



## Tingkat Akurasi Nilai Atenuasi CT Scan Toraks Sebagai Prediksi Analisis Cairan Pleura pada Pasien Efusi Pleura di Rumah Sakit Adam Malik Medan

Fiona Shafira Rosa<sup>1\*</sup>, Netty Delvrita Lubis<sup>2</sup>, Ade Rahmaini<sup>3</sup>, Elvita Rahmi Daulay<sup>4</sup>,  
Dedy Dwi Putra<sup>5</sup>, Taufik Ashar<sup>6</sup>

<sup>1-2,4,5</sup> Program Studi Radiologi, Universitas Sumatera Utara, Indonesia

<sup>3</sup> Program Studi Pulmonologi dan Kedokteran Respirasi, Universitas Sumatera Utara, Indonesia

<sup>6</sup> Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, Universitas Sumatera Utara, Indonesia

\*Penulis Korespondensi: [fionashfrr@gmail.com](mailto:fionashfrr@gmail.com)<sup>1</sup>

### Riwayat Artikel:

Naskah Masuk: 19 Januari 2026;

Revisi: 13 Februari 2026;

Diterima: 28 Maret 2026;

Terbit: 31 Maret 2026

**Keywords:** *Computed Tomography; Exudate; Hounsfield Unit; Pleural Effusion; Transudate.*

**Abstract:** *Pleural effusion is a common clinical condition with diverse etiologies, making differentiation between transudative and exudative fluid essential. This differentiation is conventionally achieved through pleural fluid analysis via thoracentesis; however, the procedure is invasive and carries a risk of iatrogenic complications. Thoracic computed tomography (CT) may serve as a non-invasive alternative by assessing fluid density using Hounsfield Units (HU). This study aimed to evaluate the diagnostic accuracy of CT attenuation values in predicting pleural fluid characteristics in patients with pleural effusion at Adam Malik General Hospital, Medan. This correlational analytic study used an ambispective design based on medical records from January 2024 to November 2025. A total of 85 patients were included, comprising 57 exudative and 28 transudative effusions. Receiver operating characteristic (ROC) analysis demonstrated excellent discriminatory ability, with an area under the curve (AUC) of 0.954 ( $p < 0.001$ ). The optimal cut-off value was 8.65 HU, yielding a sensitivity of 91.2% and specificity of 85.7% for identifying exudative effusion. CT attenuation values may serve as a useful non-invasive parameter in the initial evaluation of pleural effusion. However, they do not replace invasive procedures, which remain the diagnostic gold standard.*

### Abstrak

Efusi pleura merupakan kondisi klinis yang umum dengan etiologi beragam, sehingga penting untuk membedakan jenis cairan pleura berupa eksudat dan transudat. Diferensiasi eksudat dan transudat dapat dicapai dengan analisis cairan pleura melalui torakosentesis, namun prosedur ini bersifat invasif dan memiliki risiko komplikasi iatrogenik. *Computed tomography* (CT) toraks dapat menjadi alternatif, yaitu dengan mengukur densitas cairan berdasarkan nilai *Hounsfield Unit* (HU). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi nilai atenuasi CT scan toraks sebagai prediksi analisis cairan pleura pada pasien efusi pleura di Rumah Sakit Adam Malik Medan. Penelitian ini merupakan studi analitik korelatif dengan desain ambispektif menggunakan data rekam medis pasien yang melakukan pemeriksaan CT scan toraks pada periode Januari 2024 sampai November 2025. Sampel pada penelitian ini berjumlah 85 orang dengan rincian 57 sampel merupakan pasien dengan efusi pleura eksudat dan 28 lainnya merupakan pasien dengan efusi pleura transudat. Analisis kurva ROC menunjukkan bahwa nilai atenuasi CT scan toraks memiliki kemampuan diskriminatif yang sangat baik dalam memprediksi jenis efusi pleura, dengan nilai AUC sebesar 0,954 ( $p < 0,001$ ). *Cut off* optimal adalah 8,65 HU. Pada nilai atenuasi  $\geq 8,65$  HU, diperoleh spesifisitas sebesar 85,7% dan sensitivitas sebesar 91,2%. Nilai atenuasi CT scan toraks memiliki kemampuan menjadi parameter non-invasif yang berguna dalam evaluasi awal efusi pleura yang terintegrasi dengan temuan klinis dan analisis cairan pleura. Namun, penggunaannya tidak menggantikan prosedur invasif yang tetap menjadi standar diagnostik.

