

## Peran sentinel node pada kanker ginekologi

Fitriyadi Kusuma<sup>1,2\*</sup>, Marshaly Safira Masrie<sup>1,2</sup>, Geraldus Sigap Gung Binathara<sup>1</sup>, Abdul Hafidh Surya Putra<sup>1</sup>, Kemal Akbar Suryoadji<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia,

<sup>2</sup>Rumah Sakit Umum Pusat Nasional Dr. Cipto Mangunkusumo, Indonesia

\*) Korespondensi (e-mail: [kusumafitriyadi@gmail.com](mailto:kusumafitriyadi@gmail.com))

### Abstract

This review evaluated the role of sentinel lymph node mapping in early-stage gynecologic cancers, cervical, endometrial, and vulvar, as a staging approach that balanced diagnostic accuracy and patient safety. The search methods assembled evidence from major clinical trials and cohort studies on detection performance, diagnostic accuracy, and surgical morbidity compared with systematic lymphadenectomy. The findings indicated that this mapping achieved high detection rates with adequate sensitivity and reduced operative time, blood loss, and risks of lymphedema, lymphocele, and neurovascular injury. In cervical and endometrial cancer, multicenter and prospective studies demonstrated comparable oncologic safety alongside lower postoperative complications, whereas in vulvar cancer, a strategy based on a negative sentinel node reduced groin morbidity without compromising disease control in selected lesions. Tracer approaches, including radioisotopes, blue dye, and indocyanine green fluorescence, together with enhanced assessment through in-depth histopathology, supported broad clinical adoption. Overall, this review concluded that sentinel lymph node mapping was appropriate for routine use in suitable cases, provided bilateral mapping and standardized pathological evaluation.

Keywords: Sentinel Lymph Node Mapping, Cervical Cancer, Endometrial Cancer, Vulvar Cancer.

### Abstrak

Tinjauan ini telah menilai peran pemetaan kelenjar getah bening sentinel pada kanker ginekologi tahap awal, serviks, endometrium, dan vulva, sebagai pendekatan penentuan stadium yang menyeimbangkan akurasi dan keamanan pasien. Metode pencarian telah mengumpulkan bukti uji klinis dan kohort utama tentang kinerja deteksi, akurasi diagnostik, serta dampak morbiditas bedah dibandingkan limfadenektomi sistemik. Temuan menunjukkan bahwa pemetaan ini telah mencapai tingkat deteksi tinggi dengan sensitivitas yang memadai dan telah menurunkan waktu operasi, kehilangan darah, serta risiko limfedema, limfokista, dan cedera neurovaskular. Pada kanker serviks dan endometrium, hasil penelitian multicenter dan prospektif telah memperlihatkan keamanan onkologis yang sebanding dengan penurunan komplikasi pascaoperasi, sedangkan pada kanker vulva strategi berbasis hasil negatif pada nodus sentinel telah mengurangi morbiditas selangkangan tanpa mengorbankan kendali penyakit pada lesi terpilih. Pendekatan tracer, termasuk radioisotop, pewarna biru, dan fluoresensi hijau indosianin, serta penguatan melalui penilaian histopatologi mendalam telah mendukung penerapan klinis luas. Secara keseluruhan, tinjauan ini telah menyimpulkan bahwa pemetaan kelenjar getah bening sentinel layak diadopsi secara rutin pada kasus yang tepat dengan perhatian pada pemetaan bilateral dan standar evaluasi patologis.

Kata kunci: Kanker Endometrium, Kanker Serviks, Kanker Vulva, Pemetaan Nodus Sentinel

How to cite: Kusuma, F., Masrie, M. S., Binathara, G. S. G., Putra, A. H. S., & Suryoadji, K. A. (2026). Peran sentinel node pada kanker ginekologi. *Journal of Health and Therapy*, 5(2), 21–30. <https://doi.org/10.53088/jht.v5i2.2371>



## 1. Pendahuluan

Status kelenjar getah bening merupakan faktor prognostik utama dalam kanker ginekologi, termasuk kanker serviks, endometrium, dan vulva, karena berperan penting dalam penentuan stadium dan keputusan terapi adjuvan. Selama bertahun-tahun, limfadenektomi sistemik menjadi standar untuk evaluasi nodal, namun prosedur ini diketahui berhubungan dengan morbiditas yang signifikan, seperti limfedema, limfokista, gangguan neurologis, dan komplikasi luka, yang dapat berdampak jangka panjang terhadap kualitas hidup pasien (Collarino et al., 2016).

