

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan semakin meningkatnya tingkat kesadaran masyarakat dunia tentang pentingnya upaya pencegahan pencemaran, upaya untuk menggantikan sumber energi fosil semakin meningkat. Sumber energi fosil memiliki banyak kekurangan diantaranya menimbulkan pencemaran lingkungan dan efek rumah kaca. Salah satu sumber energi alternatif masa depan yang sangat potensial adalah hidrogen.

Hidrogen merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan polutan atau gas rumah kaca seperti NO_x , CO dan CO_2 ketika dibakar (Iriando, 2009; Daskalaki, 2009). Kebutuhan hidrogen di berbagai jenis industri terus mengalami peningkatan, terutama dengan berkembangnya industri fuel cell yang membutuhkan H_2 sebagai bahan bakar (Adhikari, 2008). Berbagai upaya untuk memproduksi hidrogen telah banyak dilakukan, namun hingga saat ini sekitar 95% H_2 masih diproduksi dari bahan bakar berbasis fosil melalui proses pirolisis atau steam reforming (Adhikari, 2008; Iriando, 2009) dan hanya sekitar 5% yang diproduksi melalui sumber terbarukan. Salah satu teknologi yang digunakan adalah melalui proses elektrolisis air (Park *et al.*, 2008). Kedua jenis proses tersebut masih merupakan teknologi antara karena membutuhkan energi yang besar untuk memproduksi hidrogen (Nianjun Luo, 2009). Disamping itu hidrogen dapat diproduksi pula dari berbagai sumber terbarukan seperti turunan biomassa (gliserol) yang dihasilkan sebagai produk samping biodiesel.

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar terbarukan yang dapat dihasilkan dari berbagai sumber minyak nabati seperti CPO, minyak jarak dll. Gliserol merupakan produk samping yang dihasilkan dari produksi biodiesel yaitu sekitar 10% berat biodiesel. Dengan meningkatnya produksi biodiesel di berbagai negara termasuk Indonesia, maka pasokan gliserol akan berlimpah sementara kebutuhan gliserol di seluruh dunia sangat terbatas. Hal ini akan menurunkan sisi ekonomisnya dan cenderung akan menjadi limbah pabrik biodiesel serta menambah beban biaya produksi (Daskalaki,

2008). Dengan pemanfaatan gliserol sebagai sumber produksi hidrogen, diharapkan merupakan salah satu solusi peningkatan sisi ekonomis dari gliserol.

Berbagai teknologi konvensional telah dikembangkan untuk mengkonversi senyawa turunan biomassa (termasuk gliserol), diantaranya adalah steam reforming, autothermal reforming, liquid reforming dan pyrolisis. Metode-metode ini masih memiliki banyak kelemahan yaitu selektivitas H₂ yang rendah, perlu energi yang sangat besar atau memerlukan oksigen murni yang mahal (Nianjun Luo, 2009) Oleh karena itu perlu dicari alternatif proses atau teknologi yang murah, hemat energi serta ramah lingkungan. Salah satu alternatif menghasilkan hidrogen dari gliserol adalah dengan metode fotokatalisis.

Dalam proses fotokatalisis untuk produksi hidrogen dari gliserol dan air, digunakan bahan semikonduktor TiO₂. Dibandingkan dengan bahan semikonduktor yang lain, TiO₂ dikenal memiliki berbagai keunggulan penting, terutama untuk aplikasi produksi hidrogen dari air (*water splitting*) ini antara lain: memiliki kestabilan yang tinggi, ketahanan terhadap korosi, ketersediaan yang melimpah di alam dan harga yang relatif rendah (Radecka *et al.*, 2008).

Proses fotokatalisis yang memanfaatkan energi foton (bukan energi termal) dan katalis TiO₂ sangat potensial diaplikasikan untuk mengkonversi gliserol dan air menjadi hidrogen secara efektif. Disamping ramah lingkungan, reformasi fotokatalisis tersebut merupakan proses yang hemat energi karena energi foton dapat diperoleh dari lampu UV atau sinar matahari pada kondisi ambien (tekanan dan suhu ruang). Reaksi fotokatalisis di permukaan TiO₂ dapat menghasilkan pasangan elektron (e⁻) dan *hole* (h⁺). Elektron akan mereduksi air menjadi H₂ (*water splitting*) dan *hole* akan mengoksidasi gliserol. Kedua proses tersebut (oksidasi-reduksi) akan bersinergi dalam menghasilkan hidrogen secara lebih efektif.

