

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Carpal Tunnel Syndrome

2.1.1 Pengertian Carpal Tunnel Syndrome

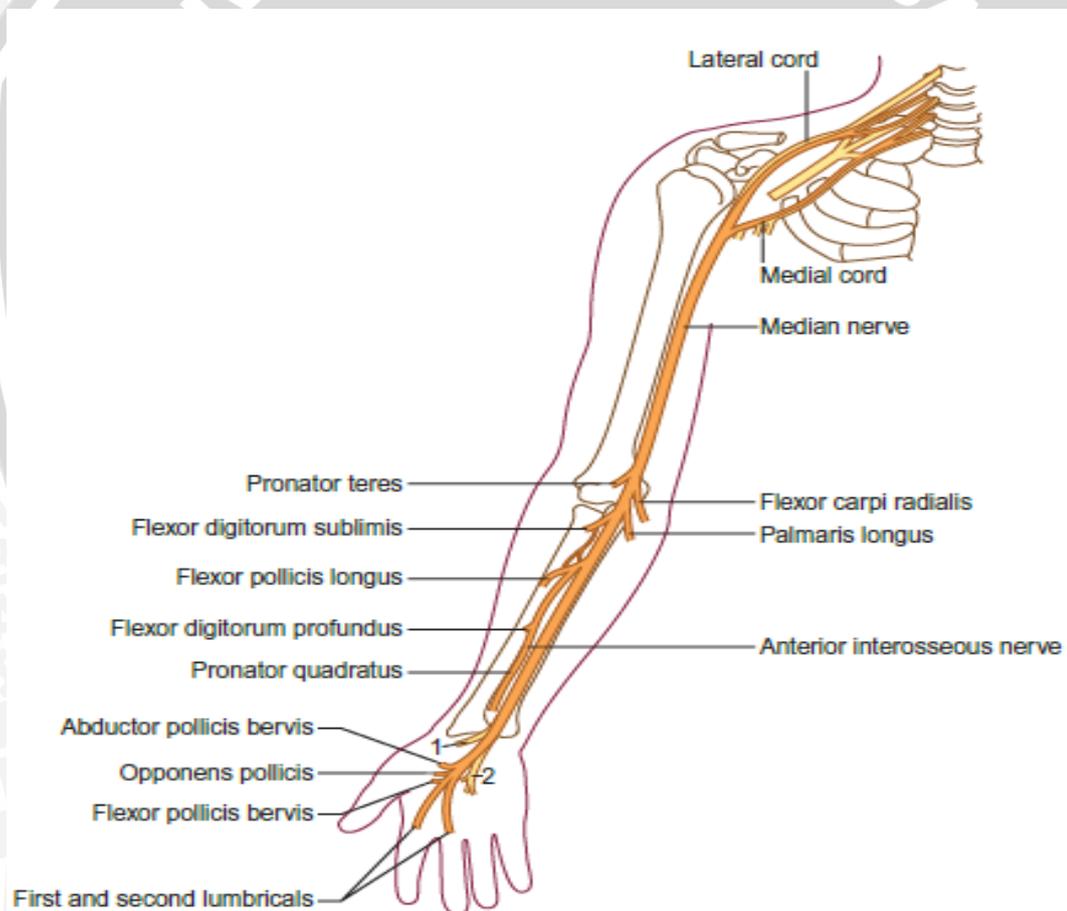
Carpal Tunnel Syndrome (CTS) adalah neuropati pada ekstremitas atas yang paling sering terjadi. Hampir 90% nya merupakan *entrapment neuropathy* yaitu kompresi pada nervus yang menghasilkan tanda klinis dan gejala klinis. CTS adalah sekumpulan gejala yang terjadi karena kompresi nervus medianus pada pergelangan tangan oleh karena peningkatan tekanan pada terowongan carpal. Peningkatan tekanan ini dapat terjadi karena peningkatan volume dari struktur yang ada didalamnya. Hal ini dapat menyebabkan gangguan pada konduksi nervus medianus, parestesia (sensasi kesemutan seperti ditusuk jarum) dan nyeri pada area distribusi nervus medianus di area palmar. Peningkatan tekanan berkepanjangan pada nervus medianus dapat menyebabkan demielinisasi fokal yang dapat berlanjut pada gejala yang lebih serius misalnya kelemahan, atrofi dan bahkan kerusakan akson. Jika kerusakan akson disebabkan karena iskemia yang berkepanjangan, maka disfungsi nervus dapat menjadi irreversibel (Walker, 2010).

2.1.2 Anatomi Nervus Medianus

Nervus medianus merupakan gabungan nervus sensoris dan motoris yang memasuki tangan di area palmar. Nervus ini sangat lunak dan merupakan bagian paling sensitif dari terowongan carpal. Inervasi sensoris nervus medianus pada prinsipnya adalah dari akar saraf C6, C7, C8 dan T1 yang menginervasi bagian palmar dari ibu jari, jari telunjuk, jari tengah dan setengah jari manis

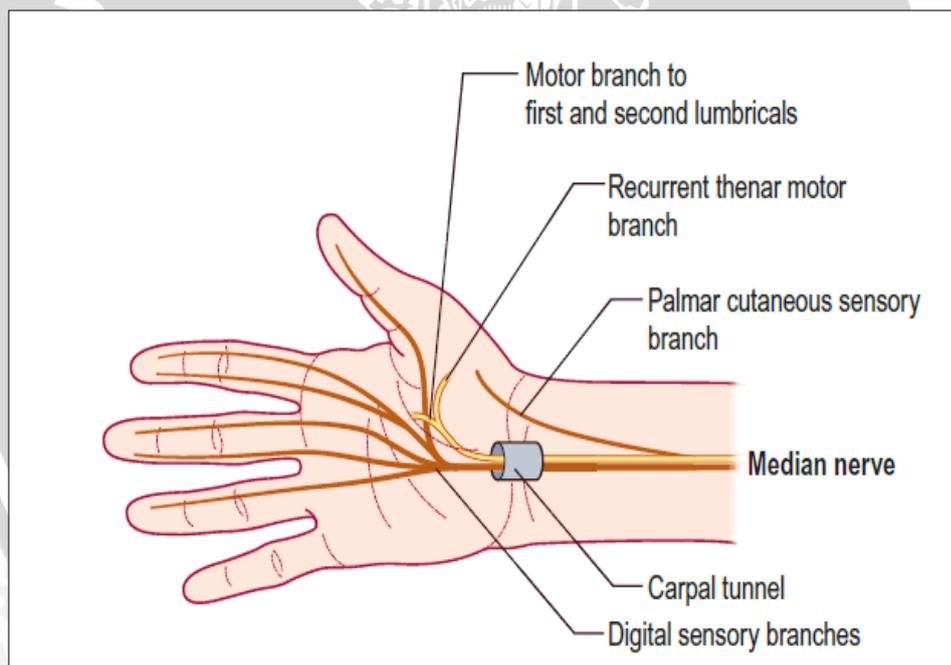
bagian radial, dan bagian dorsal dari ujung-ujung jari tersebut. Sedangkan cabang motorisnya menginervasi muskulus pada thenar yaitu abductor pollicis brevis, opponens pollicis, flexor pollicis brevis serta muskulus lumbricalis pada ibu jari dan jari tengah (Fisher *et al.*, 2004).

