

PERBANDINGAN HASIL PREDIKSI DURASI FONEM PADA BAHASA MELAYU PONTIANAK BERDASARKAN SUKU KATA MENGGUNAKAN HIDDEN MARKOV MODEL

By Luthfia Justisia Loebis

PERBANDINGAN HASIL PREDIKSI DURASI FONEM PADA BAHASA MELAYU PONTIANAK BERDASARKAN SUKU KATA MENGGUNAKAN HIDDEN MARKOV MODEL

Luthfia Justisia Loebis¹, Arif Bijaksana Putra Negara², Novi Safriadi³

^{1,2,3}Jurusan Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak, 78124, Indonesia

luthfia.justisia@gmail.com

Abstrak— TTS merupakan teknologi yang kerap dimanfaatkan untuk melestarikan eksistensi sebuah bahasa. Salah satu indikator terpenting untuk menghasilkan ucapan TTS yang baik adalah durasi fonem yang tepat. Durasi fonem dapat diprediksi menggunakan HMM. Prediksi dilakukan berdasarkan suku kata untuk memperkecil korpus yang digunakan. Dalam melakukan prediksi durasi fonem berdasarkan suku kata, korpus dikonversi ke dalam bentuk kode suku kata. Selain itu dilakukan reduksi variasi fonem ke dalam pengelompokan 3 dan 5 *state*, agar HMM dapat bekerja dengan baik. Korpus bahasa Melayu Pontianak yang digunakan berisi 500 kalimat. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian perbandingan durasi fonem dan kalimat, menggunakan dua model *n*-gram, bigram dan trigram. Pengujian didahului dengan penentuan nilai *baseline*, kemudian pengujian dengan *k-fold cross validation* untuk dua jenis pembagian data korpus, yaitu korpus latih berisi 80% korpus bahasa Melayu Pontianak dan korpus latih berisi 20% korpus bahasa Melayu Pontianak. Nilai *baseline* pada pengujian perbandingan durasi fonem untuk durasi 3 *state* dengan kedua model *n*-gram mendapatkan hasil 48%, sedangkan untuk durasi 5 *state* mendapatkan hasil 48% dan 69%. Nilai *baseline* pada pengujian perbandingan durasi kalimat untuk durasi 3 *state* dengan kedua model *n*-gram, mendapatkan hasil 21% dan 19%, sedangkan untuk durasi 5 *state* mendapatkan hasil 32% dan 17%. Dari hasil pengujian dengan *k-fold cross validation* diketahui bahwa dalam penggunaan korpus latih 80%, hasil yang didapatkan mendekati nilai *baseline*, sedangkan hasil pada penggunaan korpus latih 20% menjauhi nilai *baseline*, namun perbedaan yang terjadi cukup tipis. Dari hasil keseluruhan pengujian dapat disimpulkan berdasarkan model perhitungan yang digunakan, trigram mendapatkan hasil yang lebih baik. Sedangkan berdasarkan *state* durasi yang digunakan, 3 *state* mendapatkan hasil lebih baik.

Keywords— Bahasa Melayu Pontianak, Durasi Fonem, Hidden Markov Model.

10

I. PENDAHULUAN

Bahasa merupakan sistem lambang bunyi yang digunakan oleh para anggota suatu masyarakat untuk saling bekerja sama, berinteraksi, dan mengidentifikasi diri [1]. Dalam berkomunikasi setiap negara memiliki bahasa nasional dan bahasa-bahasa daerah. Berdasarkan hasil sensus penduduk pada tahun 2010 menunjukkan Indonesia memiliki kurang lebih 1.158 bahasa daerah [2].

Masih berdasarkan hasil sensus penduduk yang sama, menunjukkan bahwa persentase penggunaan bahasa Melayu Pontianak di Kalimantan Barat mencapai 20,45% atau sejumlah 1.615.978 juta jiwa dari total seluruh penduduk Kalimantan Barat [2]. Sayangnya tuturan yang terjadi bukan lagi menggunakan bahasa Melayu Pontianak yang asli melainkan bahasa Indonesia dengan dialek Melayu Pontianak [3]. Hal ini dapat menyebabkan kepunahan bahasa Melayu Pontianak di kemudian hari. Oleh sebab itu perlu dilakukannya pelestarian terhadap Bahasa Melayu Pontianak.

Pelestarian bahasa Melayu Pontianak dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi *Text to Speech* (TTS). TTS merupakan sebuah sistem yang mampu melakukan konversi dari teks menjadi sintesa ucapan. Hasil sintesa ucapan TTS dinilai dari dua parameter, yaitu *Intelligibility* dan *Naturalness* [4]. *Intelligibility* merupakan parameter yang menyatakan tingkat kejelasan sintesa ucapan, sedangkan *naturalness*

merupakan parameter yang menyatakan kealamian suatu sintesa ucapan. Untuk menghasilkan sintesa ucapan yang baik harus dibangun dengan fonem yang memiliki durasi yang tepat, ini dapat dilakukan dengan memprediksi terlebih dahulu durasi untuk setiap fonem.

Metode yang terus berkembang dalam bidang sintesa ucapan saat ini adalah metode *HMM-Based Speech Synthesis System* (HTS) sebuah implementasi metode statistik parametrik dengan menggunakan *Hidden Markov Model*. HMM adalah pengembangan model statistik dari model Markov. HMM bekerja dengan baik pada proses prediksi dan klasifikasi yang bersifat chain, sehingga model ini sangat cocok diterapkan untuk prediksi durasi fonem. Selain itu HMM merupakan proses stokastik ganda, sehingga cocok digunakan dalam prediksi durasi fonem.

Namun untuk memprediksi durasi fonem menggunakan HMM dibutuhkan data korpus dalam ukuran yang sangat besar. Ukuran data korpus ini, dapat direduksi dengan memprediksi durasi fonem berdasarkan suku kata. Prediksi durasi fonem berdasarkan suku kata dilakukan dengan mengkonversi korpus ke dalam bentuk kode. Pengkonversian korpus ke dalam bentuk kode bertujuan agar setiap kode dapat mewakili banyak suku kata yang memiliki bentuk kode yang sama. Kode berdasarkan suku kata ini direpresentasikan oleh pola suku kata. Pola suku kata terbentuk berdasarkan

jenis fonem dalam suku kata. Jenis fonem terdiri dari fonem konsonan yang dilambangkan dengan huruf "k" dan fonem vokal yang dilambangkan dengan huruf "v".

Selain itu, meskipun HMM mampu melakukan prediksi terhadap data yang bervariasi, namun jumlah variasi yang digunakan terdapat batasan agar HMM mampu bekerja dengan baik. Maka dari itu dalam penelitian ini durasi fonem direduksi variasinya dengan cara mengelompokkan durasi ke dalam beberapa *state*. Cara ini umum digunakan dalam sejumlah penelitian prediksi dengan HMM sebagai upaya memaksimalkan kemampuan kerja HMM.

