*Jurnal Sains Materi Indonesia*
*Indonesian Journal of Materials Science*

*Vol. 2 No. 2, Pebruari 2001, hal : 12 - 17*
*ISSN : 1411-1098*

# ANALISIS BAHAN KOMPONEN KATUP REGULATOR UNTUK ALIRAN GAS BUATAN IMPOR

**Mohammad Dani, dan Nurdin Effendi**
*Puslitbang Iptek Bahan (P3IB) - BATAN*
*Kawasan Puspiptek Serpong 15314, Banten*

## ABSTRAK

**ANALISIS BAHAN KOMPONEN KATUP REGULATOR UNTUK ALIRAN GAS BUATAN IMPOR**. Penelitian strukturmikro dan uji kekerasan bahan komponen katup untuk mengatur aliran *outlet* gas impor telah dilakukan. Bahan diiris dalam arah *bulk*. Uji kekerasan dilakukan dari mulai dalam matriks *bulk* hingga bahan lapisan pelindung dengan skala Vickers. Pengamatan dengan mikroskop optik setelah dilakukan pemolesan merupakan pemeriksaan awal. Pengujian dilanjutkan dengan kombinasi SEM, EPMA, dan XRF secara simultan. Hasilnya menunjukkan bahwa bahan ini terdiri dari *bulk* austenitik dengan bentuk butir koaksial yang sangat tahan korosi yang dilapisi dengan pelindung bahan pengeras dengan unsur utama Ni, Cr, Fe, dan Cu dengan konsentrasi yang cukup tinggi sehingga kekerasan pada permukaan bahan komponen ini sangat tinggi.

**Kata kunci** : SEM, EPMA, XRF, Vickers

## ABSTRACT

**ANALYSIS OF COMPONENT MATERIALS OF THE GAS FLOW OUTLET REGULATOR VALVE FOR THE ELECTRIC POWER PLANT EX IMPORT**. The microstructure and hardness testing of the imported gas flow outlet regulator valve for the electric power plant has been carried out. The materials was cut in the inner bulk direction. Hardness testing was carried out from the coating part to the inner bulk matrix by vickers scale number. After polishing it was observed by optical microscope, as an initial observation The observation was continued by the combination of SEM, EPMA, and XRF simultaneously. The result shows that the material bulk has the austenitic type that has coaxial grain formation and a very good anti corrosion properties that coated by the hard thick film with the ultimate elements of Ni, Cr, Fe, and Cu with the proper high concentration so that the surface hardness of this component is very high.

**Key words** : SEM, EPMA, XRF, Vickers

## PENDAHULUAN

Perlu dikemukakan bahwa alasan dasar dilakukannya penelitian ini adalah untuk merespon adanya dua jenis sampel yang digunakan oleh PLN, yaitu dua buah komponen pengatur katup aliran gas PLTU Suralaya, yaitu yang satu merupakan komponen import, sedang yang kedua adalah komponen buatan lokal, sehingga penulisan makalah ini dilakukan. Sasaran dari dilakukannya penelitian ini adalah pada akhirnya untuk memberikan saran pada produk komponen serupa buatan lokal. Untuk membatasi masalah, maka sampel yang diperiksa disini adalah sampel bahan yang berasal dari import. Dari data visual terlihat bahwa jenis sampel komponen import ini berupa *bulk* matriks yang dilindungi lapisan tebal dari bahan yang keras, dengan ketebalan antara 1,0 - 1,2 mm. Komponen ini, yang pada operasinya mengalami gesekan, maka kekerasan permukaan merupakan bagian yang penting untuk diteliti, selain dari komposisinya. Sehingga dalam penulisan makalah ini kedua pengujian tersebut dilakukan. Selain itu sebagai langkah awal, pengamatan strukturmikro dengan mikroskop optik maupun dengan SEM yang dapat membantu analisis juga telah dilakukan.