**Kata kunci:** Efusi Pleura; Eksudat; Satuan Hounsfield; Tomografi Komputer; Transudat.

## 1. LATAR BELAKANG

Efusi pleura merupakan kondisi klinis yang umum akibat ketidakseimbangan antara produksi dan absorpsi cairan pleura dengan etiologi yang cukup bervariasi mulai dari kelainan paru hingga penyakit sistemik (He dan Oh, 2018; Mercer *et al.*, 2019). Efusi pleura sering dijumpai baik di negara maju maupun berkembang dan memiliki dampak klinis yang signifikan. Oleh karena itu, pembedaan antara efusi pleura transudat dan eksudat menjadi langkah penting dalam menentukan etiologi serta tatalaksana yang tepat (Aggarwal *et al.*, 2022).

Secara konvensional, diferensiasi efusi pleura eksudat dan transudat dilakukan melalui analisis cairan pleura menggunakan kriteria Light setelah prosedur torakosentesis. Namun, torakosentesis merupakan prosedur invasif yang memiliki risiko komplikasi seperti pneumotoraks, perdarahan, dan infeksi (Mercer *et al.*, 2019). Hal ini mendorong pengembangan metode non-invasif yang dapat membantu proses diagnosis awal serta mengurangi risiko tindakan invasif.

*Computed tomography* (CT) toraks berpotensi menjadi alternatif non-invasif melalui pengukuran densitas cairan pleura dalam satuan *Hounsfield Unit* (HU). Beberapa penelitian menunjukkan adanya korelasi antara nilai atenuasi CT dengan karakteristik cairan pleura, sehingga dapat membantu membedakan efusi pleura transudat dan eksudat (Maheshwari *et al.* 2021; Zhang *et al.*, 2024). Meskipun demikian, nilai ambang (*cut off*) yang optimal masih bervariasi antar penelitian, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan akurasi diagnostiknya.

## 2. METODE DAN BAHAN

### Desain dan Subjek Penelitian

Penelitian ini merupakan studi analitik korelatif dengan desain ambispektif yang dilakukan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Adam Malik Medan menggunakan data rekam medis periode 1 Januari 2024 hingga 30 November 2025. Sebanyak 85 pasien efusi pleura yang menjalani CT scan toraks dipilih dengan metode *consecutive sampling*. Kriteria inklusi meliputi pasien yang menjalani CT scan toraks tanpa kontras dan torakosentesis, sedangkan eksklusi meliputi efusi minimal ( $\leq 10$  mm), riwayat trauma, pleurodesis, serta data rekam medis tidak lengkap.

## Pengukuran Nilai Atenuasi CT Scan Toraks

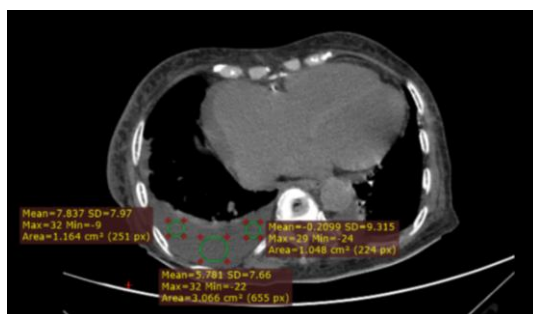
Pemeriksaan CT toraks dilakukan menggunakan CT scan *Philips* tipe *Brilliance ICT* dengan *serial number* 302845. Nilai atenuasi cairan pleura diukur pada pemeriksaan CT scan toraks tanpa kontras untuk menghindari peningkatan densitas intravaskular akibat kontras yang dapat memengaruhi nilai atenuasi. Penilaian dilakukan pada *mediastinal* dan *lung window* untuk memastikan visualisasi cairan pleura yang optimal dan menilai temuan patologi paru/pleura lainnya. Irisan dipilih pada lokasi dengan volume efusi terbesar untuk memperoleh representasi yang adekuat. *Region of interest* (ROI) ditempatkan secara sentral dalam cairan pleura dengan menghindari batas dengan parenkim paru, pleura, dan struktur tulang guna meminimalkan efek volume parsial. ROI dibuat sebesar mungkin selama tetap berada dalam area cairan yang homogen. Pengukuran nilai atenuasi dilakukan sebanyak dua hingga tiga kali pada irisan atau lokasi yang berbeda, dan nilai akhir HU ditentukan berdasarkan rata-rata pengukuran tersebut. Contoh pengukuran dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.