Pemahaman mengenai anatomi nervus medianus adalah langkah awal untuk membedakan klinis dan temuan elektrofisiologis dari cedera nervus karena terjepit atau karena cedera di proksimal nervus medianus, plexus brachialis dan akar saraf di daerah servikal.



Gambar 2.1 Anatomi Nervus Medianus. Nervus Medianus Berasal dari Chorda Lateral dan Medial dari Plexus Brachialis (Preston and Saphiro, 2013)

Nervus medianus terbentuk oleh chorda lateral dan medial dari pleksus brachialis. Chorda lateral terbentuk oleh serabut C6 dan C7 yang membawa serabut sensoris (pada eminensia thenar, ibu jari, telunjuk, dan jari tengah) dan motoris (proksimal dari musculus di regio antebrachii medial). Chorda medial dibentuk oleh akar saraf C8 dan T1 yang membawa serabut sensoris pada setengah lateral jari manis dan serabut motoris yang menginervasi distal dari antebrachii mediana dan palmar. Nervus medianus berjalan dari regio brachii proksimal dengan tidak memiliki ramus muskularis.



Gambar 2.2 Cabang Nervus Medianus (Preston and Saphiro, 2013)

Pada fossa antecubiti, nervus medianus berada dekat dengan arteri brachialis. Ketika melewati regio antebrachii, nervus medianus melintas diantara dua caput musculus pronator teres dan memberikan cabang-cabang ramus

muskularis pada muskulus pronator teres, fleksor carpi radialis, fleksor digitorum superficialis dan pada beberapa individu termasuk muskulus palmaris longus. Salah satu cabangnya yaitu nervus interosseus anterior di proksimal anterbrachii menginervasi muskulus fleksor pollicis longus, caput medial fleksor digitorum profundus, dan pronator quadratus. Nervus interosseus anterior tidak memiliki cabang kutaneus.

Namun serabut sensoris profundusnya menginervasi pergelangan tangan dan membran interosseus. Proksimal terhadap pergelangan tangan dan terowongan carpal nervus medianus bercabang menjadi nervus kutaneus palmaris yang menginervasi area subkutan dari eminensia thenar. Nervus medianus kemudian memasuki pergelangan tangan melalui terowongan carpal (Preston and Saphiro, 2013).

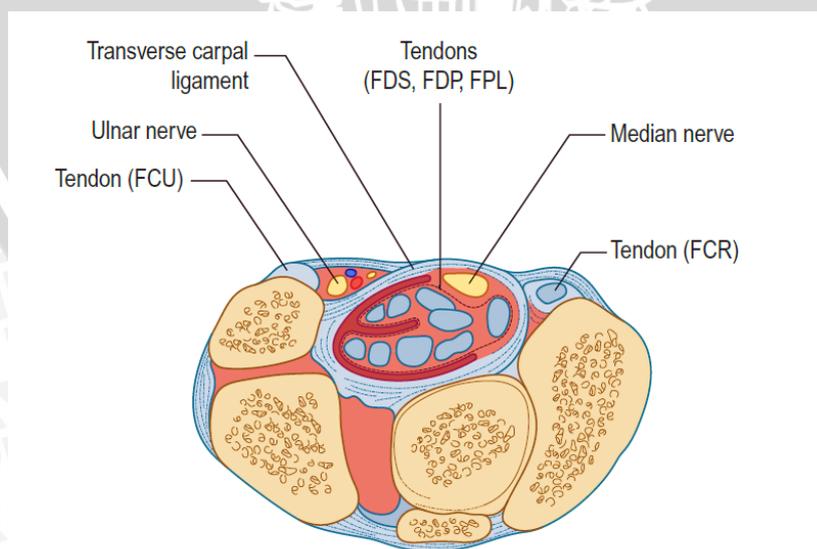
2.1.3 Anatomy Terowongan Carpal

Carpal tunnel atau terowongan carpal adalah kopartemen anatomis pada basis pergelangan tangan. Terowongan carpal memiliki ukuran hampir sama dengan lebar ibu jari. Tersusun atas tiga sisi dari os carpal yang membentuk sebuah arkus dan jaringan ikat fibrosa yang disebut ligamentum transversum atau flexor retinaculum. Flexor reinaculum melekat pada os piriformis dan hamatum pada sisi ulnar dan melekat pada os scaphoid dan os trapezium pada sisi radial. Nervus medianus melalui terowongan carpal dibawah tendon palmaris longus dan berjalan bersama kesembilan otot otot fleksor ekstrinsik pada ibu jari dan jari-jari tangan. Inervasi sensoris nervus medianus memberikan sensai pada ibu jari, jari satu, jari dua dan setengah dari jari ketiga serta ujung jari dari bagian dorsal jari-jari tersebut. Inervasi motorik nervus medianus pada

eminensia otot-otot thenar, terutama abductor pollicis brevis yang berfungsi mengabduksikan ibu jari dan opponen pollicis (Walker, 2010).

Tekanan intra carpal sangat berperan dalam patofisiologi CTS. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa dinamika cairan pada pasien CTS meningkat. Tekanan intra carpal pada pasien CTS adalah 32 mmHg, dibandingkan dengan tekanan normal yaitu 2.5 mmHg. Secara mikroskopis, CTS menunjukkan kerusakan pada mielin dan nodus ranvier sehingga terjadi disfungsi konduksi saraf dan apabila lebih berat lagi akan terjadi kematian axon. Onset CTS gradual dan progressnya lambat, bulan hingga tahun. CTS akut biasanya berhubungan dengan injuri traumatik dan fraktur tulang (Wang, 2013).

Secara morfologi, nervus medianus yang diobservasi selama tindakan pembedahan bentuknya menjadi pipih, pucat dan edema. Beberapa saat setelah membebaskan tekanan pada terowongan carpal, pulsasi aliran darah pada nervus medianus pulih kembali. Pemulihan dari nervus medianus dapat mencapai minggu sampai berbulan-bulan dan sering tidak sampai pulih secara menyeluruh (Wang, 2013).



Gambar 2.3 Anatomi Terowongan Carpal (Preston and Saphiro, 2013)

2.1.4 Etiologi

CTS memiliki multifaktoril etiologi, dapat berupa etiologi tunggal maupun beberapa kondisi yang dapat berkontribusi terhadap kondisi yang mempengaruhi nervus medianus di terowongan carpal. Disamping dari gerakan berulang-ulang, sebagian besar CTS dikatakan idiopatik. Pada sebagian besar kasus dapat dievaluasi adanya edema, sklerosis vaskuler, dan fibrosis yang konsisten dengan tekanan berulang pada jaringan ikat.

Kompresi pada nervus menyebabkan iskemia dan demielinasi, dan apabila cukup parah dapat menyebabkan degenerasi Wangerian dan *axonal loss* (ireversibel). Aktivitas yang berhubungan dengan pekerjaan yang dapat meningkatkan resiko CTS misalnya, pekerjaan mengetik, mekanik, dan pekerjaan dominan tangan lainnya. Jika pada tangan non dominan timbul gejala yang signifikan memburuk, harus dicurigai adanya penyakit lain yang mendasari dibandingkan CTS idiopatik (Wang, 2013).

