

**Strategi kolaborasi TNI Angkatan Laut dalam penanganan Limbah Nuklir Pasca Konflik Perang untuk Keamanan Lingkungan Maritim di Laut Natuna Utara**

**Rahadian Nur Bramantyo<sup>1</sup>, Buddy Suseto<sup>2</sup>, Karadona<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Sekolah Staf dan Komando Angkatan Laut (SESKOAL)

rahadian.bramantyo@gmail.com<sup>1</sup>, kanayanandhitamsdevani@gmail.com<sup>2</sup>,

deasyrahadian07@gmail.com<sup>3</sup>

**ABSTRACT**

*The collaborative role of the Indonesian Navy (TNI AL) is very important in addressing the potential risk of nuclear waste in the strategic area of North Natuna, which is passed by international shipping routes. This study was compiled using a qualitative descriptive approach through a literature review technique, by analyzing national regulations, defense documents, and technical regulations from institutions such as BAPETEN, BRIN, and KLHK. The results of the study indicate that the TNI AL has the potential for a legal basis through Military Operations Other Than War (OMSP), but active involvement in nuclear waste management is not yet clearly stated in the technical regulations regarding nuclear power. Structural problems such as overlapping authority, lack of mitigation and identification infrastructure, and the lack of integration of regulations between ministerial and institutional sectors also hinder the effectiveness of this role. Increasing the role of the TNI AL in the surveillance and response system for the maritime environment requires policy harmonization and strengthening collaboration between agencies as an important part of the national maritime security system.*

**Keywords:** Indonesian Navy, nuclear waste, North Natuna, maritime security, inter-agency coordination

**ABSTRAK**

Peran kolaboratif Tentara Nasional Indonesia Angkatan Laut (TNI AL) sangat penting dalam mengatasi potensi risiko limbah nuklir di daerah strategis Natuna Utara, yang dilalui oleh rute pelayaran internasional. Studi ini disusun dengan menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif melalui teknik tinjauan pustaka, dengan menganalisis peraturan nasional, dokumen pertahanan, serta regulasi teknis dari lembaga seperti BAPETEN, BRIN, dan KLHK. Hasil penelitian menunjukkan bahwa TNI AL memiliki potensi landasan hukum melalui Operasi Militer Selain Perang (OMSP), namun keterlibatan aktif dalam pengelolaan limbah nuklir belum jelas tercantum dalam regulasi teknis mengenai ketenaganukliran. Masalah struktural seperti tumpang tindih kewenangan, kurangnya infrastruktur mitigasi dan identifikasi, belum terintegrasinya peraturan antar sektor kementerian lembaga turut menghalangi efektivitas peran ini. Peningkatan peran TNI AL dalam sistem pengawasan dan respons terhadap lingkungan maritim memerlukan harmonisasi kebijakan serta penguatan kolaborasi antar instansi sebagai bagian penting dari sistem keamanan laut nasional.

**Kata kunci:** TNI AL, limbah nuklir, Natuna Utara, keamanan maritim, koordinasi antarlembaga

## **PENDAHULUAN**

Perkembangan tenaga nuklir di kawasan regional Asia Pasifik telah mengalami krisis dalam beberapa dekade terakhir. Hal ini ditandai dengan beberapa isu internasional akan dikembangkannya kapal selam nuklir oleh Australia yang dibantu oleh dalam pakta pertahanan *Australia, United Kingdom, United States* (AUKUS). memberikan sentimen terhadap pengaruh dominasi militer Tiongkok di kawasan Asia Pasifik (Ali, 2024). Pembentukan aliansi AUKUS menandai pergeseran kekuatan strategis di wilayah Asia Pasifik. Inisiatif ini dianggap oleh negara-negara tetangga, seperti Cina dan Rusia, sebagai tindakan provokatif yang berpotensi menimbulkan ketegangan di wilayah tersebut, terutama di wilayah perairan Laut Natuna Utara. Dengan kehadiran militer yang semakin dekat, kekuatan kerja sama militer ini mendorong negara-negara di kawasan Asia Tenggara untuk mempertimbangkan kebijakan pertahanan dan kontijensi yang mungkin terjadi di kemudian hari.

