

DOI: doi.org/10.21009/03.SNF2019.02.PA.03

SUATU STUDI AWAL MODIFIKASI SIFAT PEMBASAHAN PADA PERMUKAAN KAIN TEKSTIL POLIESTER 100% MENGGUNAKAN TEKNOLOGI PLASMA PIJAR KORONA

Valentinus Galih Vidia Putra^{a)}, Andrian Wijayono

Department of Textile Engineering, Politeknik STTT Bandung, 40272 Bandung, Indonesia

E-mail: ^{a)}valentinus@kemenperin.go.id

Abstrak

Artikel ini menguraikan pemanfaatan aplikasi teknologi plasma pijar korona pada bidang tekstil terutama pemanfaatannya dalam modifikasi sifat pembasahan pada permukaan kain poliester 100%. Hasil riset memperlihatkan bahwa dengan melakukan variasi waktu perlakuan plasma pada kain poliester grey 100% dengan total pakan dan lusi masing-masing 70 helai/inci dan 60 helai/inci didapatkan bahwa terdapat perubahan sifat pembasahan kain dengan meningkatnya sifat hidrofilik kain.

Kata-kata kunci: plasma pijar korona, tekstil, hidrofilik

Abstract

This paper explains the application of corona discharge plasma in textile field specially for modification of surface properties and wet ability of polyester100% fabric. In this research, we have found that the variation of time treatment using corona discharged plasma on the fabric will influence the wet ability and hydrophilic properties of exposure specimen (polyester 100% with 70 / inch of weft density and 60/inch of warp density).

Keywords: corona discharged plasma, textile, hydrophilic

PENDAHULUAN

Penerapan ilmu fisika pada berbagai bidang industri, khususnya pada bidang tekstil telah banyak diimplementasikan. Beberapa peneliti [1-11] telah berupaya untuk memperlihatkan penerapan ilmu fisika pada kasus tekstil baik secara pemodelan teori maupun secara eksperimen. Putra VGV, Dewanto A, Totong [8] serta Putra VGV, Maruto, G & Rosyid [9] menerapkan ilmu fisika untuk pemodelan gerakan benang tekstil. Beberapa peneliti [1-6] melakukan penelitian pada material tekstil dengan topik kajian plasma. Beberapa peneliti [1-6] menyatakan bahwa plasma adalah salah satu fase materi di alam semesta selain padat, cair dan gas. Menurut Shishoo [1], materi di alam dapat dibedakan menjadi empat keadaan fase, yaitu: padatan, cairan, gas dan juga plasma. Hampir 99% materi di alam semesta berada pada keadaan plasma, namun keberadaan plasma baik secara penelitian dan observasi lebih dalam dilakukan pada abad ke-20. Perbedaan ke-4 materi tersebut dapat dijelaskan berdasarkan derajat kebebasan pergerakan partikel. Pada padatan, atom-atom disusun secara periodik dalam suatu kisi-kisi kristal (*crystal lattice*). Dalam padatan atom-atom tidak dapat bergerak secara bebas sehingga dalam padatan sulit untuk mengubah bentuk dan ukuran suatu