2.1.5 Evaluasi Klinis CTS

History taking dan pemeriksaan klinis penting untuk CTS. Nyeri, kedutan dan kebas mereda ketika dipakai untuk berjabat tangan dan secara mendadak menjatuhkan benda yang dipegang adalah gejala utama yang sering dijumpai. Abduksi ibu jari melemah dan atrofi dari eminesia thenar adalah prediktor positif untuk CTS. Rasa kebas sering berdistribusi pada ibu jari, jari telunjuk dan jari tengah. Tes Phalen dikatakan positif jika fleksi pergelangan tangan hingga 90 derajat selama satu menit memberikan gejala di area distribusi nervus medianus. Tes Tinnel dikatakan positif jika ketukan pada area terowongan carpal memberikan gejala pada area distribusi nervus medianus (Wang, 2013).

Tabel 2.1 Berbagai Kondisi yang Berhubungan dengan CTS (Preston and Saphiro, 2013)

Kondisi yang berhubungan dengan Carpal Tunnel Syndrome	
Idiopatik	Infeksi
Gerakan dengan tekanan berulang	Sarcoid
Pekerjaan	Histoplasmosis
Gangguan sistem endokrin	Septic arthritis
Hipotiroid	Lyme
Akromegali	TBC
Diabetes	Trauma
Arthritis Reumatoid	Fraktur terutama Colles
Tumor	Perdarahan
Ganglia	Lain-lain
Lipoma	Spastisitas (fleksi pergelangan tangan terus menerus)
Schwannoma	Hemodialisis
Hemangioma	Amyloidosis
Kelainan kongenital	Kehamilan
Terowongan carpal yang sempit	Semua kondisi yang mengakibatkan edema
Otot –otot yang abnormal (palmaris longus, flexor digitorum sublimis)	

Pada CTS berat, sering didapatkan abnormalitas berupa atrofi pada thenar dan abnormalitas abduksi serta oposisi pada ibu jari. Elektrodiagnostik adalah pemeriksaan lanjutan setelah dilakukan *history taking* dan pemeriksaan

fisik. Kunci utama dari pemeriksaan terhadap pasien CTS adalah melambatnya konduksi nervus yang terlokalisir pada area keluarnya nervus medianus melalui terowongan carpal. Pengamatan yang cermat terhadap penempatan elektroda, jarak pengukuran, intensitas stimulasi temperatur dan banyak faktor harus dipertimbangkan untuk mencegah kesalahan diagnosis pada CTS. Pada CTS awal dan ringan, sedikit perlambatan konduksi saraf yang terekam sering merupakan satu satunya abnormalitas yang ditemukan (Wang, 2013).

Tabel 2.2 Gejala dan Tanda klinis CTS (Preston and Shapiro, 2013)

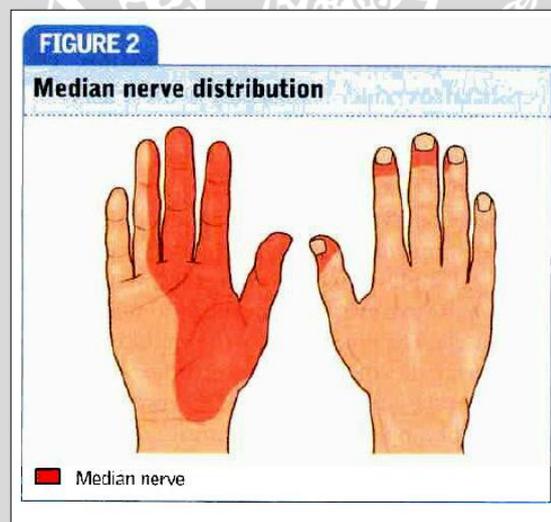
Highly Suggestive of Carpal Tunnel Syndrome	Possible Carpal Tunnel Syndrome	Inconsistent with Carpal Tunnel Syndrome
Nocturnal paresthasias awakening patient from sleep	Hand, wrist, forearm, arm, and/or shoulder pain	Neck pain
Shaking or ringing the hands		
Pain/paresthasias associated with driving or holding a phone, book, or newspaper	Perception of paresthasias involving all five digits	Paresthasias radiating from neck and shoulder down the arm
Sensory disturbance of digits 1,2, 3, and 4, splitting the fourth digit	No fixed sensory disturbance, or sensory disturbance of digits 1, 2, 3, and/or 4	Unequivocal numbness over the thenar eminence
Weakness/wasting of thenar eminence	Decreased hand dexterity	Weakness/wasting of hypothenar muscles, thumb flexion (interphalangeal joint), arm pronation, and/or elbow flexion/extension
Phalen's maneuver reproduces symptoms	Tinel's sign over the median nerve at the wrist	Reduced biceps or triceps reflexes

Berikut ini adalah evaluasi elektrodagnostik pada pasien CTS :

- 1) Menunjukkan perlambatan atau adanya blok konduksi nervus medianus melalui terowongan carpal

- 2) Perlu disingkirkan adanya kemungkinan neuropati nervus medianus pada area siku
- 3) Menyingkirkan adanya plexopati brachial yang mempengaruhi nervus medianus
- 4) Eksklusi radikulopati servikal terutama pada akar saraf C6 dan C7
- 5) Perlambatan nervus medianus pada pergelangan tangan yang disebabkan polineuropati

Terdapat banyak lesi pada sistem saraf perifer yang memiliki gejala dan tanda klinis yang mirip dengan CTS. Lesi perifer yang termasuk dalam diferensial diagnosis CTS diantaranya neuropati nervus medianus pada regio siku, pleksopati brachialis dan radikulopati servikalis, terutama lesi setingkat C6, C7 yang menyebabkan nyeri dan parestesia yang mirip dengan CTS.



Gambar 2.4 Distribusi nervus medianus (Wang, 2013)

Kecurigaan adanya radikulopati dibandingkan dengan CTS adalah nyeri di area leher dan menjalar ke bahu dan lengan, semakin memberat oleh pergerakan leher. Radikulopati C6, C7 menunjukkan adanya abnormalitas reflek

bisep dan trisep, kekuatan ototnya menurun dan abnormalitas sensoris di area antebrachii dan palmar. Pada neuropati nervus medianus setingkat siku, lesi yang lebih proksimal dari CTS menyebabkan gangguan pada inervasi nervus proksimal dari terowongan carpal, terutamamelemahnya gerakan fleksi ibu jari bagian distal, pronasi dan fleksi pergelangan tangan (Preston and Shapiro, 2013).