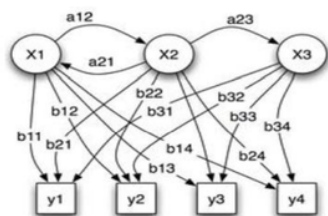
Berdasarkan penjelasan yang telah dipaparkan, maka dilakukan penelitian memprediksi durasi fonem bahasa Melayu Pontianak berdasarkan suku kata, dengan durasi fonem yang telah dikelompokkan dalam beberapa *state*, menggunakan Hidden Markov Model.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Hidden Markov Model

Hidden Markov Model (HMM) adalah suatu proses stokastik ganda, di mana suatu sistem yang diasumsikan berupa Markov proses dengan kondisi yang tidak terobservasi (*hidden*) [5]. Pada *Markov Model* biasa, setiap *state* dapat dilihat secara langsung oleh pengamat. Oleh karena itu, kemungkinan dari transisi antar *state* (*state transition*) menjadi satu-satunya parameter yang dapat diamati. Padahal dalam suatu perhitungan atau pemrosesan urutan kejadian penting untuk diamati. Guna menyelesaikan masalah ini, dikembangkanlah model HMM. [8]

Dalam HMM terdapat 2 *state*, yaitu *observed state* dan *hidden state*. *Observed state*, yaitu bagian yang berisi urutan kejadian yang dapat diamati secara langsung dan *hidden state*, yaitu bagian yang tersembunyi sehingga tidak dapat diamati secara langsung. Dalam penggunaannya pada NLP, *observed state* merupakan data yang telah dimiliki atau sudah diketahui, sedangkan *hidden state* merupakan data yang ingin dicari. Maka dari itu pada penelitian ini kode suku kata merupakan *observed state* dan durasi fonem merupakan *hidden state*. Proses probabilistik HMM sendiri dapat dilihat pada Gbr. 1.



Gbr. 1 Proses probabilistik HMM [6]

Ket : x_i = keadaan tersembunyi (*hidden state*)
 y_i = keadaan terobservasi (*observed state*)
 a_{ij} = probabilitas transisi
 b_{ij} = probabilitas emisi

Dari proses probabilistik di atas sebuah keadaan N pada HMM dapat didefinisikan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{HMM: } \lambda = \{A, B, \Pi\}$$

Ket : A = keadaan transisi ($\{a_{ij}\}_{i,j=1}^N$)

B = keluaran probabilitas distribusi ($\{b_i(o)\}_{i=1}^N$)

Π = probabilitas awal keadaan ($\{\pi_i\}_{i=1}^N$)

B. Bahasa Melayu Pontianak

Bahasa Melayu Pontianak merupakan satu di antara banyaknya bahasa daerah yang terdapat di Provinsi Kalimantan Barat. Bahasa ini dituturkan oleh masyarakat Melayu di Kota Pontianak, Kabupaten Mempawa [2] dan Kabupaten Kubu Raya. Dalam banyak kosa kata, bahasa Melayu Pontianak hampir sama dengan bahasa Indonesia. Hal ini tidak mengherankan karena mengingat bahasa Indonesia memang berakar dari bahasa Melayu.

C. Fonem

Fonem merupakan satuan terkecil dalam bunyi pengucapan bahasa. Fonem mempunyai peran penting dalam memberi makna pada setiap kata dalam sebuah bahasa, maka dari itu perbedaan satu buah fonem saja dapat mem-18-kan arti yang berbeda. Pada bahasa Indonesia 31 fonem. Terdiri dari 6 fonem vokal, yaitu /i/, /e/, /ə/, /a/, /u/, dan /o/ serta 18 fonem konsonan /p/, /t/, /c/, /k/, /b/, /d/, /j/, /g/, /m/, /n/, /ñ/, /ŋ/, /s/, /h/, /r/, /l/, /w/, dan /y/. Kemudian terdapat 4 fonem tambahan yang berasal dari bahasa asing, yaitu /x/, /z/, /f/, dan /ʃ/, serta 3 fonem diftong /ai/, /au/, dan /oi/ [7]. Pada bahasa Melayu hanya terdapat sedikit perbedaan untuk pengaturan fonem yang dipakai. Adapun perbedaannya ialah 1 fonem pada bahasa Melayu Pontianak tidak memiliki empat fonem tambahan yang berasal dari bahasa asing, yaitu /x/, /z/, /f/, dan /ʃ/, selain itu terdapat perbedaan teratur yang meliputi akhiran kata pada sejumlah fonem, yaitu /a/-ə/, /i/-e/, /u/-o/, /r/-k/, dan /q/-k/ [8].

D. Suku Kata

Suku kata atau silabel adalah bagian kata yang diucapkan dalam satu hembusan napas. Guna memperoleh suku kata, perlu dilakukan pemenggalan terhadap kata. Jenis suku kata juga dapat dilihat dari pola suku kata yang terbentuk. Pola suku kata ini diperoleh dari jenis fonem pembangun suku kata yang terdiri dari fonem konsonan dan vokal.

E. Durasi

Durasi adalah suatu jenis suprasegmental yang ditandai oleh panjang-pendeknya waktu yang diperlukan untuk pengucapan sebuah bunyi. Durasi sering juga disebut dengan kuantitas karena menyangkut jumlah atau lamanya waktu yang diperlukan untuk pengucapan sebuah bunyi [9]. Sehingga durasi menjadi tolak ukur untuk lama atau tidaknya sebuah bunyi diucapkan. Setiap pengucap dapat memiliki durasi yang berbeda-beda walaupun bunyi yang diucapkan sama.

F. Python

Python merupakan bahasa pemrograman yang bersifat *open source multi-platform*, sehingga dapat digunakan pada berbagai macam sistem operasi. Python merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dewasa ini telah menjadi standar dunia komputasi ilmiah [10]. Pada penelitian ini bahasa pemrograman *python* digunakan untuk mengkonversi korpus menjadi sejumlah kode berdasarkan suku kata dengan aturan pada setiap kode berupa pola suku kata yang terdiri dari 2 jenis fonem, yaitu konsonan (k) dan vokal (v).

G. K-Fold Cross Validation

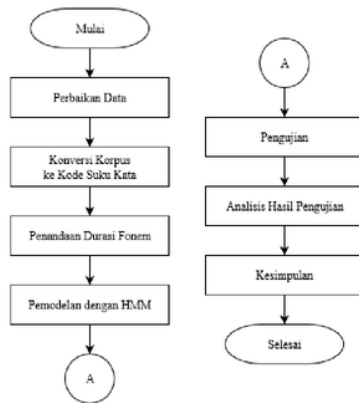
K-fold adalah salah satu metode *cross validation* yang populer dengan melipat data sebanyak K dan melakukan iterasi sebanyak K juga [11]. Ilmuwan membuat set data K training-validation dengan memilih salah satu kelompok sebagai *validation set* dan menggabungkan semua kelompok yang tersisa ke dalam *training set* seperti yang diilustrasikan pada Gbr. 2 [11].