materi padat. Dalam material cair, atom-atom dapat bergerak secara bebas, namun adanya gaya interatomik yang kuat mengakibatkan volume dari cairan tidak akan berubah, namun bentuk cairan tersebut dapat berubah dengan mudah. Dalam gas, atom-atom bergerak secara bebas dan saling bertumbukan satu dengan yang lain, sedangkan pada materi plasma, atom-atom terionisasi dan terdapat elektron-elektron yang bergerak. Plasma didefinisikan sebagai sebuah gas yang terionisasi dari partikel-partikel bebas. Plasma adalah suatu gas *quasi-neutral* yang terdiri dari muatan-muatan dan partikel netral yang memperlihatkan suatu sifat-sifat tertentu. walaupun plasma terjadi dalam beberapa kondisi, namun sangat jarang sekali ditemui dalam lingkungan sekitar yang dikarenakan umumnya gas berada dalam keadaan setimbang yang tidak terdapat ion-ion pada gas tersebut. Sejak diperkenalkan pada tahun 1960-an, aplikasi utama dari plasma sudah banyak diterapkan dalam industri tekstil dan juga mikroelektronik. Pada tahun 1980-an penerapan teknologi plasma ini telah merambah ke bidang polimer serta logam [1]. Beberapa industri yang mempergunakan modifikasi sifat permukaan dengan teknologi plasma antara lain: industri plastik, polimer, tekstil, kertas dan papan, logam, keramik serta material inorganik dan biomaterial serta industri kimia. Keuntungan dari pemanfaatan teknologi plasma antara lain adalah: peningkatan sifat daya serap air (*wettability*), peningkatan gaya adesi (gaya lekat), sterilisasi, sifat daya tarik kimia (*chemical affinity*), *biocompatibility* dsb. Menurut Shishoo [1] perkembangan teknologi plasma dan riset plasma telah dilakukan di berbagai laboratorium sejak tahun 1980-an dengan topik penelitian pada perlakuan plasma pada bidang tekstil. Pembuatan jenis mesin plasma komersial telah banyak dikembangkan dan dijual dalam kaitannya pada pemanfaatan proses tekstil lebih dari 15 tahun. Walaupun pemanfaatan teknologi plasma ini telah menunjukkan hasil yang sangat baik pada bidang tekstil, namun meskipun begitu pemanfaatan dalam industri tekstil masih dirasakan jarang ditemui terutama di Indonesia. Hal tersebut dikarenakan beberapa faktor, antara lain: perkembangan peralatan teknologi plasma yang cukup lambat, perkembangan teknologi plasma tidak fokus pada pengembangan plasma tekanan atmosfer serta kurangnya publikasi tentang pemanfaatan teknologi tersebut pada bidang tekstil dan ketidaktahuan industri mengenai pemanfaatan teknologi plasma. Industri tekstil dan pakaian di Eropa, Amerika dan beberapa negara berkembang saat ini memiliki suatu tantangan besar yang dikarenakan adanya era globalisasi. Adanya suatu nilai tambah pada fungsi material tekstil (*high functional added value*) dan juga tekstil cerdas dianggap sangat penting untuk kelangsungan perkembangan dunia tekstil. Menurut beberapa peneliti [2-6], perkembangan industri saat ini adalah berfokus pada masalah energi dan juga lingkungan sehingga akan mempengaruhi peningkatan pemanfaatan teknologi plasma dibandingkan metode konvensional terutama pada penggunaan air dan energi serta masalah limbah. Usman [2] dan Yales [3] menyatakan bahwa pengguna energi terbesar di industri tekstil dan produk tekstil (TPT) terdapat di sektor hulu dan antara (*upstream dan middle stream*) seperti pada proses pencelupan dan penyempurnaan (*dyeing and finishing*), *printing* sampai dengan pembuatan serat (*fibre making*) dengan konsumsi energi berkisar antara 15-25 % dari postur ongkos produksinya. Sampai saat ini industri tekstil dalam negeri khususnya pada proses pencelupan dan penyempurnaan masih menggunakan teknologi konvensional yang bersifat basah (*wet process*) dan panas, yang mengkonsumsi energi (bahan bakar batu bara) serta membutuhkan air dengan kuantitas besar, sehingga bermasalah pada lingkungan baik itu pada cadangan air tanah, berdampak pada lingkungan seperti limbah cair, maupun limbah padat, partikel atau debu yang penanganannya memerlukan biaya yang cukup mahal serta pengolahan yang cukup rumit. Salah satu solusi masalah tersebut adalah melalui perbaikan teknologi yang tepat, efisien dan ramah lingkungan. Menurut Sjaifudin, A dan KH Sitohang [4] serta Sjaifudin T.A., Widodo, M., Muhlisin, Z., Nur [5], teknologi plasma merupakan salah satu solusi mengatasi permasalahan energi serta limbah tekstil. Dengan teknologi plasma yang bersifat kering (menggunakan udara atau gas-gas sebagai media) dan relatif dingin, maka daya listrik yang dibutuhkan pada reaktor plasma berkisar antara 10 hingga 5.000 watt bergantung pada ukuran reaktor. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa efek pengikisan permukaan dangkal (*superficial*) akan mengubah sifat mekanik bahan secara keseluruhan (seperti: kehilangan massa, kekuatan regang kain (tensile strength) dan kekerasan permukaan untuk kasus beberapa gas). Shishoo [1] menunjukkan bahwa gas O₂, N₂ serta Argon (Ar) mengubah sifat kain lebih hidrofilik, sedangkan gas C₂F₆, SF₆ akan cenderung mengubah sifat kain menjadi lebih hidrofobik.. Hal senada dikatakan oleh

