



Pengembangan Teknologi Reaksi Fusi Menuju Sumber Energi Tak Terbatas dan Ramah Lingkungan

Amirul Hidayat¹, Najwa Salsabilah Tasnim²

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta
Jl. Laksda Adisucipto, Papringan, Caturtunggal, Kec. Depok, Kab. Sleman, Prov. Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

*email: anisanurrosyfawati@gmail.com

ABSTRACT

This research will focus on the development of fusion reaction technology towards an unlimited and environmentally friendly energy source. This research aims to identify and explain the basic principles of fusion reactions that can be effectively applied to produce stable and sustainable energy, the main technical challenges in the development and operation of fusion reactors, assess the impact of using fusion reaction technology on the environment, and what students can do in developing this technology. The method used in this research is descriptive qualitative method with data acquisition through literature study. The results showed that the basic principle of fusion reactions involves combining light atomic nuclei, such as deuterium and tritium to form heavier nuclei and releasing large amounts of energy. In addition, there are major technical challenges in the development of fusion reactors, namely plasma stability, confinement efficiency, material handling that can withstand extreme conditions, tritium fuel availability, and radioactivity. Fusion energy is environmentally friendly and does not cause house gas emissions. In this case, students as agents of change can conduct further research and develop materials that can reduce the production costs of this technology. Fusion energy has great potential to become a stable, sustainable and environmentally friendly future energy source. This research is expected to add insight into fusion reactors, material science, plasma physics, and energy economics. Future research is expected to be able to create technological innovations from sustainable renewable energy and fulfill global energy without damaging the environment.

Key word: Technology, Energy, Fusion, Environment

ABSTRAK

Penelitian ini akan berfokus pada pengembangan teknologi reaksi fusi menuju sumber energi yang tidak terbatas dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menjelaskan mengenai prinsip dasar reaksi fusi yang dapat diterapkan secara efektif untuk menghasilkan energi yang stabil dan keberlanjutan, tantangan teknis utama dalam pengembangan dan operasi reaktor fusi, menilai dampak penggunaan teknologi reaksi fusi terhadap lingkungan, dan hal yang dapat dilakukan mahasiswa dalam pengembangan teknologi ini. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kualitatif dengan perolehan data melalui studi literatur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prinsip dasar reaksi fusi melibatkan penggabungan inti atom ringan, seperti *deuterium* dan *tritium* untuk membentuk inti yang lebih berat dan melepaskan energi dalam jumlah besar. Selain itu, terdapat tantangan teknis utama dalam pengembangan reaktor fusi yaitu stabilitas plasma, efisiensi konfinemen, penanganan material yang tahan terhadap kondisi ekstrem, ketersediaan bahan

bakar tritium, dan radioaktif. Energi fusi termasuk energi yang ramah lingkungan dan tidak menimbulkan emisi gas rumah. Dalam hal ini, mahasiswa sebagai *agent of change* dapat melakukan penelitian lebih lanjut dan mengembangkan material yang dapat mengurangi biaya produksi teknologi ini. Energi fusi memiliki potensi besar untuk menjadi sumber energi masa depan yang stabil, berkelanjutan, dan ramah lingkungan. Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan mengenai reaktor fusi, ilmu material, fisika plasma, dan ekonomi energi. Penelitian selanjutnya diharapkan mampu menciptakan inovasi teknologi dari energi terbarukan yang berkelanjutan dan memenuhi energi global tanpa merusak lingkungan.

Kata Kunci: *Teknologi, Energi, Fusi, Lingkungan*

PENDAHULUAN

Di zaman sekarang, penggunaan energi terbarukan telah menjadi solusi yang memungkinkan dalam mengatasi berbagai krisis energi terutama di Indonesia. Laporan unggulan Institute Essential Services Reform (IESR) berjudul Indonesia Energy Transition Outlook (IETO) 2023 telah menjadikan permasalahan ini sebagai pembahasan utama. IETO 2023 menyatakan bahwa adanya kerentanan dalam hal ketahanan energi berbasis fosil sebagai dampak dari krisis energi global. Hal ini terjadi di beberapa negara, termasuk Indonesia. Bauran energi yang terkandung dalam energi fosil ada di Indonesia sebesar 67%. Menghadapi hal tersebut, pemerintah perlu segera melakukan optimalisasi pemanfaatan energi terbarukan menggantikan energi berbasis fosil.