Gbr. 2 Ilustrasi pembuatan *k-fold cross validation set*

III. METODE PENELITIAN

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gbr. 3 sebagai berikut:



Gbr. 3 Diagram alir penelitian

Berdasarkan Gbr. 3 dapat dijelaskan metodologi penelitian sebagai berikut:

A. Perbaikan Data

Data yang digunakan merupakan data yang telah terkumpul sebelumnya. Terdiri dari korpus teks dan korpus suara. Kedua korpus berisi 526 kalimat bahasa Melayu

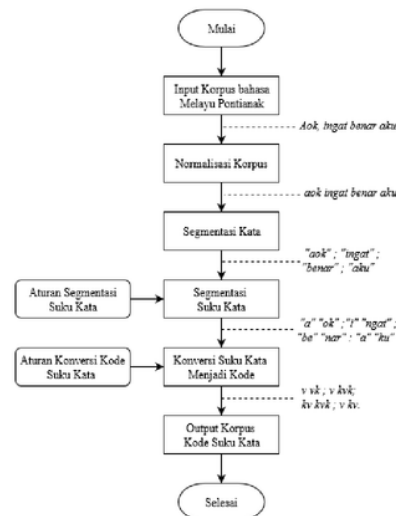
Pontianak yang berasal dari sebuah buku berjudul “Sepok Satu” karangan Pay Jarot Sujarwo. Sedangkan korpus suara merupakan hasil rekaman suara seorang penutur bahasa Melayu Pontianak. Selain itu juga terdapat sejumlah data dalam format *excel* yang merupakan durasi pada tiap fonem pada korpus yang digunakan.

Adapun terhadap data yang ada dilakukan sejumlah perbaikan guna untuk memaksimalkan kualitas hasil penelitian. Pada kedua korpus dilakukan seleksi terhadap kalimat yang ada, sehingga tidak terdapat kalimat yang mengandung kata atau istilah asing. Kalimat yang digunakan menjadi berjumlah 500 kalimat. Sedangkan untuk data durasi fonem dilakukan pengecekan ulang pada penandaan durasi untuk setiap fonem, hal ini dilakukan agar durasi yang digunakan lebih tepat. Pengecekan ulang dilakukan dengan menggunakan aplikasi *WaveSurfer 1.8.8p4*.

B. Konversi Korpus ke Kode Suku Kata

Korpus bahasa Melayu Pontianak yang sudah ada kemudian dikonversi dalam bentuk kode suku kata. Kode suku kata ini dipresentasikan dalam pola suku kata yang terbentuk dari jenis fonem pada suku kata. Terdapat 2 jenis fonem, yaitu fonem konsonan yang dilambangkan dengan “k” dan fonem vokal yang dilambangkan dengan “v”. Fonem konsonan terdiri dari /t/, /c/, /k/, /b/, /d/, /j/, /g/, /m/, /n/, /ng/, /ny/, /s/, /h/, /r/, /l/, /w/, dan /y/, sedangkan fonem vokal terdiri dari /i/, /e/, /ə/, /a/, /u/, /o/, /ai/, /au/, dan /oi/.

Konversi suku kata dilakukan dengan bantuan pengkodean algoritma dalam bahasa pemrograman *python*. Algoritma bekerja dengan cara menarik *file* korpus bahasa Melayu Pontianak sebagai *input* dan menghasilkan *file* data korpus dalam bentuk hasil konversi kode suku kata sebagai *output*. Adapun proses konversi korpus ke bentuk kode suku kata dapat dilihat pada Gbr. 4.



Gbr. 4 Diagram alir proses konversi kode suku kata

C. Penandaan Durasi Fonem

Penandaan durasi fonem dilakukan pada korpus suku kata yang telah dihasilkan pada proses sebelumnya. Durasi yang digunakan merupakan durasi hasil rekaman suara penutur bahasa Melayu Pontianak. Penandaan dilakukan untuk keperluan proses latihan pada pemodelan HMM nantinya.

D. Pemodelan dengan HMM

Proses pemodelan dengan *Hidden Markov Model* (HMM) bertujuan untuk mendapatkan hasil prediksi durasi fonem pada bahasa Melayu Pontianak. Pada proses ini terdapat beberapa tahapan yang dapat dilihat pada Gbr. 5.



Gbr. 5 Diagram alir pemodelan dengan HMM

E. Pengujian

Pengujian awal dilakukan untuk menentukan standar kualitas durasi fonem yang dihasilkan, yaitu pengujian penentuan standar kualitas ucapan. Sedangkan pengujian yang digunakan pada hasil prediksi durasi terdapat dua pengujian, yaitu pengujian perbandingan durasi durasi fonem dan pengujian perbandingan durasi kalimat.

F. Analisis Pengujian

Pada tahap ini, hasil pengujian dari prediksi durasi fonem pada bahasa Melayu Pontianak menggunakan HMM dianalisis secara keseluruhan untuk mempermudah dalam penarikan kesimpulan.

G. Kesimpulan

Kesimpulan dirumuskan berdasarkan tahapan-tahapan yang telah dilakukan sebelumnya yaitu untuk mengetahui tingkat keberhasilan prediksi durasi fonem menggunakan HMM pada bahasa Melayu Pontianak yang telah dilakukan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Konversi Korpus ke Kode Suku Kata

Dari hasil konversi kode suku kata didapatkan enam macam kode suku kata, yaitu kkv (konsonan-konsonan-vokal), kkvk (konsonan-konsonan-vokal-konsonan), kv (konsonan-vokal), kvk (konsonan-vokal-konsonan), v (vokal), dan vk (vokal-konsonan).

B. Implementasi Model HMM

Pada penelitian ini implementasi model HMM dilakukan dengan *tool IPOSTagger* karya Alfian Rizki Wicaksono (2010) [12]. Prediksi durasi fonem pada bahasa Melayu Pontianak menggunakan HMM dilakukan dalam dua proses, yaitu proses latihan korpus dan uji. Pada penelitian ini juga dilakukan proses penentuan durasi fonem yang digunakan terlebih dahulu.

