

Batik merupakan karya *adiluhung* bangsa Indonesia yang telah mendapatkan pengakuan dari UNESCO pada 2 Oktober 2009 sebagai *Intangible Cultural Heritage of Humanity* yang berasal dari Indonesia. Saat ini batik yang diwarnai dengan pewarna alami banyak diminati karena meningkatnya kepedulian masyarakat terhadap lingkungan. Namun batik dengan pewarna alami ini memiliki beberapa kelemahan, antara lain warna mudah pudar dan kain mudah ditumbuhi bakteri yang menyebabkan bau, kerusakan pada serat kain, adanya perubahan warna dan berkurangnya sifat mekanik kain. Penelitian ini dilakukan untuk mengatasi kelemahan pada kain batik pewarna alami tersebut dengan fungsionalisasi kain menggunakan nanopartikel ZnO. Nanopartikel ZnO (ZnONP) diimobilisasi pada kain batik yang diwarnai dengan pewarna alami Jalawe (*Terminalia bellirica*) secara *in situ* menggunakan prekursor hasil *leaching* debu EAF. Dilakukan eksperimen imobilisasi *in situ* ZnONP pada kain batik menggunakan prekursor Zn nitrat, Zn asetat, Zn klorida dan Zn sulfat dengan metode *Chemical Bath Deposition* (CBD). Selanjutnya dilakukan optimasi menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) untuk menentukan kondisi optimal proses imobilisasi. Optimasi dilakukan dengan variable bebas meliputi pH, suhu dan konsentrasi prekursor sedangkan variable terikat meliputi kandungan Zn, diameter ZnONP dan beda warna kain terimobilisasi ZnONP dan kain tanpa ZnONP. Selanjutnya dilakukan modeling proses imobilisasi *in situ* ZnONP pada kain batik dengan model nukleasi dan pertumbuhan nanokristal dalam larutan. Aktivitas antibakteri kain terimobilisasi ZnONP diuji dengan metode difusi agar sedangkan sifat antiUV diuji dengan fotoreaktor lampu UV. Hasil penelitian diperoleh kondisi optimal proses imobilisasi *in situ* ZnONP pada kain batik pewarna alami Jalawe dengan prekursor Zn nitrat adalah pada konsentrasi 0,084 M, suhu 89,78°C dan pH 6,6, untuk prekursor Zn asetat diperoleh kondisi optimal pada konsentrasi 0,095M, suhu 90°C dan pH 7,7 sedangkan untuk prekursor Zn klorida diperoleh kondisi optimal pada konsentrasi 0,096M, suhu 90°C dan pH 6,2. Prekursor Zn sulfat tidak dapat digunakan pada imobilisasi *in situ* ZnONP pada kain batik pewarna alami Jalawe karena tidak terbentuk senyawa ZnO, namun terbentuk senyawa besi hidroksida (*FeOOH/goethite*). Proses imobilisasi *in situ* ZnONP pada kain batik pewarna alami Jalawe meliputi fase nukleasi heterogen yang dilanjutkan dengan fase pertumbuhan mengikuti teori *Lifshitz–Slyozov–Wagner* (LSW). Kain terimobilisasi ZnONP untuk semua prekursor memiliki sifat antibakteri dan antiUV terhadap pewarnaan. Kain terimobilisasi ZnONP dengan prekursor Zn klorida memiliki sifat antibakteri paling baik namun sifat antiUV kurang baik. Kain terimobilisasi ZnONP dengan prekursor Zn asetat memiliki sifat antiUV terhadap pewarnaan paling baik namun memiliki sifat antibakteri yang kurang baik. Sedangkan kain terimobilisasi ZnONP dengan prekursor Zn nitrat menghasilkan keseimbangan yang baik antara sifat antibakteri dan antiUV terhadap pewarnaan. Hasil penelitian ini mudah diaplikasikan pada IKM batik karena kondisi operasi yang tidak ekstrim (pH pada kisaran normal, suhu < 100°C) dan tidak memerlukan peralatan khusus, hanya menggunakan peralatan yang biasa dipakai di IKM batik.

Kata kunci: Batik, Pewarna Alami, ZnO Nanopartikel, Imobilisasi *In situ*

## ABSTRACT

*Batik is a masterpiece of the Indonesian nation that has been recognized by UNESCO on October 2, 2009 as the Intangible Cultural Heritage of Humanity originating from Indonesia. Currently, batik dyed with natural dyes is in great demand due to the increasing public concern for the environment. However, batik with natural dyes has several weaknesses, including the color fading easily and the fabric is easily overgrown with bacteria that cause odors, damage to the fabric fibers, discoloration and reduced mechanical properties of the fabric. This research was conducted to overcome the weaknesses in the natural dye batik cloth by functionalizing the fabric using ZnO nanoparticles. ZnO nanoparticles (ZnONP) were in situ immobilized on batik cloth dyed with Jalawe (*Terminalia bellirica*) natural dye using precursors from EAF dust leaching. In situ immobilization of ZnONP on batik cloth using precursors of Zn nitrate, Zn acetate, Zn chloride and Zn sulfate by Chemical Bath Deposition (CBD) method was conducted. Furthermore, optimization was carried out using Response Surface Methodology (RSM) to determine the optimal conditions of the immobilization process. Optimization was carried out with independent variables including pH, temperature and precursor concentration while the dependent variables included Zn content, ZnONP diameter and color difference of ZnONP immobilized fabric and fabric without ZnONP. Furthermore, the in situ immobilization process of ZnONPs on batik cloth was modeled by nucleation and growth of nanocrystals in solution. Antibacterial activity of ZnONP-immobilized fabric was tested by agar diffusion method while anti-UV properties were tested by UV lamp photoreactor. The results showed that the optimal conditions for the in situ immobilization process of ZnONP on Jalawe natural dye batik cloth with Zn nitrate precursor were at a concentration of 0.084 M, a temperature of 89.78°C and pH 6.6, for Zn acetate precursor the optimal conditions were obtained at a concentration of 0.095M, a temperature of 90°C and pH 7.7 while for Zn chloride precursor the optimal conditions were obtained at a concentration of 0.096M, a temperature of 90°C and pH 6.2. Zn sulfate precursor cannot be used in the in situ immobilization of ZnONP on Jalawe natural dye batik cloth because it does not succeed in synthesizing ZnO compounds. The in situ immobilization process of ZnONP on Jalawe natural dye batik cloth includes a heterogeneous nucleation phase followed by a growth phase following the Lifshitz-Slyozov-Wagner (LSW) theory. ZnONP-immobilized fabrics for all precursors have antibacterial and anti-UV properties against staining. ZnONP-immobilized fabrics with Zn chloride precursors have the best antibacterial properties but poor anti-UV properties. ZnONP-immobilized fabric with Zn acetate precursor has the best anti-UV properties against staining but has poor antibacterial properties. Meanwhile, ZnONP-immobilized fabric with Zn nitrate precursor produces a good balance between antibacterial and anti-UV properties against staining. This research is easily applied to batik SMEs because the operating conditions are not extreme (pH in the normal range, temperature < 100°C) and do not require special equipment, but use equipment commonly used in batik SMEs.*

**Keywords:** *Batik, Natural Dyes, ZnO Nanoparticles, In Situ Immobilization*