Pemetaan dan biopsi sentinel lymph node (SLN) berkembang sebagai alternatif yang lebih selektif dan minimal invasif, dengan prinsip bahwa nodus sentinel mencerminkan status nodal regional. Pendekatan ini semakin diadopsi dalam praktik klinis, terutama pada penyakit stadium awal. Pedoman ESGO/ESTRO/ESP 2023 menegaskan peran sentral pemetaan SLN dalam tata laksana bedah kanker serviks stadium awal, dengan penekanan pada pemetaan bilateral dan pemeriksaan histopatologi ultrastaging untuk menjaga akurasi penentuan stadium (Cibula et al., 2023).

Bukti klinis mendukung keamanan dan efektivitas pendekatan ini. Studi SENTICOL menunjukkan bahwa biopsi SLN pada kanker serviks stadium awal memberikan hasil onkologis yang sebanding dengan limfadenektomi lengkap, namun dengan morbiditas pascaoperasi yang lebih rendah. Pada kanker endometrium, uji FIRES melaporkan sensitivitas tinggi dan nilai prediktif negatif yang baik, sehingga mendukung penggunaan SLN sebagai bagian standar dalam staging bedah (Lecuru et al., 2019). Sementara itu, pada kanker vulva, studi GROINSS-V membuktikan bahwa penghilangan limfadenektomi inguinofemoral pada pasien dengan SLN negatif secara signifikan menurunkan morbiditas tanpa mengorbankan kontrol penyakit pada kasus terpilih (Oonk et al., 2021).

Keberhasilan pemetaan SLN sangat bergantung pada teknik identifikasi yang digunakan. Berbagai metode telah dikembangkan, termasuk tracer radioaktif, pewarna vital (blue dye), fluoresensi indocyanine green (ICG), serta kombinasi dari teknik-teknik tersebut. Masing-masing metode memiliki kelebihan dan keterbatasan terkait tingkat deteksi, keamanan, ketersediaan fasilitas, dan biaya, sehingga pemilihan teknik perlu disesuaikan dengan konteks klinis dan sumber daya yang ada (Collarino et al., 2016; Kocian et al., 2024).

Berdasarkan hal tersebut, tinjauan ini bertujuan untuk merangkum bukti terkini mengenai pemetaan SLN pada kanker ginekologi dengan fokus pada berbagai teknik pewarnaan dan tracer yang digunakan. Tinjauan ini diharapkan dapat membantu klinisi dalam memilih metode pemetaan SLN yang paling sesuai, serta mendukung penerapan staging yang akurat dengan morbiditas minimal.

## 2. Metode Penelitian

Tinjauan pustaka ini disusun sebagai literature review naratif dengan pendekatan pencarian sistematis mengenai pemetaan SLN pada kanker ginekologi. Pencarian

literatur dilakukan melalui basis data PubMed/MEDLINE, Scopus, Cochrane Library, dan Google Scholar untuk publikasi berbahasa Indonesia dan Inggris pada periode Januari 2000 hingga Oktober 2025. Kata kunci yang digunakan meliputi SLN, sentinel lymph node mapping, indocyanine green (ICG), blue dye, technetium-99m (Tc-99m), superparamagnetic iron oxide (SPIO), serta kanker serviks, endometrium, dan vulva.

Kriteria inklusi mencakup penelitian pada manusia dewasa berupa uji klinis, studi kohort, studi akurasi diagnostik, studi multisentris, serta pedoman atau konsensus yang relevan dan melaporkan luaran utama seperti detection rate (termasuk bilateral), sensitivitas, spesifisitas, false-negative rate, nilai prediktif negatif, atau morbiditas pascaoperasi. Studi pada hewan, laporan kasus dengan jumlah sampel kecil, dan publikasi duplikat dikeluarkan dari seleksi literatur. Berdasarkan proses seleksi, enam artikel utama dengan kualitas metodologis yang baik dipilih sebagai dasar kajian. Data disintesis secara naratif kualitatif terstruktur dan disajikan dalam bentuk tabel perbandingan untuk memudahkan interpretasi.

