* dan *myosin*. Proses ini disebut proses eksitasi-kontraksi kopling atau *excitation-contraction coupling*.

Dalam beberapa detik setelah proses kontraksi, ion Ca akan dipompa kembali ke dalam sisterna RS oleh Ca *pump* (Ca ATPase) yang terdapat pada membran RS. Dengan tidak adanya ion Ca, *troponin-tropomiosin* kompleks akan kembali ke konfigurasi semula, dan *trpomiosin* akan kembali menutupi bagian aktif dari aktin, sehingga menghalangi interaksi antara *aktin* dan *myosin* hingga terjadilah relaksasi.

Ca yang dipompa kembali kedalam sisterna RS oleh Ca *pump* akan terikat dengan *calcium-binding* protein yang terdapat didalam sisterna RS yang disebut *calsequestrin* yang dapat mengikat ion Ca dalam jumlah besar. Ion Ca yang terikat pada *calsequestrin* ini akan dilepaskan kembali dari RS pada saat kontraksi berikutnya.

## Komponen susunan saraf Neuron

Ditinjau dari unsur selularnya maka sistem saraf terdiri atas dua komponen utama yaitu *neuron* dan *neuroglia*. *Neuron* adalah struktur yang kompleks dan merupakan sistem komunikasi utama dalam tubuh manusia. *Neuron* memiliki berbagai macam bentuk, tetapi pada dasarnya mempunyai suatu perwujudan yang sama, yaitu terdiri dari badan sel atau *cell body* dan beberapa juluran-juluran sitoplasma yang dikenal sebagai neurit-neurit. Badan sel dinamakan *soma* atau perikarion yang merupakan pusat proses dari semua aktivitas sistem saraf.

Dari fungsinya neurit-neurit dapat dibagi dalam 2 jenis yaitu *axon* dan *dendrit*, yang masing masing berfungsi menghantarkan *impulse*. Dendrit menghantarkan impuls ke perikarion dan akson menyalurkan *impulse* dari perikarion.

Aktivitas di dalam *neuron* yang cepat dan bergerak melalui juluran penyalurannya dengan perubahan-perubahan potensial sering

disebut sebagai *impulse* saraf. *Impulse* saraf mengandung fenomena kelistrikan akan tetapi *impulse* tersebut bukanlah sebuah arus listrik. Adanya ion-ion  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$  yang memungkinkan terjadinya gejala-gejala kelistrikan di dalam *neuron*.

Sebagai bagian utama, *neuron* berperan dalam menerima, menterjemahkan dan menyebarkan pesan yang berupa sinyal demi kelancaran aktivitas makhluk hidup. Reaksi *neuron* yang terjadi didasarkan oleh adanya rangsangan atau stimulasi dari luar tubuhnya yang dapat berupa rangsangan alamiah dan rangsangan buatan. Rangsangan dari luar *neuron* menghasilkan perubahan-perubahan pada membran *dendrit* dan perikarion dalam bentuk bioelektrik.

Pada permukaan atau membran setiap *neuron* terdapat selisih potensial akibat adanya kelebihan ion negatif di bagian dalam membran. Dalam hal ini *neuron* dalam keadaan terpolarisasi disebut potensial membran atau potensial rehat.

Dalam komunikasi *neuron* yang berupa potensial Aksi atau *action potential* yang secara umum merupakan perubahan potensial yang berupa penurunan yaitu potensial sebelah dalam adalah negatif dan disebelah luar adalah membran positif menjadi potensial sebelah dalam adalah positif dan sebelah luar adalah membran negatif atau depolarisasi. Yang mendasari potensial membran terutama dipengaruhi oleh konsentrasi ion K ekstra sel.

### **Neuroglia**

*Neuroglia* merupakan tempat suplai nutrisi dan proteksi pada neuron-neuron, *neuroglia* membantu regulasi konsentrasi ion sodium dan potasium pada intra selular space. *Neuroglia* adalah unsur selular dari susunan saraf yang tidak menghantarkan *impulse* saraf. Jumlah sel *neuroglia* disekitar *neuron* bertambah jika aktivitas *neuron* meningkat hal ini memberi tanda peranan *neuroglia* dalam transportasi dan metabolik pada *neuron*.

### **Ambang Rangsang Saraf**

Sel saraf mempunyai ambang rangsang yang rendah. Rangsang dapat berupa rangsang listrik, kimiawi atau mekanis. Terbentuk

dua jenis perubahan fisiokimiawi lokal, potensial aksi yang tidak menyebar disebut potensial *sinaps*, generator atau potensial elektronik, bergantung kepada lokasinya dan perubahan yang menyebar disebut Potensial Aksi atau Aksi Potensial. Ini merupakan satu-satunya respon listrik pada *neuron* dan jaringan peka rangsang lainnya dan merupakan sifat utama sistem saraf.