## METODA EKSPERIMEN

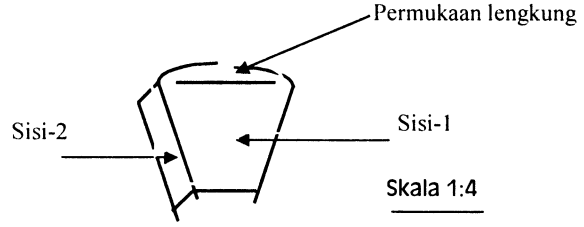
Setelah sampel diiris dengan arah kedalam, lalu dipoles dan di*etsa*. Setelah pemolesan selesai pada sampel dilakukan uji kekerasan dengan skala vickers, dengan alat indentasi bermerek LEITZ type Wetzlar seri 721464 mini load, buatan Jerman. Pengujian kekerasan dilakukan mulai dari *bulk* matriks, terus memasuki perbatasan antara lapisan dengan bahan dasar hingga bagian permukaan dengan beberapa titik indentasi. Jarak periodik antara titik-titik indentasi ini adalah 100 μm dari satu titik terhadap titik terdekatnya. Pengujian dilakukan dengan pengulangan dua kali, masing-masing terhadap dua sisi, dan juga satu kali terhadap sisi permukaan. Pengujian dilakukan di P2TBDU-BATAN.

Pemeriksaan strukturmikro pendahuluan dilakukan dengan mikroskop optik jenis Nikon UFX-DX yang bernomor seri lensa 512752, dengan transformer model UN, buatan Jepang. Pemeriksaan ini dilakukan di P3IB-BATAN.

Kemudian dilakukan pemeriksaan lanjutan dengan SEM, serta kombinasi pemeriksaan unsur-unsur penyusun sampel secara simultan, dengan EPMA dan XRF, yang dilakukan di Puslitbang Metalurgi LIPI.

## HASIL-HASIL DAN DISKUSI

Hasil dari data uji kekerasan dinyatakan dalam Tabel-1, Tabel-2, dan Tabel-3. Tabel-1 menyatakan hasil uji kekerasan pada salah satu sisi, misalnya sisi-1. Tabel-2 menyatakan hasil uji kekerasan pada salah satu sisi, misalnya sisi-2; sedang Tabel 3 menyatakan hasil uji kekerasan pada permukaan (atas, bagian lengkung). Gambaran irisan sampel kurang lebih dapat dinyatakan dalam Gambar 1. Sedang hasil data-data uji kekerasan ini diplot masing-masing sebagai grafik dalam Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.




***Gambar 1***. Ilustrasi letak posisi salah satu sisi pada irisan sampel dimana pengujian dilakukan; skala riil sampel 1:4.

***Tabel 1.*** Data uji kekerasan mikro untuk sisi -1, dengan beban 100 g. (a). Pengujian pertama ($H_1$ = rata-rata dari diagonal indentasi)

| No | $d_1$ (μm) | $H_{11}$ | $H_{11}$ | $d_2$ (μm) | $H_{12}$ | $H_1$ | Jarak (μm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 13,5 | 1018 | 1018 | 15,0 | 824 | 921 | 350 |
| 2 | 14,5 | 1018 | 882 | 16,0 | 724 | 803 | 250 |
| 3 | 16,5 | 681 | 681 | 16,0 | 724 | 02,5 | 150 |
| 4 | 16,5 | 681 | 681 | 17,0 | 642 | 61,5 | 50 |
| 5 | 20,0 | 464 | 464 | 21,0 | 420 | 442 | 0 |
| 6 | 24,5 | 309 | 309 | 25,5 | 297 | 303 | -50 |
| 7 | 24,5 | 309 | 309 | 25,0 | 303 | 306 | -150 |
| 8 | 26,0 | 247 | 274 | 26,0 | 274 | 274 | -250 |
| 9 | 26,0 | 247 | 274 | 25,5 | 279,5 | 276,7 | -350 |

b. Pengujian ulangan ($H_2$ = rata-rata dari diagonal identasi)

| No | $d_1$ (μm) | $H_{21}$ | $d_2$ (μm) | $H_{22}$ | $H_2$ | Jarak (μm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 13,0 | 1097 | 13,0 | 1097 | 1097 | 350 |
| 2 | 13,5 | 1018 | 14,0 | 946 | 982 | 250 |
| 3 | 14,0 | 946 | 13,5 | 1018 | 982 | 150 |
| 4 | 17,0 | 642 | 16,5 | 681 | 661,5 | 50 |
| 5 | 19,0 | 514 | 18,5 | 542 | 528 | 0 |
| 6 | 24,5 | 309 | 24,0 | 297 | 315,5 | -50 |
| 7 | 25,5 | 297 | 24,5 | 309 | 309 | -150 |
| 8 | 26,0 | 247 | 25,5 | 297 | 297,5 | -250 |
| 9 | 26,0 | 247 | 26,0 | 274 | 274 | -350 |

