

**DETEKSI BATU GINJAL PADA CITRA MEDIS
MENGUNAKAN *EVIDENTIAL NEURAL NETWORK*
DAN MEKANISME *CONTEXTUAL CORRECTIONS*
BERDASARKAN KEPUTUSAN PARSIAL**



DISUSUN OLEH:

ARGA BATHARA DIPOYONO

NIM. 22106050036

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PROGRAM STUDI INFORMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2026

HALAMAN PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1272/Un.02/DST/PP.00.9/06/2026

Tugas Akhir dengan judul : Deteksi Batu Ginjal pada Citra Medis Menggunakan Evidential Neural Network dan Mekanisme Contextual Corrections Berdasarkan Keputusan Parsial

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ARGA BATHARA DIPOYONO
Nomor Induk Mahasiswa : 22106050036
Telah diujikan pada : Jumat, 05 Juni 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang
Siti Mutmainah, S.Kom., M.Cs., Ph.D
SIGNED

Valid ID: 6a27962127f31



Penguji I
Prof. Dr. Ir. Shofwatul 'Uyun, S.T., M.Kom.,
IPM., ASEAN Eng.
SIGNED

Valid ID: 6a278e1b35ad7



Penguji II
Nurochman, S.Kom., M.Kom
SIGNED

Valid ID: 6a278391b962d



Yogyakarta, 05 Juni 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6a27b88eb7e7c

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Arga Bathara Dipoyono
NIM : 22106050036
Program Studi : Informatika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul "**Deteksi Batu Ginjal pada Citra Medis Menggunakan *Evidential Neural Network* dan Mekanisme *Contextual Corrections* berdasarkan Keputusan Parsial**" merupakan hasil pekerjaan penulis sendiri sepanjang pengetahuan penulis, bukan duplikasi atau saduran dari karya orang lain kecuali bagian tertentu yang penulis ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 19/05/26



Arga Bathara Dipoyono
22106050036

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp :-

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Arga Bathara Dipoyono

NIM : 22106050036

Judul Skripsi : Deteksi Batu Ginjal pada Citra Medis menggunakan Evidential Neural Network dan Mekanisme *Contextual Corrections* berdasarkan Keputusan Parsial

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Informatika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 2 / 6 / 20

Pembimbing

Dr. Siti Mutmainah, S.Kom, M.Cs.

NIP. 19791204 200604 2 003

INTISARI

Deteksi batu ginjal menggunakan citra ultrasonografi sering kali terhambat oleh variasi kualitas citra dan subjektivitas interpretasi. Penelitian ini mengusulkan penerapan Evidential Neural Network untuk membedakan citra ultrasonografi ginjal pada pasien penderita batu ginjal dan normal, dengan merepresentasikan ketidakpastian secara eksplisit melalui kerangka teori Belief Functions. Untuk memperbaiki reliabilitas output yang dihasilkan oleh Evidential Neural Network, penelitian ini memodelkan dan menerapkan mekanisme *contextual corrections* dengan pendekatan *partial decision* yang bekerja dengan mengelompokkan output prediksi ke dalam *decision area* spesifik, kemudian menerapkan parameter koreksi yang sesuai pada masing-masing kelompok tersebut. Kinerja model dievaluasi menggunakan skema *Stratified K-Fold Cross Validation* dengan dua metrik khusus, yang masing-masing mengukur kesalahan prediksi dan akurasi prediktif berbasis utilitas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model dengan mekanisme pengkoreksian berbasis *partial decision area* menghasilkan kinerja terbaik dengan tingkat kesalahan prediksi terendah sebesar 0,147 dan akurasi prediksi utilitas tertinggi sebesar 0,91. Pendekatan yang diusulkan ini secara signifikan mengungguli model tanpa pengkoreksian output maupun model dengan pengkoreksian tanpa menggunakan pengelompokan area keputusan parsial. Temuan ini menegaskan bahwa pengelompokan prediksi ke dalam area keputusan parsial lebih efektif dalam mengkalibrasi tingkat kepercayaan model, sehingga menghasilkan diagnosis yang lebih andal.

Kata Kunci: Batu Ginjal, Evidential Neural Network, *Contextual Corrections*, *Partial Decision*.

ABSTRACT

Kidney stone detection using ultrasonography images is often hindered by variations in image quality and the subjectivity of interpretation. This study proposes the application of an Evidential Neural Network to classify renal ultrasonography images of patients with kidney stones and normal cases, by explicitly representing uncertainty through the Belief Functions theoretical framework. To improve the reliability of outputs produced by the Evidential Neural Network, this study models and applies a contextual correction mechanism using a partial decision approach, which works by grouping prediction outputs into specific decision areas and then applying appropriate correction parameters to each group. Model performance is evaluated using a Stratified K-Fold Cross Validation scheme with two specialized metrics, each measuring prediction error and utility-based predictive accuracy, respectively. Test results show that the model with a partial decision area-based correction mechanism achieves the best performance, with the lowest prediction error rate of 0.147 and the highest utility-based prediction accuracy of 0.91. The proposed approach significantly outperforms both the model without output correction and the model with correction applied without partial decision area grouping. These findings confirm that grouping predictions into partial decision areas is more effective in calibrating the model's confidence level, resulting in more reliable diagnoses.

