

## SOP Penggunaan Tube Furnace (L-6)

### 1. Tujuan

Menetapkan prosedur operasional yang aman, efektif, dan terstandar dalam penggunaan Tube Furnace (L-6) untuk pemrosesan logam suhu tinggi (hingga 1200°C) di lingkungan BRIN.

---

### 2. Ruang Lingkup

SOP ini berlaku bagi seluruh pengguna internal BRIN yang menggunakan fasilitas Tube Furnace (L-6) di Laboratorium Metalurgi ORNM.

---

### 3. Persyaratan Pengguna

1. Pengguna merupakan sivitas internal BRIN.
  2. Telah memahami SOP alat, termasuk sistem listrik 3-phase dan pengoperasian furnace suhu tinggi.
  3. Telah membaca persyaratan sampel pada Berkas Layanan.
  4. Telah memperoleh persetujuan penggunaan fasilitas.
  5. Bagi pengguna di luar Laboratorium Metalurgi ORNM, wajib mengisi:
    - 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:
    - 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 (High Temperature)
- Sistem daya: 3-phase
- Daya: 5000 watt
- Elemen pemanas: Silicon Carbide (SiC)
- Temperatur maksimum: 1200°C
- Mode operasi:
  - Horizontal
  - Vertikal (rotasi hingga 90°)

- Tube: Material tahan suhu tinggi (quartz/alumina)
  - Atmosfer: Udara atau gas (sesuai konfigurasi)
- 

## 6. Peralatan dan APD

- Boat/crucible (alumina atau kompatibel suhu tinggi)
  - Sistem gas (jika digunakan)
  - Tang penjepit tahan panas
  - APD wajib:
    - Sarung tangan tahan panas tinggi
    - Face shield/kacamata keselamatan
    - Jas lab/apron tahan panas
    - Sepatu keselamatan
- 

## 7. Prosedur Operasional

### 7.1 Persiapan

1. Pastikan jadwal telah disetujui.
  2. Periksa kondisi furnace:
    - Tube tidak retak atau terkontaminasi
    - Elemen SiC dalam kondisi baik
    - Sistem listrik 3-phase normal
  3. Tentukan mode operasi:
    - Horizontal atau vertikal sesuai kebutuhan proses
  4. Periksa sistem gas (jika digunakan):
    - Tidak ada kebocoran
    - Aliran gas terkontrol
  5. Siapkan sampel sesuai persyaratan.
  6. Gunakan APD lengkap sebelum memulai.
- 

### 7.2 Pengoperasian

1. Nyalakan furnace melalui panel kontrol.
2. Atur parameter proses:
  - Temperatur target ( $\leq 1200^{\circ}\text{C}$ )
  - Laju pemanasan (heating rate)

- Waktu penahanan (holding time)
  - 3. Jika menggunakan mode vertikal:
    - Pastikan posisi tube terkunci dan stabil
    - Pastikan distribusi sampel aman (tidak jatuh)
  - 4. Jika menggunakan gas:
    - Lakukan purge awal dengan gas inert
    - Atur flow rate sesuai kebutuhan
  - 5. Masukkan sampel ke dalam boat dan ke dalam tube furnace.
  - 6. Tutup sistem dan pastikan sealing baik.
  - 7. Jalankan program pemanasan.
  - 8. Monitor suhu, arus listrik, dan kondisi alat secara berkala.
- 

### **7.3 Pendinginan**

1. Setelah proses selesai:
    - Turunkan suhu secara bertahap
    - Pertahankan aliran gas inert (jika diperlukan)
  2. Jangan membuka tube sebelum suhu aman ( $<100^{\circ}\text{C}$ ).
  3. Ambil sampel dengan alat bantu dan APD.
- 

### **7.4 Setelah Penggunaan**

1. Matikan furnace dan sistem listrik 3-phase.
  2. Matikan suplai gas (jika digunakan) dengan aman.
  3. Kembalikan tube ke posisi standar (jika digunakan mode vertikal).
  4. Bersihkan tube dan area kerja.
  5. Catat penggunaan dalam logbook:
    - Nama pengguna
    - Material
    - Parameter proses
    - Mode operasi (horizontal/vertikal)
  6. Laporkan jika ada kerusakan atau anomali.
- 

## **8. Keselamatan Kerja**

1. Suhu operasi sangat tinggi → gunakan APD lengkap.

2. Hindari kontak langsung dengan tube atau sampel panas.
  3. Pastikan sistem listrik 3-phase aman.
  4. Pastikan stabilitas saat mode vertikal (risiko jatuh material).
  5. Gunakan gas hanya sesuai prosedur dan dengan izin.
  6. Jauhkan material mudah terbakar dari area kerja.
  7. Jangan meninggalkan alat tanpa pengawasan tanpa izin.
- 