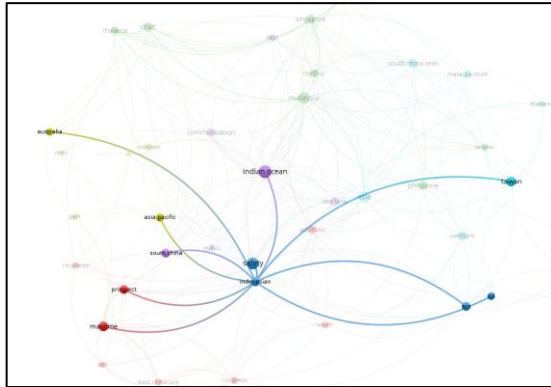
Menurut para pengamat, hal ini secara berkelanjutan akan menimbulkan kekhawatiran akan perlombaan penggunaan tenaga nuklir secara masif di kawasan ini, dan sebagai imbas akan hal tersebut, Indonesia akan terjebak di dalam pusat dua kekuatan dunia yang saling berlomba dalam kekuatan nuklir (Nurfauzi et al., 2022). Kekhawatiran ini secara mendasar disebabkan oleh posisi geografis Indonesia yang berada di tengah kawasan Asia Pasifik sehingga hal ini dikhawatirkan di masa mendatang, dapat dijadikan medan operasi peperangan antar negara yang berkonflik di masa depan dengan penggunaan kekuatan nuklir. (Lukman Yudho Prakoso, 2021)

Kekhawatiran mengenai penggunaan senjata nuklir untuk mengakhiri konflik perang telah menjadi ancaman yang berbahaya akibat saat ini akibat dampak perubahan geopolitik dan geo-strategis secara global dalam beberapa dekade terakhir. Pencemaran limbah radioaktif laut yang disebabkan oleh operasi militer atau penelitian ilmiah, telah menjadi perhatian dunia dalam aspek lingkungan. Penggunaan bahan nuklir secara meluas telah dimiliki oleh negara adikuasa di dunia, seperti Amerika Serikat, Tiongkok, India, Inggris, dan Rusia di samping beberapa negara memanfaatkan teknologi ini untuk tujuan penggunaan energi (IAEA, 2024).

Implikasi kondisi ini dapat mempersulit tugas pemerintah dalam melaksanakan pertahanan dan keamanan. Mitigasi dampak konflik perang terhadap bencana limbah radioaktif di Perairan Indonesia memerlukan sumber daya manusia dan teknologi yang memadai namun masih dianggap belum cukup jika dilihat secara menyeluruh. (Wisnubroto et al., 2021a) Ancaman ini diperparah oleh isu perlindungan lingkungan dan stabilitas ekosistem laut, yang dapat berdampak jangka panjang pada perekonomian dan kesejahteraan masyarakat. (IAEA, 2022) oleh karenanya beban tanggung jawab negara dalam memproteksi hal tersebut menuntut kesiapan dalam memberikan perlindungan dan keselamatan lingkungan secara holistik dan sistematis.

Penelitian ini bertujuan menjadi solusi dalam penanganan limbah radioaktif di laut, terutama dalam konteks keterbatasan sumber daya dan teknologi yang dimiliki Indonesia. Studi ini juga diharapkan dapat memberikan rekomendasi kebijakan yang mendorong kolaborasi antar lembaga dan internasional, serta





**Gambar 2. Visualisasi Konektifitas Rujukan**

Hasil Konektivitas rujukan mengindikasikan bahwa padanan kata “Indonesia” diklasterisasi menjadi 2 yakni Kemanan Maritim, Laut Natuna Utara dan Potensi Minyak Bumi. Sedangkan Klaster lain menunjukkan hubungan antara Indonesia dengan Sengkela Laut China Selatan, Australia dan Batas Laut. Dari hasil rujukan beberapa temuan ini digunakan sebagai pengolahan data lebih lanjut dalam identifikasi penelitian yang dilakukan sehingga diperoleh relevansi antara pokok bahasan dan isi bahasan yang diteliti.

### **Limbah Nuklir Dalam Keamanan Maritim**

Limbah Nuklir secara umum didefinisikan sebagai sis material atau aktifitas yang menggunakan bahan radioaktif akibat kegiatan industri nuklir, riset, medis maupun militer. Badan Tenaga Atom Internasioanl mendefinisikan bahwa limbah nuklir merujuk pada material yang memiliki radionuklida atau telah terpapar radionuklida dengan konsentrasi yang sudah tidak diperlukan secara teknis lagi. Pengelolaan limbah ini sangat penting untuk mencegah risiko terhadap kesehatan manusia dan keselamatan lingkungan.(IAEA, 2022).

