

2.1 Tuna Rungu

Terminologi dalam pendidikan tuna rungu dapat dipahami dalam dua paradigma: pandangan budaya, yang memberikan tuna rungu dengan bahasa (Bahasa Isyarat Amerika) dan budaya perspektif audiologi medis, yang berkaitan dengan kesehatan telinga pendengaran, diagnostik dan teknologi alat bantu pendengaran. Identitas seorang tuna rungu dapat dipengaruhi oleh faktor kultural seperti budaya, etnis, keluarga dan pengalaman pendidikan, kehadiran jaringan pendukung komunitas tuna rungu, preferensi komunikasi bahasa, dan penggunaan teknologi visual. Faktor medis seperti jenis kelamin, cacat sekunder, usia, dan tingkat gangguan pendengaran, penggunaan teknologi pendengaran, faktor pendengaran dan latar belakang genetik juga mempengaruhi identitas orang hilangnya pendengaran. (Lomas,2011).

Karena pengalaman dan pendapat para tuna rungu terpengaruh secara negatif, dan karena perbedaan budaya dan bahasa. Para ahli ilmu pendengaran mengkhawatirkan masalah fisiologis yang akan mempengaruhi program pendidikan, seperti bagaimana gangguan pendengaran dapat menjadi permanen, sementara dan dapat diperbaiki melalui operasi atau pengobatan, perubahan yang berfluktuasi atau progresif. Gangguan pendengaran dapat dibagi menjadi gangguan pendengaran sensorineural, konduktif atau campuran atau sentral. Hilangnya saraf sensorik bersifat permanen dan disebabkan oleh kerusakan koklea atau telinga bagian dalam. Hilangnya konduksi biasanya disebabkan oleh infeksi pada telinga bagian luar atau tengah. Walaupun bersifat sementara, hal ini memengaruhi pembelajaran bahasa anak-anak tuna rungu. (Lomas, 2011). Klasifikasi kasus didasarkan pada klasifikasi klasik, yaitu hilangnya pendengaran telinga tengah dan hilangnya pendengaran telinga bagian dalam atau hilangnya pendengaran konduktif dan perseptual. Garis pemisah antara kedua kelompok ini tidak pernah ditemukan dengan jelas dalam literatur. Jika gangguan pendengaran bagian tengah dan dalam digunakan, foramen ovale secara jelas dianggap sebagai batas anatomis. Secara fungsional, batas tersebut terletak pada transisi antara endolimfa dan sel rambut.

Terlepas dari perbedaan mendasar, istilah telinga tengah atau hilangnya pendengaran konduktif dan telinga bagian dalam atau hilangnya pendengaran sensorik masih digunakan secara bergantian. (Christina, 1946)

2.1.1 Hilang Pendengaran Konduktif

Istilah hilangnya pendengaran secara konduktif mengacu pada gangguan pendengaran yang disebabkan oleh penyakit di bagian organ transmisi pendengaran suaranya merasakan getaran di bagian suara itu. Dalam kasus hilangnya pendengaran konduktif ini, Fenomena yang terjadi pada banyak kasus dalam pengecekan fungsional adalah :

1. Hilangnya pendengaran tingkat rendah. Pengucapan pita aksen lebih buruk daripada pita aksen. Ambang batas nada rendah digunakan untuk konduksi udara. Namun, dalam banyak kasus, mungkin memiliki level yang sama dengan spektrum lainnya. Pada intensitas yang sama, kenyaringan nada rendah lebih cepat dibandingkan dengan nada tinggi. Oleh karena itu, di bawah jumlah gangguan pendengaran desibel yang sama, nada rendah akan lebih terpengaruh. (Christina, 1946)
2. Konduksi tulang. Dibandingkan dengan konduksi tulang, konduksi udara lebih banyak mengalami kerusakan. Yang terakhir mungkin tetap normal sepenuhnya. (Christina, 1946)
3. Paracusis Willisii, kemampuan yang jelas untuk mendengar dengan lebih baik di tempat yang bising. (Christina, 1946)

2.1.2 Hilangnya Pendengaran Perseptual

Istilah “hilangnya pendengaran secara perseptual” mengacu pada gangguan pendengaran yang disebabkan oleh perubahan pada organ pendengaran yang merasakan suara. Perubahan anatomi tidak akan dimasukkan di sini. Karena gejala berulang dianggap sebagai karakteristik hilangnya pendengaran perseptual, fenomena ini telah dipelajari seluas mungkin dalam berbagai jenis hilangnya pendengaran perseptual. Dalam banyak kasus hilangnya pendengaran perseptual, fenomena klasik berikut akan muncul dalam tes fungsional.