Keywords: *Kidney Stone, Evidential Neural Network, Contextual Corrections, Partial Decision.*

HALAMAN MOTTO

Fate shuffles the cards, and then we play

— Arthur Schopenhauer



HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, penulis mempersembahkan tugas akhir ini sebagai tanda bakti dan cinta yang mendalam kepada:

Bapak, Ibu, dan Adik



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh. Puji syukur ke hadirat Allah Swt. Atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Selawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad saw. yang telah menuntun umat manusia menuju cahaya kebenaran. Tugas akhir berupa skripsi dengan judul “Deteksi Batu Ginjal pada Citra Medis Menggunakan *Evidential Neural Network* dan Mekanisme *Contextual Corrections* Berdasarkan Keputusan Parsial” ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Penulisan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bantuan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan penghormatan dan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak, Ibu, dan Adik yang senantiasa menyertakan doa, memberikan kasih sayang tanpa batas, serta menjadi motivasi terbesar bagi penulis untuk terus melangkah menjadi pribadi yang lebih baik.
2. Ibu Dr. Siti Mutmainah, S.Kom, M.Cs. selaku Dosen Pembimbing atas dedikasi, waktu, dan kesabaran dalam mengarahkan serta membimbing penulis dari awal penyusunan hingga selesainya tugas akhir ini.
3. Rekan-rekan seperjuangan satu kelompok bimbingan: Surya Tinggi, Sudep, Husnul, dan Surya Basket, yang selalu menjadi pendengar yang baik, tempat bertukar pikiran, dan penyemangat.
4. Teman-teman keluarga KKN: Surya, Tyo, Umar, Fajar, Ridho, Dela, Alif, Alfi, Dewi, Mila, dan Amanda, yang telah memberikan pengalaman berharga dan mengukir salah satu kenangan terbaik dalam perjalanan hidup penulis.
5. Teman-teman “Sobat Tindak”: Eriev, Akis, Agung, dan Kaka, yang senantiasa hadir memberikan warna, menemani setiap langkah, dan menjadi tempat melepas penat di tengah padatnya aktivitas.
6. Bapak Dr. Agus Mulyanto, S.Si., M.Kom., ASEAN Eng. sebagai Dosen Pembimbing Akademik.

7. Bapak Dr. Muhammad Mustakim, S.T. M.T. sebagai Ketua Program Studi Informatika.
8. Ibu Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
9. Bapak Prof. Noorhaidi Hasan. S.Ag., M.A., M.Phil., Ph.D. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
10. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah memberikan doa, dukungan, maupun bantuan dalam kelancaran penyelesaian tugas akhir ini.

Semoga Allah Swt. senantiasa melimpahkan nikmat dan hidayah-Nya kepada semua pihak yang telah dengan tulus memberikan bantuan serta dukungan kepada penulis selama penyusunan tugas akhir ini. Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, segala bentuk kritik dan saran sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca. Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 19/05/26

Penulis,



Arga Bathara Dipoyono

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR.....	iv
INTISARI.....	v
ABSTRACT	vi
HALAMAN MOTTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Penelitian	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	7
2.1. Tinjauan Pustaka.....	7
2.2. Landasan Teori	13
2.2.1. Deep Learning.....	13
2.2.2. VGG-16.....	14
2.2.3. Teori Belief Functions.....	15
2.2.4. Evidential Neural Network	17

2.2.5.	Mekanisme Koreksi	19
2.2.6.	Partial Decision	21
2.2.7.	Metrik <i>Epl</i>	22
2.2.8.	Utility-Discounted Predictive Accuracy	23
2.2.9.	K-Fold Cross Validation.....	23
BAB III METODE PENELITIAN.....		25
3.1.	Waktu dan Lokasi	25
3.2.	Alat dan Bahan	25
3.2.1.	Alat Penelitian.....	25
3.2.2.	Bahan Penelitian.....	25
3.3.	Cara Kerja.....	26
3.3.1.	Tahap Pengumpulan Data	29
3.3.2.	Tahap Exploratory Data Analysis.....	29
3.3.3.	Tahap Pra-Pemrosesan Data.....	29
3.3.4.	Tahap Ekstraksi Fitur	30
3.3.5.	Tahap Pembagian Dataset	31
3.3.6.	Tahap Pelatihan Model Evidential Neural Network	32
3.3.7.	Tahap Inferensi Model Evidential Neural Network	33
3.3.8.	Tahap Pelatihan Mekanisme Pengkoreksian Berbasis <i>Partial Decision Area</i>	33
3.3.9.	Tahap Penerapan Mekanisme Pengkoreksian Berbasis <i>Partial Decision Area</i>	35
3.3.10.	Tahap Evaluasi Kinerja Model.....	36
3.4.	Pengukuran Performa	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		41

