

KARAKTERISTIK WETTABILITY (CONTACT ANGLE) PADA NANOFIBER PANi/PVA/GO SEBAGAI SEPARATOR BATERAI LITHIUM-ION

¹⁾Abrinda Radika Putri, ²⁾Diah Hari Kusumawati, ³⁾Evi Suaebah

¹⁾Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: abrinda.20018@mhs.unesa.ac.id

²⁾Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: diahkusumawati@unesa.ac.id

³⁾Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: evisuaebah@unesa.ac.id

Abstrak

Separator merupakan pemisah antara elektroda positif dan negatif untuk menghindari arus pendek serta menjadi media transfer ion lithium dalam larutan elektrolit selama proses *charge discharge* dan pemakaian baterai. Material separator baterai harus memiliki kemampuan *wettability* yang baik sebagai material hidrofilik, sehingga mampu mendistribusikan larutan elektrolit secara merata. Biasanya, *nanofiber* merupakan salah satu bentuk material yang memiliki karakteristik hidrofilik. *Nanofiber* PANi/PVA/GO yang dihasilkan melalui proses *electrospinning* dengan menggunakan variasi konsentrasi PVA 8%, 10%, 12% dan 14%, merupakan salah satu material yang memiliki karakteristik *wettability* sebagai separator baterai. Uji *wettability* (*contact angle*) ini dilakukan dengan meneteskan larutan elektrolit LiPF₆ sebanyak 3 kali penetesan pada permukaan *nanofiber* dan diamati sudut yang terbentuk dengan mikroskop digital perbesaran 1600x. Hasil uji *wettability* (*contact angle*) berkisar 3,55° – 5,4° dalam rentang waktu 1 – 4 detik waktu adsorpsi. Dari penelitian ini, *nanofiber* PANi/PVA/GO bersifat hidrofilik dan memenuhi karakteristik *wettability* separator baterai lithium-ion.

Kata Kunci: *nanofiber, wettability (contact angle), separator baterai.*

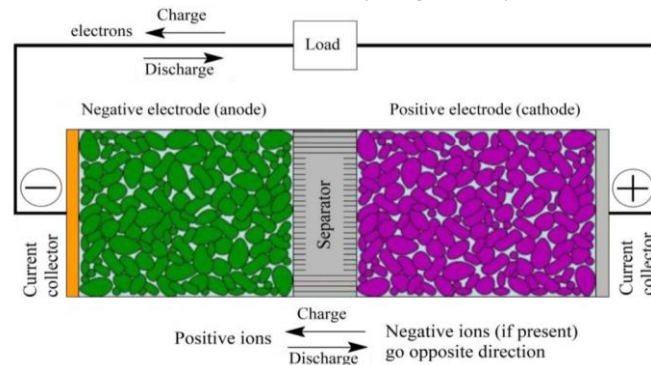
Abstract

The separator is a separate between the positive and negative electrodes to avoid short circuits and to be a medium for transferring lithium ions in the electrolyte solution during the charge discharge process and battery usage. The battery separator material must have good *wettability* as a hydrophilic material, so that it can distribute the electrolyte solution evenly. Usually, *nanofiber* is one form of material that has hydrophilic characteristics. PANi/PVA/GO *nanofiber* produced through the *electrospinning* process using variations in PVA concentrations of 8%, 10%, 12% and 14%, is one of the materials that has *wettability* characteristics as a battery separator. This *wettability* (*contact angle*) test was carried out by dripping LiPF₆ electrolyte solution 3 times on the *nanofiber* surface and observing the angle formed with a digital microscope with a magnification of 1600x. The results of the *wettability* (*contact angle*) test ranged from 3.55 ° - 5.4 ° in a time span of 1 - 4 seconds of adsorption time. From this study, PANi/PVA/GO *nanofibers* are hydrophilic and meet the *wettability* characteristics of lithium-ion battery separators.