***Tabel 2.*** Data uji kekerasan mikro untuk sisi-2, dengan beban 100 g. a. Pengujian pertama (H1 = rata-rata dari diagonal identasi)

| No | $d_1$ (μm) | $H_{11}$ | $d_2$ (μm) | $H_{12}$ | $H_1$ | Jarak (μm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 14,5 | 882 | 14,0 | 946 | 914 | 350 |
| 2 | 15,0 | 824 | 15,7 | 752 | 788 | 250 |
| 3 | 16,5 | 681 | 17,0 | 781 | 681 | 150 |
| 4 | 17,0 | 642 | 17,4 | 606 | 624 | 50 |
| 5 | 20,0 | 464 | 19,5 | 488 | 476 | 0 |
| 6 | 27,5 | 245 | 27,0 | 254 | 249,5 | -50 |
| 7 | 27,0 | 254 | 26,0 | 374 | 264 | -150 |
| 8 | 26,0 | 274 | 25,5 | 285 | 279,5 | -250 |
| 9 | 26,0 | 274 | 27,0 | 254 | 264 | -350 |

b. Pengujian ulangan ($H_2$ = rata-rata dari diagonal identasi)

| No | $d_1$ (μm) | $H_{21}$ | $d_2$ (μm) | $H_{22}$ | $H_2$ | Jarak (μm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 16,5 | 681 | 16,0 | 724 | 702,5 | 350 |
| 2 | 17,0 | 642 | 17,0 | 642 | 642 | 250 |
| 3 | 17,5 | 606 | 17,0 | 642 | 624 | 150 |
| 4 | 18,0 | 572 | 17,0 | 642 | 607 | 50 |
| 5 | 21,0 | 420 | 20,0 | 464 | 442 | 0 |
| 6 | 27,0 | 254 | 26,5 | 264 | 259 | -50 |
| 7 | 27,5 | 245 | 27,5 | 245 | 245 | -150 |
| 8 | 25,0 | 297 | 25,5 | 309 | 303 | -250 |
| 9 | 25,0 | 297 | 24,5 | 285 | 291 | -350 |

***Tabel 3.*** Data uji kekerasan mikro untuk sisi-permukaan (atas), dengan beban 200 g. ($H_1$ = rata-rata dari diagonal identasi)

| No | $d_1$ (μm) | $H_{11}$ | $d_2$ (μm) | $H_{12}$ | $H_1$ | Jarak (μm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 17,0 | >1027 | 14,0 | >1027 | >1027 | 400 |
| 2 | 19,0 | 1027 | 20,0 | 927 | 977 | 300 |
| 3 | 24,0 | 644 | 21,5 | 802 | 723 | 200 |
| 4 | 23,0 | 701 | 22,5 | 733 | 717 | 100 |
| 5 | 24,0 | 644 | 24,5 | 618 | 631 | 0 |

Data kekerasan ini setelah diolah memberikan nilai kekerasan rata-rata.($H_1$), pada Tabel 1a. Dua buah kurva terjadi karena adanya pengulangan pengukuran ($H_2$), data ada pada Tabel 1b.

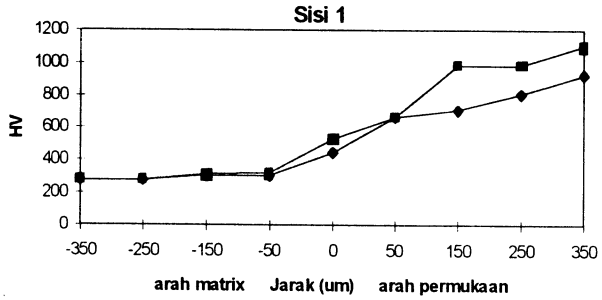
Gambar 2 menunjukkan grafik kekerasan pada sisi-1. Dari Gambar 2 dapat diketahui bahwa kekerasan pada bagian lapisan pelindung sangat tinggi; grafik juga menunjukkan bahwa kekerasan pada bahan dasar lebih rendah dari pada kekerasan dibagian lapisan pelindung; sedangkan pada bagian perbatasan antara kedua bahan, kekerasan merupakan transisi pertengahan dari keduanya, yang berarti. bahwa pada daerah sekitar perbatasan terjadi semacam transisi dari rendah ke tinggi atau sebaliknya.

Gambar 3 menunjukkan grafik kekerasan pada salah satu sisi yang lain, yaitu sisi-2 dari Tabel 2. Sebagaimana dalam Gambar 2, dua buah kurva terjadi karena adanya pengulangan dalam pengukuran kekerasan ini. Secara garis besar dapat dikatakan bahwa kecenderungan kedua grafik pada Gambar 2 dan Gambar 3 adalah serupa.

