

## ANALISIS SUARA PERNAPASAN PARU-PARU ASMA DENGAN TIDAK ASMA MENGUNAKAN METODE K NEAREST NEIGHBORS

### Analysis Respiratory Lung Sounds of Asthma and Non-Asthma Using k Nearest Neighbors Method

Ari Satriadi<sup>[1]</sup>, I Made Budi Suksmadana<sup>[1]</sup>, Bulkis Kanata<sup>[1]</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Elektro, Universitas Mataram.  
Jln. Majapahit 62, Mataram, 83125 Lombok, Indonesia  
Email: [arisatriadi55@gmail.com](mailto:arisatriadi55@gmail.com)

---

#### ABSTRAK

Asma adalah penyakit pada saluran napas yang menyebabkan peningkatan hiperresponsif jalan napas dan menimbulkan gejala mengi/*wheeze* (napas berbunyi ngik-ngik). Bunyi napas *wheeze* merupakan salah satu ciri yang menandakan seseorang menderita asma. Penelitian ini dilakukan untuk membuat serta menguji suatu sistem yang dapat mengidentifikasi perbedaan ciri suara pernapasan *wheeze* pada pasien asma dan pernapasan lainnya dengan metode k-Nearest Neighbors (k-NN). Ciri suara yang digunakan yaitu rata-rata sinyal dan standar deviasi sinyal dalam domain waktu, rata-rata spektrum, standar deviasi spektrum, *magnitude* tertinggi saat frekuensi 0 Hz, frekuensi dengan *magnitude* tertinggi pertama, kedua, dan ketiga. K-NN adalah sebuah metode untuk melakukan klasifikasi terhadap objek berdasarkan data pembelajaran yang jaraknya paling dekat dengan objek tersebut. Didapatkan data suara pernapasan *wheeze* dan *non-wheeze* melalui perekaman langsung kepada subjek penderita asma dan tidak asma. Dari seluruh data suara yang didapatkan kemudian dilakukan segmentasi data untuk mengambil *event* pernapasan yang dibutuhkan kemudian dilakukan ekstraksi ciri untuk mendapatkan ciri matematis dari suara tersebut. Delapan puluh persen dari total keseluruhan data dilakukan pelatihan menggunakan metode *10 fold cross validation* dan didapatkan hasil pelatihan dengan kemampuan klasifikasi maksimum pada k=3 dan k=5 dengan validitas yang sama 97,2%. Untuk pengujian kinerja k-NN pada tahap akhir diperoleh kemampuan maksimum pengklasifikasian untuk k=3 adalah 86,6% dan k=5 adalah 86,6%.

**Kata kunci:** Asma, *fold cross validation*, *wheeze*.

---

#### ABSTRACT

*Asthma is a disease in the respiratory tract that causes an increase hyperresponsiveness in the respiratory and causes wheeze symptoms. The sound of wheeze breath is one of the characteristics that indicate a person has asthma. This research was conducted to create and test a system that can identify differences in wheeze respiratory voice traits in asthma and other respiratory patients with the k-Nearest Neighbors (k-NN) method. The sound features used are the average signal and the standard deviation in the time domain, the average spectrum, the standard deviation of spectrum, the highest magnitude at 0 Hz frequency, the frequency with the highest magnitude first, second, and third. k-NN is a method of classifying objects based on learning data closest to them. Obtained wheeze and non-wheeze respiratory voice data through live recording to subjects with asthma and not asthma. From all the sound data obtained then segmentation of the data to take the respiratory event needed then carried out the extraction of features to get the mathematical characteristics of the sound. 80% of the total data was conducted using the 10 fold cross validation method and was reviewed with maximum classification capabilities at k=3 and k=5 with the same validity of 97.2%. For k-NN performance testing at the final stage obtained the maximum classification capability for k=3 is 86.6% and k=5 is 86.6%.*

