

## RANCANG BANGUN PEMANAS SILINDER DENGAN PENGENDALI TEMPERATUR UNTUK PROSES SINTESIS NANOPARTIKEL MAGNETIK

Rohmad Salam dan Eko Yudho Pramono

Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju - BATAN

### ABSTRAK

**RANCANG BANGUN PEMANAS SILINDER DENGAN PENGENDALI TEMPERATUR UNTUK PROSES SINTESIS NANOPARTIKEL MAGNETIK.** Peralatan pemanas berbentuk tabung silinder dan pengendali temperaturnya telah dibuat sebagai sistem pendukung dalam penelitian dan pengembangan nanopartikel magnetik untuk aplikasi diagnostik. Pemanas dirancang untuk beroperasi pada rentang temperatur 30 °C – 250 °C dengan daya 1000 Watt, 220 Volt AC dilengkapi dengan sistem pengendali temperatur tipe *Autonics TC4S-14R* berjenis *Proportional-Integral-Derivative* (PID) dengan kemampuan *self-tune*. Pengendali dilengkapi dengan *Solid-State-Relay* (SSR) dengan kapasitas 10 Ampere. Termokopel tipe K dengan kemampuan ukur dan ketahanan di atas 1000 °C digunakan sebagai pembaca temperatur. Tabung pemanas silinder dibuat dari baja SS-304, dengan diameter luar 140 mm dan tinggi 160 mm dilengkapi *flange* untuk penutup atas dan bawah tabung dengan 8 buah baut yang terbuat dari SS-304. Peralatan pengendali temperatur dirancang untuk mengatur temperatur operasi dalam tabung pemanas dengan menggunakan *electric-heater* sebesar 1 kW. Hasil pengujian menunjukkan peralatan pemanas dan pengendali temperatur bekerja dengan baik dengan perbedaan temperatur antara *setting* dan temperatur operasi sebenarnya sekitar 5 °C.

**Kata Kunci :** rancang bangun, pemanas silinder, pengendali temperatur

### ABSTRACT

**DESIGNING AND MANUFACTURING OF CYLINDRIC HEATER EQUIPPED WITH AN AUTOMATIC TEMPERATURE CONTROL FOR SYNTHESIZING MAGNETIC NANO PARTICLES.** A Cylindrical heater and temperature controllers have been assembled as a support system in research and development of magnetic nanoparticles for diagnostic applications. The heater has been designed to operate at a temperature range of 30 - 250 °C with 1000 Watts of power, 220 Volt AC, which is equipped with *Autonics TC4S-14R* temperature control systems having *Proportional-Integral-Derivative* (PID) with the ability of *self-tuning*. The controller is connected to *Solid-State-Relay* (SSR) with a capacity of 10 Amperes. A K-type thermocouple exhibiting the measuring capability above 1000°C is used as a temperature reader. The Cylindric heater tube is made of SS-304 stainless steel, with the outer diameter of 140 mm and height of 160 mm. The flanges are fitted to cover the top and the bottom of the tube tied with 8 SS-304 bolts. The temperature control is designed to regulate the operating temperature of the heater tube by using *electric-heater* for 1 kW. The test results showed that the heating equipment and temperature control work well with a temperature difference between the setting and the actual operating temperature of about 5°C.