## Analisis Statistik

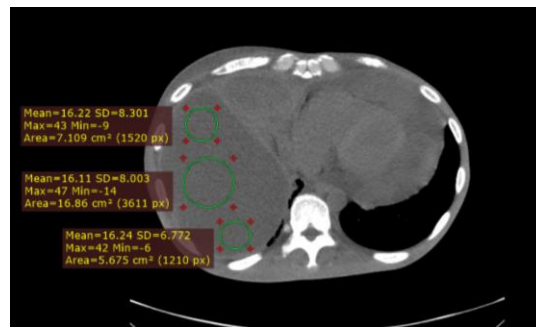
Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak *Statistical Product and Service Solution* (SPSS) melalui analisis univariat untuk menggambarkan distribusi karakteristik subjek penelitian. Selanjutnya, analisis *Receiver Operating Characteristic* (ROC) digunakan untuk menentukan nilai *cut off* atenuasi CT dalam membedakan efusi pleura eksudat dan transudat. Nilai sensitivitas, spesifisitas, nilai prediksi positif, nilai prediksi negatif, dan *area under the curve* (AUC) dihitung untuk menilai akurasi diagnostik, dengan tingkat signifikansi statistik ditetapkan pada  $p < 0,05$ .

## Etika Penelitian

Prosedur penelitian ini telah memperoleh persetujuan etika dari Universitas Sumatera Utara (No: 1341/KEPK/USU/2025).



**Gambar 1.** Pengukuran nilai atenuasi CT scan toraks pada pasien perempuan usia 51 tahun dengan diagnosis pneumonia disertai efusi pleura transudat. (Rerata nilai atenuasi  $\pm 4,47$  HU).



**Gambar 2.** Pengukuran nilai atenuasi CT scan toraks pada pasien laki-laki usia 34 tahun dengan diagnosis tumor mediastinum disertai efusi pleura eksudat. (Rerata nilai atenuasi  $\pm 16,19$  HU).

### 3. HASIL PENELITIAN

#### Data Demografis

Sebanyak 85 subjek dianalisis, terdiri dari 28 efusi pleura transudat dan 57 eksudat. Mayoritas subjek adalah laki-laki (64,7%) dengan rerata usia  $52,7 \pm 18,1$  tahun, dan kelompok usia terbanyak 56–70 tahun (42,4%). Sebagian besar memiliki pendidikan menengah (62,4%) dan bekerja di sektor informal, terutama wiraswasta (24,7%), petani (21,2%), dan ibu rumah tangga (16,5%). (Tabel 1)

**Tabel 1.** Karakteristik Demografis Subjek Penelitian.

Karakteristik	n=85	Jenis Efusi Pleura	
		Transudat (n=28)	Eksudat (n=57)
<b>Jenis Kelamin</b>			
Laki-laki	55 (64,7)	16	39
Perempuan	30 (35,3)	12	18
<b>Usia</b>			
< 35 Tahun	13 (15,3)	2	11
35-55 Tahun	24 (28,2)	12	12
56-70 Tahun	36 (42,4)	10	26
> 70 Tahun	12 (14,1)	4	8
Rerata $\pm$ SD	$52,73 \pm 18,1$	$52,54 \pm 16,1$	$52,73 \pm 19,2$
Median (Min – Mak)	59 (2 – 82)	56 (23-82)	59 (2-80)
<b>Tingkat Pendidikan</b>			
Belum Sekolah	1 (1,2)	0	1
Pendidikan Dasar (SD/SMP)	18 (21,2)	2	16
Pendidikan Menengah (SMA/Sederajat)	53 (62,4)	23	30
Pendidikan Tinggi (Diploma/Sarjana/Pascasarjana)	13 (15,3)	3	10
<b>Pekerjaan</b>			
Guru	2 (2,4)	0	2
Pegawai Swasta/Honorar	6 (7,1)	3	3
Perawat	1 (1,2)	0	1
Petani	18 (21,2)	7	4
PNS	3 (3,5)	0	3
Wiraswasta	21 (24,7)	8	13
Nelayan	3 (3,5)	2	1
Pensiunan	6 (7,1)	1	5

Ibu Rumah Tangga	14 (16,5)	6	8
Pekerja Lepas	3 (3,5)	1	2
Tidak/Belum Bekerja	8 (9,4)	0	8

### Etiologi Efusi Pleura

Etiologi keganasan merupakan penyebab paling dominan ditemukan pada 51 kasus (60%), diikuti oleh etiologi infeksi sebanyak 28 kasus (32,9%) dan non-infeksi sebanyak 6 kasus (7,1%). Berdasarkan jenis efusi, pada kelompok efusi pleura eksudat sebagian besar kasus disebabkan oleh keganasan, yaitu 42 kasus (73,7%), sedangkan sisanya merupakan etiologi infeksi sebanyak 15 kasus (26,3%) dan tidak ditemukan etiologi non-infeksi. Sebaliknya, pada kelompok efusi pleura transudat, etiologi infeksi merupakan penyebab terbanyak, yaitu 13 kasus (46,4%), diikuti oleh keganasan sebanyak 9 kasus (32,1%) serta non-infeksi sebanyak 6 kasus (21,4%). (Tabel 2)

**Tabel 2.** Distribusi Frekuensi Etiologi Efusi Pleura.

Etiologi	n (%)	Jenis Efusi Pleura	
		Eksudat (n (%))	Transudat (n (%))
Keganasan	51 (60)	42 (73,7)	9 (32,1)
Infeksi	28 (32,9)	15 (26,3)	13 (46,4)
Non-infeksi	6 (7,1)	0	6 (21,4)

### Temuan Patologi Pleura/Paru Lainnya

Sebagian besar subjek tidak menunjukkan temuan patologis tambahan pada CT scan toraks (57,6%). Temuan patologis yang paling sering adalah penebalan pleura (11,8%), diikuti konsolidasi paru (8,2%) dan nodul paru (4,7%), sedangkan temuan lain seperti *ground-glass opacity* (GGO) dan kelainan kombinasi ditemukan dalam proporsi kecil. (Tabel 3)

Pada kelompok efusi pleura eksudat, hampir setengah subjek (49,1%) menunjukkan temuan patologis tambahan, dengan penebalan pleura sebagai temuan dominan (17,5%), diikuti konsolidasi dan nodul paru. Sebaliknya, pada kelompok transudat, mayoritas subjek (71,4%) tidak menunjukkan kelainan tambahan, dengan temuan yang ada terutama berupa konsolidasi paru dan GGO, tanpa penebalan pleura. (Tabel 3)

Secara keseluruhan, temuan patologis paru dan pleura lebih sering dijumpai pada efusi pleura eksudat dibandingkan transudat.

**Tabel 3.** Distribusi Frekuensi Temuan Patologi Pleura/Paru Lainnya.

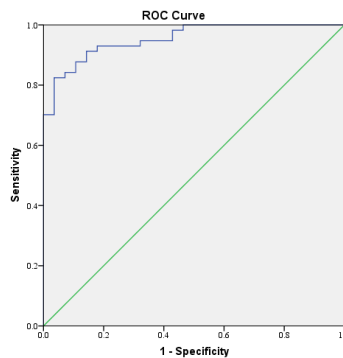
Temuan Patologi Paru/Pleura Lainnya	n (%)	Jenis Efusi Pleura	
		Eksudat (n (%))	Transudat (n (%))
Tidak ada	49 (57,6)	29 (50,9)	20 (71,4)
Nodul pleura	2 (2,4)	2 (3,5)	0
Penebalan pleura	10 (11,8)	10 (17,5)	0
Konsolidasi paru	7 (8,2)	3 (5,3)	4 (14,3)
GGO	3 (3,5)	0	3 (10,7)
Nodul paru	4 (4,7)	3 (5,3)	1 (3,6)

Gambaran <i>tree in bud</i>	1 (1,2)	1 (1,8)	0
Nodul pleura dan konsolidasi paru	1 (1,2)	1 (1,8)	0
Penebalan pleura dan lokulasi	3 (3,5)	3 (5,3)	0
Penebalan pleura dan konsolidasi paru	1 (1,2)	1 (1,8)	0
Penebalan pleura dan nodul paru	1 (1,2)	1 (1,8)	0
Penebalan pleura, konsolidasi paru, dan GGO	1 (1,2)	1 (1,8)	0
Lokulasi, konsolidasi paru, dan GGO	1 (1,2)	1 (1,8)	0
Konsolidasi paru dan GGO	1 (1,2)	1 (1,8)	0