Tabel 2.3 Konduksi Saraf pada Degenerasi Akson dan Demielinasi (Huynh and Kiernan, 2011)

	Degenerasi Axon	Demielinasi
Amplitudo sensoris atau motoris	Kecil atau tidak ada	Normal atau sedikit berkurang
Latensi distal	Normal	Memanjang
Kecepatan konduksi	Normal atau sedikit berkurang	Berkurang signifikan
Latensi F wave	Normal atau sedikit memanjang	Signifikan memanjang atau tidak ada sama sekali
Latensi H refleks	Normal atau sedikit berkurang	Signifikan memanjang atau tidak ada sama sekali
Blok pada konduksi/ Dispersi temporer	Normal atau sedikit memanjang	Ada

2.1.6 Prognosis

Suatu nervus yang mengalami demielinasi dapat mengalami remielinasi dalam waktu yang singkat. Namun, jika terdapat degenerasi akson baik primer

maupun sekunder, prognosinya lebih buruk. Derajat perbaikan kembali akson dipengaruhi oleh derajat *axonal transport*, biasanya 1 mm per hari. Secara klinis, lesi aksonal sulit dibedakan dengan demielinasi terutama pada kondisi akut. Demielinasi dan degenerasi akson sangat tergantung dari derajat keparahan dan lamanya kompresi nervus (Preston and Shapiro, 2013).

2.2 Pemeriksaan Konduksi Sensoris

Pemeriksaan konduksi sensoris hanya merekam serabut saraf. Berbeda dengan konduksi motorik aksi potensial yang merekam konduksi sepanjang nervus, *Neuromuscular junction (NMJ)*, dan serabut otot. Peletakan sepasang elektroda perekam (G1 dan G2) diletakkan segaris dengan jarak antar elektroda 3-4 cm, dengan elektroda aktif (G1) diletakkan lebih dekat dengan stimulator. Untuk perekaman sensoris, pulsasi elektrik digunakan durasi 100 μ s atau 200 μ s dan sebagian besar nervus membutuhkan 5-30 mA untuk mencapai stimulasi supramaksimal. Oleh sebab itu, serabut sensoris memiliki ambang batas yang lebih kecil dibandingkan dengan serabut motoris. *Sensory Nerve Action Potential (SNAP)* adalah suatu kumpulan potensial yang mempresentasikan jumlah dari semua serabut aksi potensial. SNAP dapat bifasik maupun trifasik. Tidak seperti konduksi motorik, kecepatan konduksi sensorik dapat diukur hanya dengan satu stimulasi (Preston and Shapiro, 2005).

2.2.1 Onset Latency

Onset latency adalah waktu yang diperlukan stimulus menuju awal defleksi negatif dari *baseline* untuk SNAP bifasik atau awal defleksi positif untuk SNAP trifasik. Onset latensi sensoris merepresentasikan waktu konduksi dari stimulus ke sisi elektrode perekam serabut kutaneus terbesar dan tercepat,

sehingga onset latensi dapat mempresentasikan kecepatan hantar saraf. Perhitungan onset latensi secara tepat sulit dilakukan karena sulit menentukan awal dari defleksi gelombang (Preston and Shapiro, 2005).

2.2.2 *Peak Latency*

Peak latency diukur pada pertengahan dari *negative peak* pertama. Secara praktis, tidak ada variasi antar individu pada penentuannya. Berbeda dengan *onset latency* yang dapat terkaburkan oleh bising dan artefak, sehingga presisinya sulit didapatkan. *Peak latency* tidak digunakan untuk mengukur kecepatan hantar saraf (Preston and Shapiro, 2005).

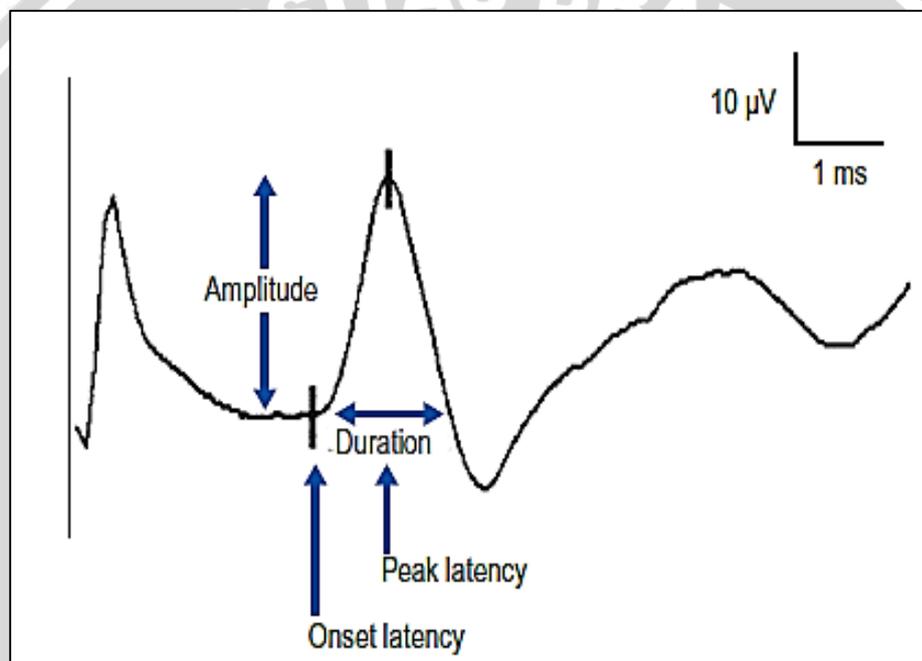
2.2.3 *Amplitudo dan Durasi*

Amplitudo SNAP adalah yang paling sering diukur dari *baseline* ke *negative peak* atau dari *negative peak* ke *positive peak* selanjutnya. Amplitudo SNAP mempresentasikan jumlah dari seluruh serabut saraf sensoris yang terdepolarisasi. Rendahnya amplitudo SNAP mengindikasikan kerusakan pada serabut saraf perifer. Durasi SNAP dihitung dengan mengukur mulai dari onset potensial hingga *baseline crossing* pertama, atau bisa dengan awal hingga akhir dari defleksi. Durasi SNAP lebih pendek dibandingkan dengan CMAP (*Conduction Motor Action Potential*). Sangat berguna untuk parameter identifikasi sebuah potensial saraf dibandingkan potensial otot (Preston and Shapiro, 2005).

2.2.4 *Kecepatan Hantar Saraf*

Tidak seperti kecepatan konduksi motorik yang memerlukan dua sisi stimulasi, pengukuran kecepatan konduksi sensorik hanya memerlukan satu stimulasi. Dengan SNAP kecepatan hantar dapat dihitung dengan dengan satu

stimulasi saja dengan sederhana yaitu membagi jarak yang dilalui dengan onset latensi. Kecepatan Konduksi sensoris mempresentasikan kecepatan dari serabut saraf tercepat dari serabut nervus kutaneus yang bermielin. Dapat diukur dengan stimulasi proksimal dan menghitung jarak sisi proksimal dan sisi distal dibagi dengan selisih antara latensi proksimal dibagi dengan latensi distal (Preston and Shapiro, 2005).



