

## **PENGARUH PENAMBAHAN TERAPI ULTRA SONIK PADA INTERVENSI MWD TERHADAP PENURUNAN NYERI AKIBAT *SPRAIN ANKLE***

H. Habib Nasution, Rika Melianita  
Ikatan Fisioterapi Medan  
Fakultas Fisioterapi – Universitas INDONUSA Esa Unggul, Jakarta  
Jl. Arjuna Utara Tol Tomang Kebun Jeruk, Jakarta 11510  
rika.melianita@indonusa.ac.id

### **Abstrak**

Secara fungsional ankle merupakan daerah yang menerima beban dari seluruh tubuh baik pada saat berdiri maupun berjalan, sehingga daerah ankle cenderung mengalami gangguan akibat truma mekanik. Pada umumnya, trauma yang terjadi pada ankle sering menimbulkan sprain ankle, yang dikenal orang awam sebagai keseleo. Sprain ankle merupakan kondisi terjadinya *over stretch* pada ligamen lateral kompleks ankle yang disebabkan oleh gerak inversi dan plantar fleksi yang tiba-tiba. Kondisi ini menyebabkan problem nyeri dan bengkak pada sisi lateral ankle serta penurunan fungsi berjalan. Kondisi ini sering terjadi pada olahragawan seperti pemain sepak bola, atletik, pesenam pada kelompok kebugaran dan lain-lain. Sprain ankle umumnya merupakan kondisi nyeri akut, tetapi dapat menjadi kondisi kronik jika terjadi repetitif sprain. Kronik sprain ankle dengan problem nyeri kronik dapat diterapi oleh modalitas ultra sonik sebagai modalitas tambahan terhadap intervensi MWD. Dengan penambahan terapi ultra sonik terhadap intervensi MWD pada kelompok perlakuan menunjukkan hasil penurunan nyeri yang lebih bermakna dari pada intervensi MWD saja pada kelompok kontrol. Hal ini disebabkan oleh efek mekanik dari ultra sonik dan efek termal dari MWD sangat mempercepat proses penyembuhan jaringan dan penurunan nyeri. Dapat dilihat dari hasil uji analisis hipotesis yang menunjukkan bahwa intervensi ultra sonik dan MWD memberikan penurunan nyeri yang sangat bermakna dengan nilai  $p=0,000$  dibandingkan dengan intervensi MWD saja.

**Kata Kunci:** Trauma Mekanik, *Over Stretch*, *Sprain Ankle*

### **Pendahuluan**

Peningkatan sumber daya manusia yang berkualitas sangat diperlukan dalam pembangunan bangsa Indonesia saat ini. Disamping itu, sumber daya manusia yang produktif dalam mengisi pembangunan juga dibutuhkan. Untuk mencapai sumber daya manusia yang berkualitas dan produktif dibutuhkan status kesehatan yang tinggi dan peningkatan sistem pelayanan kesehatan.

Kesehatan berkaitan dengan kata "sehat", dimana sehat menurut WHO adalah keadaan sempurna secara fisik, mental dan sosial dalam kehidupannya. Sehat sangat berhubungan dengan kata "fungsi", dimana fungsi menggambarkan aksi atau kerja dari bagian tubuh seseorang atau tubuh secara keseluruhan. Dipandang secara keseluruhan, manusia sebagai subyek dalam lingkungannya berfungsi untuk menyelesaikan peran dan tugas-tugas penting dalam kehidupannya sehari-hari.

Untuk menyelesaikan tugas-tugasnya dalam aktivitas kegiatan sehari-hari maka diperlukan sehat secara fisik, mental, dan sosial. Dengan demikian, sehat menunjukkan kemampuan seseorang untuk menyelesaikan tugas-tugas yang diharapkan dalam sosial kehidupannya dengan baik. Tanpa kemampuan fungsional, maka seseorang akan mengalami kesulitan dalam menyelesaikan tugas-tugasnya atau mengalami kesulitan dalam menunjukkan keadaan sempurna secara fisik, mental, dan sosial dalam kehidupannya. Adanya penyakit atau injuri pada sistem muskuloskeletal dapat mempengaruhi status kesehatan seseorang. Salah satu penyakit yang umumnya dialami oleh para olahragawan terutama atlet sepakbola adalah sprain ankle.

Secara biomekanis, ankle atau pergelangan kaki merupakan daerah yang menerima beban dari seluruh tubuh baik pada saat berdiri maupun berjalan. Pada saat berjalan

atau berlari maka beban tubuh diterima oleh kaki atau pergelangan kaki pada kedua sisi secara bergantian. Oleh karena kaki dan pergelangan kaki menjadi pusat tumpuan badan saat berdiri, berjalan dan berlari, maka daerah tersebut cenderung mengalami gangguan akibat trauma mekanik.

Pada umumnya trauma mekanik yang terjadi pada daerah pergelangan kaki adalah sprain ankle. Sprain ankle yang dikenal orang awam dengan keseleo merupakan trauma yang terjadi pada ligamen-ligamen sisi lateral ankle. Trauma ini sering terjadi pada olahragawan seperti sepakbola, atletik dan lain-lain. Trauma tersebut menyebabkan penarikan yang tiba-tiba (*overstretch*) pada ligamen collateral lateral ankle sehingga menimbulkan nyeri hebat dan kesulitan untuk berjalan normal. Problem nyeri merupakan problem utama yang menyebabkan pasien mengalami gangguan berjalan.

Beberapa modalitas fisioterapi dapat digunakan untuk mengobati sprain ankle. Dalam kenyataannya dilapangan, banyak fisioterapi menggunakan modalitas MWD, SWD, TENS, Infra Red Rays, dan Interferensi. Modalitas *MIcro Wave Diathermy* (MWD) paling umum digunakan fisioterapi di lapangan. Pemberian MWD pada kondisi ini bertujuan untuk menurunkan nyeri aktualitas tinggi. Pemilihan intervensi yang tepat dan efektif sangat diperlukan dalam penanganan kondisi sprain ankle. Pemilihan intervensi berdasarkan pada efek terapeutik yang dihasilkannya sesuai dengan aktualitas penyakit dan kedalaman jaringan yang patologis.

Intervensi Ultrasound menimbulkan efek yaitu merangsang penyembuhan luka dengan menimbulkan reaksi radang baru secara fisiologis, dan juga menurunkan nyeri melalui efek mekanik dari ultrasound. Sprain ankle dengan struktur jaringan yang terkena adalah ligamen collateral lateral ankle, terletak superfisial dengan kulit sehingga efek Ultrasound dapat mencapai kedalaman jaringan tersebut.

### ***Sprain Ankle***

Untuk memahami secara mendalam tentang kondisi sprain ankle, maka perlu diketahui struktur jaringan spesifik yang mengalami gangguan, patologi sprain ankle, dan gangguan neuromuskuloskeletal vegetatif mechanism pada kondisi ini. Dengan demikian,

pada sub bab ini peneliti akan menambah tentang Anatomi terapan pergelangan kaki dan kaki, patologi sprain ankle, neurofisiologi, dan vaskularisasi jaringan.

### ***Talocrurale joint***

Sendi ini di bentuk oleh ankle fork dan trochlea tali, permukaan sendi talus yang berbentuk silinder, yang juga disebut gulungan talus. *Ankle fork* terdiri dari ujung-ujung distal dari tibia dan fibula, yang dijaga sehingga tetap bersatu oleh dua ligament yang kuat, yaitu ligamentum tibiofibulare anterius dan posterius. Secara fungsional Talocrurale Joint dapat dianggap sebagai Hinge Joint. Gerakan-gerakan yang dimungkinkan terdiri dari fleksi dorsal dan fleksi plantar. Tiga ligament yang kuat yang bersama-sama yang membentuk huruf T berjalan dari malleolus lateralis adalah ligamentum talocfibulare anterius, posterius dan ligamentum calcaneofibulare. Demikian pula terdapat ligamen pada sisi medial yang berjalan dari malleolus medialis adalah ligamen tibiotalar anterius, posterius, ligamentum tibio-calcaneare dan ligamentum tibionavicular yang membentuk satu kesatuan yang disebut ligamentum deltoideum.

Bila kaki dalam posisi sudut  $90^{\circ}$  (posisi netral), maka besarnya fleksi plantar kira-kira  $90^{\circ}$ . Kira-kira separuh dari fleksi plantar ( $45^{\circ}$ ) terjadi didalam Talocrurale Joint, fleksi dorsal sebesar  $20^{\circ}$ . Gerakan fleksi plantar ditahan oleh ligamen-ligamen yang berjalan dari malleoli bagian depan ke punggung kaki, yaitu ligamentum talofibulare anterius, ligamentum fibiotalar anterius dan ligamentum tibionavicular. Gerakan fleksi dorsal ditahan oleh ligamentum posterior tetapi terutama oleh tendon Achilles.