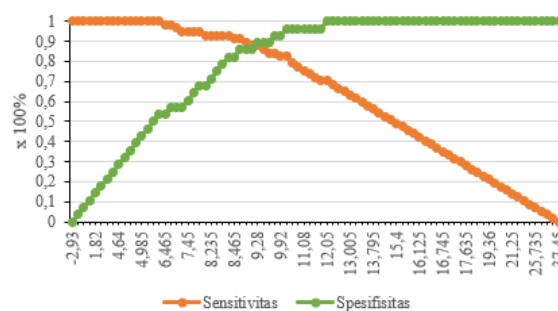
### Tingkat Akurasi Nilai Atenuasi CT Scan Toraks

Analisis kurva ROC pada 85 pasien menunjukkan bahwa nilai atenuasi CT scan toraks memiliki kemampuan diskriminatif yang sangat baik dalam membedakan efusi pleura eksudat dan transudat (Gambar 3). Nilai AUC sebesar 0,954 (SE = 0,020; IK 95%: 0,915–0,993;  $p < 0,001$ ) menunjukkan akurasi diagnostik yang tinggi. Nilai *cut off* optimal adalah 8,65 HU (Gambar 4).

Pada *cut off*  $\geq 8,65$  HU, diperoleh sensitivitas 91,2% dan spesifisitas 85,7%, dengan nilai duga positif 92,9%, nilai duga negatif 82,8%, serta akurasi keseluruhan 89,41%.



**Gambar 3.** Kurva ROC dari Kemampuan Nilai Atenuasi CT Scan Toraks untuk Memprediksi Jenis Cairan Pleura dari Pasien Efusi Pleura.



**Gambar 4.** Grafik Garis Penentuan Nilai Titik Potong Terbaik untuk Nilai Atenuasi CT Scan Toraks untuk Memprediksi Jenis Cairan Pleura pada Pasien Efusi Pleura.

## Hubungan Rasio LDH Pleura/Serum dengan Nilai Atenuasi CT scan Toraks

**Tabel 4.** Hubungan Rasio LDH Pleura/Serum dengan Nilai Atenuasi CT Scan Toraks.

	Nilai Atenuasi CT Scan Toraks	
	<i>p</i>	<i>r</i>
Rasio LDH Pleura/Serum	0,004	0,306

### \*Korelasi Spearman

Uji korelasi Spearman menunjukkan adanya korelasi positif yang lemah namun bermakna antara rasio LDH pleura/serum dan nilai atenuasi CT scan toraks ( $r = 0,306$ ;  $p = 0,004$ ). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan rasio LDH cenderung diikuti oleh peningkatan nilai atenuasi cairan pleura.

### Pembahasan

Efusi pleura lebih sering ditemukan pada laki-laki dibandingkan perempuan, terutama karena perbedaan distribusi etiologi dan faktor risiko yang mendasarinya, bukan karena perbedaan biologis pleura itu sendiri. Kondisi seperti tuberkulosis pleura merupakan salah satu penyebab utama efusi pleura dan memiliki prevalensi yang lebih tinggi pada populasi dengan paparan faktor risiko tertentu yang lebih sering dijumpai pada laki-laki, seperti kebiasaan merokok dan kondisi paru kronik (Hussein *et al.*, 2024; Vorster *et al.*, 2015).

Beberapa penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa efusi pleura paling sering ditemukan pada kelompok usia 40–65 tahun yang mencerminkan dominasi pada usia produktif akhir hingga lansia. Hal ini berkaitan dengan meningkatnya prevalensi penyakit penyebab seperti keganasan, penyakit paru kronik, dan infeksi pada kelompok usia tersebut (Aini dan Noveyani, 2023; Dewi dan Fairuz, 2020). Secara fisiopatologis, usia lanjut berhubungan dengan penurunan cadangan kardiopulmoner, gangguan mikrosirkulasi, serta penurunan fungsi drainase limfatik pleura yang meningkatkan kerentanan terhadap akumulasi cairan pleura saat terjadi gangguan sistemik (Jany dan Welte, 2019; Porcel, 2011).

Pasien efusi pleura dalam penelitian ini berasal dari kelompok pekerjaan informal. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa efusi pleura di negara berkembang lebih sering ditemukan pada individu dengan pekerjaan non-formal yang memiliki paparan lingkungan lebih tinggi, termasuk debu, asap biomassa, dan kondisi kerja terbuka tanpa perlindungan memadai (Jany dan Welte, 2019; Dewi dan Fairuz, 2020; Wahyuni *et al.*, 2018). Selain itu, dominasi kelompok pekerjaan informal juga mencerminkan kondisi sosial ekonomi menengah ke bawah yang sering dikaitkan dengan keterbatasan akses terhadap layanan kesehatan, sehingga berpotensi menyebabkan keterlambatan diagnosis dan penatalaksanaan (Mandal *et al.*, 2023; Hussein *et al.*, 2024).

