

# Pengujian, Pengaturan dan Penyeimbangan dalam Sistem Pengkondisian Udara

**Herry Sunandar**

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

**Soejono Tjitro**

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

## Abstrak

Desain dan pelaksanaan pemasangan sistem pengkondisian udara bisa saja sudah dilakukan dengan tepat, tetapi jika tidak diatur (*adjusted*) dan diseimbangkan (*balanced*) sesuai dengan kondisi desain, maka tidak akan menunjukkan hasil yang memuaskan.

Kompleksitas sistem pengkondisian udara modern menjadikan proses penyeimbangan cukup rumit. Bahkan para ahli seringkali tidak sadar akan kesulitan dan persyaratan balancing. Pada masa lalu, seringkali mungkin mendapatkan penghuni merasa nyaman dengan sedikit pengaturan dan pemeriksaan. Hal itu tidak akan memuaskan untuk sistem yang besar. Prosedur yang terorganisir dibutuhkan untuk menyeimbangkan sistem tersebut sehingga menghasilkan kenyamanan sepanjang waktu. Terlebih lagi kebutuhan yang meningkat akan meminimalkan energi yang terbuang juga memerlukan teknik balancing yang benar. Sistem yang tidak diimbangkan dengan benar pasti akan memerlukan energi lebih besar.

Proses testing dan balancing sering dilakukan oleh kontraktor pada penyelesaian instalasi tetapi untuk sistem yang besar, profesi baru muncul, dengan organisasi dan spesialis yang hanya khusus menangani pekerjaan ini. Hal ini terjadi bukan hanya disebabkan kompleksitas dari tugas, tetapi juga berarti organisasi mandiri memverifikasi bahwa sistem beroperasi dengan benar.

Kata kunci : testing, adjusting, balancing, sistem pengkondisi udara

## Abstract

*The design and installation of an air conditioning system may be carried out properly, but if it is not adjusted and balanced to meet design conditions, it will not perform satisfactorily.*

*The complexity of modern air conditioning systems may make the balancing process quite involved. Even some experienced personnel frequently are unaware of the difficulties and requirements of balancing. In the past it was often possible to get by with making a few adjustments and checking if people were comfortable. This is no longer satisfactory on large systems. Organized procedures are required to balance a system so that it will result in comfort in all seasons. Furthermore, the increased need for minimizing energy waste also requires correct balancing techniques. An improperly balanced system will almost certainly use excess energy.*

*The testing and balancing process is often carried out by the contractor upon completion of the installation but for large systems a whole new profession has grown, with organizations and specialist who do only this work. This has happened not only because of the complexity of the task, but it also means an independent organization verifies that the system is operating correctly.*

*Keywords : testing, adjusting, balancing, air conditioninh system.*

## 1. Pendahuluan

Kata-kata *testing*, *adjusting*, dan *balancing* (TAB) yang selanjutnya menjadi lebih populer dengan sebutan *balancing* (penyeimbangan). Yang dimaksud *testing* adalah proses peng-

operasian dan pemeriksaan unjuk kerja peralatan. *Balancing* adalah proses pembagian yang benar debit udara dan air yang melalui seluruh sistem : saluran utama, percabangan, peralatan. *Adjusting* adalah proses mengatur dan menyetel variabel-variabel desain sehingga keseimbangan sistem dapat tercapai. Variabel tersebut antara lain putaran motor, temperatur, tekanan, debit dan lain-lain, dan diatur dengan menyetel alat yang mengontrol variabel.

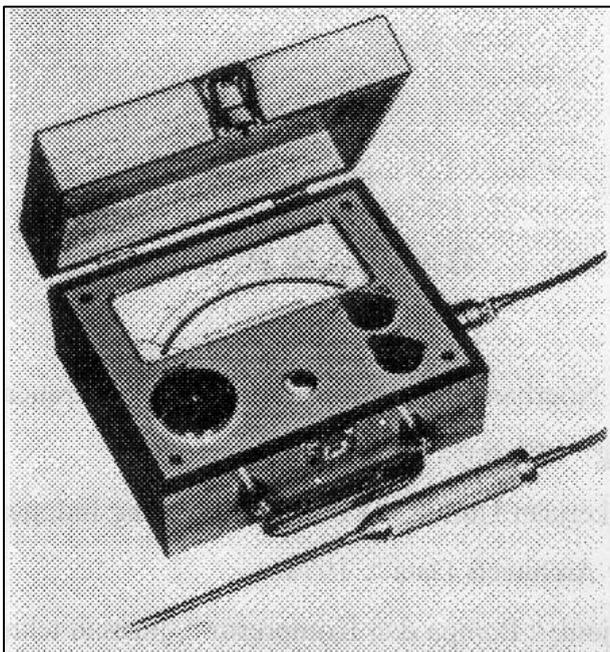
**Catatan** : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Agustus 1999. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 1, Nomor 2 Oktober 1999.