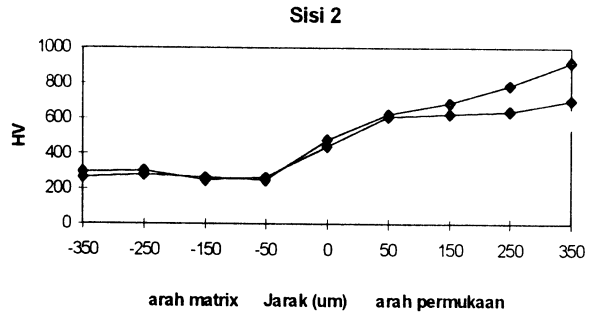
Gambar 4 menunjukkan grafik kekerasan pada

*Vol. 2 No. 2, Februari 2001, hal : 12- 17*
*ISSN : 1411-1098*

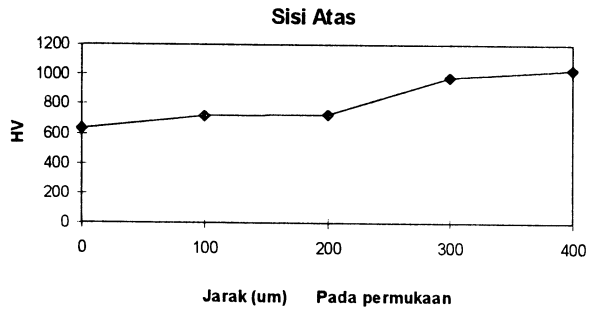
permukaan bahan yang merupakan bahan pelindung atau lapisan yang sangat keras, dari Tabel 3.. Secara visual, dengan mata telanjang dapat dikatakan bahwa tebal lapisan ini kurang lebih antara 1,0 - 1,2 mm. Kemungkinan adanya fluktuasi kekerasan pada bagian permukaan disebabkan bahwa indentasi pada permukaan lengkung adalah kurang teliti, mengingat bahwa permukaan luar dari sampel tidaklah rata, melainkan berbentuk bola bulat




*Gambar 2.* Hasil Uji Kekerasan pada salah satu sisi, yaitu yang disebut sisi pertama. Pengujian dilakukan sebanyak dua kali dalam skala Vickers. Jarak antar titik-titik indentasi sebesar 50 μm.



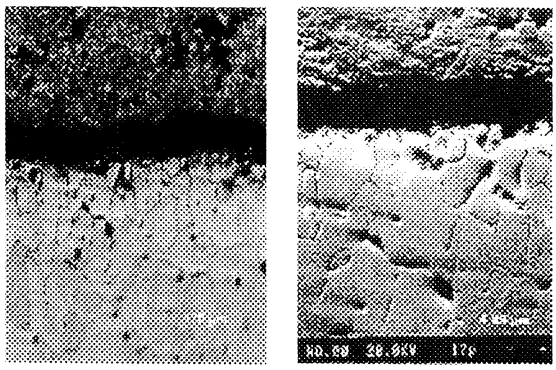

*Gambar 3.* Hasil Uji Kekerasan pada salah satu sisi, yaitu yang disebut sisi-2 Pengujian dilakukan sebanyak dua kali dalam skala Vickers. Jarak antara titik-titik indentasi sebesar 50 μm




*Gambar 4.* Hasil Uji Kekerasan pada permukaan (bulat). Jarak antar titik-titik indentasi sebesar 100 μm.

Hasil pengamatan mikroskop optik sebagai pengujian (Gambar 5a) pendahuluan serupa dengan gambar yang ditunjukkan oleh foto SEM pada Gambar 5b.

Gambar 5a merupakan gambar hasil pengamatan dengan mikroskop optik dengan perbesaran 200 kali, sebagai pengamatan pendahuluan; sedang Gambar 5b merupakan gambar hasil pengamatan dengan SEM

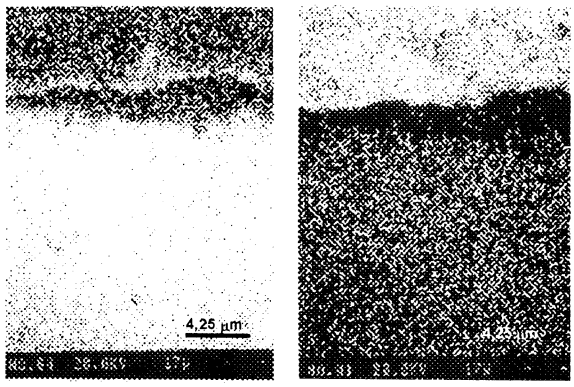


*a* *b*

*Gambar 5a.* Pengamatan irisan dalam dengan mikroskop optik; perbesaran 100 x. *Gambar 5b.* Pengamatan irisan dalam dengan SEM; perbesaran 4050 x.