Rauscher, Perucca, Buyle [6] yang menggunakan gas O_2 , N_2 , Argon (Ar), CO_2 , NO_2 , CO dan juga NO akan meningkatkan sifat hidrofilik suatu material pada perlakuan plasma pijar korona. Pada artikel ini akan dipelajari modifikasi sifat pembasahan permukaan kain tekstil poliester 100% menggunakan teknologi plasma pijar korona yang bertujuan untuk memperlihatkan modifikasi sifat hidrofilik pada kain setelah dikenai perlakuan plasma melalui pengukuran lama waktu serap.

METODOLOGI

Rancangan eksperimen dan peralatan dalam penelitian ini dapat diperlihatkan oleh GAMBAR 1. Reaktor plasma pijar korona dengan tiga buah elektroda lancip dan sebuah silinder pejal. Elektroda titik yang digunakan berupa baut runcing (lancip) dan berjumlah tiga buah yang dipasangkan pada suatu papan yang terhubung seri dengan jarak 1,5 cm tiap bautnya. Elektroda titik digunakan sebagai elektroda positif (anoda yang terhubung ke tegangan sumber) dan dipasang tegak lurus terhadap elektroda silinder pejal sebagai elektroda negatif (katoda yang terhubung ke *ground*). Jarak antara elektroda positif dan elektroda silinder pejal adalah 2,5 cm. Bahan kain tekstil berupa kain poliester berukuran $10 \times 6 \text{ cm}^2$, ketebalan 0,2 mm, digunakan sebagai sampel diletakkan di atas elektroda negatif silinder pejal.. Plasma pijar korona dibangkitkan menggunakan sumber tegangan tinggi DC 3 kV. Nilai tegangan diukur menggunakan multimeter tegangan tinggi dan penentuan kondisi lingkungan adalah pada tekanan atmosfer dengan suhu ruangan 27°C - 28°C dan medium gas ruangan (O_2). Kain poliester diletakkan pada elektroda silinder pejal dan dilakukan modifikasi permukaan kain menggunakan perlakuan plasma pijar selama beberapa waktu yaitu 4 menit dan 6 menit dengan tegangan 3 kV. Kain poliester yang digunakan adalah kain poliester dengan total benang lusi adalah 60 helai/inch dan total benang pakan 70 helai/inch. Kain polyester yang telah dimodifikasi permukaan menggunakan plasma dilakukan uji daya serap menggunakan uji tetes yaitu dengan mengukur lama waktu serap kain sebelum dan setelah perlakuan plasma. Uji tetes dilakukan menggunakan stopwatch dan juga pipet dengan cairan air murni.