Sebagai contoh, sebuah katup diatur untuk menyetel debit dalam proses *balancing*. Selanjutnya istilah atau simbol TAB mengacu pada pengoperasian secara menyeluruh.

Untuk keberhasilan menjalankan TAB tergantung pada kecukupan peralatan. Peralatan yang digunakan untuk mengukur temperatur, tekanan, kecepatan, debit, putaran motor, aliran panas dan energi listrik. Peralatan tersebut selain digunakan dalam proses TAB, nantinya juga digunakan pada saat pengoperasian dan perawatan sistem secara rutin.

Untuk keperluan TAB, akurasi peralatan lebih dari cukup dalam batas 5 % dari nilai desain. Semua peralatan harus dikalibrasi sebelum digunakan. Akurasi pembacaan harus diperiksa terhadap peralatan lain atau prosedur yang ada supaya lebih akurat dan kemudian baru disetel. Hal ini dilakukan untuk daerah ukur peralatan tersebut, bukan hanya pada satu harga.

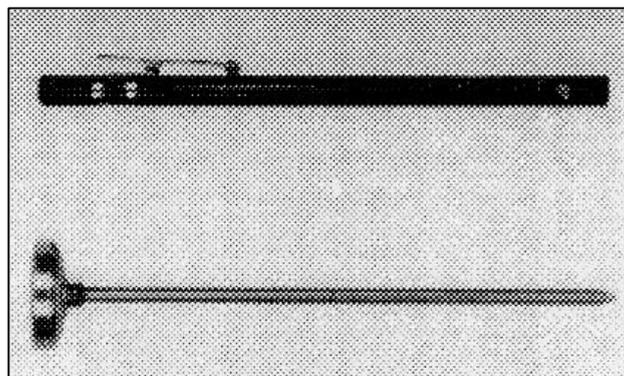
Peralatan untuk mengukur temperatur yang sering digunakan adalah termometer gelas, termokopel (Gambar 1) dan termometer tipe dial (Gambar 2). Termometer dengan akurasi  $\pm 0,5 F (\pm 1 C)$  cocok digunakan untuk keperluan tersebut.



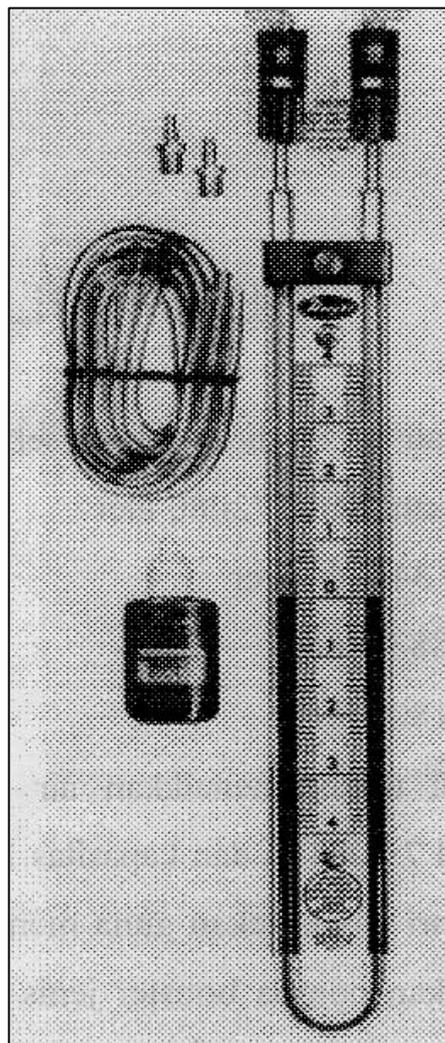
Gambar 1. Termokopel dan Potensiometer

Peralatan yang digunakan untuk pengukuran tekanan adalah manometer tipe tabung U (Gambar 3) yang berisi air atau air raksa. Untuk tekanan kecil menggunakan air dan yang besar menggunakan air raksa. Untuk mengukur perbedaan tekanan yang kecil dan