dengan perbesaran sekitar 700 kali, yang menyapu pada daerah lapisan, daerah perbatasan, dan daerah bahan dasar serupa dengan foto mikroskop optik diatas. Hal ini dilakukan untuk menentukan fasa-fasa yang ada baik pada lapisan pelindung, batas antara, maupun pada bahan dasar (base metal), maka pengamatan dengan mikroskop optik perlu dilanjutkan dengan pemeriksaan kombinasi dengan SEM. Tampak bahwa baik Gambar 5a maupun Gambar 5b mencakup ketiga daerah fotografi dari hasil pengamatan, yaitu pertama adalah lapisan paling atas, merupakan daerah *lapisan pelindung* - suatu permukaan yang amat keras. Daerah pita sempit yang berwarna hitam berikutnya merupakan daerah perbatasan antara yaitu antara lapisan dengan bahan dasar; sedang gambar lapisan paling bawah merupakan daerah bahan dasar.

Pada bahan dasar terlihat adanya butir-butir fasa yang disertai noda hitam. Noda hitam ini kemungkinan merupakan semacam inklusi, bahkan kemungkinan juga merupakan karbon ataupun porositas. Fasa yang ada didaerah bahan dasar (bulk) hanya satu macam, yaitu berupa fasa-fasa yang homogen dan bentuk butir-butir fasanya berupa butiran yang menyerupai bentuk-bentuk koaksial yang mengindikasikan bahwa bahan telah dianil [1,2,3].

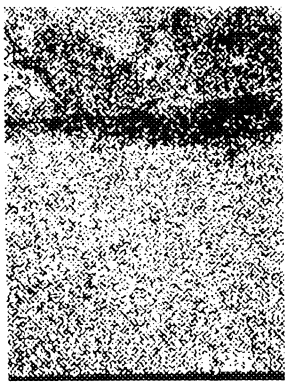



*a* *b*

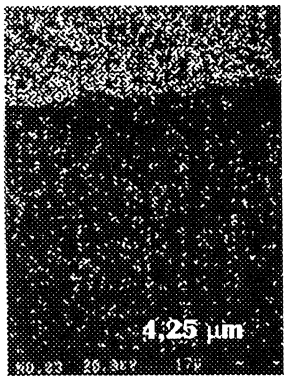
*Gambar 6a.* Sebaran unsur-unsur Fe ; skala 1 : 3765.
*Gambar 6b.* Sebaran unsur-unsur Ni ; skala 1 : 3765

Hasil pemeriksaan unsur-unsur penyusun dilakukan dengan EPMA dan dilanjutkan dengan XRF, masing-masing disajikan dalam Gambar 6a s/d 6j dan Gambar 7a s/d 7c.

Gambar-gambar 6a, 6b, 6c, 6d, 6e, 6f, 6g, 6h, 6i, dan 6j, masing-masing adalah hasil-hasil foto EPMA, yang masing-masing menggambarkan sebaran kerapatan unsur-unsur dominan yang ada, yaitu berturut-turut



*c*

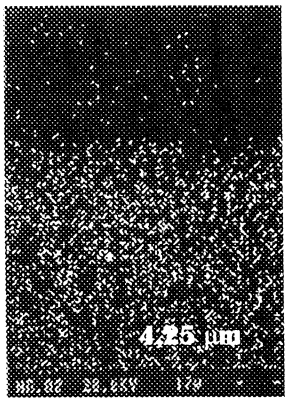



*d*

*Gambar 6c.* Sebaran unsur-unsur Cr ; skala 1 : 3750
*Gambar 6d.* Sebaran unsur-unsur Cu ; skala 1 : 3750

