

PERBANDINGAN FUZZY TSUKAMOTO, MAMDANI DAN SUGENO DALAM PENENTUAN HARI BAIK PERNIKAHAN BERDASARKAN WARIGA MENGUNAKAN CONFUSION MATRIX

E W Hary Candana¹, I Gede Aris Gunadi², D G H Divayana³

¹²³Program Studi Ilmu Komputer, Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha Singaraja, Indonesia

email: eka.widastra@undiksha.ac.id¹, igedearisgunadi@undiksha.ac.id², hendra.divayana@undiksha.ac.id³

ABSTRAK

Keyakinan hari baik upacara pernikahan mempengaruhi masa depan dan keberhasilan rumah tangga melekat pada masyarakat pemeluk Agama Hindu di Bali. Proses penentuan hari baik ini didasarkan ajaran wariga (*Jyotisa*). Proses pencarian hari baik pernikahan oleh masyarakat Hindu di Bali masih dengan cara manual seperti memakai pedoman kalender Bali hasil cetakan atau bertanya kepada pakar wariga. Cara ini memiliki kelemahan meliputi, proses yang lama, terbatasnya jangkauan pencarian, tidak optimalnya informasi hari baik. Penelitian ini melakukan akuisisi pengetahuan pakar wariga ke dalam sistem pakar berbasis web dengan menggunakan *logika fuzzy*. Ada tiga metode logika fuzzy yang digunakan yaitu: metode *Tsukamoto*, metode *Sugeno*, dan metode *Mamdani*. Ketiga metode ini mendapatkan inputan variabel unsur wariga yang dihasilkan aplikasi kalender Bali. Pengujian dilakukan dengan menggunakan data bobot hari baik pernikahan dari pakar tahun 2020 dan tahun 2021. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dari tiga metode *logika fuzzy*, metode *Sugeno* memberikan nilai persentase akurasi prediksi terbaik dalam menentukan hari baik pernikahan. Nilai persentase akurasi prediksi hari baik, dengan menggunakan *Confusion Matrix*, metode *Sugeno* memberikan nilai *F-1 Score* 82,76%.

Kata kunci : *logika fuzzy, metode Tsukamoto, metode Mamdani, metode Sugeno, sistem pakar, hari baik pernikahan, wariga.*

ABSTRAC

The belief that the auspicious day of the wedding ceremony affects the future and success of the household was inherent in the Hindu community in Bali. The process of determining this auspicious day was based on the teachings of wariga (Jyotisa). The process of finding a good day for marriage by the Hindu community in Bali is still manual, such as using printed Balinese calendar guidelines or asking wariga experts. This method has weaknesses including, a long process, limited search range, not optimal information on good days. This study carried out the acquisition of wariga expert knowledge into a web-based expert system using fuzzy logic. There are three methods of fuzzy logic used, namely: the Tsukamoto method, the Sugeno method, and the Mamdani method. These three methods get the variable input of the wariga element generated by the Balinese calendar application. The test is carried out using data on the weight of the auspicious wedding day from the expert in 2020 and 2021. The test results show that of the three fuzzy logic methods, the Sugeno method provides the best percentage value of predictive accuracy in determining the auspicious day of the wedding. The percentage value of good day prediction accuracy, using the Confusion Matrix, the Sugeno method gives an F-1 Score of 82.76%.

Keywords: fuzzy logic, Tsukamoto method, Mamdani method, Sugeno method, expert system, good wedding day, wariga.

I. Pendahuluan

Kepercayaan terhadap hari baik dan hari buruk mempengaruhi keberhasilan pelaksanaan pekerjaan sehari-hari, terutama dalam pelaksanaan kegiatan upacara keagamaan begitu melekat pada

Masyarakat Bali yang mayoritas pemeluk Agama Hindu[1]. Sama halnya dengan kebudayaan-kebudayaan lain di dunia, masyarakat Hindu di Bali sudah sejak dulu menaruh perhatian pada pengamatan langit (peredaran tata surya, bulan dan

benda-benda angkasa lainnya) yang diyakini mempunyai pengaruh di dalam kehidupan. Astronomi pada umat Hindu, dimuat di salah satu bagian kitab suci *Weda* (kelompok *Wedangga*) yaitu *Jyotisa*. Ajaran ini di Bali khususnya, dikenal dengan *Wariga* yang merupakan wadah perhitungan, aturan, pembagian waktu atau hari-hari baik. Di dalam *Wariga*, hari baik disebut dengan *dewasa ayu*[2].

Proses pencarian hari baik pernikahan oleh masyarakat Hindu di Bali masih dengan cara manual seperti memakai pedoman kalender Bali hasil cetakan atau bertanya kepada pakar *wariga*. Cara ini memiliki kelemahan meliputi, proses yang lama, terbatasnya jangkauan pencarian, tidak optimalnya informasi hari baik sehingga terkadang menimbulkan kekeliruan.

Beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan sistem *Wariga* dalam Kalender Bali, membahas sejarah, perkembangan, istilah, serta peran Kalender Bali pada kultur-sosial masyarakat Bali. Selain itu, penelitian tentang sistem *wariga* juga dilakukan dengan mengembangkan aplikasi berbasis web dengan metode verifikasi yaitu membandingkan hari baik pernikahan hasil aplikasi dalam setahun dengan hasil seorang pakar *Wariga*, namun di penelitian tersebut menggunakan satu metode *fuzzy*[3].

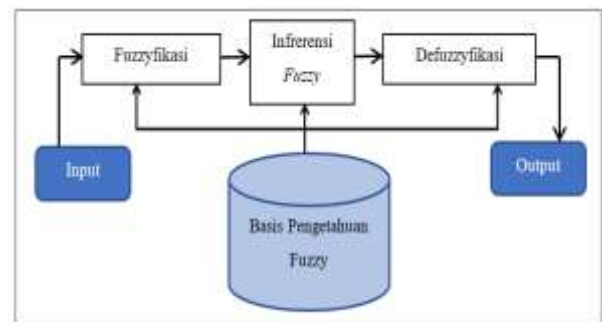
Sebagai upaya pelestarian Budaya Lokal Bali dan menambah inferensi penalaran dengan metode berbeda, maka penulis tertarik membuat penelitian suatu sistem pakar *wariga* pernikahan dengan menerapkan beberapa metode logika *fuzzy*. Metode-metode ini akan mengakuisisi basis pengetahuan (*Knowledge Base*) pakar *Wariga* ke dalam sebuah aplikasi web. Proses akuisisi pengetahuan pakar *Wariga* dilakukan dengan metode metode Tsukamoto, metode Mamdani dan metode Sugeno. Penelitian ini membuat analisa perbandingan ketiga metode tersebut dan menentukan metode logika *fuzzy* yang memberikan hasil terbaik dan mendekati hasil pakar *Wariga* menggunakan *Confusion Matrix*.

II. Kajian Pustaka

A. Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* adalah salah satu model *soft computing* yang dapat diterapkan pada pengembangan sistem pakar, dimana logika ini memiliki kemampuan memodelkan konsep linguistik menjadi elemen yang memiliki derajat atau nilai keanggotaan dari rentang nilai dari 0 sampai dengan 1. Sistem *fuzzy* merupakan sistem yang berbasis pengetahuan atau aturan-aturan IF-THEN dari himpunan *fuzzy*. Sistem *fuzzy* mampu memformulasikan pengalaman dan pengetahuan manusia menjadi format matematis. Struktur sistem *fuzzy* dapat dilihat pada Gambar 1 meliputi Input (keadaan yang akan diproses), Fuzzyfikasi (perubahan nilai input kondisi menjadi variabel linguistik menggunakan fungsi keanggotaan yang

nantinya menjadi masukan sistem[4]), Inferensi *fuzzy* (tahap pencarian dan pengolahan dengan mengikuti kaidah-kaidah yang telah ditetapkan (*rules*) yang dijadikan sebagai basis pengetahuan untuk penarikan kesimpulan), Defuzzyfikasi (proses keluaran yang diperoleh dari proses inferensi menjadi nilai tetap), Basis Pengetahuan Fuzzy (kumpulan aturan yang ada dalam suatu keadaan), dan Output (hasil akhir dari proses *fuzzy*).



Gambar 1 Struktur Sistem *fuzzy*

Beberapa jenis inferensi *fuzzy* yaitu: metode Mamdani, Tsukamoto dan Sugeno.

a. Metode Mamdani

Metode Mamdani diumumkan pertama kali oleh Ibrahim Mamdani pada tahun 1975.[5] Metode Mamdani disebut dengan metode MIN-MAX (inferensi min-max) karena menggunakan fungsi implikasi min dan agregasi max. metode ini mempunyai tingkatan proses sebagai berikut[6].

- 1) Proses Fuzzyfikasi.
- 2) Pembentukan Basis Pengetahuan (aturan IF....THEN....).
- 3) Mesin inferensi memakai fungsi implikasi MIN untuk memperoleh α –predikat setiap aturan yang ada dan fungsi MAX untuk membuat komposisi antar aturan.
- 4) Defuzzyfikasi memakai *Centroid*.

b. Metode Tsukamoto

Metode Tsukamoto di umumkan pertama kali oleh Tsukamoto. Metode ini memakai fungsi keanggotaan yang monoton untuk merepresentasikan aturan *fuzzy*. Tingkatan proses metode ini meliputi[4].