## 9. Penanganan Darurat

1. Matikan listrik jika terjadi kegagalan sistem.
  2. Tutup suplai gas jika terjadi kebocoran.
  3. Gunakan APAR jika terjadi kebakaran.
  4. Evakuasi area jika terjadi kondisi berbahaya.
  5. Laporkan segera 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 (L-7)

#### 1. Ketentuan Umum

1. Sampel harus berupa material yang sesuai untuk **pemrosesan logam (heat treatment, sintering, atau proses termal lainnya)**.
2. Pengguna wajib memberikan informasi:
  - Jenis logam/paduan

- Komposisi atau grade material
- Dimensi dan massa
- Tujuan proses (annealing, sintering, oksidasi, dll.)
- Kondisi atmosfer (udara atau gas)

3. Sampel harus aman diproses pada sistem furnace 3-phase dengan temperatur tinggi.

---

## **2. Spesifikasi Sampel**

1. Massa sampel:
    - Disesuaikan dengan kapasitas boat dan dimensi tube
    - Tidak berlebihan ( $\leq 70\%$  kapasitas wadah)
  2. Dimensi:
    - Harus sesuai dengan diameter tube dan tidak menyentuh dinding
  3. Bentuk:
    - Bulk, lembaran, batang, atau pellet
  4. Kondisi:
    - Kering dan bersih dari minyak, grease, atau kontaminan lain
    - Permukaan bebas dari bahan yang mudah terbakar
- 

## **3. Material yang Diperbolehkan**

1. Logam dan paduan:
    - Baja karbon
    - Baja paduan
    - Logam non-ferrous (Al, Cu, Ni, dll.) dengan konsultasi
  2. Material yang stabil pada suhu tinggi dan tidak merusak tube furnace
  3. Sampel yang kompatibel dengan material tube (quartz atau alumina)
- 

## **4. Material yang Dilarang**

1. Material non-logam yang tidak relevan dengan proses logam:
  - Polimer
  - Material organik berlebih
2. Material yang:
  - Mudah meledak atau sangat reaktif
  - Menghasilkan gas beracun/korosif ( $\text{Cl}_2$ , HF,  $\text{SO}_x$  tinggi, dll.)

3. Logam atau senyawa yang:
    - Bersifat sangat volatil pada suhu tinggi tanpa kontrol
  4. Sampel:
    - Tertutup rapat (sealed)
    - Mengandung tekanan internal
  5. Material yang dapat:
    - Meleleh berlebihan dan menetes ke dalam tube
    - Mencemari atau merusak tube (quartz/alumina)
- 

## **5. Wadah Sampel (Boat/Crucible)**

1. Wajib menggunakan wadah tahan suhu tinggi:
    - Alumina boat (direkomendasikan)
    - Quartz boat
  2. Wadah harus:
    - Bersih
    - Tidak retak
    - Tidak bereaksi dengan sampel
  3. Dilarang menempatkan sampel langsung di dalam tube tanpa wadah
- 

## **6. Persyaratan Atmosfer**

1. Atmosfer proses harus ditentukan:
    - Udara
    - Gas inert (N<sub>2</sub>, Ar)
  2. Untuk logam sensitif oksidasi:
    - Disarankan menggunakan gas inert
  3. Penggunaan gas khusus (misalnya reduktif):
    - Harus melalui persetujuan dan pengawasan teknisi
  4. Sistem purge wajib dilakukan sebelum pemanasan jika menggunakan gas
- 

## **7. Persyaratan Proses**

1. Parameter proses wajib jelas:
  - Temperatur
  - Waktu

- Heating rate
  - Flow rate gas (jika digunakan)
2. Pengguna harus memahami:
    - Potensi deformasi, oksidasi, atau perubahan fase logam
  3. Tidak diperbolehkan proses yang berpotensi merusak tube atau elemen pemanas
- 

## **8. Keselamatan dan Risiko**

1. Pengguna wajib melaporkan:
    - Potensi oksidasi berat
    - Pelelehan atau deformasi
  2. Untuk material tertentu:
    - Wajib menyertakan SDS/MSDS
  3. Operator berhak menolak sampel yang:
    - Tidak kompatibel dengan tube furnace
    - Berpotensi merusak alat atau membahayakan pengguna
- 

## **9. Penanganan Sampel**

1. Sampel harus sudah siap proses (tidak ada machining besar di lokasi alat)
  2. Label wajib mencantumkan:
    - Nama pengguna
    - Jenis material
    - Jenis proses
    - Kondisi atmosfer
    - Tanggal penggunaan
  3. Sampel dibawa dalam kondisi aman dan terpisah dari bahan mudah terbakar
- 

## **10. Tanggung Jawab Pengguna**

1. Menjamin keakuratan data material
2. Bertanggung jawab atas seluruh risiko proses
3. Mematuhi SOP dan aturan penggunaan alat 3-phase dan sistem gas