Pengelolaan yang kurang tepat dalam penanganan limbah nuklir dapat menimbulkan ancaman serius bagi kehidupan dan ekosistem. Partikel radionuklir yang mencemari perairan dapat terakumulasi dalam jaringan kehidupan makhluk hidup seperti plankton, ikan, dan spesies laut lainnya. Proses bioakumulasi dan biomagnifikasi menghasilkan peningkatan konsentrasi zat radioaktif pada tingkat trofik yang lebih tinggi, sehingga berisiko untuk masuk ke dalam rantai makanan manusia.(Ophelia et al., 2024). Secara ekologi, pencemaran radioaktif dapat menimbulkan kerusakan pada DNA, gangguan dalam proses tumbuh, dan penurunan jumlah populasi spesies laut secara signifikan. Dalam jangka waktu panjang, polusi ini bisa mengganggu keseimbangan ekosistem laut serta keanekaragaman hayati, terutama di daerah-daerah sensitif seperti Natuna Utara yang menjadi rumah bagi banyak spesies endemik.(Qosimah et al., 2024).

Dari perspektif keamanan negara, kemungkinan masuknya bahan limbah nuklir melalui jalur laut juga menimbulkan risiko keamanan non tradisional. Aktivitas kapal selam ataupun kapal niaga asing yang tidak terpantau yang membawa limbah

nuklir atau mengalami kebocoran radiasi menjadi ancaman serius bagi kedaulatan dan kelestarian lingkungan laut di Indonesia.(Utami, 2022) Situasi ini semakin diperburuk oleh lemahnya sistem deteksi awal dan keterbatasan kerjasama antar instansi dalam pengawasan maritim. Dengan kata lain, masalah limbah nuklir bukan hanya isu teknis atau lingkungan, tetapi juga berkaitan dengan geopolitik dan pertahanan negara.

Dalam penelitian mengenai keamanan saat ini, pendekatan keamanan yang non-konvensional menjadi penting untuk mengatasi tantangan global yang tidak bisa diselesaikan hanya dengan kekuatan angkatan bersenjata. (Widiyanti et al., 2025) Keamanan non-konvensional mencakup berbagai masalah seperti bencana alam, perubahan iklim, kesehatan, serta aksi terorisme yang tidak diatur oleh negara, serta kerusakan lingkungan di mana pengelolaan bahan limbah berbahaya, termasuk limbah nuklir, juga menjadi bagian dari permasalahan ini. Tantangan-tantangan ini muncul dari sifat kompleks dan saling berhubungan dari ancaman keamanan modern, yang membutuhkan tanggapan yang terkoordinasi.(Caballero-Anthony, 2011). Oleh sebab itu, Pendekatan ini menekankan pentingnya kerja sama banyak pihak yang mencakup Angkatan bersenjata, komunitas sipil, organisasi internasional, dan masyarakat. Dalam konteks Indonesia, tanggung jawab untuk menjaga limbah nuklir di area laut tidak dapat sepenuhnya dipikul oleh lembaga lingkungan atau badan nuklir saja, melainkan harus melibatkan TNI AL sebagai pengaman utama dari kawasan maritim, terutama di lokasi strategis seperti Natuna Utara.(Fitriyanto et al., 2022) Pendekatan ini juga mengharuskan adanya integrasi kebijakan antara sektor pertahanan, lingkungan, dan diplomasi luar negeri, sebagaimana yang direkomendasikan dalam model keamanan maritim berbasis ekosistem.

Dalam segi kontekstual pendekatan keamanan non konvensional mendorong keharusan Indonesia untuk menciptakan sistem teknologi peringatan awal, kemampuan pemantauan, dan diplomasi pertahanan untuk menghindari peningkatan konflik yang disebabkan oleh pencemaran lingkungan.(Sajidin et al., 2023) Dalam hal ini, partisipasi TNI AL dalam menemukan dan menangani ancaman limbah nuklir menjadi bagian penting dari strategi pertahanan nasional.

## **Posisi Startegis Laut Natuna Utara dalam Peta Geopolitik**

Wilayah Natuna Utara memiliki peranan penting dalam konteks geopolitik Indonesia, terutama sebagai bagian dari Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) I. ALKI I menghubungkan Laut China Selatan dengan Samudera Hindia melalui Selat Karimata yang berfungsi sebagai alur strategis bagi lalu lintas kapal internasional, termasuk potensi transit bagi kapal-kapal bertenaga nuklir atau yang mengangkut limbah radioaktif. (Novitasari et al., 2025) Namun, area ini juga menjadi wilayah yang rawan konflik dicermati karena adanya klaim yang tumpang tindih dalam Laut China Selatan.(Rustam, 2021) Keberadaan ALKI I sebagai rute pelayaran dunia menjadikan Natuna Utara rentan terhadap ancaman keamanan yang non konvensional, termasuk risiko pencemaran lingkungan akibat kebocoran bahan nuklir atau aktivitas dari kapal asing yang tidak mengikuti standar keselamatan. Indonesia, sebagai negara kepulauan yang berdaulat, memiliki kepentingan nasional yang kuat untuk menjaga

