



PENGEMBANGAN SISTEM DETEKSI TUBERKULOSIS PADA CITRA X-RAY MENGGUNAKAN METODE *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* (CNN) DENGAN *FRAMEWORK* LARAVEL

Aldi Akbar Alimi¹, Ahmad Rio Adriansyah², Pudy Prima³

^{1,2,3} Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Terpadu Nurul Fikri
Depok, Jawa Barat, Indonesia 16451

aldiakbar373@gmail.com, ahmad.rio.adriansyah@gmail.com, pudyprima@gmail.com

Abstract

Tuberculosis or TB is a disease caused by Mycobacterium Tuberculosis, which has a high transmission level. TB disease can be diagnosed through several methods, namely, using sputum samples and using x-ray scans. However, both methods take a long time to detect. Therefore, a detection system is needed to detect TB disease quickly and can be done by anyone. This research creates a detection system that can detect TB disease through chest x-ray images. The detection system is a web-based application built using the Laravel framework and a machine learning model with the Convolutional Neural Network (CNN) method for X-ray image analysis. This research will apply the CNN model that has been made into a web-based application through an API created using the FastAPI framework. The results of research on the detection system show that the detection system can detect TB disease. Proven by the results of testing conducted using the black box testing method, the test results show that the test success rate is 87%. In addition, the machine learning model with the CNN method can also provide classification on x-ray images well, where an accuracy of 93% is obtained on training data and 85% on test data.

Keywords: CNN, Detection System, FastAPI, Laravel, TB

Abstrak

Penyakit Tuberkulosis atau TBC merupakan penyakit yang diakibatkan oleh bakteri *Mycobacterium Tuberculosis* yang tingkat penularannya cukup tinggi. Penyakit TBC ini dapat didiagnosis melalui beberapa metode, yaitu menggunakan sampel dahak serta menggunakan *scan x-ray*. Namun, kedua metode tersebut membutuhkan waktu lama dalam proses pendeteksiannya. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem deteksi yang dapat mendeteksi penyakit TBC dengan cepat serta dapat dilakukan oleh siapa saja. Pada penelitian ini, dibuat sistem deteksi yang dapat mendeteksi penyakit TBC melalui gambar *x-ray* bagian dada. Sistem deteksi yang dibuat merupakan aplikasi berbasis *website* yang dibangun menggunakan *framework* Laravel dan model *machine learning* dengan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk analisis gambar *x-ray*. Penelitian ini akan menerapkan model CNN yang telah dibuat ke dalam aplikasi berbasis *website* melalui API yang dibuat menggunakan *framework* FastAPI. Hasil penelitian pada sistem deteksi yang dibuat menunjukkan bahwa sistem deteksi dapat melakukan pendeteksian pada penyakit TBC. Dibuktikan dengan hasil pengujian yang dilakukan menggunakan metode *blackbox testing* didapatkan bahwa hasil pengujian menunjukkan bahwa tingkat keberhasilan pengujian sebesar 87%. Selain itu, model *machine learning* dengan metode CNN juga dapat memberikan klasifikasi pada gambar *x-ray* dengan baik dimana didapat akurasi sebesar 93% pada data latih serta 85% pada data uji.

Kata kunci: CNN, FastAPI, Laravel, Sistem Deteksi, TBC

1. PENDAHULUAN

Tuberkulosis (TBC) merupakan salah satu penyakit berbahaya akibat bakteri *Mycobacterium Tuberculosis* yang tingkat penularannya cukup tinggi. Penyakit ini menjadi tantangan global dan merupakan salah satu penyakit yang diderita oleh banyak masyarakat di seluruh dunia, tanpa terkecuali di Indonesia. Berdasarkan data yang dikeluarkan

oleh *World Health Organization* atau WHO menunjukkan bahwa pada tahun 2018 terdapat sebanyak 10 juta orang mengidap penyakit Tuberkulosis, serta 98 ribu orang di antaranya meninggal dunia. Hal ini menunjukkan bahwa penyakit TBC merupakan salah satu dari 10 penyebab kematian terbesar di dunia. Kasus TBC yang telah ditemukan tersebar di berbagai negara, dengan kasus

terbanyak berada di wilayah Asia Timur, Asia Tenggara, Afrika hingga ke wilayah Pasifik Barat. Pada tahun 2018 pula, Indonesia menempati peringkat ketiga di dunia setelah China dan India dalam hal jumlah kasus aktif TBC yaitu kurang lebih 842 ribu kasus [1].