Upaya merekayasa katalis TiO₂ untuk meningkatkan kinerjanya dalam memproduksi hidrogen dari gliserol dan air telah banyak dilakukan. Diantaranya dengan merubah ukuran katalis menjadi berukuran nano. Nanomaterial merupakan material padat dimana setiap fase memiliki satu, dua, atau tiga dimensi yang kurang dari 100 nanometer (nm), atau struktur padat dengan dimensi berskala nanometer yang berulang pada jarak antar bentuk penyusun struktur yang berbeda (Anonim, 2009). Dengan mendesain

partikel nano dalam komposit memungkinkan untuk meningkatkan sifat katalis dari fotokatalis. Partikel-partikel yang berukuran nano itu mempunyai luas permukaan interaksi yang tinggi. Makin banyak partikel yang berinteraksi, kian tinggi pula kinerja dari katalis (Rao,*et.al.*, 2004).

Upaya merekayasa katalis TiO₂ yang lain adalah dengan menambah dopan pada katalis TiO₂. Dopan yang digunakan dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu dopan logam dan non-logam. Dopan non-logam digunakan untuk memodifikasi *energy band gap* TiO₂ sehingga dapat aktif terhadap sinar tampak. Substitusi dopan N pada katalis TiO₂ merupakan yang paling efektif digunakan untuk menurunkan energi *band gap* tersebut. Asahi (2001) melaporkan bahwa pencampuran *p states* dari N dengan *2p* dari O dapat menaikkan pita valensi untuk dapat memperkecil *band gap* dari TiO₂, sementara posisi dari pita konduksi tetap. Hal ini menyebabkan fotokatalis TiO₂ lebih aktif terhadap sinar tampak. Namun demikian, Jinlong (2010) melaporkan bahwa penambahan dopan N ke dalam sistem fotokatalis TiO₂ menjadi komposit N-TiO₂ masih memiliki berbagai kendala seperti sulitnya menghasilkan katalis komposit dengan konsentrasi N yang tinggi, rendahnya aktivitas fotokatalitik pada rentang panjang gelombang UV, ketidakstabilan spesi N dalam sistem katalis setelah proses fotokatalisis, lemahnya daya oksidasi *hole* yang dihasilkan dan tingginya laju rekombinasi sebagai akibat menyempitnya *band gap* dan faktor impurity katalis.

Fungsi dopan logam adalah sebagai *electron trapping* dapat meningkatkan aktifitas fotokatalitik. Dopan logam yang paling banyak digunakan adalah logam Pt. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa logam Pt memiliki kinerja yang lebih dibanding dengan dopan logam *noble* yang lain (Ryo Baba, 1985). Namun tingginya harga Pt merupakan hambatan dalam penggunaannya sehingga perlu dicari alternatif pengganti logam lain sebagai doping TiO₂ diantaranya dengan Ni atau Cu.

Upaya menggabungkan dopan N yang berfungsi untuk meningkatkan aktivitas fotokatalis TiO₂ pada radiasi sinar tampak dengan dopan logam yang berfungsi untuk mencegah rekombinasi antara elektron dan hole untuk aplikasi produksi hidrogen dari gliserol dan air, belum banyak diteliti. Pada penelitian ini, TiO₂ akan dimodifikasi dengan dopan non logam N (nitrogen) dan logam M (Pt, Ni, atau Cu). Penambahan dopan

tambahan M pada sistem katalis N-TiO₂ diduga akan meningkatkan kinerja proses reformasi-fotokatalisis dalam aplikasinya untuk produksi hidrogen dari gliserol dan air. Penambahan dopan M di satu sisi dapat berfungsi sebagai inti aktif proses reformasi gliserol sekaligus sebagai *electron trapper* untuk mencegah rekombinasi *electron-hole* sehingga dapat meningkatkan kinerja fotokatalitik dalam mengkonversi gliserol menjadi hidrogen. Di sisi lain, penambahan dopan M dapat meningkatkan stabilitas spesi nitrogen dalam sistem katalis nanokomposit yang akan dipreparasi.