1) Penentuan Durasi Fonem

Penentuan durasi fonem dilakukan guna memperkecil variasi durasi fonem, sehingga HMM dapat melakukan proses perhitungan. Ini dilakukan dengan mengelompokkan durasi dalam 3 dan 5 *state*. Pengelompokkan durasi dilakukan pada masing-masing jenis fonem, yaitu vokal dan konsonan. Pengelompokkan dilakukan dengan menarik tiga nilai tengah untuk durasi 3 *state* dan lima nilai tengah untuk durasi 5 *state*. Hasil dari penentuan durasi fonem untuk setiap fonem dalam 3 *state* dapat dilihat pada Tabel 1 dan dalam 5 *state* dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL I
HASIL PENENTUAN DURASI FONEM 3 STATE

State	Durasi Fonem Vokal (ms)	Durasi Fonem Konsonan (ms)
1	69	54
2	199	153
3	337	260

TABEL III
HASIL PENENTUAN DURASI FONEM 5 STATE

State	Durasi Fonem Vokal (ms)	Durasi Fonem Konsonan (ms)
1	43	35
2	121	94
3	199	153
4	280	212
5	377	302

2) Latih Korpus

Proses latihan korpus dilakukan dengan membuat sebuah korpus sebagai data latihan. Pada penelitian ini korpus yang digunakan berisi kalimat bahasa Melayu Pontianak yang telah dikonversi ke dalam kode suku kata dengan penandaan durasi fonem. Terdapat dua macam korpus latihan yang digunakan pada penelitian ini, yaitu korpus dengan penandaan durasi hasil pengelompokkan 3 *state* dan 5 *state*. Korpus yang telah dibuat disimpan sebagai file bernama "Corpus.crp". File ini tersimpan dalam subfolder "resource" pada folder tool *IPOSTagger*. Adapun contoh perintah proses latihan korpus dapat dilihat pada Gbr. 6.

```

Microsoft Windows [Version 10.0.17134.950]
(c) 2018 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\luthf>D:
D:\>cd IPOSTagger_v1.1
D:\IPOSTagger_v1.1>java ipostagger train_
  
```

Gbr. 6 Contoh proses latihan korpus pada *IPOSTagger*

Dari proses latihan ini didapatkan dua *file* baru yang secara otomatis tersimpan pula pada subfolder "resource". *File* pertama bernama "Lexicon.tn", merupakan kamus data dari korpus latihan. Hasil dari perhitungan prediksi durasi yang dilakukan dapat diketahui kode suku kata beserta dengan penandaan durasi, serta frekuensi kemunculan masing-masing dursi tersebut. *File* kedua adalah "Ngram.tn" yang berisi jumlah frekuensi kemunculan setiap durasi fonem beserta kemungkinan pertemuan-pertemuan durasi tersebut sebagai hasil penandaan durasi fonem pada korpus latihan. Dari *file* ini dapat diketahui probabilitas pertemuan antar setiap durasi.

3) Uji

Proses uji dilakukan untuk mendapatkan durasi pada setiap fonem berdasarkan suku kata. Sama halnya dengan proses latihan untuk melakukan proses uji perlu dibuat sebuah korpus. Korpus uji berisi kalimat bahasa Melayu Pontianak yang telah dikonversi ke dalam bentuk kode suku kata. Proses uji ini dilakukan dengan menggunakan dua macam pemodelan n-gram, yaitu bigram dan trigram. Perbedaan hasil kedua model n-gram ialah bigram merupakan perhitungan yang memeriksa kemungkinan yang terjadi pada dua langkah ke depan maupun ke belakang, sedangkan trigram memeriksa kemungkinan yang terjadi pada tiga langkah ke depan maupun ke belakang.

C. Hasil dan Analisis Pengujian

1) Pengujian Penentuan Standar Kecepatan Ucapan

Pengujian penentuan standar kecepatan ucapan bertujuan untuk menentukan standar perubahan kecepatan ucapan yang mampu diterima oleh pendengar. Pengujian ini juga dilakukan pada penelitian terhadap prediksi durasi fonem pada bahasa Melayu Pontianak oleh Numrotul Hatimah (2019) [13] dan Sisca Lestari (2019) [14]. Penentuan standar dilakukan dengan pengujian terhadap satu kalimat yang digunakan sebagai standarisasi. Audio rekaman kalimat dimodifikasi durasinya dengan dipercepat dan diperlambat sebesar 10% hingga 50%, dengan perbedaan 10%. Sehingga dari satu audio rekaman tadi, menjadi sepuluh *file* suara dengan kecepatan durasi berbeda. Semakin tinggi rata-rata hasil pengujian didapat oleh suatu *file* suara, maka semakin mudah responden menerimanya. Hasil pengujian penentuan standar kecepatan **47** pan dapat dilihat pada Tabel 3. Kemudian analisis terhadap hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.

TABEL III
HASIL PENGUJIAN STANDAR KECEPATAN UCAPAN

File Suara	Modifikasi Durasi	Hasil Pengujian
1	30%	47%
2	-50%	13%
3	10%	100%
4	-20%	93%
5	40%	0%
6	-10%	100%
7	50%	0%
8	-30%	63%
9	20%	83%
10	-40%	47%

TABEL IV
ANALISIS HASIL PENGUJIAN STANDAR KECEPATAN UCAPAN

Kualitas	Rentang Modifikasi Kecepatan Ucapan (%)
Sangat Baik	(-20%) s.d. 20%
Baik	(-30%) s.d. (-21%)
Buruk	(-40%) s.d. 30%
Sangat Buruk	(-50%) s.d. 50%

Hasil pada Tabel 3 kemudian dianalisis dengan mengelompokkan *file* suara berdasarkan hasil pengujian yang didapatkan. Berdasarkan analisis yang dilakukan diketahui bahwa perubahan kecepatan ucapan dalam rentang (-20%) sampai 20% termasuk kualitas "sangat baik". Kemudian untuk kualitas "baik" berada pada rentang perubahan kecepatan dari (-30%) sampai (-21%). Sedangkan perubahan kecepatan ucapan dalam rentang (-40%) sampai 30% termasuk kualitas "buruk". Terakhir untuk perubahan kecepatan berkualitas "sangat buruk" terjadi pada rentang (-50%) sampai 50%. Kualitas yang dapat diterima adalah "sangat baik" dan "baik".

2) Pengujian Perbandingan Durasi Fonem

Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan durasi fonem hasil prediksi HMM dengan durasi fonem hasil rekaman suara penutur bahasa Melayu Pontianak pada kalimat yang sama. Perbandingan durasi fonem dinyatakan sebagai selisih perbedaan dalam bentuk persentase. Perbandingan ini dilakukan menggunakan perhitungan berikut.

$$\text{Persentase perbandingan perbedaan} = \frac{\text{Durasi HMM} - \text{Durasi Rekaman}}{\text{Durasi Rekaman}} \times 100$$

Pengujian dilakukan dengan menentukan nilai *baseline* terlebih dahulu. Kemudian dilakukan pengujian dengan menggunakan *k-fold cross validation* pada dua macam pembagian data korpus bahasa Mealyu Pontianak.

a. Nilai Baseline Durasi Fonem 3 State

Nilai *baseline* didapatkan dari rata-rata hasil pengujian. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5. Hasil pengujian yang ada kemudian diolah kembali berdasarkan kualitas durasi pada Tabel 6.

