

Sistem Pakar Mendiagnosis Penyakit Paru Obstruktif Kronis Pada Saluran Pernapasan Menggunakan Metode Teorema Bayes

Wendy Japet Sola Siahaan¹, Widiarti Rista Maya², Hafizah³

^{1,2,3} Sistem Informasi, Stmik Triguna Dharma

Email: ¹wendysiahaan085@gmail.com, ²widiartirm87@gmail.com, ³hafizah22isnartiilyas@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: wendysiahaan085@gmail.com

Abstrak

Penyakit Paru Obstruktif Kronis (PPOK) merupakan kondisi kronis pada sistem pernapasan yang ditandai dengan penyumbatan saluran udara yang terus-menerus, memburuk seiring waktu, dan terkait dengan peradangan kronis yang dipicu oleh gas atau zat berbahaya. Indonesia memiliki tingkat kejadian PPOK yang signifikan, menjadi salah satu penyebab utama kematian di negara ini. Kurangnya pemahaman masyarakat terhadap PPOK seringkali menyebabkan keterlambatan dalam deteksi dan pengolahan yang optimal. Proses diagnosa manual yang memakan waktu dan akses terbatas ke layanan kesehatan mengakibatkan perlunya sistem yang dapat mengolah informasi secara cepat dan memberikan keputusan medis yang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pakar yang mampu mendiagnosis PPOK pada saluran pernapasan menggunakan Metode Teorema Bayes. Sistem pakar ini diharapkan dapat meningkatkan aksesibilitas informasi kesehatan, mengurangi kebutuhan perjalanan ke pusat layanan kesehatan, dan menyediakan alternatif yang efisien dan nyaman bagi individu yang mencari informasi terkait kondisi kesehatan mereka. Metode Teorema Bayes digunakan untuk menghitung probabilitas seseorang menderita PPOK berdasarkan gejala yang terjadi. Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat memberikan layanan konsultasi yang membantu dalam mendiagnosis PPOK berdasarkan gejala yang dialami masyarakat, sehingga dapat digunakan sebagai diagnosa awal sebelum melakukan pemeriksaan intensif.

Kata Kunci: PPOK, Sistem Pakar, Metode Teorema Bayes.

Abstract

Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) is a chronic condition of the respiratory system characterized by persistent airway obstruction, which worsens over time, and is associated with chronic inflammation triggered by gases or harmful substances. Indonesia has a significant incidence of COPD, making it one of the leading causes of death in the country. A lack of public understanding of COPD often leads to delays in detection and optimal management. The time-consuming nature of manual diagnosis processes and limited access to healthcare services necessitate a system that can quickly process information and provide accurate medical decisions. This research aims to develop an expert system capable of diagnosing COPD in the respiratory tract using the Bayes' Theorem Method. This expert system is expected to enhance access to health information, reduce the need for travel to healthcare centers, and provide an efficient and convenient alternative for individuals seeking information about their health conditions. Bayes' Theorem Method is used to calculate the probability of an individual having COPD based on the symptoms they experience. This system is anticipated to offer consultation services to assist in diagnosing COPD based on the symptoms experienced by the community, thus serving as an initial diagnosis before undergoing intensive examinations.

Keywords: PPOK, Expert Systems, Bayes Theorem Method

1. PENDAHULUAN

Penyakit Paru Obstruktif Kronis (PPOK) merupakan kondisi kronis pada sistem pernapasan yang bisa dihindari dan diatasi, hal ini ditandai dengan penyumbatan yang terus-menerus pada saluran udara, umumnya memburuk seiring waktu, dan terkait dengan peradangan kronis pada saluran pernapasan yang dipicu oleh gas atau zat tertentu. Didefinisikan sebagai Penyakit Paru Obstruktif Kronis jika pernah mengalami sesak napas yang bertambah ketika beraktivitas dan bertambah dengan meningkatnya usia disertai batuk berdahak atau pernah mengalami sesak napas disertai batuk berdahak[1].

Penyakit Paru Obstruktif Kronis menjadi masalah utama di banyak Negara, terutama faktor resiko utama seperti merokok, polusi udara, dan paparan zat berbahaya. Fenomena ini mencerminkan perubahan gaya hidup dan faktor lingkungan yang berdampak negatif pada kesehatan masyarakat. Penyakit Paru Obstruktif Kronis menyebabkan gangguan fungsi paru dan gejala seperti sesak napas yang membatasi aktivitas sehari-hari.

Indonesia memiliki tingkat kejadian Penyakit Paru Obstruktif Kronis yang signifikan. Berdasarkan data Riset Kesehatan Dasar tahun 2013, pada tahun 2007, kematian akibat Penyakit Paru Obstruktif Kronis di Indonesia menempati peringkat keenam dari sepuluh penyebab kematian utama, dengan prevalensi rata-rata Penyakit Paru Obstruktif sebesar 3,7%, jika faktor resiko yang terkait dengan penyakit Paru Obstruktif Kronis tidak diidentifikasi dan dikelola secara efektif, diperkirakan jumlah kasus Penyakit Paru Obstruktif Kronis akan terus meningkat. Oleh karena itu, pengetahuan mengenai faktor resiko Penyakit Paru Obstruktif Kronis sangat penting[2].

Kurangnya pemahaman masyarakat terhadap penyakit paru obstruktif kronis mengakibatkan keterlambatan dalam mendeteksi dan pengolahan yang optimal terhadap kondisi penyakit paru obstruktif kronis. Proses diagnosa manual seringkali memakan waktu, terutama jika melibatkan banyak informasi dan pengujian, apalagi kendala dalam membuat kunjungan langsung ke dokter terasa jauh dan sulit diakses, sistem pakar dapat mengolah informasi secara cepat,

memberikan potensi dalam waktu singkat dan membantu mempercepat proses pengambilan keputusan medis. Sistem pakar merupakan cabang kecerdasan buatan yang menggunakan pengetahuan/knowledge khusus untuk memecahkan masalah pada level human/expert[3]. salah satu penerapan sistem pakar dalam bidang kedokteran adalah untuk mendiagnosa penyakit. Teknologi Sistem pakar ini menghadirkan inovasi yang memungkinkan individu untuk melakukan diagnosa kesehatan secara online melalui web, memberikan fasilitas layanan tanpa perlu melakukan kunjungan langsung ke rumah sakit, keunggulan sistem pakar ini terletak pada kemampuannya meningkatkan aksesibilitas informasi kesehatan, mengeliminasi kebutuhan perjalanan ke pusat pelayanan kesehatan, dan memberikan alternatif efisien dan nyaman bagi individu yang mencari informasi terkait kondisi kesehatan mereka. dengan demikian, penerapan sistem pakar dalam proses diagnosa secara online diharapkan dapat memberikan dampak positif dalam mendukung kemudahan dan kenyamanan bagi pengguna.

