



Review of AC High Voltage Generation Methods: Portable and Economical Generation Approach

Tinjauan Metode Pembangkitan Tegangan Tinggi AC: Pendekatan Pembangkitan yang Portabel dan Ekonomis

Tengku Reza^{1*}, M. Chaisar Al Furqon², Fadilla³, Abdul Aziz⁴, Liliana⁵

^{1,2,3,4,5} Teknik Elektro, UIN Sultan Syarif Kasim Riau, Indonesia

Corresponden E-Mail: ¹12150511389@students.uin-suska.ac.id, ²12150513826@students.uin-suska.ac.id

Makalah: Diterima 19 June 2024; Diperbaiki 27 June 2024; Disetujui 02 September 2024

Corresponding Author: Tengku R.

Abstrak

Meskipun teknologi pembangkitan tegangan tinggi sudah ada, namun penerapannya dalam skala kecil atau portabel masih menjadi tantangan besar. Hal inilah yang mendasari adanya kebutuhan mendesak untuk mengembangkan teknologi pembangkitan tegangan tinggi yang lebih mudah diakses, fleksibel, dan terjangkau, terutama untuk aplikasi lapangan dan perusahaan kecil dan menengah. Penelitian ini mengulas berbagai metode pembangkitan tegangan tinggi AC yang tersedia saat ini dan mengevaluasi potensinya untuk aplikasi yang portabel dan ekonomis. Hasil penelitian menunjukkan; Pertama, penerapan inverter frekuensi tinggi efektif dalam menghasilkan tegangan tinggi dalam rentang 1kV hingga 8kV, dengan keunggulan portabilitas dan biaya rendah. Kedua, pengaplikasian kumparan Tesla dapat mencapai tegangan hingga puluhan kilovolt dengan frekuensi tinggi yang cocok untuk aplikasi portabel. Ketiga, penerapan generator Marx yang efisien dalam menghasilkan pulsa tegangan tinggi, memberikan solusi praktis dengan desain yang kompak. Keempat, penggunaan generator H-Bridge asimetris yang dapat menghasilkan tegangan tinggi dengan kontrol yang fleksibel dan efisien. Kelima, switchable capacitor array memungkinkan penyesuaian tegangan dan frekuensi dengan mudah, menjadikannya alat yang serbaguna. Terakhir, penggunaan dual flyback transformator menawarkan pendekatan praktis dan ekonomis untuk pembangkitan plasma tegangan tinggi sangat berguna dalam aplikasi laboratorium. Dengan memanfaatkan teknologi yang kompak dan relatif murah, penelitian ini memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas dalam pengembangan sistem pembangkit tegangan tinggi untuk keperluan industri dan riset di masa depan.

Keyword: Pembangkit Tegangan Tinggi AC, Portabel, Ekonomis

Abstract

Although high-voltage generation technology already exists, its application in small-scale or portable formats remains a significant challenge. This challenge underscores the urgent need to develop high-voltage generation technologies that are more accessible, flexible, and affordable, particularly for field applications and small to medium-sized enterprises. This study reviews various AC high-voltage generation methods currently available and evaluates their potential for portable and economical applications. The findings are as follows; First, the application of high-frequency inverters is effective in generating high voltages in the range of 1kV to 8kV, offering advantages in portability and low cost. Second, the use of Tesla coils can achieve voltages up to tens of kilovolts with high frequency, making them suitable for portable applications. Third, the implementation of Marx generators, which efficiently produce high-voltage pulses, provides a practical solution with a compact design. Fourth, the use of asymmetric H-Bridge generators allows for the production of high voltages with flexible and efficient control. Fifth, switchable capacitor arrays enable easy adjustment of voltage and frequency, making them a versatile tool. Lastly, the use of dual flyback transformers offers a practical and economical approach to high-voltage plasma generation, which is particularly useful in laboratory applications. By leveraging compact and relatively inexpensive technology, this research has the potential to enhance efficiency and flexibility in the development of high-voltage generation systems for future industrial and research applications.

Keywords: AC High Voltage Generation, Portable, Economical

1. Introduction

Tegangan tinggi dihasilkan oleh peralatan pembangkit tegangan tinggi AC, DC, dan impuls. Namun, peralatan pembangkit yang ada saat ini masih memiliki ukuran besar, sulit digunakan, mahal, dan tidak portabel, sehingga kurang efisien untuk aplikasi praktis [1]. Dengan kata lain, meskipun teknologi untuk menghasilkan tegangan tinggi sudah ada, penerapannya dalam skala kecil atau portabel masih menjadi tantangan besar [2]. Alat-alat ini seringkali tidak praktis untuk digunakan dalam situasi di mana mobilitas dan efisiensi biaya seperti dalam aplikasi lapangan atau penggunaan oleh perusahaan kecil dan menengah. Oleh karena itu, terdapat kebutuhan mendesak untuk mengembangkan teknologi pembangkitan tegangan tinggi yang lebih mudah diakses, fleksibel, dan terjangkau [3].

