# Konversi Suara Ucapan Bahasa Indonesia Ke Sistem Bahasa Isyarat Indonesia (Sibi)

## A. Nasri\*1

1Program Studi Teknik Informatika STMIK Handayani Makassar

e-mail: andinasrimansur@gmail.com\*

***Abstract***

*With the development of speech recognition technology, a variety of software that aims to facilitate deaf people to communicate with each other has been developed. The system translates the sound of speech into sign language, or otherwise translate sign language into speech sounds. The system has been developed in a variety of languages such as English, Arabic, Spanish, Mexico, Indonesian and others. Especially for Indonesian has also been trying to do some research to make the system as such. But the system created is still limited to the Automatic Speech Recognition (ASR) that is used in which possessed a limited vocabulary. This research aims to develop a system to translate Indonesian speech toIndonesian sign language System (SIBI) with a larger corpus of data and use continue speech recognition to improve the accuracy of speech recognition system. The result test show the system obtained an average 90.50% accuracy and 9.50% WER. The accuracy was higher than the second study 48.75% and 66.67% for first study. The system can recognize spoken words continuously or sentence pronunciation. Tthe results of performance testing system reached 0.83 seconds for speech to text and 8.25 seconds for speech to sign.*

***Keyword****: Automatic Speech Recognition, Bahasa Isyarat, Akurasi, WER.*

**Abstrak**

Dengan semakin berkembangnya teknologi speech recognition, berbagai software yang bertujuan untuk memudahkan orang tunarungu dalam berkomunikasi dengan yang lainnya telah dikembangkan. Sistem tersebut menterjemahkan suara ucapan menjadi bahasa isyarat atau sebaliknya bahasa isyarat diterjemahkan ke suara ucapan. Sistem tersebut sudah dikembangkan dalam berbagai bahasa seperti bahasa Inggris, Arab, Spanyol, Meksiko, Indonesia dan lain-lain. Khusus untuk bahasa Indonesia mulai juga sudah yang mencoba melakukan penelitian untuk membuat system seperti tersebut. Namun system yang dibuat masih terbatas pada Automatic Speech Recognition (ASR) yang digunakan dimana mempunyai kosa-kata yang terbatas. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem penterjemah suara ucapan bahasa Indonesia ke Sistem Bahasa Isyarat Indonesia (SIBI) dengan data korpus yang lebih besar dan meggunkanan continue speech recognition untuk meningkatkan akurasi system.Dari hasil pengujian system menunjukan diperoleh hasil akurasi sebesar rata-rata 90,50 % dan Word Error Rate (WER) 9,50%. Hasil akurasi lebih tinggi dibandingkan penelitian kedua 48,75% dan penelitan pertama 66,67%. Disamping itu system juga dapat mengenali kata yang diucapkan secara kontinyu atau pengucapan kalimat. Kemudian hasil pengujian kinerja system mencapai 0,83 detik untuk Speech to Text dan 8,25 detik untuk speech to sign.

**Kata kunci**: Automatic Speech Recognition, Bahasa Isyarat, Akurasi, WER.

**1. Pendahuluan**

Anak tunarungu adalah anak yang mengalami gangguan pada organ pendengarannya sehingga mengakibatkan ketidakmampuan mendengar, mulai dari tingkatan yang ringan sampai yang berat sekali yang diklasifikasikan kedalam tuli (deaf) dan kurang dengar (hard of hearing) [4]. Ketunarunguan bukan hanya mengakibatkan tidak berkembangnya kemampuan berbicara, lebih dari itu dampak paling besar adalah terbatasnya kemampuan berbahasa. Hal ini disebabkan karena mereka mengalami kesulitan untuk menguasai bahasa, miskin kosakata, sulit mengartikan kosakata, sulit dalam memahami arti sebuah konsep abstrak secara utuh dan akurat seperti konsep-konsep: indah, bahagia, jujur, adil,dan sebagainya. Terlebih dalam mengartikan kata-kata yang mengandung arti kiasan seperti "keras kepala". Sehingga anak tunarungu sering mengalami kesulitan dalam memahami sebuah kalimat, baik dalam bentuk suara ucapan ataupun tulisan. Sebaliknya mereka akan lebih mengerti dengan kata-kata dasar dan kalimat yang lebih sederhana dan disajikan secara pelan serta disertai dengan gambar sebagai representasi dari arti dan makna kata tersebut, [2].