4.1. Persiapan Data	41
4.1.1. Eksplorasi dan Pra-Pemrosesan Data.....	41
4.1.2. Ekstraksi Fitur dan Pembagian Dataset.....	48
4.2. Implementasi Model Evidential Neural Network dan Mekanisme Pengkoreksian Berbasis <i>Partial Decision Area</i>	50
4.3. Penyajian Hasil dan Analisis Perbandingan Kinerja Model.....	59
BAB V PENUTUP	66
5.1. Kesimpulan.....	66
5.2. Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ringkasan Tinjauan Pustaka.....	11
Tabel 4. 1 Hasil Pembagian Data	50
Tabel 4. 2 Hasil Log Pembelajaran Model Evidential Neural Network	51
Tabel 4. 3 Contoh Mass Function yang Dihasilkan Evidential Neural Network...	52
Tabel 4. 4 Hasil Persebaran Data pada Decision Area CCTraining	53
Tabel 4. 5 Hasil Proses Learning Parameter Koreksi pada Decision Area CCTraining.....	54
Tabel 4. 6 Hasil Persebaran Data pada Decision Area Val.....	55
Tabel 4. 7 Hasil Pembagian Area dan Learning Correction Parameters terbaik	55
Tabel 4. 8 Hasil Mass Function Sebelum dan Sesudah dilakukan Pengkoreksian	57
Tabel 4. 9 Hasil Skor Epl pada Tiga Skenario Pengujian di Setiap Iterasi.....	60
Tabel 4. 10 Hasil Skor $u65$ pada Tiga Skenario Pengujian di Setiap Iterasi	61
Tabel 4. 11 Hasil Perbandingan Rata-Rata Performa pada Tiga Skenario Pengujian	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arsitektur VGG-16.....	15
Gambar 3. 1 Citra pada Kelas ‘stone’ dan ‘normal’.....	26
Gambar 3. 2 Arsitektur Model yang Diusulkan.....	27
Gambar 3. 3 Arsitektur VGG-16 sebagai Feature Extractor.....	31
Gambar 3. 4 Visualisasi Proses Pembagian Data.....	32
Gambar 3. 5 Proses Agregasi Evaluasi Kinerja Model.....	37
Gambar 3. 6 Skenario Pengujian Model.....	39
Gambar 4. 1 Distribusi Kelas ‘stone’ dan ‘normal’ pada Dataset.....	41
Gambar 4. 2 Sampel Citra Acak pada Kelas ‘stone’ dan ‘normal’.....	42
Gambar 4. 3 25 Sampel Citra Acak pada Kelas ‘stone’.....	43
Gambar 4. 4 25 Sampel Citra Acak pada Kelas ‘normal’.....	44
Gambar 4. 5 Sampel Citra Sebelum dan Sesudah Center Crop.....	46
Gambar 4. 6 25 Sampel Citra Acak pada Kelas ‘stone’ Setelah Center Crop.....	47
Gambar 4. 7 25 Sampel Citra Acak pada Kelas ‘normal’ Setelah Center Crop.....	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ginjal merupakan salah satu organ vital dalam sistem ekskresi manusia yang berfungsi untuk menyaring darah, menjaga keseimbangan cairan tubuh, serta mengatur kadar elektrolit dan zat sisa metabolisme [1]. Salah satu gangguan yang sering terjadi pada sistem urinaria adalah *nephrolithiasis*, yang lebih dikenal sebagai batu ginjal [2]. Penyakit ini memiliki tingkat prevalensi yang terus meningkat secara signifikan dalam tiga dekade terakhir [3]. Secara epidemiologi, sekitar 6% hingga 12% individu berisiko mengalami penyakit ini setidaknya satu kali seumur hidup [4]. Secara patofisiologi, batu terbentuk akibat gangguan homeostasis yang memicu supersaturasi mineral dalam urine, seperti kalsium, oksalat, atau asam urat, sehingga berujung pada proses kristalisasi dan pembentukan batu [5]. Kondisi ini tidak bersifat sementara, tingkat rekurensi batu ginjal mencapai 50% dalam lima tahun setelah kejadian pertama, dan jika tidak ditangani dapat menimbulkan komplikasi serius mulai dari nyeri hebat, infeksi saluran kemih, hingga gagal ginjal [6, 7, 8]. Pada kasus obstruksi yang disertai infeksi, keterlambatan penanganan bahkan dapat meningkatkan risiko kematian hingga 29% [9]. Oleh karena itu, proses deteksi dan diagnosis yang akurat menjadi hal yang sangat penting untuk membantu tenaga medis dalam menentukan langkah penanganan yang sesuai.

Dalam praktik klinis, ultrasonografi digunakan sebagai metode pencitraan awal dalam proses diagnosis batu ginjal karena bersifat aman, mudah diulang, dan relatif terjangkau [10]. Namun, proses deteksi batu ginjal melalui citra ultrasonografi sering kali dihadapkan pada tantangan teknis, seperti adanya *noise*, tingkat kontras yang rendah, serta kualitas gambar yang bervariasi [11]. Keterbatasan ini membuat proses identifikasi batu ginjal secara manual menjadi rentan terhadap subjektivitas interpretasi dan membutuhkan waktu yang tidak sedikit [12]. Hal ini menunjukkan perlunya pendekatan pemrosesan citra yang lebih terstruktur dan objektif, agar

informasi diagnostik yang terkandung dalam citra ultrasonografi dapat diekstraksi dan dimanfaatkan secara lebih optimal.

