

# HUBUNGAN ANTARA TINGKAT KEPARAHAN GANGGUAN SENDI TEMPOROMANDIBULA DAN PERBEDAAN KARAKTERISTIK BUNYI SENDI TEMPOROMANDIBULA (Suatu analisis menggunakan perangkat lunak *audio editor*)

Carolina Marpaung\*, Laura Susanti Himawan\*\*, Farisza Gita Roemoso\*\*,  
Tri Budi W Rahardjo\*\*

\*Peserta Pendidikan Program Dokter Gigi Spesialis Prostodonti  
\*\* Staf Pengajar Prostodonti  
Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia

Carolina Marpaung, Laura Susanti Himawan, Farisza Gita Roemoso, Tri Budi W Rahardjo:  
Hubungan Antara Tingkat Keparahan Gangguan Sendi Temporomandibula dan Perbedaan Karakteristik  
Bunyi Sendi Temporomandibula (Suatu analisis menggunakan perangkat lunak *audio editor*). Jurnal  
Kedokteran Gigi Universitas Indonesia. 2003;10 (Edisi Khusus): 644-651

## Abstract

Joint sound is one of the signs of the temporomandibular joint disorder and its characteristics are thought to be able to establish the gravity of the disorder. The aim of this study was to analyze the relation between the sound characteristics – its pitch and intensity – and the gravity of the temporomandibular joint disorder. The subjects of this research were 54 students who fulfilled the criteria included in the basic questionnaire which was distributed among all the 4<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup> semester dental students of Faculty of Dentistry University of Indonesia. The gravity of the disorder was obtained from the subjective as well as the objective examination, using Helkimo index. 108 joint sound samples of the left and right joint were recorded during opening and closing movement of the mandible, using a modified stethoscope which was connected to a personal computer. The analysis of the joint sound characteristics was done with audio analysis software Cool Edit 2000. A one way anova test showed a significant relation between the gravity of temporomandibular joint disorder and the intensity of the joint sound ( $p < 0.05$ ). The gravity of the disorder was equivalent to the intensity of the sound, however there was no significant relation between the joint sound pitch and the gravity of the temporomandibular joint disorder. It was concluded that the joint sound intensity was worthy of further study as a sign of diagnostic value.

Key words: Temporomandibular disorder; joint sound

## Pendahuluan

Gangguan sendi temporomandibula merupakan gangguan yang banyak diderita

masyarakat dewasa. Penelitian yang dilakukan Daroewati menunjukkan bahwa 79,3% masyarakat dewasa di Indonesia memiliki disfungsi sendi, dari ringan

hingga berat.<sup>1</sup> Jumlah ini tidak jauh berbeda dengan pengamatan Helkimo pada masyarakat Finlandia Utara, yaitu sebesar 80%<sup>2</sup>. Namun demikian hingga saat ini gangguan tersebut masih banyak menimbulkan kontroversi di kalangan praktisi kedokteran gigi<sup>3,4</sup>. Penyebab dan gejala yang kompleks menyebabkan belum adanya patokan yang jelas dalam menentukan diagnosis dan perawatan yang tepat.

Bunyi sendi merupakan gejala yang paling sering terdapat pada pasien dengan gangguan sendi temporomandibula. Bunyi ini terjadi karena adanya perubahan letak, bentuk dan fungsi dari komponen sendi temporomandibula.<sup>7</sup> Pertez dan Attanasio mengemukakan gangguan umum menimbulkan bunyi sendi adalah pergeseran diskus dengan reduksi, subluksasio, dislokasio, reposisi diskus, adesi dan perforasi diskus.<sup>8</sup> Bunyi yang dihasilkan dapat bervariasi, mulai dari lemah dan hanya terasa oleh pasien, hingga keras dan tajam. Bunyi ini dapat terjadi pada awal, pertengahan dan akhir gerak buka dan tutup mulut, dan umumnya pada pemeriksaan di klinik didengarkan dengan menggunakan stetoskop.