Pada umumnya tingkat intelegensi anak tunarungu secara potensial sama dengan anak normal lainnya, akan tetapi secara fungsional perkembangannya dipengaruhi oleh tingkat kemampuan berbahasa. Dengan keterbatasan informasi, dan kurangnya daya abstraksi anak mengakibatkan proses pencapaian pengetahuan yang lebih luas menjadi terhambat. Padahal anak tunarungu juga berhak mendapatkan pendidikan yang layak seperti anak lainnya. Sebagaimana disebutkan dalam UU No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional Pasal 32 bahwa: "Pendidikan Khusus (Pendidikan Luar Biasa) merupakan pendidikan bagi peserta didik yang memiliki tingkat kesulitan dalam mengikuti proses pembelajaran karena kelainan fisik, emosional, mental, sosial" [8]. Sedini mungkin seharusnya mereka memperoleh pendidikan dan pengajaran yang layak serta informasi yang lebih luas. Pihak yang diharapkan berperan utama dalam hal ini adalah dari keluarga, sekolah, maupun dari orang-orang disekitarnya [9]. Akan tetapi yang menjadi kendala adalah sebagian besar dari mereka tidak tahu bahasa isyarat untuk berkomunikasi.

Bahasa isyarat yang ada di Indonesia ada dua yaitu Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) dan Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO). Pada tahun 1993, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Dasar hal ini Direktorat Dasar, Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah, mengambil kebijakan untuk dibakukan Kamus Sistem Isyarat Bahasa Indonesia sebagai isyarat nasional [10].

Dengan semakin berkembangnya teknologi speech recognition, berbagai software yang bertujuan untuk memudahkan orang tunarungu dalam berkomunikasi dengan yang lainnya telah dikembangkan. Sistem tersebut menterjemahkan suara ucapan menjadi bahasa isyarat atau sebaliknya bahasa isyarat diterjemahkan ke suara ucapan. Sistem tersebut sudah dikembangkan dalam berbagai bahasa seperti bahasa Inggris, Arab, Spanyol, Meksiko, Indonesia dan lain-lain. Khusus untuk bahasa Indonesia mulai diteliti oleh [7] dengan judul: "Konverter Suara Dengan Input Bahasa Indonesia Ke Video Gerakan Bahasa Isyarat Dengan Metode Speech Recognition (Hidden Markov Model) Untuk Penderita Tunarungu". Penelitian ini menggunakan SIBI sebagai isyarat output dengan hasil penelitian menunjukkan akurasi speech to text 66.67 %. Kemudian pada penelitian dilakukan oleh [6], dengan judul "Speech to Video (S2V), Sistem Komunikasi Portabel Untuk Penderita Tunarungu". Penelitian ini menggunakan metode yang sama yaitu HMM dengan data training yang lebih baik dari sebelumnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mengenali kata yaitu sekitar 89.84%, apabila data uji yang digunakan sama dengan data referensi. Dan sistem bisa mengenali kata sekitar 48.75%, apabila data uji yang digunakan berbeda dengan data referensi.

Berdasarkan uraian di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem penterjemah suara ucapan bahasa Indonesia ke bahasa isyarat Indonesia dengan menggunakan Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI). Kemudian untuk meperjelas arti dan makna kata atau kalimat akan ditampilkan gambar yang berkaitan dengan arti kata tersebut [5].

**2. Metode Penelitian**

 Pengambilan data berupa suara yang direkam dari beberapa responden laki-laki dan wanita dewasa dan anak-anak untuk dijadikan sample data suara latih dan data suara uji dengan mengucapkan kata dalam Bahasa Indonesia yang umum digunakan sehari-hari dan disimpan dalam bentuk file format wav. Proses perekaman dilakukan pada kondisi tenang untuk menghindari noise yang masuk. Kata bahasa Indonesia yang digunakan adalah adalah suku kata bahasa lisan bukan suku kata bahasa tulis. Hal ini perlu diperhatikan karena suku kata bahasa lisan dan suku kata bahasa tulis sangat berbeda. Sebagai contoh kata "belajar" memiliki suku kata bahasa lisan (be-la-jar), sedangkan suku kata bahasa tulisan-nya (bel-a-jar). Penggunaan suku kata bahasa lisan dapat membantu pembentukan data Acoustic Model dan Language Model serta mengurangi jumlah data yang harus dikenali tanpa mengurangi jumlah kata Bahasa Indonesia yang ada.