1. Hilangnya pendengaran nada tinggi. Jarak pemahaman kata-kata di zona

pellucida lebih pendek dari pada kata-kata di zona pelusida. Biasanya yang benar justru sebaliknya. Ini adalah hasil dari peningkatan ambang batas suara yang mendominasi pada rentang nada yang lebih tinggi. Oleh karena itu, ini melibatkan penurunan yang signifikan pada batas atas. Batas bawah memiliki sedikit atau tidak ada peningkatan. (Christina,1946)

2. Konduksi tulang. Konduksi tulang umumnya menurun dengan kecepatan yang sama dengan konduksi udara. Buat kurva memiliki bentuk yang kurang lebih sama, untuk rentang nada bawah, ambang batas konduksi tulang. Pada pemeriksaan ini biasanya terlihat lebih rendah dari pada pemeriksaan konduksi udara. (Christina,1946)
3. Persepsi lambat, terutama dalam pengujian wicara. (Christina,1946)
4. Dalam tes pendengaran untuk jangka waktu tertentu, kelelahan dini pada organ pendengaran. (Christina,1946)
5. Masih ada perbedaan besar antara jarak bicara dan bisikan. (Christina,1946)

Gangguan pendengaran ini menunjukkan fenomena hilangnya pendengaran sensorik yang khas. Penurunan ketajaman pendengaran secara bertahap ini dapat dimulai pada usia berapa pun. Beberapa buku pedoman menyebutkan bahwa jenis hilangnya pendengaran ini terjadi pada usia lanjut. Namun, materi yang diperiksa di sini dengan jelas membuktikan *Tinnitus* biasanya tidak ada. Audiogram ambang biasanya simetris dengan konduksi udara. Dan konduksi tulang kiri dan kanan. Dalam kasus hilangnya pendengaran bernada tinggi yang khas dalam pemeriksaan ini, sangat umum bahwa frekuensi audio seperti cekungan paling banyak hilang di midrange. Audiogram yang hampir horizontal jarang terjadi. Di beberapa keluarga, audiogram ambang memiliki bentuk yang mirip dengan anggotanya. Biasanya, cukup banyak dari mereka yang menderita kelainan ini. Awalnya, meskipun audiogram ambang telah menunjukkan perubahan besar, pasien hampir tidak terganggu oleh penyakit mereka, karena ucapan yang diucapkan masih sangat dipahami, sedangkan sebaliknya, bisikan sangat buruk. (Christina,1946)

2.2 Alat Bantu Dengar Tuna Rungu

Alat bantu dengar adalah alat yang digunakan oleh tuna rungu ringan, sedang atau berat yang biasanya dipakai oleh orang yang mengalami gangguan pendengaran. Terjadinya gangguan pendengaran disebabkan oleh beberapa faktor misalnya faktor kecelakaan sebelum persalinan maupun sesudah persalinan. (Dilla, 2015). Alternatif yang relatif baru, berbiaya rendah, dan dapat diatur sendiri untuk tunarungu adalah dengan mengubah smartphone atau tablet menjadi aplikasi alat bantu dengar. Di tahun 2012, ada beberapa aplikasi peningkatan pendengaran yang dapat dipilih. Umumnya, aplikasi ini menerapkan karakteristik amplifikasi yang telah disetel atau dimanipulasi oleh pengguna ke suara yang diambil oleh mikrofon eksternal ponsel atau tablet, dan kemudian mengirimkan suara yang telah diproses ke telinga pengguna melalui headset yang dipilih. (Keidser, 2016)



Gambar 2.1 Alat Bantu Dengar Berbasis *Handphone* (Google.com)

Untuk kualitas suara terbaik, disarankan untuk menggunakan penyumbat telinga atau headphone lain yang pas di dalam atau di sekitar telinga, dan mematikan suara mikrofon di headphone. Pada dasarnya, ponsel atau tablet telah menjadi perangkat pengolah suara mono wearable, yang merupakan langkah mundur besar secara akustik bagi penyandang gangguan pendengaran. (Keidser, 2016)



Gambar 2.2 *Bone Conduction Hearing Aid* Berbasis getaran (Priwin, 2004)