Seiring dengan perkembangan teknologi komputasi, berbagai pendekatan berbasis machine learning mulai dimanfaatkan untuk membantu proses analisis citra medis [13]. Salah satu pendekatan yang berkembang adalah Evidential Neural Network [14]. Model ini merupakan pengembangan dari *Artificial Neural Network* yang mengintegrasikan teori pembuktian dan disebut juga dengan teori Belief Functions (*Dempster-Shafer Theory*) untuk merepresentasikan tingkat keyakinan terhadap suatu keputusan [15]. Berbeda dengan model klasifikasi konvensional yang umumnya hanya dapat merepresentasikan hipotesis tunggal, Evidential Neural Network mampu menghasilkan representasi bukti yang menunjukkan tingkat kepercayaan terhadap masing-masing hipotesis [16]. Kemampuan tersebut menjadikan Evidential Neural Network memiliki potensi untuk digunakan dalam berbagai aplikasi diagnosis medis, termasuk dalam mendukung proses identifikasi kasus batu ginjal melalui analisis citra ultrasonografi.

Dalam kerangka teori Belief Function, informasi yang diperoleh dari suatu sumber direpresentasikan dalam bentuk *mass function* atau fungsi massa kepercayaan. *Mass function* menggambarkan tingkat dukungan bukti-bukti terhadap suatu hipotesis maupun terhadap sekumpulan hipotesis tertentu [16]. Berbeda dengan pendekatan probabilitas klasik, teori Belief Function memungkinkan representasi ketidakpastian atau ketidaktahuan (*ignorance*) secara eksplisit [17]. Hal ini menjadikan pendekatan teori Belief Function relevan untuk diterapkan pada analisis citra medis yang sering kali mengandung ketidakpastian data maupun ambiguitas dalam interpretasi informasi [18]. Meskipun demikian, setiap sumber informasi seperti sensor atau *classifier* tidak selalu *reliable* dalam menghasilkan prediksi, sehingga dimungkinkan terjadi bias. Oleh karena itu diperlukan sebuah metode untuk menyesuaikan atau memperbaiki kualitas output dari sumber informasi tersebut [19].

Secara spesifik, terdapat beberapa mekanisme yang dapat digunakan untuk menyesuaikan atau memperbaiki output yang dihasilkan oleh suatu sumber informasi. Proses ini dikenal sebagai mekanisme koreksi. Dalam penelitian ini,

mekanisme koreksi yang diusulkan adalah berbasis konteks atau *contextual corrections mechanisms* yang merupakan pengembangan dari operasi *discounting* yang ada di dalam *framework* Belief Functions. Di dalam mekanisme pengkoreksian berbasis konteks terdapat tiga jenis koreksi yang berbeda, yaitu *Contextual Discounting*, *Contextual Reinforcement*, dan *Contextual Negating*. Ketiga mekanisme tersebut memiliki tujuan yang berbeda dalam mengelola distribusi evidensi. Secara spesifik, *Contextual Discounting* digunakan untuk menyesuaikan kepercayaan berdasarkan tingkat keandalan atau relevansi suatu sumber informasi pada konteks tertentu. Sementara itu, *Contextual Reinforcement* digunakan untuk memperkuat informasi dari suatu sumber, yang secara matematis merupakan kebalikan (*dual*) dari proses *discounting*. Di sisi lain, *Contextual Negating* digunakan untuk mengoreksi evidensi berdasarkan tingkat kejujuran (*truthfulness*) sumber, khususnya ketika sumber terindikasi bias atau memberikan informasi yang berlawanan dengan apa yang sebenarnya diketahui [19]. Dengan menerapkan mekanisme koreksi tersebut, kualitas output diharapkan dapat menjadi lebih representatif terhadap karakteristik data yang dianalisis.

Penerapan mekanisme pengkoreksian berbasis konteks dapat dilakukan dengan berbagai pendekatan. Salah satu pendekatan yang umum digunakan adalah dengan menerapkan mekanisme koreksi yang sama pada seluruh data (mekanisme koreksi global). Pendekatan ini memiliki kelebihan dalam hal kesederhanaan implementasi serta konsistensi parameter koreksi yang digunakan [20]. Selain itu, mekanisme koreksi juga dapat diterapkan dengan mempertimbangkan karakteristik kelompok data tertentu, di mana dalam pendekatan ini data terlebih dahulu dikelompokkan berdasarkan keputusan parsial yang dihasilkan dari distribusi evidensinya, kemudian mekanisme koreksi yang paling optimal diterapkan pada masing-masing kelompok tersebut. Pendekatan ini memungkinkan proses koreksi menjadi lebih adaptif terhadap variasi distribusi evidensi yang terdapat pada data [21]. Meskipun demikian, hingga saat ini pendekatan tersebut belum pernah diterapkan secara khusus dalam proses analisis citra, terutama untuk tugas pengklasifikasian maupun segmentasi.

