Sintesis dan Studi Potensial Hidrogel Ionik Berbahan Pati/Mxene/Poliakrilat dan Turunannya sebagai Material Sensor Fleksibel Pemonitor Kesehatan Baterai Lithium

Riset Unggulan ITB Tahun 2026

Rachmawati[1], Siti Saroh[1], Muhammad Fadhlan Prastito[1], Bulan Bunga Bunda[1], Hana Salsabila[1], Grandprix T. M. Kadja[1], Achmad Rochliadi[1], Mia Ledyastuti[1], Katja Loos[2]

[1] Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, ITB

[2] Faculty of Science and Engineering, University of Groningen

Abstrak

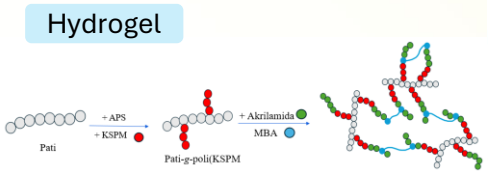
Pada penelitian ini, hidrogel berbasis pati/MXene dan polimer turunan senyawa akrilat dibuat dengan pendekatan kopolimerisasi cangkok menggunakan pati sebagai tulangan polimer, dan monomer dari senyawa turunan akrilat, serta penambahan zat pengikat silang. Karakterisasi hidrogel yang dilakukan meliputi karakterisasi gugus fungsi menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), kristalinitas menggunakan *X-ray Diffraction* (XRD), konduktivitas menggunakan *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS), serta karakterisasi sifat mekanik, derajat penggembungan, fraksi gel, *Scanning Electron Microscopy*-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM-EDX), dan *Electrostatic Firce Microscopy* (EFM). Hidrogel yang terbentuk menunjukkan konduktivitas tinggi, yang mengindikasikan potensinya sebagai suatu material sensor fleksibel.

Kata kunci: hidrogel, MXene, pati, sensor fleksibel

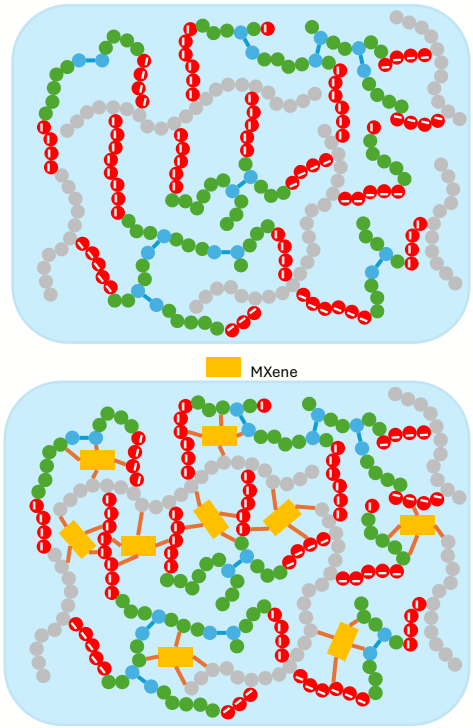
Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir, pengembangan teknologi perangkat bantu tubuh (wearable device) telah menjadi salah satu fokus utama dalam penelitian ilmiah dan teknologi, terutama pada material yang mendukung kenyamanan, fleksibilitas, dan performa tinggi. Hidrogel, sebagai material dengan struktur tiga dimensi yang mampu menyerap dan menahan air, menawarkan potensi besar untuk digunakan dalam aplikasi tersebut. Beberapa penelitian juga menyebutkan bahwa hidrogel dapat diaplikasikan sebagai bioelektronik bantu tubuh (*wearable bioelectronics*), perangkat bantu tubuh (*wearable electronics*), sensor regangan fleksibel (*flexible strain sensors*), dan aplikasi lainnya. Salah satu aplikasi sensor fleksibel di antaranya dapat digunakan untuk mendeteksi penggembungan pada baterai lithium. Namun demikian, masih terdapat tantangan yang signifikan dalam mengembangkan hidrogel, yakni tantangan terkait sifat mekanik yang baik, fleksibilitas tinggi, serta konduktivitas yang sesuai untuk hidrogel. Oleh karena itu, perlu adanya pengembangan lebih lanjut dalam hal modifikasi struktur kimia jaringan hidrogel, pemilihan bahan pengisi yang lebih efektif, serta teknik pembuatan yang dapat meningkatkan ketahanan mekanik tanpa mengurangi fleksibilitas atau konduktivitas hidrogel. Pada penelitian ini, hidrogel dibuat menggunakan bahan yang mudah terurai di lingkungan, yaitu pati singkong, yang kemudian dipadukan dengan polimer turunan asam akrilat dan Mxene. Modifikasi dilakukan dengan menggunakan pendekatan kopolimerisasi cangkok menggunakan ammonium persulfat sebagai initiator. Variasi dilakukan dengan mendesain metode kopolimerisasi bertahap, sinambung, serta variasi perbandingan antara monomer yang dipakai. Selain itu, hidrogel yang terbentuk selanjutnya dikompositkan dengan MXene pada berbagai variasi.