### ***Talocalcaneo joint***

Ini adalah sendi yang terletak antara talus dan calcaneus. Gerakan yang terjadi adalah gerak varus dan gerakan valgus kecil. Semakin besar posisi kaki dalam fleksi plantar, semakin besar kemiringan varusnya.

### ***Midtarsal joint***

Lebih kearah distal terdapat sendi-sendi antara talus dan naviculare, antara calcaneus dan cuboideum dan antara naviculare dan cuboideum. Lebih kearah distal lagi, naviculare

serta cuboideum masing-masing bersambung dengan ossa cuneiformia serta os. metatarsale V. Tulang-tulang ini saling berhubungan yang diperkuat oleh ligamen. Tulang yang letaknya dibagian medial memebentuk suatu lengkungan, yang tidak hanya berhubungan dengan ligamen yang pendek tetapi juga oleh ligamen yang panjang (antara lain oleh fascia plantaris) yang seperti senar busur panah terentang dari calcaneus bagian depan dan berinsersio pada basis jari-jari kaki.

Gerakan yang terjadi adalah fleksi plantar dan fleksi dorsal, pronasi dan supinasi, abduksi dan aduksi. Inversi dan eversi adalah merupakan istilah dari kombinasi gerakan.

### **Metatarsophalangeal dan Interphalangeal Joint**

Di dalam kaki depan yang terpenting adalah mobilitas, terutama untuk proses meletakkan kaki saat berjalan. Dalam berjalan adanya kemungkinan fleksi dan ekstensi penting, seperti halnya pada persendian jari kaki (interphalangeal) yang lain. Proses meletakkan kaki dalam berjalan pada umumnya terjadi melalui ibu jari kaki.

### **Topografi jaringan pada ankle joint Kulit**

Kulit merupakan lapisan jaringan paling superfisial. Kulit adalah organ tubuh yang paling luas, terdapat 15%-20% dari berat badan dan terdiri dari tiga lapisan yaitu lapisan dermis, epidermis dan jaringan subcutaneus. Struktur-struktur yang terdapat pada setiap lapisan dapat dilihat pada tabel. Secara anatomis dan fisiologis, kulit mempunyai perbedaan pada setiap area tubuh tetapi secara keseluruhan fungsi utama dari kulit adalah untuk melindungi struktur-struktur dibawahnya dari cedera/*injury* luar (eksternal) dan unsur-unsur atau bahan-bahan yang sangat berbahaya. Kulit terutama sebagai insulator, bukan sebagai organ pertukaran. Kulit memiliki beberapa fungsi lainnya yang berbeda termasuk melindungi organ-organ secara bersamaan, sebagai sensorik persepsi, ikut berperan dalam keseimbangan cairan, mengontrol suhu, mengabsorpsi radiasi ultra violet, memetabolisme vitamin D, dan mensintesa lemak epidermal.

### **Fascia**

Pada daerah ankle terdapat fascia superficialis dorsum pedis yang terletak di bagian distal retinaculum musculorum extensorum inferius. Fascia ini halus dan tipis. Fascia ini segera membentuk fascia cruris dan terbentang ke distal masuk ke dalam aponeurosis extensoris jari-jari. Di lateral melekat pada sisi kaki. Pada bagian proksimal melekat pada retinaculum musculorum extensor superior dan membentuk penyilangan dengan retinaculum musculorum extensorum inferius hanya dapat dilihat pada diseksi perlahan-lahan dan bagian lateralnya crus proksimal sering tidak ada. Di sebelah dalam tendon-tendon musculus extensor digitorum longus yang merupakan lapisan jaringan penyambung fascia profunda dorsum pedis yang padat, kaku dan juga melekat pada batas-batas kaki.

### **Ligamen**

Ligamen pada ankle joint dapat dibagi dalam beberapa bagian yaitu ligamen talonavicular, ligamen talocalcaneum lateral, ligamen talocalcaneum medial dan ligamen talocalcaneum posterior. Ligamen tarsi dorsal termasuk ligamen bifurcatum dengan serabut ligamen calcaneonavicular dan calcaneocuboid, ligamen intercuneiform dorsal, ligamen cuneocuboid dorsal, ligamen cuboidonavicular dorsal, ligamen cuneonavicular dorsal dan ligamen calcaneocuboid dorsal.

Ligamen tarsi plantaria menghubungkan masing-masing ossa tarsi pada permukaan plantaris. Ligamen tersebut meliputi ligamen plantar longum yang berjalan dari tuberositas calcanei ke cuboid dan ossi metatarsal. Ligamen calcaneonavicular plantar atau spring ligamen sangat penting untuk stabilisasi kaki. Pars medial ligamen plantar longum, ligamen calcaneocuboid plantar merupakan bagian yang sangat penting. Selain itu juga terdapat ligamen cuneonavicular plantar, ligamen cuboidonavicular plantar, ligamen intercuneiform plantar, ligamen cuneocuboid plantar dan ligamenta interrosea yaitu ligamen cuneocuboid interossum dan ligamen intercuneiform interossea. Pada ligamen antara tarsal dan metatarsal terdapat ligamen tarometatarso dorsal, ligamen tarsometatarso plantar dan ligamen cuneometatarsal interossea. Diantara

ossa metatarsal terdapat ligamen metatarsal interossea dorsal dan palantar yang terletak pada basis metatarsal.

## **Tendon**

Pada daerah dorsum pedis selubung sinovial terdapat tendon musculus tibialis anterior, ekstensor hallucis longus dan ekstensor digitorum longus. Tendon-tendon dan selubung tendon pada daerah ini terikat pada tempatnya oleh retinaculum musculorum ekstensor inferior. Pada sisi lateral os. tarsal di daerah trochlea peroneal os. calcaneus terdapat selubung tendon peroneal bersama untuk muscoli peronei. Tendon musculus peroneus longus meninggalkan selubung tendon sinovial dan melanjutkan diri menyilang di daerah plantaris di dalam selubungnya sendiri. Selubung tendon bersama untuk muscoli peronei terfiksasi pada tempatnya oleh retinaculum musculus peroneus superior dan retinaculum musculus peroneus inferior. Tendon-tendon otot-otot flektor terletak pada sisi medial di belakang malleolus medial. Selubung-selubung tendonnya berjalan di bawah retinaculum musculus flektor pedis (ligamentum lacinatedum) yang terdiri dari lapisan superficial, memperkuat fascia cruris dan lapisan profunda. Di bawah lapisan ini lewat tiga tendon masing-masing terbungkus oleh selubung sinovialnya sendiri diantaranya musculus tibialis posterior, flexor digitorum longus dan flexor hallucis longus.

Pada bagian plantaris terdapat lima selubung tendon sesuai dengan jari masing-masing. Selubung ini tidak berhubungan satu dengan yang lain dan diperkuat oleh selubung fibrosa yang masing-masing terdiri dari pars anulare dan pars cruciforme. Pars anulare terdiri dari berkas-berkas serabut sirkular dan terletak pada daerah sendi. Pars cruciforme diantara sendi-sendi dan persilangan kumpulan serabut-serabut jaringan penyambung. Pada bagian rongga tengah facies plantaris tidak ditemui selubung tendon.

## **Patologi**

Sprain ankle merupakan tipe injury ankle yang paling banyak terjadi pada olahragawan. Sprain adalah overstretching dan kerobekan pada ligamen. Hampir 85% sprain ankle terjadi pada struktur jaringan bagian lateral ankle yaitu ligamen lateral complex.

Ligamen lateral complex terdiri atas: ligamen talofibular anterior, ligamen talofibular posterior, dan ligament calcaneofibular. Sprain pada ligamen lateral complex dihasilkan oleh gaya inversi dan plantar fleksi ankle yang tiba-tiba, dimana seringkali terjadi selama olahraga atletik atau exercise ketika berat tubuh yang diterima oleh kaki saat menumpuh tidak sempurna diatas permukaan yang tidak rata menyebabkan tapak kaki (dorsum kaki) dalam posisi inversi saat gaya tersebut terjadi. Akibatnya, ligament lateral complex mengalami *overstretch*. Ligament yang paling sering terjadi injury adalah ligament talofibular anterior. Jika gaya yang terjadi pada ankle lebih hebat, maka ligament calcaneo-fibular juga ikut rusak. Sedangkan ligament talofibular posterior sangat jarang terjadi kerusakan dibandingkan kedua ligament diatas.