- 1) Proses Fuzzyfikasi
- 2) Pembentukan Basis Pengetahuan (aturan IF....THEN....).
- 3) Penentuan nilai α –predikat setiap aturan memakai mesin inferensi dengan fungsi implikasi MIN.
- 4) Defuzzyfikasi memakai rata-rata(Average)

$$Z^n = \frac{\sum \alpha_i Z_i}{\sum \alpha_i}$$

c. Metode Sugeno

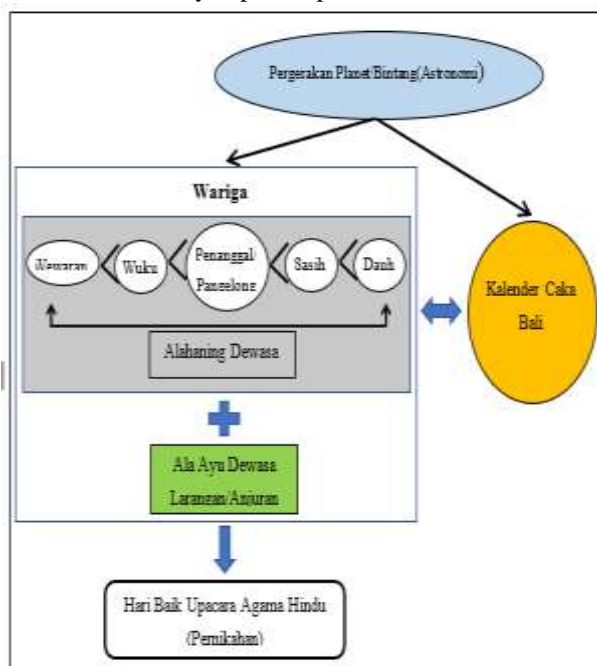
Inferensi metode Sugeno memiliki kemiripan dengan metode Mamdani. Akan tetapi, output yang digunakan pada metode Sugeno adalah

konstanta atau persamaan linier. Metode ini dipublikasi pertama kali oleh Takagi- Sugeno Kang pada tahun 1985 [5]. Proses defuzzifikasi pada metode Sugeno agregasi berupa singleton-singleton.

B. Wariga

Wariga dapat dimaknai sebagai filsafat tentang alam semesta (bhuwana agung) dan (bhuwana alit) yang dilukiskan dengan nama-nama hari-hari dan yang lainnya. Manfaat wariga di Bali adalah untuk membina atau menuntun para umat supaya rajin bekerja berdasarkan pembagian waktu yang sebaik-baiknya. Dengan adanya pembagian waktu tersebut, para umat dapat menentukan sikap pasti untuk melakukan pekerjaan (termasuk pelaksanaan upacara), menanamkan disiplin penggunaan waktu yang mendorong rasa gotong-royong, rasa saling menghormati, keharmonisan dan kerukunan[7]. *Wariga* (pedewasaan) di Bali, di kenal beberapa pedoman pedewasaan secara umum yaitu: *wariga gemet* dan *wariga krimping*, namun keduanya pada intinya sama karena sumbernya berdasarkan perhitungan pengaruh bulan, matahari dan bintang terhadap bumi asalkan disesuaikan dengan situasi dan kondisinya[8].

Dari Gambar 2 dapat dijelaskan bahwa Ilmu astronomi yang mempelajari pergerakan benda atau planet melahirkan Sistem *Wariga* dan Kalender Çaka Bali, dimana keduanya memiliki hubungan yang erat. Sistem ini terdapat aturan atau rule yang menjadi pokok penentuan hari baik upacara Agama Hindu di Bali, salah satunya upacara pernikahan.



Gambar 2 Struktur *Wariga* Penentuan Hari Baik Pernikahan

Rule *wariga* ini berupa aturan *Alahaning Dewasa* yaitu: *Wewaran* dikalahkan *Wuku*, *Wuku* dikalahkan *Pananggal*, *Pananggal* dikalahkan *Sasih*, *Sasih* dikalahkan *Dauh*, kemudian ada kombinasi dengan aturan *Ala Ayu Dewasa* berupa larangan atau anjuran. Pada kalender Çaka Bali telah terjadi beberapa kali rekonstruksi kalender yang memuat aturan *Nampih Sasih* yang berpengaruh pada penentuan hari pelaksanaan upacara agama.

C. Confusion Matrix

Confusion Matrix merupakan alat pengukuran kinerja metode prediksi dengan menghitung tingkat kebenaran proses klasifikasi[11]. Hasil pengujian ini berupa perbandingan akurasi prediksi kemunculan hari baik keluaran ketiga metode *fuzzy* yang diimplementasikan pada aplikasi pengujian. Akurasi prediksi kemunculan hari baik dihitung menggunakan *Confusion Matrix*. Jumlah data prediksi dari sistem dan jumlah data prediksi dari pakar sebagai variabel masukan *Confusion Matrix*, selanjutnya oleh sistem memberikan masing-masing metode *fuzzy* nilai Accuracy, Precision, Recall dan F-1 Score.

