

Identifikasi Faktor Kegagalan Hasil Produksi Busa dengan Sistem Pakar Metode Dempster Shafer dan Certainty Factor

Dhyana Lowrenza¹✉

¹Universitas Putra Indonesia YPTK Padang

dhyana1owrenza@gmail.com

Abstract

Foam is a derivative product made from PPG (Propylene Glycol) or Polyether Polyol which is then mixed with additives and catalysts. So it will produce foam that is used in the springbed and mattress industry. The foam is produced first by using a mixer machine. After the mixer, dispensing will be carried out (pouring the material into the mold) then the foam will be blown off and the foam production process is complete. Failure to produce foam often results in losses in terms of raw materials, costs, and time. To avoid the failure of the same foam production, a research was carried out by designing an expert system application that aims to be able to identify the factors causing the failure of foam production and to reduce the risk of failure of foam production. The data needed in this study were obtained from PT Bungo Permai Lestari. The data is then processed using the Dempster Shafer method and the Certainty Factor method. The results of this study are to provide output in the form of certainty values from failure of foam production, factors causing failure of foam production, as well as solutions to failure of foam production obtained through consultation using the Dempster Shafer method and the Certainty Factor method by selecting symptoms that match the results. foam production. So this research can help PT Bungo Permai Lestari to find out the causes and solutions to the failure of foam production and can reduce the risk of failure during foam production.

Keywords: Failure Factor, Foam Production, Expert System, Dempster Shafer, Certainty Factor.

Abstrak

Busa adalah produk turunan yang berbahan baku PPG (Propylene Glycol) atau Polyether Polyol yang kemudian dicampurkan dengan bahan additive dan catalysts. Sehingga akan dihasilkan busa yang digunakan dalam industri springbed dan kasur. Busa diproduksi terlebih dahulu dengan menggunakan mesin mixer. Setelah di mixer, akan dilakukan dispensing (penuangan bahan ke cetakan) kemudian busa akan blow off dan proses produksi busa pun selesai. Sering terjadi kegagalan dalam memproduksi busa tentu memberikan kerugian baik dari segi bahan baku, biaya, dan waktu. Untuk menghindari terjadinya kegagalan hasil produksi busa yang sama, maka dilakukan penelitian dengan merancang aplikasi sistem pakar yang bertujuan untuk dapat mengidentifikasi faktor penyebab kegagalan hasil produksi busa serta untuk mengurangi resiko kegagalan hasil produksi busa. Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini didapatkan dari PT Bungo Permai Lestari. Data tersebut kemudian diolah dengan menggunakan metode *Dempster Shafer* dan metode *Certainty Factor*. Hasil dari penelitian ini yaitu memberikan keluaran berupa nilai kepastian dari kegagalan hasil produksi busa, faktor penyebab kegagalan dari hasil produksi busa, serta solusi dari kegagalan produksi busa yang didapatkan melalui konsultasi dengan menggunakan metode *Dempster Shafer* maupun metode *Certainty Factor* dengan memilih gejala yang sesuai dengan hasil produksi busa. Maka penelitian ini dapat membantu PT Bungo Permai Lestari untuk mengetahui faktor penyebab dan solusi kegagalan hasil produksi busa serta dapat mengurangi resiko terjadinya kegagalan pada saat melakukan produksi busa.

Kata kunci: Faktor Kegagalan, Produksi Busa, Sistem Pakar, Dempster Shafer, Certainty Factor

© 2022 INFEb

1. Pendahuluan

Industri merupakan proses menghasilkan barang yang memiliki nilai dan berharga. Sektor industri furniture dapat memberikan kenyamanan kepada kita melalui desain interior. Di pasar global, Indonesia termasuk eksportir furniture terbesar di dunia, bersama China, Italia, Vietnam, dan Malaysia. Industri furniture memiliki peran penting bagi Indonesia sebagai sumber devisa [1]. Dengan adanya sektor industri furniture, akan memenuhi kebutuhan dalam rumah tangga kita seperti kasur busa, springbed, kursi, meja, lemari dan furniture lainnya. Sektor industri ini berkembang dengan pesat. Untuk itu, perusahaan harus bisa

bersaing dengan kompetitor. Perusahaan sebagai suatu entitas ekonomi tentu memiliki tujuan jangka pendek untuk memaksimalkan laba. Dan memiliki tujuan jangka panjang untuk menjaga going concern [2]. Perusahaan manufaktur merupakan perusahaan yang memproduksi bahan baku menjadi barang jadi. Barang-barang jadi hasil produksi selanjutnya akan dijual ke masyarakat [3]. PT Bungo Permai Lestari merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak dalam sektor industri furniture yang berada di Muara Bungo, Jambi. PT Bungo Permai Lestari memproduksi produk furniture busa dan juga springbed bigland dengan berbagai tipe produk. Dalam

produksi, manusia memiliki peran penting dalam menghasilkan barang. Karena manusia yang menggerakkan bahan baku tersebut [4]. Kualitas produk yang baik tentu saja akan menarik minat konsumen. Konsumen tentu akan membeli produk yang sesuai dengan kualitas yang diinginkan. Untuk itu, perusahaan harus memperhatikan kualitas produknya agar kepercayaan dari konsumen tidak hilang [5]. Kepuasan konsumen memiliki peranan penting bagi perusahaan karena berpengaruh besar terhadap kelangsungan hubungan baik perusahaan dengan konsumen [6]. Tiga faktor kritis yang mempengaruhi kepuasan konsumen yaitu mutu, biaya, dan waktu [7]. Pentingnya kualitas busa hasil produksi sangat mempengaruhi kepuasan pembeli. Kualitas busa juga akan mempengaruhi laba perusahaan. Namun, berdasarkan hasil penelitian pada PT Bungo Permai Lestari dalam proses memproduksi busa terkadang terjadi kegagalan pada hasil produksi. Kegagalan dapat terjadi karena kesalahan dalam mencampurkan bahan baku untuk produksi sebuah busa. Sehingga akan menghasilkan busa yang tidak sesuai standar kualitas. Kegagalan pada hasil produksi busa akan memberikan kerugian dari segi bahan baku, biaya, dan waktu. Agar tidak terjadi kegagalan hasil produksi yang sama maka penulis membuat sebuah aplikasi sistem pakar dengan menggunakan bahasa pemrograman *visual basic* 2019 dan *database* MySQL. Sistem pakar ini akan membantu operator untuk mengetahui faktor penyebab dari kegagalan busa. Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode *Dempster Shafer* dan *Certainty Factor*.