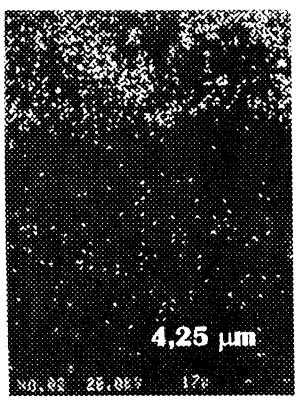



*e*

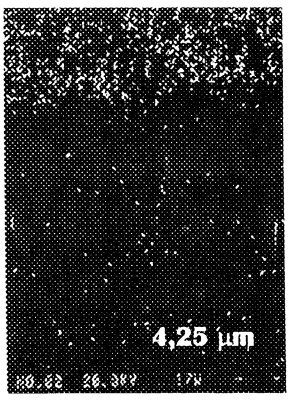



*f*

*Gambar 6e.* Sebaran unsur-unsur Ca ; skala 1 : 3750
*Gambar 6f.* Sebaran unsur-unsur Mn ; skala 1 : 3750

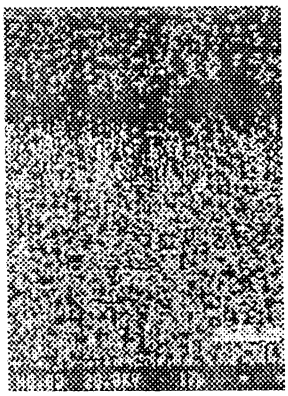



*g*

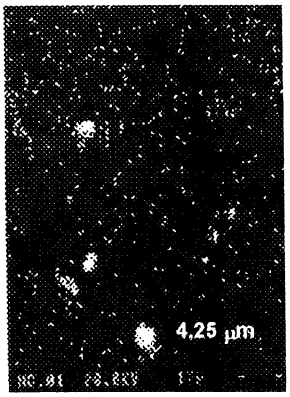



*h*

*Gambar 6g.* Sebaran unsur-unsur Mo ; skala 1 : 3765
*Gambar 6h.* Sebaran unsur-unsur Si ; skala 1 : 3765



*i*




*j*

*Gambar 6i.* Sebaran unsur-unsur Co skala 1 : 3765.
*Gambar 6j.* Sebaran unsur-unsur S skala 1 : 3765.

adalah Fe, Ni, Cr, Cu, Ca, Mn, Mo, Si Si, Co, dan S pada setiap bagian lapisan, yaitu lapisan pelindung, lapisan batas antara, dan lapisan bahan dasar.

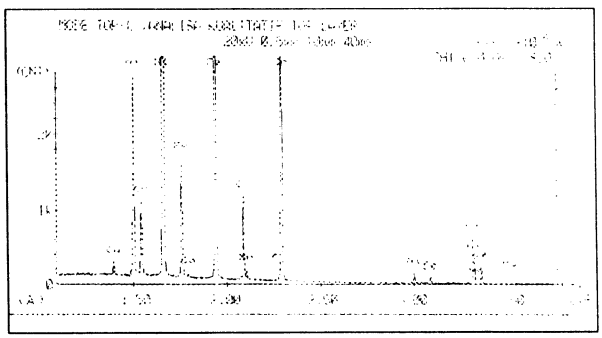
Dari foto-foto ini maka dapat digambarkan bahwa elemen-elemen dominan pada lapisan pelindung, lapisan batas antara, serta pada lapisan bahan dasar, secara kualitatif dapat diuraikan perkiraan jumlah konsentrasi unsur yang terbesar hingga yang terkecil dalam Tabel 4 sebagai berikut:

*Tabel 4.* Unsur-unsur penyusun bahan komponen: Urutan dari kiri kekanan menyatakan jumlah perkiraan unsur dengan konsentrasi terbesar secara kualitatip kearah unsur dengan konsentrasi terendah secara kualitatip (paling kiri), berdasarkan hasil EPMA.

| Daerah Konsentrasi | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lapis - permukaan | Ni | Fe | Cr | Ca | Cu | Si | Mo | Mn | Co | S |
| Batas antara | Ca | Fe | Cr | Ni | Cu | Mn | Si | S | Mo | Co |
| Bahan dasar | Fe | Cr | Ni | Mn | Co | Si | Cu | Mo | Ca | S |

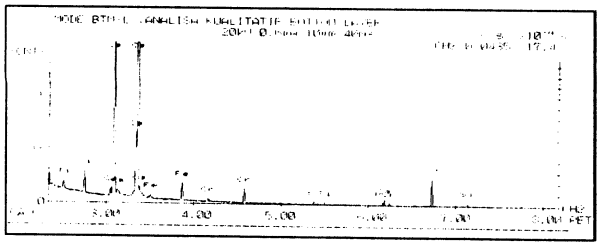
Tabel 4 menyatakan tingkat kerapatan unsur pada sampel secara kualitatif; dengan urutan dari kiri kekanan. Perlu pula diketahui bahwa seandainya pada daerah batas terdapat unsur karbon maka oleh EPMA tidak akan terdeteksi, karena keterbatasan kemampuan alat untuk mendeteksi unsur-unsur ringan.

