

SOP Penggunaan Tube Furnace (R-2)

1. Tujuan

Menetapkan prosedur operasional yang aman, efektif, dan terstandar dalam penggunaan Tube Furnace (R-2) untuk proses reduksi material dengan kontrol atmosfer di lingkungan BRIN.

2. Ruang Lingkup

SOP ini berlaku bagi seluruh pengguna internal BRIN yang menggunakan fasilitas Tube Furnace (R-2) di Laboratorium Metalurgi ORNM.

3. Persyaratan Pengguna

1. Pengguna merupakan sivitas internal BRIN.
 2. Telah memahami SOP alat, termasuk penggunaan sistem gas.
 3. Telah membaca persyaratan sampel pada Berkas Layanan.
 4. Telah memperoleh persetujuan penggunaan fasilitas.
 5. Bagi pengguna di luar Laboratorium Metalurgi ORNM, wajib mengisi:
 - o Formulir **F-BRIN-02-05 (Penggunaan Laboratorium – Sivitas Internal)**
-

4. Ketentuan Administratif

1. Layanan menggunakan sistem pembayaran melalui **Elsa Poin**.
 2. Penggunaan di luar jam kerja wajib mengisi:
 - o Formulir **F-BRIN-02-02 (Izin Penggunaan di Luar Jam Kerja)**
 3. Formulir tersedia melalui:
Aksesibilitas Laboratorium – Download Formulir
-

5. Spesifikasi Alat

- Jenis: Tube Furnace
- Sistem daya: 1-phase
- Elemen pemanas: Nikelin (nichrome)
- Fungsi: Proses reduksi material
- Tube: Quartz atau alumina
- Atmosfer:
 - o Gas inert (N₂, Ar)
 - o Gas reduktif terbatas (sesuai izin)
- Kapasitas: Menyesuaikan diameter dan panjang tube

6. Peralatan dan APD

- Boat/crucible (alumina/quartz)
- Sistem gas (tabung, regulator, flowmeter)
- Tang penjepit tahan panas
- APD wajib:
 - Sarung tangan tahan panas
 - Kacamata keselamatan / face shield
 - Jas laboratorium
 - Masker (jika diperlukan)

7. Prosedur Operasional

7.1 Persiapan

1. Pastikan jadwal penggunaan telah disetujui.
2. Periksa kondisi alat:
 - Tube (tidak retak/bersih)
 - Elemen pemanas berfungsi
 - Sistem gas tidak bocor
3. Pastikan tabung gas tersedia dan terpasang dengan benar.
4. Lakukan purge awal dengan gas inert (jika diperlukan).
5. Siapkan sampel sesuai persyaratan reduksi.
6. Gunakan APD lengkap.

7.2 Pengoperasian

1. Nyalakan furnace melalui panel kontrol.
2. Atur parameter proses:
 - Temperatur target
 - Laju pemanasan (heating rate)
 - Waktu penahanan (holding time)
3. Atur aliran gas:
 - Flow rate sesuai kebutuhan proses
 - Gunakan gas inert atau reduktif sesuai prosedur
4. Masukkan sampel ke dalam boat, lalu ke dalam tube furnace.

5. Tutup sistem dan pastikan sealing rapat.
 6. Jalankan program pemanasan.
 7. Monitor suhu dan aliran gas secara berkala.
-

7.3 Pendinginan

1. Setelah proses selesai:
 - Turunkan suhu secara bertahap
 - Pertahankan aliran gas (inert) selama pendinginan untuk mencegah oksidasi
 2. Jangan membuka tube sebelum suhu aman ($<100^{\circ}\text{C}$).
 3. Ambil sampel menggunakan alat bantu.
-

7.4 Setelah Penggunaan

1. Matikan furnace dan aliran gas.
 2. Pastikan tekanan gas dilepas dengan aman.
 3. Bersihkan area kerja dan tube jika diperlukan.
 4. Catat penggunaan dalam logbook:
 - Nama pengguna
 - Material
 - Gas yang digunakan
 - Parameter proses
 5. Laporkan jika terdapat kerusakan atau kebocoran.
-

8. Keselamatan Kerja

1. Gunakan APD selama proses berlangsung.
 2. Pastikan sistem gas:
 - Tidak bocor
 - Terpasang dengan benar
 3. Gunakan gas reduktif (H_2 , CO) hanya dengan izin dan pengawasan teknisi.
 4. Pastikan ventilasi/exhaust berfungsi dengan baik.
 5. Hindari kontak langsung dengan tube atau sampel panas.
 6. Jangan meninggalkan alat tanpa pengawasan tanpa izin.
-