Habilitasi atau rehabilitasi pendengaran pada pasien dengan *hearing loss* (HL) serta pada pasien dengan HL sensorineural dikombinasikan dengan infeksi telinga tengah supuratif kronis atau infeksi saluran telinga berulang sulit. Satu-satunya solusi alat bantu dengar yang tersedia untuk kelompok pasien ini sebelumnya adalah alat bantu dengar konduksi tulang (*bone-conduction hearing aids/CBC*) konvensional yang bekerja dengan mentransmisikan suara melalui konduksi tulang (*bone conducting*) secara langsung ke tulang tengkorak dan ke koklea. (Priwin, 2004)

2.3 *Vibration Speaker*

Dengan pesatnya perkembangan perangkat portabel pintar seperti telepon seluler, orang-orang menuntut lebih banyak fungsi, seperti fungsi musik dan getaran berkualitas tinggi. Speaker elektromagnetik yang menghasilkan musik dan getaran biasanya digunakan di telepon seluler.



Gambar 2.3 *Vibration Speaker*
(Google.com)

Speaker elektromagnetik terkait mencakup bingkai, unit getaran yang ditempatkan di bingkai dan termasuk diafragma dan kumparan suara yang dipasang pada diafragma, dan unit sirkuit magnetik yang ditahan di bingkai dan menggerakkan kumparan suara dan diafragma bergetar untuk menghasilkan suara. Speaker elektromagnetik terkait juga mencakup bagian elastis untuk menjaga unit sirkuit magnetik agar bergetar dalam speaker. (Lin, 2015).



Gambar 2.4 *Vibration Speaker* dengan Audio Jack 3.5mm
(Google.com)

Vibration Speker pada gambar 2.4 akan di ubah penulis menjadi alat bantu dengar dengan bantuan modul yang lain. *Vibration Speaker* ini bertujuan untuk menyediakan penguat suara getaran portabel, yang dapat secara efektif mengatasi kurangnya pendengaran dan memiliki jangkauan volume yang luas dan efek suara yang lebih baik. Skema teknis dari penemuan ini diwujudkan sebagai berikut:

terdiri dari penutup atas, penutup bawah, generator suara getaran dan sirkuit kontrol (keduanya dipasang di penutup bawah). Speaker dipasang di dalam penutup atas pada gambar yang di letakkan pada gitar. Dinding bagian dalam penutup atas adalah gesper, dan alur gesper disediakan pada posisi yang sesuai dengan gesper di penutup bawah. Pada struktur di atas, generator suara getaran terdiri dari alas, magnet dan kumparan sekitarnya. (Qingkai, 2014).

2.4 *Speech Inteligibility*

Speech Inteligibility Index (SII) dikembangkan untuk memprediksi kejelasan sinyal ucapan dengan menimbang pentingnya wilayah frekuensi yang berbeda dari kemampuan mendengar tes ucapan yang diberikan. Untuk memperoleh SII, spektrum frekuensi antara 100 dan 9500 Hertz (Hz).

Audibilitas mewakili proporsi sinyal suara yang dapat didengar dalam setiap band. Sinyal yang sepenuhnya dapat didengar dalam pita frekuensi memiliki nilai 1. Nilai fungsi audibilitas akan menurun dengan adanya pelemahan sinyal, adanya noise masking, atau adanya gangguan pendengaran. Kehadiran gangguan pendengaran mempengaruhi SII dalam dua cara: Pertama, gangguan pendengaran melemahkan sinyal, membuatnya kurang terdengar, dan kedua, SII menggabungkan faktor distorsi ketika gangguan pendengaran lebih parah untuk mencerminkan penurunan kejelasan bicara yang dialami oleh individu dengan gangguan pendengaran sensorineural. Nilai fungsi audibilitas akan meningkat dengan adanya penguatan sinyal, baik melalui peningkatan intensitas vokal atau dengan alat bantu dengar, tetapi tidak akan pernah melebihi 1 pada pita frekuensi mana pun. (Damico, 2019)

STI-value	Quality ¹⁾	Intelligibility of syllables in %	Intelligibility of words in %	Intelligibility of sentences in %
0 - 0.3	Bad	0 - 34	0 - 67	0 - 89
0.3 - 0.45	Poor	34 - 48	67 - 78	89 - 92
0.45 - 0.6	Fair	48 - 67	78 - 87	92 - 95
0.6 - 0.75	Good	67 - 90	87 - 94	95 - 96
0.75 - 1	Excellent	90 - 96	94 - 96	96 - 100