### **3. Hasil dan Pembahasan**

#### **3.1 Hasil Penelitian**

##### **Konsep Dasar Sentinel Node**

SLN merupakan nodus limfe pertama yang menerima aliran limfe dari tumor primer dan berfungsi sebagai indikator status nodal regional. Konsep ini pertama kali diperkenalkan oleh Cabanas pada tahun 1977 dan kemudian diadaptasi secara luas pada berbagai keganasan, termasuk kanker ginekologi (Lang-Avérous et al., 2021). Prinsip dasar SLN menyatakan bahwa bila nodus sentinel bebas metastasis, maka kemungkinan keterlibatan nodus di tingkat berikutnya sangat kecil, sehingga evaluasi dapat dibatasi pada nodus tersebut.

Deteksi SLN dilakukan melalui injeksi tracer di sekitar tumor, baik berupa pewarna vital, radioisotop, maupun fluorokrom seperti indocyanine green (ICG), yang mengikuti jalur drainase limfatik menuju nodus pertama untuk kemudian dieksisi dan diperiksa secara histopatologis (Collins & Phillips, 2023; Wang et al., 2022). Dalam onkologi ginekologi, pendekatan ini memungkinkan penentuan stadium yang akurat dengan morbiditas lebih rendah dibandingkan limfadenektomi sistemik, yang sering dikaitkan dengan limfedema, limfokista, dan cedera saraf. Selain itu, biopsi SLN memungkinkan penerapan ultrastaging sehingga metastasis mikro dan isolated tumor cells dapat terdeteksi dengan lebih baik (Fuoco et al., 2024)

##### **Teknik Identifikasi Sentinel Node**

Berbagai teknik telah dikembangkan untuk meningkatkan akurasi identifikasi SLN pada kanker ginekologi. Penggunaan radiotracer, terutama technetium-99m nanocolloid, lama dianggap sebagai standar emas karena memungkinkan pemetaan preoperatif dan panduan intraoperatif, meskipun keterbatasan fasilitas kedokteran nuklir menjadi kendala di banyak pusat layanan (Amalo et al., 2025; Ravizzini et al., 2009). Pewarna vital seperti blue dye menawarkan alternatif yang lebih sederhana dan tetap bermanfaat, khususnya di fasilitas dengan sumber daya terbatas, meskipun

tingkat deteksinya relatif lebih rendah bila digunakan secara tunggal (Paulinelli et al., 2017)

Perkembangan teknologi fluoresensi dengan ICG yang divisualisasikan melalui kamera near-infrared memberikan keunggulan berupa visualisasi real-time, keamanan yang baik, dan kemudahan integrasi dalam bedah minimal invasif. Studi prospektif dan tinjauan terbaru menunjukkan bahwa ICG memiliki tingkat deteksi yang setara atau lebih baik dibandingkan teknik konvensional (Loverro et al., 2024). Penggunaan kombinasi tracer (dual technique), umumnya radiotracer dan blue dye, direkomendasikan untuk meningkatkan sensitivitas dan menurunkan false-negative rate, sementara pendekatan triple technique yang melibatkan ICG menunjukkan hasil menjanjikan pada situasi klinis tertentu. Selain itu, tracer non-radioaktif berbasis superparamagnetic iron oxide (SPIO) mulai dikembangkan sebagai alternatif dengan hasil awal yang menunjukkan potensi non-inferior dibandingkan radiotracer (Jedryka et al., 2025).

### **Macam-Macam Pewarnaan Sentinel Node**

#### ***Blue Dye***

Blue dye merupakan tracer awal dalam pemetaan SLN dan bekerja dengan mengikuti aliran limfatik setelah injeksi peritumoral sehingga nodus sentinel dapat diidentifikasi secara visual intraoperatif. Metode ini sederhana, murah, dan tidak memerlukan peralatan khusus. Namun, sensitivitasnya relatif lebih rendah bila digunakan secara tunggal, terutama pada pasien obesitas atau prosedur minimal invasif, serta memiliki keterbatasan durasi pewarnaan dan risiko reaksi alergi yang lebih tinggi dibandingkan tracer lain (Mauro et al., 2024; Pakiz et al., 2025).

#### ***Indocyanine Green (ICG) – Fluoresensi***

Indocyanine green (ICG) merupakan tracer fluoresen yang divisualisasikan menggunakan kamera near-infrared. Setelah injeksi, ICG mengikuti jalur limfatik dan memungkinkan visualisasi SLN secara real-time. Teknik ini menunjukkan tingkat deteksi dan deteksi bilateral yang tinggi dengan profil keamanan yang sangat baik, sehingga semakin banyak digunakan dalam bedah onkologi ginekologi modern. Keterbatasan utama ICG adalah kebutuhan akan perangkat khusus dan penetrasi jaringan yang terbatas pada nodus yang letaknya lebih dalam (Farzaneh et al., 2017; Wang et al., 2022).

