

PENGUJIAN KEKERASAN MIKRO VICKERS PADA SUDU TURBIN PEMBANGKIT LISTRIK

Soedardjo

Pusat Penelitian Teknologi Keselamatan Reaktor

ABSTRAK

PENGUJIAN KEKERASAN MIKRO VICKERS PADA SUDU TURBIN PEMBANGKIT LISTRIK. Telah dilakukan pengujian kekerasan mikro Vickers pada sudu turbin pembangkit listrik dengan menggunakan perangkat Dia Testor 2 Rc Wolpert. Beban yang digunakan adalah 1000 gf yang menggunakan mata intan dengan metoda Vickers. Jenis benda uji adalah baja nirkarat S42200 Grade 616 dan baja nirkarat lapisan penguat sudu turbin. Pengamatan dilakukan dibawah mikroskop optik cahaya biasa dengan pembesaran dari 50 hingga 1000 kali. Akan dibahas pula beberapa distorsi yang terjadi, baik yang akibat dari kondisi sampel uji, maupun teknik pemotretan dan pengukuran diagonal tahanan. Hasil yang diperoleh bahwa kekerasan mikro sudu turbin bervariasi dari 115 HV1 hingga 205 HV1, lapisan penguat sudu turbin bervariasi dari 290 hingga 373 HV1.

ABSTRACT

VICKERS MICROHARDNESS TEST ON ELECTRICAL POWER PLANT TURBINE BLADE. Vickers microhardness test on power plant turbine blade has been done by Dia Testor 2 Rc Wolpert apparatus. The load used was 1000 gf with diamond indenter by Vickers method. The specimen was stainless steel S4200 Grade 616 and a part of cladding turbine blade. The observation on Light Optical Microscope with amplification from 50 up to 1000. The distortion from the condition of specimen; photography technique; and impact diagonal measurement will be discussed. The result of microhardness testing showed that the hardness of turbine blade was in the range of 115 HV1 up to 205 HV1 and for the shielding was 290 up to 373 HV1.

PENDAHULUAN.

Berdasarkan penilaian keutuhan material pada komponen siklus uap-air pembangkit listrik, telah dilakukan uji kekerasan Vickers oleh Histori dkk. [1] dengan hasil pada sudu turbin yaitu 245 kgf/mm², sedangkan kekerasan lapisan penguat sudu adalah sebesar 425 kgf/mm² pada beban 10 kgf. Pengujian ini dilakukan di laboratorium Uji Mekanik, Balai Teknologi Uji PPTKR - BATAN Serpong. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kekerasan benda uji akibat korosi, serta untuk mengetahui matriks dari benda uji.

Menurut ASTM A-565, material tersebut diklasifikasikan sebagai S42200 Grade 616, yang mempunyai komposisi kimia sebagai berikut: 0.20 - 0.25% Carbon; 0,50% max Silicon; 0,025% max Sulfur; 0,025% max Phosphorus; 0,50 - 1.00% Manganese; 0,50 - 1.00% Nickel; 11.00 -12.50% Chromium; 0.90 - 1.25% Molybdenum; 0.20 - 0.30% Vanadium; 0.90 - 1.25 % Tungsten. Sehingga material tersebut termasuk AISI tipe 422. Perlakuan panas untuk material jenis tersebut adalah dari 1022 sampai 1050 °C, kemudian didinginkan (*quench*) di udara atau oli dan di-temper pada 620°C dalam waktu minimum, 2 jam. Sedangkan kekerasan secara *Brinell* dibagi menjadi 4 kelompok, adalah maksimum 248 untuk baja nirkarat anil, maksimum 285 untuk baja nirkarat pengerjaan panas pada permesinan, 302 hingga 352 untuk baja nirkarat pengerjaan panas pada temperatur tinggi, 241 hingga 285 untuk baja nirkarat pengerjaan panas pada suhu relatif rendah [2]. Kekerasan *Brinell* ini jika dikonversikan ke kekerasan Vickers berdasarkan perangkat pengujian WOLPERT yaitu HB = 0,95 HV, sehingga akan diperoleh perkiraan harga kekerasan Vickers secara berurutan adalah maksimum 260, 300, 320 hingga 370 dan 255 hingga 300 [3].

Suatu benda uji, dimana unsur matriks *ferritic*, *martensitic* dan *austenitic* muncul bersamaan, seperti pada peralatan mesin (*machine tools*), dapat diketahui harga kekerasan Vickersnya. Misal kekerasan untuk *ferritic* sekitar 145 hingga 210 HV. Kekerasan *martensitic* adalah 370 hingga 580 HV dan kekerasan *austenitic* antara 135 hingga 255 HV[4].