Beberapa orang yang mengalami sprain ankle sering melaporkan adanya bunyi "ceklek" atau "letupan" saat terjadi injury. Setelah injury terjadi, pasien mengalami kesulitan berjalan karena pada sisi lateral ankle mulai nyeri dan bengkak. Sprain ankle dapat dikelompokkan menjadi 3 derajat berdasarkan derajat kerusakannya. Derajat I, ditandai dengan sprain ringan, nyeri ringan, sedikit bengkak, dan mungkin muncul kekakuan sendi. Stretch ligament dan/atau kerobekan kecil ligament tanpa laxity. Biasanya terjadi pada ligament talofibular anterior. Penurunan fungsi yang minimal. Dapat kembali beraktivitas dalam beberapa hari setelah *injury* (dengan menggunakan brace atau taping).

Derajat II, ditandai dengan nyeri yang sedang sampai nyeri hebat, pembengkakan, dan muncul kekakuan sendi. Kerobekan parsial pada ligament lateral complex. Penurunan fungsi yang cukup berat dengan kesulitan mengangkat jari-jari kaki dan berjalan. Membutuhkan waktu 2-3 bulan sebelum memperoleh kembali kekuatan dan stabilitas sendi.

Derajat III, ditandai dengan timbul nyeri hebat setelah *injury*, yang kemudian diikuti oleh sedikit nyeri atau tanpa nyeri akibat kerusakan total dari serabut saraf. Pembengkakan yang besar dan sendi menjadi kaku selama beberapa jam setelah *injury*. Ruftur secara komplet pada ligament lateral complex (laxity yang berat). Biasanya memerlukan beberapa bentuk immobilisasi selama

beberapa minggu. Hilangnya fungsi secara komplet (functional disability) dan memerlukan kruk. Biasanya memerlukan terapi konservatif dengan program rehabilitasi exercise, tetapi dalam jumlah yang kecil memerlukan pembedahan. Masa recovery selama 4 bulan.

Sementara itu, kronik sprain ankle dapat terjadi pada olahragawan yang mengalami *overstretch* ringan dan terjadi berulang kali tanpa mendapatkan pengobatan yang adekuat. Derajat I sprain sering menjadi kronik sprain karena pasien tidak begitu memperhatikan injury yang dialaminya sehingga tidak diobati atau mendapatkan pengobatan yang tidak adekuat. Pada kronik sprain ankle, nyeri yang dirasakan adalah *dull aching* (sakit tumpul), bersifat intermitten atau kadang-kadang konstan, nyeri cenderung meningkat jika melakukan aktivitas atau olahraga yang melibatkan ankle joint.

## **Neurofisiologi**

### ***Micro Tissue Damage***

Dengan pemberian modalitas ultra sound dapat menyebabkan iritasi jaringan yang menyebabkan reaksi fisiologis seperti kerusakan jaringan. Hal ini disebabkan oleh efek mekanik dan termal ultra sound. Dari kerusakan jaringan tersebut akan diikuti oleh pelepasan zat-zat pengiritasi jaringan berupa prostaglandin, bradikinin dan histamin yang memicu terjadinya reaksi radang. Dengan lepasnya zat-zat tersebut akan merangsang serabut saraf bermyelin tipis yaitu saraf afferen tipe III b atau A delta dan saraf tipe IV atau tipe C sehingga menimbulkan nyeri. Rangsangan tersebut dibawa ke ganglion dorsalis yang akan memicu produksi "P" substance yang bersifat vascular dan seluler yang pada prinsipnya memacu proliferasi fibroblast. "P" substance merupakan substansi kimiawi yang dihasilkan timbul sebagai reaksi atas cedera jaringan untuk meningkatkan proses inflamasi.

Pada fase pembentukan jaringan kologen muda sebagai proses regenerasi awal yang dimulai sejak 24 sampai 36 jam pertama (fase akut). Fungsi "P" substance:

- a) Reaksi vasculer
  - Terjadi vasodilatasi
  - Peningkatan permeabilitas
- b) Reaksi Seluler

- Perangsangan terhadap saraf tipe III b dan IV karena adanya transfor
- "P" substance ke proksimal akan menurunkan ambang ransangan neuron A atau tipe saraf III b dan IV atau tipe saraf C.
- Peningkatan leukosit dengan adanya vasodilatasi kapiler dan arteriole akan meningkatkan metabolisme jaringan, menyimpan leukosit yang sangat dibutuhkan dalam penyembuhan jaringan.
- Induksi proliferasi disebabkan oleh adanya vasodilatasi kapiler dan arteriole tersebut sehingga merangsang antibodi dan leukosit serta peningkatan metabolisme yang akan membantu pembuangan sisa metabolisme, peristiwa tersebut sangat dibutuhkan dalam penyembuhan jaringan.

## **Proses Penyembuhan Luka**

Pada saat tubuh mengalami kerusakan jaringan atau luka maka akan terjadi peradangan yang ditandai dengan nyeri, bengkak, panas kemerahan dan gangguan fungsi. Hal ini perlu diuraikan sehubungan dengan patofisiologi dan penggunaan ultra sound. Fase-fase penyembuhan luka secara fisiologis adalah:

- a) Fase Perdarahan  
Fase perdarahan adalah fase yang terjadi antara 20-30 menit setelah terjadi trauma. Pada fase tahap ini perdarahan berhenti setelah dikeluarkan fibrin untuk menutupi luka. Pada fase ini ditandai dengan keluarnya hematoma dan keluarnya zat-zat iritan.
- b) Fase Peradangan  
Fase peradangan adalah fase yang terjadi antara 24-36 jam setelah trauma. Fase peradangan aktif ditandai dengan radang tinggi dengan gejala-gejala panas, merah dan bengkak pada daerah trauma. Pada fase ini terjadi aktualitas nyeri yang tinggi dimana fase ini sebagai awal dari proses penyembuhan luka.
- c) Fase Regenerasi
  - Fase proliferasi (2-4) hari  
Pada fase ini ditandai dengan menurunnya rasa nyeri, jumlah protein pertahanan tubuh banyak dan jumlah fibroblast meningkat. Pada fase ini juga terjadi rekonstruksi jaringan pembed-

tukan jaringan permukaan dan memberikan kekuatan pada daerah trauma. Sel-sel lain peningkatan, juga terjadi peningkatan sel-sel macrophage dan sel-sel endothelial untuk membentuk pembuluh-pembuluh darah baru yang terkenal dengan proses angiogenesis.

- Fase produksi (4 hari-3 minggu)  
Pada fase ini ditandai dengan penurunan proses pertahanan tubuh, diikuti dengan peningkatan fibroblast yang tinggi, telah terjadi pelekatan kolagen dan jaringan granulasi baru serta peningkatan oksigenisasi pada daerah cedera. Beberapa fibroblast terbentuk menjadi myofibroblast yang memberikan efek *wound contraction*.
- Fase remodeling (3 minggu-3 bulan)  
Fase ini merupakan fase pembentukan jaringan yang normal. Jaringan granulasi menjadi lebih fibrous dan kekurangan vaskuler untuk membentuk jaringan fibrous yang rapat seperti scar tissue. Selama tiga minggu kekuatan pada daerah yang cedera sekitar 15%. Proses ini berlanjut sampai tiga bulan hingga terjadi pembentukan jaringan yang baru. Jumlah pembuluh darah berkurang untuk mempertahankan viabilitas jaringan. Arteri, vena dan limpa berkembang kembali dan terjadi regenerasi pada serabut saraf yang kecil.

### **Vaskularisasi jaringan**

Pembuluh darah merupakan jaringan tertutup yang menghubungkan ke jantung yang membawa darah ke seluruh sel tubuh. Pembuluh darah dibagi menjadi 3 bagian utama berdasarkan struktur dan fungsi yaitu arteri, vena dan kapiler.

Dinding arteri dan vena terdiri atas 3 lapisan yaitu tunica intima (tunica interna), tunica media dan tunica adventitia (tunica externa). Dinding arteri mempunyai dua pola spesifik yaitu elastisitas dan kontraktilitas. Dinding muskular arteri dan vena dapat melebar dan berkontraksi terhadap perubahan diameter pembuluh. Jarak bukaan dalam pembuluh darah dinamakan lumen. Ketika diameter pembuluh membesar disebut vasodilatasi, dan ketika menyempit disebut vasokonstriksi.

Vasodilatasi dan vasokonstriksi terjadi karena 2 faktor yaitu stimulus saraf secara langsung melalui pusat vasomotor di medula oblongata dan respon refleks lokal karena perubahan tekanan dan temperatur.