Seperti bunyi pada umumnya, bunyi sendi terdiri dari amplitudo yang menunjukkan kuat lemahnya bunyi, serta frekuensi yang menunjukkan tinggi rendahnya bunyi. Penelitian tentang karakter bunyi sendi ini juga telah banyak dilakukan. Prinz mengamati karakteristik masing-masing bunyi sendi, ditinjau dari lokasi, waktu, amplitudo dan frekuensinya.<sup>5</sup> Sano dan kawan-kawan juga menemukan adanya perbedaan amplitudo antara pasien dengan dan tanpa keluhan nyeri.<sup>6</sup> Penelitian tentang bunyi sendi tersebut umumnya menggunakan alat penguat suara yang dihubungkan ke komputer untuk kemudian dianalisis sesuai dengan tujuan penelitian masing-masing.<sup>5,7,8,9,10</sup> Namun demikian, penemuan-penemuan ini belum banyak digunakan di klinik karena alat analisis dan perekam yang digunakan masih mahal dan rumit.

Berbagai penelitian yang mengamati karakteristik bunyi maupun gangguan sendi temporomandibula tersebut

masih belum dapat menjawab kesulitan para praktisi di klinik. Masalah yang masih menyulitkan para praktisi dokter gigi adalah menghubungkan karakteristik bunyi yang didapat pada pemeriksaan klinik dengan gangguan sendi yang dimiliki pasien.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa hubungan antara karakteristik bunyi sendi temporomandibula, yaitu frekuensi dan amplitudo, dan tingkat keparahan gangguan sendi temporomandibula. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi awal kepada praktisi dokter gigi tentang hubungan antara karakteristik bunyi sendi yang didapat pada pemeriksaan rutin dan gangguan sendi temporomandibula yang diderita pasien. Informasi ini diharapkan dapat memudahkan dokter gigi untuk menegakkan diagnosis dan mengambil tindakan perawatan yang diperlukan, sesuai dengan tingkat keparahan gangguan. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat membuka wawasan penelitian tentang bunyi sendi temporomandibula dengan menggunakan alat digital yang sederhana dan mudah dipakai di kalangan praktisi dokter gigi.

### **Bahan dan Cara Kerja**

Subjek penelitian diambil secara *purposive sampling* dengan pembagian kuesioner pada seluruh mahasiswa semester 4 dan 6 FKGUU. Mahasiswa yang menjadi subjek penelitian adalah yang memenuhi kriteria inklusif, yaitu tidak memiliki riwayat perawatan sendi temporomandibula, tidak memiliki gangguan periodontal, radang pulpa, dan gejala yang menyecrupai gangguan sendi temporomandibula, tidak sedang mengkonsumsi obat penghilang rasa sakit, tidak pernah memakai piranti ortodonsia dan memiliki oklusi yang stabil.

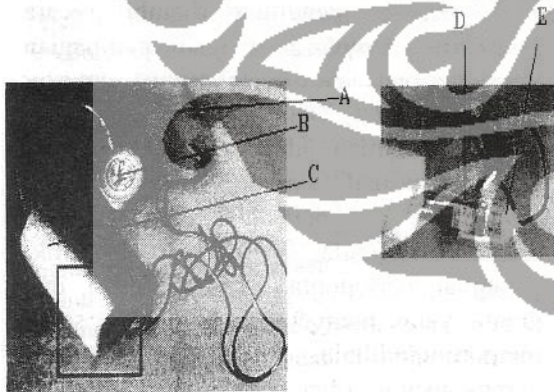
Tingkat keparahan gangguan sendi temporomandibula diperoleh dengan memakai indeks disfungsi anamnestik dan klinik Helkimo. Setelah memperoleh indeks disfungsi anamnestik Helkimo dari kuesioner awal yang dibagikan, subjek penelitian diinstruksikan untuk duduk tegak



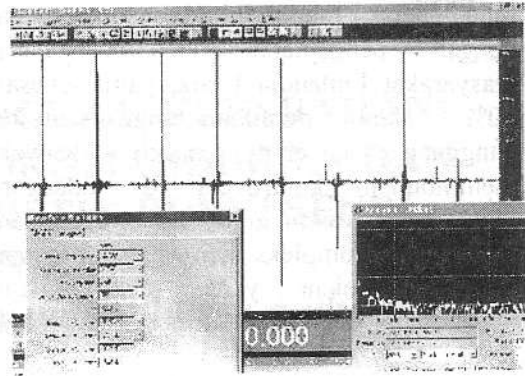
di kursi dengan garis frankfort pasien sejajar dengan lantai. Pemeriksaan objektif kemudian dilakukan untuk mendapatkan indeks disfungsi klinik Helkimo serta bunyi sendi temporomandibula. Bunyi sendi direkam dengan menggunakan stetoskop probe modifikasi yang diletakkan di titik 1,2 cm dari tragus saat subjek melakukan gerakan membuka dan menutup mulut (Gambar 1). Stetoskop modifikasi terdiri dari kepala dan pipa karet stetoskop Littman Classic II SE (3M, USA) yang dihubungkan ke tabung infus kaca dan mikroskop stereo Sony untuk menangkap bunyi (Gambar 2). Mikrofon kemudian disambungkan ke komputer dengan perangkat lunak audio analisis *Cool Edit 2000* untuk analisis karakter bunyi. (Gambar 3)