Energi terbarukan merupakan energi yang diperoleh secara ilmiah dan tidak akan pernah habis. Hal tersebut mengacu pada pemanfaatan reaksi fusi dalam menciptakan energi yang terbarukan. "Energi nuklir fusi akan menjadi andalan sumber daya energi yang tak terbatas, di mana sumber-sumber lain sudah menipis" (Santoso, 2015). Energi Fusi merupakan proses di mana dua inti atom ringan bergabung untuk membentuk inti yang lebih berat, melepaskan sejumlah besar energi dalam prosesnya. Reaksi ini terjadi di

inti bintang, termasuk matahari kita, dan menjadi sumber energi yang sangat besar. Dalam beberapa dekade terakhir, para ilmuwan dan insinyur telah berusaha untuk mereplikasi proses ini di bumi sebagai cara untuk menghasilkan energi yang bersih, aman, dan hampir tidak terbatas. Potensi reaksi fusi sangat menarik karena bahan bakarnya, yaitu deuterium dan tritium, tersedia melimpah di air laut dan tidak menghasilkan emisi karbon yang merusak lingkungan.

Meskipun potensi energi fusi sangat besar, mengendalikan reaksi ini dalam kondisi terestrial bukanlah tugas yang mudah. Tantangan teknik utama adalah mencapai dan mempertahankan suhu dan tekanan yang sangat tinggi yang diperlukan untuk reaksi fusi terjadi. Beberapa teknologi, seperti tokamak dan stellarator, telah dikembangkan untuk mengatasi tantangan ini dengan menggunakan medan magnet yang kuat untuk menahan plasma yang sangat panas. Selain itu, pendekatan lain seperti inersial konfinemen yang menggunakan laser intensitas tinggi juga sedang dieksplorasi. Proyek proyek besar seperti ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) merupakan upaya kolaboratif internasional yang ditujukan untuk

membuktikan kelayakan energi fusi sebagai sumber energi komersial.

Keuntungan potensial dari energi fusi meliputi tidak adanya emisi gas rumah kaca selama operasi, minimalnya limbah radioaktif dibandingkan dengan reaktor fisi nuklir, dan keamanan yang lebih tinggi karena reaksi fusi tidak dapat menyebabkan kecelakaan nuklir seperti yang terjadi pada reaktor fisi. Selain itu, sumber bahan bakar untuk fusi, terutama *deuterium* yang di ekstraksi dari air laut, sangat melimpah dan hampir tidak habis. Namun, sebelum energi fusi dapat menjadi bagian dari jaringan energi global, masih ada sejumlah tantangan yang perlu diatasi, termasuk efisiensi energi, stabilitas plasma, dan biaya pembangunan serta operasional reaktor fusi. Penelitian dan pengembangan terus berlanjut untuk mengatasi tantangan ini dan membawa untuk mendekati kenyataan.

Penelitian ini akan berfokus pada pengembangan teknologi reaksi fusi menuju sumber energi yang tidak terbatas dan ramah lingkungan. Untuk itu, diperlukan analisis strategi yang terstruktur. Hal ini dapat berupa langkah-langkah yang dijalankan, penunjang seperti teknologi yang digunakan, hingga bahan yang digunakan. Tentunya, diperhatikan juga pada peningkatan stabilitas plasma dan efisiensi konfinemen menggunakan perangkat seperti tokama dan stellarator, serta eksplorasi metode inovatif seperti inersial konfinemen fusi. Selain itu, pengembangan material tahan panas dan radiasi yang mampu menahan kondisi ekstrem dalam reaktor fusi menjadi prioritas utama. Penelitian juga harus mencakup