Beberapa metode untuk menghasilkan tegangan tinggi AC saat ini mencakup penggunaan belitan Fortescue, Trafo Kaskade, Rangkaian Resonan, dan Kumputan Tesla [4]. Belitan Fortescue menggunakan pengaturan khusus dari belitan kawat, sementara Trafo Kaskade meningkatkan tegangan secara bertahap melalui transformator bertingkat. Rangkaian Resonan mencapai tegangan tinggi melalui resonansi antara komponen induktif dan kapasitif, sedangkan Kumputan Tesla menghasilkan tegangan tinggi dengan resonansi listrik frekuensi tinggi. Meskipun efektif, metode-metode ini masih cenderung besar, statis, belum portabel, dan kurang ekonomis, sehingga tidak efisien untuk perangkat yang ringkas dan berbiaya rendah [5].

Penggunaan tegangan tinggi dalam lingkungan laboratorium telah berkontribusi besar terhadap perkembangan teknik tegangan tinggi di Indonesia [6]. Berbagai laboratorium di universitas dan lembaga penelitian telah berhasil melakukan eksperimen dan pengembangan teknologi yang mendorong kemajuan di bidang ini. Eksperimen di laboratorium tidak hanya memperdalam pemahaman tentang prinsip dasar tegangan tinggi tetapi juga memungkinkan penciptaan solusi inovatif yang dapat diterapkan dalam industri. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi metode yang digunakan dalam pembangkitan tegangan tinggi AC yang portabel dan ekonomis dengan tinjauan berbagai *literature review* untuk memberikan kontribusi lebih lanjut untuk memajukan teknologi tegangan tinggi yang lebih mudah diakses dan efisien untuk berbagai aplikasi praktis.

2. Materials and Method

Penelitian dimulai dengan studi literatur untuk memahami berbagai metode pembangkitan tegangan tinggi AC [1]-[17]. Setelah itu, masalah utama terkait ukuran besar, biaya tinggi, dan kurangnya portabilitas diidentifikasi. Data sekunder dikumpulkan, termasuk metode pembangkitan tegangan tinggi AC yang ada dan pendekatan portabel dan ekonomis. Kriteria untuk pembangkitan tegangan tinggi AC yang portabel dan ekonomis kemudian diidentifikasi. Metode-metode dievaluasi apakah sesuai dengan kriteria ini. Jika sesuai, metode yang sama dan terkait dikelompokkan untuk analisis lebih lanjut. Analisis dilakukan untuk menilai portabilitas dan ekonomi masing-masing metode. Kesimpulan diambil untuk menentukan metode terbaik dan memberikan rekomendasi praktis. Berikut adalah *flowchart* metodologi penelitian:

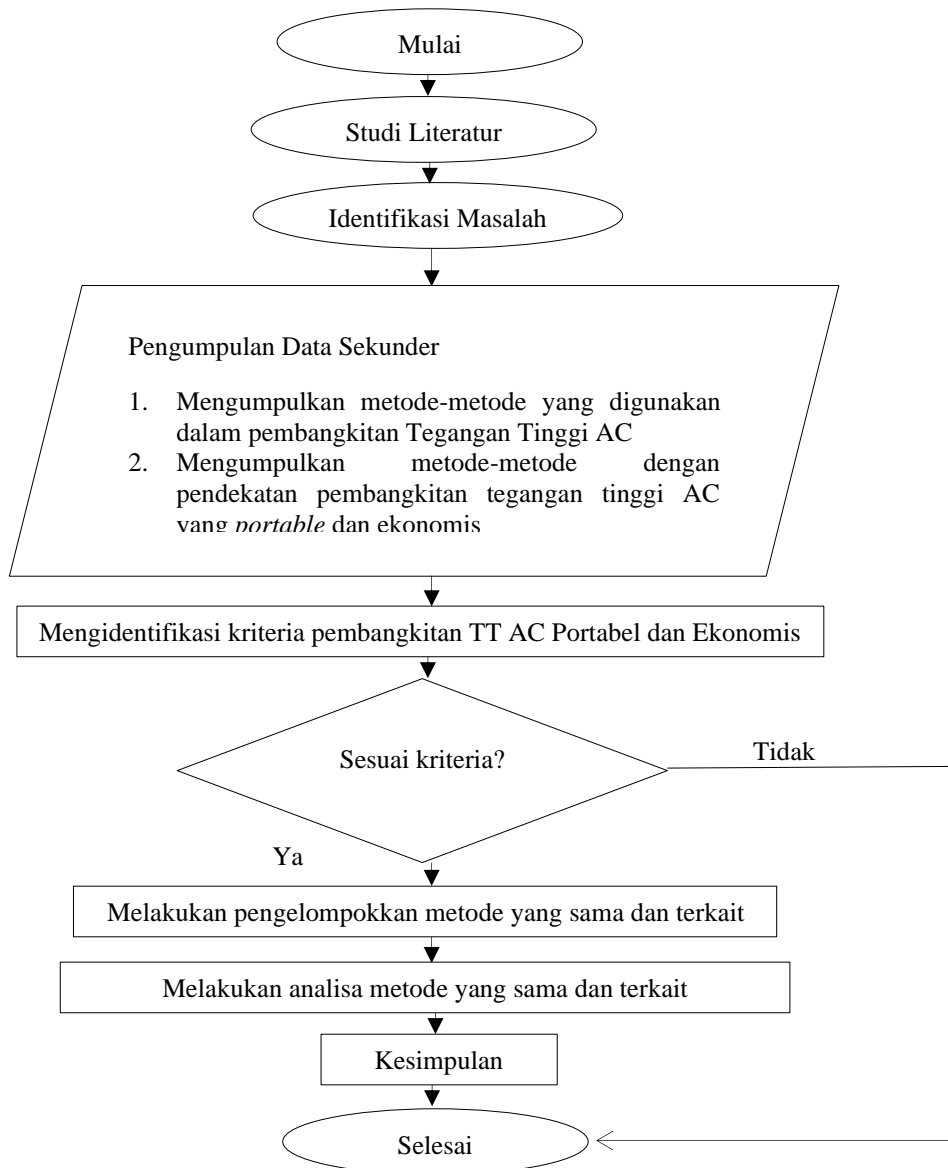


Figure 1. Flowchart Metodologi

3. Results and Discussion

Hasil pencarian *literature* menghasilkan 69 artikel terkait dari tahun 2010 hingga 2024. Dari jumlah tersebut, terdapat 23 artikel yang tidak terkait, sehingga tersisa 46 artikel. Dari 46 artikel tersebut, dilakukan identifikasi dan analisis ulang, namun terdapat sekitar 36 artikel yang pembahasannya tidak terkait dengan topik utama. Akhirnya, dipilih 10 artikel sebagai data dasar informasi tentang pembangkitan tegangan tinggi AC yang portabel dan ekonomis. Berikut adalah metode pembangkitan tegangan tinggi AC melalui pendekatan pembangkitan yang portable dan ekonomis:

3.1 Penerapan Inverter Frekuensi Tinggi

Penerapan inverter frekuensi tinggi adalah salah satu metode dalam penelitian yang dapat menghasilkan tegangan tinggi AC menggunakan inverter *power supply* jenis *half bridge* dengan trafo step up inti ferit. Alat ini mampu menghasilkan tegangan tinggi AC dalam rentang 1kV hingga 8kV. Penggunaan tegangan tinggi ini terbukti efektif dalam menurunkan kandungan gas berbahaya seperti HC, CO, dan CO₂ dalam asap rokok, dengan persentase penurunan yang signifikan [7].

Alat pembangkit tegangan tinggi ini dirancang agar portabel dalam hal ukuran, tidak memakan banyak tempat, mudah dalam pengoperasiannya, dan relatif murah dalam pembuatannya. Hal ini yang membuatnya cocok untuk aplikasi yang membutuhkan mobilitas dan efisiensi biaya yang tinggi. **Figure 2.** menunjukkan reduksi asap rokok gas CO₂ dengan terapan tegangan tinggi 1kV hingga 8kV.

Efektifitas metode ini adalah terletak pada kemampuannya menurunkan kandungan gas berbahaya seperti HC, CO, dan CO₂ dengan signifikan yang menjadikannya solusi portabel dan ekonomis yang efektif untuk aplikasi lingkungan. Selain itu, ukurannya yang ringkas dan biaya pembuatannya yang rendah membuatnya ideal untuk penggunaan di lapangan yang membutuhkan mobilitas tinggi.

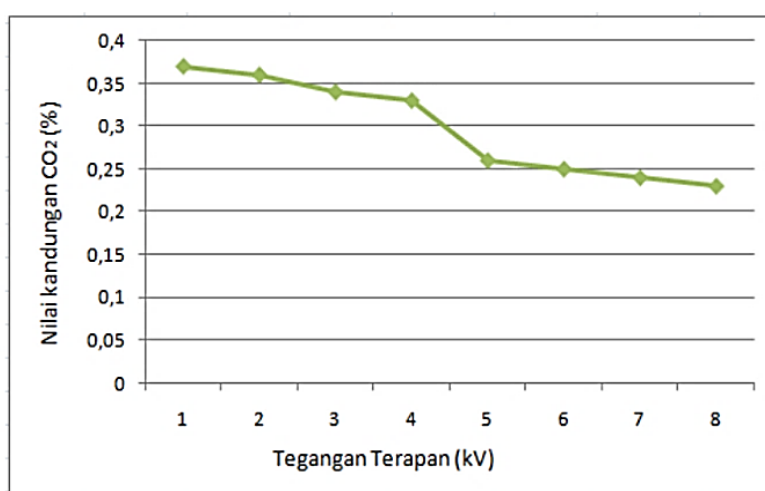


Figure 2. Reduksi gas CO₂ pada Penerapan Inverter Frekuensi Tinggi [7]