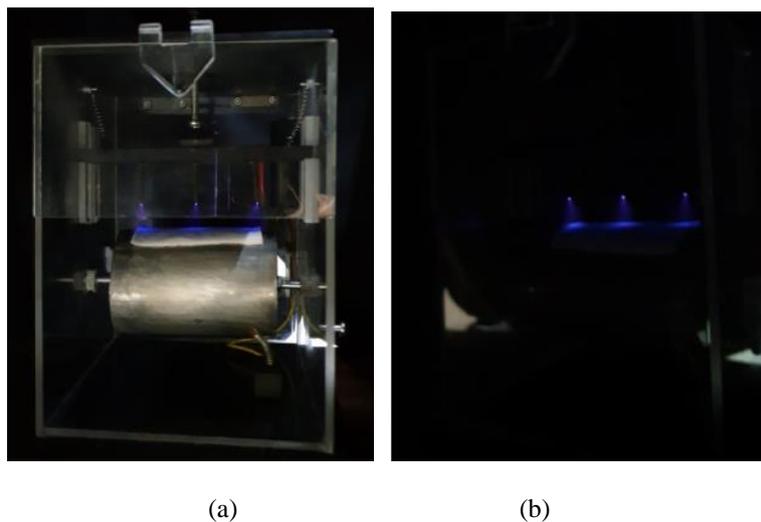
GAMBAR 1. Rancangan penelitian dan peralatan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Pembangkitan Plasma pada Generator Plasma Baut dan Silinder Pejal

Pembangkitan plasma dapat pada generator plasma tak simetri dapat diatur melalui analisa visual dan juga pengukuran tegangan input AC dan tegangan output DC. Untuk analisa pergerakan elektron dapat digunakan multimeter tegangan tinggi yang mana arah pergerakan electron akan berlawanan dengan arah pergerakan arus dan medan listrik statik E . Pada keadaan tegangan listrik plasma (ditandai dengan munculnya cahaya biru pada daerah elektroda positif baut lancip GAMBAR 2)

dapat diperlihatkan munculnya muatan ion-ion positif yang bersumber dari tegangan positif yang berlawanan dengan arah gerak elektron. Muatan yang bergerak ini diawali oleh peristiwa ionisasi yang berada pada elektroda tiga titik dan dibangkitkan dari tegangan tinggi anoda. Ionisasi terjadi pada daerah elektroda positif, karena pengaruh suatu medan listrik statik E dengan intensitas tinggi yang dibangkitkan dengan tegangan tinggi (*High Voltage*). Ion hasil ionisasi pada zona ionisasi (zona plasma) bergerak menuju elektroda negatif silinder pejal (katoda) melalui suatu daerah *drift region*. Aliran ion-ion ini akan menimbulkan arus ion yang disebut arus saturasi unipolar. Aliran ion positif tersebut membawa molekul dan juga atom gas pada daerah antara elektroda baut dan silinder pejal tersebut. Aliran ion positif ini juga mengandung spesies oksigen reaktif yang dapat mengubah sifat permukaan kain melalui modifikasi sifat kekasaran kain oleh tumbukan ion-ion positif hasil ionisasi pada permukaan kain poliester. Lucutan plasma pijar korona pada penelitian ini dibangkitkan menggunakan pasangan elektroda tak simetris yaitu tiga baut dan silinder pejal yang akan membangkitkan lucutan di dalam daerah dengan medan listrik tinggi di sekitar elektroda yang memiliki bentuk geometri runcing dibanding elektroda silinder pejal. Elektroda dimana disekitarnya terjadi proses ionisasi disebut elektroda aktif atau anoda. Menurut Rauscher, Perucca, Buyle [6] kenaikan arus secara signifikan menunjukkan terjadinya peningkatan densitas elektron dan pembentukan ion-ion positif pada ruang antar elektroda. Peningkatan ini disebabkan oleh semakin mudahnya proses ionisasi, dapat terjadi. Ketika densitas elektron dan ion memiliki nilai yang relatif sama maka terbentuklah daerah plasma di daerah elektroda aktif. Plasma yang terbentuk tergolong plasma tak seragam atau *nonuniform* plasma karena kesamaan densitas elektron dan ion terjadi tidak diseluruh ruang.