### **Nyeri**

Nyeri adalah perasaan majemuk yang bersifat subyektif, yang disertai perasaan tidak enak, pedih dan dingin, rasa tertekan dan ngilu, pegal dan sebagainya. Sebagai akibat adanya stimulasi ataupun trauma dari dalam dan dari luar neuromuscular sistem, yang mengakibatkan terangsangnya nociceptor pada saraf perifer diatas nilai ambang rangsang yang diteruskan ke korteks cerebri kemudian diterjemahkan kedalam bentuk nyeri dengan bentuk dan kualitas rangsangan yang berbeda. Sedangkan menurut *International Association For The Study Of Pain*, nyeri adalah pengalaman sensorik dan emosional yang tidak nyaman, yang berkaitan dengan kerusakan jaringan atau berpotensi terjadi kerusakan jaringan, atau menggambarkan adanya kerusakan jaringan.

### **Proses timbulnya Nyeri**

Proses transduksi (*transduction*) merupakan proses dimana suatu stimulasi nyeri diubah menjadi suatu aktifitas listrik yang akan diterima ujung-ujung saraf (nerve ending). Stimuli ini dapat berupa stimulasi fisik (tekanan), suhu (panas), atau kimia (substansi nyeri).

Proses transmisi (*transmission*), yaitu penyaluran impuls melalui saraf sensoris menyusul proses transduksi. Impuls ini akan disalurkan oleh serabut saraf A delta dan serabut saraf C sebagai neuron pertama, dari perifer ke medula spinalis dimana impuls tersebut mengalami modulasi sebelum diteruskan ke talamus oleh traktus spinotalamicus sebagai neuron kedua. Dari talamus selanjutnya impuls disalurkan ke daerah somatosensorik dikorteks cerebri melalui neuron ketiga dimana impuls tersebut diterjemahkan dan dirasakan sebagai persepsi nyeri.

Proses Modulasi (*modulation*) adalah proses dimana terjadi interaksi antara sistem analgesik endogen yang dihasilkan oleh tubuh dengan input nyeri yang masuk ke kornu posterior medula spinalis. Sistem analgesik

endogen ini meliputi enkefalin, endorfin, serotonin, dan noradrenalin meliputi efek yang dapat menekan impuls nyeri pada kornu posterior medula spinalis. Kornu posterior ini dapat diibaratkan sebagai pintu yang dapat tertutup atau terbuka untuk menyalurkan impuls nyeri. Proses tertutup atau terbukanya pintu nyeri tersebut diperankan oleh sistem analgesik endogen tersebut.

Persepsi (*perception*), adalah hasil akhir dari proses interaksi yang kompleks yang dimulai dari proses transduksi, transmisi, dan modulasi yang pada gilirannya menghasilkan suatu perasaan yang subyektif yang dikenal dengan persepsi nyeri.

Nyeri akibat sprain ankle adalah nyeri yang dirasakan pada sisi lateral ankle akibat adanya *overstretch* pada ligament lateral complex. Adanya *overstretch* pada ligament lateral complex menyebabkan *injury* atau kerobekan pada ligament tersebut, sehingga merangsang serabut saraf afferen bermielin tipis (serabut saraf A delta dan tipe C). Impuls tersebut dibawa ke ganglia akar saraf dorsalis dan merangsang produksi "P" substance yang memicu terjadinya reaksi radang. Kemudian impuls tersebut dibawa ke cornu dorsalis medula spinalis dan dikirim ke level SSP yang lebih tinggi melalui traktus spinothalamicus. Pada level SSP yang lebih tinggi (cortex sensorik, hipotalamus & limbik system) impuls tersebut mengalami proses interaksi yang kemudian menghasilkan suatu perasaan subyektif yang dikenal dengan persepsi nyeri.

## **Derajat Nyeri**

### **Nyeri Sekilas (*transient*)**

Nyeri ini terjadi akibat aktivasi transduksi nosisepsi pada kulit atau jaringan lainnya tanpa adanya kerusakan jaringan. Nyeri jenis ini timbul setiap hari dan berlangsung hanya sesaat, biasanya akan hilang dengan sendirinya tanpa bantuan medis. Fungsi dari nyeri ini berhubungan dengan cepat timbulnya nyeri setelah rangsangan dan segera menghilang setelah gangguan fisik tidak terjadi lagi. Nyeri sesaat timbul, diduga sebagai pertahanan tubuh akibat adanya kerusakan fisik oleh lingkungan atau tekanan pada jaringan tubuh. Pada keadaan klinis, nyeri ini muncul secara insidental atau nyeri prosedural, seperti pemasangan vena seksi dan suntikan imunisasi.

### **Nyeri Akut**

Nyeri ini timbul akibat adanya cedera jaringan yang nyata dan aktivasi transduksi nosisepsi lokal. Nyeri berlangsung selama beberapa hari sampai beberapa minggu dan dapat sembuh tanpa bantuan medis atau terapi. Bantuan medis atau terapi pada nyeri akut memiliki 2 tujuan yaitu, untuk mengurangi nyeri, dan untuk mempercepat proses penyembuhan dengan memperpendek masa perlangsungan cedera.

### **Nyeri Kronik**

Nyeri ini biasanya dipicu oleh cedera yang berat atau penyakit tertentu dan dapat diperberat oleh faktor lain selain penyebab utamanya. Cedera yang terjadi mungkin melampaui batas kemampuan penyembuhan dari tubuh, seperti hilangnya anggota tubuh, cedera yang berat/hebat dan jaringan parut yang menyertai atau terlibatnya sistem saraf. Pada beberapa keadaan gejala dapat timbul secara spontan tanpa adanya gejala-gejala cedera jaringan. Perbedaan dengan nyeri akut tidak semata-mata pada perlangsungan nyeri, tetapi lebih utama adalah adanya ketidak mampuan tubuh mengembalikan fungsi-fungsi fisiologi ke tingkat homeostasis normal.

### **Ultra Sound**

Ultra sound terapi adalah suatu terapi dengan menggunakan getaran mekanik gelombang suara dengan frekuensi lebih dari 20.000 Hz, yang digunakan dalam fisioterapi adalah 0,5 MHz-MHz dengan tujuan untuk menimbulkan efek terapeutik melalui proses tertentu.

### **Effective Radiating Area ( ERA )**

Permukaan transduser tidak semuanya memancarkan gelombang ultra sound melainkan hanya permukaan tertentu yang disebut efektif radiating area. Oleh sebab itu ERA merupakan tolak ukur yang tentu dalam penentuan dosis dan waktu. Pada penerapan ultra sound terhadap sprain ankle digunakan ERA 1 cm<sup>2</sup> agar lebih efektif karena area yang diterapi ukurannya kecil.

### **Sifat berkas Gelombang Ultra sound Area Konvergensi**

Terjadi gejala interferensi pada daerah yang tidak homogen pada berkas tersebut

sehingga timbul variasi intensitas yang besar yang disebut dengan Intensity peaks, sedangkan gejala interferensi yang tidak homogen disebut Beams Non Uniformity Ratio (BNR). BNR tidak bisa dihilangkan sama sekali. Nilai normalnya adalah 4 sampai 6 kali intensitas out put.

Bentuk berkasnya konvergensi dimana panjang area konvergensi ditentukan oleh diameter transduser dan frekuensi US.

Penyebaran berkasnya lebih terpusat, hal ini juga tergantung pada frekuensi dan diameter transduser, dimana bila frekuensi tinggi maka panjang area konvergensi akan panjang demikian pula jika transduser besar maka area konvergensinya semakin panjang.

Untuk pengobatan pada sprain ankle dipilih frekuensi 1 MHz agar area konvergensi jaraknya akan lebih pendek, tetapi area divergensi akan menunjuk area penyebaran garis gelombang yang lebih besar.

### **Area Divergensi**

Tidak terjadi gejala interferensi yang menyebabkan berkas gelombangnya sama. Berkas gelombang yang menyebar.

### **Bentuk gelombang ultrasound**

Jenis gelombang ultrasound merupakan gelombang longitudinal yang memerlukan medium yang elastis sebagai media perambatan. Setiap medium elastis kecuali yang hampa udara. Gelombang elastis longitudinal menyebabkan kompresi dan ekspansi medium pada jarak separuh gelombang yang menyebabkan variasi tekanan pada medium.

### **Kerapatan Medium**

Kerapatan medium adalah merupakan sebuah besaran yang dinyatakan dalam Kg/cm<sup>3</sup>. Impedansi akustik spesifik yang menentukan tahanan dalam jaringan terhadap gelombang ultrasound. Kerapatan massa juga menentukan kecepatan penyebaran gelombang ultrasound.