9. Penanganan Darurat

1. Matikan furnace dan suplai gas jika terjadi gangguan.
 2. Tutup valve tabung gas segera jika terjadi kebocoran.
 3. Gunakan APAR jika terjadi kebakaran.
 4. Evakuasi area jika terjadi paparan gas berbahaya.
 5. Segera laporkan ke teknisi atau penanggung jawab laboratorium.
-

10. Lokasi

KST Serpong (B.J. Habibie)
Gedung 225

11. Penanggung Jawab

- Kepala Laboratorium Metalurgi ORNM
- Teknisi/Pengelola Fasilitas

Persyaratan Sampel

Tube Furnace (R-2)

1. Ketentuan Umum

1. Sampel harus sesuai untuk proses **reduksi termal dengan kontrol atmosfer**.
 2. Pengguna wajib memberikan informasi lengkap:
 - Komposisi kimia material
 - Bentuk (serbuk, pellet, bulk)
 - Massa dan dimensi
 - Jenis proses reduksi
 - Jenis gas yang digunakan (inert/reduktif)
 3. Sampel harus aman diproses dalam sistem tertutup dengan aliran gas.
-

2. Spesifikasi Sampel

1. Massa sampel:
 - Disesuaikan dengan kapasitas boat dan diameter tube
 - Tidak berlebihan (disarankan $\leq 70\%$ kapasitas wadah)
 2. Dimensi:
 - Harus muat dalam boat tanpa menyentuh dinding tube
 3. Kondisi:
 - Kering (bebas air, pelarut, dan kontaminan volatil)
 - Homogen untuk memastikan reaksi reduksi merata
 4. Untuk serbuk:
 - Tidak terlalu halus agar tidak terbawa aliran gas
-

3. Material yang Diperbolehkan

1. Oksida logam:
 - Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , NiO, CuO, dll.
 2. Material anorganik lain yang stabil pada suhu tinggi
 3. Campuran dengan reduktor padat:
 - Karbon (grafit/arang) dalam jumlah terkendali
 4. Material yang kompatibel dengan tube:
 - Quartz atau alumina
-

4. Material yang Dilarang

1. Material yang:
 - Mudah meledak atau sangat reaktif
 - Menghasilkan gas beracun/korosif (Cl_2 , HF, SO_x tinggi, dll.)
 2. Senyawa volatil:
 - Hg, Cd, Zn (tanpa kontrol khusus)
 3. Material organik berlebih yang dapat menimbulkan asap atau jelaga
 4. Sampel:
 - Tertutup rapat (sealed)
 - Mengandung tekanan internal
 5. Material yang dapat:
 - Mencemari tube (melekat/menguap)
 - Merusak material tube (quartz/alumina)
-

5. Wadah Sampel (Boat/Crucible)

1. Wajib menggunakan wadah tahan suhu tinggi:
 - Alumina boat
 - Quartz boat
 2. Wadah harus:
 - Bersih dan bebas kontaminasi
 - Tidak retak atau rusak
 3. Dilarang menempatkan sampel langsung di dalam tube tanpa wadah
-

6. Persyaratan Atmosfer

1. Jenis gas harus dinyatakan dengan jelas:
 - Gas inert: N_2 , Ar
 - Gas reduktif: H_2 , CO (dengan izin khusus)
 2. Pengguna wajib memastikan:
 - Gas tidak bereaksi berbahaya dengan sampel atau peralatan
 3. Sistem purge (pembilasan) harus digunakan sebelum pemanasan
 4. Penggunaan gas reduktif:
 - Wajib dikonsultasikan dan diawasi teknisi
-

7. Persyaratan Proses Reduksi

1. Parameter proses harus jelas:
 - Temperatur
 - Waktu
 - Laju pemanasan
 - Flow rate gas
 2. Reaksi harus:
 - Terkontrol dan tidak menghasilkan tekanan berlebih
 3. Pengguna harus memahami mekanisme reduksi yang terjadi
-

8. Keselamatan dan Risiko

1. Pengguna wajib melaporkan:
 - Potensi pembentukan gas (CO, H₂, dll.)
 - Reaksi eksotermis
 2. Untuk material berisiko:
 - Wajib menyertakan SDS/MSDS
 3. Operator berhak menolak sampel yang:
 - Tidak aman
 - Berpotensi merusak tube atau sistem gas
-

9. Penanganan Sampel

1. Sampel harus sudah siap proses
 2. Label wajib mencantumkan:
 - Nama pengguna
 - Nama material
 - Jenis proses (reduksi)
 - Gas yang digunakan
 - Tanggal penggunaan
 3. Sampel dibawa dalam wadah tertutup dan aman
-

10. Tanggung Jawab Pengguna

1. Menjamin keakuratan data dan komposisi sampel
2. Bertanggung jawab atas seluruh risiko proses reduksi

3. Mematuhi SOP dan ketentuan penggunaan sistem gas