GAMBAR 2. Analisa pembangkitan plasma. (a) elektktroda tiga titik dan silinder pejal, (b) tampilan plasma pijar korona pada kain poliester

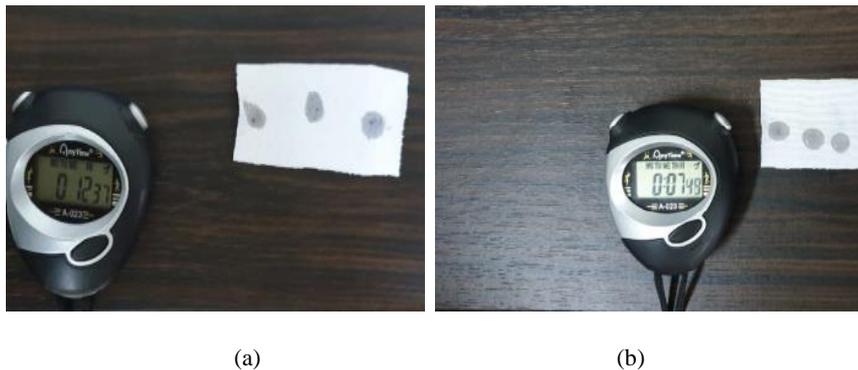
Analisa Sifat Modifikasi Kain Poliester

Uji tetes air dilaksanakan pada sampel kain poliester berukuran $10 \times 6 \text{ cm}^2$, ketebalan 0,2 mm untuk modifikasi kain polyester melalui perlakuan plasma selama 2 menit dan 4 menit dengan udara sebagai media plasma. Pengujian langsung dilakukan setelah selesainya proses modifikasi permukaan kain menggunakan plasma dengan pengukuran lama waktu melalui stopwatch dan uji tetes dengan pipet. Hasil pengujian waktu serap sesudah modifikasi permukaan dengan plasma kemudian dibandingkan dengan waktu serap kain poliester sebelum perlakuan plasma. Hasil uji tetes dapat diperlihatkan pada GAMBAR 3 dan Tabel-1. Hasil uji visual dengan tetes air, memperlihatkan kain poliester sebelum dimodifikasi dengan plasma pijar korona, waktu penyerapan air yang terjadi pada tiga titik memiliki variasi waktu 98 detik, 134 detik dan 109 detik, sedangkan waktu serap kain poliester sesudah diradiasi plasma untuk waktu dua menit memperlihatkan waktu serap pada daerah

tiga titik adalah 15 detik, 12 detik dan 14 detik dan untuk kain poliester yang dipaparkan radiasi plasma selama 4 menit memiliki waktu serapan kain 5 detik, 7 detik dan 4 detik.

TABEL 1. Waktu serap terhadap waktu pemaparan radiasi plasma

Waktu pemaparan plasma (menit)	Waktu serap (detik)	Rerata waktu serap (detik)
0	98;134;109	114
2	15;12;14	14
4	5;7;4	5



GAMBAR 3. Hasil uji tetes pada kain. (a) waktu perlakuan plasma 2 menit, (b) waktu perlakuan plasma 4 menit

Menurut Rauscher, Perucca, Buyle [6], peristiwa naiknya kecepatan serap air pada material yang dikenai plasma disebabkan adanya perubahan sudut kontak dan energi permukaan substrat yang terpengaruh pada perlakuan modifikasi permukaan plasma. Umumnya semakin kecil sudut kontak $\theta \leq 90^\circ$ menunjukkan derajat pembasahan yang semakin besar dengan nilai kondisi absorpsi/imbibition membesar dan akan mengakibatkan energi permukaan dan juga tegangan permukaan padatan γ_{SV} meningkat. Rauscher, Perucca, Buyle [6] menyatakan bahwa saat sebuah polimer yang dikenai perlakuan plasma untuk waktu tertentu, maka polimer tersebut akan kehilangan massa yang disebabkan adanya ablasi permukaan polimer. Besar kehilangan massa tersebut berkaitan dengan besar energi plasma yang menumbuk permukaan serta tipe polimer, putusannya rantai polimer yang mengakibatkan pecahan (*fragment*) molekul ringan yang menguap (*volatile*). Tipe gas juga mempengaruhi sudut kontak dan energi permukaan. Gas seperti Ar dan He tidak secara langsung mengubah struktur kimia, sementara gas seperti O_2 akan mempengaruhi pengurangan massa dan akan memodifikasi permukaan secara kimia sehingga akan mempercepat proses penyerapan air pada kain poliester. Pada penelitian ini kenaikan daya serap kain poliester sebelum dan sesudah perlakuan plasma dapat ditimbulkan oleh adanya tumbukan yang besar dari radiasi plasma pada permukaan kain poliester (ditandai dengan adanya pergerakan ion ke permukaan kain yang secara visual tampak sebagai cahaya biru), sehingga mengakibatkan hilangnya massa dan putusannya rantai polimer. Walaupun tidak diteliti pengurangan massa kain, namun berdasarkan hasil riset Rauscher, Perucca, Buyle [6] dapat dianalisa bahwa material yang dikenai perlakuan plasma akan mengalami pengurangan massa sesaat radiasi plasma mengenai permukaan material tersebut dan akan mengakibatkan material yang terpapar radiasi plasma bersifat hidrofilik.