Gambar 2.5 *Sensory Nerve Action Potential (SNAP)* yang Menggambarkan Sumasi dari Aksi Potensial Serabut Saraf (Preston and Shapiro 2013)

2.3 Pemeriksaan Konduksi Motorik

Pemeriksaan konduksi motorik sering dilakukan pertama dibandingkan pemeriksaan sensoris maupun campuran. Melakukan pemeriksaan motoris pertama kali pada elektordiagnostik memberikan informasi dimana saja nervus tersebut menjalar, dimana harus distimulasi, berapa banyak arus listrik yang diperlukan dan memberikan informasi apakah nervus normal atau tidak. Respon motoris berada dalam rentang milivolt (mV) berbeda dengan sensoris yang

berada dalam rentang microvolt. Elektroda perekam aktif (G1) diletakkan di tengah perut otot dan elektroda referensi (G2) diletakkan distal dari tendon. Stimulator diletakkan pada nervus yang mempersarafi otot, dengan katode diletakkan berdekatan dengan elektroda perekam. Untuk pemeriksaan motoris, pulsasi elektrik diatur hingga 200 ms. Nervus normal membutuhkan 20 – 50 mA untuk mencapai stimulasi supramaksimal. Aksi potensial pada serabut otot akan terbentuk. Potensial yang terekam disebut dengan *compound muscle action potential (CMAP)* yang menyatakan jumlah dari keseluruhan aksi potensial serabut-serabut otot yang direkam (Preston and Shapiro, 2013).

2.3.1 Latensi

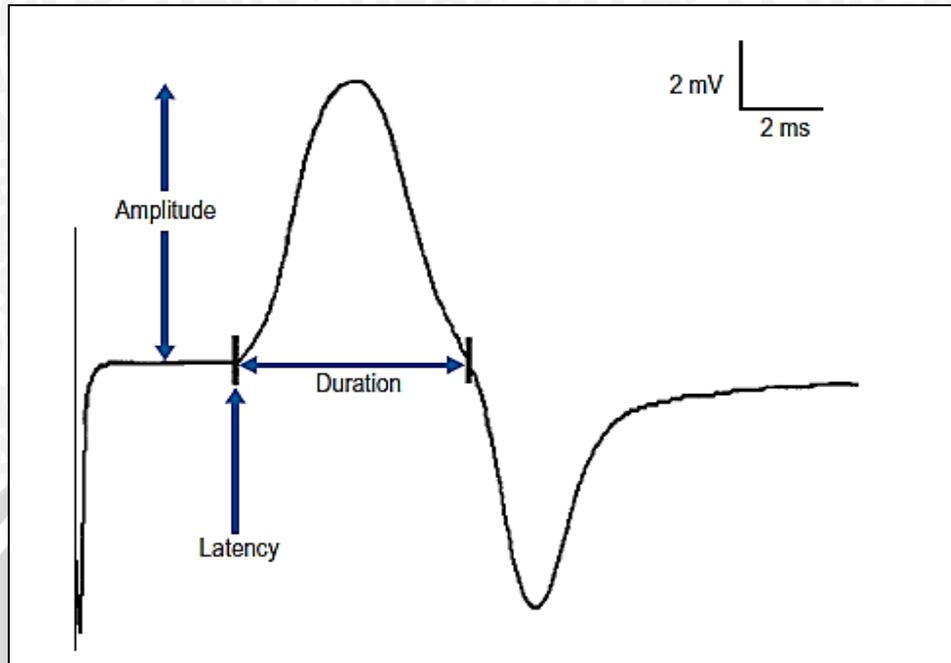
Latensi merupakan waktu yang diperlukan dari stimulus ke awal defleksi CMAP dari *baseline*. Latensi menggambarkan 3 proses secara terpisah: (1) waktu untuk konduksi nervus dari stimulus menuju *neuromuscular junction (NMJ)*, (2) waktu tunda saat melalui NMJ, (3) waktu depolarisasi oleh otot. Diukur dalam milisekon dan mempresentasikan konduksi tercepat dari serabut otot (Preston and Shapiro, 2013).

2.3.2 Amplitudo

Amplitudo CMAP lebih sering diukur dari *baseline* ke *negative peak* dibandingkan dari *negative peak* pertama ke *positif peak* selanjutnya. Amplitudo CMAP merekam jumlah dari serabut otot yang terdepolarisasi. Rendahnya amplitudo CMAP dapat disebabkan oleh neuropati aksonal, blok pada konduksi karena demielinasi yang terletak antara stimulator dengan otot yang direkam misalnya pada gangguan NMJ dan miopati (Preston dan Shapiro, 2013).

2.3.3 Durasi dan Kecepatan Hantar Saraf

Durasi CMAP diukur dari defleksi pertama ke *baseline crossing* pertama, namun juga dapat diukur dari awal dan akhir dari defleksi menuju *baseline*. Durasi meningkat pada kondisi perlambatan serabut otot motorik. Kecepatan hantar saraf motorik mengukur kecepatan akson motorik tercepat dengan membagi jarak yang dilalui oleh waktu konduksi saraf. Kecepatan konduksinya tidak dapat diukur hanya dengan simulasi tunggal. Namun, kecepatan konduksi tidak dapat dihitung dengan stimulasi tunggal. Latensi motorik distal tidak hanya menyangkut waktu konduksi sepanjang akson motorik distal menuju NMJ, tetapi juga transmisi NMJ dan waktu untuk depolarisasi otot. Oleh karena itu tanpa transmisi NMJ dan waktu depolarisasi otot, untuk menghitung kecepatan konduksi dua sisi stimulasi harus digunakan (satu distal dan satu proksimal). Satu-satunya perbedaan antara stimulasi distal dan stimulasi proksimal adalah latensi, dimana latensi proksimal lebih panjang dibandingkan dengan latensi distal. Kecepatan konduksi dapat dihitung dengan menghitung (jarak antara stimulasi proksimal dan distal) dibagi dengan (latensi proksimal dikurangi latensi distal). Kecepatan konduksi dihitung dalam meter per detik. Baik latensi maupun kecepatan konduksi mempresentasikan serabut saraf yang tercepat dari segmen yang diukur (Preston and Shapiro, 2013).



Gambar 2.6 *Compound Muscle Action Potentials (CMAP)* , Menggambarkan Sumasi dari Aksi Potensial Serabut-serabut Saraf (Preston and Shapiro, 2013)

2.4 Gelombang F

Gelombang F atau disebut dengan *F respon* adalah tipe dari respon motorik lambat. Ketika akson dari saraf motorik terstimulasi elektrik di sebuah titik maka aksi potensial berjalan dari titik tersebut menjauhi titik yang terstimulasi. Sebaran impuls paling distal akan menjadi CMAP, sedangkan bagian proksimal akan memberikan konduksi pada substansia grisea anterior, mendepolarisasi akson hillock dan menyebabkan terjadinya letupan pada akson. Hal ini menyebabkan depolarisasi tambahan pada otot (*F wave*). Hanya sekitar 2% dari letupan akson dalam tiap stimulus. Gelombang F bervariasi dalam latensi dan bentuknya dikarenakan perbedaan jumlah neuron yang mengalami letupan dalam masing-masing stimulus. Gelombang F dapat digunakan untuk memeriksa segmen proksimal dari nervus yang tidak dapat diakses dengan pemeriksaan

nervus biasa. Gelombang F mempresentasikan keseluruhan dari panjang nervus sedangkan konduksi motorik hanya merekam segmen yang lebih pendek dari nervus. Dengan demikian, abnormalitas gelombang F dapat menjadi indikator yang sensitif untuk patologi pada sistem saraf perifer, terutama jika terletak di proksimal. Rasio gelombang F dimana membandingkan konduksi di setengah proksimal dari seluruh total jalur dibandingkan dengan setengah distal dapat digunakan untuk menentukan sisi terjadinya perlambatan saraf. Sebagai contoh untuk membedakan lesi pada akar saraf dari pasien dengan neuropati general (Mallik and Weir, 2005 ; Preston and Shapiro, 2013).