Keywords: *nanofiber, wettability (contact angle), battery separator.*

I. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan produksi perangkat elektronik seperti laptop, ponsel, dan kamera, dibutuhkan sumber daya dengan performa baik selama penggunaannya. Baterai lithium-ion adalah jenis baterai sekunder (*rechargeable battery*) yang dapat diisi ulang dan ramah lingkungan karena tidak mengandung bahan berbahaya. Dibandingkan dengan jenis baterai sekunder lainnya, baterai lithium-ion memiliki banyak keunggulan, termasuk stabilitas penyimpanan energi yang sangat baik dengan daya tahan hingga 10 tahun atau lebih, densitas energi yang tinggi, dan berat yang relatif lebih ringan (Al-Gabalawy et al., 2020). Baterai lithium-ion terdiri dari komponen utama seperti anoda, katoda, cairan elektrolit, dan separator, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Komponen Baterai Lithium – ion (Al-Gabalawy et al., 2020)

Separator berfungsi memisahkan elektroda positif dan negatif untuk menghindari arus pendek serta menjadi media transfer ion lithium dalam larutan elektrolit selama proses *charge* *discharge* (Costa et al., 2019). Umumnya, separator baterai berbentuk membran yang tahan dalam larutan elektrolit. Banyak separator dibuat dari material polimer atau keramik. Material keramik memiliki stabilitas termal tinggi (Schadeck et al., 2018), namun sifat mekaniknya kurang baik dan biaya produksinya mahal, sehingga kurang cocok untuk digunakan sebagai separator baterai. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut dikembangkan pada material polimer yang dianggap lebih efisien dibandingkan keramik (Lee et al., 2014).

Separator berbentuk *nanofiber* menjadi pilihan yang lebih baik karakteristik mekanik dan *wettability*. Nanofiber dari proses *electrospinning* memiliki rasio permukaan terhadap volume tinggi, permeabilitas tinggi, struktur serat panjang, ukuran serat berkisa 100 nm – 500 nm dan bahan ringan. *Wettability* pada separator baterai lithium-ion sangat penting karena berperan dalam mengoptimalkan proses elektrolisis dan meningkatkan stabilitas transfer ion. *Wettability* mempengaruhi kemampuan elektrolit untuk menyerap dan menyebar di seluruh pori-pori. *Wettability* yang baik memungkinkan elektrolit untuk menyebar dengan cepat dan meningkatkan konduktivitas ionik, sehingga memungkinkan sel baterai untuk beroperasi dengan efisiensi yang lebih tinggi dan memperpanjang umur siklus.

Salah satu material polimer yang bersifat hidrofilik adalah PVA yang sering digunakan untuk membuat nanofiber, sehingga dapat meningkatkan performa dan keamanan separator baterai lithium-ion (Sania & Munasir, 2022). PVA adalah polimer semikristalin hidrofilik dengan ketahanan termal dan sifat mekanik yang baik. PVA unggul dalam ketahanan kimia, biokompatibilitas, dan biaya yang murah, serta mudah diaplikasikan karena tidak beracun. Namun, PVA memiliki kekurangan sebagai separator baterai karena *non*-konduktif dan porositas yang kurang baik, sehingga perlu dikompositkan dengan material lain melalui metode *electrospinning* (Isroiyyah & Primary Putri, 2022; Sania & Munasir, 2022; Zhang et al., 2015).

Polyaniline (PANi) adalah polimer konduktif yang sering digunakan pada baterai dan superkapasitor karena stabilitas dan harga yang terjangkau. PANi dapat meningkatkan konduktivitas dan sifat mekanik ketika dikompositkan dengan PVA sebagai separator baterai. Namun, PANi dapat mengurangi porositas separator, sehingga perlu ditambahkan material lain yang memiliki porositas tinggi dan bersifat hidrofilik, seperti Graphene Oxide (GO) (Çıplak, 2022; Hao et al., 2019).

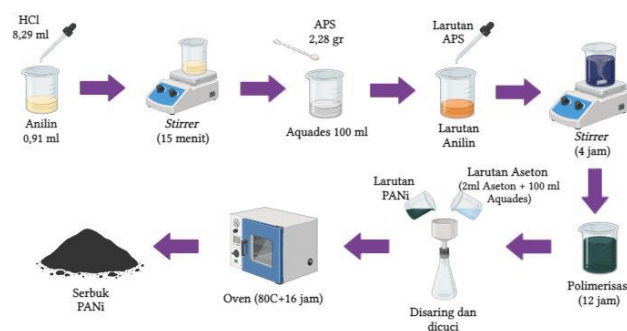
Uji *wettability* pada separator baterai lithium-ion merupakan pengukuran kemampuan separator untuk menyerap elektrolit cair, yang memungkinkan pertukaran ion dalam baterai. Apabila kemampuan separator dalam menyerap elektrolit cair semakin tinggi, maka akan semakin rendah resistansi dan semakin tinggi konduktivitas ioniknya (Sangam Naidu & Palaniappan, 2020). Menurut (Sania & Munasir, 2022) material hidrofilik sebagai separator baterai memiliki sudut $<90^\circ$. Metode uji *wettability* melibatkan pengamatan sudut kontak antara elektrolit cair dan permukaan separator, serta mengukur kapasitas serapan elektrolit. Kriteria yang harus dipenuhi oleh separator baterai lithium-ion yang baik mencakup stabilitas kimia dan elektrokimia yang baik, kekuatan mekanik yang memadai, ukuran pori yang sesuai untuk penyerapan elektrolit, dan kemampuan *wettability* yang optimal (Kusumawati & Agustin, 2023). Uji *wettability* dapat dilakukan dengan menggunakan alat seperti tensiometer gaya dan kamera mikroskop untuk analisis yang lebih mendetail. Penelitian ini bertujuan menghasilkan nanofiber PANi/PVA/GO menggunakan metode *electrospinning* sebagai separator baterai lithium-ion, dengan fokus pada karakteristik *wettability* yang dapat mempengaruhi kinerja baterai.