**Key words:** Asthma, *fold cross validation*, *wheeze*.

---

## PENDAHULUAN

Asma adalah penyakit inflamasi (radang) kronik saluran napas menyebabkan peningkatan hiperesponsif jalan napas yang menimbulkan gejala episodik berulang berupa mengi/*wheeze* (napas berbunyi ngik-ngik), sesak napas, dada terasa berat dan batuk-batuk (Dusi, 2009). Bunyi napas *wheeze* pada paru-paru, merupakan salah satu ciri yang menandakan seseorang menderita asma. Penggunaan stetoskop sebagai alat bantu diagnosis cenderung sangat subyektif. Hasil diagnosis dokter sangat tergantung dari kepekaan telinga dan pengalaman yang bersangkutan. Menurut dokter umum yang bertugas di Puskesmas Sikur yakni dr Faried Wajdy mengatakan dengan adanya suatu sistem yang dapat mengenali suara pernapasan pada pasien penderita gangguan pernapasan akan sangat membantu tenaga medis untuk mengenali suara pernapasan, juga selain itu untuk beberapa kasus penyakit kesehatan menular, dokter tidak perlu kontak dengan pasien untuk mendiagnosis penyakit pernapasan.

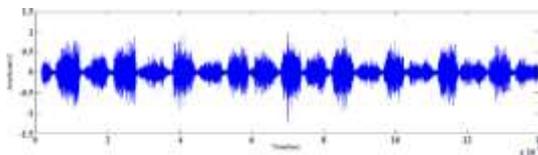
Dengan adanya suatu sistem yang dapat mengenali suara pernapasan paru pada manusia diharapkan dapat membantu tenaga medis untuk memperoleh hasil yang bersifat objektif. Sehingga peneliti ingin mengkaji suara pernapasan *wheeze* pada pernapasan asma dan suara pernapasan lainnya. Tujuan penelitian ini yaitu untuk membuat serta menguji suatu sistem yang dapat mengidentifikasi perbedaan ciri suara pernapasan *wheeze* pada pasien asma dan pernapasan lainnya dengan metode k-Nearest Neighbors. Metode k-NN adalah sebuah metode klasifikasi objek berbasis kedekatan data yang diuji dengan data latih.

## KAJIAN PUSTAKA

Penelitian untuk menganalisis/mengkaji suara pernapasan manusia telah banyak dilakukan, yang mana pada penelitian tersebut adalah untuk membuktikan bahwa adanya informasi yang dibawa oleh pernapasan tentang apa yang terjadi dalam tubuh manusia. Beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan memanfaatkan suara pernapasan adalah untuk membuktikan bahwa subjek memiliki pernapasan normal atau abnormal

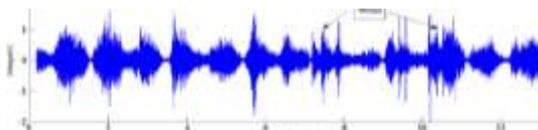
seperti pada penelitian (Kemalasari, 2016), (Islam, 2018), dan (Kuruma, 2010). Hingga mengkaji karakteristik dari suara pernapasan abnormal (Maulidin, 2018). Namun pada penelitian yang telah dilakukan tersebut, sebagian besar hanya mengkaji pola suara pernapasan saja yang mana data yang didapatkan tersebut tidak dikelompokkan menjadi beberapa kelompok pola pernapasan.

Suara pernapasan paru-paru pada manusia normal (vesikuler) terdengar di semua lapang paru yang normal, bersifat halus, nada rendah, inspirasi lebih panjang dari ekspirasi (Gadge and Rode, 2018). Berikut pada Gambar 1 merupakan gambar pernapasan manusia normal pada penelitian Gadge PB dan Rode SV (2018).



Gambar 1. Pernapasan paru normal dalam domain waktu

Suara pernapasan pada paru-paru penderita asma yakni bersifat kasar, nada tinggi, frekuensi napas yang tinggi, dan terdapat suara mengi atau *wheeze* (Gadge and Rode, 2018). Berikut pada Gambar 2 merupakan gambar pernapasan manusia penderita asma pada penelitian Gadge PB dan Rode SV (2018).