 Dalam prosesnya penelitian kami telah mengalami beberapa tahap. Peneliti telah melakukan tinjauan literatur yang berhubungan dengan objek yang diteliti. Beberapa karya ilmiah telah dipelajari dan dianalisis apakah dapat digunakan secara langsung atau tidak langsung untuk memberikan solusi dari masalah yang ada dengan mengekstrak masalah yang relevan dan hasil yang didapatkan dari penelitian yang sebelumnya. Kemudian literatur tentang perkembangan sistem penterjemah bahasa dan pengolahan bahasa alami yang dibaca dan dianalisis secara rinci untuk digunakan dalam mencari solusi dari masalah yang ada.

 Selain itu, studi empiris dilakukan pada lembaga tunarungu di Makassar. Kami mengunjungi lembaga untuk mengumpulkan informasi tentang bahasa isyarat yang digunakan saat ini. Wawancara dan pertemuan dengan instruktur telah dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan yang lebih baik tentang Bahasa Isyarat Indonesia, bagaimana diajarkan dan digunakan saat ini di Indonesia dan mengamati langsung kehidupan sehari-hari dari penyandang tunarungu sehingga dapat lebih memahami tantangan yang dihadapi oleh mereka.

Kemudian tahap selanjutnya melakukan perancangan system. Sistem yang dirancang akan membentuk suatu sistem penterjemah suara ucapan Indonesia ke bahasa isyarat Indonesia. Sistem penterjemah dilakukan dengan mengubah suara menjadi teks dan kemudian dari teks menjadi bahasa isyarat. Untuk melakukan konversi suara ke teks digunakan Speech Recognition Engine dan kemudian hasil konversi yang berupa teks digunakan untuk pencarian bahasa isyarat yang sesuai. Sistem yang akan dirancang dapat dilihat seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Setelah itu dilakukan penulisan skrip program atau coding dengan menggunakan bahasa pemrograman java dan Sql untuk database MySql. Dan yang terakhir, Pengujian akurasi sistem sistem dengan menggunakan data uji langsung dari respondeen yang dipilih.



Gambar 1. Rancangan Sistem



Gambar 2. Proses pelatihan data akustik

 Data yang didapatkan berupa data korpus suara dan korpus teks. Data suara dengan melakukan perekaman terhadap responden yang sudah dipilih. Data korpus teks dalam penelitian ini dibangun dengan mengambil data dari beberapa sumber seperti laman berita online Indonesia, laman Sketchengine.co.uk, dan laman kumpulan cerita rakyat Indonesia. Data tersebut kemudian diolah untuk dapat dijadikan data pelatihan pada system pengenalan suara. Data suara dirubah kedalam format suara WAV dengan frekuensi 16 Khz 16 Bit mono.

Data dilatih menggunakan cmusphinx untuk mendapatkan Acoustic Model dan Language Model. Proses pelatihan dapat dilihat pada gambar 2. Sementara Dictionary dibuat secara manual berdasarkan phonem set Indonesia seperti pada table 1. Pelatihan dilakukan dengan melakukan eksperimen sebanyak 8 kali dengan nilai yang berbeda. Setiap eksperimen dilakukan perubahan konfigurasi sphinxtrain dengan merubah jumlah senone. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil pelatihan dengan nilai WER atau akurasi yang bagus untuk implementasi dan pengembangan ASR.