Aksi potensial mempunyai beberapa karakteristik yang penting antara lain:

1. Aksi potensial dimulai dengan proses depolarisasi. Rangsangan yang mengawali aksi potensial pada *neuron* menyebabkan menurunnya membran potensial atau depolarisasi membran. Biasanya depolarisasi ditimbulkan oleh stimulasi dari luar, misalnya stimulasi berupa regangan otot, tekanan pada persendian atau stimulasi dari *neuron* lain, misalnya transmisi *impulse* dari *neuron sensoris* ke *neuron motoris* pada refleks-refleks fisiologis.
2. Aksi potensial dapat ditimbulkan jika depolarisasi membran mencapai nilai ambang rangsang tertentu atau sering disebut *Threshold potensial*.
3. Aksi potensial merupakan proses yang menunjukkan peristiwa gagal atau tuntas atau *All or None*. Artinya bahwa jika rangsangan yang diterima mencapai nilai ambang rangsang pada *neuron* tertentu maka akan timbul reaksi potensial, sedangkan jika rangsangan yang ada tidak mencapai atau berada dibawah nilai ambang rangsang *neuron* maka aksi potensial tidak akan terjadi.
4. Selama terjadi aksi potensial, maka potensial yang terjadi akan melebihi nilai 0 mV sehingga bagian dalam dari sel akan menjadi lebih positif untuk sementara. Keadaan ini disebut *overshoot* dari aksi potensial yang umumnya terjadi pada kisaran +35 mV. Setelah mencapai puncak aksi potensial membran potensial akan berbalik dimana bagian dalam sel menjadi kurang positif. Potensial aksi yang terjadi kembali mengalami repolarisasi kearah membran potensial istirahat yang disebut *undershoot* dari potensial aksi.

Proses aksi potensial terjadi melalui tahapan-tahapan sebagai berikut:

## Fase Istirahat

Keadaan istirahat merupakan keadaan sebelum aksi potensial terjadi. Pada keadaan ini membran sel dalam keadaan polarisasi oleh karena pada tahap ini membran potensial adalah negatif.

## Fase Depolarisasi

Jika terdapat rangsangan yang mencapai nilai ambang rangsang *neuron*, maka pada fase ini membran menjadi permeabel terhadap ion Na, sehingga sejumlah besar ion Na akan masuk kedalam sel. Potensial dengan cepat akan meningkat menjadi positif (depolarisasi) sampai mengalami *overshoot*. Umumnya pada sebagian *neuron* pada susunan saraf pusat aksi potensial tidak mencapai *overshoot*, dan hanya mencapai 0 mV.

## Tahap Repolarisasi

Terjadinya proses dimana Na channel mulai tertutup dan K channel terbuka, kemudian terjadi difusi pasif dari ion K ke luar sel dan menyebabkan membran potensial kembali ke keadaan istirahat, proses tersebut terjadi saat permeabilitas ion Na mencapai maksimal dalam beberapa *msec*.

Kecepatan rambat impuls atau kecepatan aksi potensial untuk bergerak dari satu titik ke seluruh akson bervariasi dari satu akson ke akson lainnya. Penyebaran aksi potensial mengakibatkan aksi potensial tersebut semakin melemah jika semakin jauh jarak yang harus di tempuh oleh aksi potensial tersebut. Terjadinya penyebaran aksi potensial dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, terutama oleh faktor diameter serabut saraf dan sifat dari membran sel saraf.

Semakin besar diameter serabutnya maka semakin cepat impuls bergerak dibandingkan propagasi *impulse* pada serabut saraf diameter yang lebih kecil.

## Neuromuskular Junction

Setiap serabut saraf motoris terbagi menjadi sejumlah cabang-cabang yang akan mengadakan kontak langsung dengan serabut otot melalui hubungan saraf otot yang disebut *neuromuscular junction* atau *motor end-plate*.

*Neuromuscular Junction* merupakan titik kontak antara saraf dan permukaan sera-

but otot, memiliki sejumlah kekhususan morfologi dan biochemical. Kekhususan ini secara langsung mentransfer *impulse* elektrik dari saraf ke myofibril.