Metode Penelitian

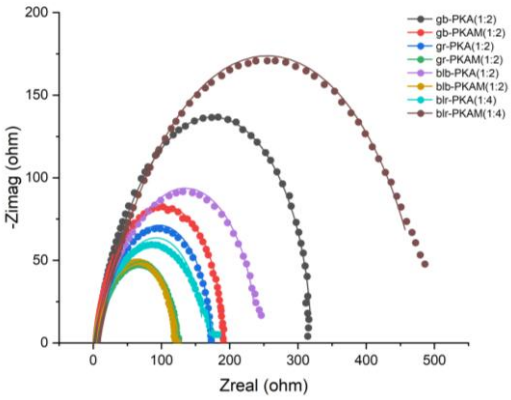


Gambar 1 Skematik reaksi pembentukan hidrogel



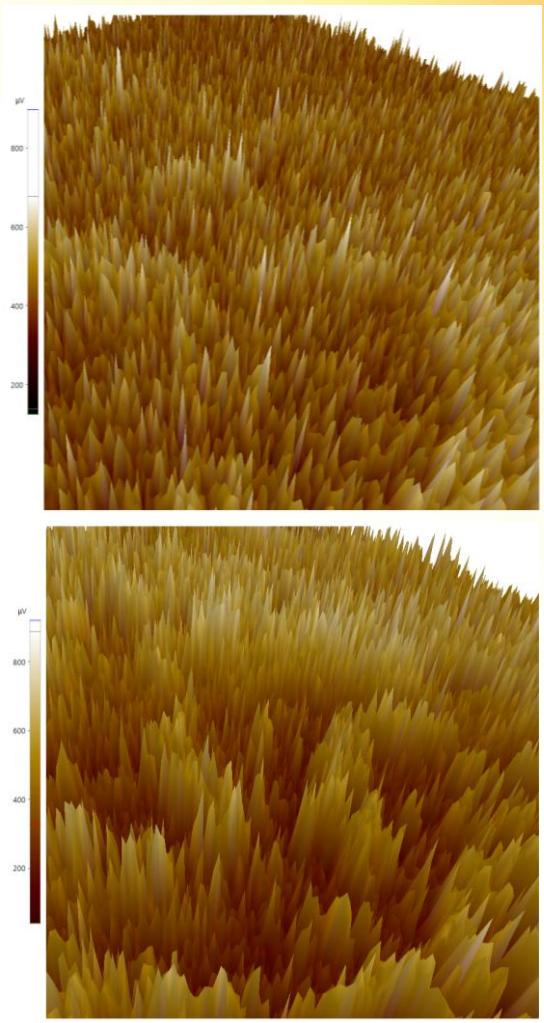
Gambar 2 Skematik jaringan hidrogel tanpa MXene (atas) dan yang mengandung MXene (bawah)

Hasil Penelitian



Gambar 3 Kurva Nyquist dari hidrogel

Hidrogel menunjukkan nilai konduktivitas dengan nilai paling tinggi pada gr-PKA yang merujuk pada kopolimerisasi cangkok simultan. Selanjutnya, penambahan MXene juga dapat meningkatan konduktivitas dari hidrogel tersebut.



Gambar 4 Micrograf EFM dari hidrogel tanpa MXene (atas) dan yang mengandung MXene (bawah)

Hidrogel tanpa MXene sudah menunjukkan konduktivitas yang menyebar pada permukaannya. Konduktivitas ini muncul akibat adanya pergerakan ion dalam air yang terperangkap dalam jaringan hidrogel. Setelah penambahan MXene, profil konduktivitasnya menjadi lebih tajam dan lebih tinggi. Dengan adanya penambahan MXene, terdapat tambahan konduktivitas karena adanya pergerakan elektron.

Kesimpulan

Pati singkong berhasil digunakan sebagai material dasar kopolimerisasi cangkok, dan dikopolimerisasi dengan monomer senyawa turunan akrilat. Selain itu, data menunjukkan bahwa hidrogel yang terbentuk, baik yang tanpa MXene atau yang mengandung MXene menunjukkan sifat konduktivitas. Penggunaan MXene memberikan keuntungan lebih karena dapat menghasilkan hidrogel dengan sifat konduktivitas yang lebih merata dan lebih tinggi, serta memiliki sifat mekanik yang lebih baik. Hal ini menunjukkan bahwa material hidrogel ionik ini berpotensi untuk diaplikasikan sebagai material sensor fleksibel.