Salah satu penyebab banyaknya kasus TBC yang ada di dunia, khususnya di Indonesia yaitu karena kurangnya kesadaran masyarakat mengenai bahayanya penyakit ini. Karena, penyakit ini dapat menyebar dengan cepat ke orang di sekitarnya apabila tidak ditangani dengan cepat. Apabila masyarakat dapat mengenali dan mengetahui bahwa terdapat seseorang yang berpotensi mengidap penyakit ini dengan lebih cepat, maka hal ini akan dapat mengurangi penyebaran sehingga bisa menyelamatkan orang tersebut serta orang di sekitarnya. Semakin cepat proses pendeteksian penyakit TBC, maka semakin cepat pula penderita mendapatkan penanganan dengan baik. Akibatnya, risiko terjadinya komplikasi pada tubuh penderitanya juga semakin berkurang.

Umumnya, penyakit TBC ini dapat didiagnosis melalui beberapa metode, yaitu menggunakan sampel dahak serta menggunakan *scan x-ray*. Diagnosa menggunakan sampel dahak merupakan cara yang dilakukan dengan melakukan pengujian sampel dahak oleh petugas medis. Namun, diagnosa ini terkadang sulit untuk dilakukan karena tidak semua orang bisa mengeluarkan dahak dengan mudah, yang menyebabkan dahaknya juga tidak bisa diperiksa oleh petugas medis. Selain itu, pemeriksaan menggunakan metode ini juga membutuhkan waktu yang lama dan hasil yang didapatkan kurang akurat. Diagnosis penyakit TBC juga bisa dilakukan dengan cara melakukan pemeriksaan *x-ray* pada bagian dada yang dilakukan oleh dokter radiologi di rumah sakit atau fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas pemeriksaan *x-ray*. Diagnosis TBC menggunakan *x-ray* ini dapat memberikan hasil yang lebih baik jika dibandingkan dengan metode sebelumnya. Namun, terdapat juga kelemahan dalam melakukan diagnosis TBC menggunakan metode *x-ray* ini. Pertama, waktu yang dibutuhkan untuk melakukan diagnosis cukup lama, sekitar 3 - 5 hari tergantung kesibukan yang dimiliki oleh ahli yang melakukan diagnosis.

Oleh karena itu, penulis menemukan ide untuk melakukan suatu penelitian, yaitu membuat suatu sistem yang dapat melakukan deteksi penyakit TBC berdasarkan hasil *scan x-ray* bagian dada. Sistem deteksi akan memanfaatkan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk membuat sistem deteksinya, serta disusun menggunakan *framework* Laravel sebagai arsitektur aplikasinya. Harapannya agar proses deteksi penyakit TBC bisa dilakukan dengan lebih cepat sehingga penanganan yang dilakukan juga lebih cepat dan dapat melindungi keluarga di sekitar dari penyakit TBC ini.

Sistem Deteksi

Sistem deteksi merupakan suatu proses di mana suatu objek diperiksa menggunakan suatu cara atau teknik tertentu yang dikemas dalam suatu sistem tertentu [2].

Tuberkulosis

Tuberkulosis (TBC) merupakan salah satu penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium Tuberculosis*. Penyakit TBC ini merupakan salah satu penyakit kronis yang berbahaya bagi kesehatan. Dalam hal ini, bakteri yang menyebabkan penyakit TBC ini menyerang organ pernapasan paru-paru yang bertugas untuk mengelola sistem pernapasan [3].

Convolutional Neural Network (CNN)

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan salah satu metode dari algoritma *deep learning* yang mampu melakukan proses pembelajaran mandiri untuk pengenalan objek, ekstraksi objek dan klasifikasi. Algoritma ini terinspirasi dari sel - sel neuron yang ada di dalam otak manusia yang dapat mengenali dan mengingat banyak hal di sekitarnya. Tujuan yang ingin dicapai oleh algoritma ini yaitu untuk membuat suatu jaringan saraf yang dapat mengekstrak fitur - fitur penting dari suatu objek yang ingin diidentifikasi. Fitur - fitur yang penting ini akan disimpan dan akan digunakan untuk mengidentifikasi objek serupa dimasa yang akan datang [4].