1.2. Rumusan Masalah

1.2. Rumusan Masalah

TiO₂ sebagai fotokatalis, selain memiliki berbagai keunggulan jika dibandingkan dengan semikonduktor lain, masih memiliki berbagai kendala terutama dalam penggunaannya untuk aplikasi produksi hidrogen, diantaranya adalah efisiensi yang rendah akibat ukuran partikel dari katalis yang besar dan efisiensi yang rendah terutama bila bekerja pada kondisi sinar tampak. Masalah yang akan diteliti pada riset ini adalah bagaimana mendapatkan fotokatalis komposit M-N-TiO₂ yang berukuran nano (nanokomposit) dan aktif terhadap sinar tampak serta menunjukkan kinerja yang optimal dalam memproduksi hidrogen dari campuran gliserol dan air. Untuk menguji katalis dalam menghasilkan hidrogen dari gliserol dan air, akan dilakukan optimasi terhadap berbagai variabel operasi.

Nanokomposit optimal akan diidentifikasi dengan berbagai karakterisasi yaitu dengan SEM/EDAX, XRD dan UV-Vis DRS.

1.3. Tujuan

Tujuan umum dari usulan riset ini adalah untuk memproduksi hidrogen dari sumber bahan baku terbarukan gliserol dan air dengan metode fotokatalitik menggunakan katalis nanokomposit M-N-TiO₂ (dengan M = Pt, Ni, atau Cu dan N = nitrogen) pada kondisi ambien dengan bantuan sinar matahari. Secara khusus, tujuan dari riset ini adalah:

1. Mendapatkan katalis komposit M-N-TiO₂ yang berukuran nano (nanokomposit)

2. Mendapatkan jenis dopan katalis yang optimal dalam memproduksi hidrogen dari gliserol dan air.
3. Mendapatkan komposisi katalis yang optimal dalam memproduksi hidrogen dari gliserol dan air.

1.4. Batasan Masalah

Berikut adalah penjabaran batasan-batasan riset:

1. Fotokatalis dasar yang akan digunakan adalah nanopartikel TiO_2 Degussa P25.
2. Dopan non-logam yang digunakan adalah nitrogen (N) yang diambil dari senyawa NH_3 .
3. Dopan logam atau oksida logam yang akan digunakan adalah nikel (Ni) dengan prekursor $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$; dan Cu dengan prekursor $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Selain itu, untuk perbandingan, akan digunakan juga dopan platina (Pt) dengan prekursor $\text{H}_2\text{PtCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.
4. Sumber bahan baku untuk produksi hidrogen adalah gliserol dan air, yang akan direaksikan secara simultan dengan bantuan katalis nanokomposit M-N- TiO_2 .
5. Hasil reaksi katalis nanokomposit M-N- TiO_2 dengan gliserol dan air hanya diukur produksi hidrogennya saja, karena keterbatasan alat GC (*Gas Chromatography*)
6. Karakterisasi katalis yang akan dilakukan ialah SEM/EDAX, XRD dan DRS.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam makalah seminar ini dilakukan dengan membagi tulisan menjadi lima bab, yaitu:

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang penelitian dan penulisan, perumusan masalah yang dibahas, tujuan dilakukannya penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang hidrogen, gliserol, nanokomposit, prinsip dasar fotokatalisis, Fotokatalis TiO_2 , proses water splitting di bawah UV dan sinar tampak, produksi hidrogen dari gliserol, usaha-usaha untuk meningkatkan aktivitas fotokatalisis untuk produksi hidrogen, perkembangan nanokomposit M-N- TiO_2 , karakterisasi katalis dan penelusuran paten terkait.

BAB III: METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang diagram alir penelitian, bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian, serta prosedur penelitian.

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil dan pembahasan dari penelitian yang berupa uraian dan analisa terhadap karakterisasi katalis dalam penyelidikan terhadap variable-variabel yang mempengaruhi.

BAB V: KESIMPULAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan atas penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN