

KARAKTERISTIK TERMOKOPEL TUNGSTEN - RHENIUM (W-3%Re/W-25%Re)

Achmad Suntoro
PPNR- BATAN

ABSTRAK

KARAKTERISTIK TERMOKOPEL TUNGSTEN - RHENIUM (W-3%Re/W-25%Re). Karakteristik termokopel tungsten-rhenium W-3%Re/W-25%Re disajikan secara singkat dalam makalah ini. Titik berat penyajiannya pada informasi yang dapat memberikan masukan untuk penyelesaian masalah-masalah praktis yang sering dijumpai dalam penggunaan termokopel tersebut baik perawatan, operasional maupun disain / modifikasi sistem. Termokopel tungsten-rhenium ini tidak tercantum dalam kode standard ANSI untuk termokopel, sehingga karakteristiknya tidak tersebar secara luas dan mudah diperoleh.

PENDAHULUAN

Pengukuran suhu tinggi banyak didapati pada industri pesawat luar angkasa, misalnya untuk pengukuran suhu gas buang roket yang diperlukan pada perhitungan *ablation-temperature* bagian-bagian tertentu dari roket. Sedang pada proses material, pengukuran suhu juga memegang peranan penting misalnya pada pengendalian *sintering-rate* untuk mendapatkan maksimum *ductility* pada keramik dan pengendalian *solidification-casting* dari alloy. Untuk industri nuklir pengukuran suhu tinggi terutama terdapat pada *fast breeder reactors* dimana suhu bahan bakar (*fuel rod*) bisa mencapai 2600° C. Namun demikian salah satu kendala utama dalam pengukuran tersebut (menggunakan termokopel) adalah material (*thermo element*) yang tersedia untuk tujuan pengukuran suhu tinggi tersebut (diatas 1800° C) sangat terbatas. Termokopel tungsten-rhenium adalah salah satu bentuk alat ukur yang biasa digunakan untuk suhu tinggi tersebut.

Termokopel logam pada umumnya dibuat dari *refractory alloys* tungsten, rhenium, molybdenum, columbium, tantalum, dan alloys dari iridium dan rhodium. Seperti yang dituturkan Anderson dan Bliss^[1], kesemua alloys tersebut telah dipelajari oleh Sanders dan Schneider dengan harapan untuk mendapatkan kombinasi termokopel yang baik.

Pada tahun 1963 kombinasi termokopel W-3%Re/W-25%Re diperkenalkan oleh Zysk, Toenshoff dan Penton^[2].

Sisi W-3%Re dibuat dari *doping* serbuk tungsten oksida dengan gabungan potassium, silicon, dan aluminium. Termokopel jenis ini yang akan dibahas dalam tulisan ini, mengingat di BATAN tepatnya Pusat Elemen Bakar Nuklir memiliki dua buah tungku sinter suhu tinggi yang digunakan untuk proses fabrikasi elemen bakar nuklir daya. Sebenarnya ada 3 termokopel dengan jenis kombinasi ini yaitu : W/W-26%Re, W-3%Re/W-25%Re, dan W-5%Re/W-26%Re. Jenis termokopel ini dikenal dengan nama termokopel tungsten-rhenium dan jenis termokopel ini tidak termasuk dalam kode standard ANSI^[3] untuk termokopel.

Karakteristik W-3%Re/W-25%Re

Pemakaian termokopel tungsten-rhenium dalam lingkungan udara sangat dibatasi hingga suhu 250° C^[1], hal ini mengingat termokopel tersebut akan rusak (teroksidasi dengan cepat) jika digunakan untuk suhu lebih besar dari 400° C. Termokopel ini secara umum stabil pada pengukuran dengan lingkungan hidrogen dan atmosfer yang *inert*. Dalam kondisi apapun termokopel ini tidak boleh dipakai untuk mengukur suhu diatas 3080° C.

Pergeseran (*drift*) antara EMF yang dihasilkan dan panas yang diberikan pada termokopel ini cukup kecil, yaitu bekisar dari 2.3mC/jam sampai 2.9mC/jam. Data ini diperoleh dari percobaan yang dilakukan oleh Burn dan Hurst^[4], yaitu memanasi termokopel W-3%Re/W-25%Re dengan suhu tetap 1800° C selama 1050 jam.

