

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kelenjar tiroid merupakan organ yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan fungsi tubuh melalui produksi hormon tiroksin (T4) dan triiodotironin (T3), yang mengatur berbagai proses fisiologis, seperti metabolisme, suhu tubuh, denyut jantung, pertumbuhan dan aktivitas berbagai organ [1]. Penyakit kelenjar tiroid juga menjadi salah satu gangguan kesehatan yang perlu mendapat perhatian karena sering kali tidak menunjukkan gejala pada tahap awal. Banyak penderita baru menyadari adanya gangguan setelah muncul benjolan pada leher, gangguan menelan, atau ketika penyakit telah berkembang menjadi kanker tiroid [2]. Kondisi ini berbahaya karena keterlambatan diagnosis dapat menyebabkan kanker menyebar ke jaringan di sekitar leher maupun ke organ lain [3].

Selain itu, nodul tiroid memiliki prevalensi yang cukup tinggi pada masyarakat umum, bahkan dapat mencapai lebih dari 25% populasi, dan prevalensinya terus meningkat seiring bertambahnya usia serta lebih sering ditemukan pada perempuan [2]. Gangguan pada kelenjar tiroid dapat menyebabkan terbentuknya nodul tiroid, yaitu benjolan atau pertumbuhan abnormal pada jaringan tiroid. Jumlah kasus nodul tiroid diperkirakan dapat mencapai 67% tergantung metode deteksi yang digunakan, seperti palpasi, ultrasonografi, maupun autopsi. Sebagian besar nodul memang bersifat jinak, namun sekitar 10–15% di antaranya berpotensi berkembang menjadi kanker tiroid [4]. Kanker tiroid juga termasuk salah satu jenis kanker dengan jumlah kasus yang terus meningkat, dengan sekitar 43.720 kasus baru diperkirakan terjadi di Amerika Serikat pada tahun 2023 [5].

Metode yang paling umum digunakan untuk mendeteksi nodul tiroid adalah ultrasonografi (USG), karena mampu menampilkan bentuk, ukuran, dan lokasi nodul secara detail tanpa prosedur invasif [6]. Pemeriksaan USG juga menjadi dasar dalam sistem stratifikasi risiko seperti *Thyroid Imaging Reporting and Data Systems* (TIRADS) untuk membantu memperkirakan kemungkinan keganasan suatu nodul [2]. Namun, interpretasi citra USG masih dilakukan secara manual oleh dokter atau radiolog sehingga hasil diagnosis sangat bergantung pada pengalaman pemeriksa [7]. Hal ini dapat menyebabkan perbedaan interpretasi antarpemeriksa dan meningkatkan kemungkinan terjadinya kesalahan diagnosis [8].

Deteksi nodul tiroid pada citra USG merupakan tantangan karena nodul sering berukuran kecil, memiliki bentuk dan *margin* yang bervariasi, serta batas yang kurang jelas terhadap jaringan di sekitarnya. Selain itu, citra USG umumnya dipengaruhi oleh *speckle noise* dan kontras yang rendah, sehingga nodul sulit dibedakan dari struktur lain seperti otot, pembuluh darah, maupun trakea [9]. Kondisi tersebut menyebabkan proses identifikasi nodul menjadi lebih sulit dan meningkatkan kemungkinan terjadinya kesalahan deteksi [10].

Seiring berkembangnya teknologi kecerdasan buatan, berbagai metode *deep learning* mulai dikembangkan untuk membantu proses deteksi nodul tiroid pada citra USG secara otomatis. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan adalah *object detection* berbasis keluarga YOLO karena mampu melakukan identifikasi lokasi nodul dan klasifikasi secara cepat dalam satu proses. Penelitian terdahulu pada bidang *object detection* menunjukkan bahwa model YOLO generasi terbaru memiliki performa yang lebih baik dibandingkan versi sebelumnya, terutama pada objek berukuran kecil. Penelitian oleh Yavuz yang berjudul “*Scale-Dependent Performance Analysis of YOLO26 and YOLOv11 for PPE Detection*” menunjukkan bahwa YOLO26 mampu memberikan peningkatan performa pada model berskala besar dibandingkan YOLOv11, dengan keunggulan sebesar 1,3–3,1% mAP50–95 [11]. Selain itu, YOLO26 dikembangkan dengan pendekatan *end-to-end* tanpa menggunakan *Non-Maximum Suppression* (NMS), sehingga dapat mengurangi latensi pada proses deteksi. Arsitektur ini juga memperkenalkan MuSGD, *Small-Target-Aware Label Assignment* (STAL), dan *Progressive Loss* (ProgLoss) yang dirancang untuk meningkatkan kemampuan deteksi objek kecil [12].

