

Update karakteristik pneumotoraks dengan pemeriksaan Radiologi X-Ray Toraks

¹Teuku Muhammad Yus, ²Zihni Janan, ³Darma Satria

¹Staf Pengajar dan Dokter Muda pada Bagian/KSM Radiologi, Fakultas Kedokteran/RSUD dr. Zainoel Abidin, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

³Ahli Bedah Toraks, Kardiak dan Vaskular, Staf Pengajar pada Bagian Patologi Anatomi, Fakultas Kedokteran, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh
Email: teukuyus@unsyiah.ac.id

Abstrak: Pneumotoraks adalah kasus gawat darurat napas yang mengancam jiwa sehingga membutuhkan penanganan yang tepat dan secepat mungkin. Meskipun sudah sangat banyak literatur yang membahas tentang pneumotoraks, tetapi kejadian misdiagnosis pneumotoraks masih sering juga ditemukan sehingga dapat terjadi keterlambatan dalam penanganan pada pneumotoraks minimal sebelum menjadi pneumotoraks luas. Kasus ini biasanya sering terjadi di layanan emergensi dan atau di ruangan rawat inap. Kejadian ini adalah fatal, karena pneumotoraks yang telah berkembang (meluas) semakin meningkatkan mortalitas dan morbiditas pasien meskipun sudah ditangani kemudian. Interpretasi pemeriksaan foto x-ray toraks yang teliti oleh dokter pada layanan emergensi akan sangat membantu. Selanjutnya, expertise radiologi mungkin dibutuhkan untuk menentukan lokasi dan bahkan memperkirakan volume udara abnormal tersebut sehingga dapat mengoptimalkan rencana terapi selanjutnya. Pasca tindakan dekompresi juga perlu dilakukan pemeriksaan foto x-ray kembali dalam rangka evaluasi. Oleh karena itu, sebagai dokter layanan primer atau dokter umum dan dokter lain yang melayani di unit emergensi, pemahaman identifikasi pneumotoraks dengan foto x-ray merupakan standar kompetensi yang wajib dikuasai dengan baik selain mampu mengidentifikasi berdasarkan gejala klinis. Tulisan ini menfokuskan kepada karakteristik pneumotoraks pada pemeriksaan radiologi konvensional x-ray toraks.