integritas wilayah ini, tidak hanya dengan mengandalkan pendekatan militer biasa, tetapi juga dengan memperkuat kesadaran maritim melalui teknologi modern, seperti sistem radar dan satelit untuk memantau radiasi nuklir (Malley & Ogilvie-White, 2012). Prinsip kebutuhan tersebut sejalan dengan prinsip UNCLOS 1982, yang memberikan hak kepada Indonesia untuk mengatur serta mengawasi kegiatan pelayaran di perairan wilayahnya (Lestari, 2021). Selain itu, potensi lalu lintas kapal nuklir di ALKI I memerlukan sinergi kebijakan antara TNI AL, BAPETEN, dan Kementerian Lingkungan Hidup untuk mengantisipasi risiko lingkungan, serta memperkuat diplomasi maritim dengan negara-negara yang menggunakan jalur tersebut untuk menjamin kepatuhan terhadap protokol keamanan internasional.

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa ketidakstabilan di Natuna Utara dapat mempengaruhi keamanan energi regional secara keseluruhan, karena 40% perdagangan global melewati perairan ini (Bae, 2005). Oleh karena itu, peningkatan kapasitas pertahanan dengan strategi asimetris, memperkuat kerja sama dengan ASEAN serta berusaha mengangkat isu lingkungan dalam kebijakan pertahanan maritim Indonesia untuk mengurangi ancaman yang bersifat multidimensi di kawasan ini. Dalam hal ini, keberadaan aktif TNI Angkatan Laut di Natuna Utara menjadi faktor penentu dalam menjamin keselamatan perairan dan mencegah berbagai ancaman, baik yang bersifat militer maupun non-tradisional. Peran ini semakin vital seiring dengan meningkatnya kebutuhan untuk mengawasi kegiatan pelayaran yang berhubungan dengan nuklir serta memperkuat kerjasama antar sektor untuk menjaga lingkungan maritim yang strategis.

## **Hukum dan Kebijakan Pengelolaan Limbah Nuklir di Indonesia**

Kerangka hukum Indonesia terkait pengelolaan limbah nuklir menunjukkan usaha terstruktur pemerintah untuk menjamin keselamatan, keamanan, dan perlindungan lingkungan rakyat Indonesia dari dampak radiasi yang mungkin terjadi. Dasar normatif utama di bidang ini tercantum dalam Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran, yang secara jelas menetapkan prinsip dasar pemanfaatan energi nuklir dengan aman dan bertanggung jawab, serta mencakup tanggung jawab pengelolaan limbah radioaktif oleh pemilik izin. Undang-undang ini menugaskan Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) sebagai lembaga pengatur yang memiliki wewenang untuk mengawasi dan memberikan izin pada seluruh kegiatan pemanfaatan sumber radiasi ionisasi.

Sementara itu, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) bertanggung jawab atas fungsi penelitian dan pengembangan teknologi dalam pengelolaan limbah nuklir, sedangkan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) memastikan bahwa kegiatan tersebut sesuai dengan prinsip perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup yang diatur dalam Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009.

Kerangka hukum ini diperkuat oleh berbagai peraturan yang mendukung usaha pengelolaan kawasan maritim, serta pertahanan negara. Undang-Undang Nomor 17 Tahun 1985 yang mengesahkan Konvensi Perserikatan Bangsa-Bangsa tentang Hukum Laut (UNCLOS) menyediakan dasar hukum internasional dan nasional mengenai hak kedaulatan serta yurisdiksi negara dalam pengaturan area

perairan, termasuk Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI), yang secara fungsi digunakan sebagai jalur pelayaran internasional yang melewati perairan Indonesia. Penguatan lebih lanjut dikemukakan melalui Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1983 mengenai Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia dan Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2023 tentang Landas Kontinen, yang secara tegas memberikan otoritas kepada negara untuk melakukan eksplorasi, eksploitasi, serta menjaga kelestarian lingkungan laut dari berbagai bentuk pencemaran, termasuk yang disebabkan oleh limbah nuklir.

Undang-Undang Nomor 34 Tahun 2004 mengenai Tentara Nasional Indonesia memberikan dasar hukum untuk TNI Angkatan Laut, saat menjalankan tugas operasi militer selain perang, yang meliputi dukungan terhadap tindak kemanusiaan dan penanganan bencana, termasuk pencemaran lingkungan di perairan nasional. Selanjutnya, Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran mengatur tanggung jawab semua kapal yang melewati laut Indonesia untuk memenuhi kriteria keselamatan, keamanan, dan perlindungan bagi lingkungan laut. Di sisi lain, Undang-Undang Nomor 45 Tahun 2009 yang merupakan revisi dari Undang-Undang Nomor 31 Tahun 2004 tentang Perikanan, menegaskan tanggung jawab negara dalam menjaga ekosistem perikanan dari pencemaran zat berbahaya, termasuk radiasi nuklir, yang dapat merusak produktivitas sumber daya laut.