Gambar 2. Pernapasan paru penderita asma dalam domain waktu

### a. *k*-Nearest Neighbors

k-NN merupakan algoritma yang berfungsi untuk melakukan klasifikasi suatu data berdasarkan data pembelajaran (train data sets), yang diambil dari k tetangga terdekatnya (nearest neighbors). Dengan k merupakan banyaknya tetangga terdekat. Langkah-langkah untuk menghitung k-NN antara lain:

1. Menentukan parameter k
2. Menghitung jarak anatar data yang akan dievaluasi dengan semua pelatihan
3. Mengurutkan jarak yang terbentuk
4. Menentukan jarak terdekat sampai urutan k

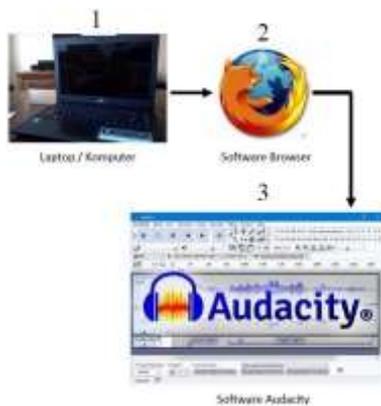


dengan perangkat komputer. Alat akan bekerja dengan meletakkan chestpiece pada bagian tubuh yang akan diambil suaranya. Chestpiece menangkap sinyal akustik dari suara kemudian disalurkan melalui tube dan ditangkap oleh mikrofon kondenser dan dihubungkan ke soundcard v8 dan kemudian dihubungkan ke laptop.



Gambar 5. Alat pengambilan data suara

Perangkat yang digunakan untuk pengambilan data sekunder melalui internet ialah menggunakan laptop atau komputer. Pada tahapan ini, dilakukan proses perekaman suara pernapasan menggunakan software audacity pada website penyedia lung sound atau suara pernapasan paru-paru manusia. Berikut merupakan ilustrasi perekaman suara pernapasan melalui website yang dapat dilihat pada Gambar 6.

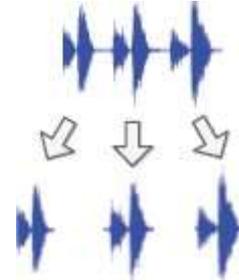


Gambar 6. Perangkat pengambilan data sekunder

b. Preprocessing

Pada tahapan preprocessing ini, data hasil pengambilan suara baik itu yang diambil secara langsung pada pasien hidup atau yang diambil melalui internet, di process melalui audacity untuk dilakukan

proses segmentasi suara pernapasan. Segmentasi pernapasan ini dilakukan untuk memotong suara pernapasan ke dalam beberapa frame kecil agar mudah untuk di proses. Sinyal pernapasan akan dipotong berdasarkan satu putaran pernapasan. Ilustrasi segmentasi sinyal dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Ilustrasi segmentasi sinyal

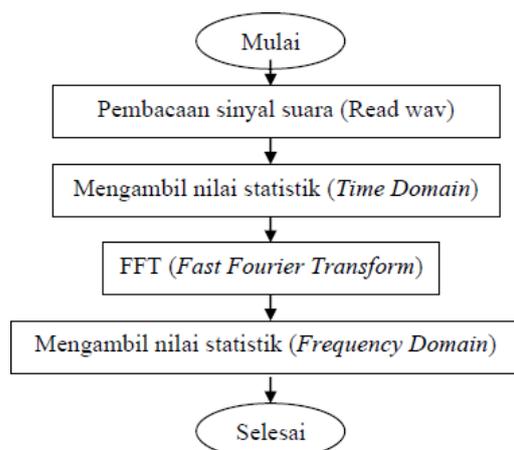
Setelah melakukan segmentasi kemudian menyimpan file data suara kedalam satu folder. Penyimpanan file suara kedalam satu folder dilakukan agar pembacaan file suara dapat dilakukan secara bersamaan sekaligus. File data suara akan disimpan dalam bentuk \*.wav dengan nilai kuantisasi 24 bit dan nilai sampling rate 44100 Hz dengan software audacity.