Sebagian besar pasien efusi pleura memiliki tingkat pendidikan SMA ke bawah yang mencerminkan peran pendidikan sebagai determinan sosial kesehatan. Tingkat pendidikan yang rendah berhubungan dengan keterbatasan literasi kesehatan, sehingga dapat memengaruhi keterlambatan dalam mencari pelayanan medis serta meningkatkan risiko perkembangan penyakit paru kronik dan infeksi menjadi efusi pleura (Dewi dan Fairuz, 2020; WHO, 2013).

Pada penelitian ini efusi pleura eksudat terutama berkaitan dengan keganasan, pneumonia, dan tuberkulosis, sedangkan efusi transudat lebih sering ditemukan pada kondisi sistemik seperti gagal jantung, sirosis, dan penyakit ginjal kronik. Hal ini sesuai dengan mekanisme patofisiologi, di mana efusi pleura eksudat terjadi akibat peningkatan permeabilitas kapiler, proses inflamasi, atau obstruksi limfatik, sementara efusi pleura transudat disebabkan oleh ketidakseimbangan tekanan hidrostatik dan onkotik (Light, 2002; Porcel and Pardina, 2021).

Efusi pleura eksudat dalam penelitian ini paling sering disebabkan oleh keganasan paru dan lebih sering disertai temuan patologis lainnya pada pleura berupa penebalan dan nodul pleura serta kelainan parenkim paru. Sebaliknya, efusi pleura transudat umumnya berkaitan dengan kondisi sistemik dan jarang menunjukkan perubahan struktural pleura. Hal yang sama juga didapatkan pada literatur terdahulu yang menyatakan bahwa efusi pleura eksudat berhubungan dengan proses inflamasi, infeksi, atau keganasan yang melibatkan pleura secara langsung sehingga menimbulkan perubahan morfologis yang dapat dideteksi melalui CT scan, seperti penebalan ireguler dan nodularitas pleura serta kelainan parenkim paru (Zhang *et al.*, 2024; Porcel, 2023; Yamada, 2024).

Analisis kurva ROC pada penelitian ini menunjukkan bahwa nilai atenuasi cairan pleura pada CT scan memiliki akurasi diagnostik yang sangat baik dalam membedakan efusi pleura eksudat dan transudat (AUC 0,954;  $p < 0,001$ ). Nilai HU efusi pleura eksudat secara konsisten lebih tinggi dibandingkan transudat, sejalan dengan berbagai studi sebelumnya yang melaporkan kemampuan CT scan sebagai metode non-invasif dengan akurasi baik hingga sangat baik (Zhang *et al.*, 2024; Maheshwari *et al.*, 2021; Yilmaz *et al.*, 2010).

Penelitian ini juga menunjukkan nilai *cut off* optimal sebesar 8,65 HU yang berada dalam rentang nilai yang dilaporkan dalam literatur, meskipun terdapat variasi antar studi terkait sensitivitas dan spesifisitas (Durmaz *et al.*, 2020; Nandalur *et al.*, 2005). Namun demikian, adanya tumpang tindih nilai HU antara efusi pleura eksudat non-kompleks dan transudat tetap menjadi keterbatasan, sehingga interpretasi nilai atenuasi harus dikombinasikan dengan konteks klinis dan temuan lainnya (Çullu *et al.*, 2014). Secara keseluruhan, perbedaan nilai atenuasi ini mencerminkan variasi komposisi cairan pleura, terutama kadar protein dan

komponen seluler yang lebih tinggi pada efusi eksudat (Zhang *et al.*, 2024; Kocijancic *et al.*, 2004).

Berdasarkan telaah penelitian terdahulu (Tabel 5), nilai atenuasi CT scan toraks menunjukkan potensi sebagai parameter tambahan dalam membedakan efusi pleura eksudat dan transudat, meskipun belum konsisten untuk digunakan sebagai parameter diagnostik tunggal. Variasi nilai *cut off*, AUC, sensitivitas, dan spesifisitas antar studi menunjukkan bahwa akurasi diagnostik sangat dipengaruhi oleh karakteristik populasi, metode pengukuran ROI, serta proporsi efusi eksudat yang tidak terkomplikasi (Abramowitz *et al.*, 2009; Andreu *et al.*, 2018; Yamada, 2024).