API & FastAPI

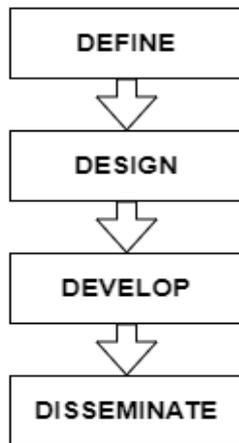
Application Programming Interface (API) merupakan suatu kumpulan kode yang berisi peraturan yang mendefinisikan bagaimana perangkat saling berkomunikasi satu sama lain [5]. Salah satu *framework* yang bisa membuat API dengan cepat yaitu *FastAPI*, salah satu *framework* yang dibangun menggunakan bahasa pemrograman *Python* [6]. *FastAPI* memiliki kelebihan seperti mudah digunakan, lebih ringan, serta mempermudah dalam proses *debugging* pada saat terjadi *error*. Dokumentasi yang disediakan juga mudah dipahami sehingga semakin mempermudah dalam proses pembuatan API nantinya .

Laravel

Laravel merupakan salah satu *framework* yang disusun menggunakan bahasa pemrograman PHP. *Framework* ini bersifat *open-source*, yang artinya kodenya dapat digunakan dan dikembangkan oleh banyak orang secara gratis. *Framework* ini diciptakan oleh Taylor Otwell dan diperuntukkan untuk pengembangan aplikasi web yang menggunakan pola *Model View Controller* (MVC). Struktur pola MVC pada laravel sedikit berbeda pada struktur pola MVC pada umumnya. Di Laravel terdapat *routing* yang menjembatani antara *request* dari *user* dan *controller*. Jadi, *controller* tidak langsung menerima *request* tersebut [7].

Research and Development (RND)

Research and Development (RND) merupakan metode penelitian untuk mengembangkan dan menguji produk yang nantinya akan dikembangkan dalam berbagai bidang [8]. Model pengembangan yang penulis gunakan untuk penelitian ini yaitu model 4D, yang merepresentasikan *define*, *design*, *develop* serta *disseminate* seperti yang dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Langkah-langkah Pengembangan 4D

Adapun rincian dari gambar langkah-langkah di atas yaitu sebagai berikut:

1. Define

Tahapan *define* merupakan tahapan di mana peneliti melakukan pendefinisian mengenai syarat pengembangan.

2. Design

Tahapan *design* merupakan tahapan di mana peneliti melakukan proses perancangan mulai dari merancang rencana pengembangan, merancang antarmuka aplikasi, merancang arsitektur aplikasi, dan lain-lain.

3. Develop

Tahapan *develop* merupakan tahapan di mana peneliti melakukan proses pengembangan perangkat lunak yang dilakukan berdasarkan perencanaan yang telah dibuat pada tahapan sebelumnya.

4. Disseminate

Tahapan *disseminate* merupakan tahapan di mana peneliti melakukan proses pengujian di proses pengujian dan evaluasi perangkat lunak.

Metode Pengujian

Black-box Testing merupakan salah satu metode pengujian yang berfokus pada fungsional dari perangkat lunak. Pengujian perangkat lunak dengan metode *black box testing* ini akan menguji spesifikasi fungsional dari perangkat lunak tanpa menguji desain dan kode program. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah fungsi, masukan dan keluaran dari perangkat lunak sesuai dengan spesifikasi

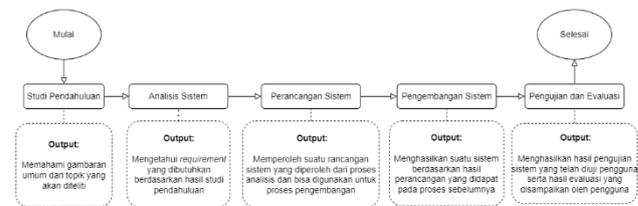
yang dibutuhkan. Selain itu, pengujian ini dilakukan agar data yang dihasilkan sesuai dengan data yang dimasukkan setelah data dieksekusi dan menghindari kekurangan dan kesalahan pada aplikasi sebelum digunakan oleh pengguna [9].