#### ***Radioisotop***

Radioisotop, terutama technetium-99m, telah lama dianggap sebagai standar dalam pemetaan SLN karena sensitivitasnya yang tinggi dan kemampuannya mendeteksi nodus yang berada di lokasi anatomis kompleks. Metode ini memungkinkan pemetaan preoperatif melalui lymphoscintigraphy dan panduan intraoperatif menggunakan gamma probe. Namun, penerapannya memerlukan fasilitas kedokteran nuklir, koordinasi logistik, serta biaya yang lebih tinggi, sehingga tidak selalu tersedia di semua pusat layanan (Pakiz et al., 2025; Szatkowski et al., 2025).

### ***Teknik Kombinasi***

Penggunaan teknik kombinasi bertujuan meningkatkan akurasi dan menurunkan false-negative rate. Kombinasi radioisotop dan blue dye telah lama digunakan sebagai pendekatan standar karena menggabungkan sensitivitas tinggi dan konfirmasi visual intraoperatif. Dalam praktik terkini, kombinasi radioisotop dan ICG semakin banyak direkomendasikan karena memberikan tingkat deteksi yang sangat tinggi dengan keuntungan tambahan berupa visualisasi fluoresensi real-time, dan kini dianggap sebagai pendekatan optimal di banyak pusat onkologi ginekologi (Collarino et al., 2016; Mauro et al., 2024).

### ***Perbandingan antara Metode Pewarnaan SLN***

Berbagai metode pewarnaan SLN pada kanker ginekologi menunjukkan karakteristik yang berbeda terkait akurasi, keamanan, dan kebutuhan sumber daya, sehingga tidak terdapat satu teknik yang sepenuhnya unggul dalam seluruh situasi klinis. Pemilihan metode perlu mempertimbangkan keseimbangan antara kinerja diagnostik dan ketersediaan fasilitas di masing-masing institusi (Collarino et al., 2016).

Tracer radioaktif berbasis technetium-99m memberikan sensitivitas yang sangat tinggi dan tetap menjadi acuan, khususnya pada anatomi kompleks, meskipun penggunaannya dibatasi oleh kebutuhan fasilitas kedokteran nuklir dan regulasi yang ketat (Lang-Avérous et al., 2021; Szatkowski et al., 2025). Sebaliknya, indocyanine green (ICG) menawarkan tingkat deteksi yang tinggi dengan profil keamanan yang baik serta kemudahan implementasi, sehingga semakin luas digunakan sebagai alternatif praktis, terutama di pusat tanpa akses radiotracer (Farzaneh et al., 2017; Mauro et al., 2024). Pewarna vital tetap memiliki peran sebagai metode sederhana dan ekonomis, namun kurang optimal bila digunakan sebagai teknik tunggal karena variasi detection rate dan risiko reaksi alergi (Pakiz et al., 2025).

Pendekatan kombinasi, terutama radiotracer dengan pewarna visual atau ICG, terbukti memberikan hasil yang paling konsisten dengan penurunan false-negative rate dan peningkatan akurasi, dan kini banyak direkomendasikan sebagai strategi pemetaan SLN modern (Collarino et al., 2016; Pakiz et al., 2025). Ringkasan perbandingan karakteristik utama masing-masing metode pewarnaan SLN disajikan pada Tabel 1 untuk memudahkan evaluasi dan pemilihan metode dalam praktik klinis.

## **3.2 Pembahasan**

### **Aplikasi Klinis pada Kanker Ginekologi**

#### ***Kanker Serviks***

Pada kanker serviks, SLN mapping telah menjadi metode penting untuk staging terutama pada kasus stadium awal (FIGO IA2–IIA1, tumor <4 cm, dengan kelenjar limfe klinis negatif). Bukti klinis menunjukkan bahwa SLN biopsy memiliki sensitivitas dan nilai prediktif negatif yang sangat tinggi. Studi multicenter SENTICOL, misalnya, mendemonstrasikan bahwa pasien yang hanya menjalani SLN biopsy mengalami komplikasi pascaoperasi yang jauh lebih rendah, terutama terkait dengan sistem limfatik dan gejala neurologis, dibandingkan mereka yang juga menjalani limfadenektomi penuh (Lang-Avérous et al., 2021). Sensitivitas metode ini dapat

mencapai 92–98%, dengan false negative rate di bawah 5% bila dilakukan sesuai algoritma deteksi bilateral (Collins & Phillips, 2023).