optimasi produksi dan penanganan bahan bakar fusi, khususnya *tritium*, di mana untuk memastikan keberlanjutan operasional. Aspek ekonomi analisis biaya benefit dari pembangunan dan operasional reaktor fusi perlu diteliti secara mendalam untuk memastikan untuk kelayakan komersial. Di samping itu, dampak lingkungan dan strategi mitigasi harus dievaluasi untuk memastikan teknologi ini benar-benar ramah lingkungan. Dengan fokus yang tepat pada bidang ini, penelitian dapat mempercepat realisasi energi fusi sebagai sumber energi masa depan yang bersih dan tak terbatas.

Sejauh ini, penelitian yang membahas tentang pengembangan energi terbarukan telah banyak dilakukan. Akan tetapi, penelitian yang membahas tentang pengembangan energi dari reaksi fusi belum banyak dilakukan. Stabilitas dan kontrol plasma pada suhu dan tekanan ekstrem diperlukan untuk mencapai reaksi fusi. Sampai saat ini, meskipun reaktor seperti tokamak dan stellarator menunjukkan hasil yang menjanjikan, masih ada tantangan dalam mempertahankan plasma tetap stabil dalam jangka waktu yang lama dan mencegah kebocoran energi. Ada hal lain lagi, yaitu biaya pembangunan dan operasional reaktor fusi masih sangat tinggi, sehingga penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengembangkan metode yang lebih efisien dan ekonomis. Selain itu, ada juga kebutuhan mendesak untuk mengatasi terkait bahan bakar, dalam produksi dan penanganan *tritium* yang langka dan radioaktif. Di sisi regulasi dan kebijakan. Masih terdapat ketidakpastian tentang

bagaimana energi fusi diintegrasikan ke dalam sistem energi global, yang memerlukan kajian tentang aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan.

Dengan populasi dunia yang terus bertambah dan permintaan energi yang meningkat, ketergantungan pada sumber energi konvensional tidak lagi dapat dipertahankan tanpa merusak lingkungan secara signifikan. Penelitian mengenai pengembangan reaksi fusi ini sangat penting dan menarik untuk dianalisis. Tentunya dengan adanya strategi dalam pengembangan energi ini akan membuat Indonesia bahkan dunia tidak begitu khawatir mengenai sumber daya alam yang terbatas, emisi karbon, dan limbah radioaktif. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat menambah wawasan yang bermanfaat dalam bidang inovasi energi terbarukan. Hal ini tentunya dapat menjadi peluang bagi para peneliti untuk menciptakan energi yang ramah lingkungan. Bahkan dapat memberikan dukungan terhadap transisi global menuju sistem energi yang lebih hijau dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian yang menggunakan metode deskriptif kualitatif. Penyajian data dilakukan dalam bentuk kalimat, pemaparan, dan gambar. Penggunaan metode deskriptif dalam penelitian ini diyakini dapat menguraikan secara lebih jelas mengenai pengembangan teknologi reaksi fusi menuju sumber energi yang tidak terbatas dan ramah lingkungan. Dalam penelitian ini, reaksi fusi menjadi subjek penelitian. Tentunya, topik bahasan