User Acceptance Testing (UAT) adalah fase terakhir dari proses pengujian perangkat lunak yang dilakukan oleh *end user* untuk langsung berinteraksi dengan sistem dan dilakukan verifikasi apakah fungsi yang ada telah berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Tujuannya yaitu untuk memastikan sistem memenuhi tidak hanya dari spesifikasi sistemnya, tapi juga kebutuhan sebenarnya dari pengguna. Selama pengujian, perangkat lunak diuji untuk memastikan tugas-tugas apakah sudah sesuai dengan spesifikasinya. Hasil dari pengujian dapat dijadikan bukti bahwa sistem dapat membantu para pengguna mengatasi permasalahan yang dimilikinya [10].

2. METODE PENELITIAN

Pada bagian ini berisi penjelasan tentang jenis penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti.

2.1 Tahapan Penelitian



Gambar 2. Tahapan Penelitian

Penjelasan dari tahapan penelitian seperti yang tertera pada gambar 2 yaitu sebagai berikut:

1. Studi Pendahuluan

Pada tahap studi pendahuluan, penulis melakukan kegiatan observasi terhadap sejumlah permasalahan baik yang dialami oleh penulis ataupun orang-orang di sekitar penulis. Penulis juga mencari referensi dari penelitian sebelumnya, jurnal ilmiah dan lain-lain untuk memahami topik yang akan diteliti.

2. Analisis Sistem

Pada tahap analisis sistem, penulis menguraikan pokok permasalahan menjadi bagian yang lebih kecil yang menunjang penelitian ini. Persoalan tersebut nantinya akan dilakukan proses analisis supaya menghasilkan persoalan utama yang dihadapi pada penelitian ini. Persoalan tersebut diidentifikasi sebagai kebutuhan yang harus dipenuhi oleh sistem deteksi, yaitu:

- Sistem deteksi dapat melakukan deteksi penyakit TBC menggunakan gambar *x-ray* bagian dada dengan cepat.
- Sistem deteksi dapat dengan mudah diakses dan digunakan oleh orang-orang.

3. Perancangan Sistem

Perancangan sistem bertujuan untuk mempermudah tahap implementasi agar lebih terarah. Perancangan sistem mulai dari desain aplikasi, alur aplikasi, serta arsitektur aplikasi akan dilakukan pada tahapan ini. Hasil dari perancangan ini akan dibawa ke tahapan selanjutnya yaitu proses pengembangan sistem.

4. Pengembangan Sistem

Pengembangan sistem merupakan tahapan penyusunan sistem yang akan dibuat berdasarkan topik dari penelitian ini. Pengembangan sistem meliputi pembuatan halaman sistem deteksi, logika bisnis, serta pembuatan API untuk menghubungkan sistem deteksi dengan halaman aplikasinya.

5. Pengujian dan Evaluasi

Tahapan akhir dari penelitian yang dilakukan penulis yaitu tahap pengujian dan evaluasi. Penulis akan menguji serta memberikan evaluasi pada sistem yang telah dibuat sebelumnya.

2.2 Metode Pengumpulan Data

Pada proses pengumpulan data dan informasi, peneliti menggunakan dua metode, yaitu metode observasi serta metode dokumentasi.

1. Observasi

Metode observasi dilakukan penulis dengan cara mengamati tingkah laku lingkungan sekitar, khususnya keluarga Tujuannya yaitu untuk memahami keadaan sesungguhnya yang terjadi di sekitar penulis yang mengakibatkan dibutuhkan sistem deteksi penyakit TBC seperti yang akan penulis teliti ini.