Tabel 1. Ringkasan perbandingan antara metode pewarnaan SLN.

| Author, Tahun           | Metode Pewarnaan / Tracer           | Detection Rate / Sensitivitas  | Keunggulan Utama  | Keterbatasan   | Catatan Klinis  |
|-------------------------|-------------------------------------|--|---|--|---|
| Farzaneh et al., 2017   | Tc-99m + Blue dye (methylene blue)  | Detection rate 96,7%; sensitivitas 100%; NPV 100%                                    | Metode dual klasik dengan akurasi tinggi; mudah diadaptasi                | Risiko alergi blue dye; memerlukan fasilitas kedokteran nuklir           | Cocok sebagai standar awal SLN di pusat dengan nuclear medicine   |
| Mauro et al., 2024      | ICG (2 mL vs 4 mL, injeksi serviks) | Overall detection: 92,4% (2 mL) vs 97,8% (4 mL); bilateral detection: 84,9% vs 86,1% | ICG efektif sebagai tracer tunggal; volume kecil tetap andal              | Detection menurun pada obesitas & FIGO >IB bila volume rendah            | 2 mL cukup pada stadium awal; 4 mL direkomendasikan pada pasien obesitas atau keterlibatan serviks  |
| Loverro et al., 2024    | ICG (fluoresensi NIR)               | Tidak dilaporkan secara kuantitatif (narrative review)                               | Aman, mudah diaplikasikan, cost-effective, visualisasi real-time          | Bergantung pada ketersediaan kamera NIR; interpretasi operator-dependent | ICG direkomendasikan sebagai tracer pilihan dalam SLN ginekologi modern karena profil keamanan yang sangat baik dan kemudahan implementasi, serta potensi aplikasi luas di luar SLN |
| Szatkowski et al., 2025 | Tc-99m ( $\pm$ blue dye / ICG)      | Detection rate 92,5–100%; sensitivitas 96–99%  | Gold standard; mampu mendeteksi drainase non-standar                      | Biaya tinggi; koordinasi logistik; paparan radiasi                       | Direkomendasikan ESGO untuk akurasi maksimal, terutama anatomi kompleks   |
| Pakiz et al., 2025      | Tc-99m + ICG (dual tracer)          | Unilateral DR 88,4%; bilateral DR 83,6%  | Detection rate lebih tinggi dibanding tracer tunggal; visualisasi optimal | Memerlukan NIR dan fasilitas nuklir                                      | Mendukung penggunaan dual tracer sebagai pendekatan unggul  |
| Jedryka et al., 2025    | SPIO (superparamagnetic iron oxide) | Detection rate 100%; sensitivitas 80%; NPV 97,8%                                     | Non-radioaktif; aman; tanpa fasilitas nuclear medicine                    | Skin staining; artefak MRI; data masih terbatas                          | Teknik emerging, potensial untuk pusat dengan sumber daya terbatas  |

Penting untuk dicatat bahwa kegagalan pemetaan pada salah satu sisi harus ditangani dengan prosedur limfadenektomi sisi spesifik, sesuai rekomendasi dari algoritma pemetaan SLN. Hal ini mencegah risiko under-staging akibat kegagalan identifikasi nodus sentinel. Dengan demikian, SLN mapping memungkinkan

pendekatan yang lebih individualisasi terhadap pasien kanker serviks, di mana terapi adjuvan dapat ditentukan berdasarkan status metastasis mikro yang ditemukan pada SLN. Meski demikian, signifikansi klinis dari isolated tumor cells (ITCs) dalam SLN masih menjadi perdebatan, dan penelitian lebih lanjut masih dibutuhkan untuk menentukan apakah pasien dengan ITCs memerlukan terapi tambahan yang sama seperti pasien dengan metastasis makroskopis atau mikroskopis (Lang-Avérous et al., 2021).