Setiap saraf motorik dan serabut saraf otot yang dipersarafi mencerminkan suatu *system divergens*. Setiap cabang dari *axon* motorik yang berselubung mielin setelah dekat pada serabut otot akan membagi cabang-cabang halus dengan membentuk gambaran menyebar yang tidak berselubung. Penyebaran akhiran tersebut merata sepanjang serabut otot ke dua arah yang kadang-kadang menempati daerah seluas beberapa ribu mikron persegi.

Secara anatomis setiap axon yang mempersarafi suatu serabut otot, akan mengalami kehilangan lapisan mielinnya pada saat akan mencapai serabut otot yang dipersarafinya.

Setiap serabut otot yang dipersarafi oleh satu serabut saraf disebut *motor unit*. Jumlah otot pada satu unit motorik bervariasi sehingga semua serat otot pada unit motorik berjenis sama. Berdasarkan jenis serat otot yang disarafinya, sehingga dengan demikian berdasarkan lamanya kontraksi kedutan atau *twitch*, unit motorik dibagi dalam unit cepat dan lambat. Secara umum, unit otot lambat disarafi oleh *neuron* motorik kecil penghantar lambat, sedangkan unit cepat oleh neuron motorik besar penghantar cepat. Pada otot ekstremitas besar, unit lambat kecil merupakan yang pertama di gerakkan, tahan terhadap kelelahan dan terbanyak dipakai. Unit cepat yang mudah lelah, biasanya digerakkan dengan tenaga yang lebih kuat. Perbedaan antara jenis unit otot bukan bersifat bawaan, melainkan ditentukan oleh antara lain kegiatannya, bila saraf untuk otot lambat dipotong dan digantikan oleh saraf untuk otot cepat, saraf bergenerasi dan mensarafi otot lambat. Meskipun demikian, otot menjadi cepat, diikuti perubahan-perubahan kegiatan *isoform protein* otot dan miosin ATPase. Diperkirakan bahwa perubahan ini diakibatkan oleh zat-zat tropik yang mengalir dari saraf ke otot, tetapi tampaknya disebabkan perubahan pola aktifitas otot. Pada berbagai percobaan perangsangan, telah dibuktikan bahwa perubahan ekspresi gen MHC dan dengan demikian *isoform* MHC dapat ditimbulkan dengan perubahan pola aktifitas listrik yang digunakan untuk merangsang otot.



## **Strength Duration Curve (SDC)**

*Strength Duration Curve* merupakan gambar kurva grafis hubungan antara intensitas dan durasi arus searah terputus-putus terhadap suatu otot, dimana diperoleh kontraksi otot minimal yang dapat dilihat.

Jenis arus listrik yang digunakan adalah arus searah terputus-putus dengan bentuk grafis segiempat atau *rectangular* dan segitiga atau *triangular*, dengan demikian kurva yang diperoleh ada dua macam yaitu kurva segiempat atau *rectangular curve* dan kurva segitiga atau *triangular curve*.

## **Komponen SDC**

### **a. Rheobase**

Adalah intensitas minimal pada kurva segiempat yang masih mampu menimbulkan kontraksi minimal pada durasi pulsa 1000ms. *Rheobase* pada otot skelet ternyata sangat bervariasi, tergantung antara lain letak dan jenis ototnya, ketebalan kulit lemak yang menutupinya, situasi lingkungan dan lain-lain

### **b. Temps Utile**

Adalah durasi minimal kurva segiempat dimana intensitas masih minimal. Pada otot normal nilainya sekitar 10 ms

### **c. Chronaxie**

Adalah besarnya durasi dengan intensitas dua kali rheobase pada arus bentuk segiempat dengan durasi 1000 ms masih diperoleh kontraksi minimal yang dapat dilihat dengan mata. Pada otot normal nilainya 0,1-1 ms

### **d. Optimal Duration**

Adalah durasi minimal pada kurva segitiga dimana dengan intensitas minimal dapat diperoleh kontraksi minimal. Pada otot normal nilai optimal durasi sekitar 20 ms.

### **e. Ambang Akomodasi**

Adalah intensitas arus bentuk segitiga dengan durasi 1000 ms dimana masih diperoleh kontraksi otot minimal