utama dalam penelitian ini berkaitan dengan reaksi fusi. Pengembangan

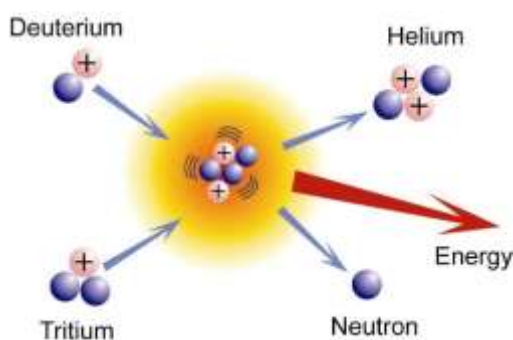
Selanjutnya, dalam penelitian ini terdapat data primer dan sekunder. Proses perolehan data primer dilakukan dengan mengamati berbagai teknologi dari energi terbarukan yang telah dikembangkan saat ini, sedangkan data sekunder melalui studi literatur seperti buku, jurnal, artikel, dan penelitian terdahulu. Proses pengumpulan data yang mendukung penelitian ini dilakukan dengan mengidentifikasi berbagai data dari sumber literatur yang berkaitan dengan pengembangan teknologi terbarukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian tentang pengembangan teknologi reaksi fusi memiliki potensi besar untuk menghasilkan energi yang stabil dan keberlanjutan. Melalui berbagai eksperimen dan analisis, prinsip dasar reaksi fusi berhasil diterapkan untuk menghasilkan energi yang signifikan. Hasil dan pembahasan akan mencakup penerapan prinsip dasar reaksi fusi untuk energi yang stabil dan berkelanjutan, berbagai tantangan teknis dalam pengembangan dan operasi reaktor fusi, dampak penggunaan teknologi fusi terhadap lingkungan, dan hal yang dapat dilakukan mahasiswa dalam pengembangan teknologi ini.

Penerapan Prinsip Dasar Reaksi Fusi untuk Energi yang Stabil dan Berkelanjutan

Prinsip dasar reaksi fusi melibatkan penggabungan inti atom ringan, seperti *deuterium* dan *tritium*, untuk membentuk inti yang lebih berat dan melepaskan energi dalam jumlah besar. Berikut adalah gambaran proses terjadinya reaksi fusi.



Gambar 1. Reaksi Fusi (Sumber: Wordpress.com)

Eksperimen di Joint European Torus (JET) menunjukkan bahwa dengan menggunakan bahan bakar deuterium-tritium pada suhu ekstrem 150 derajat celsius, Energi sebesar 69 megajoule dapat dihasilkan. Ini merupakan pencapaian signifikan dalam menunjukkan bahwa dengan kontrol yang tepat terhadap suhu dan tekanan, reaksi fusi dapat menghasilkan energi dalam jumlah besar secara stabil. Lalu, penggunaan medan magnet untuk konfinemen plasma dalam tokamak dan stellarator memainkan peran kunci dalam mencapai kondisi reaksi fusi. Dalam hal ini, medan magnet digunakan untuk mengungkung plasma yang mengalami

reaksi fusi. Medan magnet dapat membuat plasma agar berputar dan dipanaskan sehingga mencapai suhu yang sangat tinggi. Dalam menghasilkan reaksi fusi yang stabil, suhu dan tekanan harus dikontrol dengan sangat hati-hati. Suhu harus mencapai 107-108 K untuk mengionisasi atom-atom menjadi plasma yang dapat dikungkung menggunakan medan magnet.

Teknologi tokamak seperti Experimental Advanced Superconducting Tokamak (EAST) di China dan JT-60SA di Jepang yang digunakan untuk menghasilkan plasma dengan dipanaskan hingga mencapai suhu 200 K dan dipanaskan dengan energi yang sangat tinggi. Kemudian, plasma ini akan mengalami reaksi fusi, menghasilkan energi yang stabil dan berkelanjutan. Teknologi tokamak sendiri adalah sebuah mesin yang memproduksi medan magnet berbentuk torus untuk mengurung plasma. Alat ini termasuk salah satu bentuk dari alat pengurung plasma, dan merupakan alat yang paling banyak diteliti untuk memproduksi tenaga fusi termonuklir terkendali. Saat ini, tokamak terbesar adalah ITER yang berasal dari Prancis.

ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) merupakan sebuah reaktor fusi nuklir yang sedang dibangun di Marseille, Prancis. Pembangunan ini sebagai bagian dari proyek internasional untuk mengembangkan teknologi fusi nuklir. Adapun peran ITER dalam menghasilkan energi dari fusi nuklir:

1. Menghasilkan plasma yang dipanaskan hingga suhunya 150 juta derajat celcius agar menghasilkan reaksi fusi dengan bantuan teknologi tokamak.
2. Menghasilkan medan magnet yang digunakan untuk menghambat plasma dan mempertahankan kondisi yang sesuai dalam reaksi fusi. ITER mempunyai magnet paling kuat di dunia yang dapat menghasilkan medan magnet dengan kekuatan 280 ribu kali lebih kuat yang ada di sekitar bumi ini.
3. Mengkonversi energi panas menjadi energi listrik.
4. Menghasilkan energi listrik yang disalurkan ke jaringan listrik agar dapat digunakan menjadi energi yang bersih, efisien, dan ramah lingkungan.

Pengembangan teknologi fusi nuklir masih dalam tahap pengembangan dan membutuhkan penelitian lebih lanjut untuk memahami dampak yang diberikan pada lingkungan dan terjaminnya keamanan dalam penggunaan teknologi ini. Selain itu, eksperimen yang dilakukan National Ignition Facility (NIF) menunjukkan keberhasilan mencapai *ignition*, di mana reaksi fusi menghasilkan banyak energi daripada yang digunakan untuk memulai reaksi. Hasil ini memberikan bukti kuat bahwa fusi dapat menjadi sumber energi yang praktis dan berkelanjutan.

Meskipun demikian, efisiensi dan stabilitas reaktor fusi dalam jangka panjang masih harus ditingkatkan. Masih banyak

penelitian yang diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan stabilitas reaktor fusi dalam jangka panjang. Pengembangan teknologi konfinemen dan material harus terus dilakukan. Selain itu, penerapan prinsip dasar reaksi fusi dapat lebih efektif dalam menghasilkan energi yang stabil dan keberlanjutan.

Tantangan Teknis Dalam Pengembangan dan Operasi Reaktor Fusi

Tantangan teknis utama dalam pengembangan reaktor fusi meliputi stabilitas plasma, efisiensi konfinemen, dan penanganan material yang tahan terhadap kondisi ekstrem. Stabilitas plasma adalah salah satu masalah terbesar, karena plasma harus dipertahankan pada suhu dan tekanan yang sangat tinggi agar reaksi fusi dapat terjadi secara keberlanjutan. Eksperimen dalam proyek ITER dan NIF menunjukkan kemajuan dalam mengatasi beberapa tantangan ini dengan mencapai suhu plasma yang diperlukan dan mendemonstrasikan *ignition*. Penggunaan material baru yang mampu menahan radiasi neutron dan suhu tinggi juga menjadi kunci dalam meningkatkan ketahanan dan efisiensi reaktor fusi. Studi tentang material seperti *tungsten* dan *carbon-fiber composites* menunjukkan bahwa material ini dapat bertahan dalam kondisi ekstrem yang diperlukan untuk reaksi fusi. Efisiensi konfinemen plasma juga telah meningkat dengan pengembangan teknologi medan magnet yang lebih kuat dan stabil. Berikut adalah gambar dari reaktor fusi.



Gambar 2. Reaktor Fusi (Sumber: Kompas.com)

Namun, tantangan dalam mengelola bahan bakar *tritium* yang lumayan langka dan radioaktif tetap menjadi masalah yang perlu diatasi. "Ketersediaan deuterium di alam sangat melimpah sedangkan *tritium* terbatas" (Ali, 2017). Oleh karena itu, keterbatasan jumlah *tritium* membuat pengembangan operasi reaktor fusi terhambat. Kelangkaan ini juga menjadi tantangan teknis yang perlu dikaji lebih lanjut terkait solusi pengelolaan bahan bakar *tritium* ini.