III. Metode Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan dapat di deskripsikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Tahapan Penelitian

Dari Gambar 3 menjelaskan bahwa penulis melakukan pengamatan terhadap proses penentuan hari baik pernikahan yang terjadi secara umum di masyarakat Hindu Bali. Hasil pengamatan didapat bahwa masyarakat masih menggunakan cara manual dalam menentukan hari baik pernikahan. cara ini berupa penggunaan cetakan kalender Çaka Bali dan meminta bantuan dari pakar *wariga* untuk menentukan hari baik pernikahan. pakar ini berasal dari golongan pemangku, sulinggih atau tokoh wariga. Cara manual tersebut memiliki keterbatasan seperti: informasi dari kalender cetakan belum optimal, tidak disertai penjelasan yang rinci mengenai unsur-unsur penyusun *wariga* kenapa hari itu dinyatakan baik untuk pernikahan. Selanjutnya penulis melakukan pencarian beberapa artikel yang berkaitan dengan *wariga* dan hari pernikahan. Hasil resume beberapa artikel tersebut memunculkan ide penulis untuk melakukan penelitian *wariga* penentuan hari baik pernikahan dengan implementasi logika *fuzzy*.

Tahapan studi literatur mengenai objek penelitian meliputi logika *fuzzy*, kalender Çaka Bali dan *wariga* melalui sumber-sumber seperti buku, karya tulis, artikel, cetakan kalender Bali (tahun 2018, 2019, 2020). Pada tahapan ini dilakukan perbandingan teori dan revidu penelitian sebelumnya untuk mendapatkan literatur penelitian yang mendukung penelitian. Penulis melakukan pengumpulan data melalui metode wawancara untuk mengetahui bobot variabel dan aturan (*rule*) *wariga* untuk menentukan hari baik upacara pernikahan dan melakukan dokumentasi hasil wawancara yang telah dilakukan sebagai lampiran penelitian.

Analisa Logika *Fuzzy* dilakukan dengan menentukan unsur *wariga* pada kalender Çaka Bali sebagai variabel logika *fuzzy* meliputi: *wewaran*, *wuku*, *tanggal/pangelong*, *sasih* dan *ala ayuning dewasa*. Variabel ini akan menjadi variabel input. Selanjutnya dilakukan penentuan komponen sistem fuzzy yang akan diproses. Komponen ini meliputi himpunan *fuzzy*, semesta pembicaraan, domain masing-masing variabel yang sudah ditentukan. Pada langkah ini juga penulis menghitung nilai derajat keanggotaan masing-masing variabel input. Tahap selanjutnya yaitu mengidentifikasi proses sistem fuzzy pada metode Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno dilakukan dari langkah Fuzzyfikasi, Inferensi *fuzzy*, Defuzzyfikasi sampai akurasi hasil akhir. Identifikasi lebih mendalam pada proses Inferensi *fuzzy*, karena pada proses ini ada penuangan aturan atau rule dari pakar *wariga* ke dalam basis pengetahuan *fuzzy*.

Penulis melakukan analisa berdasarkan data yang telah dikumpulkan meliputi: membuat analisa rancangan implementasi kalender Çaka Bali sebagai dasar perhitungan hari baik upacara pernikahan dan analisa komponen aplikasi sistem pakar yang memakai metode Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno.

Tahap ini penulis menentukan dan mengetahui batasan-batasan sistem serta memutuskan cara yang efektif untuk menyelesaikan permasalahan. Penulis membuat rancangan Data Flow Diagram (DFD), Entity Relationship Diagram (ERD) dan desain aplikasi berbasis web.

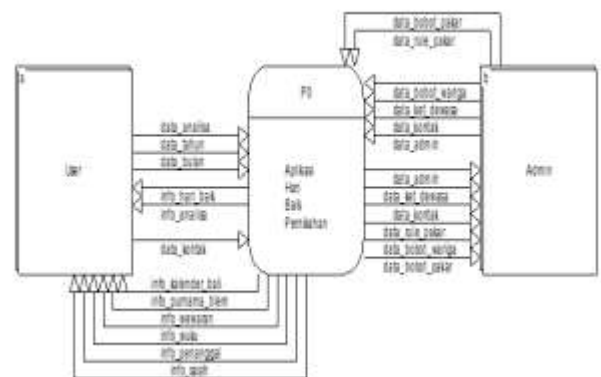
Pada tahap implementasi desain yang telah dibuat lalu diterjemahkan dalam kode-kode program menggunakan bahasa pemrograman PHP, CSS, HTML yang diimplementasikan ke dalam aplikasi ini. File yang dihasilkan adalah aplikasi sistem pakar penentuan hari baik pernikahan berbasis web.

Perbandingan logika *fuzzy* metode Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno dalam penentuan hari baik pernikahan diuji metode *Confuison Matrix*[9]. Modul kalender Çaka Bali yang benar dan sesuai akan mempengaruhi nilai variabel input logika *fuzzy* sehingga diharapkan hari baik upacara pernikahan yang diusulkan aplikasi mendekati hasil dari pakar *wariga*. Aplikasi juga memberikan informasi kenapa hari itu baik menurut aturan *wariga*.