TABEL V
HASIL NILAI BASELINE DURASI FONEM 3 STATE

Model n-gram	Nilai Baseline
Bigram	47,79%
Trigram	48,04%

TABEL VI
HASIL NILAI BASELINE DURASI FONEM 3 STATE BERDASARKAN KUALITAS

Kualitas	Jumlah Fonem		Persentase Fonem	
	Bigram	Trigram	Bigram	Trigram
Sangat Baik	3073	3098	14,81%	14,93%
Baik	4761	4799	22,94%	23,13%
Buruk	2886	2912	13,91%	14,03%
Sangat Buruk	10030	9941	48,34%	47,91%
Total	20750	20750	100%	100%

Analisis terhadap nilai *baseline* hasil pengujian perbandingan durasi fonem pada durasi 3 *state* dapat diketahui bahwa kedua model n-gram mendapatkan nilai *baseline* yang hampir sama. Hal ini terjadi karena sedikitnya variasi durasi fonem yang digunakan, sehingga mendorong terpilihnya durasi fonem yang sama. Dapat terlihat bahwa perbedaan terhadap durasi fonem hasil rekaman penutur yang terjadi cukup besar, hal ini dikarenakan penggunaan durasi fonem dengan tiga nilai tengah, sehingga menciptakan selisih yang besar terhadap durasi fonem asli yang sangat beragam. Selain itu penggunaan kode suku membuat HMM hanya mampu memilih durasi berdasarkan informasi tersebut.

Sedangkan berdasarkan kualitas durasi yang dihasilkan, trigram lebih banyak menghasilkan durasi dengan kualitas yang dapat diterima oleh pendengar. Ini dikarenakan dengan model trigram perhitungan yang dilakukan cakupannya lebih luas, sehingga presisi prediksi yang dilakukan meningkat. Pada kedua model perhitungan, hasil yang didapat didominasi kualitas "sangat buruk". Penyebabnya terjadi hal ini sejalan dengan penyebab besarnya perbedaan hasil pengujian perbandingan durasi fonem.

b. Pengujian K-Fold Cross Validation Durasi Fonem 3 State

Hasil pengujian dengan penggunaan pembagian data korpus 80%-20% dapat dilihat pada Tabel 7. Sedangkan penggunaan pembagian data korpus 20%-80 dapat dilihat pada Tabel 8.

TABEL VII
HASIL PENGUJIAN K-FOLD CROSS VALIDATION 80%-20% DURASI FONEM 3 STATE

Fold	Korpus Uji	Bigram	Trigram
1	1-100	46,65%	49,16%
2	101-200	49,50%	50,49%
3	201-300	45,87%	46,89%
4	301-400	45,14%	45,84%
5	401-500	53,05%	53,85%
Rata-Rata		48,04%	49,25%

TABEL VIII
HASIL PENGUJIAN K-FOLD CROSS VALIDATION 20%-80% DURASI FONEM 3 STATE

Fold	Korpus Uji	Bigram	Trigram
1	1-400	47,69%	51,72%
2	1-300, 401-500	50,38%	52,44%
3	1-200, 301-500	48,99%	51,59%
4	1-100, 201-500	48,49%	50,19%
5	101-500	48,60%	50,49%
Rata-Rata		48,83%	51,29%

Rata-rata hasil yang telah didapatkan kemudian dianalisis dengan cara dibandingkan terhadap nilai *baseline*. Pada hasil dengan penggunaan korpus latihan 80% hasil yang didapat mendekati nilai *baseline*, karena perubahan probabilitas yang terjadi di antara penggunaan korpus latihan 500 kalimat dan 400 kalimat, tidak terdapat perubahan yang signifikan.

Sedangkan hasil dengan penggunaan korpus latihan 20% diketahui terdapat sedikit perbedaan hasil dibandingkan dengan nilai *baseline*. Ini dikarenakan perbedaan yang jauh antara korpus latihan yang digunakan. Akibatnya probabilitas yang terbentuk juga berbeda jauh. Adapun perbedaan hasil yang terjadi pada tiap *fold* terjadi karena perbedaan korpus latihan dan uji yang digunakan.

c. Penentuan Nilai Baseline Durasi Fonem 5 State

Nilai *baseline* didapatkan dari rata-rata hasil pengujian. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 9. Hasil pengujian yang ada kemudian diolah kembali berdasarkan kualitas durasi pada Tabel 10.

TABEL IX
HASIL NILAI BASELINE DURASI FONEM 5 STATE

Model n-gram	Nilai Baseline
Bigram	48,03%
Trigram	68,81%

TABEL X
HASIL NILAI BASELINE DURASI FONEM 5 STATE BERDASARKAN KUALITAS

Kualitas	Jumlah Fonem		Persentase Fonem	
	Bigram	Trigram	Bigram	Trigram
Sangat Baik	2239	2498	10,79%	12,04%
Baik	4746	4522	22,87%	21,79%
Buruk	2544	2344	12,26%	11,30%
Sangat Buruk	11221	11386	54,08%	54,87%
Total	20750	20750	100%	100%

Analisis terhadap nilai *baseline* hasil pengujian perbandingan durasi fonem dapat diketahui bahwa pada penggunaan durasi 5 *state*, bigram mendapatkan hasil lebih baik, yaitu sebesar 48,03% dan trigram mendapatkan hasil sebesar 68,81%. Hal ini terjadi karena dengan perhitungan trigram mendorong HMM untuk memilih durasi fonem berdasarkan tiga suku kata, sehingga durasi fonem yang terpilih merupakan durasi untuk kata dengan tiga suku kata. Padahal mayoritas kata yang ada memiliki dua suku kata. Kemudian penggunaan durasi 5 *state* ternyata belum mampu menutupi selisih besar yang terjadi dengan durasi fonem hasil rekaman.

Sedangkan berdasarkan kualitas durasi yang dihasilkan dapat diketahui bahwa penggunaan model trigram lebih banyak menghasilkan durasi yang dapat diterima oleh pendengar. Pada kedua perhitungan yang digunakan, hasil yang didapat didominasi dengan kualitas "sangat buruk". Penyebabnya terjadi hal ini sejalan dengan penyebab besarnya perbedaan hasil pengujian perbandingan durasi fonem di atas.

d. Pengujian K-Fold Cross Validation Durasi Fonem 5 State

Hasil pengujian dengan penggunaan pembagian data korpus 80%-20% dapat dilihat pada Tabel 11. Sedangkan penggunaan pembagian data korpus 20%-80 dapat dilihat pada Tabel 12.