II. METODE

A. Rancangan Penelitian

Tahapan penelitian ini diawali dengan pembuatan serbuk PANi, pembuatan larutan PVA, pembuatan larutan GO, pembuatan larutan PANi/PVA/GO, pembuatan *nanofiber* PANi/PVA/GO dengan metode *electrospinning*, dan pengujian *wettability nanofiber* PANi/PVA/GO.

Sintesis serbuk PANi

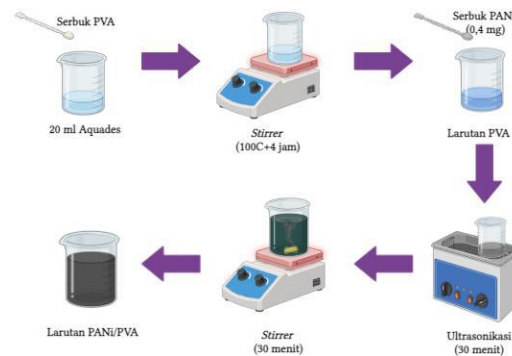


Gambar 2 Alur Sintesis PANi

Sintesis serbuk PANi dilakukan dengan metode polimerisasi kimia. Sebanyak 1 M HCl ditambahkan dalam 0,1 M monomer anilin, kemudian distirrer 15 menit hingga homogen. Selanjutnya, 0,1 M ammonium peroxydisulfate (APS) dilarutkan dalam 100 ml aquades dan diaduk hingga homogen dengan stirrer. Larutan ammonium peroxydisulfate (APS) ditambahkan dalam larutan anilin dan diaduk selama 4 jam. Kemudian, larutan didiamkan selama 24 jam untuk proses

polimerisasi hingga terbentuk endapan hijau tua. Lalu, dilakukan pemanasan pada endapan dengan suhu oven 80°C selama 16 jam (Wibowo & Primary Putri, 2022).

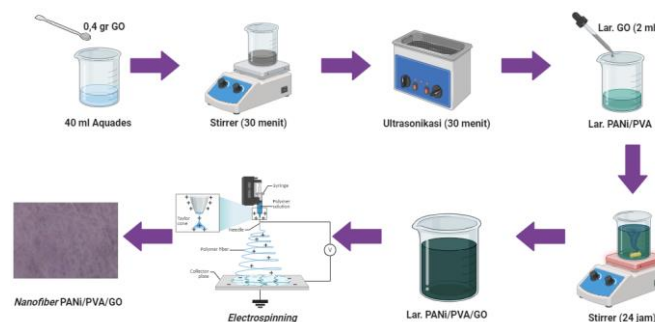
Sintesis larutan PANi/PVA



Gambar 3 Alur Sintesis Larutan PANi/PVA

Larutan PVA dibuat dengan beberapa konsentrasi, yaitu 8%, 10%, 12% dan 14%. Untuk larutan PVA 8% dibuat dengan melarutkan 1,6 gram serbuk PVA dalam 20 ml aquades. Kemudian, melarutkan 2 gram serbuk PVA dalam 20 ml aquades untuk larutan PVA 10%. Lalu, untuk larutan PVA 12% dibuat dengan melarutkan 2,4 gram serbuk PVA dalam 20 ml aquades, serta untuk larutan PVA 14% dibuat dengan melarutkan 2,8 gram serbuk PVA dalam 20 ml aquades. Pada masing – masing konsentrasi larutan PVA kemudian di stirrer pada suhu 100°C selama 4 jam hingga homogen (Helga Lovely Wibowo et al., 2022; Kusumawati & Agustin, 2023). Serbuk PANi 0,04 g ditambahkan dalam larutan PVA, kemudian diultrasonikasi dan *stirrer* selama 30 menit hingga menghasilkan larutan PANi/PVA (Isroiyyah & Primary Putri, 2022).