Harga kekerasan suatu benda merupakan bermacam-macam fungsi, antara lain tergantung banyaknya gabungan dari beberapa struktur mikro, komposisi struktur mikro pada fasa tertentu, serta ukuran partikel pada gabungan struktur mikro tersebut. Umumnya harga kekerasan bertambah seiring berkurangnya volume gabungan struktur mikro dan berkurangnya ukuran struktur mikro [5].

Berdasarkan American Society for Metals (ASM) volume 8, 1985, pengujian *Vickers* sebaiknya dilakukan secara uji mikro [2]. Yang dimaksud dengan uji kekerasan mikro tersebut adalah uji kekerasan dengan indenter intan pada geometri tertentu yang digunakan pada permukaan benda uji dengan beban atau gaya pada daerah jangkauan 1 hingga 1000 gf (gram gaya, gram force) [6].

POKOK MASALAH

Telah dilakukan penelitian harga kekerasan untuk sudu turbin dengan menggunakan gaya 10 kgf atau 10.000 gf [1]. Dari penelitian tersebut belum dilakukan identifikasi ketakseragaman akibat korosi dari benda uji. Ketakseragaman akibat korosi tersebut akan diidentifikasi melalui uji kekerasan mikro (*micro hardness*). Mekanisme terjadinya lubang korosi, diakibatkan karena penghambat reaksi elektroda pada anodik (*inhibitor*) gagal menutupi anoda secara sempurna, sehingga terjadi serangan korosi lokal yang intensif yang mengarah ke lubang korosi (*pitting corrosion*). *Inhibitor* anodik untuk logam *ferrous* adalah khromat kalium dan fosfat natrium, yang mengubah ion Fe^{2+} menjadi endapan (*precipitate*) yang tidak larut. Sehingga menghambat reaksi anodik dan perlindungan semacam ini tidak mempengaruhi reaksi katodik.

Dari fotografi secara makro dari sudu turbin dan lapisan penguatnya, nampak adanya beberapa lubang (*pitting*) korosi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 [1]. Pada penelitian yang telah dilakukan terdahulu, belum dilakukan pengujian kekerasan mikro dari benda uji, dimana kekerasan mikro dapat membantu untuk mendeteksi kegagalan awal dari berbagai peralatan, seperti berkurangnya kekerasan karena kelebihan panas saat peralatan beroperasi [6].

Dari segi matriks benda uji, telah diuji benda uji sudu turbin secara struktur mikro dibawah mikroskop cahaya. Diperoleh mikrografi sudu turbin, S-42200, posisi II-A, arah tangensial, perbesaran 1750 kali, etsa 30 ml HCl + 10 ml HNO₃. Semula diidentifikasi sebagai *martensitic* dan untuk lapisan penguat adalah *austenitic* [1]. Dengan uji kekerasan mikro pada penelitian ini, diharapkan dapat mengungkap lebih rinci apa sebenarnya matriks dari sudu turbin dan lapisan penguatnya.