3.2. Pengaplikasian Kumaran Tesla

Kumaran Tesla merupakan alat yang mampu menghasilkan tegangan tinggi mulai dari ribuan volt hingga jutaan volt dengan frekuensi berkisar antara puluhan kilohertz hingga orde MHz. Awalnya, Kumaran Tesla menggunakan sela bola untuk membangkitkan pulsa, namun kini lebih banyak menggunakan teknologi semikonduktor karena lebih portabel, ringkas, dan murah [8]-[9]. Kumaran Tesla dapat dirancang menggunakan inverter frekuensi tinggi dengan range frekuensi 150-800 KHz dan tegangan keluarannya diukur menggunakan sela bola standar [10].

Pembangkit tegangan tinggi AC selanjutnya dengan Kumaran Tesla dibuat menggunakan inverter frekuensi tinggi tipe push-pull dengan prinsip kopling langsung. Untuk mengukur tegangan keluaran dari Kumaran Tesla, digunakan alat pengukur tegangan sela bola standar. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa Kumaran Tesla mampu menghasilkan tegangan tinggi yang bervariasi antara 22.968 kV hingga 43.06 kV dengan frekuensi resonan sebesar 114 kHz. Alat pembangkit tegangan tinggi AC dengan frekuensi tinggi ini memiliki ukuran relatif kecil, mudah untuk digunakan, dan biaya operasionalnya tidak mahal [11].

Perancangan Kumaran Tesla sebagai metode pembangkitan tegangan tinggi AC yang portabel dan ekonomis selanjutnya menggunakan inverter berbentuk gelombang kotak. Kumaran ini terdiri dari lilitan primer dan sekunder, serta kapasitor berbentuk toroid. Hasil pengujian menunjukkan frekuensi resonansi 60-65 kHz dengan tegangan keluaran 2600-2800V. Tegangan ini diaplikasikan pada reaktor ozon, menghasilkan 0,50 ppm ozon dalam 47 detik pada Vout 2420V dan 0,60 ppm ozon dalam 33 detik pada Vout 2600V. Teknik ini membuktikan bahwa solusi sederhana dan biaya rendah dapat digunakan untuk pembangkitan tegangan tinggi yang efisien dan portabel [12].

Efektifitas metode ini adalah ukuran yang kecil dan biaya operasional yang rendah dimana metode ini sangat efektif untuk aplikasi yang memerlukan tegangan tinggi dalam skala portabel dan ekonomis, seperti

reaktor ozon. Selain itu, menggunakan teknologi semikonduktor yang lebih murah dan portabel. **Figure 3.** menunjukkan tegangan keluaran tesla dengan frekuensi yang diujikan pada alat yang dibangun.

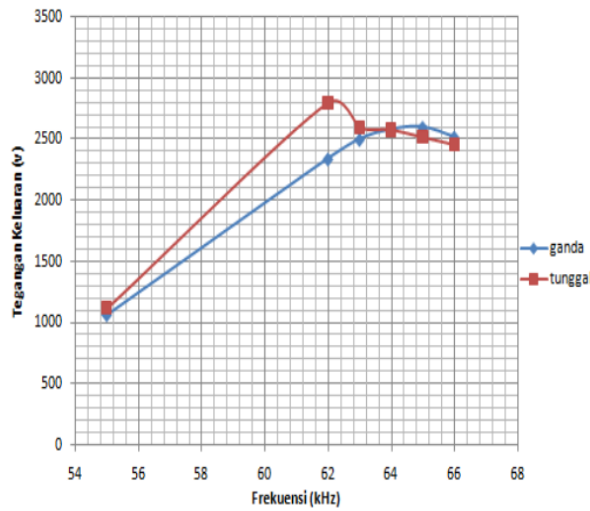


Figure 3. Hubungan Frekuensi dengan Tegangan Keluaran Tesla [12]

3.3. Penerapan Generator Marx

Generator marx sering digunakan dalam pembangkitan pulsa tegangan tinggi atau dikombinasikan dengan transformator, dan dengan diode jembatan H ataupun generator tipe tingkat. Generator marx bipolar solid state telah dikembangkan dan diterapkan dalam pengaplikasian medis, menggunakan dua buah generator marx positif yang dirangkai kembali kebelakang. Melalui penerapan ini, generator marx menghasilkan pulsa tegangan tinggi hingga 5kV dengan karakteristik gelombang kotak dengan arus keluaran hingga 50A dan frekuensi lebih dari 500kHz [13]. **Figure 4.** menunjukkan bentuk gelombang yang dihasilkan oleh generator marx dengan pulsa keluaran 750V.

