

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pemanfaatan teknologi nuklir dalam peradaban manusia modern telah membawa transformasi signifikan, hingga merambah secara luas ke bidang penelitian ilmiah, pengembangan energi, industri, dan rekayasa teknologi material. Sebagai tulang punggung inovasi sains di era modern, teknologi ketenaganukliran menawarkan potensi besar eksekusi riset yang presisi tinggi (IAEA, 2018). Di Indonesia, manifestasi dari pemanfaatan teknologi strategis ini diintegrasikan ke dalam berbagai fasilitas penelitian mutakhir yang mengoperasikan reaktor riset dan laboratorium radiokimia. Namun, di balik lompatan manfaat sains dan teknologi yang besar tersebut, terdapat konsekuensi sisa berupa akumulasi limbah nuklir atau radioaktif yang memiliki karakteristik fisik, kimia, dan radiologis yang sangat unik.

Berbeda dengan limbah industri atau domestik pada umumnya, limbah nuklir mengandung zat radioaktif yang memancarkan ionisasi berbahaya secara kontinu (Tsoulfanidis, 2013). Jika tidak dikelola dengan standar proteksi radiasi yang ketat dan akuntabel, sisa material riset ini berpotensi menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan manusia, baik berupa efek jangka panjang seperti kanker dan kerusakan genetik, maupun efek langsung akibat paparan radiasi tinggi, serta kontaminasi lingkungan hidup yang bersifat jangka panjang dan lintas generasi (ICRP, 2007). Limbah radioaktif dikategorikan sebagai eksponen khusus karena sifat peluruhan atomnya yang memancarkan radiasi alfa, beta, maupun gamma. Paparan radiasi eksternal maupun internal yang tidak terkontrol dari sisa zat aktif

ini dapat menembus jaringan tubuh, merusak struktur molekul DNA, dan memicu mutasi genetik fatal hingga kematian sel massal dalam ekosistem sekitar.

Dalam lanskap global, tata kelola material radioaktif merupakan isu geopolitik dan lingkungan yang sangat sensitif karena dampaknya yang melampaui batasbatas administrasi wilayah, sehingga menuntut pengawasan ketat berskala internasional di bawah standardisasi *International Atomic Energy Agency* (IAEA, 2006). Di Indonesia, kerangka yuridis sebenarnya telah memberikan mandat yang jelas melalui Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2013 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif, di mana setiap institusi penghasil wajib melakukan manajemen limbah secara terintegrasi mulai dari pemilahan di sumber, pengolahan, hingga penyimpanan sementara, sebelum diserahkan kepada lembaga pelaksana otoritatif untuk penyimpanan lestari (Indonesia, 2013). Namun, pada praktiknya, implementasi aturan makro tersebut sering kali menghadapi benturan dinamis antara standar ideal regulasi dengan realitas operasional di lapangan, baik dari aspek kecukupan sumber daya, kejelasan saluran komunikasi, komitmen disposisi pelaksana, hingga kompleksitas struktur birokrasi (Edward III, 1980).

Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), sebagai lembaga negara tunggal yang menaungi seluruh aktivitas riset strategis dan mengoperasikan reaktor nuklir riset di Indonesia (Presiden RI Tahun 2021 Tentang Badan Riset Inovasi Nasional), memegang tanggung jawab institusional yang sangat besar. BRIN dituntut untuk memastikan bahwa seluruh regulasi nasional dan internasional dapat dioperasionalkan secara konkret dalam aktivitas litbang harian. Urgensi pengawasan ini semakin nyata mengingat insiden kontaminasi lingkungan akibat

material radioaktif Cesium137 seperti yang pernah memicu kegentingan di kawasan permukiman dan industri Batan Indah serta area Cikande, menjadi bukti empiris betapa fatalnya dampak yang ditimbulkan apabila terjadi celah dalam rantai pengawasan dan pengelolaan limbah berbahaya (BAPETEN, 2016). Lokasi fasilitas nuklir yang berdekatan dengan aktivitas masyarakat urban menambah urgensi mutlak keamanan pengelolaan limbah demi mencegah terulangnya insiden serupa.