### ***Kanker Endometrium***

Sentinel node biopsy juga telah menjadi standar emas dalam staging kanker endometrium stadium awal (FIGO I–II, penyakit terbatas pada uterus, cN0). Teknik ini memberikan akurasi staging yang sebanding dengan limfadenektomi sistemik, tetapi dengan morbiditas yang jauh lebih rendah. Analisis sistematis menunjukkan bahwa SLN biopsy secara signifikan mengurangi risiko limfedema, kehilangan darah, serta durasi operasi dibandingkan dengan pengangkatan nodus sistemik (Collins & Phillips, 2023). Studi kohort besar juga mendukung bahwa penggunaan SLN mapping dengan ICG menghasilkan tingkat deteksi bilateral yang tinggi, bahkan pada pasien obesitas, yang biasanya lebih sulit dalam visualisasi intraoperative (Wang et al., 2022).

Aspek penting lain dalam kanker endometrium adalah peran ultrastaging histopatologi. Teknik ini memungkinkan deteksi micrometastasis dan ITCs yang sebelumnya luput dengan pemeriksaan konvensional. Temuan ini berimplikasi langsung pada keputusan pemberian terapi adjuvan, meskipun peran klinis ITCs dalam menentukan kebutuhan terapi masih belum sepenuhnya dipastikan (Lang-Avérous et al., 2021). Keuntungan lain adalah aspek cost-effectiveness: beberapa studi menunjukkan bahwa SLN biopsy, khususnya bila dikombinasikan dengan protokol ultrastaging, lebih hemat biaya dibandingkan limfadenektomi penuh karena jumlah nodus yang diperiksa lebih sedikit namun diperiksa secara lebih detail (Bocciolone et al., 2023; Collins & Phillips, 2023).

### ***Kanker Vulva***

Kanker vulva adalah salah satu kanker ginekologi pertama yang menerapkan teknik sentinel node. Hal ini terutama karena limfadenektomi inguinofemoral tradisional diketahui menimbulkan morbiditas tinggi, termasuk limfedema, dehisensi luka, serta infeksi. Studi landmark seperti GROINSS-V trial dan GOG-173 trial menunjukkan bahwa SLN biopsy adalah metode yang aman dan efektif pada pasien dengan kanker vulva unifokal berukuran <4 cm dengan nodus klinis negatif, dengan false negative predictive value hanya sekitar 2%. Data dari penelitian ini juga menunjukkan bahwa angka kekambuhan lokal sangat rendah (sekitar 2–3%), dan morbiditas pascaoperasi jauh lebih sedikit dibandingkan dengan limfadenektomi penuh (Collins & Phillips, 2023).

Teknik SLN pada kanker vulva biasanya dilakukan dengan injeksi radioisotop  $^{99m}\text{Tc}$  nanocolloid atau ICG di sekitar tumor, yang memungkinkan pemetaan drainase limfatik ke nodus sentinel. Pada tumor lateral, prosedur biasanya cukup dilakukan unilateral, sedangkan tumor midline memerlukan SNB bilateral karena potensi drainase ke kedua sisi inguinal. Bukti juga menunjukkan bahwa bahkan pada pasien

dengan kondisi khusus yang sebelumnya dianggap tidak layak untuk SNB (misalnya tumor >4 cm atau multifokal), hasil terbaru menunjukkan reliabilitas yang cukup tinggi bila dilakukan di pusat berpengalaman (Bocciolone et al., 2023). Dengan demikian, SLN biopsy telah menggantikan limfadenektomi sistemik sebagai standar manajemen untuk kanker vulva stadium awal pada pasien terpilih.

#### 4. Kesimpulan

Pemetaan SLN merupakan pendekatan yang efektif dan aman dalam staging kanker ginekologi, khususnya kanker serviks, endometrium, dan vulva. Teknik ini memberikan akurasi diagnostik yang sebanding dengan limfadenektomi sistemik dengan morbiditas yang lebih rendah. Berbagai metode tracer menunjukkan performa yang baik; teknik kombinasi masih menjadi acuan, sementara indocyanine green (ICG) menawarkan alternatif yang praktis dan efisien, terutama di pusat tanpa fasilitas kedokteran nuklir. Penelitian lanjutan diperlukan untuk memperjelas signifikansi klinis metastasis mikro dan isolated tumor cells pada SLN, serta untuk mengevaluasi peran teknologi non-radioaktif dan pendekatan inovatif dalam meningkatkan standardisasi dan keamanan pemetaan SLN.

#### Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada para rekan sejawat dan institusi asal atas dukungan dan masukan selama penyusunan naskah ini.

#### Referensi

- Amalo, R. B., Indriani, E., Budiawan, H., Darmawan, B., & Hidayat, B. (2025). Detection of Sentinel Lymph Node in Endometrial Cancer Using 99m Tc-Nanocolloid SPECT/CT: A Retrospective Cohort Study. *World Journal of Nuclear Medicine*, 24(2), 161–165. <https://doi.org/10.1055/s-0045-1805095>
- Bocciolone, L., Candotti, G., Cioffi, R., Rabaiotti, E., Bergamini, A., & Candiani, M. (2023). Sentinel lymph node biopsy in open surgery for gynecological malignancies. *International Journal of Gynecological Cancer*, 33(4), 636–637. <https://doi.org/10.1136/ijgc-2022-003898>
- Cibula, D., Raspollini, M. R., Planchamp, F., Centeno, C., Chargari, C., Felix, A., Fischerová, D., Jahn-Kuch, D., Joly, F., Kohler, C., Lax, S., Lorusso, D., Mahantshetty, U., Mathevet, P., Naik, R., Nout, R. A., Oaknin, A., Peccatori, F., Persson, J., ... Lindegaard, J. (2023). ESGO/ESTRO/ESP Guidelines for the management of patients with cervical cancer – Update 2023\*. *International Journal of Gynecological Cancer*, 33(5), 649–666. <https://doi.org/10.1136/ijgc-2023-004429>
- Collarino, A., Vidal-Sicart, S., Perotti, G., & Valdés Olmos, R. A. (2016). The sentinel node approach in gynaecological malignancies. *Clinical and Translational Imaging*, 4(5), 411–420. <https://doi.org/10.1007/s40336-016-0187-6>
- Collins, A., & Phillips, A. (2023). Sentinel lymph node mapping in the modern management of gynaecological malignancy. *The Obstetrician & Gynaecologist*, 25(3), 210–219. <https://doi.org/10.1111/tog.12872>

- Farzaneh, F., Moridi, A., Azizmohammadi, Z., J, M. A., Hosseini, M. S., Arab, M., Ashrafganjoei, T., & Mazaheri, M. (2017). Value of Sentinel Lymph Node (SLN) Mapping and Biopsy using Combined Intracervical Radiotracers and Blue Dye Injections for Endometrial Cancer. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention : APJCP*, 18(2), 431–435. <https://doi.org/10.22034/APJCP.2017.18.2.431>
- Fuoco, V., Sassano, S., Fragomeni, S. M., Bizzarri, N., Arciuolo, D., Bruno, I., ... & Collarino, A. (2024). Sentinel node biopsy in gynaecological cancers: state of art and future perspectives. *Clinical and Translational Imaging*, 12(4), 403-411. <https://doi.org/10.1007/s40336-024-00619-2>
- Jedryka, M. A., Klimczak, P., Kryszpin, M., Poprawski, T., Czekanski, A., Lepka, P., & Matkowski, R. (2025). Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles as a Tracer for Sentinel Lymph Node Mapping in Endometrial Cancer. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(2), 781. <https://doi.org/10.3390/ijms26020781>
- Kocian, R., Kohler, C., Bajsova, S., Jarkovsky, J., Zapardiel, I., Di Martino, G., van Lonkhuijzen, L., Sehnal, B., Sanchez, O. A., Gil-Ibanez, B., Martinelli, F., Presl, J., Minar, L., Pilka, R., Kascak, P., Havelka, P., Michal, M., van Gorp, T., Nemejcova, K., ... Cibula, D. (2024). Sentinel lymph node pathological ultrastaging: Final outcome of the Sentix prospective international study in patients with early-stage cervical cancer. *Gynecologic Oncology*, 188, 83–89. <https://doi.org/10.1016/j.ygyno.2024.06.015>
- Lang-Avérous, G., Croce, S., Mery, E., & Devouassoux-Shisheboran, M. (2021). Sentinel lymph node processing in gynecological cancer histopathology and molecular biology. *Chinese Clinical Oncology*, 10(2), 17. <https://doi.org/10.21037/cco-20-192>
- Lecuru, F. R., McCormack, M., Hillemanns, P., Anota, A., Leitao, M., Mathevet, P., ... & Plante, M. (2019). SENTICOL III: an international validation study of sentinel node biopsy in early cervical cancer. A GINECO, ENGOT, GCIG and multicenter study. *International Journal of Gynecological Cancer*, 29(4), 829-834. <https://doi.org/10.1136/ijgc-2019-000332>
- Loverro, M., Bizzarri, N., Capomacchia, F. M., Watrowski, R., Querleu, D., Gioè, A., Naldini, A., Santullo, F., Foschi, N., Fagotti, A., Scambia, G., & Fanfani, F. (2024). Indocyanine green fluorescence applied to gynecologic oncology: Beyond sentinel lymph node. *International Journal of Surgery (London, England)*, 110(6), 3641–3653. <https://doi.org/10.1097/JS9.0000000000001318>
- Mauro, J., Raimondo, D., Di Martino, G., Gasparri, M. L., Restaino, S., Neola, D., Clivio, L., Calidona, C., Fruscio, R., Vizzielli, G., Uccella, S., Papadia, A., Seracchioli, R., & Buda, A. (2024). Assessment of sentinel Lymph node mapping with different volumes of Indocyanine green in early-stage ENdometrial cancer: The ALIEN study. *International Journal of Gynecological Cancer*, 34(6), 824–829. <https://doi.org/10.1136/ijgc-2023-005100>
- Oonk, M. H. M., Slomovitz, B., Baldwin, P. J. W., van Doorn, H. C., van der Velden, J., de Hullu, J. A., Gaarenstroom, K. N., Slangen, B. F. M., Vergote, I., Brännström, M., van Dorst, E. B. L., van Driel, W. J., Hermans, R. H., Nunns, D., Widschwendter, M., Nugent, D., Holland, C. M., Sharma, A., DiSilvestro, P. A., ... van der Zee, A. G. J. (2021). Radiotherapy Versus Inguinofemoral Lymphadenectomy as Treatment for Vulvar Cancer Patients With