Kata kunci: Pneumotoraks, diagnosis, radiologi, foto x-ray toraks

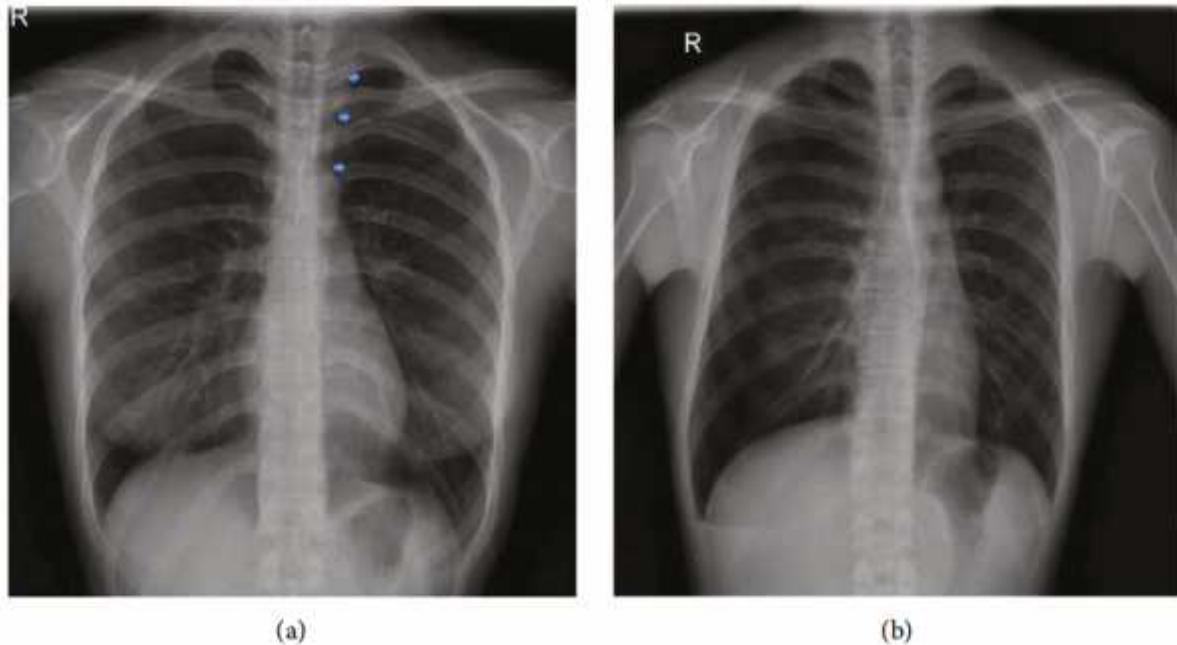
Abstract: Pneumothorax is a life-threatening respiratory emergency that requires prompt and appropriate treatment. Even though there is a lot of literature that discusses pneumothorax, misdiagnosis of pneumothorax is still often found so that there can be a delay in treating a pneumothorax, at least before it becomes a large pneumothorax. These cases usually occur in emergency services and/or inpatient rooms. This incident was fatal, because a pneumothorax that had developed (spread) further increased the mortality and morbidity of patients even though it was treated later. Careful interpretation of a chest x-ray by a doctor at the emergency services will be very helpful. Furthermore, radiologic expertise may be needed to determine the location and even estimate the volume of the abnormal air so as to optimize future treatment plans. After the decompression action, it is also necessary to carry out an x-ray photo examination again for the purpose of evaluation. Therefore, as a primary care doctor or general practitioner and other doctors serving in the emergency unit, understanding the identification of a pneumothorax by x-ray photo is a competency standard that must be well mastered apart from being able to identify it based on clinical symptoms. This paper focuses on the characteristics of a pneumothorax in conventional radiological examination of the chest x-ray.

Keywords: Pneumothorax, diagnostic, radiology, chest x-ray

Latar belakang

Pneumotoraks adalah kasus gawat darurat napas yang sering ditemukan dan mengancam jiwa, sehingga membutuhkan penanganan yang tepat dan secepat mungkin (Kool and Blickman, 2007; Herring, 2013; Kao *et al.*, 2021). Secara proses patofisiologi, pneumotoraks didefinisikan sebagai terakumulasinya gas atau udara dalam rongga pleura (Sahrin, Koesoemoprodjo and Permatasari, 2020). Berdasarkan penyebabnya, pneumotoraks dapat diklasifikasikan sebagai pneumotoraks trauma dan non-trauma (spontan) (Ball, Kirkpatrick and Feliciano, 2009). Kedua pneumotorak

ini dapat berkembang menjadi tension pneumotoraks, sehingga berpeluang menyebabkan komplikasi pada organ kardiovaskular, kolaps paru, dan bahkan kematian (Chan *et al.*, 2018).



Gambar 1. Dua buah foto pasien muda (a) normal dan (b) dengan pneumotoraks, (Chan *et al.*, 2018)

*tanda panah: pleural line

Meskipun sangat banyak literatur yang membahas tentang pneumotoraks, tetapi masih sering juga ditemukan laporan misdiagnosis dan keterlambatan penanganan pneumotoraks yang minimal (Chan *et al.*, 2018) sebelum menjadi pneumotoraks luas sering terjadi di layanan emergensi (Ozmen, Onat and Aycicek, 2017). Kejadian ini adalah fatal, karena peneumothorak yang telah berkembang (meluas) semakin meningkatkan mortalitas pasien dan morbiditas meskipun sudah ditangani kemudian (O'Connor and Morgan, 2005; Silva, Schuh and Dalcin, 2010)