Berdasarkan penelitian sebelumnya analisa dari permasalahan yang terjadi dengan kasus yang dibahas tentang penyakit paru obstruktif kronis (PPOK) dengan menerapkan Metode Dhamster Shafer dalam Mendiagnosa Penyakit Paru Obstruktif Kronis, pengembangan sistemnya menggunakan Visual Basic, sedangkan penelitian ini tentang Penyakit Paru Obstruktif Kronis menggunakan Metode Teorema Bayes dan pengembangan sistem menggunakan pemrogramannya berbasis web[4].

Metode Teorema Bayes adalah Metode yang menerapkan aturan yang dihubungkan dengan nilai probabilitas atau kemungkinan untuk menghasilkan suatu keputusan informasi yang tepat berdasarkan penyebab yang terjadi. Dalam dunia medis Teorema Bayes dapat menghitung probabilitas bahwa seseorang menderita suatu penyakit berdasarkan hasil tes diagnosis[5].

Dengan adanya sistem pakar ini diharapkan nantinya dapat dijadikan layanan konsultasi untuk membantu dalam mendiagnosa jenis penyakit paru obstruktif kronis berdasarkan gejala-gejala yang terjadi pada Masyarakat, sehingga dapat digunakan dalam pengambilan kesimpulan diagnosa awal sebelum melakukan pemeriksaan intensif.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Metodologi penelitian merupakan suatu pendekatan untuk memperoleh pemahaman tentang hasil suatu permasalahan tertentu, yang juga dikenal sebagai permasalahan penelitian. Dalam metodologi ini, peneliti memanfaatkan berbagai kriteria untuk menyelesaikan permasalahan penelitian yang spesifik. Beberapa sumber Mengi ditandai dengan suara napas yang berdesis ndikasikan bahwa berbagai jenis metode digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

Metode penelitian dalam penerapan Sistem Pakar Mengi ditandai dengan suara napas yang berdesis dentifikasi penyakit pada Manusia, Penyakit Paru Obstruktif Kronis dengan menggunakan metode *Teorema Bayes* terdapat dua bagian, yaitu teknik pengumpulan data dan studi pustaka. Berikut metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan 2 cara, berikut merupakan uraian yang digunakan.

1. Wawancara

Pengumpulan data dengan melakukan tanya jawab langsung dengan Narasumber yaitu pakar di Rumah Sakit Khusus Paru Medan, Yaitu Bapak dr. Simion Sembiring Sp.P.FISR

2. Teknik Observasi.

Pengumpulan data tersebut dilakukan dengan melakukan tinjauan langsung ke tempat studi kasus dimana akan dilakukan penelitian yaitu di Rumah Sakit Khusus Paru Medan. Dari proses pengumpulan data yang dilakukan diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 1. Data Penyakit Dan Gejala Penyakit Paru Obstruktif Kronis.

No	Nama Penyakit	Gejala
1	Bronkitis Kronis	Batuk disertai lendir berwarna kuning, hijau atau putih Mengi ditandai dengan suara napas yang berdesis Nyeri Dada Mudah lelah meski tidak beraktifitas terlalu aktif Sesak nafas pada saat berbaring Hidung Tersumbat Sakit kepala berlangsung tiba-tiba Kuku, bibir atau kulit berwarna kebiruan

2	Bronkiektasis	Batuk disertai lendir bewarna kuning,hijau atau putih. Batuk berdarah Inpeksi saluran pernapasan ditandai perih pada tenggorokan atau dada Mengi ditandai dengan suara napas yang berdesis Sesak nafas pada saat berbaring Nyeri dada Nyeri otot Napas berbau Berat badan turun Mudah lelah meski tidak beraktifitas terlalu aktif Demam tinggi (diatas 39 C) Berkeringat dimalam hari Perubahan bentuk pada ujung kuku jari
3	Emfisema	batuk yang persisten selama berbulan-bulan Mengi ditandai dengan suara napas yang berdesis Mudah lelah meski tidak beraktifitas terlalu aktif Berat badan turun Nafsu makan menurun

3. Studi Kepustakaan (*Library Research*)

Studi Pustaka merupakan teknik pengumpulan data dengan melakukan penelaahan terhadap buku, *literature*, catatan, serta berbagai laporan yang berkaitan dengan masalah yang ingin dipecahkan. Dalam penelitian juga diperlukan referensi-referensi yang mendukung dalam proses penelitian. Pada penelitian ini diambil dari beberapa sumber yang terdiri dari : 16 jurnal yang diharapkan dengan menggunakan beberapa referensi tersebut dapat membantu penelitian ini.

2.2 Penyakit Paru Obstruktif Kronis

Sistem pernapasan yang melibatkan paru-paru, memiliki fungsi dalam tubuh manusia yaitu paru paru bertanggung jawab untuk mengambil oksigen dari udara yang kita hirup.selain mengambil oksigen, paru-paru juga bertugas untuk mengeluarkan karbondioksida, paru paru mengandung *alveoli*, yaitu kantung udarakecil didalam paru paru yang berfungsi sebagai tempat pertukaran gas, disini oksigen dari udara yang dihirup masuk ke dalam darah dan karbondioksida dari darah keluar kedalam udara yang dikeluarkan.

Penyakit Paru Obstruktif Kronis (PPOK) adalah suatu penyakit pernapasan umum yang mendunia dan dapat dicegah serta diobati dengan karakteristik berupa adanya hambatan aliran udara dan gejala pernapasan yang persisten berhubungan dengan ketidaknormalan udara atau alveolar yang disebabkan oleh paparan gas atau partikel yang berbahaya .

Faktor utama yang meningkatkan resiko terkena Penyakit Paru Obstruktif Kronis adalah paparan asap rokok, baik dari perokok aktif maupun pasif. Selain itu, resiko Penyakit Paru Obstruktif Kronis terkait dengan sejarah terpapar polusi udara diluar rumah seperti debu, bahan kimia, asap dilingkungan kerja, polusi udara didalam ruangan, faktor genetik, ketidaknormalan perkembangan paru-paru, usia dan hiperaktivitas *bronkus*[6].