Penelitian ini menunjukkan adanya korelasi positif yang lemah namun bermakna antara rasio LDH pleura/serum dan nilai atenuasi cairan pleura pada CT scan ( $r = 0,306$ ;  $p = 0,004$ ). Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan aktivitas inflamasi dan kerusakan seluler cenderung diikuti oleh peningkatan densitas cairan pleura yang secara patofisiologis berkaitan dengan tingginya kandungan protein, sel inflamasi, dan debris jaringan pada efusi eksudat (Light, 2002; Porcel, 2011).

Namun, kekuatan korelasi yang rendah menegaskan bahwa kedua parameter merepresentasikan aspek yang berbeda, di mana LDH mencerminkan aktivitas biokimia dan kerusakan jaringan, sedangkan nilai atenuasi CT scan menggambarkan komposisi fisik cairan secara keseluruhan. Hal ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan hubungan terbatas antara parameter biokimia dan nilai HU akibat heterogenitas etiologi serta kompleksitas efusi pleura (Çullu *et al.*, 2014).

**Tabel 5.** Penelitian Terdahulu yang Melakukan Penilaian Nilai Atenuasi CT Scan Toraks pada Efusi Pleura.

No.	Studi	n	Cut Off HU	AUC	Sensitivitas	Spesifisitas
1.	Aggarwal A <i>et al.</i> (2022)	130	7,5	0,79	59,6%	98,6%
2.	Zhang Y <i>et al.</i> (2024)	404	10,81	0,85	88,9%	68,9%
3.	Abramowitz <i>et al.</i> (2009)	100	13,4	-	71%	71%
4.	Maheshwari <i>et al.</i> (2021)	48	10	-	N/A	N/A
5.	Durmaz F <i>et al.</i> (2020)	51	2,75	0,83	84%	60%
6.	Lokman <i>et al.</i> (2024)	80	17,5	0,88	84,2%	82,6%
7.	Nandalur <i>et al.</i> (2005)	145	13,4	0,77	83,2	70,5

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Nilai atenuasi CT scan toraks memiliki akurasi diagnostik yang sangat baik dalam membedakan efusi pleura eksudat dan transudat (*cut off*  $\geq 8,65$  HU) serta berperan sebagai parameter non-invasif yang berguna dalam evaluasi awal. Namun, adanya tumpang tindih nilai HU dan korelasi yang terbatas dengan parameter biokimia menunjukkan bahwa metode ini

tidak dapat digunakan secara tunggal, sehingga harus diinterpretasikan secara integratif dengan temuan klinis dan analisis cairan pleura, yang tetap menjadi standar diagnostik utama. Penelitian lanjutan prospektif dan multicenter diperlukan untuk memvalidasi nilai *cut off* dan meningkatkan generalisasi hasil.

## DAFTAR REFERENSI

- Aggarwal, A., Bagri, N., Chandra, R., Thakur, M. B., Rani, A., & Surana, A. et al. (2022). Diagnostic accuracy of CT Hounsfield unit in distinguishing exudative and transudative pleural effusion. *Journal of Medical Sciences and Health*, 8(1), 14-21. <https://doi.org/10.46347/jmsh.2022.v8i1.4>
- Aini, A. F., & Noveyani, A. E. (2023). Geographical distribution of pleural effusion among hospitalized patients in Jember Pulmonary Hospital. *Caring: Indonesian Journal of Nursing Science*, 5(2), 79-86. <https://doi.org/10.32734/ijns.v5i2.13641>
- Çullu, N., Kalemci, S., Karakaş, Ö., Eser, I., Yalçın, F., & Boyacı, F. N. et al. (2014). Efficacy of CT in diagnosis of transudates and exudates in patients with pleural effusion. *Diagnostic and Interventional Radiology*, 20(2), 116-120. <https://doi.org/10.5152/dir.2013.13066>
- Dewi, H., & Fairuz, F. (2020). Karakteristik pasien efusi pleura di Kota Jambi. *Jambi Medical Journal (Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Universitas Jambi)*, 7(2), 45-51. <https://doi.org/10.22437/jmj.v8i1.9489>
- Durmaz, F., Özgökçe, M., Ayyıldız, V. A., Çilingir, B. M., & Göya, C. (2020). Can computerized tomography Hounsfield unit values be useful in the differential diagnosis of pleural effusion? *Journal of Research in Clinical Medicine*, 8(1), 26. <https://doi.org/10.34172/jrcm.2020.026>
- He, T., & Oh, S. (2018). Diagnostic approach to pleural effusions. *AME Medical Journal*, 3, 116. <https://doi.org/10.21037/amj.2018.12.02>
- Hussein, M., Elshabrawy, A., & Abdelrahman, A. (2024). Etiology of exudative pleural effusion among adults: Differentiating between tuberculous and other causes-a multicenter prospective cohort study. *Egyptian Journal of Bronchology*, 18, 12. <https://doi.org/10.1183/13993003.congress-2023.PA5086>
- Jany, B., & Welte, T. (2019). Pleural effusion in adults-etiology, diagnosis, and treatment. *Deutsches Ärzteblatt International*, 116, 377-386. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2019.0377>
- Kocijancic, I., Vidmar, K., & Ivanovic, S. (2004). The value of CT attenuation of pleural fluid in differentiating exudative from transudative pleural effusions. *European Radiology*, 14(3), 497-502.
- Light, R. W. (2002). Pleural effusion. *New England Journal of Medicine*, 346(25), 1971-1977. <https://doi.org/10.1056/NEJMcp010731>
- Maheshwari, R., Naik, U., & Raghuraj, U. (2021). Association of CT Hounsfield unit value of pleural effusion with pleural fluid analysis. *International Journal of Radiology Sciences*, 3(1), 17-21. <https://doi.org/10.33545/26649810.2021.v3.i1.a.12>