Selain itu, biaya untuk pengembangan dan operasi reaktor fusi ini menjadi salah satu tantangan yang perlu dihadapi juga. Pengembangan dan operasi reaktor fusi membutuhkan biaya yang cukup besar dan perlunya efisiensi yang tinggi dalam menghasilkan energi yang efektif. Untuk itu, biaya dan efisiensi harus dipertimbangkan dalam pengembangan reaktor fusi agar memastikan keberlanjutan proyek sehingga proyek tetap berjalan hingga akhir dan tidak berhenti di tengah-tengah.

Penelitian lebih lanjut sangat diperlukan untuk mengembangkan metode

yang lebih efisien. Selain itu, keamanan dalam produksi dan penanganan *tritium* juga perlu dikembangkan. Teratasinya tantangan-tantangan ini membuat reaktor fusi dapat menjadi lebih efisien dan ekonomis. Dengan demikian, proses pengoperasian reaktor fusi berjalan dengan lancar.

Dampak Penggunaan Teknologi Fusi terhadap Lingkungan

Dampak penggunaan teknologi fusi terhadap lingkungan jauh lebih rendah dibandingkan sumber energi konvensional seperti bahan bakar fosil dan fisi nuklir. "Reaktor fusi akan memproduksi energi dengan memanfaatkan bahan bakar yang sangat murah dan terdapat di alam dalam jumlah yang sangat melimpah" (Akhadi, 1999). Berdasarkan hal tersebut, reaktor dalam reaksi fusi memanfaatkan bahan yang ada di alam sehingga ramah lingkungan dan menjadi sumber energi bersih. Reaksi fusi tidak berkontribusi terhadap timbulnya emisi gas rumah kaca yaitu emisi gas yang menyimpan panas di atmosfer bumi dan dapat menimbulkan pemanasan global. Hal itu merupakan keuntungan besar dalam upaya mengurangi perubahan iklim.

Selain itu, limbah radioaktif yang dihasilkan dari reaksi fusi jauh lebih sedikit dan memiliki masa aktif yang lebih pendek dibandingkan dengan limbah dari reaktor fisi. "Reaktor fusi akan memiliki radioaktif yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan reaktor fisi" (Erfiansyah, 2023). Oleh karena itu, limbah radioaktif berbahaya dalam proses penciptaan energi dari reaksi fusi lebih kecil daripada reaksi fisi. Limbah radioaktif

berbahaya berarti limbah yang beracun dan berbahaya. Baik itu berbahaya bagi manusia maupun lingkungan. Limbah radioaktif dapat mencemari tanah, tanaman, air, hingga peralatan lainnya.

Eksperimen menunjukkan bahwa material yang digunakan dalam reaktor fusi, seperti *lithium* untuk menangkap neutron, dapat dikelola dengan lebih aman dan efisien. Teknologi ini juga memiliki keuntungan dalam hal keselamatan, karena reaksi fusi tidak dapat menyebabkan kecelakaan nuklir seperti yang terjadi pada reaktor fisi. Jika terjadi gangguan, plasma dalam reaktor fusi akan mendingin dan reaksi akan berhenti secara alami. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memastikan bahwa semua aspek lingkungan dari teknologi fusi, termasuk produksi dan pembuangan material, dapat dikelola dengan cara yang benar-benar ramah lingkungan. Dengan pendekatan yang tepat, teknologi fusi dapat menjadi solusi energi yang berkelanjutan dan minim dampak negatif terhadap lingkungan.

Melimpahnya energi fusi dapat menjawab permasalahan air bersih dan juga energi listrik. Seiring banyaknya perkembangan dari berbagai energi, energi fusi dapat diubah menjadi suatu bahan bakar. "Ciri utama energi fusi masa depan adalah pengisian bahan bakar unsur kimia ringan dan suhu bahan bakar tinggi" (Entlera et al, 2018). Bahan bakar dari energi fusi ini tentunya berupa bahan bakar cair yang dapat menggantikan BBM (Bahan Bakar Minyak). Penggunaan energi fusi ini dapat mensubstitusi kebutuhan BBM di Indonesia.