Generator marx bipolar solid state merupakan alat yang kompak dalam segi ukuran dan relatif murah, dan sederhana. Perancangan pembangkit tegangan tinggi AC lainnya [14] menggunakan 4 buah modul generator marx yang di susun serial, generator marx ini mampu menghasilkan tegangan hingga 6,5kV. Generator marx bipolar tersusun dari beberapa buah diode, kapasitor sebagai penyimpan energi dan dua buah MOSFET yang digunakan sebagai saklar. Kesederhanaan struktur ini yang membuat generator marx cocok digunakan pada pengaplikasian medis dan kebutuhan tertentu lainnya [13]. Efektifitas metode ini adalah efektif dalam aplikasi medis dan industri yang memerlukan tegangan tinggi. Dengan desain yang sederhana, generator ini menjadi solusi portabel yang efisien untuk kebutuhan tegangan tinggi AC, terutama dalam aplikasi di mana ukuran dan biaya adalah pertimbangan utama.

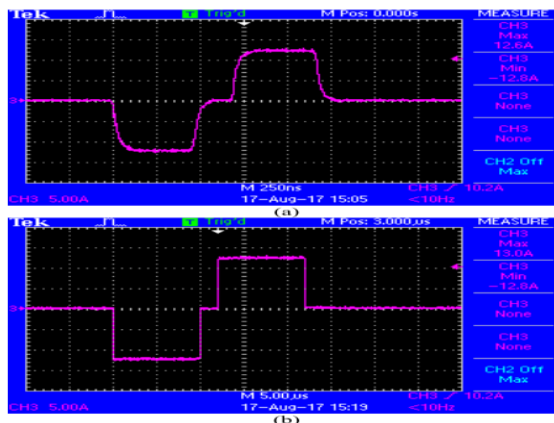


Figure 4. Keluaran Gelombang Generator Marx [13]

3.4. Penggunaan Generator H-Bridge Asimetris

Generator H-Bridge merupakan perangkat yang menggunakan konfigurasi H-Bridge untuk mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). Cara kerjanya adalah dengan meregulasi saklar dalam H-Bridge secara bergantian sehingga arus DC akan memiliki keluaran gelombang sinusoidal. Untuk pembangkitan dengan tegangan lebih tinggi generator H-Bridge dapat dirangkai secara seri dan tiap setengah dari jembatan menggunakan catu daya yang terpisah [15].

Prototipe yang dikembangkan [15] menggunakan 4 generator H-Bridge asimetris yang dirangkai serial dengan dua kapasitor bank tegangan tinggi dan dua catu daya tegangan tinggi dapat menghasilkan tegangan output maksimal 4kV dengan arus maksimum 131A, durasi pulsa minimal 200ns dengan pengulangan hingga 2 MHz. Efektifitas metode ini adalah efektif untuk aplikasi yang memerlukan tegangan tinggi dengan durasi pulsa minimal. Dengan konfigurasi yang relatif sederhana dan biaya operasional yang rendah, alat ini cocok untuk penggunaan portabel di berbagai aplikasi. **Figure 5** menunjukkan tegangan keluaran dari Generator H-Bridge prototipe alat yang dibangun.

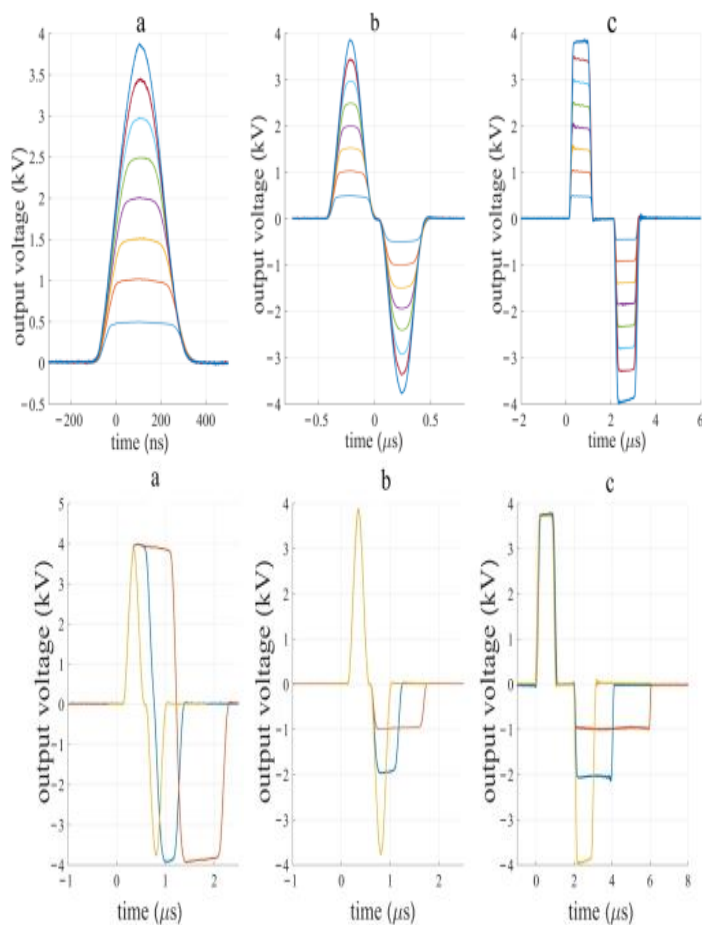


Figure 5. Tegangan keluaran Generator H-Bridge Asimetris [15]

