Elektroda Fleksibel Nanofiber berbasis Polyacrilonitrile (PAN) dengan penambahan Polianilin (PANI) dan nanopartikel perak sebagai material konduktif untuk pengukuran biopotensial otot

Talenta Unggul 3P Tahun 2026

Damar Rastri Adhika[1,2], Aulia Ghifari Nurlis[2], Rizal Muhammad Ramdhan[2]
[1] KK Teknologi Nano dan Kuantum, Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, ITB
[2] Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi, ITB

Abstract

Penelitian yang dilakukan adalah pembuatan elektroda nanofiber fleksibel yang dibuat menggunakan teknik electrospinning dengan bahan-bahan penyusun utama polyacrylonitrile (PAN) yang dilapisi material konduktif nanopartikel perak dan polianilin (PAN) untuk pengukuran biopotensial otot menggunakan Elektromiografi (EMG). Sinyal biopotensial diperoleh dari perubahan nilai resistansi pada sel-sel otot yang dideteksi oleh elektroda. Perubahan nilai resistansi terjadi ketika otot melakukan aktivitas seperti ketika berelaksasi dan berkontraksi. Elektroda dapat mendeteksi sinyal EMG dengan meletakkan elektroda (sensing material) pada lapisan luar kulit pada daerah otot yang akan diukur. Elektroda fleksibel memiliki keunggulan berupa fleksibilitas dan konduktivitas elektroda yang baik dan tidak perlu menggunakan gel elektrolit dalam proses pengukuran biopotensial sehingga nyaman digunakan dalam waktu yang lama. Selain itu penggunaan elektroda fleksibel dapat memperbaiki kualitas kontak antara permukaan kulit dengan elektroda sehingga kualitas sinyal yang dihasilkan lebih baik serta dapat meminimalisir motion artifact.

Keyword: Elektroda Fleksibel, Polyacrilonitrile, Nanopartikel Perak, Polianilin, Biopotensial.

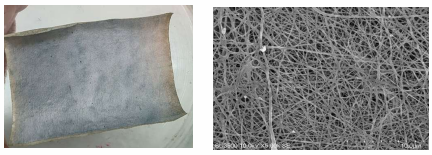
Introduction

Pentingnya evaluasi dari aktivitas dari fungsi kerja otot dan jantung berdasarkan pengukuran biopotensial mendorong pengembangan elektroda fleksibel yang dapat didesain mengikuti kontur permukaan tubuh dalam pengukuran EMG dan ECG. Pengambilan sinyal ECG menggunakan elektroda dan instrument Dn elektroda konvensional Ag/AgCl juga cukup kompleks dan kurang nyaman untuk digunakan dalam jangka waktu lama untuk monitoring sinyal otot dan jantung seperti pada saat beraktivitas berat atau berolahraga.

Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis elektroda fleksibel nanofiber dengan metode electrospinning berbahan dasar polyacrylonitrile (PAN) dengan penambahan polianilin (PANI) dan nanopartikel perak sebagai material konduktifnya. Penelitian ini sedang berjalan dan fabrikasi sampel serta pengujian awal tengah dilaksanakan. Penelitian elektroda nanofiber ini dilakukan untuk memperbaiki kualitas elektroda tekstil dari sisi konduktivitas material karena ketebalan elektroda fleksibel akan mempengaruhi nilai konduktivitas. Dalam fabrikasi elektroda fleksibel berbasis electrospinning , ketebalan elektroda dapat lebih mudah diatur. Setelah elektroda fleksibel berhasil dibuat, akan diaplikasikan lapisan tipis dengan bahan dasar Polydimethylsiloxane (PDMS) untuk meningkatkan ketahanan air dari elektroda tanpa mempengaruhi konduktivitasnya. Selain itu juga akan dirancang konektivitas yang stabil antara elektroda dengan instrumen ECG sehingga bisa dihasilkan prototipe yang lebih stabil kinerjanya.