Kemudian data yang sudah dikumpulkan melalui hasil segmentasi kemudian dilakukan validasi ulang oleh minimal 3 orang tenaga medis untuk membuktikan bahwa data suara yang telah didapatkan adalah benar sesuai dengan data realnya.

c. Ekstraksi Ciri

Ekstraksi ciri data suara merupakan tahap lanjutan untuk mengolah suara pernapasan yang telah didapat. Estraksi ciri data suara dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Octave 5.2. Ekstraksi ciri data suara memiliki 4 tahapan utama yakni (1) Membaca seluruh file wav dalam satu folder, (2) Mengambil nilai statistik data suara dalam domain waktu yakni rata-rata sinyal dan standar deviasi sinyal, (3) Mentransformasi file wav kedalam bentuk domain frekuensi dengan metode *Fast Fourier Transform* (FFT), (4) Mengambil nilai statistik data suara yang dibutuhkan dalam domain frekuensi diantaranya rata-rata spektrum, standar deviasi spektrum, *magnitude* pada saat frekuensi 0Hz, Frekuensi dengan *magnitude* tertinggi pertama, kedua, dan ketiga. Berikut

merupakan alur pemrosesan ekstraksi ciri data suara dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Alur ekstraksi ciri data suara

#### d. Training Data

Pelatihan data diperlukan pada penelitian ini agar sistem dapat mengenali dengan akurat data baru yang masuk ke sistem sehingga dapat memberikan output sistem yang akurat juga. Pada tahap ini terdapat tiga form utama untuk penelitian diantaranya adalah *k-fold cross validation*, uji akurasi, dan prediksi KNN. Metode *k-fold cross validation* dan uji akurasi digunakan untuk mengetahui nilai *k* optimal.

#### e. Testing

Uji akurasi ini digunakan untuk mengetahui ketepatan dari nilai *k* terbaik yang didapatkan dari proses sebelumnya yaitu *k-fold cross validation*. Perhitungan pada proses ini ialah dengan membandingkan antara data real dan hasil prediksi menggunakan KNN. Untuk uji akurasi ini data training yang digunakan sebanyak 120 data dan 30 data digunakan sebagai data uji akurasi ketepatan dari nilai *k* terbaik dari proses *k-fold cross validation*. Data uji yang baik untuk digunakan ialah 20% dengan 80% sebagai data training (Phil Kim, 2007). Perbandingan ini merupakan perbandingan yang baik untuk meminimalisir terjadinya overfitting yang dapat mempengaruhi rusaknya performance system

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### a. Perekaman Data Suara

Pada Tabel 1 ditunjukkan data hasil perekaman suara yang dilakukan pada subjek penderita penyakit asma. Didapatkan 6 data suara pernapasan dari 6

subjek. Durasi perekaman dilakukan berbeda-beda tergantung dari data suara yang dibutuhkan, apabila event suara yang dibutuhkan sudah cukup didapatkan pada satu subjek maka perekaman suara dihentikan, namun apabila event suara yang dibutuhkan dirasa masih kurang maka perekaman suara terus dilakukan hingga dirasa cukup.

Sebelum melakukan perekaman suara pada subjek, tenaga medis menjelaskan pada peneliti bahwa pasien yang akan menjadi subjek penelitian adalah benar menderita asma. Setelah itu peneliti akan meminta izin kepada pasien atau keluarga pasien untuk boleh atau tidaknya dilakukan pengambilan data. Setelah diperbolehkan melakukan pengambilan data, kemudian tenaga medis menjelaskan kepada peneliti bagaimana cara melakukan lung auscultasy yang benar dan dilakukan pengambilan data atau perekaman suara napas. Hasil perekaman suara napas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data suara hasil perekaman

| No | Subjek / Sbr Data | Data Hasil Perekaman | Durasi |
|----|-------------------|----------------------|--------|
| 1  | P1                |                      | 3m 35s |
| 2  | P2                |                      | 3m 35s |
|    |                   |                      | 2m 45s |
| 3  | P3                |                      | 5m 25s |
|    |                   |                      | 1m 50s |
| 4  | P4                |                      | 26s    |
| 5  | P5                |                      | 1m 31s |
| 6  | P6                |                      | 3m 50s |