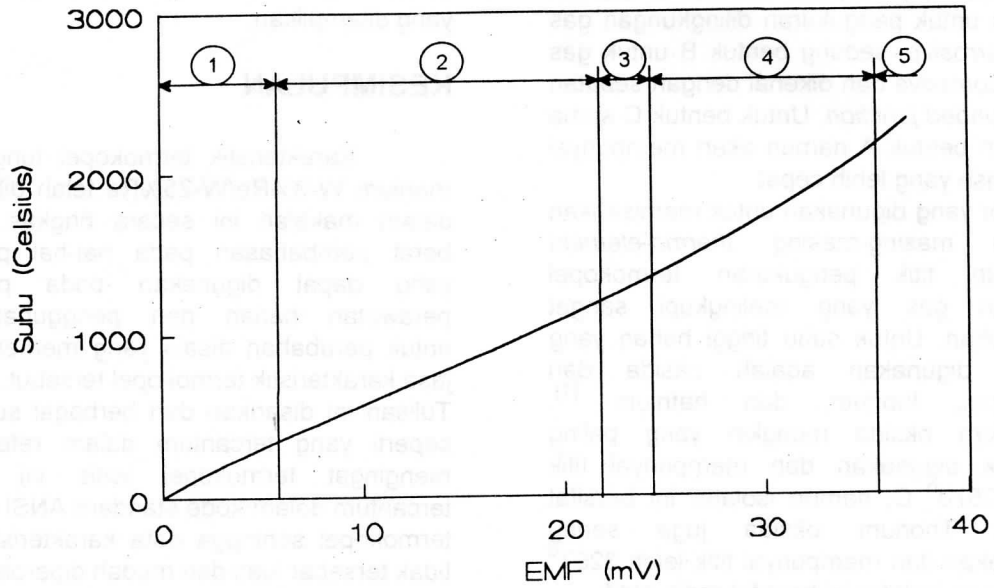
Pergeseran tersebut terlihat mendekati linier terhadap waktu pemanasan. Kurva kalibrasi, yaitu hubungan antara EMF dan panas yang diberikan, selalu disertakan oleh pabrik pembuat termokopel bersangkutan. Seperti yang dituturkan Anderson dan Bliss^[1] bahwa Tseng, Schartz dan Zysk dari Engelhard Industries telah mengeluarkan tabel kalibrasi untuk W-3%Re/W-25%Re hingga 2400° C. Tabel tersebut dibuat dengan resolusi 1° C. Asamoto dan Novak membuat juga tabel kalibrasi ini namun hingga 3000° C. Kedua tabel tersebut dilaporkan berbeda 30° C pada suhu 2000° C.

Dalam makalah ini tabel yang dikeluarkan oleh Quaderni Di Stumentazione^[5] hingga 2315° C disajikan, karena tabel inilah yang tersedia (dimiliki) oleh Balai Komponen Nuklir - PPNR BATAN. Tabel tersebut dibuat dengan resolusi 1° C dengan referensi pengukuran pada suhu 0° C, maka sesuai dengan petunjuk umum pengukuran suhu menggunakan termokopel^[6] dimana suhu kamar pengukuran tidak 0° C perlu dilakukan koreksi, yaitu dengan menambah EMF hasil pengukuran dengan EMF suhu kamar.

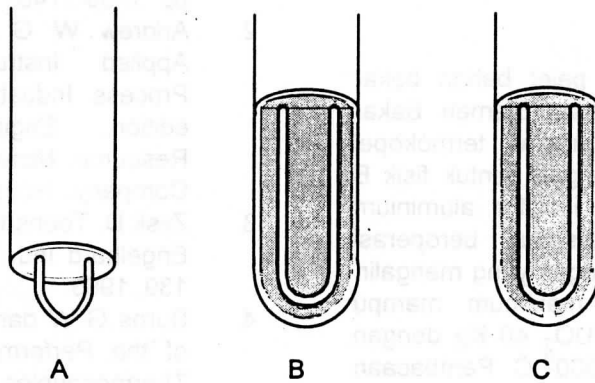
Hasil penambahan ini adalah hasil koreksi yang dipakai selanjutnya untuk mewakili suhu pada titik pengukuran termokopel. Di Balai Komponen Nuklir PPNR, fungsi polinom yang digunakan untuk mendekati tabel kalibrasi tersebut dikelompokkan menjadi 5 bagian dengan pertimbangan ketelitian maksimal. Fasilitas curve-fitting yang ada pada program word-processor Microsoft Word for Windows versi 6 digunakan dan diperoleh Tabel 1, dan Gambar 1 adalah bentuk grafis dari tabel kalibrasi dari Quaderni Di Stumentazione tersebut.

Tabel 1. Fungsi Polinom Pendekatan Tabel Kalibrasi W-3%Re/W-25%Re

EMF TERMOKOPEL (E = mV)		FUNGSI POLINOM (°C)
1.	0 - 5.62	$-1.6557E^2 + 69.335E + 2.0281$
2.	5.63 - 21.837	$0.1669E^2 + 47.916E + 71.198$
3.	21.838 - 24.355	$59.565E - 100.39$
4.	24.356 - 35.689	$1.2532E^2 - 3.1586E + 688.29$
5.	35.69 - 37.061	$5.5421E^2 - 302.79E + 5924.3$



Gambar 1. Bentuk Grafis tabel kalibrasi W-3%Re/W-25%Re.