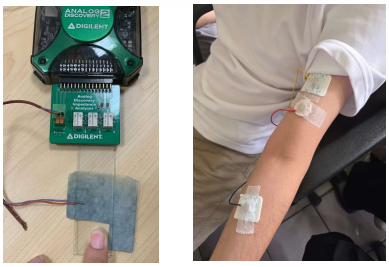
Research Method

Sintesis nanofiber PAN/CNT/AgNPs diawali dengan preparasi larutan polimer PAN. PAN sebanyak 20 g dilarutkan dalam 150 mL DMF menggunakan gelas kimia, kemudian dipanaskan dan diaduk dengan magnetic stirrer pada 30 °C selama 8 jam hingga larutan homogen dan jernih. CNT terfungsionalisasi (hasil pre-treatment yang sama seperti pada prosedur PVA/CS) sebanyak 0,15 g didispersikan dalam 16 mL DMF menggunakan probe sonikator selama 30 menit, kemudian dicampurkan ke dalam larutan PAN dan diaduk selama 2 jam untuk menghasilkan larutan polimer PAN/CNT.
Penambahan prekursor perak dilakukan dengan mengambil 33,2 mL larutan PAN/CNT, kemudian ditambahkan $AgNO_3$ sebanyak 0,035 g dan diaduk selama 2 jam dalam kondisi gelap untuk menghasilkan larutan campuran PAN/CNT/$AgNO_3$. Larutan ini selanjutnya dimasukkan ke dalam syringe dan diproses melalui elektrospinning dengan parameter tegangan 8,6 kV, laju alir 0,9 mL/jam, jarak jarum–kolektor 15 cm, dan kelembaban <45%, menggunakan kolektor baking paper pada drum selama 4 jam, menghasilkan nanofiber PAN/CNT/$AgNO_3$.



Picture 1. Nanofiber hasil sintesis yang diambil menggunakan kamera serta SEM.

Karakteristik mekanik dan elektronik dari elektroda fleksibel nanofiber akan dievaluasi menggunakan uji tarik, uji konduktivitas menggunakan four point probe , uji impedansi, uji morfologi dan komposisi menggunakan SEM-EDS, serta uji sifat hidrofobik menggunakan pengukuran water contact angle. Koneksi elektroda fleksibel nanofiber dengan instrument ECG komersial akan dikembangkan kemudian pengukuran sinyal biopotensial otot akan dilakukan menggunakan Open-Board ECG yang tersedia di Lab. Instrumentasi Medik, Teknik Fisika, FTI, ITB. Hasil pengukuran biopotensial otot menggunakan Open-Board ECG akan dikomparasi dengan elektroda komersil Ag/AgCl untuk mengevaluasi performa elektroda fleksibel nanofiber. Selain itu juga akan dilakukan uji penggunaan berulang dari elektroda fleksibel untuk mengevaluasi penurunan performa.



Gambar 2. Pengujian Impedansi dan Pengambilan data sinyal otot lengan menggunakan EMG

Discussion & Result

Berdasarkan hasil penelitian, elektroda fleksibel berbasis nanofiber komposit PVA/CS/CNT/AgNPs berhasil difabrikasi menggunakan metode electrospinning dan dikarakterisasi menggunakan PSA, UV-Vis, FTIR, SEM-EDS, pengujian impedansi, konduktivitas, serta evaluasi performa melalui surface electromyography (sEMG). Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa komponen penyusun telah berhasil terintegrasi ke dalam struktur nanofiber, ditunjukkan oleh keberadaan gugus fungsi khas pada spektrum FTIR, morfologi serat yang terbentuk pada pengamatan SEM, serta distribusi unsur yang sesuai berdasarkan analisis EDS.

Pengujian sifat listrik menunjukkan bahwa seluruh sampel memiliki karakter yang didominasi oleh sifat kapasitif dengan nilai impedansi yang masih relatif tinggi, mengindikasikan bahwa jalur konduktif pada jaringan nanofiber belum terbentuk secara optimal. Selain itu, proses pencucian setelah pelapisan PANI terbukti berpengaruh terhadap kualitas elektroda karena sampel tanpa pencucian menghasilkan impedansi yang sangat tinggi akibat adanya residu yang tersisa. Meskipun demikian, seluruh elektroda yang dikembangkan mampu merekam sinyal aktivitas otot menggunakan sEMG.

Conclusion

Talenta unggul PPNN ITB tahun 2026, Aulia Ghifari Nurlis dan Rizal Muhammad Ramdhan menunjukkan performa yang baik selama masa pelaksanaan program. Talenta unggul tersebut memiliki kemampuan kerja di laboratorium yang baik dengan handling dan kemampuan analisis hasil pengujian yang baik. Talent dapat diberi tanggung jawab dalam operasional dan analisis peralatan karakterisasi yang ada di PPNN ITB. Selain itu talent telah mendukung pelaksanaan penelitian yang sesuai dengan kegiatan riset yang sedang berjalan dimana talent membantu dalam kegiatan pembuatan sampel dan pengambilan data di laboratorium serta membantu dalam penulisan jurnal ilmiah.

Luaran yang telah dicapai adalah satu buah publikasi dalam jurnal Q3/Sinta1 yaitu [https://doi.org/10.18517/ijaseit.16.5.22036].
Luaran utama berupa publikasi Q1 telah di-submit pada jurnal Results in Engineering (Elsevier). Selain itu masih ada luaran lainnya yaitu paper Q1 dengan status under review pada Journal of Energy Storage (Elsevier). Talent juga cukup aktif dalam mengikuti kegiatan seminar yaitu Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP) 2026 yang diadakan oleh Universitas Lampung sebagai oral presenter. Talent juga mengikuti kegiatan seminar internasional The 5th Engineering Physics International Conference (EPIC 2026), October 24, 2026, Bandar Lampung, Indonesia; juga sebagai oral presenter dan memasukkan satu paper prosiding yang saat ini sedang dalam proses review.