Gambar 1. Posisi subjek pada pemeriksaan objektif dan pengambilan sampel bunyi



Gambar 2. Stetoskop modifikasi yang terdiri dari : A Pipa karet stetoskop, B. Kepala stetoskop, C. Busa Peredam suara D. Mikroskop stereo, E. Tabung kaca



Gambar 3. Tampilan analisa karakteristik bunyi dengan perangkat lunak *audio editor*

## Hasil

Dari 205 mahasiswa preklinik semester 4 dan 6 FKGUI terdapat 54 mahasiswa yang memenuhi kriteria inklusif. Distribusi tingkat keparahan berdasarkan kuesioner menunjukkan 50% subjek penelitian tidak mengeluhkan adanya gangguan sendi temporomandibula. Sebanyak 25,9% subjek mengeluhkan adanya gejala ringan berupa bunyi sendi, kekakuan atau kelelahan rahang bawah, dan 24,1% mengeluhkan gejala berat disfungsi sendi. Gejala berat tersebut dapat berupa kesulitan membuka mulut lebar, rahang yang sering terkunci dan rasa nyeri saat menggerakkan rahang bawah.

Pemeriksaan objektif dilakukan berdasarkan pembagian gejala pada indeks disfungsi klinik Helkimo. Dari pemeriksaan tersebut terdapat 24,1 % subjek yang tidak memiliki gangguan sendi temporomandibula. Sebesar 55,6% subjek memiliki disfungsi sendi yang ringan, sedangkan 20,4% subjek mengalami disfungsi sendi temporomandibula tingkat sedang. Pada penelitian ini tidak ditemukan subjek dengan tingkat disfungsi sendi temporomandibula yang berat.

Perbandingan indeks disfungsi anamnestik dan klinik menunjukkan hubungan seperti yang terlihat pada tabel 2. Terdapat 24% subjek yang tidak mengeluh adanya gangguan sendi dan tidak ditemukan gangguan pada pemeriksaan objektif. Sebesar 26% subjek penelitian

tidak mengeluh adanya gangguan tetapi memiliki disfungsi ringan. Sebanyak 20,3% subjek dengan keluhan ringan memiliki disfungsi ringan pada pemeriksaan objektif, dan terdapat 5,5% subjek penelitian dengan keluhan yang sama tapi memiliki disfungsi sedang. Sebesar 9,2% subjek dengan keluhan berat memiliki disfungsi sedang, dan 15% subjek penelitian dengan keluhan berat memiliki disfungsi sedang.

Tabel 1. Distribusi subjek penelitian yang diperiksa dengan indeks disfungsi anamnestik dan klinik Helkimo.

Indeks disfungsi anamnestik - klinik	Jumlah subjek	Presentase
Ai0 - Di0	13	24 %
Ai0 - Di1	14	26 %
Ai0 - Di2	0	0 %
Ai1 - Di0	0	0 %
Ai1 - Di1	11	20,3 %
Ai1 - Di2	3	5,5 %
Ai2 - Di0	0	0 %
Ai2 - Di1	5	9,2 %
Ai2 - Di2	8	15 %

Ket :

- Ai0 = Tak ada gejala subjektif;
- Ai1 = Gejala subjektif ringan;
- Ai2 = Gejala subjektif berat;
- Di0 = Tak ada gangguan klinis;
- Di1 = Disfungsi ringan;
- Di2 = Disfungsi sedang.