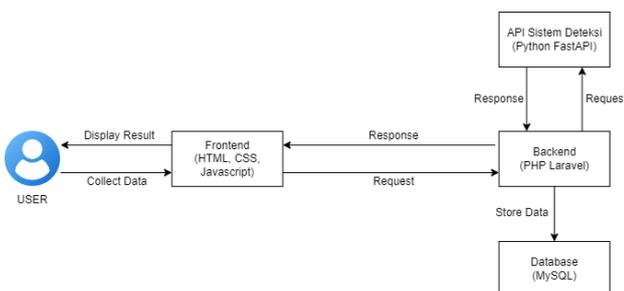
2. Dokumentasi

Metode dokumentasi dilakukan penulis dengan cara mengumpulkan data dari berbagai sumber seperti hasil laporan, buku, berita, hasil penelitian lain, dokumen, laporan pertanggung jawaban.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahapan analisis sistem telah didapatkan kebutuhan sistem utamanya yang dapat memberikan deteksi TBC dengan cepat dan dapat dilakukan dengan mudah.

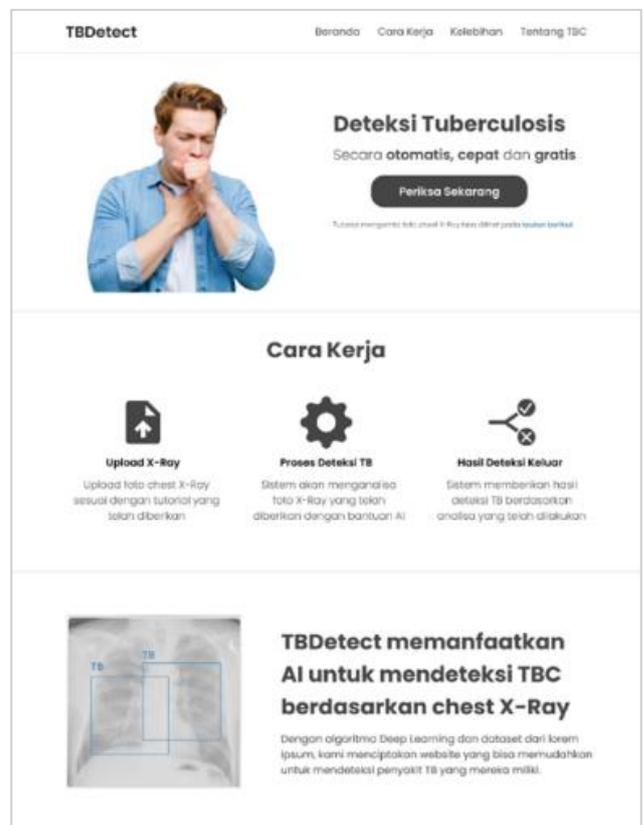
3.1 Desain Arsitektur



Gambar 3. Arsitektur Sistem Deteksi

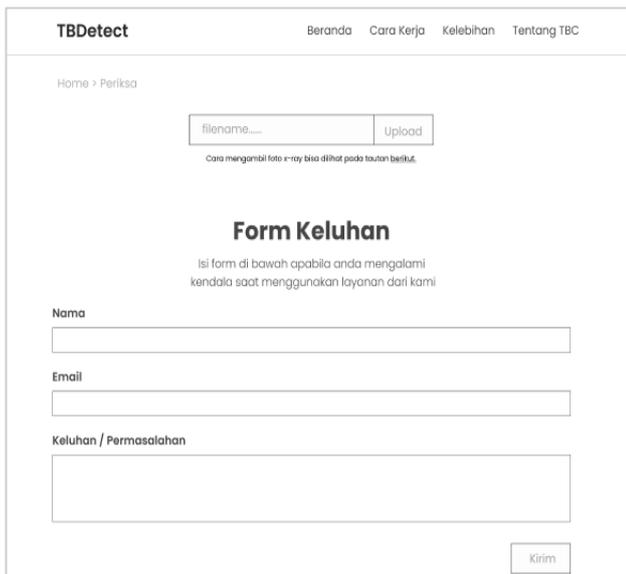
Gambar 3 menjelaskan mengenai desain arsitektur dari sistem deteksi yang akan dibuat. Desain arsitektur ini tersusun atas empat bagian, yaitu *frontend*, *backend*, *API*, serta *database*. Untuk *frontend* digunakan untuk menampilkan informasi serta sebagai media untuk berinteraksi dengan user. Lalu, *backend* bertanggung jawab untuk menangkap data hasil prediksi serta data keluhan dari pengguna. *API* sistem deteksi digunakan sebagai tempat berkomunikasi antara aplikasi sistem deteksi dengan model *machine learning* yang telah dibuat. Lalu, bagian terakhir yaitu *database* digunakan untuk menyimpan data hasil prediksi serta hasil laporan yang disampaikan oleh pengguna. Keempat bagian tersebut saling berkaitan satu sama lain supaya sistem deteksi dapat berjalan sesuai dengan fungsi utama yang telah didefinisikan sebelumnya