Berdasarkan pemaparan tersebut, diperlukan analisis lebih lanjut yang memiliki kontribusi mengenai bagaimana proses pengkoreksian berbasis konteks yang adaptif dalam kerangka kerja Belief Functions terhadap sumber informasi menggunakan citra medis, khususnya ultrasonografi untuk aplikasi deteksi batu ginjal. Penelitian ini menggunakan model Evidential Neural Network dengan membandingkan tiga skenario model, yaitu tanpa penerapan mekanisme koreksi, dengan penerapan mekanisme koreksi global, dan dengan penerapan mekanisme pengkoreksian berbasis *partial decision area*. Perbandingan kinerja dari ketiga skenario tersebut dilakukan menggunakan metrik evaluasi yang telah ditentukan guna mengetahui pendekatan yang memberikan kinerja terbaik dalam mendukung proses deteksi batu ginjal.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana memodelkan dan menerapkan metode dalam proses pengkoreksian output berbasis konteks dari Evidential Neural Network menggunakan citra medis ultrasonografi untuk mendeteksi batu ginjal?
2. Bagaimana mengukur kinerja dari metode yang diusulkan?
3. Apakah terdapat perbedaan kinerja yang signifikan antara model tanpa koreksi, dengan koreksi global, dan dengan pengkoreksian berbasis *partial decision area* berdasarkan metrik evaluasi yang digunakan?

1.3. Batasan Penelitian

Penelitian ini menerapkan beberapa batasan yaitu:

1. Data yang digunakan berupa citra ultrasonografi ginjal dua dimensi yang diklasifikasikan ke dalam dua kelas, yaitu 'stone' dan 'normal' tanpa disertai informasi klinis tambahan seperti usia, jenis kelamin, maupun riwayat medis pasien.
2. Proses perancangan dan pengembangan model didasarkan pada penggunaan citra tunggal (*single-image input*) sebagai masukan, tanpa memanfaatkan data *multi-view* maupun multimodal.

3. Proses ekstraksi fitur citra hanya dibatasi pada pemanfaatan arsitektur VGG-16 *pre-trained*. Seluruh parameter pada model ini dibekukan selama tahap ekstraksi. Penelitian ini tidak membandingkan atau mengeksplorasi ekstraktor fitur dari arsitektur deep learning lainnya.
4. Model yang dianalisis terbatas pada Evidential Neural Network dengan tiga skenario, yaitu tanpa diterapkannya mekanisme pengkoreksian, dengan mekanisme pengkoreksian global, dan dengan mekanisme pengkoreksian dengan *partial decision area*.
5. Metrik evaluasi yang digunakan untuk mengukur kinerja model pada ketiga skenario model, yaitu tanpa pengkoreksian, dengan pengkoreksian global, dan dengan pengkoreksian berbasis *partial decision* adalah metrik E_{PI} dan u_{65} .

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memodelkan dan menerapkan metode dalam proses pengkoreksian output berbasis konteks dari Evidential Neural Network menggunakan citra medis ultrasonografi untuk mendeteksi batu ginjal.
2. Mengukur kinerja dari metode yang diusulkan.
3. Membandingkan kinerja model tanpa pengkoreksian, dengan pengkoreksian global, dan dengan pengkoreksian berbasis *partial decision* untuk menentukan pendekatan yang memberikan kinerja terbaik berdasarkan metrik evaluasi yang digunakan.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat:

1. Berkontribusi dalam memperkaya kajian mengenai penerapan Evidential Neural Network, khususnya dalam pemanfaatan mekanisme pengkoreksian berbasis *partial decision area* untuk meningkatkan kualitas pengambilan keputusan.
2. Menjadi referensi dalam pengembangan sistem pendukung keputusan medis berbasis citra ultrasonografi yang dapat membantu meningkatkan

ketepatan dan keakuratan dalam mengidentifikasi kasus batu ginjal pada pasien.

3. Berperan sebagai dasar pengembangan studi lanjutan yang berfokus pada optimalisasi mekanisme koreksi dalam model berbasis teori Belief Function pada bidang medis.