Analisis bunyi sendi temporomandibula yang dilakukan dengan perangkat lunak *Cool Edit 2000* dari *Syntrillium Software Corp.* menunjukkan besaran frekuensi bunyi pada gerakan menutup rahang berkisar antara 25.98 Hz dan 162.03 Hz dengan rata-rata 72.70 Hz. Bunyi sendi temporomandibula pada gerakan membuka lebih tinggi daripada gerakan menutup rahang dengan kisaran dari 39.65 Hz hingga 190.53 Hz dan rata-rata sebesar 87.14 Hz.

Besaran amplitudo yang ditunjukkan oleh perangkat lunak *Cool Edit 2000* ditampilkan dalam kisaran -66,3 hingga 0, dengan nilai 0 menunjukkan amplitudo maksimal. Nilai ini dikonversi ke kisaran 0 hingga 100 untuk memudahkan analisis. Intensitas bunyi sendi temporomandibula yang ditunjukkan oleh amplitudo berkisar antara 32.67 dB hingga 83.99 dB dengan rata-rata 52.03 dB pada gerakan membuka rahang. Nilai ini tidak berbeda jauh dengan kekuatan bunyi sendi temporomandibula pada gerakan menutup, yaitu rata-rata 52.04 dB dengan kisaran antara 31.95 dB hingga 83.65 dB.

Hasil analisis statistik menggunakan *One way ANOVA* dengan tingkat kemaknaan 95% menunjukkan adanya hubungan yang bermakna antara tingkat keparahan gangguan sendi temporomandibula dan besaran amplitudo pada gerakan membuka dan menutup rahang ( $p < 0.05$ ). Hubungan ini bermakna baik dilihat dari pemeriksaan objektif maupun subjektif.

Sesuai dengan hasil analisis statistik, didapatkan nilai rata-rata besaran amplitudo bunyi sendi temporomandibula meningkat sesuai dengan semakin tingginya keparahan gangguan sendi, baik secara anamnestik maupun klinik (tabel 3).



Tabel 2. Nilai frekuensi dan amplitudo 108 sampel bunyi sendi temporomandibula

Indeks Helkimo	Waktu terjadinya bunyi	Tingkat keparahan	Kisaran nilai amplitudo (dB)	Rata-rata (dB)
Disfungsi Anamnestik	Gerakan Buka	Tidak ada gejala subjektif	32.67 – 76.08	48.772
		Terdapat gejala subjektif ringan	34.33 – 81.96	52.585
		Terdapat gejala subjektif berat	39.65 – 83.99	57.486
	Gerakan Tutup	Tidak ada gejala subjektif	31.95 – 83.65	48.727
		Terdapat gejala subjektif ringan	35.71 – 76.87	50.241
		Terdapat gejala subjektif berat	35.38 – 80.15	59.761
Disfungsi klinik	Gerakan Buka	Tidak ada gangguan	32.84 – 63.85	44.854
		Disfungsi ringan	32.67 – 76.08	51.087
		Disfungsi sedang	37.49 – 83.99	63.102
	Gerakan Tutup	Tidak ada gangguan	31.95 – 62.68	46.465
		Disfungsi ringan	33.73 – 83.65	51.334
		Disfungsi sedang	38.38 – 80.15	60.569

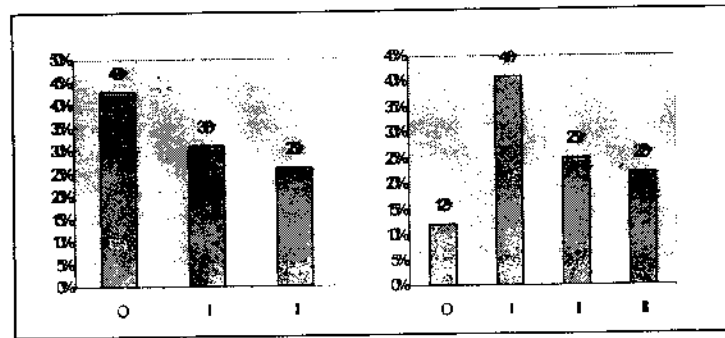
Tabel 3. Besaran kekuatan bunyi sendi temporomandibula pada gerakan buka-tutup mulut pada tingkat keparahan yang berbeda

Karakteristik Bunyi	Nilai	Nilai minimum	Nilai maksimum	Mean	Standar deviasi
Frekuensi buka		39.65 Hz	190.53 Hz	87.14 Hz	28.19
Frekuensi tutup		25.98 Hz	162.03 Hz	72.70 Hz	27.04
Amplitudo buka		32.67 dB	83.99 dB	52.03 dB	12.80
Amplitudo tutup		31.95 dB	83.65 dB	52.04 dB	13.04