**Keywords :** designing manufacturing, cylindrical oven, temperature controller

## PENDAHULUAN

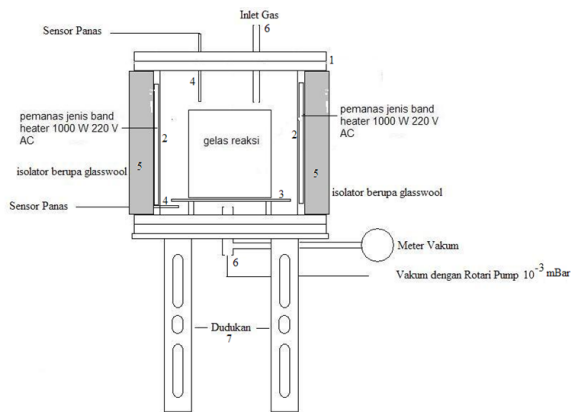
Salah satu pengembangan aplikasi nanopartikel magnetik adalah dalam proses diagnostik secara *in-vitro*, dimana nanopartikel magnetik difungsikan sebagai agen dalam proses separasi unit biologi dengan jumlah unit biologi yang masih sangat sedikit atau dengan kata lain memberikan peluang proses diagnosa dini<sup>[1]</sup>. Dalam proses ini, dibutuhkan nanopartikel magnetik dengan ukuran dan sifat permukaan tertentu sesuai kebutuhan aplikasi. Untuk mendapatkan nanopartikel magnetik ini, proses sintesis dan modifikasi nanopartikel harus dilakukan dengan parameter dan suasana yang terkendali<sup>[2]</sup>. Dalam tahapan sintesis terutama dengan metoda kimia, parameter temperatur dan suasana ruang pada saat proses sintesis dapat mempengaruhi hasil akhir sintesis. Proses sintesis nanopartikel magnetik *core/shell* Fe/ oksida Fe pada lingkungan pemanasan dengan kondisi vakum yang kurang terkendali memberikan produk nanopartikel dengan fasa magnetik yang tidak murni dan sifat magnetik rendah<sup>[3]</sup>. Demikian pula sintesis nanopartikel magnetik oksida Fe pada temperatur yang berbeda menghasilkan nanopartikel magnetik dengan sifat yang berbeda pula<sup>[4]</sup>.

Penjelasan di atas menunjukkan bahwa pada proses sintesis nanopartikel magnetik diperlukan alat-alat dukung yang dapat digunakan untuk mengendalikan parameter proses yang meliputi temperatur dan kestabilannya, suasana lingkungan dalam ruang reaksi (vakum, udara bebas atau gas *inert*) serta tekanannya dan/atau gabungan keduanya. Penggunaan fasilitas *hot plate* hanya akan

memberikan kondisi pemanasan yang cenderung tidak homogen. Demikian pula penggunaan *oven* tanpa fasilitas pengendali suasana ruang, memang akan memberikan kondisi pemanasan yang lebih stabil namun tetap tanpa kemampuan pengendalian kondisi lingkungan di sekitar proses. Untuk memenuhi tuntutan proses sintesis nanopartikel magnetik dengan parameter temperatur dan suasana reaksi yang terkendali tersebut, telah dibuat alat pendukung yang berupa pemanas silinder yang dapat dikendalikan. Pemanas yang dibuat memiliki kemampuan pengendalian pada rentang temperatur 30 °C hingga 250 °C dan kemampuan reaksi pada kondisi udara, atmosfer, vakum ataupun dengan aliran gas *inert* (N<sub>2</sub> dan Argon). Pada makalah ini disampaikan konsep rancangan, pembuatan, serta hasil uji coba kemampuan alat yang dirakit.

## TEORI

Rancangan pemanas silinder dan pengendali temperatur harus mengikuti persyaratan operasi dan konsep desain dari sistem pendukung dari penelitian dan pengembangan nanopartikel magnetik untuk aplikasi diagnostik. Secara garis besar konsep desain dan operasi sistem pemanas ditunjukkan secara skematis pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Sistem Pemanas Silinder

Komponen utama dari peralatan pemanas terdiri dari :

1. Tabung silinder dari SS 304 dilengkapi dengan *flange* tutup atas dan tutup bawah dengan ukuran diameter luar 140 mm, tinggi 160 mm dan tebal 3 mm.
2. Pemanas berbahan niklin yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik.
3. Dudukan gelas reaksi dari bahan SS 304 plat tipis tebal 0.5 mm ukuran 40x40mm<sup>2</sup>
4. Sensor panas berupa termokopel jenis K sebanyak 2 buah
5. Isolator panas *glasswool* dipasang pada sisi pemanas melingkari tabung
6. Saluran gas dan saluran vakum dengan ukuran lubang ¼"
7. Dudukan pemanas silinder terbuat dari besi siku ukuran 40x40mm<sup>2</sup>

Tabung silinder merupakan bagian utama yang berfungsi sebagai wadah untuk proses dari suatu reaksi yang diinginkan dimana temperatur di

ruang tabung dijaga dengan alat pengendali temperatur pada temperatur tertentu yang diberikan oleh sistem pemanas. Dengan demikian pemilihan bahan untuk tabung dan pendukung lainnya seperti *flange* penutup atas dan bawah harus memenuhi rentang temperatur reaksi serta pada proses lainnya. Demikian pula kondisi penyambungan bagian-bagian dari tabung pemanas harus diperhatikan sedemikian rupa agar suasana atau kevakuman ruang pemanas dapat terkendali dengan baik dan tidak terjadi kebocoran udara/gas, kevakuman yang diharapkan sekitar  $1.10^{-1}$  mBar.