### b. Segmentasi Data Suara

Setelah dilakukan segmentasi data suara baik itu data suara hasil perekaman data secara langsung pada subjek penderita asma ataupun data suara yang didapatkan melalui website penyedia data suara pernapasan, kemudian didapatkan total 150 data suara yang mana 75 data suara *wheeze* dan 75 data suara *non-wheeze*.

Tabel 2. Data suara hasil segmentasi

| 150 total data suara |         |
|----------------------|---------|
| Wheeze               | 75 data |
| Non-Wheeze           | 75 data |

c. Validasi Data Suara

Data suara hasil perekaman pada subjek di Puskesmas Sikur setelah dilakukan segmentasi kemudian perlu untuk divalidasi atau diperiksa kembali oleh tenaga medis. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kebenaran dari data suara hasil perekaman. Pada tahap ini, validasi data suara dilakukan dengan mendengarkan ulang seluruh data suara hasil perekaman pada subjek di Puskesmas Sikur oleh 3 orang tenaga medis. Data suara yang dianalisa oleh tenaga medis ialah data suara wheeze, vesicular, dan ronchi. Hasil validasi data suara didapatkan oleh ketiga tenaga medis dinyatakan benar.

d. Training Data

Training data dilakukan dengan 10 fold cross validation dan melakukan k-NN untuk nilai k=1, k=3, k=5, k=7, k=9, k=11, k=13, k=15, k=17, k=19. Namun sebelum itu, dilakukan pengacakan data.

Tabel 3. Hasil pengacakan data

| Fold 1 | Fold 2  | Fold 3  | Fold 4  | Fold 5  | Fold 6  | Fold 7  | Fold 8  | Fold 9  | Fold 10 |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| W (1)  | W (7)   | W (13)  | W (19)  | W (25)  | W (31)  | W (37)  | W (43)  | W (49)  | W (55)  |
| W (2)  | W (8)   | W (14)  | W (20)  | W (26)  | W (32)  | W (38)  | W (44)  | W (50)  | W (56)  |
| W (3)  | W (9)   | W (15)  | W (21)  | W (27)  | W (33)  | W (39)  | W (45)  | W (51)  | W (57)  |
| W (4)  | W (10)  | W (16)  | W (22)  | W (28)  | W (34)  | W (40)  | W (46)  | W (52)  | W (58)  |
| W (5)  | W (11)  | W (17)  | W (23)  | W (29)  | W (35)  | W (41)  | W (47)  | W (53)  | W (59)  |
| W (6)  | W (12)  | W (18)  | W (24)  | W (30)  | W (36)  | W (42)  | W (48)  | W (54)  | W (60)  |
| NW (1) | NW (7)  | NW (13) | NW (19) | NW (25) | NW (31) | NW (37) | NW (43) | NW (49) | NW (55) |
| NW (2) | NW (8)  | NW (14) | NW (20) | NW (26) | NW (32) | NW (38) | NW (44) | NW (50) | NW (56) |
| NW (3) | NW (9)  | NW (15) | NW (21) | NW (27) | NW (33) | NW (39) | NW (45) | NW (51) | NW (57) |
| NW (4) | NW (10) | NW (16) | NW (22) | NW (28) | NW (34) | NW (40) | NW (46) | NW (52) | NW (58) |
| NW (5) | NW (11) | NW (17) | NW (23) | NW (29) | NW (35) | NW (41) | NW (47) | NW (53) | NW (59) |
| NW (6) | NW (12) | NW (18) | NW (24) | NW (30) | NW (36) | NW (42) | NW (48) | NW (54) | NW (60) |