### **f. Accomodation Quotient**

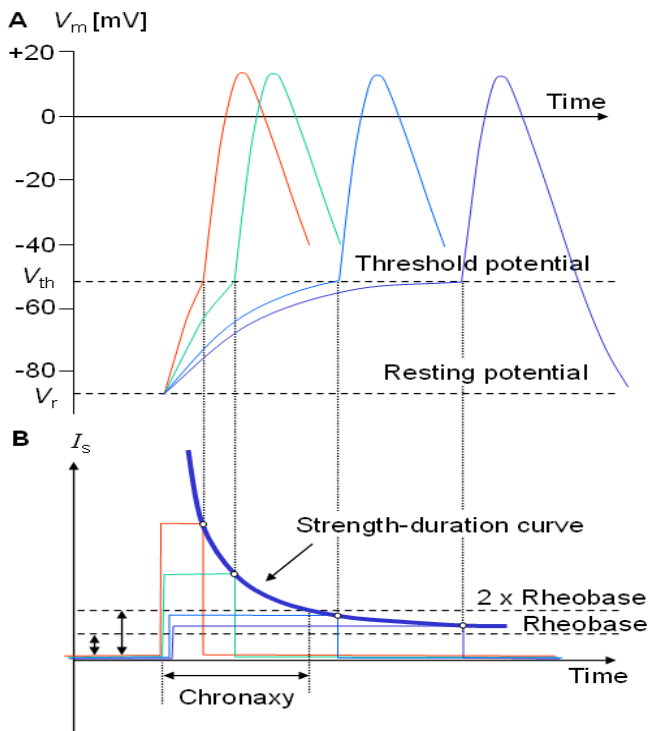
Adalah nilai besarnya akomodasi yang diperoleh dari nilai akomodasi dibagi nilai *rheobase*

## **Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan SDC**

1. Pemilihan alat yang tepat apabila ukuran intensitas dan durasi dapat dihitung dengan pasti.
2. Otot yang diperiksa tidak boleh lelah, karena digunakan pemutusan arus sekitar 2000 ms, intensitas minimal dengan penguatan sedikit, dan suhu serta situasi ruangan yang baik.
3. Agar kontraksi minimal dapat terlihat dengan tepat, maka penerangan ruangan harus baik, melihat dengan sudut pandang dan tetap dan titik fokus yang tetap pula.
4. Pemasangan kedua elektrode dengan ukuran yang sama lebar dengan otot yang diperiksa dan diletakkan persis pada ujung otot bagian origo dan insersio dimana katode dipilih yang distal.
5. Untuk membuat SDC periodik pada satu otot, maka dilakukan dengan alat yang sama, metode yang sama dan pemeriksaan yang sama. Besarnya kontraksi minimal yang harus ditemukan berdasarkan penglihatan perabaan dari fisioterapis sendiri yaitu dengan jelas terlihat dan teraba. Pada umumnya penyimpangan yang jelas nampak pada SDC adalah pada kurva *triangular*, oleh karena itu pembuatan kurva *rectangular* secara keseluruhan seper kurva normal tidak perlu harus dilakukan cukuplah dengan menentukan nilai *Rheobase* dan *Chronaxi*

## **Penentuan nilai Chronaxe**

*Chronaxi* dapat ditentukan dengan memilih bentuk grafis *rectangular* secara sederhana. Pertamakali kita menentukan nilai *Rheobase* dengan durasi 1000ms, yaitu sampai timbul kontraksi minimal. Kemudian pengatur intensitas pada alat dikembalikan pada posisi nol, dan durasi ditentukan mulai dari 0,1ms selanjutnya intensitas ditetapkan sebesar dua kali (2x) nilai *rheobase*. Sementara besarnya intensitas tetap pada nilai 2x *rheobase*, durasi dinaikkan sampai menimbulkan kontraksi minimal yang jelas. Durasi tersebut dimana kontraksi minimal timbul dengan intensitas 2x *rheobase* disebut *Chronaxi*



Sumber: Hasil Pengolahan Data

Gambar 1  
Grafik Chronaxie

### Hubungan Kekuatan Otot dengan nilai Chronaxie

Otot adalah jaringan yang terbesar dalam tubuh yang mempunyai karakteristik sebagai berikut yaitu *eksitabilitas*, *kontractilitas*, *ekstensibilitas* dan *elastisitas* dimana pengertian dari *eksitabilitas* adalah kemampuan untuk merespon rangsang, *kontractilitas* adalah kemampuan otot untuk memanjang dan memendek, *ekstensibilitas* adalah kemampuan untuk terulur ketika ditarik, *elastisitas* adalah kemampuan untuk kembali ke bentuk semula. Keempat karakteristik tersebut bisa mempengaruhi peningkatan power otot, kekuatan otot serta *endurance* otot. Otot *biceps brachii* merupakan salah satu otot penggerak tubuh yang utamanya berfungsi untuk melakukan gerakan fleksi siku dan juga membantu dalam melakukan gerakan supinasi pada *forearm* dimana akan lebih kuat bekerja pada posisi fleksi sendi siku, otot *biceps brachii* merupakan jenis otot tipe satu (*tonic*) dimana otot ini mempunyai fungsi sebagai stabilisasi, bekerja secara *Aerobic*, kontraksinya lambat landai, aktivitas myosin ATP-nya rendah, tidak mudah lelah, warnanya merah dan