Meskipun demikian, penggunaan YOLO26 untuk deteksi nodul tiroid pada citra USG masih belum banyak diteliti. Penelitian oleh Yang et al. yang berjudul “*Automatic Thyroid Nodule Detection in Ultrasound Imaging With Improved YOLOv5 Neural Network*” menunjukkan bahwa *improved YOLOv5* mampu menghasilkan *mean Average Precision* (mAP) sebesar 95,3% dengan waktu inferensi 8,4 ms per citra [13], sehingga metode berbasis YOLO terbukti memiliki potensi yang baik untuk deteksi nodul tiroid secara otomatis. Namun, penelitian-penelitian tersebut belum memanfaatkan YOLO26 sebagai model utama. Di sisi lain, ketersediaan *dataset* terbuka yang lengkap dan tervalidasi secara klinis untuk citra USG tiroid juga masih terbatas. Salah satu *dataset* yang baru tersedia adalah TN5000 yang dipublikasikan pada tahun 2025 [14], *dataset* tersebut belum digunakan untuk mengevaluasi performa YOLO26, sehingga masih terdapat peluang penelitian.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan model object detection untuk mendeteksi nodul tiroid pada citra ultrasonografi menggunakan pendekatan deep learning berbasis arsitektur YOLO26?
2. Bagaimana kinerja model YOLO26 dalam mendeteksi nodul tiroid pada citra ultrasonografi berdasarkan nilai precision, recall, dan mean Average Precision (mAP)?

1.3 Batasan Permasalahan

Batasan masalah untuk penelitian ini ditetapkan sebagai berikut:

1. Penelitian hanya menggunakan citra ultrasonografi (USG) tiroid 2D dari dataset TN5000 sebagai data masukan dan tidak mencakup data Doppler, elastografi, maupun data klinis pasien lainnya.
2. Penelitian hanya berfokus pada deteksi lokasi nodul tiroid menggunakan *bounding box* dan tidak melakukan segmentasi area nodul secara detail.
3. Model yang digunakan dalam penelitian adalah arsitektur YOLO26n tanpa membandingkan dengan algoritma *object detection* lain.
4. Penelitian hanya mengevaluasi kemampuan model dalam mendeteksi keberadaan dan lokasi nodul, bukan untuk menentukan diagnosis klinis secara langsung.
5. Proses pelatihan dan pengujian dilakukan menggunakan data yang tersedia pada dataset TN5000 tanpa menambahkan data dari rumah sakit atau sumber lain.
6. Evaluasi performa model dibatasi pada parameter *precision*, *recall*, *F1-score*, *mean Average Precision* (mAP50 dan mAP50–95).
7. Penelitian hanya membedakan nodul tiroid ke dalam dua kelas, yaitu *benign* dan *malignant*, sesuai anotasi pada dataset TN5000.

8. Penelitian tidak membahas implementasi model pada sistem nyata atau perangkat USG secara langsung, melainkan hanya pada tahap pengembangan dan evaluasi model.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Menerapkan model object detection untuk mendeteksi nodul tiroid pada citra ultrasonografi menggunakan pendekatan deep learning berbasis arsitektur YOLO26.
2. Mengevaluasi kinerja model YOLO26 dalam mendeteksi nodul tiroid pada citra ultrasonografi berdasarkan nilai precision, recall, dan mean Average Precision (mAP).

1.5 Manfaat Penelitian

Berikut manfaat penelitian yang diberikan dari penelitian ini antara lain:

1. Dapat menjadi landasan bagi penelitian selanjutnya dalam mengembangkan dan mengevaluasi model deteksi nodul tiroid berbasis *deep learning* melalui hasil evaluasi performa arsitektur YOLO26 pada citra ultrasonografi.
2. Memberikan gambaran mengenai potensi pemanfaatan arsitektur YOLO26 sebagai alat bantu dalam proses deteksi awal nodul tiroid pada citra ultrasonografi.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini meliputi lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

1. Bab 1 PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan permasalahan, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

2. Bab 2 LANDASAN TEORI

Bab ini membahas landasan teori yang digunakan dalam penelitian, seperti nodul tiroid, citra ultrasonografi, *object detection*, *deep learning*, YOLO, serta metrik evaluasi model.

3. Bab 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan rancangan penelitian, alur kerja penelitian, dataset yang digunakan, serta tahapan yang dilakukan dalam membangun dan mengevaluasi model.

4. Bab 4 HASIL DAN DISKUSI

Bab ini membahas implementasi penelitian dan hasil yang diperoleh, mulai dari pengumpulan data, *pre-processing*, pembangunan model, pelatihan model, visualisasi hasil deteksi, hingga evaluasi model.

5. Bab 5 SIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi simpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