SIMPULAN

Hasil riset memperlihatkan bahwa dengan melakukan variasi waktu perlakuan plasma pada kain poliester grey 100% dengan tetal pakan dan lusi masing-masing 70 helai/inci dan 60 helai/inci didapatkan bahwa terdapat perubahan sifat pembasahan kain dengan meningkatnya sifat hidrofilik

kain dengan waktu pembasahan radiasi plasma selama 4 menit memiliki waktu serapan kain 5 detik, 7 detik dan 4 detik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada pihak pemberi dana penelitian Politeknik STTT Bandung dan Politeknik ATK Yogyakarta, dan kepada para kolega yang membantu penelitian serta diskusi.

REFERENSI

- [1] Shishoo, *Plasma Technology For Textile*, Cambridge: Woodhead Publishing, 2007.
- [2] A. S. Usman, "Peningkatan Daya Saing Industri TPT Melalui Standarisasi," in *Makalah Seminar Nasional Tekstil*, 2012.
- [3] V. Yales, "Kendalikan Konsumsi Energi Sektor Manufaktur," in *Surat Kabar KOMPAS*, 18 April 2012, p. 7.
- [4] Sjaifudin dan K. H. Sitohang, *Rancang Bangun Prototip Mesin Plasma Tekstil Lucutan Korona Pada Tekanan Atmosfir Skala Laboratorium*, 2015.
- [5] Sjaifudin, M. Widodo, Z. Muhlisin, M. Nur, "Modifikasi Permukaan Bahan Tekstil Dengan Plasma Lucutan Korona," in *Prosiding Seminar Nasional Tekstil*, 2014, pp. 1-22.
- [6] Rauscher, Perucca, Buyle, *Plasma Technology For Hyperfunctionals Surfaces*, Weinheim: Wiley-VCH, 2010.
- [7] C. A. Lawrence, *Fundamentals of Spun Yarn Technology*, New York: CRC Press, 2003.
- [8] Putra V. G. V., Dewanto A., Totong, "Predicting Non Inertia Frame Related By Speed of Bobbin Compared by Speed of Rotor," in *Global Journal of Pure and Applied Mathematics*, Vol 12., No.5, 2016, pp. 4107-4114.
- [9] Putra V. G. V., G. Maruto, and M. F. Rosyid, "New Theoretical Modeling for Predicting Yarn Angle on OE Yarn Influenced by Fibre Movement on Torus Coordinate Based on Classical Mechanics Approach," in *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, Vol.42, 2017, pp. 359-363.
- [10] M. Lieberman and A. Lichtenberg, *Principles of Plasma Discharges and Materials Processing*, New York: John Wiley and Sons, 1994.
- [11] B. Paosawatyanong and S. Hodak, "Hydrophobic and Hydrophilic Surface Nano-Modification of PET Fabric by Plasma Process," in *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, Vol. 10, 2010, pp 7050-7054.