banyak memiliki mitokondria. Otot *biceps brachii* merupakan otot fleksor lengan yang sangat besar kerjanya dalam aktivitas sehari-hari, sehingga kekuatan dari otot *biceps* ini sangat diperlukan. Kekuatan otot adalah kekuatan maksimal otot yang ditunjang oleh *area crosssectional* otot yang merupakan kemampuan otot untuk menahan beban maksimal disekitar *axis* sendi, kekuatan otot sendiri jika tidak dilatih tidak akan maksimal dalam penggunaannya bahkan bisa menyebabkan kelemahan yang menimbulkan menurunnya aktivitas fisik dan keterbatasan fungsi.

Kekuatan otot itu sangat dipengaruhi oleh berbagai macam hal yaitu usia dan jenis kelamin, jumlah motor unit, perubahan panjang otot, tipe kontraksi otot, tipe serabut otot, energi dan aliran darah, ukuran *crosssectional*, kecepatan kontraksi dan motivasi. Dimana pada pria lebih kuat dari wanita dan usia 20 sampai 30 tahunan merupakan puncak dari kekuatan otot, setelah melewati umur 30 otot akan mengalami penurunan. Dengan bertambahnya motor unit maka kekuatan ototpun akan ikut meningkat, pada perubahan panjang otot dimana pada saat otot berkontraksi memanjang terdapat kekuatan maksimum dari otot ini terjadi saat otot berkontraksi secara *eccentric*, otot mendapatkan kekuatan yang lebih besar dibandingkan dengan kontraksi *isometric* dan kontraksi *concentric*, pada otot tipe satu merupakan tipe otot yang bekerja lambat landai, bekerja secara *aerob* sehingga otot ini lebih baik digunakan untuk *endurance* sedangkan otot tipe dua merupakan tipe otot yang bekerja cepat dan tajam, menggunakan *an aerob* sehingga pada tipe otot ini lebih baik untuk ditingkatkan kekuatannya. Dengan adanya energi yang adekuat dan aliran darah yang baik dapat meningkatkan tegangan otot serta mencegah otot *fatigue*, ukuran *crosssectional* otot sangat mempengaruhi kekuatan otot dimana dengan bertambah besarnya ukuran *crosssectional* maka otot tersebut akan bertambah kuat, selain itu juga kecepatan kontraksi sangat mempengaruhi kekuatan otot jika semakin cepat terjadi kontraksi maka akan banyak serabut otot baru yang akan dihasilkan, motivasi juga merupakan elemen pendukung untuk meningkatkan kekuatan otot.

Dengan pemberian latihan pembedaan, maka jumlah serabut otot yang berkontraksi akan bertambah. Peningkatan jumlah

serabut otot tersebut akan menghasilkan peningkatan kekuatan otot dalam melakukan fungsinya.

Besar kecilnya kontraksi dan jumlah serabut otot yang teraktivasi ditentukan oleh jumlah *motor unit* yang aktif memberikan *impulse motorik* kepada serabut yang diper-sarafi.

Aktifitas motor unit dalam memberikan *impulse motorik* ke serabut otot dipengaruhi oleh besar stimulus dan kemampuan saraf dalam menerima stimulus yang ditentukan oleh nilai ambang rangsang (*Threshold Potensial*) saraf.

Salah satu modalitas fisioterapi yang digunakan untuk melakukan identifikasi terhadap saraf dan otot adalah dengan menggunakan arus *Strength duration Curve (SDC)*.

*Strength Duration Curve* merupakan gambar kurva grafis hubungan antara intensitas dan durasi arus searah terputus-putus terhadap suatu otot, dimana diperoleh kontraksi otot minimal yang dapat dilihat.

Jenis arus listrik yang digunakan adalah arus searah terputus-putus dengan bentuk grafis segiempat atau *retingular* dan segitiga atau *triangular*, dengan demikian kurva yang diperoleh ada dua macam yaitu kurva segi empat atau *retingular curve* dan kurva segitiga atau *triangular curve*.

Dalam penggunaan SDC untuk mengidentifikasi kemampuan otot dan saraf terhadap rangsangan maka dilakukan dengan menggunakan nilai *chronaxi*, *chronaxie* adalah besarnya durasi dengan intensitas dua kali *rheobase* pada arus bentuk segiempat dengan durasi 1000 ms masih diperoleh kontraksi minimal yang dapat dilihat dengan mata. Pada otot normal nilainya 0,1-1 ms.