Kolaborasi antara ketiga undang-undang ini menunjukkan adanya ruang hukum yang cukup memadai untuk pembentukan mekanisme kerjasama antara sektor pertahanan, transportasi, dan lingkungan dalam menangani risiko pencemaran radiasi di perairan Indonesia. Meskipun demikian, perlu ada penggabungan antara kebijakan dan operasional agar fungsi TNI Angkatan Laut tidak sekadar bersifat pelengkap, tetapi juga berfungsi sebagai elemen strategis dalam sistem nasional untuk pengawasan dan mitigasi risiko limbah nuklir di dalam batas laut yurisdiksi Indonesia.

## **Peran Tni Al dalam Pengawasan dan Penanganan Ancaman Nuklir dan Lingkungan**

Walaupun Indonesia telah memiliki regulasi yang mendalam, pelaksanaan pengelolaan limbah nuklir di laut, namun masih mengalami banyak rintangan. Salah satu masalah utama yang dihadapi adalah terpecah-pecahnya lembaga-lembaga dan belum terbangunnya mekanisme kerja sama yang terpadu antara instansi regulasi sipil dan komponen militer. Fungsi penting TNI AL dalam menjaga keamanan laut belum sepenuhnya terintegrasi ke dalam sistem pengelolaan nuklir yang ada. Oleh sebab itu, perlu dilakukan harmonisasi dari regulasi yang ada, penguatan dalam peraturan kerja sama antar instansi, dan pembentukan sistem yang komprehensif yang dapat memitigasi bencana serta tata kelola yang bersifat kolaboratif untuk memberikan perlindungan lingkungan berkelanjutan terhadap wilayah laut Indonesia dari ancaman nuklir yang bersifat lintas batas.

TNI Angkatan Laut (TNI AL) memiliki peran strategis dalam menjaga pertahanan negara, terutama dalam melindungi wilayah maritim dari berbagai ancaman, baik yang bersifat konvensional maupun non konvensional. Dalam dokumen resmi dan Doktrin Pertahanan Negara dimana TNI AL bertanggung jawab

untuk melaksanakan operasi militer yang bertujuan mempertahankan kedaulatan lautan, serta melakukan operasi militer yang bukan dalam konteks perang (OMSP), yang meliputi pengamanan lingkungan laut dari pencemaran dan gangguan non-militer Tugas pengawasan yang dijalankan oleh TNI AL meliputi patroli secara teratur, identifikasi awal terhadap aktivitas mencurigakan di perairan, dan penegakan hukum terhadap pelanggaran di laut yang dapat membahayakan keselamatan ekosistem dan sumber daya nasional. (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2004 Tentang Tentara Nasional Indonesia, 2004).

Dalam peraturan teknis nasional, belum tersedianya peran TNI AL dalam penanganan limbah radioaktif, namun sejumlah dokumen kebijakan menunjukkan adanya kecenderungan untuk memperluas kebutuhan militer dalam mendukung ketahanan lingkungan laut. Sebagai contoh, dalam Kebijakan Umum Pertahanan Negara serta Rencana Strategis Kementerian Pertahanan, ancaman lingkungan, termasuk pencemaran radioaktif, digolongkan sebagai ancaman non-konvensional yang memerlukan keterlibatan dari berbagai sektor, termasuk militer. (Kusuma & Faisal, 2022)

Partisipasi TNI AL dalam operasi terkoordinasi bersama lembaga lainnya seperti Bakamla, BAPETEN, KLHK, dan BRIN, dapat menjadi bagian dari strategi nasional yang kolaboratif dalam menghadapi kemungkinan masuknya limbah nuklir ke perairan Indonesia. Penggunaan operasi terpadu TNI AL dengan pihak lain seperti Operasi-operasi seperti Operasi Garda Nusa dan Operasi Pengamanan Laut Terpadu menunjukkan bahwa unsur militer berperan aktif dalam pengawasan perairan strategis, meskipun masih terbatas pada aspek keamanan. (Martin et al., 2023) Oleh karena itu diharapkan terjadi integrasi peran TNI AL dalam manajemen limbah berbahaya di laut perlu diperkuat dengan panduan yang sistematis, dukungan terhadap infrastruktur teknologi deteksi nuklir, serta protokol operasional yang sesuai dengan aturan baik nasional maupun internasional.