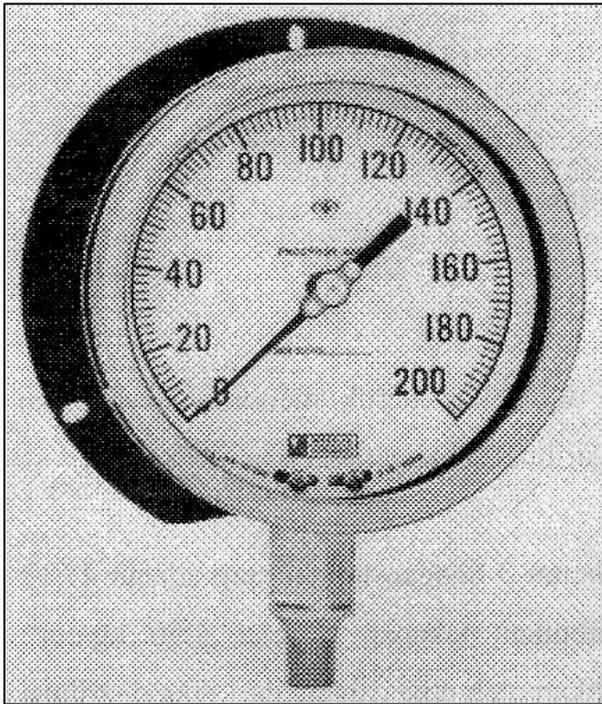
lebih akurat dapat digunakan *inclined manometer* atau *draft gage*. Sedangkan *pressure gage* tipe Bourdon (Gambar 4) sering digunakan untuk mengukur tekanan dalam instalasi perpipaan. *Pressure gage* yang menggunakan medan magnet (Gambar 5) dapat mengukur beda tekanan hingga 0,01 in w.g.



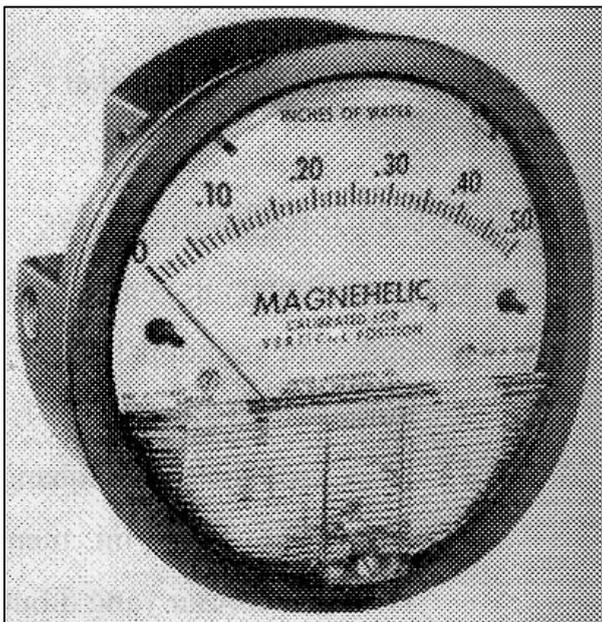
Gambar 2. Termometer Tipe Dial



Gambar 3. Manometer Tabung U



Gambar 4. Manometer Tipe Bourdon



Gambar 5. Manometer Digerakkan Medan Magnet

Kecepatan aliran dan debit udara dapat diukur dengan anemometer atau tabung Pitot (Gambar 6) . Tipe anemometer yang sering digunakan yaitu rotating vane (Gambar 7) dan deflecting vane (Gambar 8). Untuk menghitung besarnya debit dapat menggunakan persamaan:

$$Q = A \times V$$

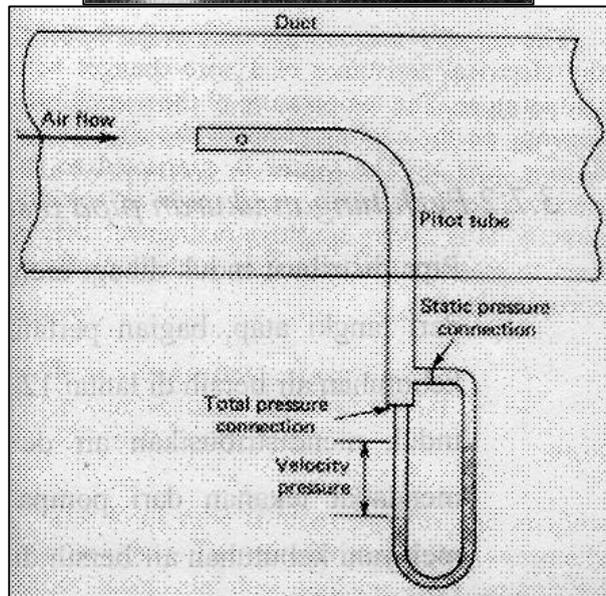
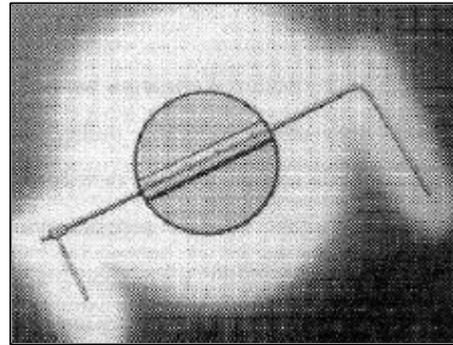
dimana :

Q = debit

A = luas penampang melintang

V = kecepatan aliran

Anemometer tipe *rotating vane* dan *deflecting vane* dapat digunakan untuk mengukur debit udara yang melalui *diffuser* atau *grille*. Debit air sering diukur menggunakan alat *orifice*, tabung *venturi* (Gambar 9) dan *flow meter*.