Padahal, dengan pemeriksaan radiologi toraks, proses diagnosis pneumotoraks (kecil) jadi lebih mudah dan meyakinkan, meskipun gejala klinis mungkin belum begitu bermakna (Tulay, Yaldiz and Bilge, 2018). Pemeriksaan radiologi yang dianjurkan untuk pneumotoraks radiologi x-ray konvensional, meskipun penggunaan *computed tomography* (CT-Scan) juga sangat berguna terutama pada kasus pneumotoraks sangat minimal atau jika temuan meragukan dengan pemeriksaan konvensional (Chan *et al.*, 2018). Sementara modalitas ultrasonografi (USG) yang dilakukan oleh dokter terlatih memiliki sensitivitas yang lebih tinggi dan spesifisitas yang sama dibandingkan dengan foto toraks x-ray dalam diagnosis pneumotoraks, tetapi keakuratan ultrasonografi dalam diagnosis pneumotoraks sangat bergantung pada keterampilan dan keahlian operator (Ding *et al.*, 2011).



Gambar 2. Foto toraks serial pasien laki-laki 30 tahun, klinis sesak nafas dan tanpa riwayat trauma. (A) foto toraks AP erect saat masuk ke rumah sakit dengan pneumotoraks luas kanan yang mendesak mediastinum ke kiri (*tension*)

pneumothorax), lapang paru kiri normal; (B) foto setelah dilakukan pemasangan *chest tube* di kanan, mediastinum dan trachea sudah kembali ke tengah; (C) 2 hari kemudian, dengan *chest tube* masih terpasang, tak tampak lagi gambaran pneumotoraks kiri (Bickle, 2020).

Keunggulan penggunaan x-ray konvensional toraks adalah murah, cepat dan tersedia di hampir semua rumah sakit atau klinik (Putri and Kaniya, 2019). Gambaran yang dihasilkan pada foto rontgen toraks yang terbentuk bervariasi sesuai dengan daya serap jaringan, densitas atau kepadatan jaringan, dan adanya lesi patologis penyerta lainnya (Tran, Haussner and Shah, 2021). Interpretasi yang teliti oleh dokter di layanan emergensi akan sangat menentukan tindakan cepat dan tepat (Talbot *et al.*, 2017). Selanjutnya, ekspertise radiologi mungkin dibutuhkan untuk menentukan lokasi dan bahkan memperkirakan volume udara abnormal tersebut (Silva, Schuh and Dalcin, 2010), sehingga dapat mengoptimalkan rencana terapi. Pasca tindakan dekompresi (termasuk pasca pemasangan *chest tube*) juga perlu dilakukan foto x-ray kembali untuk mengevaluasi perkembangan setelah dilakukan intervensi (Boskovic *et al.*, 2014). Oleh karena itu, sebagai dokter layanan primer atau dokter umum dan dokter lain yang melayani di unit emergensi, pemahaman identifikasi pneumotoraks dengan foto x-ray merupakan standar kompetensi yang wajib dikuasai dengan baik selain mampu mengidentifikasi berdasarkan gejala klinis (Gurney, 2016; Primack, 2019). Terlebih lagi foto rontgen x-ray tersedia di hampir semua rumah sakit/ klinik. Tulisan ini menfokuskan kepada karakteristik pneumotoraks dengan pemeriksaan radiologi konvensional x-ray toraks.

Klasifikasi pneumotoraks

Pneumotoraks secara umum berdasarkan penyebabnya diklasifikasikan menjadi dua, yaitu (Kool and Blickman, 2007; Tran, Haussner and Shah, 2021):

1. Pneumotoraks spontan

Pneumotoraks spontan adalah pneumotoraks yang terjadi secara tiba-tiba, dan dapat diklasifikasikan lagi menjadi dua jenis, yaitu (Tran, Haussner and Shah, 2021):

- a. Pneumotoraks Spontan Primer (PSP), adalah pneumotoraks yang terjadi spontan, tanpa diketahui jelas penyebabnya, tanpa riwayat penyakit paru sebelumnya.
- b. Pneumotoraks Spontan Sekunder (PSS), adalah pneumotoraks yang terjadi akibat riwayat penyakit yang mendasari sebelumnya, seperti Penyakit Paru Obstruksi Kronik (PPOK), infeksi paru, tuberkulosis paru, asma, silikosis dan lainnya. (Gambar 2) Silikosis adalah penyakit fibrotik paru-paru yang disebabkan dengan inhalasi, retensi dan reaksi terhadap kristal silikon. (Gambar 1)