Gambar 7a s/d 7c menunjukkan hasil pemeriksaan unsur dengan XRF, sedang data kuantitatif disajikan dalam Tabel 5 dibawah.

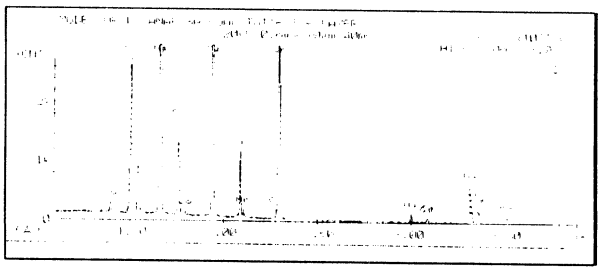


*Gambar 7a.* Pendeteksian unsur-unsur penyusun dalam spesimen uji pada bagian *lapisan atas* sampel, dengan XRF.

*Vol. 2 No. 2, Pebruari 2001, hal : 12 - 17*
*ISSN : 1411-1098*



***Gambar 7b.*** Pendeteksian unsur-unsur penyusun dalam spesimen uji pada bagian *batas antara* pada sampel, dengan XRF.



***Gambar 7c.*** Pendeteksian unsur-unsur penyususn dalam spesimen uji pada bagian *base metal* pada sampel,dengan XRF

Dari Gambar 7a sampai dengan 7c terlihat semua komposisi unsur-unsur yang membangun bahan komponen katup ini pada masing-masing daerah lapisan. Dari data sinar-X ini tampak beberapa unsur pembangun yang dominan yaitu antara lain adalah Fe, Ni, Cr, dan seterusnya.

Dari unsur-unsur pembangun bahan dasar diatas, terutama Fe, Cr, dan Ni, terlihat bahwa bahan dasar baja merupakan baja tahan karat austenitik [4,5,6], yaitu karena adanya sistem Fe-Cr-Ni dengan komposisi tertentu yang lebih mengarah kepada formasi austenitik. Juga, unsur Mo berfungsi serupa dengan unsur Ni, yang selain berfungsi sebagai penahan korosi lubang juga merupakan penahan korosi batas butir. Dari Gambar 5a dan 5b diatas juga dapat dilihat bahwa bahan dasar ini memiliki satu fasa yang homogen, yang memiliki bentuk butir-butir yang koaksial, yang dimaksudkan agar bahan memiliki kekuatan yang tinggi. Berdasarkan hasil perhitungan kuantitatif yang disajikan Tabel 5, dimana kuantitas dalam persen dari masing-masing unsur telah dicantumkan, maka dapat pula diurutkan kuantitas unsur dengan konsentrasi yang tertinggi kearah kuantitas unsur dengan konsentrasi yang terendah pada masing-masing lapisan, sebagai berikut (Tabel 6).

Pekerjaan serupa juga telah dilakukan pada sampel bahan komponen buatan lokal [7], yang tidak memiliki lapisan permukaan pengeras, yang memiliki kekerasan bahan dasar yang homogen dan relatif lebih tinggi dari pada bahan dasar buatan impor; namun memiliki kekerasan permukaan yang relatif rendah dibandingkan pada komponen buatan impor yang berlapis.

***Tabel 6.*** Unsur-unsur penyusun bahan komponen: Urutan dari kiri kekanan menyatakan jumlah perkiraan unsur dengan konsentrasi tertinggi kearah unsur dengan konsentrasi terendah (paling kiri), berdasarkan hasil perhitungan dat XRF, Tabel 5

| Daerah Konsentrasi | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lapis - permukaan | Ni | Fe | Cr | Ca | Cu | Si | Mo | Mn | Co | S |
| Batas antara | Ca | Fe | Cr | Ni | Cu | Mn | Si | S | Mo | Co |
| Bahan dasar | Fe | Cr | Ni | Mn | Co | Si | Cu | Mo | Ca | S |