3.2 Desain Antarmuka



Gambar 4. Halaman Utama

Gambar 4 merupakan desain dari halaman utama sistem deteksi TBC yang akan ditampilkan paling awal ketika mengunjungi *website* sistem deteksi ini. Halaman ini berisi informasi mengenai hal apa yang bisa dilakukan oleh *website* ini kepada pengguna. Jika pengguna ingin menggunakan fitur deteksi TBC, pengguna dapat menekan tombol ‘periksa sekarang’ untuk diarahkan ke halaman periksa.



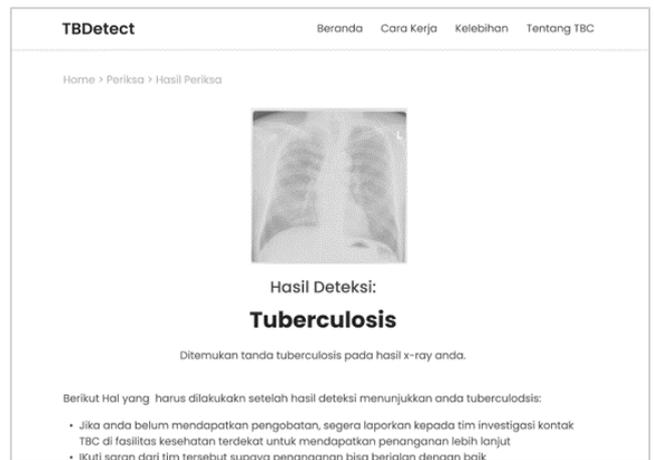
Gambar 5. Halaman Periksa

Gambar 5 merupakan desain dari halaman periksa dapat *user* gunakan untuk mengunggah gambar *scan x-ray* yang telah dilakukan oleh pengguna pada *form* yang tersedia pada bagian atas. Setelah pengguna memilih gambar, maka pengguna bisa menekan tombol *upload*. Hasil dari proses deteksinya akan ditampilkan pada halaman lain yang akan dijelaskan setelah ini. Jika pengguna mengalami permasalahan pada saat menggunakan sistem deteksi yang tersedia, pengguna bisa melaporkan permasalahan yang terjadi dengan mengisi *form* keluhan yang ada di bawah *form upload* citra *x-ray*



Gambar 6. Halaman Hasil Periksa Normal

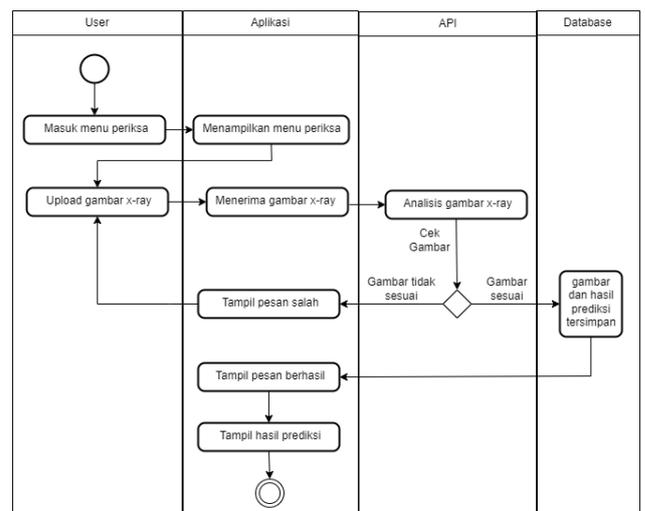
Gambar 6 merupakan tampilan ketika sistem deteksi memprediksi bahwa hasil deteksi *x-ray* yang dihasilkan yaitu normal. Ketika hasil menunjukkan TBC, maka tampilannya akan menjadi seperti di bawah ini.