## METODE DAN TATA KERJA

Rancangan pemanas dan peralatan pengendali temperatur disusun berdasarkan data dan spesifikasi komponen pemanas dan pengendali temperatur. Penentuan komponen dan pemilihan material dilakukan dengan mengacu pada data desain peralatan pengendali temperatur dan studi referensi. Untuk menekan ongkos dan biaya pembuatan alat, komponen dirancang untuk dibuat dari bahan-bahan elemen dasar yang ada di pasaran lokal seperti tabung *Stainless Steel* (SS), plat SS dan sistem pengendali temperatur *Autonic TC4S-14R*. Untuk peningkatan efisiensi, rancangan peralatan ini didesain dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

- *Casing* dari pengendali temperatur dan tabung pemanas dibuat sesuai dengan kebutuhan tempat atau ukuran untuk proses sintesis nanopartikel magnetik yang telah ditentukan.

- Kemudahan operasional dan perawatan yang memerlukan desain yang kompak, dan mudah dibongkar-pasang.
- Sistem kontrol, pengukuran dan pengaturan yang baik dengan menjamin keselamatan alat dan operator dari bahaya hubungan singkat (*short circuit*)

Untuk proses fabrikasi tabung pemanas dan peralatan pengendali temperatur dilakukan dengan persiapan komponen alat, pemilihan bahan dan pengerjaan fabrikasi. Persiapan alat fabrikasi dilakukan dengan mempersiapkan mesin, alat perkakas, dan alat uji. Pemilihan bahan dengan mempertimbangkan bebas kotoran minyak khususnya untuk pembuatan tabung dan casing peralatan pengendali, serta dalam pekerjaan pengelasan.

Khusus untuk pengujian pengendali temperatur dilakukan dengan menguji komponen, uji fungsi setelah perakitan dan pengujian dalam operasi sistem pemanas. Untuk pengujian ini dilakukan uji visual untuk melihat secara fisik kondisi komponen seperti sambungan kabel antar komponen serta solderan kabel pada terminal kabel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Tabung Pemanas Silinder*

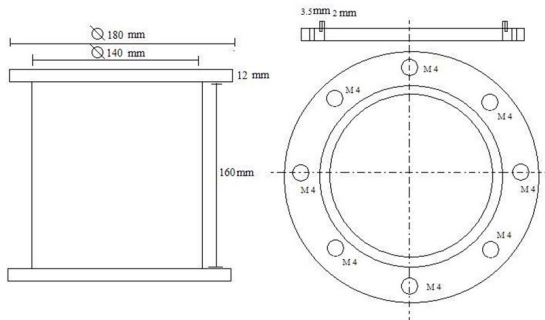
Faktor yang perlu diperhatikan untuk tabung pemanas adalah kekuatan dan ketahanan terhadap beban termal dan tekanan vakum selama proses. Pada proses sintesis nanopartikel magnetik, temperatur yang akan digunakan sekitar 90 °C<sup>[1,3]</sup> dengan tekanan vakum sebesar  $1 \times 10^{-2}$  mBar. Dengan kondisi ini tegangan total maksimum pada tabung tidak akan lebih

dari  $300 \text{ N/mm}^2$ <sup>[4]</sup>. Untuk keperluan ini tabung luar menggunakan material baja tahan karat SS-304 yang mempunyai kekuatan dengan batas tegangan luluh sampai dengan  $580 \text{ N/mm}^2$  disamping mempunyai ketahanan korosi dan vakum yang tinggi.