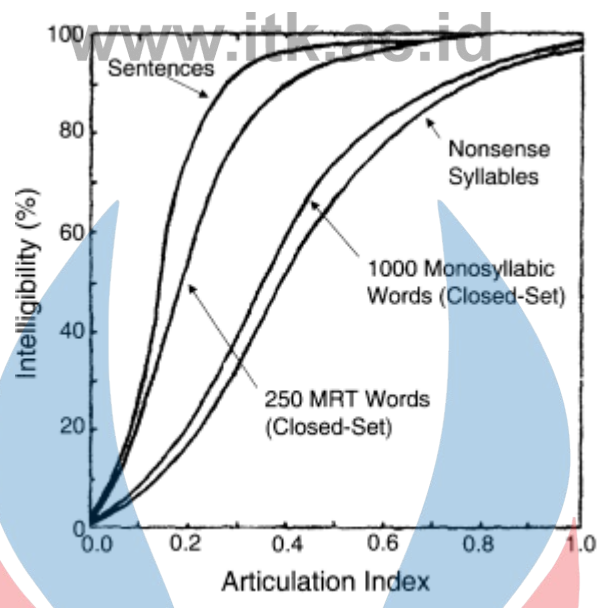
¹⁾ A more detailed classification of speech intelligibility (STI) into 12 categories between A+ (better than 0.75) and U (worse than 0.36) can be found in EN 60268-16 Annex F and Annex G.

Gambar 2.5 *Speech Inteligibility Quality*

Fungsi kepentingan pita frekuensi mewakili kontribusi setiap pita frekuensi terhadap kejelasan ucapan. Nilai yang ditetapkan untuk setiap pita frekuensi kurang dari 1, dan jumlah nilai semua pita frekuensi sama dengan 1. Konten yang menarik. Fungsi telepon yang berbeda memiliki frekuensi saling silang yang berbeda (50% informasi lebih rendah dari frekuensi ini, dan 50% informasi lebih tinggi dari frekuensi ini). Misalnya, frekuensi saling silang suara hidung lebih rendah dari 500 Hz, dan frekuensi saling silang suara hidung lebih tinggi dari 2000 Hz. Kepentingan pita frekuensi cenderung mencapai puncaknya sekitar 2000 Hz, yang menunjukkan bahwa kepadatan relatif prompt suara adalah yang terbesar di sekitar frekuensi ini. Masukan ini menguraikan prosedur untuk menghitung SII, serta kewaspadaan pediatrik terkait dan aplikasi klinis. (Damico, 2019). Terdapat banyak metode perhitungan *Speech Intelligibility* seperti metode mean squared error spectral estimation (MMSE), short time spectral amplitude (STSA), percent correct word, dan degradation mean opinion score (DMOS). (Arifianto, 2016)

2.4.1 Percent Correct Words

Percent Correct Words didasari pada seberapa banyak (dalam presentase) kata yang bisa ditulis kembali setelah didengarkan. Perolehan nilai kemudian di cocokkan dengan grafik hubungan *Percent Correct Words* dengan *Articulation Index* sesuai dengan ANSI S3.5 1969 untuk mengetahui tingkat *Speech Intelligibility*. Dari sini dapat dilihat seberapa baik pesan yang diterima oleh pendengar, semakin sedikit kata yang salah maka semakin baik kualitas suara dari sisi pesan yang diterima. Oleh karena itu jenis kata yang diberikan harus diperhatikan betul semisal kata-kata yang diberikan adalah kata-kata umum. (Sulistomo, 2016).



Gambar 2.6 Articulation Index (Amlani, 2002).

2.4.2 Degradation Mean Opinion Score (DMOS)

Degradation mean Opinion Score (DMOS) digunakan untuk membuktikan bahwa unit suara yang salah diucapkan telah diganti dengan unit suara yang benar, dan ucapan yang disintesis membuat identitas pembicara lebih jelas. Pengujian subyektif DMOS dilakukan 10 Audiens di lingkungan laboratorium. Evaluasi 10 kalimat yang disintesis dalam setiap pidato pembicara. Untuk mengevaluasi kejelasan, pendengar diberikan teks yang sesuai dan meminta pendengar untuk menunjukkan jumlah kata yang salah dalam setiap kalimat sebelum dan sesudah sintesis. Artinya, bandingkan kejelasan ucapan asli dan ucapan sintesis.. Istilah tersebut dipahami melalui *Degradation Mean Opinion Score* (DMOS), dan identitas pembicara ditentukan oleh sistem pengenalan pembicara berdasarkan *Gaussian Mixture Model* (GMM). (Demolitsas, 1995)

Untuk mendapatkan DMOS penulis harus mendapatkan FFT terlebih dahulu dengan rumus seperti berikut.