## Persyaratan Sampel

### Tube Furnace (L-6)

#### 1. Ketentuan Umum

1. Sampel harus sesuai untuk proses **pemanasan suhu tinggi (hingga 1200°C)** seperti:
    - Heat treatment
    - Sintering
    - Reaksi termal logam
  2. Pengguna wajib memberikan informasi lengkap:
    - Jenis material (logam/paduan/keramik)
    - Komposisi atau grade
    - Dimensi dan massa
    - Tujuan proses
    - Kondisi atmosfer (udara/gas inert)
    - Mode operasi (horizontal atau vertikal)
  3. Sampel harus aman diproses pada kondisi suhu tinggi dan sistem 3-phase.
- 

#### 2. Spesifikasi Sampel

1. Massa:
    - Disesuaikan dengan kapasitas boat dan tube
    - Disarankan  $\leq 70\%$  kapasitas wadah
  2. Dimensi:
    - Sesuai diameter tube
    - Tidak menyentuh dinding tube
  3. Bentuk:
    - Padat (bulk, pellet, rod, plate) atau serbuk dalam wadah
  4. Kondisi:
    - Kering
    - Bersih dari minyak, grease, coating, dan kontaminan
  5. Untuk mode vertikal:
    - Sampel harus stabil dan tidak mudah bergeser/jatuh
- 

#### 3. Material yang Diperbolehkan

1. Logam dan paduan:

- Baja karbon
  - Baja paduan
  - Ni-based, Cu-based, dll.
2. Keramik suhu tinggi (dengan kompatibilitas terhadap tube)
  3. Material yang:
    - Stabil hingga 1200°C
    - Tidak merusak tube (quartz/alumina) atau elemen SiC
- 

#### **4. Material yang Dilarang**

1. Material yang:
    - Mudah meledak atau sangat reaktif pada suhu tinggi
    - Menghasilkan gas beracun/korosif (Cl<sub>2</sub>, HF, SO<sub>x</sub> tinggi, dll.)
  2. Logam/senyawa volatil:
    - Zn, Pb, Cd, Hg tanpa kontrol khusus
  3. Material organik atau kontaminan terbakar
  4. Sampel:
    - Tertutup rapat (sealed)
    - Mengandung tekanan internal
  5. Material yang dapat:
    - Meleleh berlebihan dan menetes ke dalam tube
    - Menguap dan mencemari elemen SiC
    - Bereaksi dengan material tube
- 

#### **5. Wadah Sampel (Boat/Crucible)**

1. Wajib menggunakan wadah tahan suhu tinggi:
  - Alumina (direkomendasikan)
  - Keramik suhu tinggi
2. Untuk suhu tinggi:
  - Quartz hanya jika sesuai batas suhu
3. Wadah harus:
  - Bersih
  - Tidak retak
  - Stabil pada suhu tinggi

4. Dilarang menempatkan sampel langsung di dalam tube
- 

## 6. Persyaratan Atmosfer

1. Atmosfer proses harus ditentukan:
    - Udara
    - Gas inert (N<sub>2</sub>, Ar)
  2. Untuk material sensitif oksidasi:
    - Wajib menggunakan gas inert
  3. Sistem purge wajib sebelum proses dengan gas
  4. Penggunaan gas reaktif/reduktif:
    - Harus melalui persetujuan teknisi
- 

## 7. Persyaratan Proses

1. Parameter wajib jelas:
    - Temperatur hingga 1200°C
    - Waktu penahanan
    - Heating rate
    - Flow rate gas (jika ada)
  2. Pengguna harus memahami:
    - Risiko pelelehan
    - Deformasi material
    - Reaksi fase pada suhu tinggi
  3. Untuk mode vertikal:
    - Distribusi beban harus aman dan stabil
- 

## 8. Keselamatan dan Risiko

1. Pengguna wajib melaporkan:
  - Potensi oksidasi, scaling, atau reaksi ekstrem
  - Pelelehan parsial/total
2. Sampel berisiko wajib menyertakan SDS/MSDS
3. Operator berhak menolak sampel yang:
  - Tidak kompatibel dengan furnace suhu tinggi
  - Berpotensi merusak elemen SiC atau tube

---

## **9. Penanganan Sampel**

1. Sampel harus siap proses (tanpa machining tambahan di lokasi alat)
2. Label wajib mencantumkan:
  - Nama pengguna
  - Jenis material
  - Parameter proses
  - Mode operasi (horizontal/vertikal)
  - Tanggal penggunaan
3. Sampel dibawa dalam kondisi aman dan bersih

---

## **10. Tanggung Jawab Pengguna**

1. Menjamin keakuratan data material
2. Bertanggung jawab atas seluruh risiko proses suhu tinggi
3. Mematuhi SOP dan ketentuan penggunaan sistem 3-phase dan furnace suhu tinggi