Kecerdasan buatan adalah kemampuan digital yang dikendalikan oleh komputer untuk melakukan tugas yang biasanya terkait dengan makhluk cerdas [8]. Kecerdasan buatan merupakan suatu sistem yang dapat dimasukkan ke dalam sebuah mesin seperti komputer atau robot sehingga dapat bertindak seperti manusia dengan memiliki emosi, upaya berpikir, dan sebagainya [9].

Sistem pakar merupakan cabang kecerdasan buatan tentang bagaimana “mengadopsi” cara berpikir dan bernalar seorang pakar. Sehingga sistem pakar dapat menyelesaikan masalah dan mampu membuat keputusan [10]. Sistem pakar dapat digunakan untuk pemecahan suatu permasalahan yang biasa diselesaikan oleh pakar. Tujuan pengembangan sistem pakar untuk mengimplementasikan pengetahuan pakar ke dalam bentuk perangkat lunak, sehingga dapat digunakan oleh banyak orang dan tanpa biaya besar. Sistem pakar difungsikan untuk meniru seorang pakar dan bisa melakukan hal-hal seperti seorang pakar [11]. Sistem pakar memiliki beberapa kelebihan [12] yaitu:

- a. Ketersediaan (*increased availability*). Kepakaran menjadi tersedia dalam sistem komputer dan dapat dikatakan bahwa sistem pakar memproduksi kepakaran secara masal (*massproduction*).

- b. Mengurangi biaya (*reduced cost*). Biaya untuk mendatangkan kepakaran per user menjadi berkurang.
- c. Mengurangi bahaya (*reduced danger*). Sistem pakar bisa digunakan ditempat atau lingkungan yang berbahaya bagi manusia.
- d. Permanen (*permanence*). Sistem pakar dan pengetahuannya bersifat lebih permanen daripada manusia yang pengetahuannya hilang saat sang pakar meninggal dunia.
- e. Keahlian multiple (*multiple expertise*). Dapat menggabungkan pengetahuan dari beberapa pakar secara simultan dan kontinyu dalam menyelesaikan suatu masalah.

Sistem pakar memiliki beberapa kekurangan sebagai berikut [12]:

- a. Biaya untuk membuat dan memelihara sistem pakar sangat mahal.
- b. Sulit dikembangkan. Hal ini berkaitan dengan ketersediaan pakar sesuai bidangnya.
- c. Sistem pakar tidak 100% bernilai benar.

Dempster-Shafer adalah representasi, kombinasi, dan propogasi ketidakpastian dengan karakteristik yang secara institutif sesuai dengan cara berpikir seorang pakar, namun dasar matematika yang kuat [13]. Metode *Dempster Shafer* ditulis dalam suatu interval (*belief, plausibility*). Dimana *belief* adalah ukuran kepercayaan terhadap *evidence* atau gejala dalam mendukung suatu himpunan proposisi. Jika bernilai 0 mengidentifikasi tidak ada kepastian dan jika bernilai 1 menunjukkan adanya kepastian. *Plausibility* adalah ukuran ketidakpercayaan terhadap suatu *evidence* atau gejala. Jika bernilai 0 menunjukkan adanya kepastian dan jika bernilai 1 mengidentifikasi tidak ada kepastian. Pada metode ini kita mengenal adanya frame of discernment (FOD) yang dinotasikan dengan θ yang dapat diartikan sebagai semesta pembicaraan dari sekumpulan hipotesis sehingga sering disebut *environment*. Selain FOD juga dikenal *mass function* yang dinotasikan dengan m yaitu tingkat kepercayaan dari suatu *evidence*. Nilai *belief* atau $bel(m)$ adalah $(0-0,9)$ dan untuk nilai *plausibility* (pl) dinotasikan sebagai $pl(s)=1-bel(-s)$. Apabila diketahui X adalah subset dari θ , dengan m_1 sebagai fungsi densitasnya dan Y juga merupakan subset dari θ dengan m_2 sebagai densitasnya, maka bentuk fungsi kombinasi m_1 dan m_2 sebagai m_3 [14] yang disajikan pada Persamaan (1).

$$M_3(Z) = \frac{\sum X \cap Y = Z^{m_1(X).m_2(Y)}}{1-K} \quad (1)$$

Dimana simbol $M_1(X)$ adalah *mass function* dari *evidence* X , simbol $M_2(Y)$ adalah *mass function* dari *evidence* Y , simbol $M_3(Z)$ sebagai *mass function* dari

evidence Z , $\sum X \cap Y m_1(X).m_2(Y)$ adalah nilai dari jumlah dan irisan pada perkalian m_1 dan m_2 , dan simbol K adalah jumlah *evidence* jika irisan kosong. Kelebihan metode *Dempster Shafer* yaitu memiliki algoritma proses perhitungan sehingga saat menganalisa suatu masalah akan dihasilkan presentasi keakuratannya. Adapun kekurangan dari metode ini yaitu, apabila terjadi kekurangan data *evidence* maka hasil perhitungan tidak akurat [15].

Menurut Mariana [16], faktor kepastian (*Certainty Factor*) menyatakan kepercayaan terhadap suatu kejadian (fakta maupun hipotesis) berdasarkan bukti atau penilaian dari seorang pakar dan diperkenalkan untuk mengakomodasi ketidakpastian pemikiran seorang pakar. Faktor kepastian merupakan metode untuk membuktikan suatu fakta pasti atau tidak pasti yang berbentuk *metric* yang biasa digunakan dalam sistem pakar. Metode ini sangat cocok untuk mendiagnosis sesuatu yang belum pasti. Formulasi dasar dari metode *Certainty Factor* [17] disajikan pada Persamaan (2).

$$CF[H,E]=MB[H,E]-MD[H,E] \quad (2)$$

Dimana simbol CF adalah *Certainty Factor* atau faktor kepastian dalam hipotesis H yang dipengaruhi oleh fakta E . Simbol MB adalah *Measure of Belief* (tingkat keyakinan), yaitu ukuran kenaikan kepercayaan terhadap hipotesis H yang dipengaruhi fakta E . Simbol MD menyatakan *Measure of Disbelief* (tingkat tidak kepercayaan), yaitu ukuran keyakinan dari ketidakpercayaan hipotesis H yang dipengaruhi fakta E . Simbol E adalah *evidence* (peristiwa atau fakta) dan simbol H adalah hipotesis (dugaan). Jika mengkombinasikan dua atau lebih aturan, masing-masing akan menghasilkan kesimpulan yang sama tetapi faktor ketidakpastiannya berbeda. Maka setiap aturan dapat ditampilkan sebagai potongan bukti yang mendukung kesimpulan bersama. Untuk menghitung nilai CF dengan kombinasi dua atau lebih aturan yang disajikan pada Persamaan (3).

$$CF(R1,R2)=CF(R1)+[CF(R2)] \times [1-CF(R1)] \quad (3)$$

Kelebihan metode *Certainty Factor* [18] sebagai berikut:

- Metode CF cocok dipakai dalam sistem pakar untuk mengatur sesuatu pasti atau tidak pasti dalam mendiagnosis contohnya dalam mendiagnosis penyakit.
- Perhitungan dengan metode ini dalam sekali hitung dapat mengolah dua data sehingga keakuratan data dapat terjamin.