IV. Hasil dan Pembahasan

A. Implementasi Sistem Kalender Çaka Bali Berbasis Web

1. Context Diagram



Gambar 4 *Context Diagram* Aplikasi Hari Baik Pernikahan

Pada Gambar 4 terdapat 2 external entity yaitu User dan Admin. User memberikan input ke dalam aplikasi berupa data tahun, data bulan, data kontak, dan data analisa, kemudian aplikasi memberikan output seperti: informasi kalender Bali, informasi purnama tilem, informasi wewaran, informasi wuku, informasi penanggal/pengelangan, informasi sasih, informasi hari baik pernikahan dan informasi perbandingan akurasi 3 metode *fuzzy* yang digunakan aplikasi menentukan hari baik pernikahan.

Admin memiliki akses maintenance data(tambah, ubah, hapus data) ke dalam aplikasi meliputi: data admin, data kontak(hapus saja), data keterangan dewasa, data bobot wariga(*wewaran*, *wuku*, *penganggal*, *sasih*, *ala ayu*), data rule pakar dan data bobot hari baik, dari pakar *wariga*. aplikasi

juga menampilkan bobot *wariga*, data rule pakar, data bobot hari baik, data admin, data keterangan dewasa dan data kontak

2. DFD Level 0

Pada Gambar 5 terlihat interaksi external entity User dengan aplikasi memiliki 4 proses meliputi.

1) Proses Cari Informasi Kalender Bali

Pada proses ini User memberikan input data bulan dan data tahun, kemudian aplikasi memberikan informasi kalender Bali, *wewaran*, *wuku*, *penanggal*, *sasih*, dan purnama tilem.

2) Proses Cari Hari Baik Pernikahan

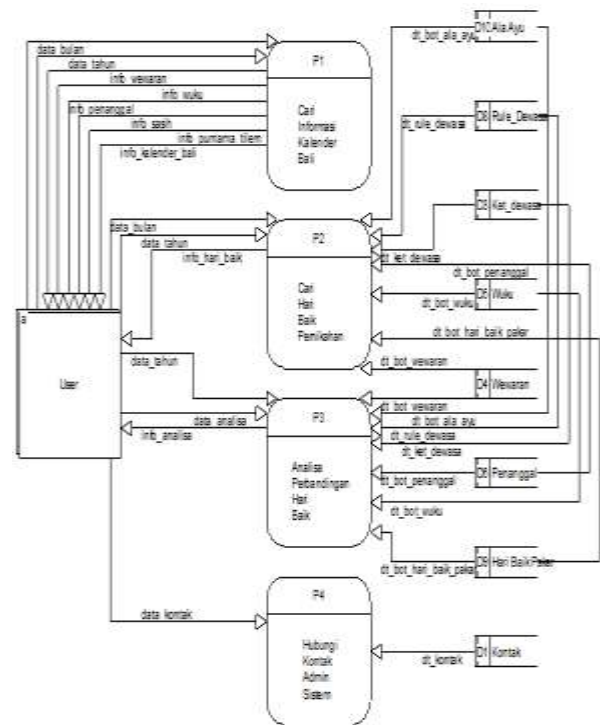
Pada proses ini setelah aplikasi menerima input tahun dan bulan dari User, aplikasi mengambil data bobot *wewaran*, bobot *wuku*, bobot *penanggal*, bobot *sasih*, bobot *dewasa ala ayu*, bobot pakar, data rule *dewasa*, dan data keterangan dewasa dari database kemudian menghasilkan output hari baik pernikahan dalam format bulan sesuai dengan bulan dan tahun yang diinput dari User, dan ketika salah satu hari baik di klik, aplikasi akan menampilkan halaman web yang berisikan detail dari hari baik tersebut.

3) Proses Analisa Perbandingan Hari Baik

Pada proses ini aplikasi memberikan informasi perbandingan akurasi hasil hari baik dari tiga metode logika *fuzzy* (Tsukamoto, Mamdani, dan Sugeno) sesuai dengan data bulan dan tahun yang diinput oleh User. Uji analisa perbandingan menggunakan *Confusion Matrix*.

4) Proses Hubungi Kontak Admin

Di dalam proses ini User mengirimkan data kontak berupa saran dan masukan kepada Admin aplikasi.



Gambar 5 DFD Level 0 External Entity User

B. Implementasi Metode Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno

1. Analisa Perbandingan Metode Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno

Pakar wariga memberikan prediksi 16 hari baik, metode Tsukamoto memberikan prediksi 27 hari, metode Mamdani memberikan prediksi 21 hari, dan metode Sugeno memberikan prediksi hari baik sejumlah 13 hari ini dapat dilihat pada Gambar 6.