2. Pneumotoraks traumatik

Pneumotoraks traumatik adalah pneumotoraks yang terjadi akibat trauma, dan klasifikasikan menjadi 2 jenis, yaitu (Kool and Blickman, 2007):

- a. Pneumotoraks iatrogenik, adalah pneumotoraks yang disebabkan oleh intervensi medis (Kool and Blickman, 2007; Mouawad, Kaoutzanis and Gupta, 2012; Pool *et al.*, 2012).
- b. Pneumotoraks non-iatrogenik (Gambar 3); adalah pneumotoraks yang disebabkan oleh trauma yang bukan akibat tindakan medis. Pneumotoraks non-iatrogenik ini dapat diklasifikasikan lagi menjadi penetrasi, dan non-penetrasi (tumpul) (Gambar 3). Pada trauma tumpul ini, pneumotoraks dapat terjadi akibat fraktur tulang rusuk pada awalnya, kemudian menyebabkan laserasi pleura viseral (Talbot *et al.*, 2017). Selain itu juga disebabkan karena kompresi paru mendadak, sehingga terjadi ruptur alveolar (Brooks *et al.*, 2004; Gurney, 2016; Talbot *et al.*, 2017; Primack, 2019). Sedangkan pada trauma yang tajam, udara dapat masuk langsung akibat kebocoran yang terjadi (Tran, Haussner and Shah, 2021).

Manifestasi klinis dan diagnosis pneumotoraks

Manifestasi klinis yang sering dijumpai pada pasien pneumotoraks adalah nyeri dada yang menjalar ke bagian lengan dan bahu ipsilateral. Pada 64-85% pasien dengan pneumotoraks memiliki gejala khas dispneu pada saat istirahat. Selain itu pasien juga terkadang mengeluhkan diaforesis. Diagnosis pneumotoraks dapat ditegakkan melalui anamnesis, pemeriksaan fisik dan pemeriksaan radiologi.

Pada saat anamnesis, pasien sering mengeluhkan gejala-gejala yang telah dijelaskan diatas, seperti nyeri dada dan sesak nafas. Pada pemeriksaan fisik dijumpai penurunan suara napas vesikuler, fremitus taktil. Namun pada tension pneumotoraks karena terjadi pergeseran atau pendorongan mediastinum dan menekan vena cava, sehingga dapat menyebabkan syok fisiologis obstruktif. Pada keadaan ini sering dijumpai distensi vena jugularis, takikardi, sianosis, hipoksia, dan hipotensi. Pasien sering mengeluhkan diaforesis, nyeri dada, dan sesak yang parah.



Gambar 3.. Contoh foto x-ray toraks pasien laki-laki usia 31 tahun, dengan riwayat post pengobatan TB, saat ini ditemukan gambaran pneumotoraks spontan sekunder, selanjutnya pasien dilakukan pemasangan *chest tube* (Sahrn, Koesoemoprodjo and Permatasari, 2020)

Pemeriksaan radiologi

Pemeriksaan radiologi yang sering di gunakan untuk menegakkan diagnosis pneumotoraks adalah foto rontgen x-ray toraks yang cepat dan cukup sensitif. Selanjutnya jika meragukan dapat dilakukan pemeriksaan dengan *computerized tomography* (CT) scan, dan juga Ultrasonography (USG). CT Scan dan USG telah terbukti menjadi alat yang lebih akurasi dibandingkan dengan x-ray, dan berpotensi menjadi *gold standar* untuk konfirmasi pneumotoraks. Tetapi x-ray konvensional dianggap lebih efisien dan tersedia di hampir semua rumah sakit/ klinik sehingga dapat dipilih sebagai pencitraan awal. Pada asesmen pneumotoraks traumatik pemeriksaan USG juga dipercaya cukup handal, tetapi kelemahan modalitas ini sangat tergantung pada operator.¹ Oleh karena itu, maka berdasarkan pertimbangan biaya, waktu, dan ketersediaan alat, dan sensitifitas pemeriksaan, maka radiologi x-ray toraks masih lebih sering digunakan sebagai pilihan pencitraan awal.