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Merujuk pada analisis dan pembahasan hasil pada bab sebelumnya, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemodelan dan penerapan metode koreksi output berbasis konteks pada Evidential Neural Network direalisasikan dengan mengelompokkan prediksi awal ke dalam *decision area* menggunakan kriteria *interval dominance*. Selanjutnya, penerapan mekanisme koreksi secara keseluruhan dilakukan dengan menggunakan nilai parameter intervensi spesifik yang sudah disesuaikan untuk masing-masing area keputusan tersebut. Pendekatan adaptif ini terbukti mampu mengkalibrasi ulang tingkat kepercayaan model terhadap citra ultrasonografi, sehingga menghasilkan keputusan deteksi batu ginjal dengan tingkat kesalahan prediksi yang lebih rendah.
2. Kinerja dari metode yang diusulkan diukur melalui skema pengujian 10-*Stratified K-Fold Cross Validation* dengan menggunakan dua metrik evaluasi khusus, yaitu E_{pl} dan u_{65} . Metrik E_{pl} difungsikan untuk menghitung tingkat penyimpangan atau kesalahan prediksi model terhadap data kebenaran aktual (*ground truth*), sedangkan metrik u_{65} digunakan untuk menilai kualitas prediksi berbasis utilitas yang tidak hanya melihat ketepatan klasifikasi, tetapi juga mempertimbangkan tingkat ketidakpastian dari keputusan yang dihasilkan.
3. Berdasarkan hasil evaluasi, terdapat perbedaan kinerja yang cukup signifikan di antara ketiga skenario pengujian model. Penerapan mekanisme pengkoreksian berbasis *partial decision area* yang diusulkan dalam penelitian ini terbukti menghasilkan kinerja terbaik dan mengungguli model tanpa koreksi maupun model dengan koreksi global, yang ditunjukkan melalui pencapaian metrik E_{pl} terendah sebesar 0,147 dan u_{65} tertinggi sebesar 0,91. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan parameter koreksi

yang diadaptasi secara spesifik untuk masing-masing *decision area* jauh lebih efektif dalam menangani ketidakpastian data dibandingkan dengan penerapan intervensi koreksi secara seragam pada seluruh data.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat menjadi pertimbangan untuk penelitian selanjutnya:

1. Penelitian ini menggunakan citra medis ultrasonografi sebagai data masukan. Untuk memperluas cakupan dan menguji generalisasi metode yang diusulkan, disarankan agar penelitian berikutnya mencoba menerapkan pendekatan yang sama pada modalitas pencitraan medis lain seperti *CT Scan*, *MRI*, maupun *X-ray*, mengingat setiap modalitas memiliki karakteristik citra yang berbeda dan dapat memberikan tantangan tersendiri bagi model.
2. Model yang dikembangkan dalam penelitian ini hanya menerima satu jenis modalitas data sebagai masukan. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan model agar mampu menerima masukan data multimodal, misalnya dengan menggabungkan citra medis dan data klinis pasien secara bersamaan, sehingga model dapat memanfaatkan informasi yang lebih kaya dalam menghasilkan prediksi yang lebih andal.
3. Ruang lingkup klasifikasi dalam studi ini hanya membedakan dua kondisi dasar, yaitu kelas batu ginjal dan kelas normal. Agar output sistem memiliki nilai guna klinis yang lebih tinggi, pengembangan berikutnya dapat diarahkan pada masalah klasifikasi multi-kelas. Hal ini mencakup kemampuan model untuk tidak hanya mendeteksi keberadaan batu, tetapi juga mengidentifikasi ukuran, posisi, atau bahkan tingkat keparahan dari batu ginjal tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Hailemariam and B. Falkner, “Renal Physiology for Primary Care Clinicians,” *Approaches to Chronic Kidney Disease : A Guide for Primary Care Providers and Non-Nephrologists*, pp. 1–9, Jan. 2022, doi: 10.1007/978-3-030-83082-3_1.
- [2] F. Tamborino *et al.*, “Pathophysiology and Main Molecular Mechanisms of Urinary Stone Formation and Recurrence,” *International Journal of Molecular Sciences 2024, Vol. 25*, vol. 25, no. 5, Mar. 2024, doi: 10.3390/ijms25053075.
- [3] F. Tamborino *et al.*, “Pathophysiology and Main Molecular Mechanisms of Urinary Stone Formation and Recurrence,” *International Journal of Molecular Sciences 2024, Vol. 25, Page 3075*, vol. 25, no. 5, p. 3075, Mar. 2024, doi: 10.3390/IJMS25053075.
- [4] M. Kanbay, S. Copur, C. N. Bakir, A. Hatipoglu, S. Sinha, and M. Haarhaus, “Management of de novo nephrolithiasis after kidney transplantation: a comprehensive review from the European Renal Association CKD-MBD working group,” *Clin. Kidney J.*, vol. 17, no. 2, pp. 0–23, Feb. 2024, doi: 10.1093/ckj/sfae023.
- [5] S. Aritonang, *Tubuh, Kimia, dan Batu Ginjal Panduan Populer untuk Masyarakat*. Garut: CV. Aksara Global Akademia, 2025. [Online]. Available: <https://shorturl.at/3iFp1>
- [6] W. Atmoko *et al.*, “Stone recurrence among Indonesian kidney stone formers: a comprehensive analysis of genetic polymorphism, demographic, and clinical factors,” *Medical Journal of Indonesia*, vol. 33, no. 3, pp. 190–7–190–7, Dec. 2024, doi: 10.13181/MJI.OA.247596.
- [7] P. N. Raihan and E. Fibriyanti, “Manajemen Nyeri Melalui Penerapan Teknik Relaksasi Napas Dalam pada Pasien Urolitiasis di Instalasi Gawat Darurat RSUP Sardjito Yogyakarta,” *Jurnal Kesehatan Tambusai*, vol. 6, no. 4, pp. 16817–16828, Dec. 2025, doi: 10.31004/jkt.v6i4.51464.