PERBANDINGAN RASIO HARI BAIK PERNIKAHAN		
Logika Fuzzy terhadap Prediksi Hari Baik Pakar Wariga		
Tahun :	2020-2021	Jumlah Hari : 731
Analisa		
Tabel Prediksi Hari Baik Pernikahan 2020-2021		
No	Prediksi Ahli	N. Ahli
1	2Januari2020	75
2	8Januari2020	70
3	30Maret2020	75
4	2April2020	75
5	8April2020	80
6	10April2020	80
7	22Juli2020	70
8	26Oktober2020	70
9	29Oktober2020	70
10	30Desember2020	70
11	2April2021	80
12	21Mei2021	80
13	12Agustus2021	75
14	8September2021	70
15	14September2021	80
16	29Oktober2021	70
No	Prediksi Tsukamoto	N. Tsu
1	14Januari2020	60
2	16Januari2020	60
3	21Januari2020	60
4	23Januari2020	63
5	24Januari2020	63
6	26Pebruari2020	64
7	28Pebruari2020	64
8	12Maret2020	60
9	14September2020	61
10	16September2020	62
11	17September2020	61
12	5Oktober2020	63
13	7Oktober2020	63
14	13Oktober2020	60
15	15Oktober2020	60
16	16Oktober2020	63
17	12Januari2021	61
18	13Januari2021	61
19	1Maret2021	64
20	3September2021	62
21	9September2021	60
22	13September2021	68
23	14September2021	60
24	27September2021	63
25	5Oktober2021	60
26	6Oktober2021	63
27	4November2021	61
No	Prediksi Mamdani	N. Mam
1	8Pebruari2020	66
2	7Mei2020	65
3	14Juli2020	66
4	16Juli2020	65
5	17Juli2020	65
6	20Juli2020	65
7	22Juli2020	65
8	7Agustus2020	65
9	3Desember2020	65
10	7Pebruari2021	65
11	10Pebruari2021	65
12	11Pebruari2021	65
13	26Pebruari2021	65
14	2Maret2021	65
15	4Maret2021	65
16	6Maret2021	65
17	28Mei2021	65
18	2Agustus2021	65
19	9September2021	65
20	13September2021	65
21	25September2021	66
No	Prediksi Sugeno	N. Sug
1	2Januari2020	71
2	8Januari2020	76
3	30Maret2020	71
4	2April2020	74
5	8April2020	75
6	10April2020	75
7	31Agustus2020	71
8	26Oktober2020	71
9	29Oktober2020	71
10	30Desember2020	70
11	2April2021	75
12	21Mei2021	76
13	8September2021	72

Gambar 6 Prediksi Hari Baik Pernikahan Tahun 2020-2021

Selanjutnya aplikasi menghitung Prediksi Positif dan Prediksi Negatif *Confusion Matrix* masing-masing metode fuzzy. Prediksi Positif terdiri dari nilai True Positif (dihitung dari jumlah hari baik yang diprediksi oleh metode fuzzy dan diprediksi hari baik juga oleh pakar wariga) dan nilai False Positif (dihitung dari jumlah hari baik yang diprediksi oleh metode fuzzy tetapi diprediksi hari tidak baik oleh pakar wariga). Prediksi Negatif terdiri dari False Negatif (dihitung dari jumlah hari tidak baik diprediksi yang oleh metode fuzzy tetapi diprediksi hari baik oleh pakar wariga) dan True Negatif (dihitung dari jumlah hari tidak baik yang diprediksi oleh metode fuzzy dan diprediksi hari tidak baik juga oleh pakar wariga).

Nilai Prediksi Positif dan Prediksi Negatif *Confusion Matrix* masing-masing metode dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

Confusion Matrik Metode Tsukamoto		
n=731	Aktual Positif (1)	Aktual Negatif (0)
Prediksi Positif (1)	TP: 1	FP: 26
Prediksi Negatif (0)	FN: 15	TN: 689
	16	715

Tabel 2 Prediksi dan Aktual Mamdani

Confusion Matrik Metode Mamdani		
n=731	Aktual Positif (1)	Aktual Negatif (0)
Prediksi Positif (1)	TP: 1	FP: 20
Prediksi Negatif (0)	FN: 15	TN: 695
	16	715

Tabel 1 Prediksi dan Aktual Tsukamoto

Tabel 3 Prediksi dan Aktual Sugeno

Confusion Matrik Metode Sugeno		
n=731	Aktual Positif (1)	Aktual Negatif (0)
Prediksi Positif (1)	TP: 12	FP: 1
Prediksi Negatif (0)	FN: 4	TN: 714
	16	715

Dari data sejumlah 731 hari (tahun 2020-2021) diperoleh:

- 1) Metode Tsukamoto memberikan nilai Prediksi Positif (TP: 1, FP:26) dan Prediksi Negatif (FN: 15, TN: 689),
- 2) Metode Mamdani memberikan nilai Prediksi Positif (TP: 1, FP:20) dan Prediksi Negatif (FN: 15, TN: 695),
- 3) Metode Sugeno memberikan nilai Prediksi Positif (TP: 12, FP:1) dan Prediksi Negatif (FN: 4, TN: 714).