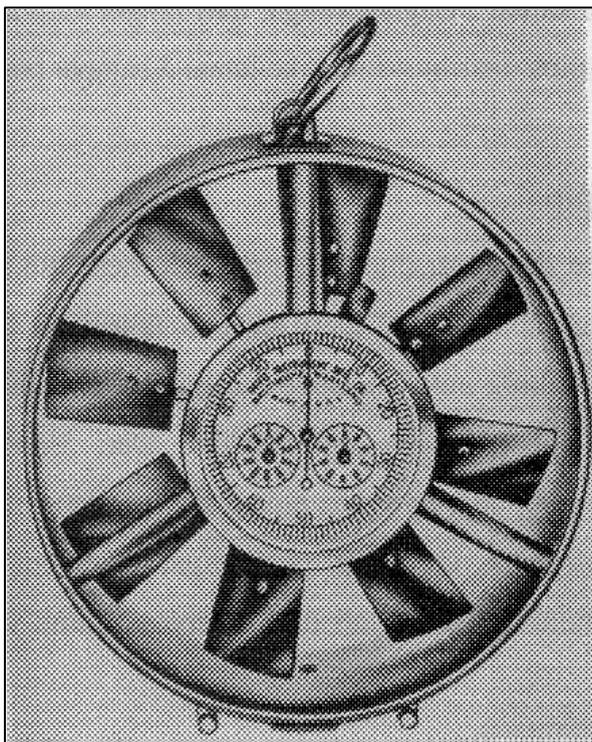


Gambar 6. Tabung Pitot

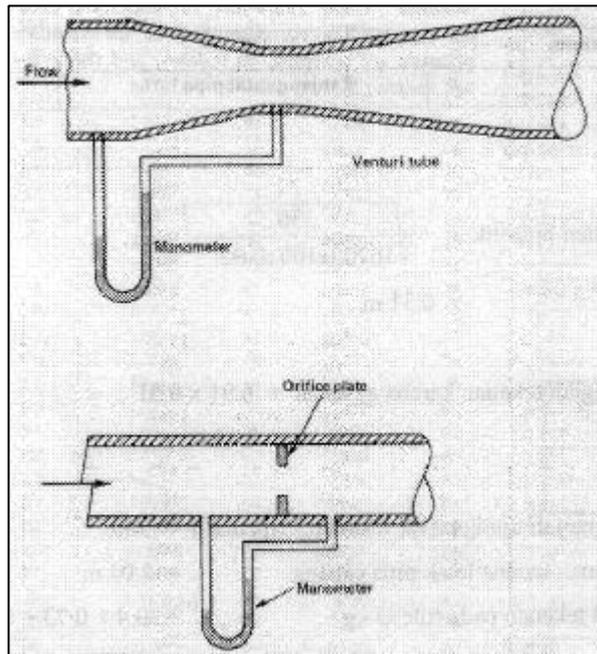
Besarnya aliran kalor dapat diketahui dengan mengukur beda temperatur kedua sisi dinding bangunan dan tahanan termal bahan. Metoda baru untuk mengukur besaran tersebut menggunakan infrared photography. Perbedaan temperatur ditunjukkan gelap terang pada hasil foto infrared (Gambar 10). Hal ini juga dapat dipakai untuk mengetahui letak sumber aliran kalor yang tinggi atau rendah, sehingga dapat membantu dalam konservasi energi dengan menunjukkan secara tepat kerugian kalor yang tinggi melalui permukaan bangunan.

Sling psychrometer (Gambar 11) sering digunakan untuk mengukur kelembaban. Alat tersebut terdiri dari dua termometer gelas, dimana sensing bulb dari salah satu termometernya dibungkus kain basah. Sehingga dapat mengukur temperatur bola basah,

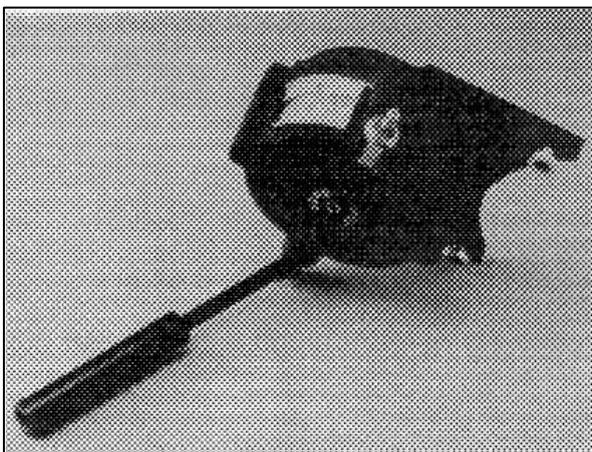
sedangkan termometer yang lainnya dapat mengukur temperatur bola kering.



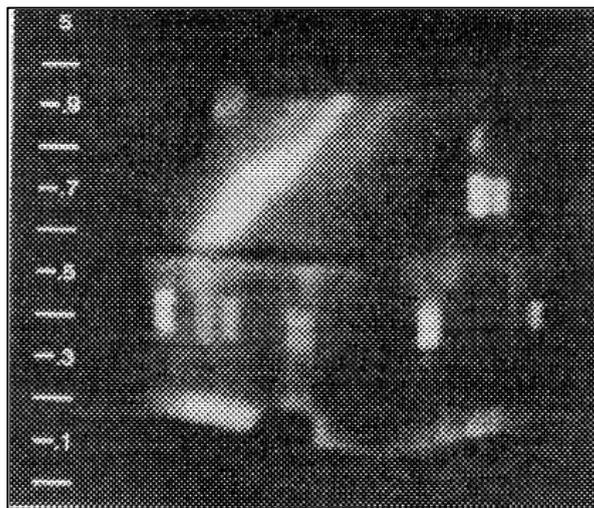
Gambar 7. Anemometer Tipe Rotating Vane



Gambar 9. Tabung Venturi Dan Orifice Plate



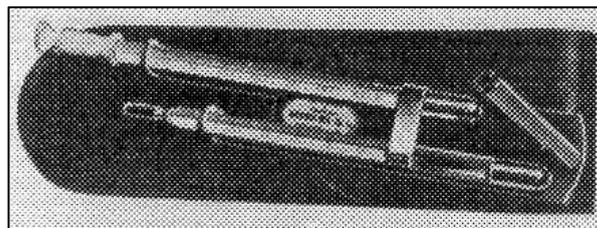
Gambar 8. Anemometer Tipe Deflecting Vane



Gambar 10. Hasil Foto Infrared

Pengukuran putaran motor penggerak fan atau pompa dapat menggunakan *tachometer* atau *stroboscope*. Penggunaan *stroboscope* lebih praktis apabila ada kesulitan dengan metoda kontak langsung dengan obyek yang diukur.