Sementara itu, penggunaan teknologi fusi memberikan perubahan dalam yang

ekonomis. Energi fusi sebagai alternatif pengganti energi fosil untuk pusat pembangkit di masa yang akan datang adalah salah satu langkah yang tepat dan efisien. Pada dasarnya, karena cadangan bahan bakar fosil semakin menipis dan penggunaan energi fosil secara besar-besaran akan berdampak lingkungan yang buruk. Adanya teknologi fusi nuklir yang tengah diinovasikan dan dikembangkan ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan energi di Indonesia. Tentunya penerapannya tidak mencemari lingkungan sekitar.

Penelitian ini menunjukkan bahwa energi fusi memiliki potensi besar untuk menjadi sumber energi masa depan yang stabil, berkelanjutan, ramah lingkungan. Akan tetapi, adanya tantangan teknis dan ekonomi masih harus diatasi melalui penelitian dan inovasi lebih lanjut. Dengan dukungan terhadap kebijakan yang tepat dan kolaborasi internasional, teknologi fusi dapat menjadi solusi utama untuk memenuhi kebutuhan energi global yang terus meningkat.

Peran Mahasiswa dalam Pengembangan Teknologi Reaksi Fusi

Dalam melaksanakan perannya sebagai *agent of change*, mahasiswa dapat melakukan riset dan penelitian lebih lanjut mengenai pengembangan reaksi fusi. Mahasiswa dapat berpartisipasi dalam penelitian yang mengembangkan teknologi fusi. Hal ini dapat dilakukan dengan turut mengembangkan dan mengatasi material yang langka dalam proses pengembangan teknologi fusi ini. Mahasiswa melakukan riset material dengan biaya yang lebih murah.

Selain itu, efisiensi reaktor fusi juga perlu ditingkatkan. Mahasiswa juga dapat meningkatkan kemampuannya dalam bidang pengembangan teknologi sehingga membantu dalam peningkatan kualitas teknologi fusi serta mempercepat pengembangan teknologi ini.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah dipaparkan, maka dapat disimpulkan bahwa pengembangan teknologi reaksi fusi menuju sumber energi tak terbatas dan ramah lingkungan merupakan cara yang tepat dalam menghadapi krisis energi saat ini. Dengan mengetahui dan menerapkan prinsip dasar dari reaksi fusi dapat menghasilkan energi yang stabil, ramah lingkungan, dan berkelanjutan. Adanya keterbatasan

teknologi dalam mengembangkan teknologi reaksi fusi ini menjadi hambatan dalam proses pengembangan energi fusi

DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi, M. (1999). *Perkembangan Riset Energi Fusi*. 2, 25.
- Ali, M. (2017). *OPTIMASI FRAKSI BERILIUUM PADA BLANKET REAKTOR FUSI UNTUK MENCAPAI PEMBIAKAN TRITIUM MENGGUNAKAN METODE MONTE CARLO*.
- Entlera, S. , et al. (2018). *Energy. Perkiraan Ekonomi Energi Fusi*, 152, 489–497.
- Erfiansyah, D. (2023). *NUKLIR FUSI: SUMBER ENERGI KOLOSAL*. CV. Jakad Media Publishing.
- Santoso, B. (2015). *JURNAL ILMU DAN BUDAYA. Perkembangan Energi Nuklir Fusi*, 39.

sehingga praktik secara langsung masih kurang. Selain itu, mahasiswa sebagai *agent of change* berupaya membantu pengembangan teknologi reaksi fusi melalui riset.

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam menciptakan inovasi terbaru dari reaksi fusi yang menjadi teknologi dengan adanya berbagai manfaat bagi kehidupan di muka bumi. Selain itu, penelitian di masa yang akan datang akan mendapatkan gambaran mengenai pembaruan teknologi fusi. Inovasi akan sumber energi yang tidak terbatas sangat efektif dalam membantu menunjang kehidupan.