Hasil tes *Post Hoc* menunjukkan tidak ada perbedaan bermakna ( $p > 0,05$ ) antara masing-masing tingkat keparahan pada nilai frekuensi bunyi sendi temporomandibula. Perbedaan bermakna ( $p < 0,05$ ) terlihat pada nilai rata-rata amplitudo antara tingkat keparahan indeks diagnostik sedang dan tanpa kelainan serta sedang dan ringan. Perbedaan yang sama terlihat pada tingkat keparahan indeks anamnestik. Tingkat keparahan tanpa kelainan dan ringan tidak menunjukkan perbedaan bermakna pada kedua indeks Helkimo.

### Pembahasan

Adanya perbedaan distribusi frekuensi subjek penelitian berdasarkan indeks anamnestik dan diagnostik menggambarkan fenomena yang menarik. Helkimo pada tahun 1974 menemukan hal yang serupa, yaitu 31% subjek tanpa keluhan subjektif memiliki disfungsi sendi temporomandibula<sup>2</sup> (gambar 4). Hal ini dapat disebabkan karena tidak semua pasien dengan gangguan sendi temporomandibula



Gambar 4. Persentase distribusi subjek penelitian menurut : A. Indeks disfungsi anamnestik Helkimo, B. Indeks disfungsi klinik Helkimo<sup>2</sup>.

sadar akan disfungsi yang dimilikinya. Kemungkinan lain yang dapat menyebabkan terjadinya perbedaan distribusi kedua indeks adalah metoda pengumpulan data yang digunakan untuk mendapatkan indeks anamnestik. Sistem kuesioner tertulis dapat menimbulkan pemahaman ganda yang mengakibatkan validitas hasil kuesioner menjadi berkurang.

Pada penelitian ini tidak ditemukan pasien dengan keluhan subjektif yang tidak memiliki disfungsi pada pemeriksaan objektif. Penemuan ini dapat memberikan gambaran bagi praktisi dokter gigi untuk memperhatikan secara teliti keluhan pasien. Namun demikian perlu diperhatikan pula bahwa subjek penelitian ini adalah mahasiswa FKGUI yang kemungkinan besar memperhatikan fungsi pengunyahannya. Dengan demikian penelitian ini perlu dikembangkan pada populasi yang lebih luas.

Perbedaan distribusi kedua indeks Helkimo juga dapat disebabkan karena kekurangan sistem indeks tersebut. Song menyatakan bahwa kekurangan indeks Helkimo diantaranya adalah tidak membedakan gangguan sendi dengan otot dan tidak cukup sensitif untuk mengukur perubahan yang kecil pada tiap tingkat keparahan.<sup>11</sup> Dua alasan ini dapat menjelaskan timbulnya perbedaan yang ditemukan pada kedua indeks Helkimo.

Tabel 3 menunjukkan bahwa bunyi sendi juga terjadi pada subjek tanpa gangguan sendi temporomandibula. Hal ini sesuai dengan teori cairan sinovial yang menyatakan bahwa terjadi pergerakan

cairan sinovial pada saat kondilus bergerak ke anterior dan posterior.<sup>10</sup> Leone bahkan menyatakan bahwa kecurigaan adanya kelainan harus timbul jika sendi tidak menghasilkan bunyi saat bergerak.<sup>10</sup>

Prinz dan Ng membagi bunyi sendi menjadi beberapa klasifikasi yang berbeda, yaitu bunyi berderat, krepitus dan keletuk dengan analisis menggunakan komputer.<sup>12</sup> Hal ini dilakukan untuk memperbaiki sistem klasifikasi bunyi yang ditentukan secara subjektif. Pada penelitian ini bunyi sendi tidak dibagi menurut klasifikasi Prinz dan Ng karena perangkat lunak yang digunakan berbeda. Pembagian klasifikasi juga tidak dilakukan karena memerlukan waktu yang lebih panjang untuk membuat acuan klasifikasi berdasarkan analisis objektif dan subjektif.