Besaran yang diukur berkaitan dengan energi listrik adalah arus, tegangan dan daya dari motor listrik. Masing-masing besaran dapat diukur dengan *ammeter*, *voltmeter* dan *wattmeter*.



Gambar 11. Sling Psychrometer

## 2. Pengujian Dan Penyeimbangan

Prosedur yang terorganisir perlu untuk dijalankan, agar sistem yang seimbang dapat tercapai, khususnya untuk sistem yang besar. Prosedur untuk sistem air dan sistem udara akan dibahas terpisah. Masing-masing sistem juga melalui dua tahapan. Prosedur sistem udara biasanya lebih kompleks dan panjang daripada sistem air. Prosedur untuk kedua sistem sebaiknya dibuat terpisah, karena kedua prosedur tersebut harus dilaksanakan pada kondisi operasi yang sama atau dilakukan pada saat yang "bersamaan".

### 2.1 Persiapan Untuk Penyeimbangan Sistem Udara.

Sebelum melakukan penyeimbangan sistem secara rutin, disarankan untuk melaksanakan pemeriksaan awal. Jika tidak, justru akan membuang-buang waktu untuk melakukan tugas yang utama. Beberapa pekerjaan memang merupakan tanggung jawab kontraktor mekanikal dan yang lainnya tanggung jawab teknisi TAB. Dan jenis lingkup pekerjaan ini bervariasi. Tetapi semuanya harus dilaksanakan. Berikut ini langkah-langkah persiapan yang disarankan :

1. Mengumpulkan gambar ducting yang dapat digunakan untuk mengetahui debit dan kecepatan udara melalui semua saluran (duct) dan peralatan distribusi udara. Bisa digunakan gambar perencanaan atau gambar pelaksanaan, salah satu yang sesuai. Jika gambar tersebut tidak ada, bisa membuat gambar *single line* sederhana dan membuat daftar debit dan kecepatan udara pada gambar tersebut. Juga lokasi dari semua *dampers*.
2. Mendapatkan semua data peralatan dari spesifikasi perencana dan pabrik pembuatnya. Juga semua informasi yang dibutuhkan untuk proses pengujian dan penyeimbangan, misalnya : data umum (kondisi perancangan dalam dan luar), data fan (tipe, ukuran, CFM, tekanan statik, BHP, rpm, kurva karakteristik), data filter (tipe, CFM, kerugian tekanan, luas efektif, kecepatan efektif, temperatur keluaran), data koil (CFM, penurunan tekanan, luas permukaan, temperatur, kelembaban, kapasitas : kalor sensibel dan laten), *dampers* (tipe, CFM, penurunan tekanan) dan data lainnya.
3. Menyiapkan bentuk laporan TAB yang standar untuk pencatatan data.

4. Memilih peralatan yang sesuai untuk semua pekerjaan.
5. Memutuskan dimana semua pengukuran akan dilakukan dan memeriksa instalasi untuk melihat kemungkinan akses tersedia. Mengkoordinasikan bersama kontraktor, dimana yang memerlukan akses, misal akses masuk untuk ducting harus tersedia.
6. Memeriksa sistem apakah semua *dampers* dan alat kontrol dalam posisi yang tepat untuk proses *balancing*.
7. Membuat jadwal untuk pekerjaan TAB. Bisa dibagi menjadi beberapa periode sesuai kondisi perancangannya atau musim.
8. Mengoperasikan sistem dan memeriksa bahwa semua peralatan berfungsi dengan baik. Dan ini dilakukan bersama-sama kontraktor mekanikal.
9. Untuk sistem yang besar, khususnya sistem tekanan tinggi, memeriksa kebocoran dengan menggunakan asap yang diinjeksikan. Semua kebocoran yang terjadi harus ditutup dengan *sealant* atau *tape*.

Jika prosedur pendahuluan di atas dilaksaksakan, maka waktu dan biaya dapat dihemat selama *balancing*.