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-i\omega t} dx \dots\dots\dots(2.1)$$

(Romero-Troncoso, 2017)

dan invers transformasi Fourier adalah

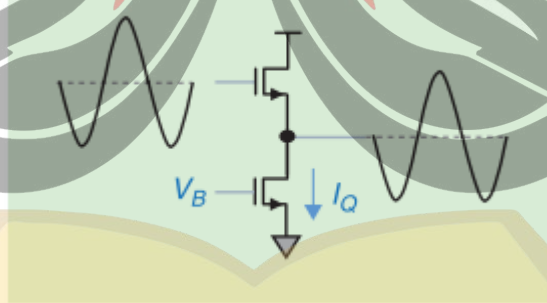
$$F(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\omega)e^{-i\omega t} dx \dots\dots\dots(2.2)$$

(Romero-Troncoso, 2017)

$f(x)$ dianggap sebagai sinyal (*input signal*) dan $f(\omega)$ sebagai *signal spectrum*. (Romero-Troncoso, 2017)

2.5 Amplifier

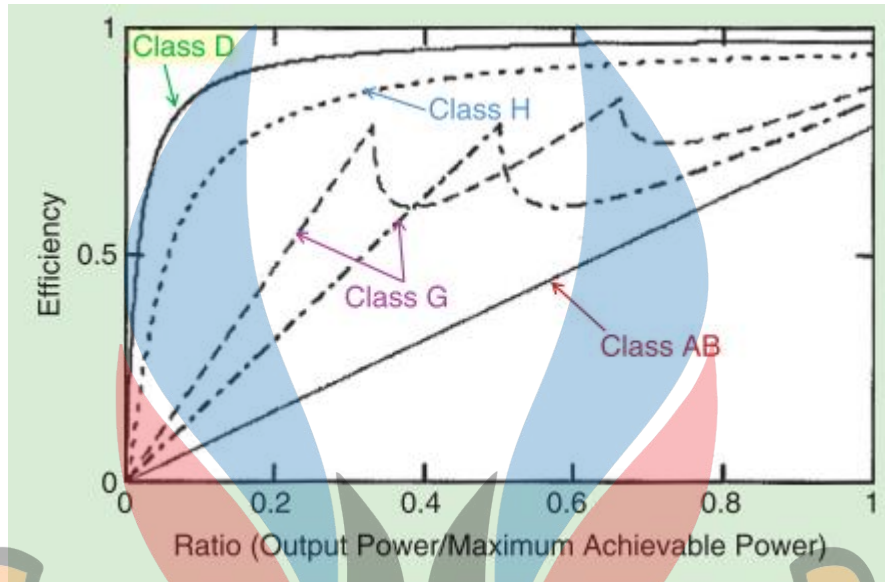
Amplifier adalah komponen populer di IC sinyal campuran dan digunakan secara luas untuk handphone dan tablet dengan banyak pengaplikasiannya, berkat efisiensi tinggi dan kemampuan daya output tinggi. Penguat kelas A adalah jenis penguat kelas yang paling umum karena desainnya yang sederhana. Kelas A secara harfiah berarti “kelas terbaik” penguat karena tingkat distorsi sinyalnya yang rendah dan mungkin terdengar paling baik dari semua kelas penguat. Umumnya, tahap keluaran penguat kelas A tidak pernah didorong sepenuhnya ke daerah cut-off atau saturasinya. Kemudian transistor tidak pernah berubah "OFF", yang merupakan salah satu kelemahan utamanya dan menyiratkan bahwa efisiensinya sangat rendah. Efisiensi didefinisikan sebagai daya rata-rata yang dikirim ke beban dibagi dengan daya yang diambil dari suplai. (Jiang, 2017)



Gambar 2.7 Class A Amplifier (Jiang, 2017)

Sebuah struktur kelas A sederhana adalah pengikut sumber seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7. Bagian bawah *N-type metal oxide semi conductor* (NMOS) sebagai sumber arus. Output mengikuti input kecuali pergeseran level dc. Amplifier Kelas A tidak praktis untuk aplikasi audio profesional karena

efisiensinya yang rendah. Efisiensi rendah menyiratkan lebih banyak daya yang dibakar di dalam chip, yang dapat menyebabkan masalah pemanasan. (Jiang, 2017).