Nilai rata-rata frekuensi yang didapat pada penelitian ini yaitu 87,14 Hz dan 72,70 Hz, tidak jauh berbeda dengan nilai rata-rata bunyi keletuk sendi pada penelitian Prinz<sup>13</sup> sebesar 90 Hz. Hasil ini juga sesuai dengan penemuan Chung dan Kim<sup>14</sup> yang menyatakan bahwa bunyi sendi berada dalam kisaran 50 – 150 Hz. Namun demikian perbandingan ini harus diamati lebih lanjut kebermaknaannya karena ketiga penelitian menggunakan cara penelitian dan alat analisis yang berbeda. Ketiga peneliti tersebut merekam bunyi sendi kiri dan kanan sebagai satu sumber bunyi, yaitu dengan menggunakan 2 buah mikrofon yang diletakkan di lubang telinga dan dihubungkan ke 1 input yang sama di komputer namun memakai perangkat lunak yang berbeda. Prinz memakai perangkat lunak rakitannya, dan Chung serta Kim menggunakan Sonopak. Jumlah subjek

yang diteliti juga berbeda-beda, yang memungkinkan timbulnya perbedaan hasil yang bermakna.

Pada penelitian ini tidak ditemukan hubungan yang bermakna antara tingkat keparahan dan frekuensi bunyi sendi temporomandibula. Hal ini bertentangan dengan penelitian Hutta, Christensen dkk, dan Ishigaki dkk yang menyatakan bahwa analisis frekuensi dapat mengklasifikasikan patologi keparahan sendi temporomandibula.<sup>15,16,17</sup> Namun demikian, terdapat beberapa hasil penelitian yang menyatakan analisis frekuensi memiliki nilai diagnostik yang rendah.<sup>18,19,20</sup> Perbedaan kedua pendapat disebabkan karena pengamatan bunyi dilakukan dengan metoda dan alat analisis yang berbeda, serta jenis dan jumlah sampel yang berbeda pula.

Pada pengamatan karakteristik bunyi dalam penelitian ini, frekuensi tinggi sering terjadi pada subjek tanpa gangguan subjektif dan objektif. Kenaikan nilai amplitudo tidak diikuti dengan peningkatan atau penurunan nilai frekuensi. Dengan demikian terdapat kecenderungan bahwa tidak ada hubungan secara langsung antara nilai amplitudo dan frekuensi. Hal ini sesuai dengan rumus fisika dari amplitudo yang tidak menyertakan frekuensi di dalamnya.

Hasil uji statistik menunjukkan adanya hubungan yang bermakna antara tingkat keparahan gangguan sendi temporomandibula dan kekuatan bunyi. Pada nilai rata-rata tiap tingkat keparahan (tabel 2), terlihat peningkatan nilai amplitudo setiap peningkatan tingkat keparahan. Walaupun hasil tes *Post Hoc* menunjukkan adanya perbedaan bermakna antara 2 tingkat keparahan kelainan sendi temporomandibula, namun tidak terdapat batasan jelas antara kisaran nilai setiap tingkat keparahan (tabel 2). Hal ini menunjukkan nilai amplitudo saja tidak dapat dijadikan patokan untuk menentukan tingkat keparahan gangguan sendi temporomandibula. Nilai ini harus didukung dengan anamnesa dan pemeriksaan objektif yang teliti dan benar.

Perangkat lunak untuk menganalisis audio sangat beragam, masing-masing dengan spesifikasi yang

berbeda. Alasan pemilihan *Cool Edit 2000* adalah karena perangkat lunak ini mudah ditemukan di pasaran dengan harga relatif murah, cara penggunaannya sederhana dan cukup sensitif dalam menganalisis frekuensi dan amplitudo. Namun kekurangannya adalah memiliki kisaran amplitudo yang berbeda, yaitu dari -66.3 hingga 0. Hal ini menyebabkan nilai amplitudo pada penelitian ini dalam anggapan nilai terendah 0 dan nilai tertinggi 100, dan dengan demikian tidak dapat menjadi patokan nilai amplitudo pada penelitian lain yang menggunakan alat analisis yang berbeda.

## Kesimpulan

Pengamatan hubungan tingkat keparahan gangguan sendi temporomandibula dan karakteristik bunyi sendi temporomandibula pada 108 sampel bunyi sendi temporomandibula secara *cross-sectional* menunjukkan adanya hubungan yang bermakna antara tingkat keparahan dan amplitudo. Nilai rata-rata kekuatan bunyi sendi temporomandibula meningkat sesuai dengan meningkatnya tingkat keparahan gangguan sendi temporomandibula. Hubungan ini tidak bermakna pada pengamatan hubungan antara tingkat keparahan dan tinggi rendahnya bunyi sendi temporomandibula.