Nilai *chronaxie* akan menunjukkan minimal rangsangan yang diterima untuk menghasilkan kontraksi minimal.

### Prosedur Pengukuran

Prosedur pengukuran kekuatan otot dengan menggunakan Dynamometer:

- Posisi klien duduk dikursi.
- Peneliti mempersiapkan Dynamometer yang akan digunakan untuk pengukuran.
- Pegangan Dynamometer pada sisi yang bawah difiksasi dengan tali yang diikat kelantai, sedangkan pegangan pada sisi

yang atas ketangan klien yang akan diukur dengan posisi wrist semi fleksi dan jari-jari tangan mengepal memegang pegangan dynamometer.

- Berikan instruksi pada klien untuk mengangkat dynamometer sehingga akan terjadi proses peregangan pada dynamometer dengan ini kita bisa melihat jarum pada dynamometer akan berputar menunjukkan nominal angka kekuatan yang dihasilkan.
- Peneliti mengambil kembali hand dynamometer kemudian mencatat hasil yang didapat.
- Prosedur ini dilakukan pada awal penelitian sebagai data awal dan sesudah perlakuan akhir sebagai data akhir hasil penelitian.

Prosedur Pengukuran Nilai *Chronaxie* Pada SDC

- Posisi klien duduk dikursi posisi lengan tersangga.
- Peneliti mempersiapkan Myomed yang digunakan untuk pengukuran dengan basahkan 2 elektrode lalu di keringkan sampai spon menjadi lembab (dengan mengibas-ngibaskan spon sampai airnya tidak menetes lagi).
- Sebelum kita melakukan pemeriksaan untuk pembuatan SDC harus diperhatikan terlebih dahulu situasi atau keadaan dari otot yang hendak diperiksa.
- Electrode diletakkan pada otot biceps, salah satu electrode pada bagian insersio dan lainnya pada origo. 2 cm dari *Epicondylus Medial* dan 2 cm dari *Acromion*
- Menentukan nilai *Rheobase* dengan durasi 1000ms, yaitu sampai timbul kontraksi minimal yang teraba dan terlihat pada tendon.
- Tentukan nilai *Chronaxi* dengan melihat kontraksi minimal timbul dengan intensitas  $2x$  *rheobase*
- Prosedur ini dilakukan pada awal penelitian sebagai data awal sebelum mengalami peningkatan kekuatan otot dan sesudah perlakuan akhir (setelah kekuatan otot meningkat) sebagai data akhir hasil penelitian.

### Hasil Penelitian

Dalam penelitian ini sampel yang diambil adalah mahasiswa INDONUSA Esa

Unggul. Sampel baru diperoleh melalui suatu wawancara serta pemberian *questioner* yang dibuat berdasarkan *criteria inklusif* untuk diisi oleh sampel.

Secara keseluruhan sampel yang digunakan adalah sebanyak 30 orang. Dimana sebelumnya sampel diberikan penjelasan tentang tujuan serta maksud dari penelitian tersebut, yang kemudian sampel menandatangani lembar persetujuan menjadi sampel sebagai bentuk *informed consent* untuk menjadi sampel penelitian.

Tabel 1

Distribusi sampel menurut jenis kelamin

Jenis Kelamin	Jumlah	%
Laki - Laki	15 orang	50 %
Perempuan	15 orang	50 %
Jumlah Total Sampel	30 orang	100%

Sumber: Data Mhs FT Indoonesia

Berdasarkan tabel 1 di atas dapat dilihat jumlah sampel perempuan adalah 15 orang (50 %) dan 15 orang sampel laki-laki (50%), sehingga jumlah total penelitian dari sampel yang diteliti adalah 30 orang (100%).

### Nilai kekuatan otot sebelum latihan

Adapun nilai hasil pengukuran kekuatan otot dengan dynamometer sebelum melakukan latihan

Tabel 2

Distribusi kekuatan otot sebelum latihan

Kekuatan otot (kg)	Frekuensi	Presentase (%)
5 – 10	12	40 %
11 – 15	6	20 %
16 – 20	9	30 %
21 – 25	3	10 %
Jumlah	30	100 %

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan tabel 2 di atas dapat dilihat kekuatan otot 5 – 10 kg berjumlah 12 orang (40 %), kekuatan otot 11 – 15 kg berjumlah 6 orang (20%), kekuatan otot 16 – 20 kg berjumlah 9 orang (30 %), kekuatan otot 21 – 25 kg berjumlah 3 orang (10 %).