2.2.1 Bronkitis Kronis

Bronkitis Kronis merupakan suatu gangguan klinis yang ditandai oleh pembentukan mukus yang meningkat dan bermanifestasi sebagai batuk kronik. Bronkitis Kronis adalah kelainan saluran napas yang ditandai oleh batuk *kronik* berdahak minimal 3 bulan dalam setahun, sekurang kurangnya dua tahun berturut-turut, tidak disebabkan penyakit lainnya[7].

2.2.2 Emfisema

Emfisema merupakan perubahan struktural pada jaringan paru-paru yang ditandai oleh perluasan *alveolus* dan duktus *alveolaris*, serta kerusakan pada dinding alveolar. Gejala dari emfisema, kesulitan bernafas apalagi saat beraktivitas, batuk yang berlangsung lama dan dapat menjadi semakin parah, asap rokok membuat penyebab utama terkena emfisema[8].

2.2.3 Bronkiektatis

Bronkiektatis adalah suatu penyakit kronis pada saluran napas yang ditandai dengan pembesaran yang tidak normal dan permanen, disertai dengan kerusakan pada dinding bronkus.daerah yang terkena cenderung mengalami berbagai perubahan, termasuk *inflamasi transmura*, pembengkakan *mukosa* (bronkiektatis *slindris*), ulerasi (bronkiektatis *kistik*) dengan neovaskularisasi, dan obstruksi berulang akibat infeksi. Proses ini menyebabkan perubahan dalam arsitektur dan fungsi dinding bronkus. *Bronkiektatis* sering kali dipicu oleh faktor-faktor seperti infeksi, kegagalan *drainase sekret*, obstruksi saluran napas dan gangguan pada mekanisme pertahanan individu[9].

2.3 Sistem Pakar

Sistem Pakar adalah sebuah sistem yang kinerjanya mengadopsi keahlian yang dimiliki seorang pakar dalam bidang tertentu kedalam sistem atau program komputer yang disajikan dengan tampilan yang dapat digunakan oleh pengguna yang bukan seorang pakar sehingga dengan sistem tersebut pengguna dapat membuat sebuah keputusan atau menentukan kebijakan layaknya seorang pakar [10].

Ada beberapa alasan mendasar mengapa pengembangan sistem pakar dilakukan sebagai pengganti peran seorang pakar meliputi :

1. Sistem Pakar dapat menyimpan dan menerapkan pengetahuan dengan konsistensi tinggi setiap saat ,tanpa dipengaruhi oleh faktor-faktor kelelahan atau perubahan suasana hati.
2. Sistem Pakar dapat diakses kapan saja dan darimana saja ,tanpa bergantung pada ketersediaan fisik seorang pakar. Ini meningkatkan ketersediaan layanan berbasis pengetahuan.
3. Sistem Pakar ini dapat memberikan solusi atau rekomendasi dengan cepat,yang dapat meningkatkan efisiensi dalam pengambilan keputusan dan penyelesaian masalah.
4. Pengetahuan yang diimplementasikan dalam sistem pakar dapat dengan mudah didistribusikan dan diakses diberbagai lokasi atau masyarakat tanpa terkendala oleh batasan *geografis*

2.3.1 Keuntungan dan kelemahan Sistem Pakar

Pemanfaatan sistem pakar secara umum memberikan keuntungan yang bisa langsung dimanfaatkan oleh pengguna. Beberapa keuntungan dari pengguna Sistem Pakar mencakup :

1. Memberikan peluang kepada individu yang bukan spesialis dibidang tertentu untuk menyelesaikan tugas-tugas yang biasanya dilakukan oleh seorang ahli.
2. Mampu melakukan suatu proses dengan berulang .
3. Sistem pakar mampu menyimpan dan mengakumulasi pengetahuan serta keahlian yang dimiliki oleh para pakar.
4. Produktivitas dan keluaran sistem dapat ditingkatkan melalui penerapan sistem pakar.
5. Berkontribusi pada peningkatan tingkat kualitas
6. Mampu Menggali dan merawat keahlian yang dimiliki oleh para pakar.
7. Beroperasi dengan efektif didalam lingkungan yang berisiko atau berbahaya .
8. Memiliki kemampuan untuk mengakses basis pengetahuan .
9. Menyediakan tingkat keandalan dalam pelaksanaan tugas.
10. Peningkatan kemampuan secara keseluruhan pada sistem komputer.
11. Bersifat adaptif terhadap situasi yang melibatkan informasi yang tidak lengkap dan penuh ketidakpastian.
12. Meningkatkan kemampuan dalam menangani dan memecahkan masalah.
13. Efisien dalam menghemat waktu ketika keputusan dilakukan

Sistem Pakar juga mempunyai kelemahan selain banyaknya keuntungannya yang diberikan antara lain :Biaya yang diperlukan untuk menciptakan, merawat, dan mengembangkan sistem pakar cenderung tinggi.

Pengembangan sulit, terutama karena ketersediaan pakar dalam bidang tertentu dan kesulitan ekstraksi kepakaran dari manusia, sebab seringkali bagi seseorang pakar untuk menjelaskan secara rinci langkah-langkah yang mereka ambil dalam menangani masalah. Tidak dapat menjamin tingkat kebenaran 100% ,karena orang yang terlibat dalam pembuatan sistem pakar tidak selalu benar. oleh karena itu,pengujian yang cermat perlu dilakukan setelah pembuatan sistem pakar sebelum digunakan. Transfer pengetahuan dapat Pendekatan yang diambil oleh masing-masing pakar terhadap situasi atau masalah dapat bervariasi,meskipun semuanya mungkin benar. bersifat subjektif dan rentan terhadap bias. Kurangnya kepercayaan dari pengguna dapat menjadi hambatan dalam penerapan sistem pakar [11]

2.4 Teorema Bayes

Metode Teorema Bayes adalah sebuah teorema dengan dua penafsiran berbeda. Pada penafsiran Bayes, metode ini menyatakan tingkat kepercayaan subjektif yang harus berubah secara rasional ketika diperoleh petunjuk atau kasus baru yang dibandingkan dengan kasus-kasus yang telah lama terjadi. Probabilitas bayes merupakan salah satu cara dalam mengatasi suatu ketidakpastian data dengan menggunakan *formula* Bayes [12].