Sintesis nanofiber PANi/PVA/GO



Gambar 4 Alur Sintesis Nanofiber PANi/PVA/GO

Sebanyak 0,1 gram GO dilarutkan dalam 40 ml aquades, lalu distirrer dan ultrasonikasi 30 menit. Kemudian, 2 ml dispersi GO yang dihasilkan tersebut ditambahkan dalam 20 ml larutan PANi/PVA dan distirrer selama 24 jam sampai menghasilkan larutan homogen (Rose et al., 2018). Larutan PANi/PVA/GO kemudian di *electrospinning* untuk menghasilkan *nanofiber*. Pada proses *electrospinning* ini menggunakan tegangan 20 kV, jarak jarum (*syringe*) 13 cm dengan laju alir 5 ml/jam (Rose et al., 2018).

B. Variabel Operasional Penelitian

Variabel kontrol berupa serbuk graphene oxide (GO) 0,1 gram, serbuk polianilin (PANi) 0,04 g; laju alir 5 ml/jam; jarak jarum (*syringe*) ke kolektor 13 cm dan tegangan alat Nachriebe 601 Electrospinning 20 kV. Variabel bebas berupa variasi konsentrasi Polivinyl alcohol (PVA), yaitu 8%

(P-8), 10% (P-10), 12% (P-12) dan 14% (P-14). Variabel respon adalah karakteristik *wettability nanofiber* PANi/PVA/GO sebagai separator baterai lithium-ion.

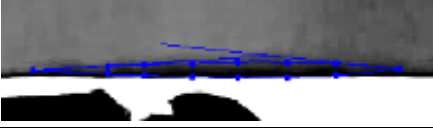
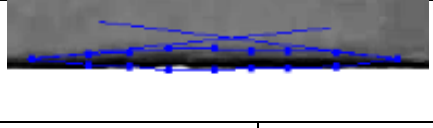
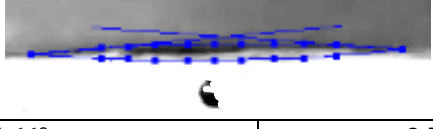
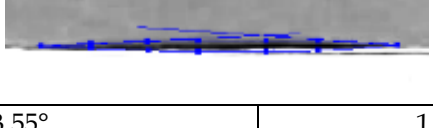
C. Teknik Pengumpulan Data

Uji *wettability* pada separator baterai lithium ion dilakukan dengan pengukuran sudut kontak larutan (*contact angle*). Uji ini dilakukan dengan meneteskan larutan elektrolit (LiPf6) yang memperhatikan sudut kontak (*contact angle*) pada permukaan nanofiber. Untuk mengamati besar sudut kontak yang terbentuk menggunakan kamera mikroskop, sehingga dapat dihasilkan gambar berupa sudut kontak larutan diatas *nanofiber* dengan *software HiView*. Hasil gambar tersebut akan diukur sudutnya menggunakan *software ImageJ drop analysis*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

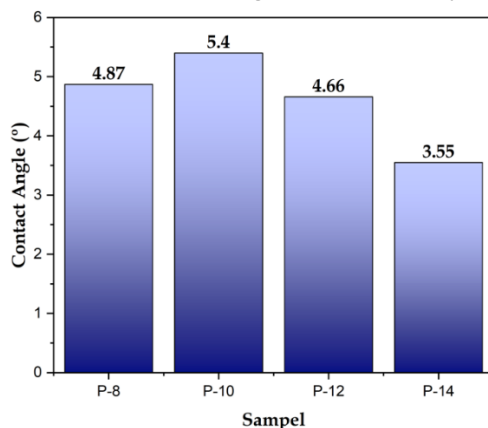
Pengujian *wettability (contact angle)* digunakan untuk mengetahui kemampuan *nanofiber* dalam menyerap larutan elektrolit, dengan cara meneteskan larutan tersebut diatas permukaan *nanofiber*. Kemudian, untuk mengetahui sudut (*contact angle*) yang terbentuk menggunakan kamera mikroskop digital perbesaran 1600× dan mengukur sudut larutan tersebut dengan aplikasi Image J. Hasil uji *wettability (contact angle)* ditunjukkan pada **tabel 1**.