TABEL XI
HASIL PENGUJIAN *K-FOLD CROSS VALIDATION* 80%-20% DURASI FONEM 5
STATE

<i>Fold</i>	Korpus Uji	Bigram	Trigram
1	1-100	48,44%	80,92%
2	101-200	50,60%	82,46%
3	201-300	47,65%	77,45%
4	301-400	46,30%	72,45%
5	401-500	50,84%	85,25%
Rata-Rata		48,77%	79,71%

TABEL XII
HASIL PENGUJIAN *K-FOLD CROSS VALIDATION* 20%-80% DURASI FONEM 5
STATE

<i>Fold</i>	Korpus Uji	Bigram	Trigram
1	1-400	53,76%	80,72%
2	1-300, 401-500	62,08%	84,21%
3	1-200, 301-500	52,28%	82,60%
4	1-100, 201-500	54,29%	81,68%
5	101-500	50,37%	80,11%
Rata-Rata		54,66%	81,86%

Rata-rata hasil yang telah didapatkan kemudian dianalisis dengan cara dibandingkan terhadap nilai *baseline*. Pada hasil dengan penggunaan korpus latihan 80% diketahui untuk model bigram hasil yang didapatkan tidak jauh berbeda dengan nilai *baseline*, sedangkan sebaliknya dengan trigram terdapat perbedaan yang cukup signifikan. Hal ini dikarenakan dengan model trigram HMM melibatkan lebih banyak kombinasi durasi dan kode suku kata, sehingga perubahan data yang terjadi memberikan dampak yang besar terhadap hasil perhitungan yang didapat.

Sedangkan hasil dengan penggunaan korpus latihan 20% diketahui dibandingkan dengan nilai *baseline* baik pada penggunaan kedua model *n-gram* terdapat perbedaan yang cukup signifikan. Perbedaan ini terjadi karena berkurangnya jumlah kalimat pada korpus latihan yang digunakan. Masih sama seperti sebelumnya, perbedaan hasil rata-rata perbandingan durasi fonem yang terjadi pada tiap *fold* terjadi karena perbedaan korpus latihan dan uji yang digunakan.

3) Pengujian Perbandingan Durasi Kalimat

Pengujian ini hampir sama dengan pengujian sebelumnya, hanya saja kali ini yang dibandingkan adalah durasi kalimat.

a. Penentuan Nilai Baseline Durasi Kalimat 3 State

Nilai *baseline* didapatkan dari rata-rata hasil pengujian. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 13. Hasil pengujian yang ada kemudian diolah kembali berdasarkan kualitas durasi pada Tabel 14.

TABEL XIII
HASIL NILAI *BASELINE* DURASI KALIMAT 3 *STATE*

Model <i>n-gram</i>	Nilai <i>Baseline</i>
Bigram	20,62%
Trigram	18,96%

TABEL XIV
HASIL NILAI *BASELINE* DURASI KALIMAT 3 *STATE* BERDASARKAN KUALITAS

Kualitas	Jumlah Fonem		Persentase Fonem	
	Bigram	Trigram	Bigram	Trigram
Sangat Baik	80	104	16,00%	20,80%
Baik	333	324	66,60%	64,80%
Buruk	74	58	14,80%	11,60%
Sangat Buruk	13	14	2,60%	2,80%
Total	500	500	100%	100%

Analisis terhadap nilai *baseline* hasil pengujian perbandingan durasi kalimat dapat diketahui bahwa pada penggunaan durasi 3 *state*, perhitungan dengan bigram mendapatkan hasil lebih baik, yaitu sebesar 20,62% dan trigram mendapatkan hasil sebesar 18,96%. Namun, perbedaan yang terjadi tidak begitu signifikan. Penyebabnya terjadi hal ini sama seperti pada pengujian perbandingan durasi fonem sedikitnya variasi durasi fonem yang digunakan. Kemudian hasil yang didapat pada pengujian ini jauh lebih baik dibandingkan dengan pengujian perbandingan durasi fonem dikarenakan durasi kalimat diperoleh dengan menjumlahkan durasi fonem, sehingga setiap nilai yang ada saling menutupi dan memperkecil selisih yang terjadi antara durasi hasil prediksi HMM dengan durasi hasil rekaman suara penutur.

Sedangkan berdasarkan kualitas durasi yang dihasilkan dapat diketahui bahwa penggunaan model trigram lebih banyak menghasilkan durasi dengan kualitas yang dapat diterima oleh pendengar. Selain itu, pengujian ini hasilnya didominasi oleh kualitas "baik" yang dikarenakan durasi kalimat berasal dari penjumlahan durasi fonem seperti yang sudah disebutkan sebelumnya.

b. Pengujian *K-Fold Cross Validation* Durasi Fonem 3 State

Hasil pengujian dengan penggunaan pembagian data korpus 80%-20% dapat dilihat pada Tabel 15. Sedangkan penggunaan pembagian data korpus 20%-80 dapat dilihat pada Tabel 16.

TABEL XV
HASIL PENGUJIAN *K-FOLD CROSS VALIDATION* 80%-20% DURASI KALIMAT 3
STATE

<i>Fold</i>	Korpus Uji	Bigram	Trigram
1	1-100	18,08%	14,82%
2	101-200	20,16%	18,90%
3	201-300	20,78%	18,60%
4	301-400	23,22%	21,83%
5	401-500	20,62%	19,38%
Rata-Rata		20,57%	18,71%

TABEL XVI
HASIL PENGUJIAN *K-FOLD CROSS VALIDATION* 20%-80% DURASI FONEM 3
STATE

<i>Fold</i>	Korpus Uji	Bigram	Trigram
1	1-400	18,97%	15,32%
2	1-300, 401-500	18,83%	15,51%
3	1-200, 301-500	19,64%	17,07%
4	1-100, 201-500	17,89%	16,02%
5	101-500	21,43%	18,26%
Rata-Rata		19,35%	16,44%

Rata-rata hasil yang telah didapatkan kemudian dianalisis dengan cara dibandingkan terhadap nilai *baseline*. Pada hasil dengan penggunaan korpus latih 80% diketahui bahwa hasil yang didapatkan sangat mendekati dengan nilai *baseline*. Hal ini dikarenakan jumlah kalimat yang digunakan pada kedua korpus latih tidak berbeda jauh. Sedangkan pada hasil dengan penggunaan korpus latih 20% diketahui terjadi perbedaan pada kedua model n-gram. Sama seperti sebelumnya, hal ini juga dikarenakan jauhnya perbedaan jumlah kalimat yang digunakan untuk korpus latih pada kedua pengujian. Sama seperti pada pengujian perbandingan durasi fonem, perbedaan hasil pengujian pada setiap *fold* terjadi karena memang berbedanya korpus latih dan uji yang digunakan.

c. Penentuan Nilai Baseline Durasi Kalimat 5 State

Nilai *baseline* didapatkan dari rata-rata hasil pengujian. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 17. Hasil pengujian yang ada kemudian diolah kembali berdasarkan kualitas durasi pada Tabel 18.