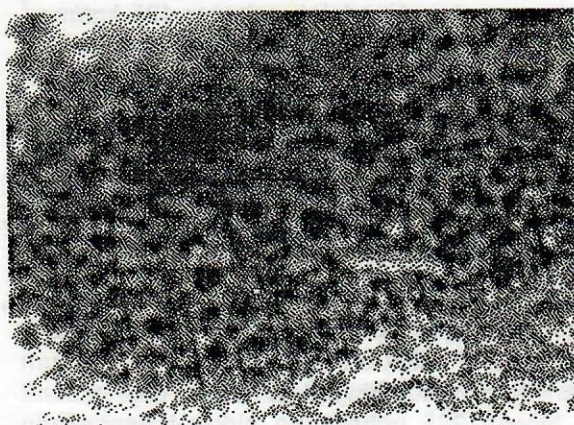


Foto makro korosi/erosi sudu turbin

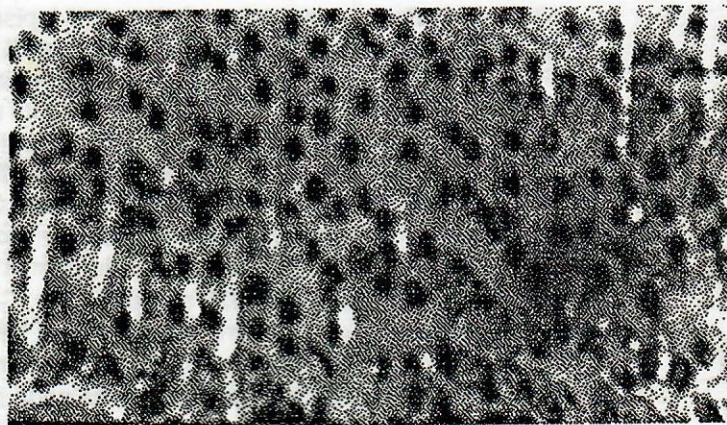
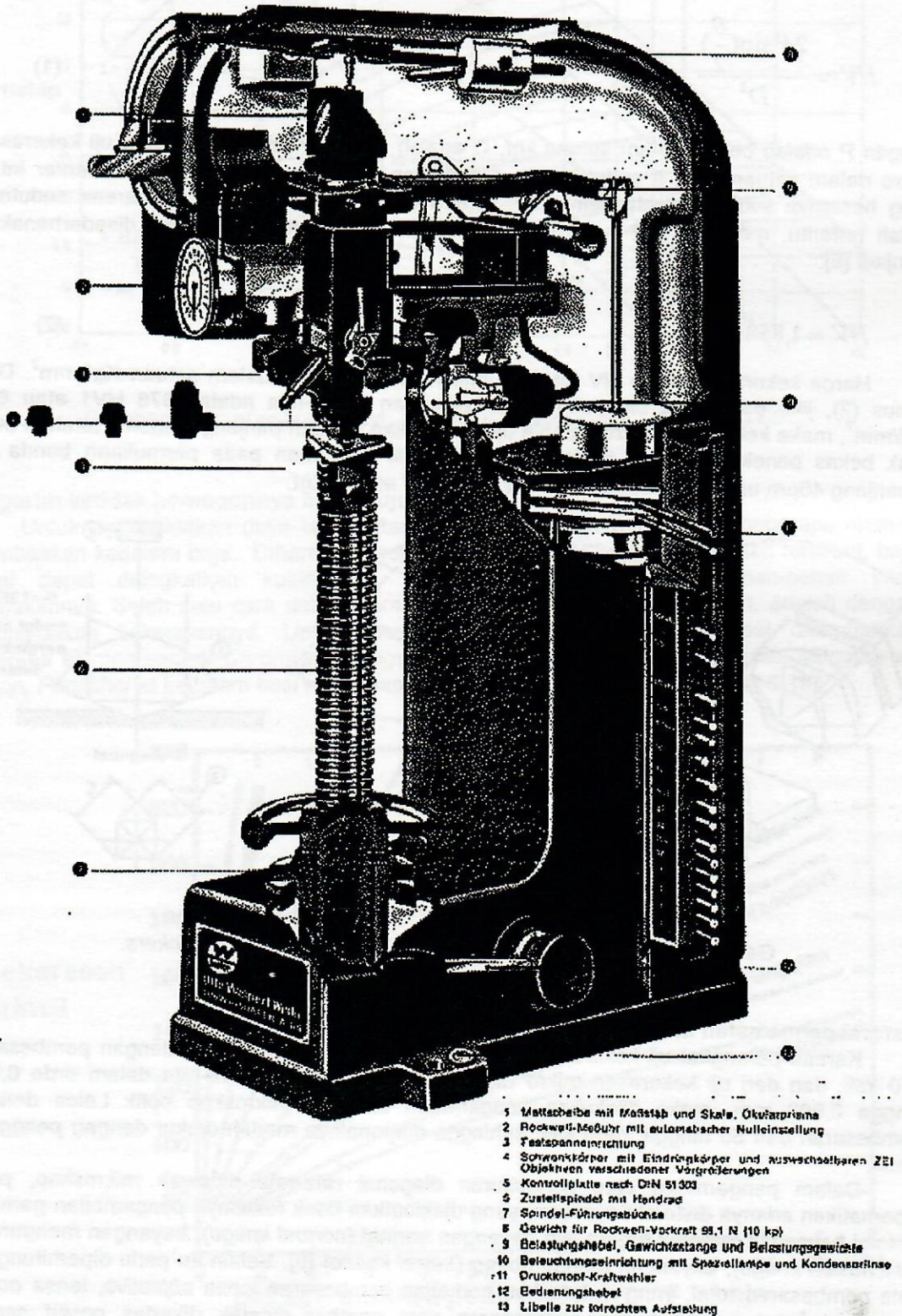


Foto makro korosi/erosi lapisan penguat sudu turbin.

Gambar 1. Foto makro sudu turbin dan lapisan penguatnya.

Uji kekerasan secara mikro dalam penelitian ini dengan menggunakan perangkat Dia Testor 2 Rc Wolpert seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Peralatan ini jika digunakan untuk uji kekerasan mikro *Vickers* dengan mengacu standar DIN 50-123, dapat digunakan

untuk uji kekerasan mikro. Namun sebenarnya perangkat tersebut untuk uji kekerasan makro, dengan beban dari 1 kgf hingga 125 kgf [7]. Maka per definisi, untuk uji kekerasan mikro, dapat digunakan beban terendah dari perangkat yang digunakan, yaitu 1 kgf atau 1000 gf. Beban tersebut sebenarnya adalah batas beban tertinggi dari uji kekerasan mikro. Untuk itu diperlukan koreksi karena ada keterbatasan tersedianya perangkat pengujian.