Gambar 2. Bentuk Fisik Kemungkinan Titik Pengukuran^[6] Termokopel.

Secara umum bentuk fisik termokopel dalam operasinya dapat berbentuk seperti pada Gambar 2. Bentuk A baik untuk pengukuran di lingkungan gas *non-corrosive*, sedang bentuk B untuk gas yang *corrosive* dan dikenal dengan sebutan *ungrounded junction*. Untuk bentuk C sama dengan bentuk A namun akan mempunyai response yang lebih cepat.

Isolator yang digunakan untuk memisahkan antara masing-masing *thermo-element* maupun titik pengukuran termokopel dengan gas yang melingkupi sangat diperlukan. Untuk suhu tinggi bahan yang biasa digunakan adalah oksida dari beryllium, thorium, dan hafnium [1]. Beryllium oksida mungkin yang paling banyak digunakan dan mempunyai titik leleh 2570°C , namun isolator ini bersifat racun. Thorium oksida juga sering digunakan dan mempunyai titik leleh 3267°C , namun isolator ini bersifat radio-aktif.

Isolator ketiga ialah hafnium oksida, mempunyai titik leleh 2900°C , sayangnya sifat2 kelistrikan dan lain-lainnya dari isolator jenis ini belum banyak diketahui. Untuk suhu agak rendah (dibawah 2000°C) isolator aluminium oksida dan magnesium oksida sering digunakan.

PEMAKAIAN

Tungku sinter pelet bahan bakar nuklir yang ada di Pusat Elemen Bakar Nuklir BATAN menggunakan termokopel W-3%Re/W-25%Re dengan bentuk fisik B pada Gambar 2 dan isolator aluminium dioksida. Tungku tersebut beroperasi menggunakan gas hidrogen yang mengalir. Tungku berkapasitas maximum mampu untuk menyinter pelet UO_2 40 Kg dengan suhu operasi hingga 1800°C . Pembacaan dari termokopel menggunakan modul dari Advantech™ ADAM-4011. Mengingat termokopel tungsten-rhenium ini tidak termasuk dalam standard ANSI, maka sambungannya dengan ADAM-4011 dilakukan melalui kanal analog input dan bukan kanal khusus untuk termokopel yang tersedia pada 4011.

Hasil pembacaan termokopel ini dipakai untuk umpan balik dalam sistem pengendalian suhu sistem tungku tersebut dan juga dipakai sebagai indikator baik numerik ataupun grafis yang ditampilkan

pada layar komputer PC pengendali sistem tungku. Tabel 1 dipakai untuk proses konversi EMF termokopel ke bentuk suhu yang ditampilkan.

KESIMPULAN

Karakteristik termokopel tungsten-rhenium W-3%Re/W-25%Re telah dibahas dalam makalah ini secara ringkas. Titik berat pembahasan pada hal-hal praktis yang dapat digunakan pada proses perawatan harian dan penggunaannya untuk perubahan disain yang memerlukan jasa karakteristik termokopel tersebut.

Tulisan ini disarikan dari berbagai sumber seperti yang tercantum dalam referensi, mengingat termokopel jenis ini tidak tercantum dalam kode standard ANSI untuk termokopel sehingga data karakteristiknya tidak tersebar luas dan mudah diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anderson T dan Bliss P., Tungsten-Rhenium Thermocouples Summary Report., Temperature Its Measurement Control in and Science and Industry., Vol.4., Part 3., 1972., pp. 1735-1746.
2. Andrew W G dan Williams H B., Applied Instrumentation in the Process Industries., Vol. 3 second edition., Engineering Data and Resource Material., Gulf Publishing Company., Houston., 1974.
3. Zysk D, Toenshoff D A dan Penton J., Engelhard Ind. Tech. Bulletin., Vol.3, 139, 1963.
4. Burns G W dan Hurst W S., Studies of the Performance of W-Re Type Thermocouples., Temperature Its Measurement Control in and Science and Industry., Vol.4., Part 3., 1972., pp. 1751-1766.
5. Quaderni Di Stumentazione., Misure Di Temperatura Tabelle Di Riferimento., Edizione 1987., 2045 Milano Via Luca Comerio 5.
6. Labfacility Ltd., Temperature Sensing with Thermocouple and Resistance Thermometers., A Practical Handbook., 2nd Edition., 1987.