TABEL XVII
HASIL NILAI *BASELINE* DURASI KALIMAT 5 STATE

Model n-gram	Nilai <i>Baseline</i>
Bigram	31,98%
Trigram	16,72%

TABEL XVIII
HASIL NILAI *BASELINE* DURASI KALIMAT 5 STATE BERDASARKAN KUALITAS

Kualitas	Jumlah Fonem		Persentase Fonem	
	Bigram	Trigram	Bigram	Trigram
Sangat Baik	17	194	3,40%	38,80%
Baik	180	208	36,00%	41,60%
Buruk	191	50	38,20%	10,00%
Sangat Buruk	112	48	22,40%	9,60%
Total	500	500	100%	100%

Analisis terhadap nilai *baseline* hasil pengujian perbandingan durasi kalimat pada durasi 5 *state*, diketahui bahwa trigram mendapatkan hasil lebih baik, yaitu sebesar 16,72% dan bigram mendapatkan hasil 31,98%. Perbedaan yang terjadi di antara kedua model perhitungan sangat signifikan. Hal ini dikarenakan perhitungan dengan trigram mendorong HMM untuk memilih durasi berdasarkan tiga suku kata, sehingga durasi yang terpilih berdurasi panjang. Akibatnya durasi fonem tersebut ketika dijumlahkan sebagai

durasi kalimat lebih mampu menutupi selisih yang terjadi dengan durasi kalimat hasil rekaman suara penutur. Dari hasil yang didapat pada kedua model perhitungan juga diketahui bahwa penggunaan model trigram masih lebih banyak menghasilkan durasi dengan kualitas tergolong dapat diterima oleh pendengar.

d. Pengujian K-Fold Cross Validation Durasi Fonem 3 State

Hasil pengujian dengan penggunaan pembagian data korpus 80%-20% dapat dilihat pada Tabel 19. Sedangkan penggunaan pembagian data korpus 20%-80 dapat dilihat pada Tabel 20.

TABEL XIX
HASIL PENGUJIAN *K-FOLD CROSS VALIDATION* 80%-20% DURASI KALIMAT 5 STATE

<i>Fold</i>	Korpus Uji	Bigram	Trigram
1	1-100	29,02%	19,69%
2	101-200	30,60%	14,57%
3	201-300	30,86%	18,17%
4	301-400	35,41%	18,52%
5	401-500	32,18%	19,86%
Rata-Rata		31,61%	18,16%

TABEL XX
HASIL PENGUJIAN *K-FOLD CROSS VALIDATION* 20%-80% DURASI FONEM 5 STATE

<i>Fold</i>	Korpus Uji	Bigram	Trigram
1	1-400	23,27%	13,85%
2	1-300, 401-500	21,31%	16,09%
3	1-200, 301-500	30,24%	15,26%
4	1-100, 201-500	26,02%	15,15%
5	101-500	32,24%	14,72%
Rata-Rata		26,62%	15,01%

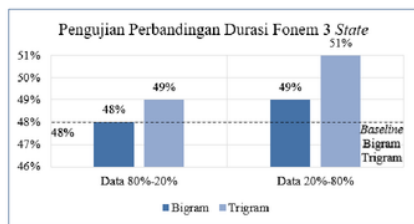
Rata-rata hasil yang telah didapatkan kemudian dianalisis dengan cara dibandingkan terhadap nilai *baseline*. Pada hasil dengan penggunaan korpus latih 80% diketahui bahwa hasil yang didapatkan mendekati nilai *baseline*, karena perubahan probabilitas yang terjadi antara penggunaan kedua korpus latih tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Sedangkan pada hasil dengan penggunaan korpus latih 20% diketahui bahwa dengan kedua model n-gram terjadi perbedaan yang signifikan. Hal ini dikarenakan jauhnya perbedaan jumlah kalimat yang digunakan untuk korpus latih pada kedua pengujian, sehingga probabilitas yang terbentuk juga berbeda. Kemudian, sama seperti hasil-hasil pengujian sebelumnya, variasi hasil yang didapatkan pada setiap *fold* terjadi karena perbedaan pada korpus latih dan uji yang digunakan.

4) Pembahasan Hasil Pengujian

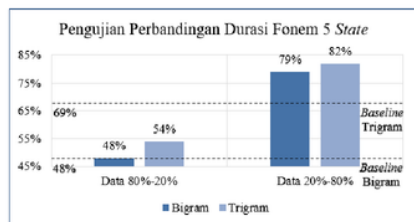
Berdasarkan nilai *baseline* yang telah diperoleh, penggunaan durasi 3 *state* mendapatkan hasil yang lebih baik.

Hal ini dikarenakan meskipun pada penggunaan 5 *state* variasi durasi yang digunakan meningkat, namun ini juga meningkatkan kemungkinan terpilihnya durasi fonem dengan probabilitas kemunculan rendah. Akibatnya durasi yang terpilih oleh HMM menjauhi durasi hasil rekaman suara penutur. Selain itu, jika dilihat berdasarkan model n-gram yang digunakan, pada prediksi dengan bigram mendapatkan hasil yang lebih baik. Namun jika dilihat lebih detil terhadap kualitas durasi yang dihasilkan, trigram mendapatkan hasil yang lebih baik. Hal ini dikarenakan penggunaan model trigram mendorong HMM untuk melakukan perhitungan yang lebih presisi. Tetapi karena sedikitnya informasi yang terkandung pada kode suku kata, presisi perhitungan ini hanya terjadi pada kata yang dengan tiga suku kata. Akibatnya secara keseluruhan nilai *baseline* yang didapat menjadi lebih buruk. Sehingga dapat disimpulkan berdasarkan model n-gram, trigram dapat memprediksi durasi fonem lebih baik.

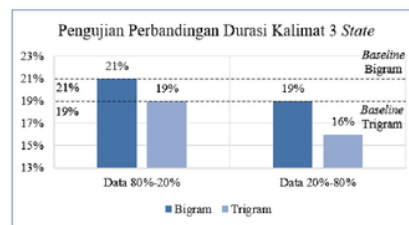
Berdasarkan pengujian dengan *k-fold cross validation*, untuk pembagian data 80%-20% secara keseluruhan hasil yang didapat tidak jauh berbeda dengan nilai *baseline*. Ini dikarenakan penggunaan 500 kalimat pada korpus untuk pengujian nilai *Baseline* dengan 400 kalimat pada korpus latihan untuk pengujian ini, menghasilkan data probabilitas yang tidak jauh berbeda. Sedangkan untuk pembagian data 20%-80% secara keseluruhan hasil yang didapat cukup berbeda dengan nilai *baseline*. Ini dikarenakan perbedaan yang jauh dalam jumlah kalimat yang digunakan pada korpus latihan. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, korpus latihan pada pembagian data 20%-80% berisi 100 kalimat saja. Akibatnya data probabilitas yang terbentuk jauh berbeda. Sedangkan perbedaan yang terjadi pada tiap *fold* untuk kedua pembagian data, dikarenakan perbedaan kalimat untuk setiap *fold*. Perbandingan hasil setiap pengujian *k-fold cross validation* terhadap nilai *baseline* dapat terlihat pada sejumlah grafik di bawah ini.