Proyeksi pemeriksaan X-Ray Toraks

Pemeriksaan x-ray thorax yang paling umum dilakukan adalah proyeksi postero-anterior (PA), antero-posterior (AP), lateral, dan juga posisi oblique (Chan *et al.*, 2018). Pada proyeksi PA, sinar x berasal dari posterior pasien dan menuju arah anterior, posisi plat detektor atau penahan film dan film berada di anterior tubuh pasien. Sedangkan pada pemeriksaan proyeksi AP sinar x dan detektornya pada posisi sebaliknya, dimana sinar x diposisikan di anterior dan detektornya diposisikan di posterior. Perlu diwaspadai, pada proyeksi AP biasanya jantung akan terlihat lebih besar karena posisi pasien berbaring (supine), sehingga pada kasus pneumotoraks yang kecil maka udara yang ada didalam cavum pleura dapat bergerak ke arah anterior paru dan *overlapping* dengan gambaran jantung sehingga sering terlewatkan (Tulay, Yaldiz and Bilge, 2018).



Gambar 4. Contoh foto toraks AP Erect pada pasien dengan gambaran pneumotoraks traumatik non-iatrogenik dengan fraktur iga kanan, post *flail chest* (Tran, Haussner and Shah, 2021)

Interpretasi hasil foto toraks pada kasus pneumotoraks sensitifitasnya mencapai 20,9 % saat dilakukan interpretasi oleh ahli bedah trauma (Tran, Haussner and Shah, 2021). Sementara pada penelitian lain 76% dari seluruh pasien dengan pneumotoraks traumatik terlewatkan saat dilakukan interpretasi oleh tim trauma dengan proyeksi AP, dan kemungkinan lebih baik jika diinterpretasikan oleh ahli radiologi. Meskipun identifikasi pneumotoraks minimal dengan x-ray toraks ini mungkin sensitifitas lebih rendah, tetapi pada kasus tension pneumotoraks pemeriksaan radiologi sangat membantu karena akan jelas dapat terlihat pergeseran mediastinum, dorongan diafragma ke inferior, hiperlusensi di hemitoraks, dan bahkan kolaps paru (Talbot *et al.*, 2017).



Gambar 7. Pneumotoraks yang tidak terdeteksi pada foto rontgen dada proyeksi anteroposterior (AP), tetapi pada konfirmasi foto proyeksi oblique terlihat occult pneumotoraks (Tulay, Yaldız and Bilge, 2018).

Karakteristik dan gambaran pneumotoraks pada pemeriksaan x-ray toraks

Gambaran radiologi pneumotoraks dapat dipengaruhi oleh proyeksi foto dan ada tidaknya adhesi pleura. Dokter yang menginterpretasikan harus memperhatikan proyeksi foto yang dinilai. Pada proyeksi PA dengan pasien posisi tegak udara akan meningkat di rongga pleura, dan memisahkan paru dari dinding dadanya. Sehingga akan terlihat *pleura visceral line* dan ruang pneumotoraks yang hiperlusensi dan avaskular seperti pada (gambar 4).

Pada proyeksi AP dimana pasien terlentang, bagian tertinggi dari rongga dada terletak anterior atau anteromedial di basal paru dekat dengan diafragma, sehingga udara yang secara fisika dengan berat jenis rendah akan berkumpul (berpindah) ke sini. Jika pneumotoraks berukuran kecil atau sedang, paru-paru tidak terpisah dari dinding dada secara lateral atau apeks paru, maka gambaran pneumotoraks mungkin tidak terlihat (Ding *et al.*, 2011).

Selain itu dari beberapa jurnal lain menjelaskan bahwa pneumotoraks juga ditandai dengan adanya ketajaman batas pada sisi yang terkena, pedalaman sulkus kosterofrenikus, dan ketajaman siluet jantung, dan depresi hemidiaphragma ipsilateral (Gambar 5). Terdapat adanya udara subkutan juga memungkinkan positif adanya pneumotoraks.