Urgensi penelitian ini bertumpu pada fakta bahwa tata kelola teknologi berisiko tinggi (*highrisk technology*) memerlukan mekanisme administrasi publik yang ekstra presisi demi menjamin keselamatan publik dan integritas ekologis. Setiap bentuk kegagalan sistemik atau ketidakpatuhan terhadap regulasi pengelolaan limbah radioaktif di lembaga riset negara tidak hanya mengancam keselamatan para pekerja radiasi dan masyarakat sekitar, tetapi juga dapat mencederai kredibilitas tata kelola sains nasional di mata publik internasional serta berkontribusi pada kerentanan ekologis jangka panjang.

Oleh karena itu, diperlukan sebuah kajian administrasi publik yang mendalam untuk membedah secara komprehensif bagaimana kebijakan pengelolaan limbah nuklir ini diimplementasikan dalam struktur birokrasi lembaga riset nasional. Melalui pendekatan kualitatif, fenomena administratif ini akan digali secara mendalam untuk menemukan akar permasalahan serta faktor-faktor determinan yang memengaruhi pelaksanaan regulasi di lapangan (Creswell & Poth, 2018).

Hasil dari kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah bagi literatur kebijakan publik, sekaligus menjadi bahan evaluasi strategis bagi manajemen lembaga riset dalam memperkuat sistem keselamatan radiasi mereka. Bagi otoritas pengawas dan pembuat kebijakan, temuan empiris dari lapangan ini diharapkan dapat memberikan masukan berharga dalam merumuskan kerangka regulasi teknis yang lebih aplikatif, adaptif, dan mendukung penguatan kapasitas institusi dalam menghadapi tantangan manajemen limbah berbahaya di masa depan. Dengan sistem implementasi kebijakan pengelolaan limbah nuklir yang kuat, maka akselerasi kemajuan riset sains nasional dapat terus berjalan tanpa harus mengorbankan keselamatan petugas, masyarakat, maupun kelestarian lingkungan hidup.

Berdasarkan pemaparan fenomena, tantangan implementasi, dan urgensi kebijakan di atas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mendalam yang dituangkan dalam judul: **“Implementasi Kebijakan Pengelolaan Limbah Nuklir di Badan Riset dan Inovasi Nasional”**.

B. Identifikasi Masalah

1. Hambatan Transmisi dan Kejelasan Informasi (Komunikasi): Adanya potensi ketidaksinkronan dalam penyampaian informasi mengenai Standar Operasional Prosedur (SOP) pengelolaan limbah radioaktif dari pihak manajemen pusat BRIN kepada para periset dan teknisi di laboratorium, yang berisiko menyebabkan salah penafsiran dalam penanganan material aktif di lapangan.

2. Keterbatasan Dukungan Fasilitas dan Tenaga Ahli (Sumber Daya): Masih terdapat kendala dalam pemenuhan sumber daya pendukung spesifik, seperti terbatasnya jumlah Petugas Proteksi Radiasi (PPR) tingkat reaktor/industri yang memiliki izin resmi, serta kapasitas fasilitas penyimpanan sementara limbah radioaktif yang harus selalu menyesuaikan dengan fluktuasi volume sisa material riset.
3. Variabilitas Komitmen dan Kepatuhan Pelaksana (Disposisi): Munculnya tantangan dalam menjaga konsistensi sikap dan kedisiplinan para peneliti maupun laboran untuk tetap patuh pada protokol keselamatan radiasi yang ketat, di tengah tingginya tekanan target luaran riset dan rumitnya prosedur administratif kedaruratan.
4. Kompleksitas Koordinasi dan Alur Birokrasi (Struktur Birokrasi): Belum optimalnya hubungan koordinasi struktural antar-deputi atau pusat riset selaku penghasil limbah dengan unit pengawas keselamatan kerja internal, serta adanya alur birokrasi yang kompleks yang berpotensi menyebabkan saling lempar tanggung jawab dalam pengawasan limbah dari hulu ke hilir.