Tabel 1. Nilai Contact Angle pada Permukaan Nanofiber PANi/PVA/GO

Sampel	Tetesan Ke-	
P-8		
	4,87°	3 detik
P-10		
	5,40°	4 detik
P-12		
	4,66°	2,5 detik
P-14		
	3,55°	1 detik

Pada **tabel 1**, menunjukkan hasil uji *wettability* dengan memperhatikan sudut kontak (*contact angle*) ketika diberi tetesan larutan elektrolit (LiPf6) pada permukaan *nanofiber* P-8, P-10, P-12 dan P-14. Melalui data tersebut dihasilkan bahwa sudut kontak (*contact angle*) yang dihasilkan relatif kecil. Karena, PVA bersifat hidrofilik, sehingga ketika konsentrasi PVA yang digunakan semakin banyak, maka sudut kontak akan semakin kecil dan waktu adsorpsi yang dihasilkan juga lebih cepat. Kemampuan adsorpsi dari uji *wettability* ini juga dipengaruhi oleh morfologi *nanofiber*. Apabila *nanofiber* memiliki morfologi serat yang halus tanpa ada *beads*, maka akan lebih mudah dalam menyerap larutan elektrolit pada permukaan *nanofiber*. *Nanofiber* sebagai separator baterai lithium-ion harus memiliki kemampuan adsorpsi yang baik agar dapat melakukan transfer ion lithium

selama proses *charge discharge*. Sehingga, Ketika permukaan *nanofiber* bertemu dengan larutan elektrolit mampu mendistribusikan dan meneruskan larutan dari pori satu ke pori lainnya. Kemampuan adsorpsi yang baik ini ditandai dengan terbentuknya *contact angle* yang kecil.



Gambar 5. Grafik Uji Wettability

Dari hasil uji *wettability* tetesan terakhir pada keempat nanofiber yang ditunjukkan dalam **gambar 2**, diketahui bahwa *nanofiber* tersebut memiliki kemampuan adsorpsi yang baik dengan rentang sudut kontak 3,55°-5,4°. Hal ini disebabkan oleh pengaruh konsentrasi PVA sebagai polimer hidrofilik yang digunakan. Semakin tinggi konsentrasi PVA pada *nanofiber*, semakin baik pula sifat hidrofilik dan permeabilitasnya. Sifat hidrofilik PVA memungkinkan larutan elektrolit terserap dengan cepat pada permukaan *nanofiber*, hanya dalam waktu 1-4 detik dalam tiga kali penetesan. PVA dengan konsentrasi tinggi lebih mudah menyerap elektrolit dan memiliki sudut kontak yang kecil (Sania & Munasir, 2022). Tetapi, berbeda pada *nanofiber* P-10 yang memiliki sudut kontak paling besar dari variasi *nanofiber* lainnya. Karena, pada *nanofiber* P-10 memiliki morfologi yang kurang baik, sehingga masih terdapat *beads* pada serat yang memicu terhambatnya proses adsorpsi larutan elektrolit pada permukaan *nanofiber*. Menurut Antika & Munasir (2023), material dengan sudut kontak $<90^\circ$ bersifat hidrofilik, sedangkan material dengan sudut kontak $>90^\circ$ bersifat hidrofobik. Apabila *nanofiber* sebagai separator baterai ini bersifat hidrofobik, maka separator tidak dapat melakukan transfer ion lithium selama proses *charge discharge* dengan baik, sehingga dapat mengganggu kinerja baterai. Dengan demikian, hasil uji *wettability* pada nanofiber PANi/PVA/GO dengan berbagai konsentrasi PVA (P-8, P-10, P-12, dan P-14) menunjukkan kemampuan adsorpsi yang baik, sehingga dapat digunakan sebagai separator baterai lithium-ion.

IV. PENUTUP

A. Kesimpulan

Nanofiber PANi/PVA/GO telah dibuat menggunakan metode *electrospinning* dengan melakukan variasi konsentrasi PVA. Penambahan konsentrasi PVA membuat *nanofiber* bersifat semakin hidrofilik, sehingga mempermudah proses adsorpsi larutan elektrolit dalam waktu yang singkat. *Nanofiber* PANi/PVA/GO memiliki nilai *contact angle* $<90^\circ$. Artinya, *nanofiber* tersebut memenuhi karakteristik *wettability* separator baterai lithium-ion.