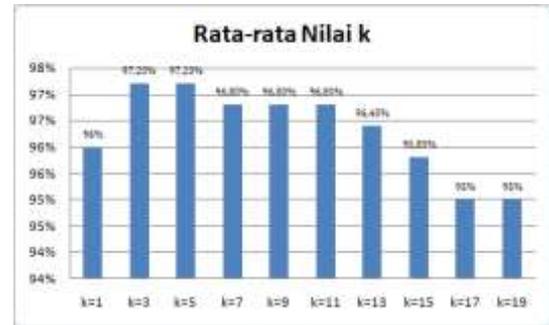
Keterangan:

W = Wheeze

NW = Non-Wheeze

Setelah melakukan pengacakan data menjadi 10 kelas, selanjutnya melakukan k-

fold cross validation yang mana masing-masing fold menjadi data uji dan kesembilan fold lainnya menjadi data latih. Sehingga hasil latihan sistem ini dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Rata-rata nilai k hasil k fold CV

Dari Gambar 9 diketahui bahwa nilai rata-rata nilai k hasil k-fold CV dengan kemampuan klasifikasi maksimum terdapat pada nilai k=3 dan k=5 dengan rata-rata validitas mencapai 97,2%. Sehingga k=3 dan k=5 digunakan untuk pengujian sistem. Dapat diamati juga bahwa semakin besar nilai k yang digunakan untuk sistem ini, akan membuat semakin kecil pula unjuk kerja dari sistem ini. Namun juga perlu diingat bahwa untuk nilai k=1 memiliki akurasi yang rendah.

e. Hasil Uji Coba

Uji coba dilakukan menggunakan 30 data uji yang sebelumnya belum pernah digunakan untuk latihan data, dan digunakan juga 120 data latih yang telah digunakan latihan. 30 data uji tersebut terdiri dari 15 data pernapasan wheeze dan 15 pernapasan Non-Wheeze. Dilakukan dua percobaan yakni pada saat k=3 dan pada saat k=5 dikarenakan pada hasil pelatihan menggunakan k-fold CV didapatkan kedua nilai tersebut yang menunjukkan hasil paling maksimum diantara k yang lainnya. Kemudian hasil uji sistem untuk k=3 dan k=5 dapat dilihat pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4 merupakan hasil uji coba k-NN menunjukkan bahwa dari 30 data yang di uji, untuk k=3 terdapat 26 data berhasil diklasifikasi dengan benar, dan untuk k=5 juga sama yakni terdapat 26 data berhasil diklasifikasi dengan benar dan 4 data gagal diklasifikasi dengan benar. Ini menunjukkan performa sistem dapat melakukan klasifikasi data suara menggunakan metode k-NN dengan k=3

dan k=5 adalah sama yakni mencapai 86,6 %.