Kekurangan metode *Certainty Factor* [18] sebagai berikut:

- Pemodelan ketidakpastian yang menggunakan perhitungan metode *certainty factor* biasanya masih diperdebatkan.

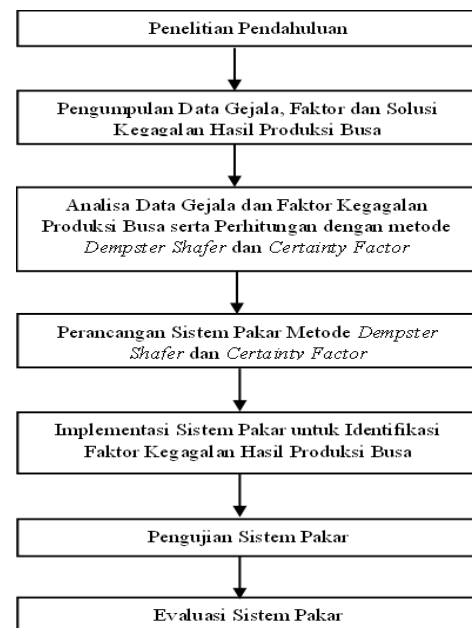
- Untuk pengolahan lebih dari dua data, perlu dilakukan berulang-ulang agar mendapatkan hasil yang maksimal.

Perancangan sistem pakar menggunakan alat bantu Unified Modelling Language (UML). UML adalah standar bahasa yang digunakan untuk mendefinisikan requirement, membuat analisa dan desain serta menggambarkan arsitektur dalam pemrograman berorientasi objek [19]. UML adalah teknik pengembangan sistem dengan menggunakan bahasa grafis sebagai alat pendokumentasian dan melakukan spesifikasi pada sistem [20].

2. Metodologi Penelitian

Metode penelitian berisikan rancangan dari kegiatan penelitian yang dilakukan sehingga dapat dijadikan pedoman dan memudahkan dalam melakukan penelitian. Data yang diolah berupa gejala-gejala dan nilai kepercayaan dari pakar yang diperoleh dari PT Bungo Permai Lestari, untuk mengetahui faktor kegagalan hasil produksi busa dan nilai kepastian, dilakukan dengan pengumpulan data melalui wawancara, observasi, dan studi pustaka.

Kerangka penelitian yang dilakukan pada penelitian ini diuraikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian hasil dan pembahasan akan menjelaskan mengenai tahapan analisa dan hasil penelitian.

3.1. Analisa Sistem

Analisa sistem akan memberikan kemudahan dalam merancang dan membangun sebuah sistem. Dan diharapkan dapat meminimalisir masalah-masalah yang akan terjadi pada sistem yang akan dibangun. Input yang akan dimasukkan ke dalam sistem

merupakan data yang akan digunakan dalam proses untuk mengetahui kegagalan dan faktor kegagalan hasil produksi busa. Untuk itu data yang dibutuhkan untuk input yaitu data gejala, data kegagalan dan faktor kegagalan beserta solusi. Selanjutnya pada analisa proses untuk menentukan faktor kegagalan hasil produksi busa dengan sistem pakar metode *Dempster Shafer* dan *Certainty Factor* yaitu menentukan *rule* atau aturan berdasarkan gejala dan kegagalan hasil produksi busa yang ada kemudian mengolah nilai MB dan densitas yang didapatkan dari pakar. Serta diharapkan memberikan output berupa faktor kegagalan dari produksi busa, nilai kepastian kegagalan dan solusi terhadap kegagalan busa yang terjadi.

3.2. Basis Pengetahuan

Dalam perancangan sistem pakar, menentukan basis pengetahuan merupakan hal yang sangat penting. Basis

pengetahuan dapat dikatakan sebagai kumpulan fakta-fakta. Untuk mencapai tujuan yang diinginkan, maka akan dilakukan sebuah proses yang membutuhkan pendekatan basis pengetahuan dengan menggunakan *rule* atau aturan. Pada penelitian ini, user atau pengguna yakni seorang operator akan memilih gejala-gejala yang tampak pada busa hasil produksi. Apabila operator memilih menggunakan metode *Certainty Factor*, maka operator memilih gejala yang sesuai dengan hasil produksi busa yang gagal. Begitu pula jika operator memilih menggunakan metode *Dempster Shafer*, maka operator juga akan memilih gejala yang sesuai dengan hasil dari produksi busanya. Setelah memilih gejala-gejala, maka sistem pakar akan melakukan pencocokkan data dan proses perhitungan sesuai dengan data gejala yang dipilih user dengan data yang telah ada di basis pengetahuan. Untuk data jenis kegagalan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Jenis Kegagalan Hasil Produksi Busa

Kode	Nama	Faktor
K1	<i>Collapse</i> (Gagal foaming)	<ul style="list-style-type: none"> Bahan baku terkontaminasi zat lain. Metering <i>error</i> pada saat penakaran. Kualitas bahan baku yang sudah tidak baik
K2	<i>Split</i> (Balokan busa pecah)	<ul style="list-style-type: none"> Konsentrasi <i>catalys</i> terlalu rendah sehingga <i>reactivity catalys</i> menjadi tidak stabil.
K3	<i>Zig Zag Split</i> (Busa pecah tidak beraturan)	<ul style="list-style-type: none"> Komposisi antara bahan baku dan <i>catalys</i> tidak seimbang.
K4	<i>Reactivity Split</i> (Busa rusak)	<ul style="list-style-type: none"> Bahan baku terkontaminasi karat. Penggunaan <i>catalys</i> melampaui batasan yang telah ditentukan.
K5	<i>Pinhole</i> dan <i>Shoothole</i> (Pori-pori busa rusak)	<ul style="list-style-type: none"> Permukaan bak cetak sudah tidak rata. <i>Mixer</i> yang berlebihan.
K6	<i>Loose Skin</i> dan <i>Coarse Surface</i> (Busa terkelupas)	<ul style="list-style-type: none"> Bak cetak terlalu panas. Penggunaan <i>solvent</i> (bahan pengembang) terlalu tinggi pada formulasi <i>density</i> rendah.
K7	<i>Dead Foam</i> (Busa bantet)	<ul style="list-style-type: none"> Proses <i>mixing</i> yang tidak sempurna.
K8	<i>Scorching / Discoloration</i> (Busa gosong)	<ul style="list-style-type: none"> Konsentrasi H₂O (air) terlalu tinggi dan pelepasan gas CO₂ tidak sempurna.