2.5 Protokol Pemeriksaan Konduksi Saraf Pasien CTS

Pemeriksaan Rutin :

1. Pemeriksaan motorik nervus medianus pada muskulus abductor pollicis brevis, stimulasi pada pergelangan tangan dan fossa antecubiti
2. Pemeriksaan motorik nervus ulnaris pada muskulus abductor digiti minimi, stimulasi pada pergelangan tangan diatas dan dibawah lipatan alur pergelangan tangan
3. Respon stimulasi gelombang F pada nervus medianus dan ulnaris
4. Respon sensoris nervus medianus, direkam pada jari 2 atau 3, stimulasi pada pergelangan tangan
5. Respon sensoris nervus ulnaris, direkam pada jari 5, stimulasi pada pergelangan tangan
6. Respon sensoris nervus radialis, perekaman pada snuffbox, stimulasi pada lateral radius

Pemeriksaan diduga kuat CTS jika pemeriksaan nervus medianus abnormal dan menunjukkan perlambatan konduksi melalui pergelangan tangan (latensi sensoris dan motoris distal memanjang), latensi gelombang F memanjang, CMAP dan amplitudo SNAP dapat hilang tidak terekam jika terjadi degenerasi aksonal atau demielinasi yang menyebabkan blok konduksi pada pergelangan tangan. Jika konduksi sensoris dan motoris nervus ulnaris normal, gelombang F normal, dan respon sensoris nervus radialis normal menyingkirkan kemungkinan pleksopati brachialis dan polineuropati. Jika pemeriksaan nervus medianus normal, lakukan pemeriksaan perbandingan antara nervus medianus dan ulnaris atau radialis, atau dengan pemeriksaan sensoris segmental nervus medianus.

Pemeriksaan perbandingan (*Comparison study*) nervus medianus dan ulnaris antara lain :

1. Membandingkan nervus medianus dan ulnaris *mixed palm to wrist peak latency*.
2. Membandingkan latensi motorik distal antara nervus medianus pada muskulus lumbricalis dengan nervus ulnaris pada muskulus interoseus.
3. Membandingkan latensi sensoris nervus medianus dan ulnaris pada perekaman jari ke 4.

Beberapa pertimbangan penting :

1. Jika disertai polineuropati, kasusnya akan menjadi lebih rumit. Dapat terjadi semua latensi sensoris dan motoris memanjang oleh karena polineuropati itu sendiri. Pemeriksaan perbandingan respon motorik pada muskulus interosseus lebih sering digunakan karena respon motorik biasanya tetap meskipun mengalami polineuropati.

2. Pada neuropati nervus ulnaris setingkat pergelangan tangan maupun setingkat siku, pemeriksaan dapat menggunakan perbandingan nervus medianus dan radialis.
3. Jika amplitudo sensoris distal maupun motoris distal terekam kecil, dapat dicurigai adanya degenerasi akson atau blok konduksi pada bagian distal (Preston and Saphiro, 2013).

2.6 Pemeriksaan Konduksi Sensoris pada CTS

Pada CTS awal dan ringan, sedikit perlambatan saja, konduksi nervus yang terekam sering merupakan satu satunya abnormalitas yang ditemukan. *Peak latency* dari aksi potensi sensoris nervus medianus (SNAP) secara khas mengalami pemanjangan. Amplitudo sensoris variasinya besar pada individu-individu sehingga membatasi nilai diagnostik sampai amplitudonya diketahui lebih kecil daripada kisaran normalnya. Dengan semakin bertambah beratnya CTS, *sensory peak latency* secara progressive memanjang dan amplitudo menjadi mengecil nilainya (Wang, 2013).

Patofisiologis pada CTS secara khusus merupakan demielinisasi yang kemudian pada derajat keparahannya yang berhubungan dengan degenerasi akson. Pada pasien CTS, latensi sensoris, motoris dan latensi minimum F wave memanjang. Namun, ada beberapa pasien dengan gejala dan tanda klinis dari CTS dimana pemeriksaan penunjang rutin menunjukkan hasil yang normal (terjadi pada 10%-25% pasien CTS). Pada beberapa pasien tersebut membutuhkan konduksi saraf yang lebih sensitif. Pemeriksaan ini biasanya menggunakan perbandingan antara nervus medianus dengan nervus lain dalam tangan yang sama. Nervus ulnaris merupakan nervus yang paling sering digunakan untuk perbandingan daripada nervus radialis (Wang, 2013).

Pemeriksaan yang melibatkan perbandingan antara nervus medianus dengan nervus ulnaris diantaranya :

- a. *Median versus ulnar palm to wrist mixed nerve latencies*
- b. *Median versus ulnar wrist to digit IV sensory latencies*
- c. *Median (second lumbrical) versus ulnar (interossei/ INT) distal motor latencies*

Dengan diagnostik seperti tersebut diatas, sensitivitas meningkat 95% dibandingkan sebelumnya hanya 75% menggunakan pemeriksaan rutin sensoris dan motoris. *Median versus ulnar digit IV sensory latency* dikatakan abnormal jika terjadi perbedaan antara 0.4-0.5 ms (Preston and Shapiro, 2013).

2.7 Pemeriksaan Konduksi Motoris pada CTS

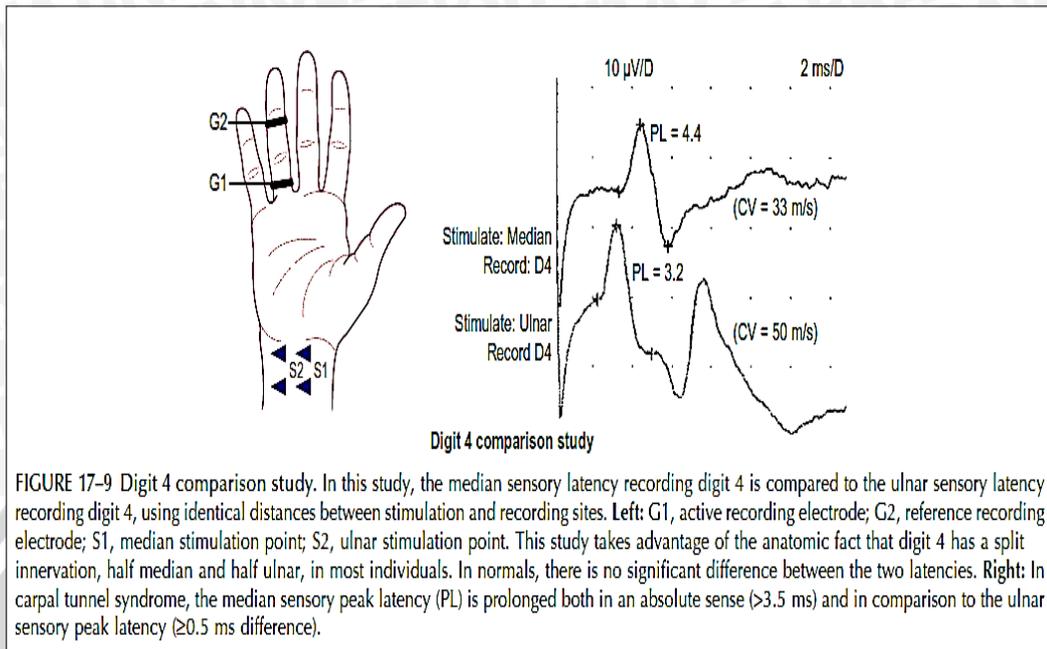
Motor Conduction Study nervus medianus biasanya diperoleh dari perekaman muskulus *abductor pollicis brevis (APB)*. Perlambatan pada DML (*distal motor latency*) mendukung diagnosis CTS. Namun perlambatannya tidak secara mutlak merupakan akibat demielinasi. Hilangnya serabut saraf yang memiliki konduksi tercepat berkontribusi terhadap melambatnya DML dan rendahnya kecepatan konduksi saraf. Hal itu menunjukkan bahwa perlambatan konduksi ringan pada bagian proksimal dapat terjadi pada pasien CTS.