Teorema Bayes juga memandang sebuah tolak ukur sebagai variable yang menggambarkan sebuah pengetahuan awal tentang tolak ukur sebelum pengamatan dilakukan dan dinyatakan dalam suatu nilai yang disebut dengan distribusi prior. Kemudian setelah pengamatan dilakukan, informasi dalam distribusi prior kembali digabungkan dengan data sampel melalui Teorema Bayes.

Adapun algoritma dari penyelesaian dari metode Teorema Bayes yaitu sebagai berikut:

1. Mendefinisikan terlebih dahulu nilai probabilitas dari tiap evidence untuk setiap hipotesis berdasarkan data *sample* yang ada menggunakan rumus probabilitas *Bayes*.

$$P(H|E) = \frac{p(E|H).P(H)}{P(E)} \dots\dots\dots [2.1]$$

2. Menjumlahkan nilai probabilitas dari tiap *evidence* untuk masing-masing hipotesis berdasarkan data *sample*.

$$\sum_{Gn}^n k = 1 = G1 + \dots + Gn \dots\dots\dots[2.2]$$

3. Mencari nilai probabilitas hipotesis H tanpa memandang *evidence* apapun bagi masing-masing hipotesis.

$$P(Hi) = \frac{P(E|Hi)}{\sum_{k-n}^n} \dots\dots\dots[2.3]$$

4. Mencari nilai probabilitas hipotesis memandang *evidence* dengan cara mengalikan nilai probabilitas *evidence* awal dengan nilai-nilai probabilitas hipotesis tanpa mengandung *evidence* dan menjumlahkan perkalian bagi masing-masing hipotesis.

$$\sum_{k=1}^n = p(H1) * p(E|H1) + \dots + p(Hi) * p(E|Hi) \dots\dots\dots[2.4]$$

5. Mencari nilai p(Hi|E) atau probabilitas Hi benar jika diberikan *evidence* E.

$$P(Hi|Ei) = \frac{P(Hi * p(E|Hi))}{\sum_{k-n}^n} \dots\dots\dots[2.5]$$

6. Mencari nilai kesimpulan dari Teorema Bayes dengan cara mengalikan nilai probabilitas *evidence* awal atau p(E|Hi) dengan nilai hipotesis Hi benar jika diberikan *evidence* E atau p(Hi|E) dan menjumlahkan hasil perkalian.

$$\sum_{k=1}^n \text{ bayes} = \text{bayes } 1 + \dots + \text{Bayes } n \dots\dots\dots[2.6]$$

Secara umum Teorema Bayes dengan E kejadian dan hipotesis H dapat dituliskan dalam bentuk:

$$P(H_I | E) = \frac{P(E \cap H_I)}{\sum_I P(E \cap H_I)} = \frac{P(E|H_I)P(H_I)}{P(E)} \dots\dots\dots[2.7]$$

Sistem Pakar yang digunakan untuk mendiagnosa penyakit Paru Obstruktif kronis dengan menggunakan metode *Teorema Bayes*. Berikut kerangka kerja dari metode *Teorema Bayes*.



Gambar 1. Kerangka kerja Dari Metode Teorema Bayes

Kerangka kerja yang telah disusun dapat dijadikan pedoman dalam penerapan metode *Teorema Bayes* untuk menyelesaikan permasalahan tentang diagnosa penyakit Paru Obstruktif Kronis , berikut tahapan-tahapan dari kerangka kerja yang telah disusun:

1. Menentukan Jenis Penyakit Dan Jenis Gejala Penyakit

Berikut ini merupakan data tabel jenis penyakit dan jenis gejala penyakit yang dilakukan penelitian pra-riset sebelumnya, data tersebut akan digunakan untuk mendapatkan nilai probabilitas pada *Bayes*.

Tabel 2. Data Jenis-jenis Penyakit Paru Obstruktif Kronis.

No	Nama Penyakit	Kode Penyakit
1	Bronkitis Kronis	P01
2	Bronkiektatis	P02
3	Emfisema	P03

Tabel 3. Data Jenis-jenis Gejala Penyakit Paru Obstruktif Kronis.

No	Gejala Penyakit	Kode Gejala
1	Batuk disertai lendir bewarna kuning ,hijau,putih.	G01
2	Mengi ditandai dengan suara napas yang berdesis	G02
3	Nyeri dada	G03
4	Mudah lelah meski tidak beraktifitas terlalu aktif	G04
5	Sesak napas pada saat berbaring	G05
6	Hidung tersumbat	G06
7	Sakit kepala berlangsung tiba-tiba	G07
8	Kuku, Bibir, atau kulit bewarna kebiruan	G08
9	Batuk berdarah	G09
10	Inpeksi saluran pernapasan ditandai perih pada tenggorokan atau dada yang berulang	G10
11	Nyeri otot	G11
12	Nafas berbau	G12
13	Berat badan turun	G13
14	Demam tinggi (diatas 39 C)	G14
15	Berkeringat dimalam hari	G15
16	Perubahan bentuk pada kaki	G16
17	Nafsu makan menurun	G17
18	Batuk yang persisten selama berbulan-bulan	G18

Tabel 4. penanganan Penyakit Paru Obstruktif Kronis.

Kode Penyakit	Nama Penyakit	Penanganan
P01	Bronkitis Kronis	<ol style="list-style-type: none"> Hindari paparan terhadap polusi udara, asap, debu, bahan kimia, dan alergen yang dapat memperburuk gejala. Gunakan masker jika perlu saat berada di lingkungan dengan kualitas udara yang buruk. □ Berolahraga secara teratur dapat meningkatkan kekuatan dan daya tahan tubuh, serta membantu menjaga kesehatan paru-paru. Pilih aktivitas fisik yang ringan hingga sedang seperti berjalan, berenang, atau bersepeda. Menggunakan humidifier di rumah dapat membantu menjaga kelembapan udara, mengurangi iritasi saluran napas, dan mencegah kekeringan pada saluran pernapasan. Minum banyak air putih untuk menjaga tubuh tetap terhidrasi dan membantu mengencerkan dahak sehingga lebih mudah dikeluarkan.
P02	Bronkiektatis	<ol style="list-style-type: none"> Pursed-Lip Breathing: Bernapas melalui hidung dan mengeluarkan napas melalui mulut dengan bibir