### **Tahanan akustik spesifik**

Spesifik acoustic impedance (Zs) adalah perambatan gelombang suara pada media tertentu dengan media lainnya. Dimana gelombang suara lebih mudah merambat pada media yang Zsnya tinggi. Zs merupakan sifat dari

suatu medium yang mana suara masih dapat lewat. Besarnya Zs tergantung pada kerapatan media (Q) dan kecepatan gelombang suara (C). Adapun nilai sifat medium adalah dari hasil perantara kerapatan massa dengan kecepatan gelombang suara. Bila gelombang suara melewati suatu media maka kemungkinan sebagian akan dipantulkan, diserap atau merambat terus sampai medis berikutnya.

### **Refleksi (Pemantulan)**

Refleksi atau pemantulan terjadi bila gelombang ultra sound melalui dua media yang berbeda. Banyaknya energi yang dipantulkan tergantung besarnya perbedaan impedansi akustik spesifik dari suatu media ke media lainnya. Pada media sprain ankle refleksi terjadi pada jaringan interface. Karena faktor refleksi dan penyerapan maka jaringan tubuh yang memperoleh energi paling besar adalah jaringan interface.

### **Penyebaran Gelombang Ultra sound**

Penyebaran gelombang ultrasound di dalam tubuh timbul karena adanya divergensi yaitu penyebaran garis gelombang pada area divergen dan adanya refleksi. Di dalam jaringan bundel ultra sound dapat menyebar oleh karena adanya refleksi sehingga timbul efek-efek di luar daerah pancaran bundel ultrasound.

### **Penyerapan dan Penetrasi Ultra sound**

Jika gelombang ultra sound masuk ke dalam jaringan maka efek yang diharapkan adalah efek biologis. Oleh karena adanya penyerapan tersebut maka semakin dalam gelombang ultra sound masuk dan intensitasnya semakin berkurang. Gelombang ultrasound diserap oleh jaringan dalam berbagai ukuran tergantung pada frekuensi, frekuensi rendah penyerapannya lebih sedikit dibandingkan dengan frekuensi tinggi. Jadi ada ketergantungan antara frekuensi, penyerapan dan kedalaman efek dari gelombang US. Disamping itu refleksi, koefisien penyerapan menentukan penyebaran US di dalam jaringan tubuh.

Tabel 1  
Koefisien Penyerapan pada Frekuensi 1 MHz dan 3 MHz

Medium	Frek. 1 MHz	Frek. 3 MHz
Darah	0,028	0,084
Pembuluh Darah	0,4	1,2
Tulang	3,22	-
Kulit	0,62	1,86
Tulang Rawan	1,16	3,48
Udara	2,76	8,28
Tendon	1,12	3,38
Otot	0,76	2,28
Lemak	0,28	0,84
Air (20°C)	0,14	0,42
Serabut Saraf	0,0006	0,0018
	0,2	0,6

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Dari tabel di atas, nampak ada dua nilai absorpsi di dalam jaringan otot. Adanya perbedaan yang penting disini adalah karena arah dari bundel US terhadap jaringan otot. Pertama, jika bundel US jatuh secara tegak lurus terhadap jaringan otot. Kedua, jika bundel US berjalan sejajar dengan jaringan otot. Pada keadaan yang kedua nilai absorpsinya hampir tiga kali lebih kecil. Sebuah satuan yang lebih praktis dalam hal penyerapan adalah "Half value Depth" atau jarak nilai setengah (HVD). Yang dimaksud jarak nilai setengah adalah jarak dimana intensitas dari US dalam suatu media tertentu tinggal separuh. Jarak nilai setengah ini ditentukan koefisien penyerapan.

Tabel 2  
Jarak nilai setengah pada beberapa medium

Medium	Frek. 1 MHz	Frek. 3 MHz
Tulang	2,1 mm	-
Kulit	11,1 mm	4 mm
Tulang rawan	6 mm	2 mm
Udara	2,5 mm	0,8 mm
Tendon	2,5 mm	0,8 mm
Otot	9 mm	3 mm
	24,6 mm	16,5 mm
	50 mm	16,5 mm
Lemak	11500 mm	3833,3 mm
Air (20°C)		

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa banyak energi US diserap dalam jaringan tendon dan jaringan tulang rawan. Penetrasi terdalam, dimana efek terapeutik masih bisa kita harapkan dinyatakan dalam istilah "Penetration Depth" adalah merupakan suatu titik dimana intensitas US yang diberikan masih tersisa 10%.

Tabel 3  
Penetrasi terdalam pada tiap-tiap media

Medium	Frek. 1 MHz	Frek. 3 MHz
Tulang	7 mm	-
Kulit	37 mm	12 mm
Tulang rawan	20 mm	7 mm
Udara	20 mm	3 mm
Tendon	21 mm	7 mm
Otot	30 mm	10 mm
	82 mm	27 mm
Lemak	165 mm	55 mm
Air (20°C)	38330 mm	12770 mm

Sumber: Hasil Pengolahan Data

## Pembiasan

Pembiasan gelombang ultra sound ditentukan oleh nilai indeks bias tiap-tiap media pada jaringan, dimana indeks bias ditentukan oleh kecepatan gelombang ultra sound pada tiap-tiap medium. Nilai indeks bias ( $n$ ) = 1 berarti tanpa pembiasan sedangkan nilai indeks bias lebih dari 1 berarti pembiasan mendekati normal dan jika indeks bias kurang dari 1 berarti pembiasan menjauhi garis normal. Besarnya pembiasan ditentukan oleh sudut datang dan kecepatan gelombang suara pada media yang dilaluinya.

## Coupling Media

Untuk dapat meneruskan gelombang ultra sound ke dalam jaringan tubuh maka dibutuhkan suatu medium yang berada antara transduser dan permukaan tubuh yang akan di ultra sound. Ciri-ciri coupling media yang baik adalah bersih dan steril, tidak terlalu cair (kecuali metode *under water*), tidak terlalu cepat diserap oleh kulit, transparansi, mudah dibersihkan.

## Efek Ultrasound

### Efek Mekanik

Bila gelombang ultra sound masuk ke dalam tubuh maka akan menimbulkan pemam-

patan dan peregangan dalam jaringan sama dengan frekuensi dari mesin ultra sound sehingga terjadi variasi tekanan dalam jaringan. Dengan adanya variasi tersebut menyebabkan efek mekanik yang sering disebut dengan istilah micro massage yang merupakan efek terapeutik yang sangat penting karena hampir semua efek yang timbul oleh ultra sound disebabkan oleh micro massage.

### **Efek Panas**

Micro massage pada jaringan akan menimbulkan efek friction yang hangat. Panas yang ditimbulkan oleh jaringan tidak sama tergantung dari nilai acustik impedance, pemilihan bentuk gelombang, intensitas yang digunakan dan durasi pengobatan. Area yang paling banyak mendapatkan panas adalah jaringan interfaces yaitu antara kulit dan otot serta periosteum. Hal ini disebabkan oleh adanya gelombang yang diserap dan dipantulkan. Agar efek panas tidak terlalu dominan digunakan intermitten ultra sound yang efek terapeutiknya lebih dominan dibandingkan efek panas.

### **Efek Biologis**

Salah satu efek yang ditimbulkan oleh ultrasound adalah panas sehingga tubuh memberikan reaksi terhadap panas tersebut yaitu terjadinya vasodilatasi, hal disebabkan oleh adanya pembebasan zat-zat pengiritasi jaringan, yang merupakan konsekuensi dari sel-sel tubuh yang rusak sebagai akibat dari mekanisme vibrasi dan adanya iritasi langsung pada serabut saraf afferen (bermyelin tebal). Iritasi ini mengakibatkan terjadinya post exitatori depression dalam aktifitas orthosympatik.

Dengan adanya efek panas maka akan mengakibatkan vasodilatasi pembuluh darah sehingga terjadi perbaikan sirkulasi darah yang mengakibatkan rileksasi otot. Hal ini disebabkan oleh karena zat-zat pengiritasi diangkut oleh darah disamping itu efek vibrasi ultrasound mempengaruhi serabut afferen secara langsung dan mengakibatkan rileksasi otot.

Melalui mekanisme getaran gelombang ultrasound maka cairan tubuh akan didorong ke membran sel yang menyebabkan perubahan konsentrasi ion sehingga mempengaruhi nilai ambang rangsang dari sel-sel.