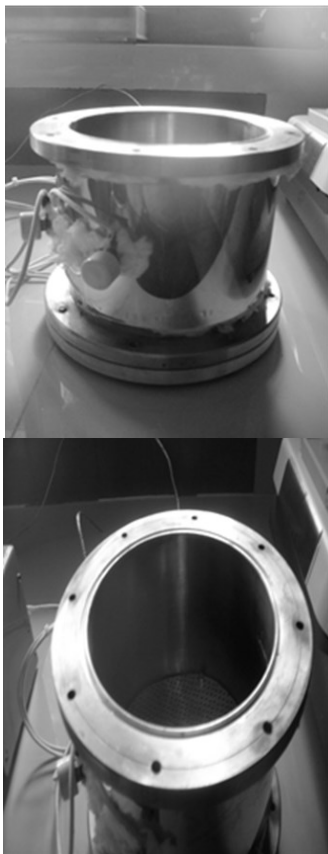
Tabung pemanas dilengkapi dengan *flange* yang mempunyai tebal 12 mm yang dipasang pada bagian atas dan bawah sebagai tutup dengan sambungan ketat. Sambungan ini merupakan sambungan fleksibel untuk memudahkan operasi pemasukan dan pengeluaran sampel serta perawatan komponen. Pada bagian *flange* bawah diberikan lubang laluan untuk pipa saluran masuk gas argon yang dirancang dengan sambungan fleksibel yang tidak membuat kebocoran pada sistem vakum. Pada *flange* bawah juga dibuat sambungan untuk saluran sistem vakum dan aliran gas, termokopel, kabel pemanas dan kabel tegangan. Untuk kerapatan sambungan ditambahkan *Viton O-ring* (maksimum 300 °C) pada *flange* yang dirancang tahan terhadap kebocoran tekanan vakum. Pada *flange* diberi baut M4 sebanyak 8 buah atas dan bawah.

Hasil desain dan pembuatan tabung silinder yang merupakan bagian utama dari pemanas ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Untuk mengetahui kemampuan kerja dari tabung silinder, dilakukan uji fungsi tabung dengan mengamati ketahanan tabung dalam memberikan tekanan vakum maksimum sebesar  $1 \times 10^{-2}$  mBar dengan menggunakan pompa vakum yang akan digunakan. Hasil pengujian menunjukkan ke

mampuan yang baik dalam ketahanan vakum dan secara fisik tidak ada perubahan dimensi dari tabung serta pada sistem *flange* dan *O-ring* yang terpasang.



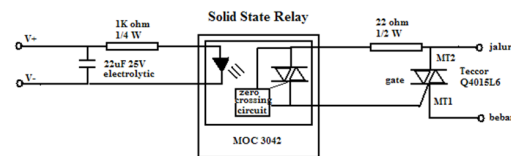
Gambar 2. Skema tabung silinder



Gambar 3. Hasil pembuatan tabung pemanas silinder yang telah terselimuti *band heater*

### Pengendali Temperatur Pemanas

Sistem pengendali temperatur mempunyai fasilitas 1 *display*, pengatur temperatur, catu daya (*power supply*) untuk SSR 12 Volt. SSR (*solid state relay*) yang berfungsi sebagai saklar digerakkan oleh sebuah LED bertegangan 3-32 Volt DC yang diterima LCR seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian *Solid State Relay* (SSR) [4]

Deskripsi dan fungsi dari komponen pengendali temperatur yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. *Autonics* TC4S-14R merupakan alat pengendali temperatur.
2. *Solid-State-Relay* (SSR) dengan kapasitas 10 Ampere berfungsi sebagai pemutus dan penyambung *power supply* ke pemanas.
3. Termokopel tipe K berbahan Chromel berfungsi sebagai sensor panas dengan rentang pengukuran  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  - $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
4. Komponen elektrik : sekering 8 Ampere, saklar 1 buah dengan lampu indikator dan kabel serta terminal kabel sebagai komponen pendukung.