Tabel 1. *Phonem set* Indonesia

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Kategori fonetik | Fonem | Kata | Bentuk dasar urutan fonem | Urutan fonem setelah translasi |
|   | /a/ | saya | /s a y a/ | / s a y a/ |
|   | /e/ | enak | /e n a k/ | /ey n a k/ |
|   | /E/ | kEmana | /k E m a n a/ | /k eg m a n a/ |
|   | /i/ | ingin | /i n g i n/ | /i n g i n/ |
|   | /o/ | orang | /o r a ng/ | /o r a ng/ |
|   | /u/ | untuk | /u n t u k/ | /u n t u k/ |
| Diphtongs |   |
|   | /ai/ | sungai | /s u ng ai/ | /s u ng ai/ |
|   | /au/ | danau | /d a n au/ | /d a n au/ |
|   | /oi/ | amboi | /a m b oi/ | /a m b oi/ |
| Semi-vowels |   |
|   | /w/ | wanita | /w a n i t a/ | /w a n i t a/ |
|   | /y/ | saya | /s a y a/ | /s a y a/ |
| Consonants |   |
| Plosives | /b/ | berapa | /b e r a p a/ | /b eg r a p a/ |
| /p/ | petani | /p e t a n i/ | /p eg t a n i/ |
| /d/ | dia | /d i a/ | /d i a/ |
| /t/ | teman | /t e m a n/ | /t eg m a n/ |
| /g/ | giat | /g i a t/ | /g i y a t/ |
| /k/ | kamu | /k a m u/ | /k a m u/ |
| /kh/ | khairul | /kh a i r u l/ | /kh a i r u l/ |
| Africates | /j/ | juga | /j u g a/ | /j u g a/ |
| /c/ | cinta | /c i n t a/ | /c i n t a/ |
| Fricatives | /v/ | video | /v i d e o/ | /v i d e o/ |
| /f/ | maaf | /m a a f/ | /m a a f/ |
| /z/ | jenazah | /j e n a z a h/ | /j eg n a z a h/ |
| /s/ | saya | /s a y a/ | /s a y a/ |
| /sy/ | syahdu | /sy a h d u/ | /sy a h d u/ |
| /h/ | hujan | /h u j a n/ | /h u j a n/ |
| Liquids | /r/ | ramai | /r a m a i/ | /r a m a i/ |
| /l/ | lambat | /l a m b a t/ | /l a m b a t/ |
| Nasals | /m/ | mana | /m a n a/ | /m a n a/ |
| /n/ | mana | /m a n a/ | /m a n a/ |
| /ny/ | nyanyian | /ny a ny i an/ | /ny a ny i an/ |
| /ng/ | lambang | /l a m b a ng/ | /l a m b a ng/ |

 Dalam proses pelatihan model akustik, sphinxtrain melakukan penghitungan untuk mendapatkan hasil akurasi dari hasil pelatihan. Sphinxtrain melakukan decoding berdasarkan data uji yang disertakan dalam pelatihan. Dari 30 responden pembicara dipilih 4 laki-laki dan 4 perempuan untuk sampel data uji. Data uji yang disertakan berjumlah 1089 file audio yang berisikan suara ucapan. Hasil pelatihan model akustik yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 2 dibawah.

Tabel 2. Hasil pelatihan model akustik

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Senones | Jumlah Kata | Correct (%) | Error (%) | Insertion | Deletion | Subtitution | Akurasi (%) | Wer (% ) |
| 150 | 11678 | 94,94 | 8,61 | 297 | 145 | 563 | 91,39 | 8,61 |
| 200 | 11678 | 94,48 | 7,76 | 261 | 128 | 517 | 92,24 | 7,76 |
| 250 | 11678 | 94,5 | 7,41 | 223 | 174 | 468 | 92,59 | 7,41 |
| 300 | 11678 | 94,47 | 7,7 | 253 | 146 | 500 | 92,3 | 7,7 |
| 350 | 11678 | 94,67 | 7,29 | 229 | 136 | 486 | 92,71 | 7,29 |
| 400 | 11678 | 94,4 | 7,75 | 251 | 141 | 513 | 92,25 | 7,75 |
| 450 | 11678 | 94,43 | 8,01 | 284 | 140 | 511 | 91,99 | 8,01 |
| 500 | 11678 | 94,85 | 7,61 | 287 | 92 | 510 | 92,39 | 7,61 |
| Nilai rata-rata | 94,6 | 7,62 | 246,22 | 135,56 | 507,89 | 92,38 | 7,62 |