- [8] C. Thongprayoon, A. E. Krambeck, and A. D. Rule, “Determining the true burden of kidney stone disease,” *Nat. Rev. Nephrol.*, vol. 16, no. 12, pp. 736–746, Dec. 2020, doi: 10.1038/S41581-020-0320-7.
- [9] C. R. Haas, G. Li, E. S. Hyams, and O. Shah, “Delayed Decompression of Obstructing Stones with Urinary Tract Infection is Associated with Increased Odds of Death,” *J. Urol.*, vol. 204, no. 6, pp. 1256–1262, Dec. 2020, doi: 10.1097/JU.0000000000001182.
- [10] N. Rasyid *et al.*, “Panduan penatalaksanaan klinis batu saluran kemih,” *Ikatan Ahli Urologi Indonesia (IAUI)*, p. 6, 2018, [Online]. Available: <https://shorturl.at/Oz2hm>
- [11] A. V. R. Tummala, A. Ghimire, and F. Amsaad, “Kidney Stone Detection in Ultrasound Imaging: Addressing Noise and Image Segmentation,” *2025 IEEE 1st Secure and Trustworthy Cyberinfrastructure for IoT and Microelectronics, SATC 2025 - Conference Proceedings, 2025*, doi: 10.1109/SATC65530.2025.11137254.
- [12] P. N. P *et al.*, “A Comprehensive Framework for Kidney Stone Diagnosis: Merging CNN and SVM with GUI Integration,” *Frontiers in Health Informatics*, vol. 13, no. 7, pp. 470–480, Dec. 2024, Accessed: Apr. 26, 2026. [Online]. Available: <https://www.healthinformaticsjournal.com/index.php/IJMI/article/view/1495>
- [13] S. Suganyadevi, V. Seethalakshmi, and K. Balasamy, “A review on deep learning in medical image analysis,” *International Journal of Multimedia Information Retrieval 2021 11:1*, vol. 11, no. 1, pp. 19–38, Sep. 2021, doi: 10.1007/s13735-021-00218-1.
- [14] T. Dencœux, “A neural network classifier based on Dempster-Shafer theory,” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part A: Systems and Humans.*, vol. 30, no. 2, pp. 131–150, Mar. 2000, doi: 10.1109/3468.833094.
- [15] G. Shafer, *A Mathematical Theory of Evidence*. Princeton University Press, 1976. doi: 10.2307/j.ctv10vm1qb.

- [16] Z. Tong, P. Xu, and T. Denœux, “An evidential classifier based on Dempster-Shafer theory and deep learning,” *Neurocomputing*, vol. 450, pp. 275–293, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.neucom.2021.03.066.
- [17] M. C. Kempkes, V. Dunjko, E. van Nieuwenburg, and J. Spiegelberg, “Reliable Classifications with Guaranteed Confidence Using the Dempster-Shafer Theory of Evidence,” pp. 89–105, 2024, doi: 10.1007/978-3-031-70344-7_6.
- [18] R. Alizadehsani *et al.*, “Handling of uncertainty in medical data using machine learning and probability theory techniques: a review of 30 years (1991–2020),” *Annals of Operations Research 2021 339:3*, vol. 339, no. 3, pp. 1077–1118, Mar. 2021, doi: 10.1007/s10479-021-04006-2.
- [19] F. Pichon, D. Mercier, É. Lefèvre, and F. Delmotte, “Proposition and learning of some belief function contextual correction mechanisms,” *International Journal of Approximate Reasoning*, vol. 72, no. 2, pp. 4–42, May 2016, doi: 10.1016/j.ijar.2015.12.012.
- [20] Z. Elouedi, K. Mellouli, and P. Smets, “Assessing Sensor Reliability for Multisensor Data Fusion within the Transferable Belief Model,” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics*, vol. 34, no. 1, pp. 782–787, Feb. 2004, doi: 10.1109/TSMCB.2003.817056.
- [21] S. Mutmainah, S. Hachour, F. Pichon, and D. Mercier, “Improving an Evidential Source of Information Using Contextual Corrections Depending on Partial Decisions,” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 12915 LNAI, pp. 247–256, 2021, doi: 10.1007/978-3-030-88601-1_25.
- [22] Y. A. Asaye, P. Annamalai, and L. G. Ayalew, “Detection of kidney stone from ultrasound images using machine learning algorithms,” *Sci. Afr.*, vol. 28, p. e02618, Jun. 2025, doi: 10.1016/j.sciaf.2025.e02618.
- [23] S. Faghani *et al.*, “Quantifying Uncertainty in Deep Learning of Radiologic Images,” <https://doi.org/10.1148/radiol.222217>, vol. 308, no. 2, Aug. 2023, doi: 10.1148/RADIOL.222217.