Gambar 5 menunjukkan instalasi pengendali temperatur yang telah dibuat, sementara garis besar peralatan yang disajikan

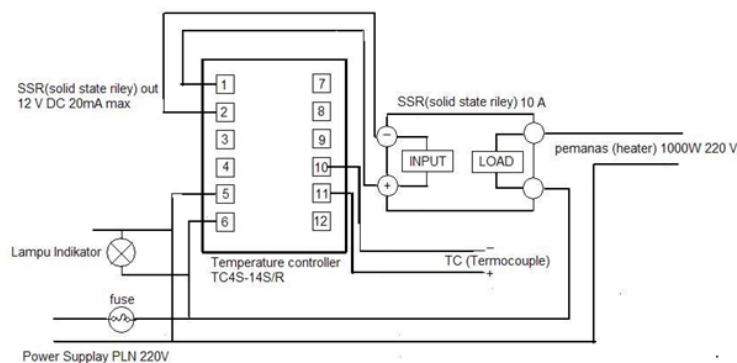
dalam bentuk *wiring diagram* ditampilkan pada Gambar 6. Operasi dan cara kerja dari alat pengendali temperatur ini adalah sebagai berikut:

Sumber tegangan utama dihubungkan dengan jaringan PLN melalui stop kontak dan sekering 8 Ampere, kemudian saklar dihidupkan (ON). Pengaturan temperatur pada pengendali temperatur dipilih sesuai temperatur operasi dan sistem pemanas dioperasikan dengan saklar pemanas pada posisi ON. Selama operasi pemanas berlangsung, temperatur ruangan dalam tabung ditunjukkan oleh display pada sistem pengendali temperatur sesuai

dengan nilai yang dipilih. Pada saat temperatur setting telah tercapai, kondisi ON dan OFF secara otomatis akan bergantian menyala. Kondisi ON menyala pada saat temperatur pemanas mulai turun dan memerlukan suply tegangan, dan akan menjadi OFF bila temperatur telah kembali pada temperatur pilihan. Dengan kata lain rentang temperatur terjadinya ON-OFF ini menunjukkan ketelitian alat. Jika pengoperasian telah selesai maka setting pengendali temperatur diatur ke temperatur ruang dan setelah dicapai temperatur ruang, saklar untuk pemanas dapat dimatikan (OFF).

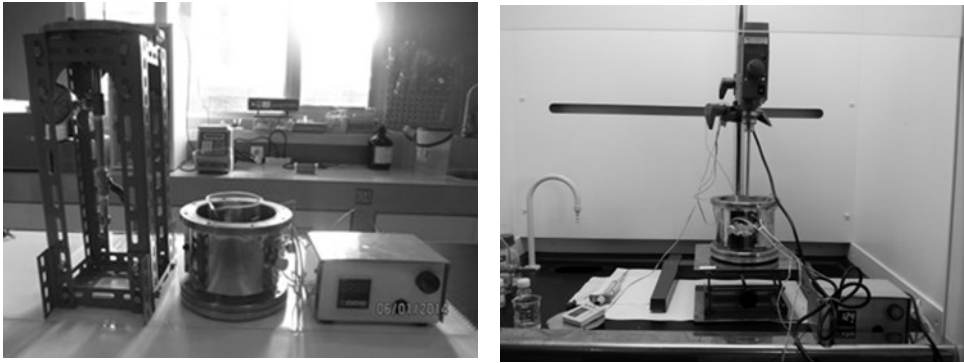


Gambar 5. Instalasi sistem pengendali temperatur



Gambar 6. *Wiring diagram* sistem pengendali temperatur

**Hasil uji fungsi dan stabilitas sistem pemanas** dengan pemanas 1000 Watt. Uji coba dilakukan dengan pemanas silinder dan fasilitas pengendali temperatur untuk pengujian dengan mengevaluasi waktu dari satu posisi OFF ditampilkan pada Gambar 7. Pengujian dilakukan ke posisi ON dan posisi OFF berikutnya serta tanpa tekanan vakum. Pemanas di set pada nilai temperatur yang dicapai.