 Dari rangkaian 8 kali eksperimen diperoleh hasil rata-rata word error rate (WER) 7,62 % dengan akurasi rata-rata 92,38 %. Hasil akurasi tertinggi didapatkan pada saat konfigurasi sphinxtrain dengan jumlah senone 350, dan selanjutnya menjadi dasar untuk pengujian berikutnya. Perbedaan yang muncul tidak terlalu signifkan diantara semua eksperimen. Dengan demikan pada eksperimen ini dengan konfigurasi jumlah senone yang sedikit berbeda tidak terlalu mempengaruhi kualitas model akustik. Walaupun pada dasarnya semakin banyak senone yang dimiliki model maka semakin akurat mendiskriminasikan suara. Akan tetapi disisi lain perlu diperhatikan jika terlalu banyak memberikan senone maka model tidak akan cukup generik untuk mengenali suara samar [1]. Ini artinya bahwa WER akan semakin tinggi terhadap data samar.

**3. Hasil dan diskusi**

Dari hasil pelatihan model akustik maka dilakukan pengujian secara live atau pengujian langsung terhadap sistem ASR dengan menggunakan microphone. Dalam pengujian ini dipilih 4 orang responden pembicara laki-laki dan 4 orang responden pembicara perempuan yang tidak terlibat dalam pengambilan data suara untuk pelatihan. Masing-masing responden membaca 100 kalimat, sehingga jumlah data uji keseluruhan yaitu 800 kalimat dengan jumlah kata 4232. Responden membaca dengan volume suara normal, kecepatan membaca sedang dan dalam ruangan yang sunyi.

Hasil ASR dibandingkan dengan transkrip kalimat teks pengujian. Kemudian dihitung jumlah kata yang benar dan yang salah. Kata yang salah terdiri dari kata yang tidak muncul (deletion), kata yang muncul tapi tidak ada dalam transkrip (insertion), dan kata yang diganti (subtitution). Jumlah kata yang salah dibagi dengan jumlah total kata didapatkan tingkat kesalahan kata atau WER%. Sementara akurasi ketepatan hampir sama dengan tingkat kesalahan kata, tetapi tidak menghitung sisipan.

Tabel 3. Hasil pengujian ASR secara *live*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Responden | Total kata | Benar (%) | Salah (%) | Sisipan | Penghapusan | Subtitusi | Wer (% ) | Akurasi (% ) |
| F1 | 529 | 92,25 | 8,13 | 2 | 4 | 37 | 8,13 | 91,87 |
| F2 | 529 | 91,12 | 10,4 | 8 | 3 | 44 | 10,4 | 89,6 |
| F3 | 529 | 92,25 | 8,7 | 5 | 6 | 35 | 8,7 | 91,3 |
| F4 | 529 | 92,25 | 8,51 | 4 | 10 | 31 | 8,51 | 91,49 |
| M1 | 529 | 92,82 | 9,07 | 10 | 1 | 37 | 9,07 | 90,93 |
| M2 | 529 | 92,25 | 10,96 | 17 | 4 | 37 | 10,96 | 89,04 |
| M3 | 529 | 92,25 | 9,45 | 9 | 10 | 31 | 9,45 | 90,55 |
| M4 | 529 | 90,55 | 10,78 | 7 | 6 | 44 | 10,78 | 89,22 |
|   |   |   |   |   | Rata-rata | 9,5 | 90,5 |

Untuk mengetahui kinerja dari sebuah sistem. Pengujian kinerja khusunya dalam hal kecepatan proses telah dilakukan. Untuk pengujian kinerja kami menggunakan Komputer Sony vaio dengan prosessor Intel Core i5 2,30 Ghz. Menggunakan RAM 8 Ghz dengan Sistem Operasi Windows 7 64 bit. Kemudian kami memilih tes dataset yang mewakili berbagai jenis masukan seperti yang ditunjukan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian kinerja sistem

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Masukan | Tipe | Speech to text  | *Text to sign* | *Speech to sign* |
| Membaca | Kata | 0,83 | 8,25 | 8,29 |
| Saya membacakan buku kemarin | Kalimat Standar | 0,97 | 20,02 | 20,06 |