- Micrometastases in the Sentinel Node: Results of GROINSS-V II. *Journal of Clinical Oncology*, 39(32), 3623–3632. <https://doi.org/10.1200/JCO.21.00006>
- Pakiz, M., Cibula, D., Wydra, D. G., Klat, J., Zikan, M., Matylevich, O., Poncova, R., Abacjew-Chmylko, A., Cokan, A., Romanova, M., Frühauf, F., Sawicki, S., Mahdawi, L. A., Kocian, R., Mascianica, Z., Knez, J., Dostalek, L., Zygowska, P., Slama, J., ... Dovník, A. (2025). Sentinel Node Biopsy Using Two Concurrent Labeling Techniques (Radioactive Tracer With/Without Blue Dye vs. Indocyanin Green-ICG) in Early-Stage Endometrial Cancer Patients (TESLA–1): A Prospective Observational Study CEEGOG EX-02. *Cancers*, 17(10). <https://doi.org/10.3390/cancers17101606>
- Paulinelli, R. R., Freitas-Junior, R., Rahal, R. M. de S., Oliveira, L. F. de P., Vilela, M. H. T., Moreira, M. A. R., Alves, K. L., Peleja, M. B., & Resende, T. C. C. de. (2017). A prospective randomized trial comparing patent blue and methylene blue for the detection of the sentinel lymph node in breast cancer patients. *Revista Da Associacao Medica Brasileira (1992)*, 63(2), 118–123. <https://doi.org/10.1590/1806-9282.63.02.118>
- Ravizzini, G., Turkbey, B., Barrett, T., Kobayashi, H., & Choyke, P. L. (2009). Nanoparticles in sentinel lymph node mapping. *Wiley Interdisciplinary Reviews. Nanomedicine and Nanobiotechnology*, 1(6), 610–623. <https://doi.org/10.1002/wnan.48>
- Szatkowski, W., Słonina, D., Ryś, J., Blecharz, P., Banaś, T., & Nowak-Jastrząb, M. (2025). The role of technetium-99m isotope in sentinel lymph node identification in gynecological cancers. *Reports of Practical Oncology and Radiotherapy: Journal of Greatpoland Cancer Center in Poznan and Polish Society of Radiation Oncology*, 30(2), 257–268. <https://doi.org/10.5603/rpor.105251>
- Wang, T., Xu, Y., Shao, W., & Wang, C. (2022). Sentinel Lymph Node Mapping: Current Applications and Future Perspectives in Gynecology Malignant Tumors. *Frontiers in Medicine*, 9, 922585. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.922585>