3.5. Pengaplikasian *Switchable Capacitor Array*

Switchable capacitor array adalah rangkaian kapasitor yang dapat diubah-ubah konfigurasinya untuk menghasilkan tegangan tinggi AC. Rangkaian ini biasanya terdiri dari beberapa kapasitor yang dapat dihubungkan secara seri atau paralel, bergantung pada kebutuhan, untuk menghasilkan tegangan yang diinginkan. Dengan mengatur konfigurasi kapasitor, switchable capacitor array dapat mengubah besar tegangan dan frekuensi keluaran sesuai dengan aplikasi yang diinginkan. Pada penelitian [16] digunakan sistem kapasitor pensaklaran dengan dasaran pengurusan dengan tambahan sebuah MOSFET tegangan tinggi berkecepatan tinggi 3×2 untuk menghasilkan bentuk pulsa yang bersih. Efektifitas metode ini adalah menawarkan solusi portabel dan ekonomis dengan fleksibilitas tinggi dalam berbagai aplikasi. Ukurannya yang ringkas dan kemampuannya untuk menghasilkan bentuk pulsa yang bersih menjadikannya pilihan yang efektif untuk aplikasi yang memerlukan tegangan tinggi dalam format yang mudah dibawa.

Figure 6 merupakan skema rangkaian dari prototipe pembangkit tegangan tinggi yang digunakan.

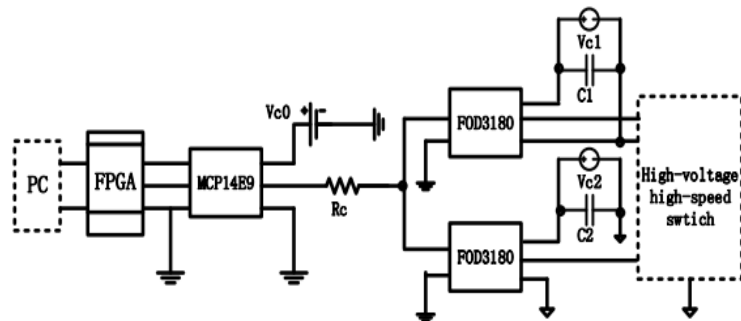


Figure 6. Skematik Switchable Capacitor Array [16]

Perangkat yang menggunakan *Switchable Capacitor Array* umumnya berukuran ringkas, ringan dan berdimensi kecil. Meski demikian, perangkat ini dapat menghasilkan tegangan keluaran yang berada dikisaran 0-2kV dengan lebar pulsa 100ns – 100ms [16]. **Figure 7** menunjukkan tegangan keluaran yang mampu dihasilkan oleh *Switchable Capacitor Array*

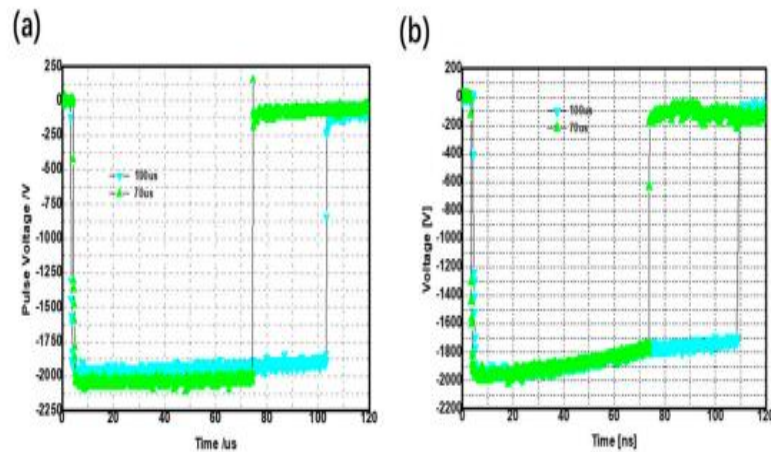


Figure 7. Tegangan output perangkat *Switchable Capacitor Array* [16]

3.6. Penggunaan Dual Flyback Transformator

Kendala utama dalam menghasilkan plasma tegangan tinggi adalah keterbatasan pembangkitan tegangan tinggi, karena generator tegangan tinggi yang ada masih berskala besar. Untuk itu, diperlukan generator plasma tegangan tinggi dalam skala laboratorium. Generator ini akan menggunakan dua transformator flyback dengan inverter *half bridge*, di mana MOSFET akan berfungsi sebagai perangkat pengalih. Pengalih ini dikendalikan oleh sirkuit kontrol IC 4047CD dengan frekuensi 33 kHz dan siklus kerja 50%. Transformator flyback yang digunakan memiliki rasio lilitan 1:75. Plasma yang dihasilkan akan diaplikasikan untuk membuat lapisan graphene dari limbah karbon tempurung kelapa [17].

Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi tegangan input pada inverter h-bridge mempengaruhi jumlah plasma yang dihasilkan, serta hasil dekomposisi material karbon dengan plasma tegangan tinggi yang mencapai 1,40 kV dan 2,57 kV pada jarak elektroda 5 mm. Melalui tinjauan ini, ditemukan bahwa pendekatan pembangkitan tegangan tinggi yang portabel dan ekonomis dapat diimplementasikan secara efektif dalam teknologi plasma. Penggunaan transformator flyback dan inverter *half bridge* dengan MOSFET sebagai perangkat switching menawarkan solusi yang lebih praktis dan efisien. Efektifitas metode ini menawarkan solusi portabel yang efisien untuk aplikasi teknologi plasma. Penggunaan transformator flyback menjadikannya pilihan yang ekonomis dan praktis untuk aplikasi yang memerlukan tegangan tinggi dalam skala kecil dan mudah diimplementasikan. **Figure 8** menunjukkan (Transmission Electron Microscope) yang dilakukan terhadap material karbon yang diperoleh dari variasi tegangan masukan pada inverter h-bridge:

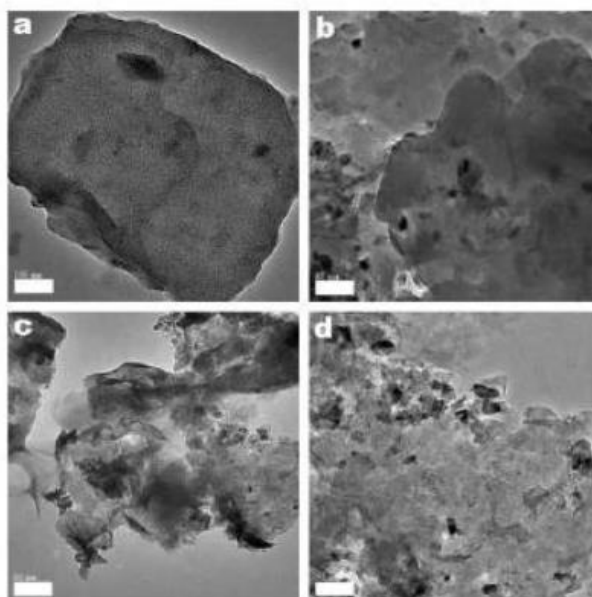


Figure 8. Analisis TEM terhadap material karbon yang diperoleh dari variasi tegangan masukan pada inverter h-bridge [17]

Berdasarkan Figure 8, hasil Uji TEM (a) dan (b) menunjukkan bahwa bentuk morfologi dari material karbon dapat diubah oleh terpaan plasma tegangan tinggi dengan variasi tegangan dan jarak elektroda 5 mm selama 5 menit. Pada Figure 8 bagian (a), hasil uji TEM pada tegangan inverter h-bridge 10 Vac menunjukkan bahwa permukaan material karbon yang berwarna hitam terkikis menjadi warna coklat-kuning, menghasilkan lapisan graphene berukuran nano sebesar 100 nm. Ketika tegangan dinaikkan menjadi 17.5 Vac, bagian (d) menunjukkan bahwa warna material karbon menjadi lebih kuning, dengan lapisan graphene berukuran nano sebesar 50 nm yang dihasilkan [17].

4. Conclusion

Tinjauan mengenai metode pembangkitan tegangan tinggi AC dengan pendekatan yang portabel dan ekonomis menunjukkan bahwa enam metode yang diulas memiliki efektivitas yang signifikan. Pertama, penerapan inverter frekuensi tinggi efektif dalam menghasilkan tegangan tinggi dalam rentang 1kV hingga 8kV, dengan keunggulan portabilitas dan biaya rendah. Kedua, pengaplikasian kumparan Tesla dapat mencapai tegangan hingga puluhan kilovolt dengan frekuensi tinggi, yang cocok untuk aplikasi portabel. Ketiga, penerapan generator Marx yang efisien dalam menghasilkan pulsa tegangan tinggi, memberikan solusi praktis dengan desain yang kompak. Keempat, penggunaan generator H-Bridge asimetris yang dapat menghasilkan tegangan tinggi dengan kontrol yang fleksibel dan efisien. Kelima, switchable capacitor array memungkinkan penyesuaian tegangan dan frekuensi dengan mudah, menjadikannya alat yang serbaguna. Terakhir, penggunaan dual flyback transformator menawarkan pendekatan praktis dan ekonomis untuk pembangkitan plasma tegangan tinggi, sangat berguna dalam aplikasi laboratorium. Metode-metode ini secara keseluruhan memberikan solusi yang praktis dan ekonomis, dengan potensi besar dalam meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas pembangkitan tegangan tinggi untuk berbagai keperluan industri dan penelitian.