Untuk setiap masukan diulang tiga (3) kali dan rata-rata lamanya waktu menunggu mulai dari pengenalan perkataan hingga awal terjemahan video telah direkam. Dapat disimpulkan bahwa hasil rata-rata lamanya waktu menunggu berkisar dari 1,0 sampai 1,5 detik. Hal ini sungguh sangat bagus meskipun terkadang akurasi tidak memuaskan. Akan tetapi jika waktu rata-rata dihitung mulai dari pengenalan kata sampai akhir terjemahan video maka akan membutuhkan waktu yang lebih lama. Ini disebabkan oleh durasi video animasi rata-rata berkisar 1,72 detik. Sementara dalam satu (1) kata bisa saja terdiri dari satu (1) atau lebih video file animasi. Itu terjadi apabila kata tersebut mengandung imbuhan. Misalnya kata yang mengandung imbuhan "membacakannya" terdiri dari tiga (3) imbuhan dan kata dasar, jadi total video animasi dalam kata "membacakannya" terdiri dari empat (4) video animasi, yaitu animasi "me", "baca", "kan", dan animasi "nya".

**4. Kesimpulan**

Setelah melalui tahap perancangan dan pengujian aplikasi konversi suara ke bahasa isyarat Indonesia untuk anak tunarungu, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa aplikasi ini dapat digunakan selain untuk belajar bahasa isyarat khususnya SIBI terutama anak usia sekolah baik SD, SMP dan SMA. Dapat juga digunakan oleh orang normal untuk memberikan informasi sederhana atau perintah singkat kepada penyandang tunarungu. Dari hasil akurasi ASR sebesar 90% masih perlu ditingkatkan terutama dalam kondisi lingkungan yang ribut dan berbagai variasi volume dan kecepatan berbicara dari para pengguna. Sehingga aplikasi ini dapat digunakan pada area yang vital seperti rumah sakit, bandara dan sebagainya. Aplikasi ini dapat dikembangkan untuk lebih baik, Adapun saran-saran terhadap pengembangan aplikasi ini untuk kedepan adalah perlu menambahkan data latih korpus yang lebih besar baik korpus suara maupun teks agar ASR dapat memberikan hasil yang lebih akurat. Juga selain menggunakan animasi avatar perlu juga menggunakan video manusia asli untuk representasi bahasa isyarat.

**Referensi**

[1] CmuSphinx.Soruceforge. http://cmusphinx.sourceforge.net/wiki/tutorialconcepts. Diakses 14 Nopember 2016.

[2] Dany Arif Budi Utono, 2012. Perancangan Buku Visual Untuk Anak Tunarunguu Usia 10-12 Tahun Sebagai Media Alternatif Pembelajaran Bahasa

[3] Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Kamus Sistem Isyarat Bahasa Indonesia, Jakarta, 1995.

[4] Hallahan D. P. & Kauffman, J. M. (1991). Exceptionality Childern Introduction To Special Education (Fifth Ed.). New Jersey: Prentice Hall International, Inc..

[5] Musyarofah, (2009). Upaya Meningkatkan Perbendaharaan Kata Pada Anak Tunarungu Melalui Media Variasi Gambar Pada Kelas I / B Semester II Sdlbn Cilacap. Skripsi. Surakarta. Program Studi Pendidikan Luar Biasa, Fakultas KIP, Universitas Sebelas Maret.

[6] Noora M.Rodliyah dkk (2013), Speech To Video (S2V), Sistem Komunikasi Portabel Untuk Penderita Tunarungu. Jurnal Teknik Pomits Vol, 1, No. 1, (2013) 1-8

[7] Resa Septiari & Hanny Haryanto (2012), Konverter Suara dengan Input Bahasa Indonesia ke Video Gerakan Bahasa Isyarat dengan Metode Speech Recognition (Hidden Markov Model) untuk Penderita Tunarungu. (Semantik 2012).

[8] Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional.

[9] Wasito. dkk (2010). Penyesuaian Sosial Remaja Tuna Rungu yang Bersekolah di Sekolah Umum. INSAN Vol. 12 No. 03, Desember 2010.

[10] Wijayanto (2009), Membangun Aplikasi Pelatihan Bahasa Isyarat Berbasis Komputer Pada Orang Tunarungu.

.