Membandingkan kecepatan konduksi dan DML dari nervus medianus dengan nervus ulnaris yang tidak melewati terowongan carpal dapat membantu menegakkan diagnosis CTS dan membedakannya dengan polineuropati perifer. Adanya blok pada konduksi motorik distal dapat terjadi akibat demielinasi fokal nervus motoris (Wang, 2013).

2.8 *Median versus Ulnar Digit IV Sensory Latencies*

Teknik untuk menilai selisih antara latensi sensoris nervus medianus dan ulnaris. Teknik ini memiliki keuntungan dengan fakta bahwa pada kebanyakan individu, inervasi pada digit ke empat terpisah dimana setengah lateral diinervasi nervus medianus dan setengah medial diinervasi nervus ulnaris. Stimulasi pada masing masing nervus dapat secara langsung dibandingkan. Teknik antidromik dilakukan dengan stimulasi nervus medianus dan nervus ulnar pada pergelangan tangan dengan merekam elektrode jari 4 (G1 pada sendi metacarpophalangeal dan G2 pada sendi interphalangeal distal) . Jarak yang dipakai 11 sampai 13 cm. Respon supramaksimal akan didapatkan dan perbedaan latensi antara nervus medianus dan ulnaris akan terekam (Preston and Shapiro, 2013).

Median versus Ulnar latency difference digit IV disebut juga ringdiff. Ringdiff dapat menjadi metode efisien untuk menegakkan perlambatan relative pada nervus medianus dibandingkan nervus ulnaris pada pergelangan tangan. Perbedaan ≥ 0.4 ms atau ≥ 0.5 ms dikatakan signifikan. Respon nervus medianus dapat tidak terekam pada kasus CTS yang sangat berat (Werner and Andary, 2011). Normalnya perbedaan antara latensi sensoris nervus medianus dan ulnaris adalah kurang dari 0.5 ms (Preston and Shapiro, 2013).



Gambar 2.7 Median versus Ulnar latency Difference Digit IV

Tabel 2.4 Perbedaan Konduksi yang Sifnifikan pada Nervus Medianus dan Ulnaris (Preston and Shapiro, 2013)

Study	Nerve	Stimulate	Record	Distance (cm)	Significant Difference (ms)
Palmar mixed	Median	Median palm	Median nerve at wrist	8	≥0.4
	Ulnar	Ulnar palm	Ulnar nerve at wrist	8	
Digit 4 Sensory	Median	Median nerve at wrist	Digit 4	11-13*	≥0.5
	Ulnar	Ulnar nerve at wrist	Digit 4	11-13	
Lumbrical-interossei	Median	Median nerve at wrist	Lateral to the mid third metacarpal (over the second lumbrical and interossei)	8-10*	≥0.5
	Ulnar	Ulnar nerve at wrist	Lateral to the mid third metacarpal (over the second lumbrical and interossei)	8-10	

*Must use the identical distance for median and ulnar nerve stimulation.

2.9 Derajat Keparahan CTS

Menurut klasifikasi Bland, CTS diklasifikasikan menjadi grade 1 sampai dengan grade 6 berdasarkan konduksi sensoris dan motoris melalui perekaman elektrodiagnostik (Bland, 2000). Sedangkan derajat keparahan yang dipakai oleh *Italian CTS Study* adalah derajat keparahan berdasarkan gejala klinis yang dibedakan menjadi *mild to moderate* dan *severe* (Leventoglu *et al.*, 2006). AANEM mengklasifikasikan derajat keparahan CTS menjadi ringan, sedang dan berat (Werner and Andary, 2011)

Klasifikasi menurut *American Association of Neuromuscular and Electrodiagnostic Medicine* (AANEM) :

1. CTS Ringan : Latensi sensorik memanjang (baik absolut maupun relatif) dengan konduksi motorik masih normal. Tidak ada tanda degenerasi akson.
2. CTS Sedang : Latensi sensorik nervus medianus abnormal (seperti yang disebutkan pada mild CTS) dan terjadi pemanjangan (baik absolut maupun relatif) dari latensi motorik distal nervus mediaus. Tidak ada tanda degenerasi akson.
3. CTS Berat : Abnormalitas konduksi sensorik dan motorik sebagaimana telah disebutkan pada CTS ringan dan sedang, disertai tanda-tanda degenerasi akson, yaitu :
 - a. Amplitudo SNAP atau *mixed* NAP (Nerve Action Potential) kecil atau tidak ada sama sekali
 - b. Amplitudo CMAP thenar kecil atau tidak ada sama sekal

- c. Needle elektromiografi dengan potensial motor unit yang berubah atau fibrilasi (amplitudo besar, potensial motor unit durasinya lama, atau polifasik yang berlebihan).

Klasifikasi Jeremy Bland :

- Grade 0 : Tidak ada abnormalitas neurofisiologis
- Grade 1 : CTS sangat ringan, terdeteksi hanya dengan tes yang lebih sensitif yaitu *comparison study* misalnya *median-ulnar comparison study*
- Grade 2 : CTS ringan, konduksi sensoris melambat pada pemeriksaan pergelangan tangan hingga jari dan latensi motorik terminal/distal
- Grade 3 : CTS sedang berat
latensi motorik terminal >4.5 ms dan <6.5 ms
- Grade 4 : CTS berat, latensi motorik terminal >4.5 ms dan <6.5 ms dengan SNAP yang tidak terdeteksi
- Grade 5 : CTS sangat berat, latensi motorik terminal > 6.5 ms
- Grade 6 : CTS berat ekstrem
Potensial sensoris dan motoris tidak terekam atau potensial motoris, Abductor pollicis brevis < 0.2 mV *peak to peak*

Bland (2000) menyatakan bahwa derajat keparahan yang dibuatnya pada grade 4 (*severe*) dan 5 (*very severe*) dapat dikombinasikan seperti yang dilakukan di Canterbury. Mereka mengkombinasikan grade 4 dan 5 karena populasi pasien yang dibandingkan usia 51 dan usia 54 tahun, dimana dalam penggolongannya lebih mudah digolongkan menjadi derajat *severe* saja, karena usia berkorelasi dengan keparahan CTS. Rata – rata derajat keparahan pasien pada populasi tersebut adalah *severe*.