Untuk data gejala kegagalan hasil produksi busa dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Gejala Kegagalan Hasil Produksi Busa

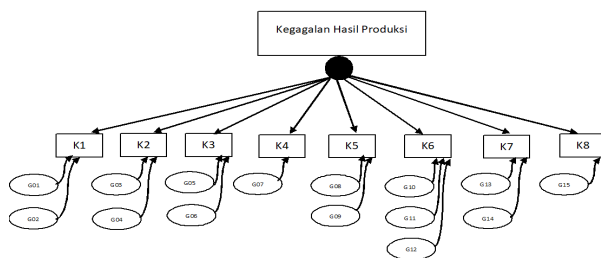
Kode	Nama
G01	Apakah busa mengembang lebih cepat kemudian blow off dan jatuh lagi?
G02	Apakah busa mengembang lebih lambat dari semestinya dan blow off tidak tercapai?
G03	Apakah busa pecah dengan membentuk garis horizontal pada bagian tengah balokan?
G04	Apakah struktur sel (pori-pori) busa terlalu terbuka?
G05	Apakah busa mengalami pecah hampir pada semua sisi bagian atas?
G06	Apakah busa rapuh dan berserat seperti kapas?
G07	Apakah balokan busa pecah hampir pada semua sisi dan dalam balokan?
G08	Apakah terdapat lubang yang tak beraturan pada bagian sisi dan hampir ke tengah balokan?
G09	Apakah muncul banyak gelembung dengan ukuran separuh bola ping-pong?
G10	Apakah terjadi pelepasan kulit pada balokan dan menempel pada bak cetak?
G11	Apakah terjadi pelepasan kulit pada bagian bawah balokan?
G12	Apakah busa getas atau menjadi mudah robek?
G13	Apakah flexibility busa berkurang (kaku)?
G14	Apakah sel (pori-pori) pada busa tertutup?
G15	Apakah tingkat kekerasan (hardness) pada busa bertambah?

Untuk data solusi kegagalan dapat disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Solusi Jenis Kegagalan

Kode Kegagalan	Kode Gejala	Solusi
K1	G01	• Cek dan pastikan bahan baku tidak tercampur oleh bahan lain.
	G02	• Semua peralatan penakaran dan penimbangan dilakukan kalibrasi berkala agar semua peralatan berfungsi dengan baik.
		• Pahami petunjuk pada label produk dan kemasan masih tersegel dengan baik sebelum digunakan.
K2	G03 G04	• Pastikan ratio pada saat melakukan penakaran dan penimbangan bahan sesuai formula. Cek kualitas <i>catalys</i> sesuai SOP.
K3	G05 G06	• Melakukan pengecekan terhadap total bahan baku dan <i>catalys</i> agar perbandingan sesuai komposisi pada formula.
K4	G07	• Dilakukan pengurusan (pembersihan) media <i>container</i> terutama yang berbahan logam.
K5	G08	• Sesuaikan komposisi <i>catalys</i> dengan batasan yang tertera pada label kemasan.
	G09	• Mengganti dasar <i>mould</i> atau cetakan dengan yang baru.
K6	G10	• Mengatur <i>timer mixing</i> sesuai dengan kapasitas bahan baku.
	G11	• Melakukan pendinginan bk cetak dengan memperpanjang interval pemakaian bak (agar suhu tidak terlalu tinggi).
	G12	• Mengurangi jumlah <i>solvent</i> sesuai batasan yang diinginkan.
K7	G13 G14	• <i>Setting timer mixing</i> sesuai dengan kapasitas bahan baku sehingga dapat mengaduk dengan sempurna.
K8	G15	• Mengurangi penggunaan total air dalam formula.
		• Mengurangi komponen <i>catalys</i> agar sel regulator terbuka.

Mesin inferensi akan memberikan gambaran grafis basis pengetahuan dan *rule* sistem pakar yang akan dibangun. Mesin inferensi yang digunakan pada sistem pakar untuk identifikasi kegagalan hasil produksi busa adalah metode *Dempster Shafer* dan *Certainty Factor*. Struktur pohon keputusan dapat di lihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Struktur Pohon Keputusan

Berdasarkan pohon keputusan diatas maka dapat disimpulkan rule yang diambil sebagai berikut:

Rule 1 : IF busa mengembang lebih cepat kemudian *blow off* dan jatuh lagi AND busa mengembang lebih lambat dari semestinya dan *blow off* tidak tercapai THEN *Collapse*.

Rule 2 : IF busa pecah dengan membentuk garis horizontal pada bagian tengah balokan AND struktur sel (pori-pori) busa terlalu terbuka THEN *Split*.

Rule 3 : IF busa pecah hampir pada semua sisi bagian atas AND busa rapuh dan berserat seperti kapas THEN *Zig-Zag Split*.

Rule 4 : IF balokan busa pecah hampir pada semua sisi dan dalam balokan THEN *Reactivity Split*.

Rule 5 : IF terdapat lubang tidak beraturan pada bagian sisi dan hampir ketengah balokan AND munculnya banyak gelembung dengan ukuran separuh bola ping-pong THEN *Pinhole* dan *Shoothole*.

Rule 6 : IF terlepasnya kulit balokan dan menempel pada bak cetak terutama bagian bawah balokan AND busa getas atau mudah robek AND *flexibility* busa berkurang (kaku) THEN *Loose Skin* dan *Coarse Surface*.

Rule 7 : IF tertutupnya sel (pori-pori) pada busa AND *hardness* (tingkat kekerasan) bertambah THEN *Dead Foams*.

Rule 8 : IF terjadi gejala perubahan warna dasar seperti terbakar pada bagian tengah balokan (gosong) THEN *Scorching/Discoloration*.