- [24] L. Huang, S. Ruan, and T. Denoeux, "Covid-19 Classification with Deep Neural Network and Belief Functions," *ACM International Conference Proceeding Series*, Jul. 2021, doi: 10.1145/3469678.3469719.
- [25] B. Yuan, X. Yue, Y. Lv, and T. Denoeux, "Evidential Deep Neural Networks for Uncertain Data Classification," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 12275 LNAI, pp. 427–437, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-55393-7_38.
- [26] C. Janiesch, P. Zschech, and K. Heinrich, "Machine learning and deep learning," *Electronic Markets 2021 31:3*, vol. 31, no. 3, pp. 685–695, Apr. 2021, doi: 10.1007/s12525-021-00475-2.
- [27] I. Goodfellow, "Deep learning," 2016, *MIT press*.
- [28] Y. Lecun, Y. Bengio, and G. Hinton, "Deep learning," *Nature*, vol. 521, no. 7553, pp. 436–444, May 2015, doi: 10.1038/NATURE14539.
- [29] A. Raup, W. Ridwan, Y. Khoeriyah, Q. Yuliati Zaqiah, and U. Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung, "Deep Learning dan Penerapannya dalam Pembelajaran," *JlIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, vol. 5, no. 9, pp. 3258–3267, Sep. 2022, doi: 10.54371/JlIP.V5I9.805.
- [30] I. H. Sarker, "Deep Learning: A Comprehensive Overview on Techniques, Taxonomy, Applications and Research Directions," *SN Computer Science 2021 2:6*, vol. 2, no. 6, pp. 420–, Aug. 2021, doi: 10.1007/s42979-021-00815-1.
- [31] E. Ismanto *et al.*, *DEEP LEARNING DI DUNIA NYATA: DARI TEORI KE INOVASI*. Bandung: CV WIDINA MEDIA UTAMA, 2026.
- [32] "VGG-16 | CNN model - GeeksforGeeks." Accessed: Mar. 10, 2026. [Online]. Available: <https://www.geeksforgeeks.org/computer-vision/vgg-16-cnn-model/>
- [33] "Everything you need to know about VGG16 | by Great Learning | Medium." Accessed: Mar. 26, 2026. [Online]. Available: <https://medium.com/@mygreatlearning/everything-you-need-to-know-about-vgg16-7315defb5918>

- [34] M. Fahri, F. Yanto, F. Syafria, and R. Abdillah, "Perbandingan Akurasi Arsitektur EfficientNet-B0, VGG16, dan Inception V3 Dalam Deteksi Tumor Ginjal Pada Citra CT-Scan," *Bulletin of Computer Science Research*, vol. 5, no. 4, pp. 696–705, Jun. 2025, doi: 10.47065/bulletincsr.v5i4.670.
- [35] A. Campagner, D. Ciucci, and T. Denœux, "Belief functions and rough sets: Survey and new insights," *International Journal of Approximate Reasoning*, vol. 143, pp. 192–215, Apr. 2022, doi: 10.1016/j.ijar.2022.01.011.
- [36] "Classic Works of the Dempster-Shafer Theory of Belief Functions," *Classic Works of the Dempster-Shafer Theory of Belief Functions*, 2008, doi: 10.1007/978-3-540-44792-4.
- [37] Z. Tong, "Evidential deep neural network in the framework of Dempster-Shafer theory," Université de technologie de Compiègne, 2022. Accessed: May 26, 2026. [Online]. Available: <https://theses.hal.science/tel-03741174>
- [38] M. Zaffalon, G. Corani, and D. Mauá, "Evaluating credal classifiers by utility-discounted predictive accuracy," *International Journal of Approximate Reasoning*, vol. 53, no. 8, pp. 1282–1301, Nov. 2012, doi: 10.1016/j.ijar.2012.06.022.
- [39] T. J. Bradshaw, Z. Huemann, J. Hu, and A. Rahmim, "A Guide to Cross-Validation for Artificial Intelligence in Medical Imaging," <https://doi.org/10.1148/ryai.220232>, vol. 5, no. 4, May 2023, doi: 10.1148/ryai.220232.
- [40] "K- Fold Cross Validation in Machine Learning - GeeksforGeeks." Accessed: Apr. 04, 2026. [Online]. Available: <https://www.geeksforgeeks.org/machine-learning/k-fold-cross-validation-in-machine-learning/>
- [41] G. Kaur and Dr. S. Singh, "Kidney Ultrasound Images 'Stone' and 'No Stone,'" vol. 1, 2024, doi: 10.17632/H6JC4XM4PY.1.
- [42] P. Sugiyono, "Metodologi penelitian kuantitatif kualitatif dan R&D," *Alpabeta, Bandung*, vol. 62, p. 70, 2011.

- [43] S. Morgenthaler, “Exploratory data analysis,” *Wiley Interdiscip. Rev. Comput. Stat.*, vol. 1, no. 1, pp. 33–44, Jul. 2009, doi: 10.1002/WICS.2;PAGEGROUP:STRING:PUBLICATION.