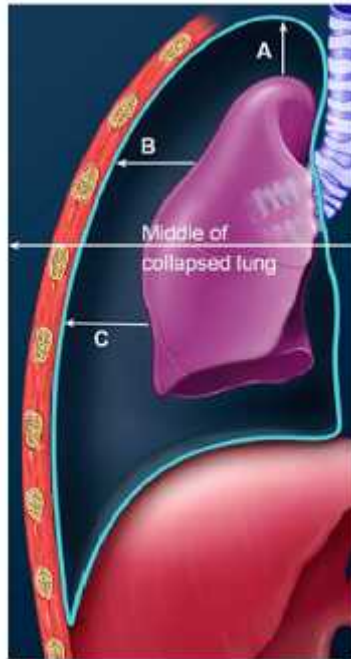
Gambar 4. Garis tipis yang disebabkan oleh pleura visceral terlihat terpisah dari dinding dada lateral (panah). Perhatikan bahwa tidak ada pembuluh darah paru yang terlihat di luar garis ini dan garisnya melengkung (Silva, Schuh and Dalcin, 2010)



Gambar 5. Foto toraks x-ray menunjukkan pendalaman sulkus kostofrenikus (*deep sulcus sign*), dengan tanda-tanda sekunder pneumotoraks kecil, terlihat peningkatan ketajaman siluet jantung, dan depresi hemidiafragma ipsilateral (Tran, Haussner and Shah, 2021)

Pengukuran pada pneumotoraks

Interpretasi pengukuran pneumotoraks seringkali dideskripsikan sebagai “kecil” dan besar”. Secara radiografi, berdasarkan *American Thoracic Society* (ATS) pneumotoraks luas didefinisikan jika jarak dari tepi paru ke permukaan pleura atau jarak antar pleura > 2 cm, dan ini merupakan indikasi obyektif untuk tindakan drainase karena dianggap pneumotoraks luas. Pengukuran metode lain adalah: *British Thoracic Society* (BTS) dengan cut off 3 cm, metode Collins dan *Light Index* dengan cut off 25 %, serta metode Rhea.



Gambar 6. Ilustrasi pengukuran pada pneumotoraks dengan pemeriksaan radiologi toraks

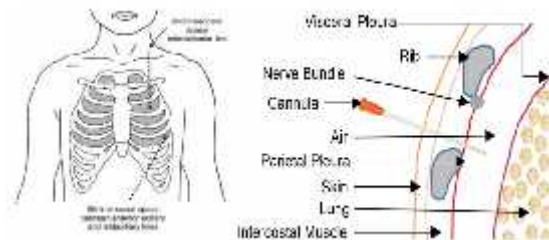
Pemeriksaan x-ray toraks proyeksi oblik sebagai alternatif deteksi pneumotoraks.

Pada penelitian yang menggunakan metode studi retrospektif untuk menilai 1082 pasien dewasa dengan trauma yang banyak pada tahun 2016-2017, didapatkan 421 pasien yang terdeteksi pneumotoraks dan 22 pasien terevaluasi sebagai *occult* pneumotoraks dengan menggunakan pemeriksaan foto toraks proyeksi oblik. Menurut Matsumoto, sensitivitas, spesifisitas, dan akurasi x-ray toraks proyeksi oblik masing-masing 61,4%, 99,2%, dan 90,9%, yang sangat mirip dengan ultrasonografi toraks.

Banyak para ahli menyimpulkan, bahwa pemeriksaan x-ray toraks proyeksi oblik dapat menjadi teknik pencitraan alternatif untuk mengidentifikasi pneumotoraks okultisme pada pasien trauma dengan hemodinamik yang tidak stabil. Namun pemeriksaan ini tidak disarankan digunakan sebagai pengganti kebutuhan CT Scan atau ultrasonografi. Pemeriksaan radiografi toraks diekomendasikan ketika ultrasonografi tidak dapat dilakukan karena alasan teknis atau ketika tidak ada orang yang terlatih untuk mengidentifikasi pneumotoraks yang mungkin tersembunyi. Namun radiografi x-ray toraks oblik merupakan pilihan cara yang mudah dan dapat dilakukan serta dievaluasi di mana saja dan dalam segala kondisi (Tulay, Yaldız and Bilge, 2018).