B. Saran

Penelitian selanjutnya disarankan melakukan variasi konsentrasi PVA untuk menghasilkan karakteristik *wettability nanofiber* dengan morfologi yang lebih baik untuk separator baterai lithium Ion.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Gabalawy, M., Hosny, N. S., & Hussien, S. A. (2020). Lithium-ion battery modeling including degradation based on single-particle approximations. *Batteries*, 6(3), 1–26. <https://doi.org/10.3390/batteries6030037>
- Çıplak, Z. (2022). Processable GO-PANI Nanocomposite for Supercapacitor Applications. *Journal of Electronic Materials*, 51(3), 1077–1088. <https://doi.org/10.1007/s11664-021-09368-8>
- Costa, C. M., Lee, Y.-H., Kim, J.-H., Lee, S.-Y., & Lanceros-Méndez, S. (2019). Recent advances on separator membranes for lithium-ion battery applications: From porous membranes to solid electrolytes. *Energy Storage Materials*, 22, 346–375. <https://doi.org/10.1016/j.ensm.2019.07.024>
- Hao, Z. D., Wu, C. R., Zhang, Q. Q., Liu, J. B., & Wang, H. (2019). A sandwich-structured separator based on in situ coated polyaniline on polypropylene membrane for improving the electrolyte wettability in lithium-ion batteries. *International Journal of Energy Research*, 43(14), 8049–8056. <https://doi.org/10.1002/er.4796>
- Helga Lovely Wibowo, Z., Syakir, N., Faizal, F., & Safriani, L. (2022). *Karakteristik Serat Nano PVA yang Dibuat Menggunakan Elektrosinning dengan Kolektor Statik* (Vol. 12, Issue 01).
- Isroiyyah, I., & Primary Putri, D. N. (2022). Synthesis and Characterization of PANi/PVA Nanofibers with Variation of Nozzle to Collector Distance Using Electrospinning Method. *Indonesian Physical Review*, 5. <https://doi.org/10.2930>
- Kusumawati, D. H., & Agustin, T. N. (2023). Characteristic of Nanofiber PVA-Graphene Oxide (GO) as Lithium Battery Separator. *Journal of Physics: Conference Series*, 2623(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2623/1/012008>
- Lee, H., Yanilmaz, M., Toprakci, O., Fu, K., & Zhang, X. (2014). A review of recent developments in membrane separators for rechargeable lithium-ion batteries. In *Energy and Environmental Science* (Vol. 7, Issue 12, pp. 3857–3886). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/c4ee01432d>
- Rahmawati Wibowo, S., & Primary Putri, N. (2022). *Fabrikasi Komposit PANi/MgO Sebagai Bahan Dasar Sensor Gas Liquefied Petroleum Gas (LPG)*. 7(1), 26–32.
- Rose, A., Guru Prasad, K., Sakthivel, T., Gunasekaran, V., Maiyalagan, T., & Vijayakumar, T. (2018). Electrochemical analysis of Graphene Oxide/Polyaniline/Polyvinyl alcohol composite nanofibers for supercapacitor applications. *Applied Surface Science*, 449, 551–557. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2018.02.224>
- Sangam Naidu, K., & Palaniappan, S. (2020). Formation of PANi-PVA salt via H-bonding between PVA and PANi: Aqueous coating for electrostatic discharge, sensor and corrosion applications. *Sensors International*, 1. <https://doi.org/10.1016/j.sintl.2020.100006>
- Sania, N. F., & Munasir, M. (2022). Fabrication of PVA/SiO₂ (Nanofiber) Membranes Prepared Using Electrospinning Method for Lithium Battery Separator. *Journal of Physics: Conference Series*, 2392(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2392/1/012008>
- Schadeck, U., Kyrgyzbaev, K., Gerdes, T., Willert-Porada, M., & Moos, R. (2018). Porous and non-porous micrometer-sized glass platelets as separators for lithium-ion batteries. *Journal of Membrane Science*, 550, 518–525. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2017.10.061>
- Zhang, H., Zhou, M. Y., Lin, C. E., & Zhu, B. K. (2015). Progress in polymeric separators for lithium ion batteries. In *RSC Advances* (Vol. 5, Issue 109, pp. 89848–89860). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/c5ra14087k>