5. Acknowledgments

Penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan dan dukungan tak ternilai dari Ibu dr. Liliana, S.T., M.Eng., selama proses penulisan penelitian mengenai “Review Metode Pembangkitan Tegangan Tinggi AC: Pendekatan Pembangkitan yang Portabel dan Ekonomis”.

References

- [1] A. Warsito, "Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Impuls Untuk Aplikasi Pengolahan Limbah Cair Industri Minuman Ringan Dengan Teknologi Plasma Lucutan Korona," Doctoral Dissertation, University Diponegoro, 2011.
- [2] R. A. Pratama, "Desain Sistem Keamanan Bahaya Listrik Pada Pembangkitan Tegangan Tinggi Ac, Dc, Dan Impuls Di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi Dtet Ft Ugm," Doctoral Dissertation, Universitas Gadjah Mada, 2019.
- [3] A. Lubis And S. Sukardi, "Pembangkit Tegangan Tinggi Frekuensi Tinggi Kumparan Tesla Untuk Generator Ozon," *Jtein: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, Vol. 1, No. 2, Pp. 116-123, 2020.
- [4] A. Elserougi, S. Ahmed, And A. Massoud, "High-Voltage Pulse Generator Based On Capacitor-Diode Voltage Multiplier Centrally Fed From Dc-Dc Boost Converter," In *Iet Conference Proceedings, The Institution Of Engineering & Technology*, 2016.
- [5] C. D. C. Pravitasari, A. Syakur, And B. J. T. Setiyono, "Perancangan Pengukuran Tegangan Tinggi Pada Modul Pembangkit Tegangan Tinggi Impuls," *Transient*, Vol. 7, No. 4, Pp. 1002-1009, 2018.
- [6] A. Syakur And M. Facta, "Aplikasi Teknik Tegangan Tinggi Dalam Era Industri 4.0," *Revolusi Industri 4.0*, P. 179.
- [7] D. Y. Prasetya, A. Warsito, And A. Syakur, "Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Ac Untuk Proses Reduksi Asap Rokok Menggunakan Inverter Frekuensi Tinggi," Doctoral Dissertation, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, 2012.
- [8] A. B. Setiawan, M. Facta, And A. Syakur, "Perancangan Pembangkitan Tegangan Tinggi Ac Frekuensi Tinggi Menggunakan Kumparan Tesla Dengan Rangkaian Resonansi Seri," *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, Vol. 3, No. 2, Pp. 174-180, 2014.
- [9] S. Sonong, "Pembangkitan Tegangan Tinggi Bolak Balik Menggunakan Kumparan Tesla," *Sinergi*, Vol. 9, No. 1, 2011.
- [10] A. Habibi, A. Syakur, And A. Warsito, "Pembangkitan Tegangan Tinggi Bolak-Balik Frekuensi Tinggi Menggunakan Kumparan Tesla," Doctoral Dissertation, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip, 2011.
- [11] W. Mujahid, A. Warsito, And A. Syakur, "Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Ac Frekuensi Tinggi Dengan Kumparan Tesla Menggunakan Inverter Jenis Push-Pull," Doctoral Dissertation, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, 2011.
- [12] A. Mahendra And M. Facta, "Analisis Lilitan Primer Inti Tunggal Dan Inti Ganda Pada Kumparan Tesla Dalam Pembangkitan Tegangan Tinggi Ac Frekuensi Tinggi Untuk Reaktor Ozon," *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, Vol. 4, No. 1, Pp. 1-6, 2015.
- [13] A. Kandratsyev, U. Sabaleuski, L. Redondo, and A. G. Pakhomov, "Four channel 6.5 kV, 65 A, 100 ns–100 μ s generator with advanced control of pulse and burst protocols for biomedical and biotechnological applications," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 24, Dec. 2021, doi: 10.3390/app112411782.
- [14] L. M. Redondo, M. Zakyka, and A. Kandratsyev, "Solid-State Generation of High-Frequency Burst of Bipolar Pulses for Medical Applications," *IEEE Transactions on Plasma Science*, vol. 47, no. 8, pp. 4091–4095, Aug. 2019, doi: 10.1109/TPS.2019.2923570.
- [15] X. Rao, X. Chen, J. Zhou, B. Zhang, and Y. Alfadhl, "Design of a high voltage pulse generator with large width adjusting range for tumor treatment," *Electronics (Switzerland)*, vol. 9, no. 6, pp. 1–11, 2020, doi: 10.3390/ELECTRONICS9061053.
- [16] E. Pirc, D. Miklavčič, K. Uršič, G. Serša, and M. Reberšek, "High-frequency and high-voltage asymmetric bipolar pulse generator for electroporation based technologies and therapies," *Electronics (Switzerland)*, vol. 10, no. 10, May 2021, doi: 10.3390/electronics10101203.
- [17] M. R. Epafra and F. Murdiya, "Perancangan Dan Aplikasi Pembangkit Plasma Tegangan Tinggi AC Menggunakan Dual Flyback Transformator (TFB) Topology Inverter Half Bridge," *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, vol. 8, pp. 1-10, 2021.