Terdapat 26% subjek penelitian tanpa keluhan subjektif yang memerlukan perawatan gangguan sendi temporomandibula karena ditemukan adanya gangguan temporomandibula ringan. Penemuan ini menunjukkan tidak semua pasien sadar akan gangguan sendi temporomandibula yang dimilikinya, dan pentingnya pemeriksaan objektif dalam perawatan gangguan sendi temporomandibula

Pada penelitian ini tidak ditemukan pasien dengan keluhan subjektif yang tidak memiliki disfungsi pada pemeriksaan objektif. Penemuan ini menunjukkan pula bahwa dokter gigi harus lebih memperhatikan keluhan pasien, terutama yang berhubungan dengan gangguan sendi temporomandibula.



## Daftar Pustaka

1. Daroewati Mardjono. *Hubungan antara pola mengunyah kebiasaan yang salah dengan disfungsi sendi temporomandibula pada orang dewasa di Jakarta*. Disertasi Doktorat, Universitas Padjajaran Bandung, 1989
2. Helkimo M. *Epidemiological Surveys of Dysfunction of The Masticatory System dalam Temporomandibular Joint Function and Dysfunction* editor Zarb G dan Carlsson G.CV Mosby co, St Louis,1979 :182-5
3. Prinz JF. Correlation of the characteristics of TMJ and tooth contact sounds. *Journal of Oral Rehabilitation* 1998;25:194-8
4. Tallents RH et al. Prevalence of missing posterior teeth and intraarticular temporomandibular disorders. *J Prosthet Dent* 2002;87:45-50
5. Prinz JF. Validation of a recording protocol for assessing temporomandibular sounds and a method for assessing jaw position. *J Oral Rehabilitation* 1998;25:321-8
6. Pertes RA, Attanasio R. *Internal derangement, dalam Temporomandibular disorders : diagnosis and treatment* editor Kaplan AS dan Assael LA. WB Saunders Co. Philadelphia, 1991, hal 142-61
7. Sano T et al. Amplitude and frequency spectrum of temporomandibular joint sounds from subjects with and without other signs/symptoms of temporomandibular disorders. *Journal of Oral Rehabilitation* 1999;26:145-9
8. Prinz JF. *Physical mechanisms in the pathogenesis of temporomandibular joint sounds*. Disertasi Doktorat, University of Hongkong, 1996.
9. Prinz JF, Ng KW. Characterization of sounds emanating from the Temporomandibular Joints. *Arch Oral Bio* 1996;41:631-9
10. Prinz JF. Physical mechanisms involved in the genesis of temporomandibular joint sounds. *Journal of Oral Rehabilitation* 1998;25:706-14
11. Yunheon Song. Study on the improvement of the craniomandibular index in the assessment of craniomandibular disorders. *Journal of Korean Academy of Oral Medicine* 1995;15:45-56
12. Prinz JF, Ng KW. Classification of TMJ sound. *Arch Oral Bio* 1997;41:631-9
13. Prinz JF. Autocorrelation of acoustic signals from the temporomandibular joint. *Journal of Oral Rehabilitation* 1998;25:635-9
14. Sung-Chang Chung, Soo-Young Kim. A Study on TMJ sound by Sonopak. *Journal of Korean Academy of Oral Medicine* 1992;2:23-6
15. Christensen LV. Physics and the sounds produces by the TMJ part 1. *Journal of Oral Rehabilitation* 1992; 19: 47-9
16. Hutta F. Separation of internal derangement of the TMJ using sound analysis. *OSOMOP* 1987;63:151-5
17. Ishigaki I et al. Vibration analysis of the TMJ with meniscal displacement with and without reduction. *Cranio* 1993; 11:192 – 6
18. Heffez MS, Blaustien D. Advances in sonography of the TMJ. *OSOMOP* 1986;62:486-90
19. Drum R, Litt M. Spectral analysis of TMJ sound. *J Prosthet Dent* 1987;58:485-9
20. Yoshida H et al. A preliminary investigation of a method of detecting temporomandibular joint sounds. *Journal of Orofacial Pain* 1994;8:73-6.