3.3. Metode *Dempster Shafer*

Untuk nilai bobot masing-masing gejala dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Bobot Masing-Masing Gejala

No	Nama Kegagalan	Gejala	Bobot
1	<i>Collapse</i> (Gagal <i>foaming</i>)	Apakah busa mengembang lebih cepat kemudian <i>blow off</i> dan jatuh lagi?	0.8
		Apakah busa mengembang lebih lambat dari semestinya dan <i>blow off</i> tidak tercapai?	0.7
2	<i>Split</i> (Balokan busa pecah)	Apakah busa pecah dengan membentuk garis horizontal pada bagian tengah balokan?	0.8
		Apakah struktur sel (pori-pori) busa terlalu terbuka?	0.7
3	<i>Zig Zag Split</i> (Busa pecah tidak beraturan)	Apakah busa mengalami pecah hampir pada semua sisi bagian atas?	0.8
		Apakah busa rapuh dan berserat seperti kapas?	0.7

4	<i>Reactivity Split</i> (Busa rusak)	Apakah balokan busa pecah hampir pada semua sisi dan dalam balokan?	0.8
5	<i>Pinhole</i> dan <i>Shoothole</i> (Pori-pori busa rusak)	Apakah terdapat lubang yang tak beraturan pada bagian sisi dan hampir ke tengah balokan? Apakah muncul banyak gelembung dengan ukuran separuh bola ping-pong?	0.8 0.8
6	<i>Loose Skin</i> dan <i>Coarse Surface</i> (Busa terkelupas)	Apakah terjadi pelepasan kulit pada balokan dan menempel pada bak cetak terutama bagian bawah balokan? Apakah busa getas atau menjadi mudah robek? Apakah <i>flexibility</i> busa berkurang (kaku)?	0.8 0.7 0.8
7	<i>Dead Foam</i> (Busa bantet)	Apakah sel (pori-pori) pada busa tertutup? Apakah tingkat kekerasan (<i>hardness</i>) pada busa bertambah?	0.8 0.8
8	<i>Scorching / Discoloration</i> (Busa gosong)	Apakah terjadi perubahan warna dasar pada busa seperti terbakar pada bagian tengah balokan (gosong)?	0.8

Seorang operator memilih dua gejala yaitu :

G01 dengan bobot 0.8

G02 dengan bobot 0.7

Berdasarkan relasi atau hubungan antara gejala dan kegagalan maka gejala yang di pilih oleh operator merupakan gejala dari kegagalan *collapse*. Maka *rule* yang akan di eksekusi adalah *rule 1* yaitu:

R1 = IF G01 AND G02 THEN K1

-G01 (YA = 0.8)

Maka : $M_1 \{K1\} = 0.8$

$M_1 \{\theta\} = 1-0.8 = 0.2$

- G02 (YA = 0.7)

Maka : $M_2 \{K1\} = 0.7$

$M_2 \{\theta\} = 1-0.7 = 0.3$

Selanjutnya akan dihitung nilai densitas baru untuk kombinasi M3 yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Bobot Masing-Masing Gejala

	$M_2 \{K1\} (0.7)$	$M_2 \{\theta\} (0.3)$
$M_1 \{K1\} (0.8)$	$\{K1\} 0.56$	$\{K1\} 0.24$
$M_1 \{\theta\} (0.2)$	$\{K1\} 0.14$	$\{\theta\} 0.06$

Lalu akan dihitung nilai densitas M_3 sebagai berikut:

$$M_3\{K1\} = \frac{0.56+0.14+0.24}{1-0} = 0.94$$

$$M_3\{\theta\} = \frac{0.06}{1-0} = 0.06$$

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan nilai densitas kegagalan hasil produksi busa karena *collapse* yaitu sebesar **0.94** atau **94 %**.

3.4. Metode *Certainty Factor*

Untuk nilai MB dan nilai MD masing-masing gejala kegagalan hasil produksi busa dapat dilihat pada Tabel 6.

Nama Kegagalan	Gejala	MB	MD
<i>Collapse</i> (Gagal foaming)	Apakah busa mengembang lebih cepat kemudian <i>blow off</i> dan jatuh lagi?	0.8	0
	Apakah busa mengembang lebih lambat dari semestinya dan <i>blow off</i> tidak tercapai?	0.7	0.1
<i>Split</i> (Balokan busa pecah)	Apakah busa pecah dengan membentuk garis horizontal pada bagian tengah balokan?	0.8	0
	Apakah struktur sel (pori-pori) busa terlalu terbuka?	0.7	0.1
<i>Zig Zag Split</i> (Busa pecah tidak beraturan)	Apakah busa mengalami pecah hampir pada semua sisi bagian atas?	0.8	0
	Apakah busa rapuh dan berserat seperti kapas?	0.7	0
<i>Reactivity Split</i> (Busa rusak)	Apakah balokan busa pecah hampir pada semua sisi dan dalam balokan?	0.8	0.1
<i>Pinhole</i> dan <i>Shoothole</i> (Pori-pori busa rusak)	Apakah terdapat lubang yang tak beraturan pada bagian sisi dan hampir ke tengah balokan?	0.8	0
	Apakah muncul banyak gelembung dengan ukuran separuh bola ping-pong?	0.8	0.2
<i>Loose Skin</i> dan <i>Coarse Surface</i> (Busa terkelupas)	Apakah terjadi pelepasan kulit pada balokan dan menempel pada bak cetak terutama bagian bawah balokan?	0.8	0.1
	Apakah busa getas atau menjadi mudah robek?	0.7	0.2
	Apakah <i>flexibility</i> busa berkurang (kaku)?	0.8	0
<i>Dead Foam</i> (Busa bantet)	Apakah sel (pori-pori) pada busa tertutup?	0.8	0.2
	Apakah tingkat kekerasan (<i>hardness</i>) pada busa bertambah?	0.8	0
<i>Scorching / Discoloration</i> (Busa gosong)	Apakah terjadi perubahan warna dasar pada busa seperti terbakar pada bagian tengah balokan (gosong)?	0.8	0

Operator memilih dua gejala yaitu:

G01 dengan MB 0.8 dan MD 0

G02 dengan MB 0.7 dan MD 0.1

Berdasarkan relasi atau hubungan antara gejala dan kegagalan maka gejala yang di pilih oleh operator merupakan gejala dari kegagalan *collapse* (K1). Maka perhitungan dengan menggunakan metode *Certainty*