Gambar 2. perangkat Dia Testor 2 Rc Wolpert

PENDEKATAN PENYELESAIAN MASALAH

Harga kekerasan mikro benda uji

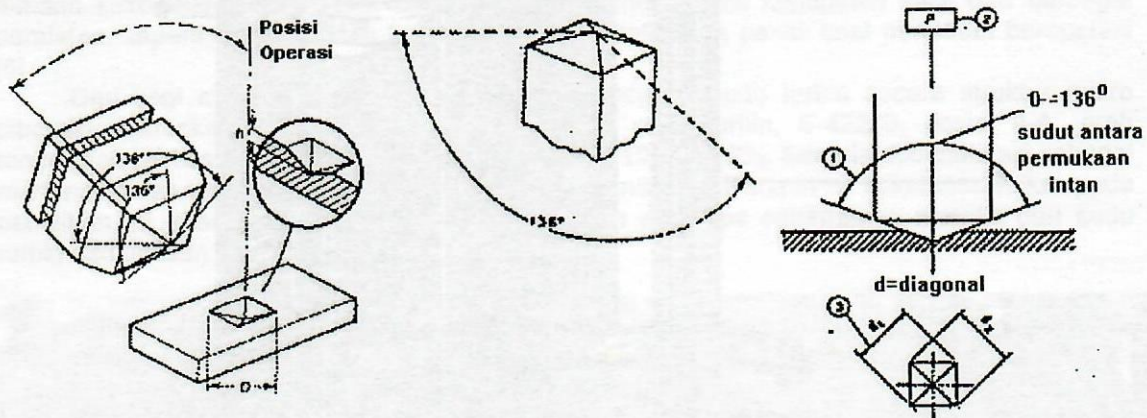
Untuk menyelesaikan masalah tersebut, maka dilakukan uji kekerasan mikro benda uji sudu turbin dengan menggunakan perangkat Dia Testor 2 Rc Wolpert secara uji mikro. Angka kekerasan mikro dari uji kekerasan mikro *Vickers* yang menggunakan *indenter* intan berbentuk piramida segiempat dengan sudut 136° , dirumuskan sebagai berikut:

$$HV = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{D^2} \tag{1}$$

dengan P adalah beban dalam satuan kgf, D adalah diagonal rata-rata tatanan uji kekerasan mikro dalam satuan mm, θ sudut antara permukaan piramida segiempat dari *indenter* intan yang besarnya sudah tertentu yaitu 136° seperti terlihat pada Gambar 4. Karena sudutnya sudah tertentu, maka $\sin \theta/2 = \sin 68^\circ = 0,92718$, maka rumus (1) dapat disederhanakan menjadi [8]:

$$HV = 1,8544 \frac{P}{D^2} \tag{2}$$

Harga kekerasan mikro HV tersebut biasanya dinyatakan dalam satuan Kgf/mm². Dari rumus (2), jika dari suatu sampel tertulis kekerasan mikro-nya adalah 876 HV1 atau 876 Kgf/mm², maka kekerasan mikro sample uji ditunjukkan dengan panjang diagonal tatanan atau jejak bekas penekanan mata *indenter* yang terbuat dari intan pada permukaan benda uji sepanjang 46 μ m untuk pembebanan seberat 1000 gf atau 1 Kgf.



Gambar 4. Sudut dan diagonal intan uji kekerasan mikro *Vickers*.

Distorsi pengamatan melalui mikroskop dan photo.

Karena perangkat uji kekerasan yang dipakai menggunakan lensa dengan pembesaran 140 kali, dan dari uji kekerasan mikro tersebut terukur diagonal rata-rata dalam orde 0,040 hingga 0,900 mm, maka dilakukan pengamatan dibawah mikroskop optik Leica dengan pembesaran dari 50 hingga 1000 kali, sehingga diagonalnya mudah diukur dengan penggaris biasa.

Dalam pengamatan atau pengukuran diagonal rata-rata dibawah mikroskop, perlu diperhatikan adanya distorsi bayangan, yang diakibatkan tidak fokusnya pengambilan gambar. distorsi bayangan tersebut antara lain bayangan normal (*normal image*), bayangan menguncup (*pinchusion image*), bayangan mengembang (*barrel image*) [9]. Selain itu perlu diperhitungkan pula pembesaran total, yang merupakan perkalian pembesaran lensa *objective*, lensa *ocular* atau lensa alat pemotret dan pembesaran saat gambar dicetak dikertas positif seperti ditunjukkan pada Gambar 5.