### Nilai *chronaxie* sebelum pelatihan

Adapun nilai hasil pengukuran *chronaxie* dengan menggunakan *SDC* sebelum sampel melakukan pelatihan

Tabel 3

Distribusi nilai *chronaxie* sebelum latihan

<i>Chronaxie</i>	Frekuensi	Presentase (%)
0,05 – 0,25	9	30 %
0,26 – 0,45	12	40 %
0,46 – 0,65	7	23,3 %
0,66 – 0,85	2	6,7 %
Jumlah	30	100 %

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan tabel 3 di atas dapat dilihat nilai *chronaxie* 0,05 – 0,25 berjumlah 9 orang (30%), nilai *chronaxie* 0,26 – 0,45 berjumlah 12 orang (40%), nilai *chronaxie* 0,46 – 0,65 berjumlah 7 orang (23,3%), nilai *chronaxie* 0,66 – 0,85 berjumlah 2 orang (6,7%).

### Nilai kekuatan otot setelah pelatihan

Nilai hasil pengukuran kekuatan otot dengan dynamometer setelah melakukan latihan

Tabel 4

Distribusi kekuatan otot setelah latihan

Kekuatan otot (kg)	Frekuensi	Presentase (%)
5 – 10	5	16,7 %
11 – 15	10	33,3 %
16 – 20	4	13,3 %
21 – 25	11	36,7 %
Jumlah	30	100 %

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan tabel 4. di atas dapat dilihat kekuatan otot 5 – 10 kg berjumlah 5 orang (16,7 %), kekuatan otot 11 – 15 kg berjumlah 10 orang (33,3 %), kekuatan otot 16 – 20 kg berjumlah 4 orang (13,3 %), kekuatan otot 21 – 25 kg berjumlah 11 orang (36,7 %).

### Nilai *chronaxie* setelah melakukan pelatihan

Nilai hasil pengukuran *chronaxie* dengan menggunakan *SDC* setelah sampel melakukan pelatihan

Tabel 5

Distribusi nilai *chronaxie* setelah latihan

<i>Chronaxie</i>	Frekuensi	Presentase (%)
0,05 – 0,25	12	40 %
0,26 – 0,45	11	36,7 %
0,46 – 0,65	6	20 %
0,66 – 0,85	1	3,3%
Jumlah	30	100 %

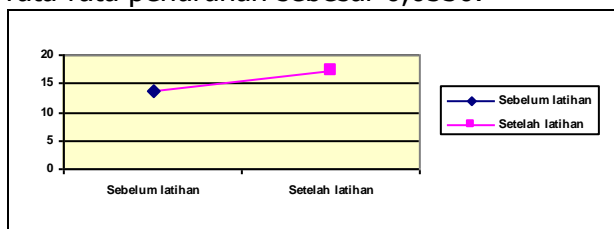
Sumber: Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan tabel 5 di atas dapat dilihat nilai *chronaxie* 0,05 – 0,25 berjumlah 12 orang (40%), nilai *chronaxie* 0,26 – 0,45 berjumlah 11 orang (36,7 %), nilai *chronaxie* 0,46 – 0,65 berjumlah 6 orang (20 %), nilai *chronaxie* 0,66 – 0,85 berjumlah 1 orang (3,3%)

Dalam penelitian ini untuk mengetahui apakah pelatihan telah mengalami peningkatan kekuatan otot pada setiap sampel maka dilakukan pengukuran selisih sebelum dan sesudah diberikan pelatihan kekuatan.

Dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa seluruh sampel telah mengalami peningkatan kekuatan otot dengan rata-rata peningkatan sebesar 3,5667

Dari hasil pengukuran nilai *cronaxie* menunjukkan bahwa seluruh sampel telah mengalami penurunan nilai *chronaxie* dengan rata-rata penurunan sebesar 0,0530.

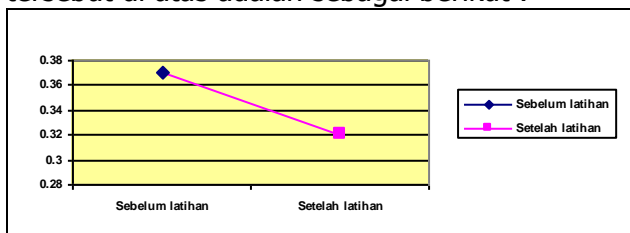


Sumber: Hasil Pengolahan Data

Grafik 1

Distribusi peningkatan nilai kekuatan otot rata-rata

Adapun grafik dari distribusi data tersebut di atas adalah sebagai berikut :



Sumber: Hasil Pengolahan Data

Grafik 2

Distribusi penurunan nilai *chronaxie* rata-rata

Pada penelitian ini populasi dari sample diasumsikan berdistribusi normal.