Gambar 7. Halaman Hasil Periksa TBC

Gambar 7 merupakan gambar desain dari halaman hasil periksa ketika sistem deteksi menunjukkan hasil deteksinya yaitu positif TBC. Ketika hasilnya positif TBC, tampilan akan menunjukkan status hasilnya dengan *font* berwarna merah dan terdapat informasi mengenai hal dapat dilakukan jika sistem deteksi memberikan hasil deteksinya positif TBC.

3.3 Desain Alur Kerja



Gambar 8. Alur Kerja Fitur Periksa

Gambar 8 merupakan desain alur kerja dari fitur utama dari sistem deteksi ini, yaitu fitur periksa dari penyakit TBC. Alur kerja akan dimulai dari pengguna akan masuk ke halaman periksa. Setelah aplikasi berhasil menampilkan halaman periksa, *user* akan mengunggah foto *x-ray* yang dimiliki di *form* yang telah disediakan. Setelah pengguna berhasil mengunggah foto *x-ray*-nya, maka sistem akan melakukan pengecekan melalui API sistem deteksi apakah gambar yang diunggah oleh pengguna merupakan gambar *x-ray* bagian dada atau bukan. Apabila API menerima hasil bahwa gambar yang diunggah bukan gambar *x-ray*, maka aplikasi akan menampilkan pesan bahwa gambar yang di-*upload* kurang sesuai, lalu meminta pengguna mengunggah kembali gambar *x-ray* yang lebih sesuai. Namun, apabila

gambar yang di-*upload* telah sesuai, aplikasi akan menerima hasil deteksinya yang data hasil deteksinya akan disimpan ke *database* terlebih dahulu sebelum ditampilkan ke pengguna di halaman hasil periksa. Setelahnya, pengguna akan langsung berpindah otomatis ke halaman hasil periksa dan akan ditampilkan hasil pemeriksaannya serta keterangannya.

Tahapan selanjutnya yaitu pengembangan aplikasi sistem deteksi menggunakan Laravel serta pembuatan API menggunakan *FastAPI*. Pengembangan ini meliputi pembuatan halaman yang telah dibuat, pembuatan API untuk menghubungkan sistem deteksi yang telah ada dengan halaman periksa, serta menyimpan data hasil periksa ke dalam *database* untuk ditampilkan di halaman hasil periksa.

Tahapan terakhir yaitu dilakukannya pengujian menggunakan *black-box testing* dengan 8 skenario pengujian yang dilakukan oleh pengembang aplikasi. Pada pengujian yang dilakukan oleh penulis didapat bahwa 7 dari 8 pengujian berhasil dilakukan dengan persentase keberhasilan fungsional pada fitur sebesar 87.5%, sedangkan pada pengujian UAT dengan jumlah responden sebanyak 10 responden didapat bahwa persentase keberhasilan sebesar 75%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pengujian dan evaluasi yang telah dilakukan sebelumnya, tujuan penelitian dapat tercapai serta dapat menjawab rumusan masalah yang telah didefinisikan pada bagian awal penelitian. Berikut ini dapat diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Proses pengembangan sistem deteksi penyakit TBC dilakukan dengan beberapa tahapan mulai dari pendefinisian sistem yang akan dibuat, pembuatan desain, implementasi, pengujian serta evaluasi dari hasil pengujian.
2. Sistem deteksi yang telah dibuat telah memenuhi seluruh poin - yang diprasyaratkan. Baik persyaratan fungsional, non-fungsional, serta persyaratan teknis Hal ini dibuktikan dari hasil pengujian yang dilakukan pada sistem deteksi penyakit TBC menggunakan metode *blackbox testing* menunjukkan tingkat keberhasilan sebesar 87.5% dimana model yang digunakan untuk sistem deteksi memiliki akurasi 93% pada data latih serta 85% pada data uji. Serta pada pengujian *User Acceptance Test* kepada *end user* berjalan dengan cukup baik dengan tingkat keberhasilan sebesar 75%.
3. Sistem deteksi ini dapat mempercepat proses pendeteksian penyakit TBC karena dapat dilakukan secara mandiri dengan bantuan model CNN yang ada pada sistem deteksi. Cara kerjanya yaitu dimulai dengan pengguna mengunggah gambar x-ray, lalu gambar tersebut dikirimkan ke API untuk diklasifikasi oleh model *deep learning* yang telah dikembangkan dengan metode CNN. Setelah berhasil diklasifikasi, API akan mengembalikan hasilnya ke sistem untuk

disimpan ke *database* dan ditampilkan ke halaman hasil periksa.