## **Startegi Tni Al dalam Penanganan Kasus Limbah Nuklir di Laut Natuna Utara**

Pengelolaan risiko limbah nuklir di perairan Natuna Utara, menunjukkan kerumitan kebijakan yang melibatkan berbagai sektor dan instansi. Analisis penelitian menunjukkan bahwa kerangka hukum nasional cukup kuat dalam hal legitimasi hukum dan eksistensi lembaga pengawas, seperti BAPETEN, BRIN, dan KLHK, yang masing-masing memiliki kewenangan di bidang regulasi, penelitian, dan pengawasan lingkungan. Walaupun demikian, ketidakterpaduan dalam institusi masih menjadi tantangan utama karena belum terdapat mekanisme koordinasi operasional. Implikasi ini mengarah kepada peran TNI dalam pendayagunaan kemampuannya dalam konteks tersebut, yang belum tersedia pada lingkup peraturan dan perundang – undangan yang berlaku di sisi lain kebutuhan ini mendesak di upayakan untuk mengawasi potensi pencemaran limbah radioaktif di laut.

No	PERATURAN	POTENSI KEWENANGAN TNI AL	STRATEGI	TANTANGAN
1	Perka BAPETEN No. 61/2013 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif	Dukungan terhadap pengamanan distribusi dan pembuangan limbah di wilayah laut	Keterlibatan dalam pengawasan laut terhadap aktivitas pembuangan ilegal	Tidak tercantum pelibatan militer secara eksplisit dalam SOP teknis
2	Perka BAPETEN No. 54/2012 tentang Keselamatan dan Keamanan Instalasi Nuklir	Pengamanan perimeter laut dan wilayah sekitar instalasi dari jalur laut	Patroli laut untuk mendukung perlindungan instalasi vital nasional	Tidak ada integrasi sistematis antara pengelola fasilitas dan TNI AL
3	Perka BAPETEN No. 58/2015 tentang Transportasi Zat Radioaktif	Pemantauan lalu lintas kapal dan pengawasan transportasi bahan radioaktif	Peluang kerja sama patroli gabungan (TNI BAPETEN)	Ketiadaan protokol koordinasi dan deteksi kapal berbahan nuklir
4	PP No. 8/2019 tentang Jenis dan Tarif PNPB pada BATAN/BRIN	Pengamanan jalur laut distribusi logistik bahan nuklir	TNI AL berperan dalam pengawasan pengiriman lewat laut	Tidak ada regulasi teknis yang mengatur keterlibatan TNI AL secara resmi
5	Permen LH No. 101/2014 tentang Pengelolaan Limbah B3	Pencegahan pembuangan limbah B3 ke laut	Kekuatan hukum bagi TNI AL untuk cegah pencemaran berbahaya	Belum ada instrumen pemantauan bersama lintas instansi
6	Perka BAPETEN No. 33/2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion	Perlindungan zona laut dari paparan radiasi tak terkendali	TNI AL sebagai pelindung wilayah terdampak	Kurangnya kemampuan teknis pendeteksian di satuan laut
7	Perka BAPETEN No. 29/2008 tentang Perizinan Sumber Radiasi dan Bahan Nuklir	Pengawasan distribusi bahan radiasi di jalur laut	Peluang penguatan sinergi pengawasan perizinan lapangan	TNI AL tidak termasuk dalam rantai pelaporan atau verifikasi izin lapangan
8	UU No. 34 Tahun 2004 tentang Tentara Nasional Indonesia	Operasi militer selain perang (OMSP), termasuk pengamanan lingkungan	Legalitas TNI AL dalam penindakan pencemaran laut	Belum ada SOP teknis untuk limbah nuklir
9	UU No. 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran	Dukungan keamanan terhadap pengelolaan nuklir	Kolaborasi potensial dengan BAPETEN dan BRIN	Tidak ada pelibatan eksplisit TNI AL dalam teks regulasi
10	UU No. 5 Tahun 1983 tentang Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia	Pengamanan wilayah ZEE dari ancaman pencemaran	Basis kewenangan pengawasan laut oleh militer	Koordinasi antarotoritas (TNI AL, Bakamla, KLHK) belum optimal
11	UU No. 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran	Pengawasan lalu lintas kapal di perairan nasional	Patroli laut terhadap kapal berisiko tinggi	Belum ada pertukaran data kapal berbahan nuklir
12	UU No. 45 Tahun 2009 tentang Perikanan	Perlindungan ekosistem perikanan dari pencemaran	Peran TNI AL dalam menjaga bioekosistem laut	Minimnya instrumen hukum khusus untuk ancaman radiasi
13	Strategi Pertahanan Laut Nusantara (Kemhan)	Penjabaran doktrinal peran TNI AL dalam keamanan maritim	Dasar kolaboratif TNI - K/L	Implementasi belum menyentuh sektor nuklir