C. Rumusan Masalah

1. Bagaimana komunikasi dalam implementasi kebijakan pengelolaan limbah nuklir di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dilaksanakan?
2. Bagaimana pemenuhan dan pemanfaatan sumber daya dalam implementasi kebijakan pengelolaan limbah nuklir di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)?

3. Bagaimana disposisi atau sikap para aktor pelaksana dalam pengelolaan limbah nuklir di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)?
4. Bagaimana struktur birokrasi dan koordinasi dalam pengelolaan limbah nuklir di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dilaksanakan?

D. Tujuan Penelitian

1. Untuk menganalisis pelaksanaan komunikasi dalam implementasi kebijakan pengelolaan limbah nuklir di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN).
2. Untuk menganalisis pemenuhan dan pemanfaatan sumber daya dalam implementasi kebijakan pengelolaan limbah nuklir di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN).
3. Untuk menganalisis disposisi atau sikap para aktor pelaksana dalam pengelolaan limbah nuklir di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN).
4. Untuk menganalisis struktur birokrasi dan koordinasi dalam pengelolaan limbah nuklir di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN).

E. Manfaat dan Kegunaan Hasil Penelitian

1. Manfaat Teoretis

Secara teoretis, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan kajian ilmu Administrasi Publik, khususnya mengenai diskursus implementasi kebijakan publik pada sektor teknologi berisiko tinggi (*high-risk technology*) dan manajemen lingkungan. Dengan berlandaskan secara penuh pada Model Implementasi Kebijakan George C. Edward III, penelitian ini menawarkan kerangka analisis yang terstruktur untuk menguji bagaimana dinamika internal birokrasi yang meliputi

aspek komunikasi, sumber daya, disposisi, dan struktur organisasi mempengaruhi keberhasilan eksekusi suatu regulasi di lapangan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkaya referensi ilmiah mengenai cara regulasi nasional ketenaganukliran diterjemahkan ke dalam tata kelola operasional yang akuntabel di lembaga riset negara, serta menjadi referensi bagi studi akademis mendatang terkait manajemen kebijakan lingkungan hidup.

2. Manfaat Praktis

Secara praktis, penelitian ini memberikan kontribusi dan rekomendasi nyata bagi berbagai pemangku kepentingan yang terlibat langsung dalam tata kelola limbah radioaktif di Indonesia. Bagi Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran empiris yang objektif mengenai pelaksanaan kebijakan pengelolaan limbah nuklir di tingkat organisasi kelembagaan. Temuan penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan evaluasi internal dalam memperkuat dokumen Standar Operasional Prosedur (SOP), memperjelas pembagian peran, wewenang, dan tanggung jawab tata kerja, serta meningkatkan efektivitas koordinasi birokrasi lintas deputy atau pusat riset yang terlibat dalam penanganan material radioaktif. Bagi manajemen keamanan dan keselamatan kerja di lingkungan BRIN, penelitian ini memberikan kegunaan praktis dalam mengidentifikasi kesiapan sumber daya operasional, baik dari segi kompetensi serta ketercukupan Petugas Proteksi Radiasi (PPR) tingkat reaktor maupun ketersediaan sarana fisik prasarana penunjang. Dengan memahami berbagai faktor pendukung dan penghambat implementasi kebijakan ini, pihak manajemen dapat merencanakan penguatan kapasitas pelaksana secara lebih terarah

demikian meningkatkan kepatuhan berkelanjutan terhadap ketentuan keselamatan radiasi. Selain itu, bagi instansi regulator seperti Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) dan otoritas kementerian terkait, hasil penelitian ini dapat menjadi bahan masukan berharga untuk mengevaluasi efektivitas instrumen kebijakan pengelolaan limbah radioaktif tingkat nasional pada level unit pelaksana teknis. Hasil analisis data dan dokumentasi ini dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam penyusunan regulasi turunan, penguatan mekanisme pengawasan berkala, serta optimalisasi pola pembinaan kepada lembaga riset negara agar implementasi kebijakan pengelolaan limbah nuklir dapat berjalan secara optimal sesuai dengan prinsip keselamatan lingkungan hidup.

