

INTISARI

Pengembangan Sensor Gas Berbasis *Quartz Crystal Microbalance* dengan Lapisan Aktif Serat Pintal Listrik untuk Deteksi Gas Amonia dan Asam Asetat sebagai Polutan Berbahaya

Oleh:

Laila Katriani
21/476216/SPA/00782

Paparan terhadap gas berbahaya seperti amonia dan asam asetat merupakan ancaman serius bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sensor gas berbasis *Quartz Crystal Microbalance* (QCM) dengan lapisan aktif serat pintal listrik (nanofiber) menggunakan metode *electrospinning* untuk deteksi amonia dan asam asetat secara *real-time*, sensitif, dan selektif. Sensor amonia menggunakan nanofiber *polyvinyl acetate* (PVAc) yang di-*overlay* dengan kitosan, sedangkan sensor asam asetat menggunakan mikrofiber *polyvinylpyrrolidone* (PVP). Metode *electrospinning* dipilih untuk menghasilkan struktur serat berpori dengan luas permukaan tinggi, sementara kitosan dan PVP berfungsi sebagai reseptor kimia yang meningkatkan afinitas dan interaksi spesifik terhadap molekul target gas.

Sensor amonia berhasil mendeteksi gas pada rentang 10–300 ppm dengan sensitivitas $3,012 \text{ Hz}\cdot\text{ppm}^{-1}$, meningkat 39,6 kali lipat dibandingkan sensor PVAc tanpa kitosan. Waktu respons dan pemulihannya tercatat 9 detik dan 35 detik, menjadikannya salah satu sensor QCM tercepat untuk amonia. Analisis FTIR dan SEM mengonfirmasi pembentukan ikatan asam-basa Lewis antara gugus $-\text{NH}_2$ kitosan dan NH_3 , serta distribusi seragam nanofiber berukuran 416–955 nm. Di sisi lain, sensor asam asetat dengan mikrofiber PVP (diameter $1,8\pm 0,5 \mu\text{m}$) menunjukkan sensitivitas $4,144 \text{ Hz}\cdot\text{ppm}^{-1}$ pada rentang 50–300 ppm, didukung interaksi hidrogen antara gugus karbonil PVP dan $-\text{COOH}$ asam asetat. Batas deteksi (LOD) kedua sensor masing-masing mencapai 14,641 ppm (amonia) dan 10,016 ppm (asam asetat), lebih rendah dibandingkan studi sejenis.

Kedua sensor menunjukkan selektivitas tinggi terhadap gas target (%RSD

<5%), dengan stabilitas operasional >75 hari dan ketahanan terhadap variasi suhu/kelembaban. Uji silang terhadap interferen seperti benzena, toluena, dan alkohol membuktikan rasio respons amonia/analit lain >80:1. Inovasi utama penelitian ini terletak pada kombinasi teknik *electrospinning* dan modifikasi kimia lapisan aktif untuk menargetkan dua polutan sekaligus, serta kemampuan operasi suhu ruang yang hemat energi. Hasil ini membuka peluang aplikasi sensor QCM dalam pemantauan lingkungan industri, diagnostik medis berbasis napas, dan sistem *early warning* kebocoran gas beracun.

Kata kunci: QCM, Nanofiber, PVAc, Kitosan, dan PVP

ABSTRACT

Development of Quartz Crystal Microbalance-based Gas Sensor with Electrospun Fiber Active Layer for Hazardous Pollutant Gas Detection of Ammonia and Acetic Acid

By:

Laila Katriani

21/476216/SPA/00782

Exposure to hazardous gases such as ammonia and acetic acid poses significant risks to human health and environmental safety. This study developed dual-target gas sensors based on a Quartz Crystal Microbalance (QCM) platform integrated with electrospun active layers for real-time, sensitive, and selective detection of ammonia and acetic acid. The ammonia sensor utilized chitosan-overlaid polyvinyl acetate (PVAc) nanofibers, while the acetic acid sensor employed polyvinylpyrrolidone (PVP) microfibers. The electrospinning technique was optimized to fabricate porous fiber structures with high surface area, while chitosan and PVP acted as chemical receptors to enhance target-specific interactions.

The ammonia sensor demonstrated a detection range of 10–300 ppm with a sensitivity of $3.012 \text{ Hz}\cdot\text{ppm}^{-1}$, a 39.6-fold improvement over unmodified PVAc sensors, and rapid response/recovery times of 9 s and 35 s, respectively. FTIR and SEM analyses confirmed the formation of Lewis acid-base interactions between chitosan's $-\text{NH}_2$ groups and NH_3 , alongside uniform nanofiber morphology (416–955 nm). For acetic acid detection, PVP microfibers ($1.8\pm 0.5 \mu\text{m}$ diameter) achieved a sensitivity of $4.144 \text{ Hz}\cdot\text{ppm}^{-1}$ within 50–300 ppm, driven by hydrogen bonding between PVP's carbonyl groups and CH_3COOH 's $-\text{COOH}$. Both sensors exhibited low detection limits (LOD: 14.641 ppm for NH_3 ; 10.016 ppm for CH_3COOH), outperforming existing QCM-based counterparts.

The sensors displayed exceptional selectivity (%RSD <5%) against

interferents like benzene, toluene, and alcohols, with ammonia/analyte response ratios exceeding 80:1. Long-term stability tests revealed consistent performance over 75 days, alongside robust operation under varying humidity (30–60% RH) and temperature (25–45°C) conditions. Key innovations include the dual-target detection capability, room-temperature operability, and the integration of cost-effective electrospinning with chemical functionalization.

Keywords: *QCM, Nanofiber, PVAc, PVP, Chitosan*