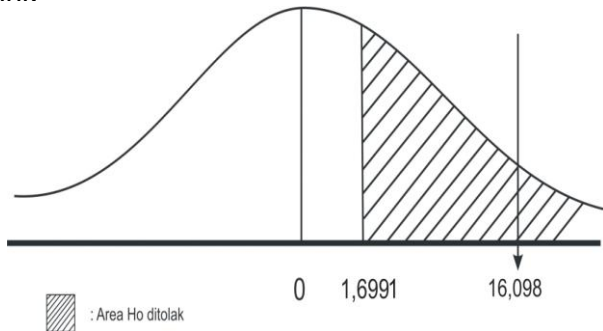
### Uji Hipotesis

Setelah dilakukan latihan pembebanan pada 30 sample untuk dapat meningkatkan kekuatan otot yang dimiliki, maka didapatkan hasil bahwa kekuatan otot meningkat pada seluruh simple dalam penelitian ini. Dengan rata-rata peningkatan sebesar 3,56 kg dengan menggunakan alat ukur Dynamometer.

Selanjutnya analisis perbandingan nilai *chronaxie* sebelum dan sesudah terjadinya peningkatan kekuatan otot dilakukan untuk melihat bahwa peningkatan kekuatan otot pada 30 sample tersebut dipengaruhi oleh penurunan nilai *chronaxie*, seperti pada tabel berikut:

Sebelum Latihan	Sesudah latihan
0,60	0,53
0,28	0,24
0,52	0,46
0,42	0,39
0,21	0,13
0,27	0,23
0,83	0,78
0,31	0,26
0,25	0,21
0,20	0,12
0,48	0,41
0,27	0,23
0,40	0,33
0,22	0,16
0,52	0,46
0,50	0,44
0,19	0,09
0,32	0,26
0,31	0,27
0,22	0,19
0,38	0,33
0,51	0,49
0,24	0,20
0,40	0,37
0,22	0,17
0,21	0,16
0,58	0,52
0,68	0,61
0,32	0,26
0,34	0,31

Dengan menggunakan uji t-test related maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut: dari tabel perhitungan di atas menunjukkan bahwa nilai  $P = 0,000$  ( $P < \alpha(0,05)$ ), atau dengan nilai t-hitung sebesar **16,098** dan t-tabel dengan df 29 dan taraf signifikan 0,05 yaitu sebesar **1,6991**, maka ( $t\text{-hitung} > t\text{-tabel}$ ), dapat digambarkan pada kurva berikut ini:



Hal tersebut menunjukkan bahwa hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak sehingga dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan yang bermakna nilai *chronaxie* sebelum dan sesudah otot mengalami peningkatan. Yang secara deskriptif menunjukkan rata-rata nilai *chronaxie* mengalami penurunan.

Dengan hasil analisis tersebut dapat dikatakan bahwa peningkatan kekuatan otot pada sejumlah kelompok sample dipengaruhi oleh penurunan nilai *chronaxie*.

## Daftar Pustaka

- Deusen, Julia Van, et all, "Assessment in Occupational Therapy and Physical Therapy", W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1997.
- A.H, Crenshaw, "Campbell's Operative Orthopaedics", eighth edition, Mosby Year Book, 1992.
- Adam, John Crawford & David C. Hamblen, "Outline of Orthopaedic", twelfth edition, Churchill Livingstone, 1996.
- AN, De Wolft & J.M.A.Mens, "Pemeriksaan Alat Penggerak Tubuh", Houten / Zeveten.
- Cailliet, Renne, "Soft Tissue Pain and Disability", F.A Davis Company, Philadelphia, 1978.

John Low, Ann Reed, "Electrotherapy Explained Principles and Practice", Third Edition, Butterworth Heinemann, Oxford, 2000.

Nugroho D.S., "Neurofisiologi Nyeri dari Aspek Kedokteran", Makalah disampaikan pada Pelatihan Penatalaksanaan Fisioterapi Komprehensif Pada Nyeri, Surakarta, 2001.

Robert Donatelli, Michael J. Wooden, "Orthopaedic Physical Therapy", Churchill Livingstone, New York, 1989.

William E. Prentice, "Therapeutic Modalities For Sports Medicine and Athletic Training", Mc Graw Hill Company, New York, 2003.