Dengan pemberian ultrasound menyebabkan terjadinya vasodilatasi pembuluh darah sehingga meningkatkan suplay bahan makanan pada jaringan lunak dan juga terjadi peningkatan zat antibodi yang mempermudah terjadinya perbaikan jaringan yang rusak. Disamping itu akibat dari efek panas dan efek mekanik yang ditimbulkan oleh ultrasound menyebabkan terjadinya kerusakan jaringan secara fisiologis yang mengakibatkan terjadinya reaksi radang yang diikuti oleh terlepasnya "P" substance, prostaglandin, bradikinin dan histamin yang mengakibatkan terangsanya serabut saraf bermyelin tipis sehingga timbul rasa nyeri. Namun dengan terangsanya "P" substance tersebut mengakibatkan proses induksi proliferasi akan lebih terpacu sehingga mempercepat terjadinya penyembuhan jaringan yang mengalami cedera.

Jika terjadi lesi pada suatu jaringan tertentu akan timbul hiperalgesi primer disekitar lesi, kemudian diikuti oleh hiperalgesi sesegmen akibat refleksi axonal yang mengaktifkan "P" substance sebesar 80% di daerah lesi dan 20% menuju lamina cornu posterior medula spinalis yang sesegmen dengan daerah lesi.

Reaksi "P" substance bersama neurotransmitter lainnya seperti histamin, bradikinin dan prostaglandin merupakan kelompok senyawa amin yang ikut berperan dalam reaksi radang yang terjadi oleh karena adanya kerusakan/lesi jaringan akibat trauma (stimulus mekanik), stimulus listrik maupun stimulus chemis. Reaksi "P" substance tersebut dapat bersifat vaskuler (reaksi vaskuler) dan seluler (reaksi seluler) yang pada prinsipnya memacu induksi proliferasi fibroblast pada fase pembentukan jaringan kolagen (kolagen muda) sebagai proses regenerasi awal yang dimulai sejak 24-30 jam pertama (fase akut). "P" substance juga merupakan salah satu neurotransmitter yang sangat bermanfaat bagi dimulainya proses regenerasi jaringan. Pada fase akut nocisensorik akan teriritasi oleh reaksi kimia akibat aktifnya "P" substance disekitar lesi. Dengan demikian pada fase akut suatu peradangan akan ditandai dengan nyeri yang hebat.

Nyeri dapat dikurangi dengan menggunakan ultrasound, selain dipengaruhi oleh

efek panas juga berpengaruh langsung pada saraf. Hal ini disebabkan oleh karena gelombang pulsa dengan intensitas rendah sehingga dapat menimbulkan pengaruh sedatif dan analgesi pada ujung saraf afferent II dan IIIa sehingga diperoleh efek terapeutik berupa pengurangan nyeri sebagai akibat blokade aktifitas nosiseptor pada PHC melalui serabut saraf tersebut.

### **Teknik Pelaksanaan**

Ada dua metode yaitu metode kontak langsung dan tidak langsung, yang paling banyak digunakan adalah metode kontak langsung, dimana treatment head diletakkan tegak lurus terhadap permukaan tubuh yang diobati. Seperti yang telah diketahui, bahwa udara akan merefleksikan gelombang US, oleh karenanya penting sekali adanya medium antara kulit dan *treatment head*, dimana energi US akan masuk kedalam tubuh. Kebanyakan jenis kontak medium (coupling medium) untuk transmisi US yang sering digunakan adalah oil (minyak), *water oil emulsions*, *aqueous gels*. Yang paling banyak digunakan adalah gel karena mempunyai keuntungan yaitu tidak mudah lenyap pada saat aplikasi.

Untuk dapat memberikan terapi pada daerah yang bersangkutan serata mungkin, maka treatment head harus selalu digerakkan dengan irama yang teratur dan tidak terlalu cepat sehingga intensitas yang bervariasi tidak akan menetap pada satu tempat saja. Pada penerapan ultrasound pada sprain ankle dipilih metode kontak langsung dengan menggunakan gel.

### **Penentuan Dosis**

#### ***Intensitas***

Berapa banyak intensitas yang diberikan dinyatakan dalam watt/cm<sup>2</sup>. Kebanyakan mesin US, energi US secara kontinyu dapat disetel sampai 3 watt/cm<sup>2</sup> sedangkan secara intermitten dapat mencapai 5 watt/cm<sup>2</sup>. Pada pelaksanaannya, pemberian intensitas sangatlah bervariasi, dimana para ahli mempunyai pendapat yang berlainan.

Menurut Lehmann, dia akan memberikan energi dengan intensitas yang tinggi, sedangkan Edel dan Lange akan memberikan energi dengan intensitas yang rendah, karena intensitas yang rendah akan memberikan efek

yang lebih baik. Menurut Conradi, pemberian intensitas sebesar 0,6 watt/cm<sup>2</sup> pada kasus-kasus tertentu merupakan intensitas yang tinggi. Dari beberapa pendapat tersebut, sebagai pegangan dapat ditentukan bahwa pada pemberian secara kontinyu adalah kurang dari 1 watt/cm<sup>2</sup> merupakan intensitas yang rendah. 1-1,5 watt/cm<sup>2</sup> merupakan intensitas yang sedang. 1,5-2 watt/cm<sup>2</sup> merupakan intensitas yang tinggi. Sedangkan pada intermitten harus dihitung berdasarkan nilai rata-ratanya, misalnya pada intensitas 1 watt/cm<sup>2</sup> dalam posisi 1 : 5 intermitten adalah sama dengan 0,2 watt/cm<sup>2</sup> pada continue. Selama pemberian terapi tidak boleh terjadi rasa sakit pada daerah yang diterapi, tetapi adanya rasa tusuk-tusuk yang ringan sekali masih diperbolehkan. Jika setelah pemberian terapi timbul sakit kepala, pusing maupun adanya reaksi vegetatif yang lain maka pemberian terapi berikutnya, intensitas harus lebih rendah. Untuk pengobatan sprain ankle dengan nyeri kronik dipilih continous dengan intensitas 1,3 watt/cm<sup>2</sup>.

### **Lamanya terapi**

Lama terapi tergantung pada luasnya permukaan yang diterapi dan permukaan treatment head yang digunakan. Menurut Lehmann, maksimal lamanya terapi adalah 15 menit pada daerah seluas 75-100 cm<sup>2</sup> dengan treatment head yang besar. Sebagai pedoman bahwa permukaan seluas 1 cm<sup>2</sup> membutuhkan waktu minimal 1 menit. Pada pengobatan sprain ankle digunakan waktu selama 5 menit setiap kali pengobatan.

### **Frekuensi terapi**

Aktualitas dari penyakit menentukan pemberian dosis dan pemberian dosis menentukan frekuensi dari terapi yang diberikan. Penyakit dengan aktualitas tinggi diterapi minimal setiap hari, sedangkan penyakit dengan aktualitas rendah akan diterapi 2-3 kali per minggu. Untuk pengobatan sprain ankle dengan nyeri kronik frekuensi pengobatan 3 kali seminggu.

### **Indikasi ultrasound**

- a. Myofascial Trigger Point
- b. Tendinitis
- c. Remathoid arthritis

- d. Bursitis
- e. Gangguan sirkulasi darah
- f. Kelainan di kulit seperti scar tissue

### **Kontra indikasi**

Absolut kontra indikasi

- Daerah mata.
- Uterus pada ibu hamil
- Ujung tulang rawan bagi yang berusia di bawah 18 tahun (pemberian continuous ultra sound).
- Testis.

Relatif kontra indikasi

- Hiposensibilitas
- Post laminectomy
- Kondisi yang mudah berdarah.
- Tumor.
- Post traumatik kurang dari 36 jam

### **Micro Wave Diathermy**

*Micro Wave Diathermy* merupakan suatu pengobatan menggunakan stressor fisis berupa energi elektromagnetik yang dihasilkan oleh arus bolak-balik frekuensi 2450 MHz dengan panjang gelombang 12,25 cm.

### **Produksi dan Penerapan**

Prinsip produksi gelombang mikro pada dasarnya sama dengan arus listrik bolak-balik frekuensi tinggi yang lain, hanya untuk memperoleh frekuensi yang lebih tinggi lagi diperlukan suatu tabung khusus yang disebut magnetron. Magnetron ini memerlukan waktu untuk pemanasan, sehingga output belum diperoleh segera setelah mesin dioperasikan. Untuk itu mesin dilengkapi dengan tombol pemanasan agar mesin tetap dalam posisi dosis nol antara pengobatan satu dengan yang berikutnya. Pada posisi tersebut tabung tetap mendapatkan arus listrik, tetapi dosis ke pasien nol, sehingga terhindar dari seringnya perubahan panas.