3. Manfaat Bagi Peneliti Lain

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penting bagi perkembangan studi selanjutnya, khususnya dalam bidang administrasi publik, kebijakan lingkungan, dan manajemen risiko teknologi tinggi. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai salah satu referensi data empiris bagi peneliti lain yang ingin mengkaji dinamika implementasi kebijakan pengelolaan limbah radioaktif pada lembaga riset pemerintahan atau sektor industri strategis dengan menggunakan pendekatan kualitatif.

Selain itu, penelitian ini menyediakan pemodelan kerangka analisis yang berfokus penuh pada Model George C. Edward III, sehingga dapat diaplikasikan, diuji, atau dikembangkan lebih lanjut oleh peneliti lain pada konteks instalasi nuklir komersial, jenis limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), maupun organisasi sektor publik yang memiliki karakteristik risiko tinggi serupa. Temuan dalam

penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai bahan studi komparatif (*comparative study*) bagi penelitian sejenis di berbagai instansi pemerintah atau daerah yang berbeda.

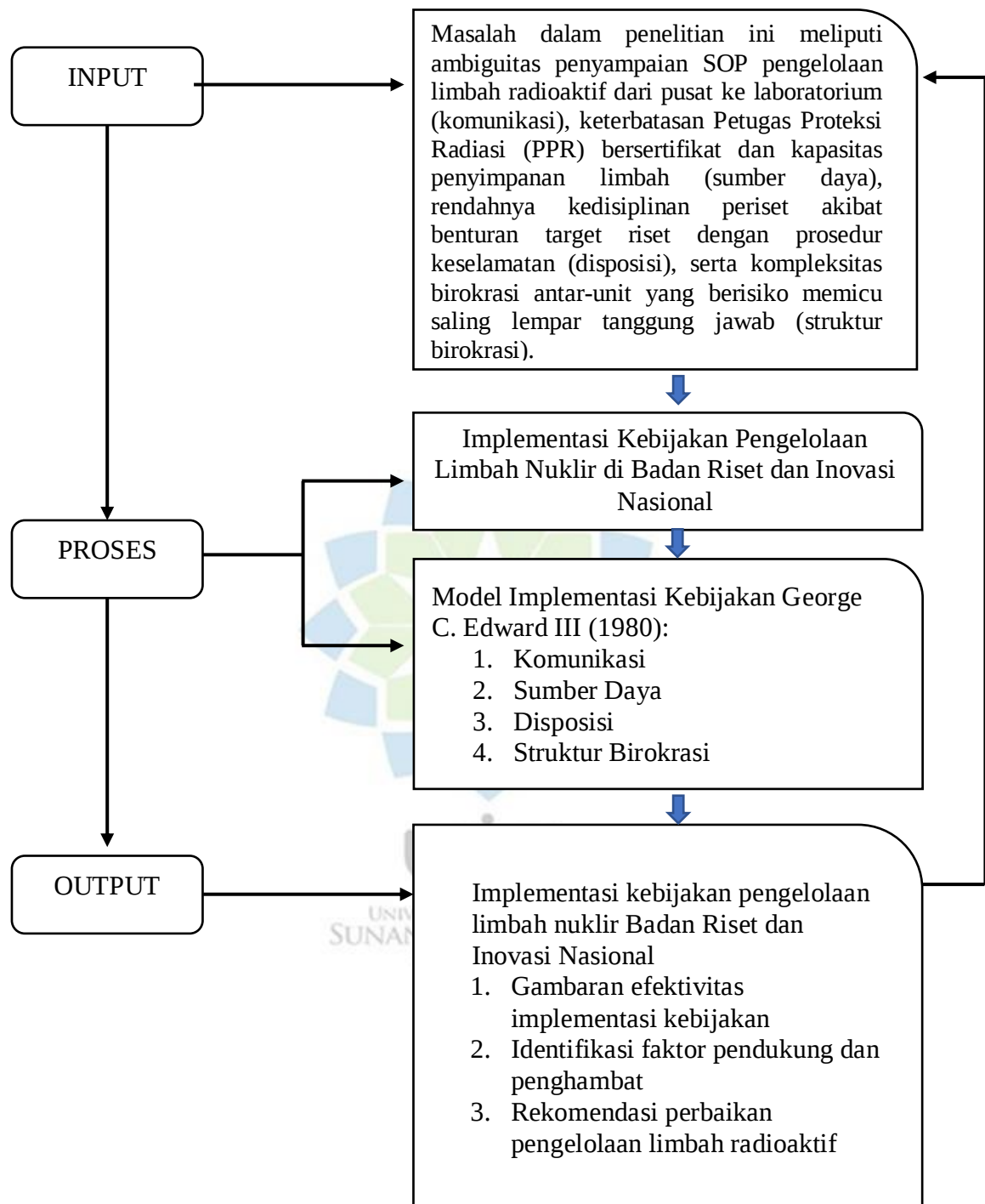
Kajian ini juga membuka peluang akselerasi riset lanjutan yang lebih spesifik, seperti evaluasi efektivitas jaring regulasi ketenaganukliran nasional, tata kelola kolaboratif lintas lembaga negara, serta studi mengenai penguatan kapasitas adaptasi organisasi birokrasi dalam menghadapi tantangan manajemen limbah berbahaya di masa depan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan mampu memperkaya khazanah keilmuan administrasi publik dan menjadi dasar bagi pengembangan penelitian yang lebih mendalam, komprehensif, serta relevan dengan perkembangan zaman.

F. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir penelitian ini disusun berdasarkan kondisi faktual yang menempatkan tata kelola sisa material aktif sebagai isu krusial dalam domain administrasi publik dan manajemen lingkungan hidup strategis. Pemanfaatan teknologi ketenaganukliran di berbagai laboratorium dan instalasi reaktor riset Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) secara konsisten menghasilkan sisa material aktif atau limbah radioaktif tingkat rendah dan tingkat sedang yang memiliki risiko radiologis tinggi. Oleh karena itu, pengelolaannya tidak dapat lagi dipandang secara sempit sebagai persoalan teknis-laboratorium semata, melainkan harus diposisikan sebagai perwujudan konkret dari implementasi kebijakan publik yang menuntut adanya tanggung jawab institusional demi menjamin keselamatan

pekerja radiasi, perlindungan masyarakat urban, serta stabilitas ekosistem jangka panjang.

Dalam membedah fenomena tersebut, penelitian ini menggunakan alur analisis teoretis yang terstruktur. Pada tingkat makro, teori implementasi kebijakan publik yang dikembangkan oleh Edward III (1980) diadopsi penuh guna membedah realitas birokrasi institusi secara mendalam. Perspektif ini memposisikan bahwa keberhasilan eksekusi kebijakan pengelolaan limbah radioaktif di lingkungan BRIN sangat dipengaruhi oleh jalinan dinamis empat variabel utama, yaitu efektivitas komunikasi regulasi, kecukupan input sumber daya manusia dan sarana fasilitas penunjang, disposisi atau komitmen moral para aktor pelaksana hulu, serta kejelasan koordinasi dalam struktur birokrasi organisasi. Keempat dimensi ini bertindak sebagai mesin penggerak administratif utama yang menentukan seberapa optimal regulasi nasional yang bersifat abstrak dapat ditransformasikan menjadi aksi konkret yang akuntabel pada level operasional kelembagaan.



Gambar 1 Kerangka Berpikir Penelitian

Sumber: Diolah Peneliti, 2026