Factor untuk kegagalan K1 dapat dilihat pada perhitungan berikut:

$$CF[H,E] = MB[H,E] - MD[H,E]$$

$$MB[H,E1AE2] = \{ MB[H,E1] + MB[H,E2] \cdot (1 - MB[H,E1]) \}$$

$$MD[H,E1AE2] = \{ MD[H,E1] + MD[H,E2] \cdot (1 - MD[H,E1]) \}$$

Perhitungan untuk nilai MB

$$\begin{aligned} MB(\text{Collapse}, G01 \wedge G02) &= 0.8 + 0.7 \cdot (1 - 0.8) \\ &= 0.8 + (0.7 \cdot 0.2) \\ &= 0.8 + 0.14 \\ &= 0.94 \end{aligned}$$

Perhitungan untuk nilai MD

$$\begin{aligned} MD(\text{Collapse}, G01 \wedge G02) &= 0 + 0.1 \cdot (1 - 0) \\ &= 0 + (0.1 \cdot 1) \\ &= 0 + 0.1 \\ &= 0.1 \end{aligned}$$

Perhitungan untuk nilai CF

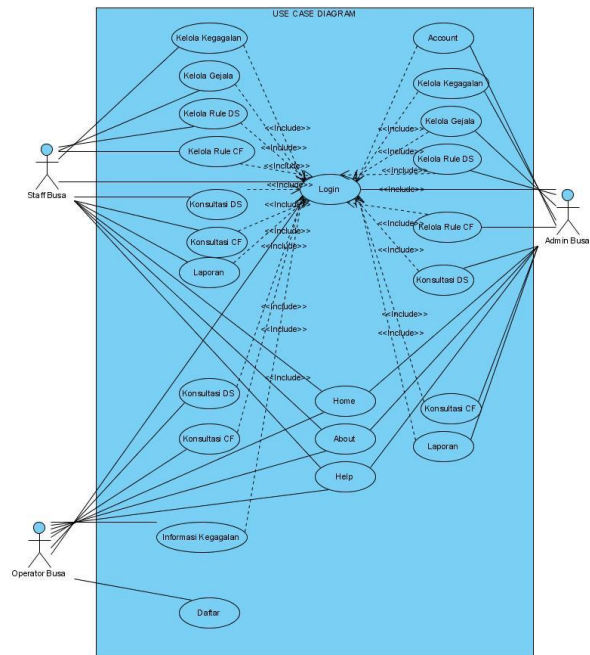
$$\begin{aligned} CF(\text{Collapse}) &= 0.94 - 0.1 \\ &= 0.84 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Presentase} &= 0.84 \cdot 100\% \\ &= 84\% \end{aligned}$$

Jadi, berdasarkan gejala kegagalan yang dipilih oleh operator, dapat disimpulkan bahwa kegagalan hasil produksi busa mengalami *collapse* dengan nilai kepercayaan **84%**.

3.5. Perancangan Sistem

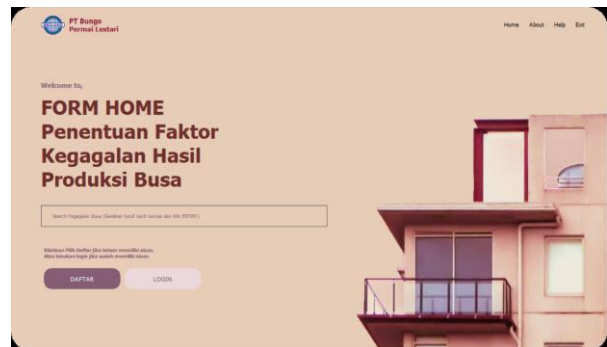
Perancangan sistem pakar untuk identifikasi faktor kegagalan hasil produksi busa dengan menggunakan metode *Dempster Shafer* dan *Certainty Factor* dengan menggunakan pemodelan UML.



Gambar 3. Use Case Diagram Sistem Pakar Identifikasi Faktor Kegagalan Hasil Produksi Busa

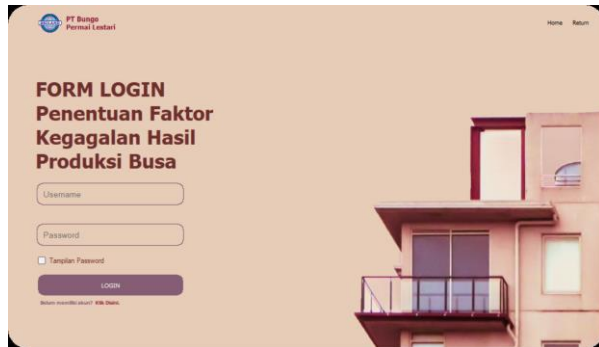
3.6. Implementasi

Berikut ini merupakan tampilan home dari aplikasi sistem pakar identifikasi faktor kegagalan hasil produksi busa.



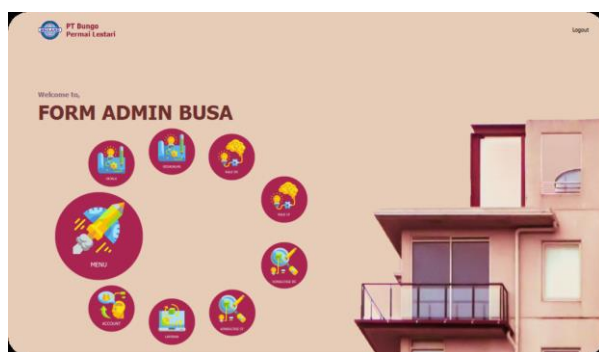
Gambar 4. Tampilan Home

Tampilan login merupakan tampilan yang digunakan sebagai keamanan sistem. Dimana hanya pengguna yang memiliki akses saja yang dapat menggunakan fitur dari sistem pakar ini. Adapun pengguna disini yaitu Admin Busa yang memiliki hak akses penuh terhadap sistem dan dapat mendaftarkan staff busa maupun operator busa, lalu ada Staff Busa yang membantu admin busa dalam menginput data serta melihat laporan, dan Operator busa yang hanya dapat melakukan konsultasi dan informasi kegagalan.



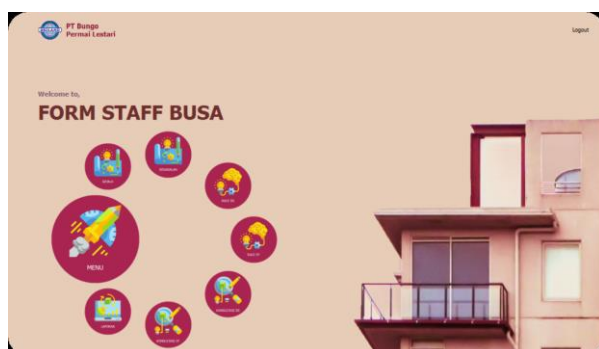
Gambar 5. Tampilan Login

Apabila *user* login sebagai admin busa, maka akan masuk ke halaman form admin busa seperti Gambar 6.