Berdasarkan UU No. 34 Tahun 2004 TNI AL memiliki fungsi OMSP yang dapat diaplikasikan pada penanganan bencana dan pencemaran lingkungan. Namun, dalam praktiknya, peran ini belum sepenuhnya diintegrasikan ke dalam peraturan bersama antar lembaga, terutama yang berkaitan dengan pendeteksian dan penanganan limbah nuklir. Selain itu, kemampuan deteksi dan infrastruktur teknologi serta integrasi data antar instansi, memperparah ketidakefektifan sistem operasional yang ada. Berdasarkan hal ini, situasi tersebut membawa implikasi yang sangat antara lain akan terjadinya peningkatan risiko kebocoran atau pergerakan limbah berbahaya yang tidak terpantau, Ketidakadaan kesiapsiagaan sistematis peran di laut yang dapat kemampuan Indonesia di forum keamanan maritim regional (Nurdiansyah, 2024), serta ketidakmampuan untuk menanggapi ancaman limbah lintas batas dapat dianggap sebagai kekurangan dalam penguasaan wilayah laut di bawah yurisdiksi nasional (Morris & Persi Paoli, 2018). Sehingga sangat penting bagi pemangku kebijakan untuk memperkuat sinergi dan menciptakan sistem manajemen terpadu berbasis pada keamanan non-tradisional. (Wisnubroto et al., 2021b)

Untuk mencapai pemahaman yang lebih mendalam tentang posisi regulatif TNI AL penanganan limbah nuklir di perairan Indonesia, perlu dilakukan pengidentifikasian hubungan antara undang-undang yang berkorelasi dengan kewenangan TNI di bidang maritim. Tabel berikut memberikan penjabaran tentang dampak strategis dari berbagai regulasi nasional terhadap peran Angkatan Laut, sekaligus menekankan tantangan utama yang menghalangi kolaborasi antar lembaga dalam pengelolaan ancaman lingkungan laut yang berkaitan dengan nuklir.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Pengelolaan limbah nuklir Laut Natuna Utara memerlukan pendekatan kerjasama yang melibatkan berbagai sektor, mengingat wilayah ini berada pada jalur

strategis ALKI I yang berisiko terhadap kegiatan kapal dengan bahan atau muatan radioaktif. TNI AL memiliki dasar hukum untuk berperan dalam menjaga keamanan lingkungan laut melalui OMSP, sesuai dengan UU No. 34 Tahun 2004. Namun, keterlibatan ini belum terintegrasi dengan jelas dalam peraturan teknis terkait energi nuklir seperti yang tercantum dalam Peraturan BAPETEN dan KLHK.

Analisis peraturan dan literatur yang ada menunjukkan bahwa sistem hukum saat ini masih bersifat sektoral tanpa protokol yang terencana untuk melibatkan militer. Kendala dalam pelaksanaan meliputi rendahnya tingkat koordinasi, kurangnya infrastruktur untuk deteksi, serta tidak adanya prosedur operasional standar yang disepakati antara lembaga. Untuk itu, diperlukan penyesuaian dalam kebijakan, penggabungan operasional, dan peningkatan kapasitas dan kemampuan untuk memitigasi bencana yang ada, sehingga TNI AL bisa menjalankan fungsi strategis dalam sistem pemantauan serta penanganan limbah nuklir dengan cara yang efektif dan berkelanjutan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Ali, M. (2024). AUKUS Emergence Navigating the Dynamics from Security to Insecurity in the Asia-Pacific. *CARC Research in Social Sciences*, 3(1), 2.
- Bae, Y. J. (2005). Environmental security in East Asia: The case of radioactive waste management. *Asian Perspective*, 29(2), 88. <https://doi.org/10.1353/apr.2005.0019>
- Caballero-Anthony, M. (2011). Non-traditional security challenges, regional governance, and the ASEAN Political Security Community (APSC). In *ASEAN and the Institutionalization of East Asia* (Issue 7).
- Fitriyanto, A., Darmawan, W. B., Djuyandi, Y., Studi, P., Politik, I., & Padjadjaran, U. (2022). Kerjasama Pengamanan Alur Laut Kepulauan Indonesia II (Studi Kasus Sinergi BAKAMLA, TNI dan Polairud). *Jurnal Paradigma Polistaat*, 5(1), 13.
- IAEA. (2022). Handling and Processing of Radioactive Waste from Nuclear Applications. In *Technical Report Series 402*. International Atomic Energy Agency.
- IAEA. (2024). *Reference Data Series: Nuclear Power Reactors in the World* (Issue 2). International Atomic Energy Agency.
- Kusuma, A. W., & Faisal, M. (2022). Strategi Pertahanan Laut Indonesia Dihadapkan Dengan Perkembangan Lingkungan Maritim Global Dan Regional. *Jurnal Education and Development*, 10(2), 325.
- Lestari, M. M. (2021). What Is the Right, Archipelagic Sea Lanes and Passage? (According To Unclos 1982 and Practice). *Indonesian Journal of International Law*, 18(2), 220.
- Lukman Yudho Prakoso. (2021). AUKUS Peluang dan Kendala bagi Indonesia. *Jurnal Maritim Indonesia*, 9(3), 215–222.
- Malley, M. S., & Ogilvie-White, T. (2012). *Nuclear Challenges in Southeast Asia: Promoting Cooperation And Consensus*.