Berdasarkan hasil kesimpulan di atas, berikut beberapa saran yang bisa diterapkan ini dapat berkembang lebih baik lagi:

1. Sistem perlu menambahkan fitur-fitur baru yang dapat bermanfaat bagi pengguna. Fitur seperti layanan konsultasi terkait penyakit TBC akan membantu pengguna dalam membuat keputusan yang lebih baik.
2. Sistem perlu memberikan contoh bagaimana gambar *x-ray* yang baik dan yang kurang baik. Sehingga pengguna dapat lebih mudah dalam mengambil gambar *x-ray* yang dimilikinya.
3. Sistem perlu memberikan lebih banyak visualisasi mengenai hasil deteksi yang dikeluarkan oleh sistem deteksi. Sehingga informasi yang didapat dari hasil deteksi menjadi lebih banyak lagi.
4. Sistem dapat memberikan informasi-informasi tambahan mengenai penyakit TBC seperti cara penyebarannya, pengobatannya, dan hal lain yang berkaitan dengan penyakit TBC.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. Rochmawanti, F. Utamingrum, and F. A. Bachtiar, "Analisis Performa Pre-Trained Model Convolutional Neural Network Dalam Mendeteksi Penyakit Tuberkulosis", doi: 10.25126/jtiik.202184441.
- [2] A. Ekawijana, A. Bakhrun, and Z. Arsyad, "Deteksi Dini Anak Disleksia dengan metode Support Vector Machine," *Jurnal Sistem Komputer dan Informatika (JSON)*, vol. 4, no. 1, p. 217, Oct. 2022, doi: 10.30865/json.v4i1.4776.
- [3] TBC Indonesia, "Apakah kalian tahu apa itu TBC ?" Accessed: Feb. 15, 2024. [Online]. Available: <https://tbindonesia.or.id/apakah-kalian-tahu-apa-itu-tbc/>
- [4] N. P. Ekananda and D. Rimirasih, "Identifikasi Penyakit Pneumonia Berdasarkan Citra Chest X-Ray Menggunakan Convolutional Neural Network," *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, vol. 27, no. 1, pp. 79–94, 2022, doi: 10.35760/ik.2022.v27i1.6487.
- [5] IBM, "What is a REST API?" Accessed: Mar. 30, 2024. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/topics/rest-apis#:~:text=the%20next%20step-,What%20is%20a%20REST%20API%3F,representational%20state%20transfer%20architectural%20style.>
- [6] FastAPI, "FastAPI Documentation." Accessed: Jan. 30, 2024. [Online]. Available: <https://fastapi.tiangolo.com/>

- [7] D. Purnama Sari, R. Wijanarko, and J. X. Menoreh Tengah, "Implementasi Framework Laravel pada Sistem Informasi Penyewaan Kamera (Studi Kasus Di Rumah Kamera Semarang)," vol. 2, no. 1, pp. 32–36, 2019.
- [8] I. Latin and A. Transactions, "COVID-XR: A Web Management Platform for Coronavirus Detection on X-Ray Chest Images," 2021. [Online]. Available: <http://di.unsa.edu.ar>
- [9] N. Made, D. Febriyanti, A. A. KOMPIANG, O. Sudana, and N. Piarsa, "Implementasi Black Box Testing pada Sistem Informasi Manajemen Dosen," 2021.
- [10] I. Wahyudi and F. Alameka, "Analisis Blackbox Testing Dan User Acceptance Testing Terhadap Sistem Informasi Solusimedsosku," *Jurnal Teknosains Kodepena /*, vol. 04, pp. 1–9, 2023.