		<p>dikerucutkan dapat membantu membuka saluran udara dan memudahkan pengeluaran lendir.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Huff Coughing: Teknik batuk khusus untuk membantu mengeluarkan lendir dari paru-paru. 3. Nebulizer: Menggunakan alat nebulizer untuk menghirup obat bronkodilator atau mukolitik yang membantu melebarkan saluran udara dan mengencerkan lendir. 4. Inhaler: Menggunakan inhaler yang diresepkan oleh dokter untuk membantu membuka saluran udara dan mengurangi peradangan.
P03	Emfisema	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hindari paparan terhadap asap rokok, polusi udara, debu, bahan kimia, dan alergen yang dapat memperburuk gejala. Gunakan masker jika perlu saat berada di lingkungan dengan kualitas udara yang buruk. 2. Diaphragmatic Breathing: Latihan pernapasan diafragma membantu memperkuat otot-otot pernapasan dan meningkatkan efisiensi pernapasan. 3. Hindari kontak dengan orang yang sedang sakit, cuci tangan secara teratur, dan pertimbangkan vaksinasi flu dan pneumonia untuk mencegah infeksi yang dapat memperburuk gejala emfisema. 4. Stres dapat memperburuk gejala emfisema. Cobalah teknik relaksasi seperti meditasi, yoga, atau pernapasan dalam untuk mengelola stres.

2. Menentukan Basis Aturan

Berdasarkan data kepakaran penyakit Paru Obstruktif Kronis pada tabel 3.1, dapat dibentuk basis aturan (*rule*), adapun daftar aturan (*rule*) yang dibentuk adalah sebagai berikut :

- Rule 1 :* IF G01 = Batuk disertai lendir berwarna kuning, hijau ,atau putih
 AND G02= Mengi ditandai dengan suara napas yang berdesis
 AND G03 = Nyeri dada
 AND G04= Mudah lelah meski tidak beraktifitas terlalu aktif
 AND G05= Sesak nafas pada saat berbaring
 AND G06 = Hidung tersumbat
 AND G07 = Sakit kepala berlangsung tiba-tiba
 AND G08 = Kuku, Bibir, atau kulit berwarna kebiruan
 THEN P01 = Bronkitis kronis
- Rule 2 :* IF G01 = Batuk disertai lendir berwarna kuning,
 AND G09 = Batuk berdarah
 AND G10 = Infeksi saluran pernapasan
 AND G02= Mengi ditandai dengan suara napas yang berdesis
 AND G05 = Sesak nafas pada saat berbaring
 AND G03 = Nyeri dada
 AND G11 = Nyeri otot
 AND G12 = Nafas berbau
 AND G13 = Berat badan turun
 AND G04 = Mudah lelah meski tidak beraktifitas terlalu aktif
 AND G14 = Demam tinggi (diatas 39 C)
 AND G15 = Berkeringat di malam hari
 AND G16 = Perubahan bentuk pada ujung kaki
 THEN P02 = Bronkiektatis
- Rule 3 :* IF G02 = Mengi ditandai dengan suara napas yang berdesis
 AND G04 = Mudah lelah meski tidak beraktifitas terlalu aktif
 AND G13 = Berat badan turun
 AND G17= Nafsu makan menurun
 AND G18= Batuk yang persisten selama berbulan-bulan
 THEN P03 = Emfisema

Tabel 5. Basis Aturan.

No	Kode Gejala	Kode Penyakit		
		P01	P02	P03
1	G01	✓	✓	
2	G02	✓	✓	✓
3	G03	✓	✓	
4	G04	✓		✓
5	G05	✓	✓	✓
6	G06	✓		✓
7	G07	✓		✓
8	G08	✓		✓
9	G09		✓	
10	G10		✓	
11	G11		✓	
12	G12		✓	
13	G13			✓
14	G14		✓	
15	G15		✓	
16	G16		✓	
17	G17			✓
18	G18			✓

3. Mendefinisikan terlebih dahulu nilai probabilitas dari tiap *Evidence* untuk tiap *Hipotesis* berdasarkan data sampel yang ada menggunakan rumus probabilitas Bayes.

$$p(A|B) = \frac{P(B \cap A)}{P(B)}$$

$$p(\text{Gejala}_i | \text{Jenis Penyakit}) = \frac{P(\text{Jenis Penyakit} \cap G_i)}{P(\text{Jenis Penyakit})}$$

Probabilitas merupakan suatu perhitungan untuk mendapatkan nilai antara 0 s/d 1, yang menunjukkan seberapa besar peluang kemungkinan terjadinya suatu peristiwa atau kejadian.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat 30 Pasien penyakit paru obstruktif kronis yang terkena penyakit. Bronkitis kronis 12 pasien. 10 pasien terkena penyakit bronkiektatis, 8 pasien terkena penyakit paru Emfisema.. Dibawah ini adalah data gejala penyakit yang digunakan untuk mencari nilai bobot dan mendapatkan nilai. Adapun data tersebut sebagai berikut:

Table 6. Data Penyakit & Gejala Penyakit Paru

No	Kode penyakit	Kode Pasien	Gejala																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	P01	Tn.ALT	*	*	*	*	*	*	*	*										
2	P01	Ny.A					*													
3	P01	Tn.BG	*	*	*	*	*													
4	P01	Ny.BL	*				*	*	*	*										
5	P01	Tn.AN	*	*	*	*	*													
6	P01	Tn.ESR	*				*													
7	P01	Tn.FES	*	*	*	*	*		*	*										

8	P01	Tn.HS					*	*											
9	P01	Tn.HPP	*	*	*	*	*		*	*									
10	P01	Ny.HM		*			*			*									
11	P01	TN.I				*													
12	P01	TN.JS	*	*				*	*	*									
13	P02	Tn.LSD	*	*	*	*				*	*	*	*	*	*	*	*	*	
14	P02	TN.LS				*										*			
15	P02	NY.JT	*	*	*	*	*				*	*	*	*	*	*	*	*	*
16	P02	Tn.MS				*	*				*			*		*			
17	P02	Ny.MT		*	*		*				*	*	*	*	*	*	*	*	*
18	P02	Tn.MR	*			*	*				*	*							
19	P02	Tn.PG				*	*					*	*	*	*	*	*	*	
20	P02	Tn.PAZ	*	*	*	*					*	*							
21	P02	Tn.R	*	*			*					*	*	*	*	*	*		
22	P02	Tn.RW					*					*			*	*			
23	P03	Tn.RB		*		*								*				*	*