Gambar 2.8 Efisiensi Setiap Kelas pada Amplifier (Jiang, 2017)

Penguat kelas D secara teoritis dapat mencapai efisiensi 100%, perbandingan efisiensi berbagai kelas amplifier dua kurva kelas G. tingkat pasokan melacak sinyal. Sangat jelas bahwa topologi kelas D memiliki efisiensi yang jauh lebih baik daripada kelas penguat linier. (Jiang, 2017)

2.6 Baterai 18650

Baterai tipe 18650 merupakan tipe yang banyak digunakan secara umum. Tipe ini berbentuk tabung dengan ukuran diameter 18mm dan tinggi 65mm. Karena bentuknya yang relatif kecil sehingga banyak digunakan pada peralatan elektronik bergerak atau sistem embedded, mulai dari kipas angin portable, senter, speaker bluetooth, rokok elektrik, powerbank, laptop, kendaraan listrik hingga nano satelit. Karena banyak digunakan pada device sehari-hari, baterai ini mudah ditemukan di pasaran. (Bagenda, 2019)



Gambar 2.9 Baterai dengan *Type* 18650
(Google.com)

Baterai *type* 18650 diatas akan digunakan penulis sebagai daya yang akan diberikan kepada modul – modul dalam pembuatan alat bantu dengar berbasis *vibration speaker*. (Penulis, 2021)

2.7 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Referensi Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul	Metode dan Hasil
Arianto Wibowo dkk, 2017	Alat Bantu Dengar Berbasis Smartphone untuk Membantu Penderita Gangguan Pendengaran.	Metode: Metode tersebut dipilih dengan menirukan cara kerja pendengaran manusia agar dapat didengarkan oleh penderita gangguan pendengaran. Sistem menggunakan metode acoustic reflex compression, butterworth filterbank, medial olivocochlear compression, channel gain, noise gate, dan signal merging. Hasil: Didapatkan hasil bahwa aplikasi yang dibangun dapat membantu penderita gangguan pendengaran. Hal ini dibuktikan dengan akurasi pendengaran rata-rata yang cukup memuaskan, yaitu sebesar 79.3%. Selain itu, kondisi lingkungan sekitar juga tidak

berpengaruh secara signifikan terhadap kemampuan pendengaran penderita. Hal ini dibuktikan dengan selisih akurasi rata-rata pada lingkungan sepi dan lingkungan ramai hanya sebesar 4.29%.

Carrie Liu dkk, 2017

The Role of Bone Conduction Hearing Aids in Congenital Unilateral Hearing Loss: A Systematic

Metode: Menurut pedoman PRISMA, gunakan Database PubMed, Medline, dan Embase. Mengumpulkan data untuk hasil berikut Minat: ambang penerimaan suara, diskriminasi suara, lokalisasi suara dan pengukuran kualitas hidup. Mengingat heterogenitas data analisis kuantitatif, hasilnya adalah Buat ringkasan secara kualitatif.

Hasil: Evaluasi tersebut mencakup delapan studi. Empat studi meneliti audiologi Hasil terkait implantasi alat bantu dengar konduksi tulang. Penghasilan stabil Ambang penerimaan suara dan diskriminasi suara, terutama di lingkungan yang bising. Hasil yang terkait dengan pelokalan suara tidak konsisten. Studi yang meneliti kualitas hidup menunjukkan bahwa penggunaan BCHA pada anak tergolong tinggi. Kualitas hidup Peningkatan yang dilaporkan dan manfaat yang disarankan dalam subdomain pembelajaran.

Cahyaningtyas, *Speaker
2017 Adaptation Pada
Sistem Sintesis
Ucapan Bahasa
Indonesia
Berbasis Hidden
Markov Model*

Metode: Pengujian subjektif dengan metode MOS. Metode MOS merupakan metode pengujian subjektif untuk menilai hasil kualitas suara dengan cara mendengarkan kemudian menilai suara berdasarkan kategori sesuai pada Absolute Category Rating (ACR).

Hasil: Diperoleh nilai kualitas suara sintesis berdasarkan pengujian subjektif dengan metode DMOS dengan nilai tertinggi suara sintesis mmht kalimat tanya dan kalimat berita pada jumlah data training 1379 dengan nilai 3.53/5.00 dan 3.36/5.00.