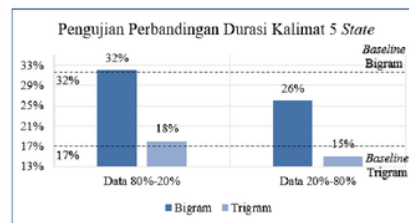
Gbr. 7 Grafik hasil pengujian perbandingan durasi fonem 3 *state*



Gbr. 8 Grafik hasil pengujian perbandingan durasi fonem 5 *state*



Gbr. 9 Grafik hasil pengujian perbandingan durasi kalimat 3 *state*



Gbr. 10 Grafik hasil pengujian perbandingan durasi kalimat 5 *state*

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian terhadap prediksi durasi fonem pada bahasa Melayu Pontianak berdasarkan suku kata menggunakan Hidden Markov Model (HMM), maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengujian perbandingan durasi fonem untuk penentuan nilai *baseline*, durasi yang didapatkan mayoritas berkualitas "sangat buruk", dengan prediksi pada durasi 3 *state* menggunakan model bigram mendapatkan hasil terbaik.
2. Berdasarkan pengujian perbandingan durasi kalimat untuk penentuan nilai *baseline*, durasi yang didapatkan mayoritas berkualitas "baik", dengan prediksi pada durasi 5 *state* menggunakan model trigram mendapatkan hasil terbaik.
3. Berdasarkan keseluruhan nilai *baseline* yang didapat, prediksi durasi fonem pada bahasa Melayu Pontianak berdasarkan suku kata dengan penggunaan durasi 3 dan 5 *state* masih belum mampu menghasilkan durasi fonem yang tepat.
4. Berdasarkan pengujian *k-fold cross validation* yang didapat, pemodelan HMM dalam memprediksi durasi fonem berdasarkan suku kata sudah cukup mampu dalam mencapai nilai *baseline* yang diharapkan.

REFERENSI

- [1] Krishna, N. S., Talukdar, P. P., Bali, K., dan Ramakrishnan, A. G. 2004. *Duration Modeling for Hindi Text-To-Speech Synthesis System*. Bangal 7 Indian Institute of Science.
- [2] Na'im, Akhsan dan Hendry S. 2010. *Kewarganegaraan, Suku Bangsa, Agama, dan Bahasa Sehari-hari Penduduk Indonesia, Hasil Sensus Penduduk 2010*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.

- [3] Novianti, E. 2011. *Menilik Nasib Bahasa Melayu Pontianak*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [4] Benesty, J., M. Sondhi, M., dan Yiteng, H. 2008. *Springer Handbook of Speech Processing*. 12: Springer-Verlag.
- [5] Nugraha, T. A. 2014. *Prediksi Jeda dalam Ucapan Kalimat Bahasa Indonesia dengan Hidden Markov Model*. Pontianak: Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura.
- [6] Prasetyo Budi, M. E. 2011. *Teori Dasar Hidden Markov Model*. Bandung: Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi, Institut Teknologi Bandung.
- [7] Alwi, H., Dardjowidjojo, S., Lapoliwa, H., dan M. Moeliono, A. 2000. *Tata bahasa baku bahasa Indonesia (Edisi Ketiga)*. Jakarta: Balai Pustaka.
- [8] Erick, P. D. P. dan Hartati, U. 2016. *Perbedaan Bahasa Melayu Pontianak Kalimantan Barat dengan Bahasa Indonesia Standar*. Yogyakarta: FKIP Universitas Sarjanwiyata Tamansiswa Yogyakarta.
- [9] Ratnawati, N. K. M. dan Anak, A. N. B. J. D. 2015. *Fonem Suprasegmental / Ciri-ciri Prosodi*. Singaraja: Jurusan Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia, Fakultas Bahasa dan Seni, Universitas Pendidikan Ganesha.
- [10] Herho, S. H. S. 2017. *Tutorial Pemrograman Python 2 Untuk Pemula*. Bandung: WPCL Press.
- [11] Muniyati, E. F. 2019. *Prediksi Jeda dalam Ucapan Kalimat Bahasa Melayu Pontianak Menggunakan Hidden Markov Model Berbasis Part of Speech*. Pontianak: Jurusan Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura.
- [12] Wicaksono, A. F. dan Ayu, P. 2010. *HMM Based Part-Of-Speech Tagger for Bahasa Indonesia*. Bandung: Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung.
- [13] Numrotul, H. 2019. *Analisis Implementasi Model Durasi Klatt pada Bahasa Melayu Pontianak Menggunakan Diphone Bahasa Indonesia*. Pontianak: Jurusan Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura.
- [14] Lestari, S. 2019. *Analisis State Durasi Fonem Bahasa Melayu Pontianak Pada Hidden Markov Model*. Pontianak: Jurusan Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura.

PERBANDINGAN HASIL PREDIKSI DURASI FONEM PADA BAHASA MELAYU PONTIANAK BERDASARKAN SUKU KATA MENGGUNAKAN HIDDEN MARKOV MODEL

ORIGINALITY REPORT

8%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	id.wikipedia.org Internet	67 words — 1%
2	eprints.undip.ac.id Internet	62 words — 1%
3	jurnal.untan.ac.id Internet	50 words — 1%
4	repository.its.ac.id Internet	41 words — 1%
5	nakulashofi.wordpress.com Internet	27 words — < 1%
6	ejournal.polbeng.ac.id Internet	24 words — < 1%
7	docobook.com Internet	22 words — < 1%
8	media.neliti.com Internet	22 words — < 1%
9	Alexandros Lazaridis, Todor Ganchev, Theodoros Kostoulas, Iosif Mporas, Nikos Fakotakis. "Phone duration modeling: overview of techniques and performance optimization via feature selection in the context of emotional speech", International Journal of Speech Technology, 2010 Crossref	21 words — < 1%

10	personalisblog.blogspot.com Internet	19 words — < 1%
11	trainingojs.ums.ac.id Internet	18 words — < 1%
12	docplayer.info Internet	17 words — < 1%
13	Arif Bijaksana Putra Negara, Numrotul Hatimah, Rudy Dwi Nyoto. "Analisis Implementasi Model Durasi Klatt pada Bahasa Melayu Pontianak Menggunakan Diphone Bahasa Indonesia", Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN), 2019 Crossref	14 words — < 1%
14	Jamaliah Jamaliah. "Hubungan Kausalitas Pertumbuhan Ekonomi Dengan Investasi di Kota Pontianak Kajian Model Granger", Jurnal Ekonomi Bisnis dan Kewirausahaan, 2018 Crossref	13 words — < 1%
15	jtiik.ub.ac.id Internet	12 words — < 1%
16	www.ejournal-s1.undip.ac.id Internet	11 words — < 1%
17	repository.uksw.edu Internet	10 words — < 1%
18	pgsdunnes2008.wordpress.com Internet	10 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES OFF
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON

EXCLUDE MATCHES OFF