Arus dari mesin mengalir ke elektroda melalui co-axial cable, yaitu suatu kabel yang terdiri dari serangkaian kawat di tengah yang diselubungi oleh selubung logam yang dikelilingi suatu benda isolator. Kawat dan selubung logam tadi berjalan sejajar dan membentuk sebagai kabel output dan kabel bolak-balik dari mesin. Konstruksi kabel semacam ini diperlukan untuk arus frekuensi yang sangat tinggi dan

panjangnya tertentu untuk suatu frekuensi tertentu pula. Co-axial cable ini menghantarkan arus listrik ke sebuah area dimana gelombang mikro dipancarkan. Area ini dipasang suatu reflektor yang dibungkus dengan bahan yang dapat meneruskan gelombang elektromagnetik. Konstruksi ini dimaksudkan untuk mengarahkan gelombang ke jaringan tubuh yang disebut emitter, director atau applicator atau sebagai elektrode.

### **Penerapan pada Jaringan**

Emitter yang sering juga disebut elektrode atau magnetode terdiri dari serial, reflektor, dan pembungkus. Emitter ini bermacam-macam bentuk dan ukurannya serta sifat energi elektromagnetik yang dipancarkan. Antara emitter dan kulit di dalam teknik aplikasi terdapat jarak berupa udara. Pada emitter yang berbentuk bulat maka medan elektromagnetik yang dipancarkan berbentuk sirkuler dan paling padat di daerah tepi. Pada bentuk segiempat medan elektromagnetik yang dipancarkan berbentuk oval dan paling padat di daerah tengah. Energi elektromagnetik yang dipancarkan dari emitter akan menyebar, sehingga kepadatan gelombang akan semakin berkurang pada jarak yang semakin jauh. Berkurangnya intensitas energi elektromagnetik juga disebabkan oleh penyerapan jaringan. Jarak antara kulit dan emitter tergantung pada beberapa faktor antara lain jenis emitter, output mesin dan spesifikasi struktur jaringan yang diobati. Pada pengobatan daerah yang lebih luas diperlukan jarak yang lebih jauh dan memerlukan mesin yang outputnya besar.

### **Efek Fisiologis**

Dapat menyebabkan reaksi lokal jaringan yang dapat meningkatkan metabolisme sel-sel lokal  $\pm 13\%$  tiap kenaikan temperatur  $1^\circ\text{C}$  dan meningkatkan vasomotion sphincter sehingga timbul homeostatik lokal dan akhirnya terjadi vasodilatasi lokal. Reaksi general mungkin dapat terjadi kenaikan temperatur, tetapi perlu dipertimbangkan karena penetrasinya dangkal  $\pm 3\text{ cm}$  dan aplikasinya lokal. Dan menyebabkan consensual yang membuat efek timbulnya respon panas pada sisi kontra lateral dari segmen yang sama. Dengan penerapan MWD, penetrasi dan perubahan

temperatur lebih terkonsentrasi pada jaringan otot, sebab jaringan otot lebih banyak mengandung cairan dan darah.

Meningkatkan elastisitas jaringan ikat 5-10 kali lebih baik seperti jaringan collagen kulit, otot, tendon, ligament dan capsul sendi akibat menurunnya viscositas matriks jaringan tanpa menambah panjang matriks, tetapi terbatas pada jaringan ikat yang letak kedalamannya  $\pm$  3 cm.

Meningkatkan elastisitas jaringan otot dan menurunkan tonus melalui normalisasi nocicencorik. Meningkatkan elastisitas pembungkus jaringan saraf, meningkatkan konduktivitas serta ambang rangsang saraf.

Penyembuhan luka pada jaringan lunak, meningkatkan proses perbaikan atau reparasi jaringan secara fisiologis.

Nyeri, hipertonus dan gangguan vascularisasi. Menurunkan nyeri, normalisasi tonus otot melalui efek sedatif, serta perbaikan metabolisme. Kontraktur jaringan lemak. Dengan peningkatan elastisitas jaringan lemak, maka dapat mengurangi proses kontraktur jaringan. Ini dimaksudkan sebagai persiapan sebelum pemberian latihan.

Apabila elastisitas dan treshold jaringan saraf semakin membaik, maka konduktivitas jaringan saraf akan membaik pula. Proses ini melalui efek fisiologis.

## **Metode Penelitian**

Metode penelitian bersifat kuasi eksperimen untuk mempelajari fenomena sebab akibat dengan memberikan perlakuan atau intervensi pada obyek penelitian. Perlakuan yang diberikan adalah *Micro Wave Diathermy* dan *Ultra Sound* terhadap nyeri akibat sprain ankle, dan dilakukan evaluasi terhadap intensitas nyerinya untuk melihat dampak dari perlakuan tersebut.

Dalam penelitian ini, sampel dibagi kedalam 2 kelompok yaitu kelompok perlakuan dan kelompok kontrol.

### **a Kelompok Perlakuan**

Pada kelompok perlakuan, diberikan intervensi *Micro Wave Diathermy* dan *Ultra Sound*. Sebelum perlakuan dilakukan pengukuran nyeri dengan VAS untuk menilai intensitas nyeri pasien pada kondisi sprain ankle. Setelah perlakuan, kembali diukur intensitas nyerinya dengan VAS untuk

melihat dampak dari perlakuan tersebut. Pada kelompok perlakuan, intervensi dilakukan sebanyak 9 kali.

### **b Kelompok kontrol**

Pada kelompok kontrol diberikan intervensi *Micro Wave Diathermy*. Sebelum perlakuan, dilakukan pengukuran nyeri dengan VAS untuk menilai intensitas nyeri pasien akibat sprain ankle. Kemudian, setelah perlakuan kembali dilakukan pengukuran nyeri dengan VAS untuk melihat dampak dari perlakuan tersebut. Pada kelompok kontrol, diberikan intervensi sebanyak 9 kali.

## **Hasil**

Sampel dalam penelitian ini berasal dari pasien yang berkunjung ke unit fisioterapi Rumah Sakit Umum Daerah Pekanbaru. Secara keseluruhan, pasien berjumlah 30 orang, yaitu 16 orang pasien pria dan 14 orang pasien wanita, berusia 30-50 tahun yang diperoleh melalui proses asuhan fisioterapi. Sampel dalam penelitian ini dibagi dalam dua kelompok, yaitu 15 orang pasien dengan intervensi *Micro Wave Diathermy* dan *Ultra Sound* sebagai kelompok perlakuan dan 15 orang pasien dengan intervensi *Micro Wave Diathermy* sebagai kelompok kontrol. Sebelum dilakukan intervensi, terlebih dahulu dilakukan pengukuran tingkat nyeri baik pada kelompok perlakuan maupun pada kelompok kontrol untuk menentukan derajat nyeri. Kemudian setelah intervensi sebanyak 9 kali, dilakukan kembali pengukuran tingkat nyeri untuk menentukan keberhasilan dari intervensi yang diberikan.

Berdasarkan data yang terkumpul dari derajat nyeri pasien pada kelompok perlakuan, diperoleh nilai mean sebelum perlakuan sebesar 67,60 dengan nilai *Standar deviasi* sebesar 7,83. Sedangkan nilai mean sesudah perlakuan menurun menjadi 33,00 dengan nilai *Standar deviasi* sebesar 7,75.

Berdasarkan data yang terkumpul dari dari tabel 5, derajat nyeri pasien pada kelompok kontrol diperoleh nilai mean sebelum perlakuan sebesar 61,20 dengan nilai *Standar deviasi* sebesar 8,33. Sedangkan nilai mean setelah perlakuan menurun menjadi 53,73 dengan *Standar deviasi* sebesar 7,8.