Berikut menentukan nilai probabilitas dari masing-masing gejala :

a. Bronkitis Kronis = P01

Terdapat 12 pasien penyakit yaitu:

$$G01 = \frac{8}{12} = 0.66$$

$$G02 = \frac{7}{12} = 0.58$$

$$G03 = \frac{5}{12} = 0,41$$

$$G04 = \frac{6}{12} = 0.50$$

$$G05 = \frac{10}{12} = 0.83$$

$$G06 = \frac{4}{12} = 0,33$$

$$G07 = \frac{5}{12} = 0.41$$

$$G08 = \frac{7}{12} = 0.58$$

b. Bronkiektatis = P02

Terdapat 10 pasien penyakit yaitu:

$$G01 = \frac{5}{10} = 0.50$$

$$G09 = \frac{6}{10} = 0.60$$

$$G10 = \frac{7}{10} = 0.70$$

$$G02 = \frac{5}{10} = 0.50$$

$$G05 = \frac{7}{10} = 0.70$$

$$G03 = \frac{4}{10} = 0.40$$

$$G11 = \frac{5}{10} = 0.50$$

$$G12 = \frac{6}{10} = 0.60$$

$$G13 = \frac{6}{10} = 0.60$$

$$G04 = \frac{7}{10} = 0.70$$

$$G14 = \frac{8}{10} = 0.80$$

$$G15 = \frac{5}{10} = 0.50$$

$$G16 = \frac{4}{10} = 0.40$$

c. Emfisema = P03

Terdapat 8 Pasien penyakit yaitu:

$$G02 = \frac{5}{8} = 0,62$$

$$G04 = \frac{4}{8} = 0,50$$

$$G13 = \frac{5}{8} = 0.62$$

$$G17 = \frac{4}{8} = 0,50$$

$$G18 = \frac{6}{8} = 0.75$$

Dari proses perhitungan diatas maka didapat nilai probabilitas setiap gejala berdasarkan jenis penyakit. Berikut adalah tabel nilai probabilitas:

Tabel 7. Nilai Probabilitas.

Kode Penyakit	Kode Gejala Penyakit	Bobot
P01	G01	0,66
	G02	0,58
	G03	0,41
	G04	0,50
	G05	0,83
	G06	0,33
	G07	0,41
	G08	0,58
P02	G01	0.5
	G09	0.6
	G10	0.7
	G02	0.5
	G05	0.7
	G03	0.4
	G11	0.5
	G12	0.6
	G04	0.7
	G14	0.8
	G15	0.5
	G16	0.4
P03	G02	0.62
	G04	0.5
	G13	0.62
	G17	0.5
	G18	0.75

Pada kasus ini terdapat penyakit paru obstruktif kronis yg pernah ditangani. Untuk mengatasi suatu penyakit, Dokter mengajukan 18 pertanyaan mengenai gejala yang dialami oleh Pasien.

Tabel 8. Data Pertanyaan Gejala Penyakit.

Kode Gejala	Pertanyaan Berdasarkan Gejala	Jawaban
-------------	-------------------------------	---------

G01	Apakah Pasien mengalami Batuk disertai lendir bewarna kuning ,hijau,putih.	TIDAK
G02	Apakah Pasien mengalami Mengi ditandai dengan suara napas yang berdesis	TIDAK
G03	Apakah Pasien mengalami Nyeri dada	TIDAK
G04	Apakah Pasien mengalami Mudah lelah meski tidak beraktifitas terlalu aktif	TIDAK
G05	Apakah Pasien mengalami Sesak nafas pada saat berbaring	TIDAK
G06	Apakah Pasien mengalami hidung tersumbat	YA
G07	Apakah Pasien mengalami Sakit kepala berlangsung tiba-tiba	YA
G08	Apakah Pasien mengalami kuku,bibir atau kulit bewarna kebiruan	TIDAK
G09	Apakah Pasien mengalami Batuk berdarah	YA
G10	Apakah Pasien mengalami Infeksi saluran pernapasan berulang	YA
G11	Apakah Pasien mengalami Nyeri otot	YA
G12	Apakah Pasien mengalami Nafas berbau	YA
G13	Apakah Pasien mengalami Berat badan turun	YA
G14	Apakah Pasien mengalami Demam tinggi (diatas 39 C)	YA
G15	Apakah Pasien mengalami Berkeringat dimalam hari	TIDAK
G16	Apakah Pasien mengalami Perubahan bentuk pada kaki	TIDAK
G17	Apakah Pasien mengalami Nafsu makan menurun	YA
G18	Apakah Pasien mengalami Batuk yang persisten selama berbulan-bulan	TIDAK

a. Bronkitis Kronis = P01

$$G06 = P(E6|H1) = 0.33$$

$$G07 = P(E7|H1) = 0.41$$

b. Bronkiektatis = P02

$$G09 = P(E9|H2) = 0.60$$

$$G10 = P(E10|H2) = 0.70$$

$$G11 = P(E11|H2) = 0.50$$

$$G12 = P(E12|H2) = 0.60$$

$$G14 = P(E14|H2) = 0.80$$

c. Emfisema = P03

$$G13 = P(E13|H3) = 0.62$$

$$G17 = P(E17|H3) = 0.50$$

4. Menjumlahkan nilai probabilitas dari tiap Evidence untuk masing-masing Hipotesis berdasarkan data sampel:

$$\sum_{Gn}^n k = 1 = G1 + \dots + Gn$$

a. Bronkitis Kronis = P01

$$\sum_{Gn}^n k = 0.33 + 0.41 = 0.74$$

b. Bronkiektatis = P02

$$\sum_{Gn}^n k = 0.60 + 0.70 + 0.50 + 0.60 + 0.80 = 3.2$$

c. Emfisema = P03

$$\sum_{Gn}^n k = 0.62 + 0.50 = 1.12$$

5. Mencari nilai probabilitas Hipotesis H tanpa memandang Evidence apapun bagi masing-masing Hipotesis menggunakan rumus:

$$p(H_i) = \frac{P(E|H_i)}{\sum_{k=1}^n k}$$

a. Bronkitis Kronis = P01

$$G06 = P(H1) = \frac{0.41}{0.74} = 0.4459$$

$$G07 = P(H1) = \frac{0.58}{0.74} = 0.5541$$

b. Bronkiektatis = P02

$$G09 = P(H2) = \frac{0.60}{3.2} = 0.1875$$

$$G10 = P(H2) = \frac{0.70}{3.2} = 0.2188$$

$$G11 = P(H2) = \frac{0.50}{3.2} = 0.1563$$

$$G12 = P(H2) = \frac{0.60}{3.2} = 0.1875$$

$$G14 = P(H2) = \frac{0.80}{3.2} = 0.25$$

c. Emfisema = P03

$$G13 = P(H3) = \frac{0.62}{1.12} = 0.5536$$

$$G17 = P(H3) = \frac{0.50}{1.12} = 0.4464$$

6. Mencari nilai probabilitas *Hipotesis* tanpa memandang *Evidence* apapun dengan cara mengalikan nilai probabilitas *Evidenhiocce* awal dengan nilai probabilitas *Hipotesis* tanpa memandang *Evidence* dan menjumlahkan hasil perkalian bagi masing-masing *Hipotesis* menggunakan rumus:

$$\sum_{k-n}^n = P(H_1) * P(E|H_1) + \dots + P(H_i) * P(E|H_i)$$

a. Bronkitis Kronis = P01

$$\sum_{k-n}^n = (0.4459 * 0.33) + (0.5541 * 0.41) = 0.374324324$$

b. Bronkiektatis = P02

$$\sum_{k-n}^n = (0.1875 * 0.60) + (0.2188 * 0.70) + (0.1563 * 0.50) + (0.1875 * 0.60) + (0.25 * 0.80) = 0.65625$$

c. Emfisema = P03

$$\sum_{k-n}^n = (0.5536 * 0.62) + (0.4464 * 0.50) = 0.566428571$$

7. Mencari nilai $P(H_i|E)$ atau probabilitas *Hipotesis* H_i benar jika diberikan *Evidence* E dengan menggunakan rumus:

$$P(H_i|E) = \frac{P(H_i) * P(E|H_i)}{\sum_{k-n}^n}$$

a. Bronkitis Kronis = P01

$$P(H1|E6) = \frac{0.4459 * 0.33}{0.374324324} = 0.393140794$$

$$P(H1|E7) = \frac{0.5541 * 0.41}{0.374324324} = 0.606859206$$

b. Bronkiektatis = P02

$$P(H2|E9) = \frac{0.1875 * 0.60}{0.65625} = 0.171428571$$

$$P(H2|E10) = \frac{0.2188 * 0.70}{0.65625} = 0.233333333$$

$$P(H2|E11) = \frac{0.1563 * 0.50}{0.65625} = 0.119047619$$

$$P(H2|E12) = \frac{0.1875 * 0.60}{0.65625} = 0.171428571$$

$$P(H2|E14) = \frac{0.25 * 0.80}{0.65625} = 0.304761905$$

c. Emfisema = P03

$$P(H3|E2) = \frac{0.55 * 0.62}{0.566428571} = 0.60592686$$

$$P(H3|E4) = \frac{0.44 * 0.50}{0.566428571} = 0.39407314$$

8. Mencari nilai kesimpulan dari Teorema Bayes dengan cara mengalikan nilai probabilitas *Evidence* awal atau $P(E|H_i)$ dengan nilai *Hipotesis* H_i benar jika diberikan *Evidence* E atau $P(H_i|E)$ dan menjumlahkan hasil perkalian menggunakan rumus:

$$\sum_{k-n}^n \text{Bayes} = (P(E|H_1) * P(H_1|E_1)) \dots \dots \dots + (P(E|H_i) * P(H_i|E_i))$$

a. Bronkitis Kronis = P01

$$\sum_{k=2}^4 Bayes = (0.393140794 * 0.33) + (0.606859206 * 0.41) = 0.378548736$$

b. Bronkiektatis = P02

$$\sum_{k=5}^5 Bayes = (0.171428571 * 0.60) + (0.233333333 * 0.70) + (0.119047619 * 0.50) + (0.171428571 * 0.60) + (0.304761905 * 0.80) = 0.672380952$$

c. Emfisema = P03

$$\sum_{k=2}^4 Bayes = (0.60592686 * 0.62) + (0.39407314 * 0.50) = 0.572711223$$

Tabel 9. Nilai *Range* presentase keyakinan.

No	Presentase keyakinan	Keterangan
1	0 – 50 %	Tidak pasti
2	51 – 99 %	Cukup Pasti
3	100 %	Pasti

Tabel 10. Hasil perhitungan Metode Teorema Bayes.

Nama Penyakit	Nilai Bayes	Nilai Presentase Keyakinan	Keterangan
Bronkitis Kronis	0.3785487	37.85%	Tidak Pasti
Bronkiektatis	0.672381	67.24%	Cukup Pasti
Emfisema	0.5727112	57.27%	Cukup Pasti

Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode Teorema Bayes diatas, maka dapat diketahui bahwa mengambil nilai yang paling besar dan tinggi pasien penyakit paru obstruktif kronis mengalami penyakit *Bronkiektatis* dengan nilai keyakinan 0.672380952 atau 67.24 %, dengan keterangan **CUKUP PASTI** dengan Solusi yang diberikan:

1. *Pursed-Lip Breathing*: Bernapas melalui hidung dan mengeluarkan napas melalui mulut dengan bibir dikerucutkan dapat membantu membuka saluran udara dan memudahkan pengeluaran lendir.
2. *Huff Coughing*: Teknik batuk khusus untuk membantu mengeluarkan lendir dari paru-paru.
3. *Nebulizer*: Menggunakan alat nebulizer untuk menghirup obat bronkodilator atau mukolitik yang membantu melebarkan saluran udara dan mengencerkan lendir.
4. *Inhaler*: Menggunakan inhaler yang diresepkan oleh dokter untuk membantu membuka saluran udara dan mengurangi peradangan

4. KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini menyoroti efektivitas penerapan metode Teorema Bayes dalam mendiagnosis Penyakit Paru Obstruktif Kronis (PPOK). Melalui penggunaan probabilitas kondisional, sistem pakar yang dikembangkan mampu memberikan penilaian yang lebih akurat terkait kemungkinan seseorang menderita PPOK berdasarkan gejala dan faktor risiko yang diamati. Pendekatan ini menunjukkan bahwa nilai probabilitas adalah elemen kunci dalam proses inferensi, memungkinkan sistem untuk menawarkan diagnosa yang lebih dapat diandalkan. Implementasi sistem pakar ini diharapkan mampu meningkatkan aksebilitas informasi kesehatan, mengurangi kebutuhan untuk kunjungan langsung ke fasilitas kesehatan, dan menyediakan alternatif diagnosa awal yang efisien bagi masyarakat.