2. Perbandingan Akurasi Terhadap Prediksi Hari Baik Ahli Wariga

Berdasarkan nilai Prediksi Positif dan Prediksi Negatif Confusion Matrix pada Gambar 8 selanjutnya oleh sistem diberikan masing-masing metode fuzzy nilai *Accuracy*, *Precision*, *Recall* dan *F-1 Score*. Analisa hari baik pernikahan sejumlah 731 hari (tahun 2020-2021), aplikasi memberikan nilai *Accuracy*, *Precision*, *Recall* dan *F-1 Score* masing-masing metode fuzzy sebagai berikut:

- 1) Metode Tsukamoto memberikan nilai *Accuracy*, *Precision*, *Recall* dan *F-1 Score* seperti pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Confusion Matrix Tsukamoto

No.	Confusion Matrik Metode Tsukamoto	
1.	Accuracy	$(TP+TN)/(TP+FP+FN+TN) = 94.39\%$
2.	Precision	$(TP)/(TP+FP) = 3.7\%$
3.	Recall	$(TP)/(TP+FN) = 6.25\%$
4.	F-1 Score	$(2*Recall*Precision)/(Recall+Precision) = 4.65\%$

- 2) Metode Mamdani memberikan nilai *Accuracy*, *Precision*, *Recall* dan *F-1 Score* seperti pada Tabel 5

Tabel 5 Hasil Confusion Matrix Mamdani

No.	Confusion Matrik Metode Mamdani	
1.	Accuracy	$(TP+TN)/(TP+FP+FN+TN) = 95.21\%$
2.	Precision	$(TP)/(TP+FP) = 4.76\%$
3.	Recall	$(TP)/(TP+FN) = 6.25\%$
4.	F-1 Score	$(2*Recall*Precision)/(Recall+Precision) = 5.41\%$

- 3) Metode Sugeno memberikan nilai *Accuracy*, *Precision*, *Recall* dan *F-1 Score* seperti pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Confusion Matrix Sugeno

No.	Confusion Matrik Metode Sugeno	
1.	Accuracy	$(TP+TN)/(TP+FP+FN+TN) = 99.32\%$
2.	Precision	$(TP)/(TP+FP) = 92.31\%$
3.	Recall	$(TP)/(TP+FN) = 75\%$
4.	F-1 Score	$(2*Recall*Precision)/(Recall+Precision) = 82.76\%$

Aplikasi juga memberikan perbandingan nilai *Accuracy*, *Precision*, *Recall* dan *F-1 Score* dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10.



Gambar 7 Grafik Perbandingan Nilai Accuracy

Dari Gambar 7 terlihat metode Sugeno memberikan nilai presentase *Accuracy* 99,32%, metode Mamdani dengan nilai presentase *Accuracy* 95,21% dan metode Tsukamoto dengan nilai presentase 94,39%. Dengan nilai akurasi lebih dari 90%, ketiga metode akurat dalam mengklasifikasikan hari baik dan hari tidak baik pernikahan berdasarkan *wariga*.



Gambar 8 Grafik Perbandingan Nilai Precision

Dari Gambar 8 terlihat metode Sugeno memberikan nilai presentase *Precision* 92,31%, metode Mamdani dengan nilai presentase *Precision* 4,76% dan metode Tsukamoto dengan nilai presentase *Precision* 3,7%. Dengan nilai 92,31% metode Sugeno memiliki presisi prediksi hari baik pernikahan yang terbaik dibandingkan dua metode lainnya.



Gambar 9 Grafik Perbandingan Nilai *Recall*

Dari Gambar 9 terlihat metode Sugeno memberikan nilai presentase *Recall* 75%, metode Mamdani dengan nilai presentase *Recall* 6,25% dan metode Tsukamoto dengan nilai presentase *Recall* 6,25%. Dengan nilai 75% metode Sugeno memiliki sensitivitas prediksi hari baik pernikahan yang terbaik dibandingkan dua metode lainnya.



Gambar 10 Grafik Perbandingan Nilai *F-1 Score*

Dari Gambar 10 terlihat metode Sugeno memberikan nilai presentase *F-1 Score* 82,76%, metode Mamdani dengan nilai presentase *F-1 Score* 5,41% dan metode Tsukamoto dengan nilai presentase *F-1 Score* 4,65%. Dengan nilai 82,76% metode Sugeno memiliki performansi algoritma prediksi hari baik pernikahan yang terbaik dibandingkan dua metode lainnya.

V. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pembahasan pada bab sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan bahwa:

- 1) Implementasi sistem kalender Çaka Bali ke dalam aplikasi web dilakukan dengan membuat analisa dan perancangan sistem. Dokumen penalaran pengetahuan kalender Çaka Bali hasil wawancara dengan pakar *wariga* dibuatkan modul-modul fungsi di dalam aplikasi. Modul ini meliputi: rumus perhitungan tahun Çaka Kalender Bali, rumus perhitungan *wewaran*, *wuku* dan *ingkel*, rumus perhitungan *penanggal*, *pengelong*, purnama dan tilem, rumus perhitungan *sasih* dan *nampih sasih* dan rumus hari raya umat Hindu.
- 2) Tahap pertama implementasi Metode Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno dalam penentuan hari baik pernikahan dilakukan dengan pemberian nilai atau bobot data unsur *wariga* dari aplikasi kalender Bali. Selanjutnya melakukan tahap *fuzzyfikasi* meliputi: menentukan atribut linguistik, numeris variabel, dan menghitung derajat keanggotaan setiap variabel.
- 3) Hasil analisa perbandingan metode Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno dalam penentuan hari baik pernikahan berdasarkan *wariga*, dengan 16 hari baik perbandingan dari pakar adalah sebagai berikut:
 - a. Metode *Confusion Matrix*
Metode Sugeno memiliki nilai *Accuracy*(99,32%), *Precision*(92,31%), *Recall*(75%) dan *F-1 Score*(82,76%) yang tertinggi dibandingkan dengan metode Mamdani dan Tsukamoto.
Dari hasil metode pengujian *Confusion Matrix* di atas dapat disimpulkan bahwa dalam studi kasus penentuan hari baik pernikahan berdasarkan *wariga*, metode logika *fuzzy* yang tepat untuk diimplementasikan adalah metode Sugeno.
- 4) Berdasarkan pengamatan penulis, terdapat kendala dan kekurangan yang perlu disempurnakan pada pengembangan dan evaluasi penelitian berikutnya.
 - a. Pada penelitian selanjutnya, jika ada rekonstruksi kalender Çaka Bali yang baru, maka aplikasi kalender perlu dilakukan penyesuaian perhitungan Nampih Sasih atau *Pengrepeting Sasih*.
 - b. Penelitian penentuan hari baik pernikahan berdasarkan *wariga* perlu disempurnakan lagi dengan menambah fitur perjodohan suami istri.
 - c. Pengetahuan *wariga* dapat diteliti dan dikembangkan ke bidang pertanian (ramalan cuaca, waktu tanam), bidang perikanan (waktu membuat peralatan, waktu melaut), bidang pengobatan (*Usadha*), pencarian hari baik pengabenan dan pencarian hari baik keagamaan Hindu lainnya.

VI. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penelitian ini, baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. UPTD. Museum Bali, *TIKA Kalender Bali Abadi Kajian Fungsi Historis dan Makna Didaktis*, I. Denpasar: Dinas Kebudayaan Provinsi Bali, 2019.
- [2] I. B. Putra Manik Ariana dan I. B. Budayoga, *Ala Ayuning Dewasa Ketut Bangbang Gde Rawi (Sebuah Canang Sari)*, II. Denpasar: ESBE Buku, 2016.
- [3] I. Ketut Suwintana, 'Penentuan Hari Baik Perkawinan Di Bali Berbasis Logika Fuzzy', *Lontar Komput.*, vol. 5, no. 1, h. 392–403, 2015.
- [4] P. S. Ramadhan dan U. Fatimah, *Mengenal Metode Sistem Pakar*. Uwais Inspirasi Indonesia, 2018.
- [5] S. Kusumadewi dan H. Purnomo, *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*, 2 ed. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013.
- [6] Yulmaini, *Logika Fuzzy Studi Kasus & Penyelesaian Menggunakan Microsoft Excel dan Matlab*. Yogyakarta: CV. Andi Offset, 2018.
- [7] P. I Ketut Pasek Swastika, *Wariga Padewasan*, I. Denpasar: CV. Kayumas Agung, 2015.
- [8] I. B. S. Ardhana, *Pokok - Pokok Wariga*, I. Surabaya: Paramita, 2006.
- [9] A. AL Rasyid, D. P. Rini, dan D. Rodiah, 'Prediksi Stadium Kanker Paru-Paru Menggunakan Metode Logika Fuzzy Sugeno Model Hirarki'. Sriwijaya University, 2020.
- [10] S. Pinontoan dan I. A. Musdar, 'Perbandingan Metode Fuzzy Sugeno Dengan Fuzzy Tsukamoto Pada Sistem Prediksi Harga Smartphone Bekas Berbasis Android Di Wilayah Makassar', *KHARISMA Tech*, vol. 14, no. 1, h. 34–42, 2019.
- [11] Sastrawan, A. S., Gunadi, I. G. A., dan Sukajaya, I. N.. *Perbandingan Kinerja Algoritma Dempster Shafer Dan Fuzzy-Naive Bayes Dalam Klasifikasi Penyakit*. Jurnal Ilmu Komputer Indonesia, 4(2), 2019.