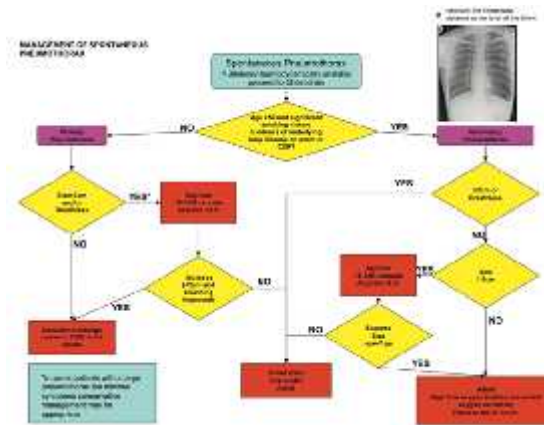
Tatalaksana pneumotoraks

Tindakan yang dapat dilakukan pada pasien pneumotoraks adalah dekompresi dengan menggunakan jarum dan pemasangan *chest tube*. Dekompresi dengan jarum angiocathether dapat dilakukan pada area garis midklavikularis setinggi interkostal 2, dengan kedalam sekitar 5 cm. Selain itu, ada juga rekomendasi terbaru dengan tingkat keberhasilan yang tinggi, yaitu pemasangan *chest tube* pada linea axilaris anterior setinggi intercostal 5 (Gambar 7&8). Prosedur ini dilaporkan memiliki tingkat kegagalan hanya 13%. Penggunaan *chest tube* bertujuan untuk drainase cairan dan udara yang ada pada cavum pleura. *Chest tube* tersedia dengan ukuran yaitu French (Fr), baik yang bentuk pigtail (<14 Fr) hingga kateter lubang terbesar (40 Fr).



Gambar 7. Ilustrasi lokasi thorakosintesis pada kasus pneumotoraks (CAHS, 2022)

Menurut panduan dari *British Thoracic Society* (BTS) tahun 2010 (MacDuff, Arnold and Harvey, 2010), alur tatalaksana pada pneumotoraks spontan dapat dilihat pada diagram dibawah ini :



Gambar 8. Alur tatalaksana pneumotoraks spontan (MacDuff, Arnold and Harvey, 2010)

Kesimpulan

Pneumotoraks adalah keadaan darurat pernapasan yang memerlukan penanganan segera sehingga harus dapat didiagnosis dengan cepat dan tepat. Pneumotoraks dapat terjadi akibat trauma ataupun non trauma. Pemeriksaan radiologi berperan penting dalam penegakan diagnosis dan evaluasi pengobatan pneumotoraks. Pemeriksaan radiologis toraks x-ray adalah pilihan lini pertama yang sangat efektif dan efisien, selanjutnya jika perlu dapat menggunakan CT-Scan atau USG. Keuntungan penggunaan modalitas x-ray adalah karena pertimbangan ketersediaan alat x-ray di semua rumah sakit, sehingga lebih cepat mudah dan murah untuk dilakukan jika ada pasien curiga pneumotoraks. Oleh karena itu dokter layanan primer atau dokter lainnya di layanan darurat harus dapat memahami dan menguasai interpretasi foto toraks khususnya terkait pneumotoraks.