- Mandal, A., Ghosh, S., & Das, S. K. et al. (2023). Etiological profile of pleural effusion in adults: A hospital-based study. *Journal of the Association of Physicians of India*, 71(5), 11-15.
- Mercer, R. M., Corcoran, J. P., Porcel, J. M., Rahman, N. M., & Psallidas, I. (2019). Interpreting pleural fluid results. *Clinical Medicine*, 19(3), 213-217. <https://doi.org/10.7861/clinmedicine.19-3-213>
- Nandalur, K. R., Hardie, A. H., & Bollampally, S. R. et al. (2005). Accuracy of computed tomography attenuation values in the characterization of pleural fluid: An ROC study. *Academic Radiology*, 12(8), 987-991. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2005.05.002>
- Porcel, J. M. (2011). Pearls and myths in pleural fluid analysis. *Respirology*, 16(1), 44-52. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1843.2010.01794.x>
- Porcel, J. M. (2023). Advances in the diagnosis of pleural effusion. *The Lancet Respiratory Medicine*, 11(6), 557-570.
- Porcel, J. M., & Pardina, M. (2021). Imaging of pleural disease. *Clinics in Chest Medicine*, 42(2), 223-238. [https://doi.org/10.1016/S0272-5231\(21\)01208-9](https://doi.org/10.1016/S0272-5231(21)01208-9)
- Vorster, M. J., Allwood, B. W., Diacon, A. H., & Koegelenberg, C. F. N. (2015). Tuberculous pleural effusions: Advances and controversies. *Journal of Thoracic Disease*, 7(6), 981-991.
- Wahyuni, S., Handayani, D., & Pratama, R. (2018). Karakteristik klinis dan faktor sosial pasien efusi pleura di rumah sakit rujukan. *Jurnal Respirasi Indonesia*, 38(4), 210-216.
- World Health Organization. (2013). *Health literacy and health outcomes*. Geneva: World Health Organization.
- Wulandari, S., Syahrani, F., Rahmaini, A., & Eyaner, P. C. (2021). Pleural fluid leukocyte level test for establishing tuberculous pleural effusion. *Official Journal of the Indonesian Society of Respirology*, 41(3), 156-160. <https://doi.org/10.36497/jri.v41i3.182>
- Yamada, A. (2024). Imaging of pleural disease: CT features and diagnostic approach. *Radiographics*, 44(2), e230079. <https://doi.org/10.1148/rg.230079>
- Yilmaz, U., Polat, G., & Sahin, N. et al. (2010). CT attenuation values of pleural effusions in differentiation of transudates and exudates. *Clinical Imaging*, 34(4), 270-274.
- Zhang, Y., Zhang, Y., Wang, W., Feng, X., Guo, J., & Chen, B. et al. (2024). Diagnostic accuracy of thoracic CT to differentiate transudative from exudative pleural effusion prior to thoracentesis. *Respiratory Research*, 25(1). <https://doi.org/10.1186/s12931-024-02745-3>