## KESIMPULAN

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa bahan komponen pengatur katup aliran gas PLTU Suryalaya asal impor diatas, merupakan bahan dasar baja tahan karat jenis austenitik, yang kekerasannya tidak begitu tinggi, yang dilindungi dengan lapisan pengeras yang terdiri dari unsur-unsur Ni, Fe, Cr, Ca, Cu, Si, Mo, Mn, Co, dan Ca, dimana ketebalan lapisan sekitar 1,0 -1,2 mm. Karena itu kekerasan pada permukaannya sangat tinggi karena adanya lapisan dengan bahan dengan konsentrasi Ni-Cr yang tinggi. Pada bagian batas antara lapisan dan bahan dasar, maka terdapat unsur-unsur dengan urutan dominan sebagai berikut: Ca, Fe, Cr, Ni, Cu, Mn, Si, S, Mo, dan Co. Sedang bahan dasar (*base metal*) terdiri dari unsur-unsur dengan urutan dominan Fe, Cr, Ni, Mn, Co, Si, Cu, Mo, S, dan sedikit sekali Ca. Bahan dasar ini merupakan jenis austenitik yang sangat tahan korosi; bahan ini juga memiliki bentuk butir-butir yang koaksial sehingga dapat diduga bahwa bahan dasar komponen ini telah di*anil*.

Pada komponen lokal yang tidak berlapis yang telah disinggung diatas, kekerasan bahan dasar lebih tinggi dari pada kekerasan bahan komponen impor; hal

***Tabel 5.*** Cacahan XRF untuk masing-masing unsur serta prosentasenya pada masing-masing daerah lapisan

| No | Unsur | Lapisan Atas | | Perbatasan Antara | | Bahan Dasar | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Cacahan | % | Cacahan | % | Cacahan | % |
| 1 | Fe | 11471 | 25,52 | 3231 | 15,71 | 30487 | 67,511 |
| 2 | Ni | 20914 | 46,259 | 456 | 2,217 | 3613 | 8,0 |
| 3 | Cr | 8040 | 17,886 | 1678 | 8,159 | 10165 | 22,51 |
| 4 | Ca | 2085 | 4,638 | 14972 | 72,8 | - | - |
| 5 | Cu | 1494 | 3,32 | 115 | 3,32 | 84 | 0,186 |
| 6 | Si | 442 | 0,983 | 43 | 0,209 | 86 | 0,19 |
| 7 | Mn | 82 | 0,182 | 44 | 0,214 | 588 | 1,302 |
| 8 | Mo | 388 | 0,752 | - | - | 29 | 0,064 |
| 9 | Co | 32 | 0,071 | - | - | 92 | 0,203 |
| 10 | S | - | | 27 | | 14 | 0,031 |
| | Juml. | 44948 | 100,0 | 20566 | 100,0 | 45158 | 100,0 |

ini tentu karena kandungan Cr dan Ni pada bahan dasar komponen lokal lebih tinggi. Karena itu dari segi ekonomis kurang menguntungkan. Perlu dikembangkan teknik pelapisan permukaan sehingga jangka panjangnya dapat menghemat bahan baku, yaitu khususnya untuk mengurangi konsentrasi Cr dan Ni pada bahan dasar.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Bapak Ir. Harsisto, M.Sc., yang telah memberikan kemudahan dalam penggunaan alat SEM dan EPMA sehingga pemeriksaan unsur-unsur secara memadai dapat dilaksanakan.

## DAFTAR ACUAN

[1]. D.A POSTER and K.E. EASTERLING, *Phase Transformation in Metals and Alloys*, Van Nostrand Reinhold Co.Ltd, (1981).

[2]. ROBERT WILSON, *Metallurgy and Heat Treatment of Tool Steels*, Mc Graw Hill Book Co. Ltd., (1975).

[3]. R.W. CAHN and P. HAASEN, *Physical Metallurgy, part 2*, Elsevier Science Publishers B.V, (1983).

[4]. TATA SURDIA, Prof. Ir., MS. Met. E., *Pengetahuan Bahan Teknik*, Penerbit Pradnya Paramita Jakarta, Cetakan kedua.

[5]. ROY A. LINDBERG, *Processes and Materials of Manufacture*, Prentice Hall of India, Second Edition, (1982).

[6]. SEROPE KALPAKJIAN, *Manufacturing Engineering and Technology*, Addison Wesley Pu. Co., Second Edition, (1992).

[7]. MOHAMMAD DANI dan NURDIN EFFENDI, Analisa Struktur Mikro Bahan Komponen Katup Regulator Aliran Gas Buatan Lokal, diterbitkan pada *Jurnal Mikroskopi dan Mikroanalisis*.