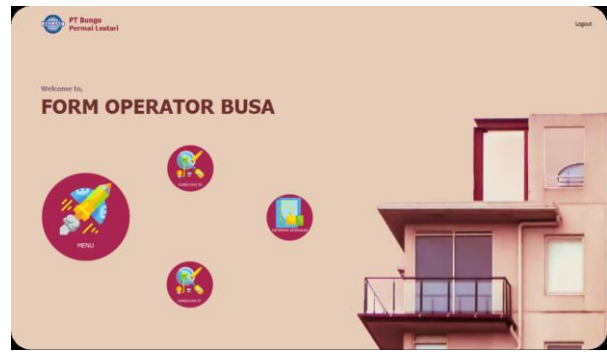
Gambar 6. Tampilan Admin Busa

Apabila *user* login sebagai staff busa, maka akan masuk ke halaman form staff busa seperti Gambar 7.



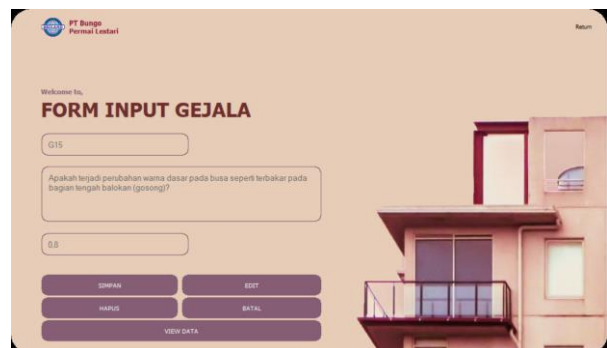
Gambar 7. Tampilan Staff Busa

Apabila *user* login sebagai operator busa, maka akan masuk ke halaman form operator busa seperti Gambar 8.



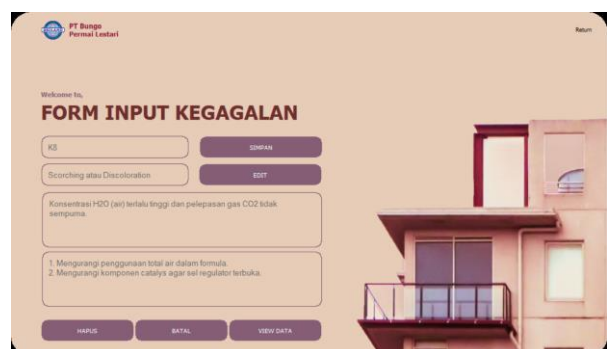
Gambar 8. Tampilan Operator Busa

Form gejala berguna untuk mengelola data-data gejala dari masing-masing kegagalan hasil produksi busa. Pada form gejala ini admin ataupun staff busa dapat melakukan input data gejala, mengedit data gejala, serta menghapus data gejala.



Gambar 9. Tampilan Form Gejala

Form kegagalan berguna untuk mengelola data-data kegagalan hasil produksi busa. Pada form kegagalan ini admin ataupun staff busa dapat melakukan input data kegagalan, mengedit data kegagalan, serta menghapus data kegagalan.



Gambar 10. Tampilan Form Kegagalan

Form *rule* DS berguna untuk mengelola *rule* berdasarkan kegagalan dan gejala dengan menggunakan metode *Dempster Shafer*. Pada form *rule* DS ini admin ataupun staff busa dapat melakukan input data *rule* DS, mengedit data *rule* DS, serta menghapus data *rule* DS.

Gambar 11. Tampilan Form Rule DS

Form rule CF berguna untuk mengelola rule berdasarkan kegagalan dan gejala dengan menggunakan metode *Certainty Factor*. Pada form rule CF ini admin ataupun staff busa dapat melakukan input data rule CF, mengedit data rule CF, serta menghapus data rule CF.

Gambar 12. Tampilan Form Rule CF

Pada halaman konsultasi *Dempster Shafer* dapat digunakan oleh operator busa untuk melakukan konsultasi dengan memilih gejala yang sesuai dengan hasil produksi busa yang telah dilakukan. Setelah memilih gejala maka selanjutnya klik button Proses sehingga akan muncul hasil kemungkinan dan hasil konsultasi berupa nilai densitas kegagalan, faktor kegagalan, serta solusi kegagalan tersebut. Konsultasi dengan menggunakan metode *Dempster Shafer* dengan kondisi memilih gejala G01 dan G02 menghasilkan kegagalan *collapse* dengan nilai densitas sebesar 94%.

Gambar 13. Tampilan Form Konsultasi DS

Pada halaman konsultasi *Certainty Factor* dapat digunakan oleh operator busa untuk melakukan konsultasi dengan memilih gejala yang sesuai dengan hasil produksi busa yang telah dilakukan. Setelah memilih gejala maka selanjutnya klik button Proses sehingga akan muncul hasil berupa nilai CF kegagalan, faktor kegagalan, serta solusi kegagalan tersebut. Konsultasi dengan menggunakan metode *Certainty Factor* dengan kondisi memilih gejala G01 dan G02 menghasilkan kegagalan *collapse* dengan nilai densitas sebesar 84%.

Gambar 14. Tampilan Form Konsultasi CF

3.7. Pengujian Sistem

Setelah diimplementasikan, selanjutnya akan dilakukan pengujian. Pengujian sistem dilakukan untuk melihat apakah program aplikasi sudah berjalan sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan pengujian *Black Box Testing*. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa aplikasi sistem pakar untuk identifikasi faktor kegagalan hasil produksi busa dengan menggunakan metode *Dempster Shafer* dan *Certainty Factor* sudah berjalan dengan baik dan sesuai yang diharapkan.

4. Kesimpulan

Metode *Dempster Shafer* dan *Certainty Factor* mampu mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kegagalan hasil produksi busa dan dapat digunakan oleh PT Bungo Permai Lestari sehingga dapat menghindari terjadinya kegagalan hasil produksi busa yang sama. Pengujian dengan aplikasi sistem pakar yang dirancang dengan menggunakan bahasa pemrograman *Visual Basic 2019* dan database *MySQL* untuk mengidentifikasi faktor kegagalan hasil produksi busa dapat diproses dengan cepat dan akurat serta memberikan hasil berupa nilai kepastian untuk kegagalan. Hasil produksi busa dapat digunakan sebagai tolak ukur dari besar nilai yang diperoleh dari gejala-gejala pada kegagalan busa serta solusi untuk kegagalan tersebut.

Daftar Pustaka

- [1] Djunaidi, M., Sholeh, M. A. A., & Mufiid, N. M. (2018). Identifikasi Faktor Penerapan Green Supply Chain

- Management Pada Industri Furniture Kayu. *Jurnal Teknik Industri*, 19(1), 1. doi:10.22219/jtiimm.vol19.no1.1-10
- [2] Ambri, D. D., & Suaryana, I. G. N. A. (2018). Pertumbuhan Perusahaan Sebagai Pemoderasi Pengaruh Leverage pada Nilai Perusahaan. *E-Jurnal Akuntansi*, 1258. doi:10.24843/eja.2018.v25.i02.p17
- [3] Sunardi, N. (2019). Mekanisme Good Corporate Governance Terhadap Nilai Perusahaan dengan Leverage Sebagai Variabel Intervening Pada Perusahaan Manufaktur Yang Terdaftar Di Bursa Efek Indonesia Tahun 2012-2018. *JIMF (Jurnal Ilmiah Manajemen Forkamma)*, 2(2). doi:10.32493/frkm.v2i2.3002
- [4] Rahman, F. (2017). Peran Modal Manusia dan Modal Investasi Terhadap Nilai Produksi Industri Kecil Di Kota Pekanbaru. *Jurnal Benefita*, 2(1), 1. doi:10.22216/jbe.v2i1.379
- [5] Kesuma, M., Fitria, D., & Albab Al Umar, A. U. (2021). Pengaruh Harga, Kualitas Produk, dan Promosi Terhadap Keputusan Pembelian Produk Pattaya Corner Kota Salatiga. *Jurnal Ilmiah Manajemen Ubhara*, 3(1), 13. doi:10.31599/jmu.v3i1.845
- [6] Saputra Nasution, T. I., & Kurniawati, T. (2019). Pengaruh Kualitas Produk dan Kualitas Pelayanan Terhadap Kepuasan Konsumen Produk Nissan Grand Livina. *Jurnal Ecogen*, 1(4), 880. doi:10.24036/jmpe.v1i4.5667
- [7] Matswaya, A., Sunarko, B., Widuri, R., & Indriati, S. (2019). Analisis Perencanaan Kapasitas Produksi dengan Metode Rought Cut Capacity Planning (RCCP) Pada Pembuatan Produk Kasur Busa (Studi pada PT Buana Spring Foam Di Purwokerto). *Performance*, 26(2), 128. doi:10.20884/1.jp.2019.26.2.1624
- [8] Gunawan, E., Wahyudi, J., & Sari, Y. (2021). Pendekatan Berbasis Kecerdasan Buatan Dengan Metode Naïve Bayes untuk Website Baznas. *Jurnal Teknologi Informasi Universitas Lambung Mangkurat (JTIULM)*, 6(1), 1-8. doi:10.20527/jtiulm.v6i1.68
- [9] Nawi, A., Yaakob, M. F. M., Hussin, Z., Muhaiyuddin, N. D. M., Samuri, M. A. A., & Tamuri, A. H. (2021). Keperluan Garis Panduan dan Etika Islam Dalam Penyelidikan Kecerdasan Buatan. *Journal of Fatwa Management and Research*, 26(2), 280-297. doi:10.33102/jfatwa.vol26no2.414
- [10] Sugiharni, G. A. D., & Divayana, D. G. H. (2017). Pemanfaatan Metode Forward Chaining Dalam Pengembangan Sistem Pakar Pendiagnosa Kerusakan Televisi Berwarna. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, 6(1), 20. doi:10.23887/janapati.v6i1.9926
- [11] Wardani, S. Y. C., Maulana, A., Fauzi, A., & Fahrizal, F. (2021). Sistem Pakar Pendeteksi Kerusakan Pada Hardware Komputer Berbasis Android. *Format: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika*, 10(1), 1. doi:10.22441/format.2021.v10.i1.001
- [12] Widayanto, A., Pratmanto, D., & Musyaffa, S. T. (2018). Sistem Pakar Diagnosa Kerusakan Kamera DSLR Berbasis Android. *Evolusi: Jurnal Sains Dan Manajemen*, 6(1). doi:10.31294/evolusi.v6i1.3542
- [13] Br Sembiring, N. S., & Sinaga, M. D. (2018). Penerapan Metode Dempster Shafer untuk Mendiagnosa Penyakit Dari Akibat Bakteri Treponema Pallidum. *CSRID (Computer Science Research and Its Development Journal)*, 9(3), 134. doi:10.22303/csr.9.3.2017.134-143
- [14] Yunitasari, Y., Voutama, A., & Sulistiyowati, N. (2021). Perbandingan Metode Certainty Factor dan Dempster Shafer untuk Sistem Pakar Depresi Pasca Melahirkan. *Techno.Com*, 20(3), 362-371. doi:10.33633/tc.v20i3.4905
- [15] Rahmanita, E., Agustiono, W., & Juliyanti, R. (2019). Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Saluran Pencernaan Dengan Perbandingan Metode Forward Chaining dan Dempster Shafer. *Jurnal Simantec*, 7(2), 82-89. doi:10.21107/simantec.v7i2.6743
- [16] Eska, J., Hidayatullah, H., & Hambali, H. (2021). Sistem Pakar Metode Certainty Factor Dalam Diagnosa Penyakit Kanker Kelenjar Getah Bening Pada RSUD H. Abdul Manan Simatupang. *Journal of science and social research*, 4(2), 155. doi:10.54314/jssr.v4i2.548
- [17] Rachman, R., & Mukminin, A. (2018). Penerapan Metode Certainty Factor Pada Sistem Pakar Penentuan Minat dan Bakat Siswa SD. *Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, 4(2), 90. doi:10.23917/khif.v4i2.6828
- [18] Sihotang, H. T. (2019). Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Kolesterol Pada Remaja Dengan Metode Certainty Factor (CF) Berbasis Web. doi:10.31227/osf.io/97rz8
- [19] Hormati, R., Yusuf, S., & Abdurahman, M. (2021). Sistem informasi Data Poin Pelanggaran Siswa Menggunakan Metode Prototyping Berbasis Web Pada SMA Negeri 10 Kota. *Jurnal Ilmiah ILKOMINFO - Ilmu Komputer & Informatika*, 4(2). doi:10.47324/ilkominfo.v4i2.128
- [20] Ramadan, R. (2020). Penerapan Konsep Model View Controller Pada Sistem Informasi Manajemen Data Terintegrasi. *Information Management For Educators and Professionals: Journal of Information Management*, 5(1), 45. doi:10.51211/mbi.v5i1.1412