Tabel 4  
 Nilai pengukuran Visual Analogue Scale pada kelompok perlakuan sebelum dan sesudah intervensi

Subyek	Nilai VAS Kelompok Perlakuan	
	Sebelum intervensi	Sesudah intervensi
1	55	22
2	68	33
3	64	37
4	57	22
5	68	31
6	57	18
7	72	29
8	83	43
9	74	45
10	66	35
11	73	31
12	69	37
13	78	40
14	63	35
15	67	37
Mean	67,60	33,00
SD	7,83	7,75

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Tabel 5  
 Nilai pengukuran Visual Analogue Scale pada kelompok kontrol sebelum dan sesudah intervensi

Subyek	Nilai VAS Kelompok Kontrol	
	Sebelum Intervensi	Sesudah Intervensi
1	76	68
2	63	57
3	42	38
4	67	60
5	58	49
6	63	58
7	54	50
8	56	48
9	68	63
10	62	55
11	52	43
12	58	51
13	63	50
14	71	59
15	65	57
Mean	61,2	53,73
SD	8,33	7,8

Sumber: Hasil Pengolahan Data

## Uji Hipotesis

Pengujian hipotesis pada penelitian ini ditujukan untuk menentukan apakah ada perbedaan tingkat nyeri sebelum dan sesudah intervensi pada masing-masing kelompok perlakuan. Selain itu peneliti juga ingin mengetahui apakah ada perbedaan hasil terapi pada kelompok perlakuan yang menggunakan *Micro Wave Diathermy* dan *Ultra Sound* dengan kelompok kontrol yang menggunakan *Micro Wave Diathermy*. Uji statistik yang dipergunakan adalah:

- Uji signifikansi hipotesis dua sampel yang saling berhubungan pada kelompok perlakuan dengan menggunakan uji Wilcoxon.
- Uji signifikansi hipotesis dua sampel yang saling berhubungan pada kelompok kontrol dengan menggunakan uji Wilcoxon.
- Uji beda antara kelompok perlakuan dengan kelompok kontrol dengan menggunakan uji Mann-Whitney.

Pengujian hipotesis ini dilakukan dengan bantuan komputer program *Statistical Program for Social Science (SPSS. 10,0)*.

Tabel 6  
 Nilai pengukuran *Visual Analogue Scale* pada kelompok perlakuan sebelum dan sesudah intervensi

Sampel	Perbandingan nilai VAS kelompok perlakuan		
	Sebelum intervensi	Sesudah intervensi	Selisih
1	55	22	33
2	68	33	35
3	64	37	27
4	57	22	35
5	68	31	37
6	57	18	39
7	72	29	43
8	83	43	40
9	74	45	29
10	66	35	31
11	73	31	42
12	69	37	32
13	78	40	38
14	63	35	28
15	67	37	30
Mean	67,60	33,00	
SD	7,83	7,75	

Sumber : Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan hasil uji Wilcoxon dari data tingkat nyeri sebelum dan sesudah intervensi dengan *Micro Wave Diathermy* dan *Ultra Sound* kelompok perlakuan dengan  $n = 15$  dan  $\alpha = 0,02$  diperoleh nilai  $p = 0,001$ ,  $Z = 3,408$ , sehingga nilai  $p < \alpha$ .

## **Pembahasan**

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan penurunan nyeri yang bermakna pada intervensi dengan *Micro Wave Diathermy* dan *Ultra Sound* dibandingkan dengan intervensi *Micro Wave Diathermy* saja. Hal ini disebabkan efek langsung dari *Ultra Sound* ke area *Sprain Ankle*, yaitu berupa efek *micro tissue damage* ke jaringan. Dari penelitian diperoleh hasil bahwa terapi dengan *Micro Wave Diathermy* dan *Ultra Sound* dapat menurunkan nyeri akibat *Sprain Ankle*, dimana dengan uji Wilcoxon diperoleh nilai  $p=0,001$ . Penelitian juga menunjukkan bahwa terapi dengan *Micro Wave Diathermy* juga dapat mengurangi nyeri dimana dengan uji Wilcoxon diperoleh nilai  $p=0,001$ . Untuk mengetahui apakah ada perbedaan hasil terapi antara kelompok perlakuan dan kelompok kontrol dilakukan uji Mann-Whitney dan diperoleh nilai  $p=0,000$  yang berarti bahwa terdapat perbedaan yang bermakna antara kedua kelompok perlakuan, dimana terapi dengan *Micro Wave Diathermy* dan *Ultra Sound* dapat menurunkan nyeri secara lebih bermakna dibandingkan dengan terapi *Micro Wave Diathermy* saja. Hal ini dapat dilihat dengan jelas pada tabel 4.5 Perbedaan pengaruh antara kedua perlakuan tersebut dapat dijelaskan dengan melihat kondisi patologi anatomi yang terjadi pada *Sprain Ankle*. Pada *Sprain Ankle*, terjadi proses mikro ruptur dan inflamasi yang disertai dengan terjadinya gangguan baik secara anatomis maupun secara fungsional dari struktur persendian di sekitar daerah ankle.

Gangguan gerak dan fungsi tersebut timbul akibat nyeri pada Ankle. Nyeri timbul oleh adanya inflamasi sendi, dan penekanan pada ligamentum colateral lateral Ankle. Sinyal nyeri ini akan mengaktifasi serabut saraf sensorik tipe C. Kemudian oleh serabut saraf ini, impuls nyeri dihantarkan ke medulla spinalis melalui radiks dorsalis dan berakhir pada substansia grisea medulla spinalis. Selanjutnya serabut tersebut menyeberang ke sisi medulla

spinalis yang berlawanan dan berjalan ke kranial menuju otak melalui traktus spinothalamikus. Efek dari terapi dengan *Micro Wave Diathermy* adalah dapat memperlancar aliran darah karena panas dari *Micro Wave Diathermy* menyebabkan vasodilatasi pada pembuluh darah., menginhibisi impuls nociceptif, memberi efek analgesik, meningkatkan elastisitas jaringan otot serta memberikan efek rileksasi sehingga dapat mengurangi spasme otot. Menurut Gammon dan Starr, panas dari *Micro Wave Diathermy* dapat menstimulasi saraf afferent sehingga menghasilkan efek analgesik yang disebut counter-irritant mechanism.

*Ultra Sound* merupakan penggunaan energi listrik yang sangat efektif dalam mengurangi nyeri karena dapat merangsang pelepasan endorfin dan enkefalin yang merupakan analgesik sehingga timbul rasa nyaman dan dapat mengurangi rasa nyeri. *Ultra Sound* juga dapat menghambat pembentukan substansi P, yang merupakan bahan kimia penghantar nyeri, sehingga impuls rangsang nyeri dapat terinhibisi. Pemberian *Micro Wave Diathermy* dan *Ultra Sound* mempunyai pengaruh yang lebih bermakna pada pengurangan nyeri akibat *Sprain Ankle*. dibanding dengan pemberian *Micro Wave Diathermy* saja. Sedangkan pemberian *Micro Wave Diathermy* hanya dapat mengurangi nyeri akibat spasme otot. Sehingga penggabungan kedua modalitas ini sangat efektif dalam pengurangan nyeri akibat *Sprain Ankle*.

## **Kesimpulan**

Karena itu dapat disimpulkan bahwa:

- terdapat perbedaan tingkat nyeri sebelum dan sesudah intervensi *Micro Wave Diathermy* dan *Ultra Sound*.
- pemberian terapi dengan intervensi *Micro Wave Diathermy* yang dikombinasikan dengan *Ultra Sound* merupakan modalitas yang tepat terhadap pengurangan nyeri akibat *Sprain Ankle*.

## **Daftar Pustaka**

- A.N. de Wolf, J.M.A. Mens, "Pemeriksaan Alat Penggerak Tubuh", Cetakan Kedua, Jakarta, 1990.

Ann Thomson et al., "Tidy's Physiotherapy".  
Twelfth Edition, Butterworth  
Heinemann, Oxford, 1991.

Carolyn Kisner, Lynn Allen Colby, "*Therapeutic  
Exercise Foundation and Techniques*",  
Third Edition, F.A, Davis Company,  
Philadelphia, 1996.

D.S. Nugroho, "Neurofisiologi Nyeri dari aspek  
Kedokteran, Pelatihan Penatalaksanaan  
Fisioterapi Komprehensif pada nyeri",  
Surakarta, 2001.

Eduardo Robles, "*The Sprained Ankle*",  
Hughston Sport Medicine Foundation,  
California, 2002.

Goodman and Boissonnault, "*Pathology  
Implications For Physical Therapist*",  
W.B Saunders Company, Philadelphia,  
1998.

John Low & Ann Reed, "*Electrotherapy  
Explained Principles and Practice*", Third  
Edition, Butterworth-Heinemann, Los  
Angeles, 2000.

Priguna Sidharta, "Sakit Neuromuskuloskeletal  
Dalam Praktek Umum", PT Dian Rakyat,  
Jakarta, 1984.

Pusdiknakes, Sumber Fisis , Depkes RI 1993.

Susan G, Salvo, "*Massage Therapy*", W.B  
Saunders Company, Philadelphia, 1999.

Werner Kahle et al., "Atlas Berwarna dan Teks  
Anatomi Manusia Sistem Lokomotor  
Muskuloskeletal dan Topografi",  
Penerbit Hipokrates, Jakarta, 1997.

Orthopaedic Foot and Ankle Socie ty, April  
2001.