Tabel 4. Hasil uji coba sistem

| Data Uji        | Data real  | Hasil prediksi k-NN |            |
|-----------------|------------|---------------------|------------|
|                 |            | K=3                 | K=5        |
| Wheeze (61)     | Wheeze     | Wheeze              | Wheeze     |
| Wheeze (62)     | Wheeze     | Wheeze              | Wheeze     |
| Wheeze (63)     | Wheeze     | Wheeze              | Wheeze     |
| Wheeze (64)     | Wheeze     | Wheeze              | Wheeze     |
| Wheeze (65)     | Wheeze     | Wheeze              | Wheeze     |
| Wheeze (66)     | Wheeze     | Wheeze              | Wheeze     |
| Wheeze (67)     | Wheeze     | Wheeze              | Wheeze     |
| Wheeze (68)     | Wheeze     | Wheeze              | Wheeze     |
| Wheeze (69)     | Wheeze     | Wheeze              | Wheeze     |
| Wheeze (70)     | Wheeze     | Wheeze              | Wheeze     |
| Wheeze (71)     | Wheeze     | Wheeze              | Wheeze     |
| Wheeze (72)     | Wheeze     | Wheeze              | Wheeze     |
| Wheeze (73)     | Wheeze     | Wheeze              | Wheeze     |
| Wheeze (74)     | Wheeze     | Wheeze              | Wheeze     |
| Wheeze (75)     | Wheeze     | Wheeze              | Wheeze     |
| Non-Wheeze (61) | Non-Wheeze | Non-Wheeze          | Non-Wheeze |
| Non-Wheeze (62) | Non-Wheeze | Non-Wheeze          | Non-Wheeze |
| Non-Wheeze (63) | Non-Wheeze | Non-Wheeze          | Non-Wheeze |
| Non-Wheeze (64) | Non-Wheeze | Non-Wheeze          | Non-Wheeze |
| Non-Wheeze (65) | Non-Wheeze | Non-Wheeze          | Non-Wheeze |
| Non-Wheeze (66) | Non-Wheeze | Non-Wheeze          | Non-Wheeze |
| Non-Wheeze (67) | Non-Wheeze | Wheeze              | Wheeze     |
| Non-Wheeze (68) | Non-Wheeze | Wheeze              | Wheeze     |
| Non-Wheeze (69) | Non-Wheeze | Wheeze              | Wheeze     |
| Non-Wheeze (70) | Non-Wheeze | Wheeze              | Wheeze     |
| Non-Wheeze (71) | Non-Wheeze | Non-Wheeze          | Non-Wheeze |
| Non-Wheeze (72) | Non-Wheeze | Non-Wheeze          | Non-Wheeze |
| Non-Wheeze (73) | Non-Wheeze | Non-Wheeze          | Non-Wheeze |
| Non-Wheeze (74) | Non-Wheeze | Non-Wheeze          | Non-Wheeze |
| Non-Wheeze (75) | Non-Wheeze | Non-Wheeze          | Non-Wheeze |

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan untuk menguji performa k-NN dalam mengklasifikasikan data suara pernapasan wheeze dan pernapasan non-wheeze dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai k hasil pelatihan menggunakan k-fold CV menunjukkan kemampuan klasifikasi maksimum terdapat pada nilai k=3 dan k=5 dengan kemampuan mencapai 97,2%.

Kinerja k-NN untuk mengenali dan mengklasifikasikan suara pernapasan wheeze pada pasien asma dengan pernapasan selain wheeze untuk k=3 menunjukkan kemampuan 86,6% dan k=5 juga menunjukkan kemampuan yang sama yakni 86,6%.

## REFERENSI

- [1]. Dusi, H., 2009, Warta RSUD dr. H. Soemarno Sosroatmojo Kuala Kapuas No. 4 Tahun III, p. 7-8.
- [2]. Kemalasari., Wijayanto, Ardik., and Joko, Pramitra., 2016, Deteksi Kelainan Parenkim Paru Berdasarkan Power Spectra Density Suara Paru Dengan Metode Welch, Jurnal Biomedical Engineering, p. 428-433.
- [3]. Islam, Md. Ariful., Bandyopadhyaya, Irin., Bhattacharyya, Parthasarathi., and Saha, Goutam., 2018, Multichannel lung sound analysis for asthma detection, Computer Methods and Programs in Biomedicine, p. 2-18.
- [4]. Kuruma, Artiarini., Kemalasari., and Wijayanto, Ardik., 2010, Rancang Bangun Deteksi Suara Paru-Paru Dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagasi Untuk Mendeteksi Penyakit Asma.
- [5]. Maulidin, Lalu Moh. Hasbi., and Amirulloh, Yusuf Aziz., 2018, Analisis Spektral Suara Pernapasan Abnormal Pada Anak-Anak Penderita Pneumonia.
- [6]. Gadge, PB., and Rode, SV., 2016, Automatic Wheeze Detection System as Symptoms of Asthma Using Spectral Power Analysis, Journal of Bioengineering and Biomedical Science, Vol. 6, No. 3, p. 1-5.
- [7]. James, Gareth., Witten, Daniela., Hastie, Trevor., and Tibshirani, Robert., 2013, An Introduction to Statistical Learning with Applications in R, p. 183- 185.
- [8]. Kim, Phil., 2017, Matlab Deep Learning, p. 1-13, Soul-t'ukpyolsi, Seoul, Korea.