Gambar 8. Rangkaian sistem pemanas dengan pengendali temperatur dan saat digunakan dalam proses sintesis nanopartikel magnetik

Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran temperatur pada pengendali temperatur berdasarkan kondisi pemanas. Dari hasil perakitan dan pengujian alat, secara umum dapat dikatakan bahwa desain dan pembuatan alat pemanas dan pengendali temperatur telah selesai dilakukan dan beroperasi dengan baik. Komponen yang digunakan dari komponen lokal di pasaran dapat berfungsi dengan baik. Hasil perakitan dengan penyambungan solder maupun pengerjaan bengkel untuk tabung pemanas da-

pat dilakukan dan berfungsi dengan baik. Dari evaluasi waktu dan nilai temperatur yang tercapai pada saat ON-OFF, dapat disimpulkan bahwa pengaturan temperatur dalam ruang tabung silinder cukup stabil dengan nilai *overshooting* sebesar 5 °C dari temperatur *setting*. Perbedaan tersebut disebabkan dari kurang bagusnya kontrol temperatur Autonics TC4S-14R untuk pengontrolan temperatur di bawah 100 °C.

Tabel 1. Temperatur pada posisi pemanas ON dan OFF pada pengendali temperatur

Temperatur <i>setting</i> 50 °C			
No	Waktu	Pemanas OFF	Pemanas ON
1	0		
2	5	75 °C	
3	27		55 °C
4	30	55 °C	
Temperatur <i>setting</i> 65 °C			
1	30		
2	32	83 °C	
3	42		69 °C
4	43	70 °C	
Temperatur <i>setting</i> 70 °C			
1	43		
2	45	80 °C	
3	52		75 °C
4	57	75 °C	
Temperatur <i>setting</i> 75 °C			
1	57	75 °C	
2	60		80 °C
3	65	80 °C	
4	70	80 °C	

Dengan berdasarkan pada data ini, sistem pemanas telah digunakan untuk proses sintesis nanopartikel magnetik oksida Fe pada temperatur 80 °C<sup>[5]</sup> serta untuk proses pemanasan dan evaporasi pada sintesis nanopartikel magnetik core/shell Fe/oksida Fe<sup>[6]</sup> dengan peningkatan hasil yang signifikan dibanding sebelum penggunaan sistem pemanas.

## KESIMPULAN

Perancangan, pembuatan dan pengujian peralatan pemanas silinder yang dilengkapi fasilitas pengendali temperatur dan tekanan sebagai alat pendukung sintesa untuk penelitian dan pengembangan nanopartikel magnetik untuk aplikasi diagnosis telah berhasil dibuat. Dari diagram yang di peroleh terlihat perbedaan antara setting temperatur dengan temperatur yang terukur pada tabung sekitar 5 °C. Alat pengendali temperatur untuk pemanas ruang tabung silinder ini dapat berfungsi dengan baik dan stabil pada nilai temperatur yang diinginkan untuk proses sintesis nanopartikel magnetik.

## DAFTAR PUSTAKA

1. MUJAMILAH dkk., “Litbang Bahan Unggul Magnetik untuk Aplikasi Diagnostik”, Proposal Kegiatan DIPA 2010-2014, PTBIN-BATAN
2. GRACE TJ. S., MUJAMILAH dan ARI HANDAYANI, “Sintesis Nanpartikel Magnetik *Core/Shell Fe/Oksida Fe* Dengan Metode Reduksi Kimia”, Jurnal Sains Materi Indonesia, 13 (2012) 182-187
3. ADEL FISLI, RIDWAN, MUJAMILAH, “Sintesis dan Karakterisasi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dari Prekursor FeSO<sub>4</sub>”, Jurnal Sains Materi Indonesia, Edisi Khusus Desember 2009, 78-92
4. ROHMAD SALAM, “Desain dan perakitan alat kontrol temperatur untuk peralatan Nitridasi Plasma”, Majalah Ilmiah Teknologi Keselamatan Nuklir Sigma Epsilon Vol 7 No.3 Agustus 2013, 88-141 ISSN 0853-9103
5. WILDAN Z.L., ROHMAD SALAM dan EKO YUDHO PRAMONO, “Pembuatan Nanopartikel Oksida Fe dengan Metode Kopresipitasi”, Laporan Teknis PSTBM 2010-2014.
6. MUJAMILAH, GRACE TJ. S., WILDAN Z.L. dan AGUS SALIM A, “Modifikasi Sintesis Dan Peningkatan Karakteristik Magnetik Nanopartikel *Core/Shell Fe/Oksida Fe* Hasil Reaksi Reduksi Borohidrida”, Jurnal Sains Materi Indonesia, 14 (2012) 1-7