- Martin, R., Laksono, A. S., Riniwati, H., & Widagdo, S. (2023). Model Penilaian Strategi Pertahanan Matra Laut Negara Kepulauan Berbasis System Dynamic. *Rekayasa*, 15(3), 384. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v15i3.15465>
- Morris, L., & Persi Paoli, G. (2018). A Preliminary Assessment of Indonesia's Maritime Security Threats and Capabilities. In *A Preliminary Assessment of Indonesia's Maritime Security Threats and Capabilities*. RAND Institute.
- Novitasari, D., Widodo, P., & Suwarno, P. (2025). *Maritime Security Strategy in the Indo-Pacific Region from the Perspective of Geopolitics and International Law*. 48(2), 586.
- Nurdiansyah, D. R. (2024). Analisa Strategis Kesiapan Operasional TNI Angkatan Laut dalam Menghadapi Dinamika Lingkungan Maritim. *Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 6(6), 2587.
- Nurfauzi, A., Lampita, F., & Mahendra, M. R. (2022). The Impact of AUKUS in Indonesian Perspective: Regional Military Balance and Security Dilemma. *Jurnal Sentris*, 3(2), 91.
- Ophelia, N., Jandhana, I. B. P., Ruyat, Y., Ayu, M., Hafizah, E., Dewi, J., & Simanjuntak, S. (2024). Study on the Safety of Radioactive Waste Management in the Radiology Laboratory of Indonesian Hospital. *Jurnal Multidisiplin Madani*, 4(6), 750.
- Qosimah, H., Suhatro, B., Marlina, R., & Utara, L. N. (2024). Penilaian Ancaman Tongkok di Laut Natuna Utara Menggunakan Alisis PEST. *Jurnal Maritim Indonesia*, 12(3), 43.
- Rustam, I. (2021). Tantangan ALKI dalam Mewujudkan Cita-cita Indonesia sebagai Poros Maritim Dunia. *Indonesian Perspective*, 1(1), 15.
- Sajidin, M., Saputra, I., & Nofiasari, W. (2023). Strategi Keamanan Maritim Indonesia Dalam Menghadapi Ancaman Kejahatan Transnasional Di Asia Tenggara. *Jurnal Lemhannas RI*, 11(3), 176.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2004 Tentang Tentara Nasional Indonesia (2004).
- Utami, S. T. (2022). Keamanan Regional Asia Tenggara Dan Implementasi Terhadap Ketahanan Wilayah Indonesia Pasca Perjanjian AUKUS. *Jurnal Ketahanan Nasional*, 28(2), 200.
- Widiyanti, N., Studi, P., Hubungan, I., Ilmu, F., Jenderal, U., & Yani, A. (2025). Strategi Pertahanan Indonesia Dalam Menghadapi Kompleksitas Keamanan Kawasan Asia Pasifik Pada Tahun 2019 - 2023. *Jurnal Mahasis Program Studi Hubungan Internasional*, 02(01), 14.
- Wisnubroto, D. S., Zamroni, H., Sumarbagiono, R., & Nurliati, G. (2021a). Challenges of implementing the policy and strategy for management of radioactive waste and nuclear spent fuel in Indonesia. *Nuclear Engineering and Technology*, 53(2), 2.
- Wisnubroto, D. S., Zamroni, H., Sumarbagiono, R., & Nurliati, G. (2021b). Challenges of implementing the policy and strategy for management of radioactive waste and nuclear spent fuel in Indonesia. *Nuclear Engineering and Technology*, 53(2), 549–561.