Daftar Pustaka

1. Ball, C. G., Kirkpatrick, A. W. and Feliciano, D. V. (2009) 'The occult pneumothorax: What have we learned?', *Canadian Journal of Surgery*, 52(5), pp. 173–179.
2. Bickle, I. (2020) *Tension pneumothorax (serial imaging)*.
3. Boskovic, T. *et al.* (2014) 'Pneumothorax after transthoracic needle biopsy of lung lesions under CT guidance', *Journal of Thoracic Disease*, 6(SUPPL1).
4. Brooks, A. *et al.* (2004) 'Emergency ultrasound in the acute assessment of haemothorax', *Emergency Medicine Journal*, 21(1), pp. 44–46.
5. CAHS (2022) *Intercostal Catheters and Needle Thoracocentesis*. Available at: <https://ww2.health.wa.gov.au> (Accessed: 15 January 2023).
6. Chan, Y. H. *et al.* (2018) 'Effective pneumothorax detection for chest X-ray images using local binary pattern and support vector machine', *Journal of Healthcare Engineering*, 2018.
7. Ding, W. *et al.* (2011) 'Diagnosis of pneumothorax by radiography and ultrasonography: A meta-analysis', *Chest*. American College of Chest Physicians, 140(4), pp. 859–866.
8. Gurney, J. W. (2016) 'ABC's Blunt Chest Trauma', *ABC's Blunt Chest Trauma*, 1, pp. 1–53.
9. Herring, W. (2013) 'Learning Radiology, Reconignizing the Basics', in Herring, W. (ed.). elsevier.
10. Kao, C. Y. *et al.* (2021) 'Automated radiology alert system for pneumothorax detection on chest radiographs improves efficiency and diagnostic performance', *Diagnostics*, 11(7), pp. 1–12.
11. Kool, D. R. and Blickman, J. G. (2007) 'Advanced trauma life support®. ABCDE from a radiological point of view', *Emergency Radiology*, 14(3), pp. 135–141.
12. MacDuff, A., Arnold, A. and Harvey, J. (2010) 'Management of spontaneous pneumothorax: British Thoracic

- Society pleural disease guideline 2010', *Thorax*, 65(SUPPL. 2).
13. Mouawad, N., Kaoutzanis, C. and Gupta, A. (2012) 'Thoracic Vascular Trauma', in *Current Concepts in General Thoracic Surgery*. Intech, pp. 239–262.
 14. O'Connor, A. R. and Morgan, W. E. (2005) 'Radiological review of pneumothorax', *British Medical Journal*, 330(7506), pp. 1493–1497.
 15. Ozmen, C. A., Onat, S. and Aycicek, D. (2017) 'Radiologic findings of thoracic trauma', *Therapeutics and Clinical Risk Management*, 13, pp. 1085–1089.
 16. Pool, K. L. et al. (2012) 'Radiographic imaging features of thoracic complications after pneumonectomy in oncologic patients', *European Journal of Radiology*. Elsevier Ireland Ltd, 81(1), pp. 165–172.
 17. Primack, L. K. and S. L. (2019) 'Thoracic Trauma', in Hodler, J., Kubik-Huch, R. A., and Von Schulthess, G. K. (eds) *Diseases of the Chest, Breast, Heart and Vessels 2019–2022; Diagnostic and Interventional Imaging*, pp. 139–154. Available at: <http://www.springer.com/series/15856>.
 18. Putri, P. P. and Kaniya, T. D. (2019) 'Evaluasi Radiologis Pneumotoraks Spontan Sekunder pada Pasien dengan Tuberkulosis Paru Kasus Relaps Radiological Evaluation of Secondary Spontaneous Pneumothorax in Patient with Relapse Pulmonary Tuberculosis', *Medula*, 9(2), pp. 359–365.
 19. Sahrin, S., Koesoemoprodjo, W. and Permatasari, A. (2020) 'Pneumotoraks Bilateral dan Transaminitis Non Spesifik pada Silikosis', *Jurnal Respirasi*, 4(3), p. 76.
 20. Silva, D. R., Schuh, S. J. and Dalcin, P. de T. R. (2010) 'Posteroanterior chest X-ray for the diagnosis of pneumothorax: Methods, usage, and resolution', *Reports in Medical Imaging*, 3(1), pp. 29–34.
 21. Talbot, B. S. et al. (2017) 'Traumatic Rib Injury: Patterns, Imaging Pitfalls, Complications, and Treatment—Erratum', *RadioGraphics*, 37(3), pp. 1004–1004.
 22. Tran, J., Haussner, W. and Shah, K. (2021) 'Traumatic Pneumothorax: A Review of Current Diagnostic Practices And Evolving Management', *Journal of Emergency Medicine*. Elsevier Inc., 61(5), pp. 517–528.
 23. Tulay, C. M., Yaldiz, S. and Bilge, A. (2018) 'Oblique chest X-ray: An alternative way to detect pneumothorax', *Annals of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 24(3), pp. 127–130.