Selain itu, proses perancangan dan implementasi sistem pakar ini melibatkan penggunaan pemodelan UML serta pengkodean dengan berbagai bahasa pemrograman seperti HTML, PHP, JavaScript, dan CSS. Evaluasi sistem dilakukan dengan membandingkan hasil diagnosa sistem dengan diagnosa dari dokter spesialis paru, memastikan konsistensi dan ketepatan diagnosa yang diberikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pakar yang dibangun mampu memberikan rekomendasi diagnosa PPOK yang dapat diandalkan dan setara dengan pemahaman seorang profesional

medis. Dengan demikian, sistem pakar ini tidak hanya berpotensi meningkatkan efisiensi dalam diagnosa PPOK, tetapi juga memberikan dampak positif dalam mendukung kenyamanan dan kemudahan bagi pengguna.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini. Yaitu Ibu Widiarti Rista Maya, ST., M.Kom. dan Ibu Hafizah, S.Kom., M.Kom..

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. D. T. Najihah, Theovena Estvnia P., Ose Maria I., “Prevalensi Penyakit Paru Obstruksi Kronik (Ppok) Berdasarkan Karakteristik Demografi Dan Derajat Keparahan,” *J. Borneo Holist. Heal.*, vol. 6, no. 1, pp. 109–115, 2023.
- [2] C. P. Sari, S. Hanifah, R. Rosdiana, and Y. Anisa, “Efektivitas Pengobatan pada Pasien Penyakit Paru Obstruksi Kronis (PPOK) di Rumah Sakit Wilayah Yogyakarta,” *J. Manaj. DAN PELAYANAN Farm. (Journal Manag. Pharm. Pract.*, vol. 11, no. 4, p. 215, 2021, doi: 10.22146/jmpf.56418.
- [3] I. T. Dessetiadi, A. Pujiyanto, and M. G. Ardi, “Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Penyakit Paru-Paru Menggunakan Algoritma Bayes,” *Pros. Semin. Teknol. Inf. dan Multimed. 2016*, pp. 25–30, 2016.
- [4] R. C. Sijabat, M. Hutasuhut, P. O. Kronis, and R. C. Sijabat, “Jurnal sistem informasi tgd,” vol. 1, no. November, pp. 763–769, 2022.
- [5] R. Rachman, “Sistem Pakar Deteksi Penyakit Refraksi Mata Dengan Metode Teorema Bayes Berbasis Web,” *J. Inform.*, vol. 7, no. 1, pp. 68–76, 2020, doi: 10.31311/ji.v7i1.7267.
- [6] V. G. Ariacita, “HUBUNGAN ASUPAN SUMBER ANTIOKSIDAN (VITAMIN C, E) DAN INDEKS MASSA BEBAS LEMAK (IMBL) DENGAN DERAJAT KEPARAHAN PADA PASIEN PENYAKIT PARU OBSTRUKTIF KRONIK (PPOK) RAWAT JALAN DI RS PARU dr ARIO WIRAWAN SALATIGA,” *Univ. Muhammadiyah Semarang*, pp. 9–29, 2018.
- [7] P. Fitriana and E. Susanti, “Influence of Smoking Onchronic Obstructive Pulmonary Disease (Copd),” *J Major. /*, vol. 4, p. 67, 2015.
- [8] H. M. Siregar, “Implementasi Metode Naive Bayes Pada Perancangan Aplikasi Sistem Pakar Diagnosa Bronkiektasis,” *Bull. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 3, p. 6, 2020.
- [9] A. P. Gusman, D. Maulida, and E. Rianti, “Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kista Ovarium dengan Metode Forward Chaining,” *J. KomtekInfo*, vol. 6, no. 1, pp. 8–18, 2019, doi: 10.35134/komtekinf.v6i1.37.
- [10] Diana, “Usaha Waralaba Menggunakan Metode Bayes,” *J. Ilm. Matriks*, vol. 19, no. 3, pp. 41–52, 2017.
- [11] F. A. D. Aji Prasetya Wibawa, Muhammad Guntur Aji Purnama, Muhammad Fathony Akbar, “Metode-metode Klasifikasi,” *Pros. Semin. Ilmu Komput. dan Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 1, p. 134, 2018.
- [12] J. T. M.Teguh, Komputer, P. Harapan, and B. Tegal, “464573-None-B924D04D Uml Peng,” vol. 03, no. 01, pp. 126–129, 2018.
- [13] F.- Sonata, “Pemanfaatan UML (Unified Modeling Language) Dalam Perancangan Sistem Informasi E-Commerce Jenis Customer-To-Customer,” *J. Komunika J. Komunikasi, Media dan Inform.*, vol. 8, no. 1, p. 22, 2019, doi: 10.31504/komunika.v8i1.1832.
- [14] H. Azizah, “ANALISIS PERANCANGAN SISTEM INFORMASI PUSAT STUDI PADA,” vol. 25, no. 2, pp. 345–356, 2021, doi: 10.46984/sebatik.v25i2.1587.
- [15] S. Suhartini, M. Sadali, and Y. Kuspandi Putra, “Sistem Informasi Berbasis Web Sma Al- Mukhtariyah Mamben Lauk Berbasis Php Dan Mysql Dengan Framework Codeigniter,” *Infotek J. Inform. dan Teknol.*, vol. 3, no. 1, pp. 79–83, 2020, doi: 10.29408/jit.v3i1.1793.
- [16] Bekti (2015), “Penerapan Metode SDLC Waterfall Dalam Pembuatan Aplikasi Pelayanan Anggota Pada Cu Duta Usaha Bersama Pontianak,” *J. Bianglala Inform.*, vol. 5, no. 2, pp. 53–61, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal.bsi.ac.id/ejurnal/index.php/Bianglala/article/view/2703/1813>