Tabel 2.5 Klasifikasi menurut Bland (Bland, 2000)

Grade 0	Normal
Grade 1 (very mild)	CTS demonstrable only with most sensitive tests
Grade 2 (mild)	Slow median DSL, slow sensory nerve conduction velocity, normal terminal motor latency
Grade 3 (moderate)	Sensory potential preserved with motor slowing, distal motor latency to abductor pollicis brevis (APB) < 6.5 ms
Grade 4 (severe)	Sensory potentials absent but motor response preserved, distal motor latency to APB < 6.5 ms
Grade 5 (very severe)	Terminal latency to APB > 6.5 ms
Grade 6 (extremely severe)	Sensory and motor potentials effectively un-recordable (surface motor potential from APB < 0.2 mV amplitude)

Keterangan : DSL = *Distal Sensory Latency*

Tabel 2.6 Klasifikasi menurut *Italian CTS Study* (Leventoglu and Kuruoglu, 2006)

Department of Neurology, Stage/ Grade	Department of Neurology, History and Objective Findings
0	Asymptomatic
I	Nocturnal Paraesthesias only
II	Nocturnal and diurnal Paraesthesias
III	Sensory Loss
IV	Atrophy and/ Or weakness of Median innervated Thenar muscles

Tabel 2.7 Klasifikasi Bland yang Disederhanakan (Jeong and Kim, 2014)

Table 2. Modified electrodiagnostic grade of carpal tunnel syndrome

Grade	Severity	Nerve conduction study
0	Normal	No neurophysiological abnormality
1	Mild	Detected only in two sensitive tests or Motor terminal latency <4.5 ms
2	Moderately	Motor terminal latency 4.5-6.5 ms
3	Severe	Motor terminal latency >6.5 ms or Surface motor potential from APB <0.2 mV, peak-to-peak

Modified form Bland's classification [11] of carpal tunnel syndrome.
APB, abductor pollicis brevis.

Tabel 2.8 Nilai Normal Nerve Conduction Study (Hastings, 2012)

Sensory Nerve Conduction Values

Nerve	minimum Amplitude (uV)	minimum C.V. (m/sec)	maximum Peak latency (ms)	Distance (cm)
Ulnar (wrist)	10	53	3.5	14
Median (wrist)	20	53	3.7	14
Radial	20	48	2.7	10
Sural	6	41	4.2	14
Ulnar (palm)	-	-	2.1	8
Median (palm)	25	-	2.1	8

Motor Nerve Conduction Values

Nerve	minimum Amplitude (mV)	minimum C.V. (m/sec)	maximum Onset latency (ms)	Distance (cm)
Ulnar	6	49	3.5	7
Median	4	49	4.4	7
Peroneal	2	41	6.1	9
Tibial	3	41	6.1	8
Facial	1	-	4.0	-

Bland (2000) menyatakan bahwa setiap derajat keparahan yang dibuatnya berkorelasi kuat dengan gejala klinis pasien. Bland menghubungkan

antara derajat CTS menurut gejala klinis dan derajat menurut elektrodagnostik yang dibuatnya. Dalam diagnosis pun merupakan kombinasi antara gejala klinis dan pemeriksaan elektrodagnostik, selain itu grading neurofisiologis dapat memiliki nilai prognostik untuk pasien (Bland, 2000). Jeong dan Kim (2014) dalam publikasinya menyederhanakan klasifikasi Bland berdasarkan latensi konduksi motorik terminal/distal menjadi 3 macam derajat yaitu *mild*, *moderate* dan *severe*. Kriteria ini dipakai dalam meneliti korelasi antara kondisi klinis, pemeriksaan fisik dengan derajat keparahan menurut NCS (menurut klasifikasi Bland yang telah disederhanakan) pada pasien dengan dan tanpa diabetes. Klasifikasi yang dilakukan Jeong dan Kim inilah yang akan digunakan dalam penelitian ini.

2.10 Faktor –faktor yang Mempengaruhi Pemeriksaan

Banyak faktor yang mempengaruhi hasil pemeriksaan kecepatan hantar saraf, baik faktor fisiologis maupun non-fisiologis. Faktor fisiologis diantaranya suhu tubuh (ekstremitas atas dan bawah), dapat mempengaruhi pemeriksaan konduksi saraf, termasuk kecepatan hantar saraf, latensi distal dan bentuk gelombang. Perubahan suhu akan sangat berpengaruh pada hasil pemeriksaan, kecepatan konduksi melambat secara linier dalam temperatur fisiologis rentang 21 sampai 34 derajat Celcius. Setiap penurunan 1 derajat celsius, kecepatan hantar saraf sensoris dan motoris melambat antara 1,5 sampai 2,5 meter per detik, latensi distal memanjang sekitar 0,2 milidetik per derajat Celcius. Suhu dingin mempengaruhi morfologi SNAP dan CMAP. Suhu dingin mengakibatkan peningkatan amplitudo dan pemanjangan durasi (Preston and Saphiro, 1998 dikutip oleh Sukarini dkk, 2015).

Faktor umur mempengaruhi kecepatan konduksi saraf, terutama pada awal tahun kehidupan. Kecepatan konduksi saraf cenderung menetap sepanjang umur dewasa, cenderung sedikit menurun saat umur bertambah tua. Penurunan ini sebenarnya mulai usia 20 tahun dan menjadi lebih jelas setelah usia 40 tahun (Sukarni dkk, 2015). Tinggi badan juga bervariasi terhadap subyek. Orang yang lebih tinggi biasanya memiliki kecepatan hantar saraf yang lebih lambat (Kimura, 1998; Preston and Saphiro, 1998; Kimura, 2001; Sukarni, 2015).

Pemeriksaan perbandingan median-ulnar yang dikatakan lebih sensitif ini, harus diperiksa dengan sangat hati hati, mulai dari faktor teknis, terutama jarak pengukuran, penempatan elektroda, stimulus dari artefak (faktor pengganggu), dan stimulasi supramaksimal untuk menghasilkan data yang reliabel. Hal ini sangat penting untuk mencegah overstimulasi yang dapat meyebabkan berubahnya nilai *median-ulnar latency difference*. Nilai dari elektrodiagnostik menggunakan pemeriksaan konduksi saraf adalah untuk mengkonfirmasi tanda klinis dari pasien yang mengarah kepada kecurigaan CTS, serta melihat kemungkinan adanya kondisi lain yang mendasari.

Pasien dengan derajat CTS yang ringan, dapat menghasilkan nilai konduksi saraf yang normal. Dalam pemeriksaan rutin elektrodiagnostik, terdapat pula pasien yang memiliki nilai normal untuk semua konduksi saraf termasuk pemeriksaan yang lebih sensitif yaitu *median-ulnar latency differennce* atau ringdiff. Tidak ada pemeriksaan laboratoris yang mampu memiliki sensitivitas dan spesifisitas 100 %. Elektrodiagnostik harus diinterpretasikan dengan pengetahuan tentang riwayat dan pemeriksaan klinis (Preston and Saphiro, 2013).