### 2.2 Proses Penyeimbangan Sistem Udara.

Berikut ini langkah-langkah proses penyeimbangan yang disarankan :

1. Memeriksa apakah langkah-langkah persiapan sudah diselesaikan/ dilaksanakan
2. Mengukur putaran fan dan menyetel pada harga desain.
3. Mengukur CFM dari keseluruhan sistem dengan salah satu metoda :
  - a. Menggunakan tabung Pitot yang dipasang pada saluran utama.
  - b. Membaca anemometer yang diletakkan dekat koil unit pengolah udara. Pembacaan anemometer melewati filter atau *dampers* tidak diijinkan karena tidak akan akurat.
  - c. Membaca tekanan statik yang melalui fan dan dirujuk terhadap kurva karakteristik fan.

Meskipun ada beberapa metoda, tabung Pitot adalah paling akurat. Jika pembacaan dalam batas  $\pm 10\%$  dari nilai desain, dapat dilanjutkan langkah berikutnya. Jika tidak, pertama kali memeriksa apakah ada problem utama seperti *dampers* dalam keadaan tertutup, kegagalan operasi dari peralatan dan desain yang salah. Jika semuanya sudah benar, kecepatan fan disetel dalam batas  $\pm 10\%$  dari nilai desain.

Hampir semua fan kapasitas besar dilengkapi dengan motor yang dapat disetel putarannya.

4. Mengukur dan menyetel CFM dalam batas  $\pm 10\%$  dari nilai desain dalam saluran utama menggunakan damper cabang/ splitter damper.
5. Mengukur dan menyetel debit udara pada keluaran :
  - a. Dimulai dari outlet yang terjauh dari fan, terus mundur sampai yang terdekat.
  - b. Jika terdapat beberapa keluaran pada suatu percabangan, total CFM disetel untuk cabang tersebut mendekati nilai desain.
  - c. Mengukur dan menyetel debit tiap outlet dalam batas  $\pm 10\%$  dari nilai desain. Perlu diingat yang dipakai dalam pengukuran tersebut adalah luas dan kecepatan efektif. Anemometer tipe deflecting vane cocok digunakan untuk keperluan tersebut.. Tipe rotating vane kadang-kadang hasilnya kurang memuaskan.
  - d. Mengulangi proses pada masing-masing outlet dua kali pengukuran. Setelah penyetelan pertama, seringkali dijumpai pembacaan yang tidak sama atau tidak benar. Untuk itu perlu dilakukan yang ketiga kalinya. Akurasi harus dalam batas  $\pm 10\%$  dari nilai desain, beberapa instalasi ada yang mensyaratkan dalam batas  $\pm 5\%$ . Mencatat semua hasil pembacaan.
6. Memeriksa distribusi udara dalam ruangan untuk melihat apakah ada tarikan udara atau daerah yang tidak terjadi aliran. Jika diperlukan dapat dilakukan sedikit penyetelan.
7. Memeriksa dan mencatat semua data unjuk kerja fan, filter dan peralatan yang lain seperti pada daftar sebelumnya.
8. Mengukur temperatur bola kering dan bola basah sebelum dan sesudah koil, terutama pada kondisi beban puncak. Jika tidak pada beban puncak, pabrik pembuat harus memberikan informasi sehingga unjuk kerja pada kondisi beban puncak dapat diprediksi.
9. Melakukan langkah-langkah yang sama, untuk sistem udara balik. Ini harus dilakukan pada waktu yang bersamaan dengan sistem suplai, bukan dilakukan sesudahnya.

Beberapa teknisi TAB, lebih suka memulai keluaran yang pertama pada cabang, daripada yang terakhir. Untuk instalasi kecil, beberapa langkah-langkah mungkin tidak perlu. Sebagai

contoh, jika unit pengolah udara modek paket, banyak pengujian komponen secara individu tidak diperlukan. Penyetelan debit udara secara sederhana tiap keluaran merupakan tugas utama pada pekerjaan *balancing* tersebut.

### 2.3 Persiapan Untuk Penyeimbangan Sistem Air

Berikut ini langkah-langkah persiapan yang disarankan :

1. Menyiapkan gambar diagram perpipaan yang memperlihatkan semua peralatan. Mencatat debit dan temperatur pada diagram.
2. Mendapatkan semua data peralatan dari spesifikasi perencana dan pabrik pembuatnya. Juga semua informasi yang dibutuhkan untuk proses pengujian dan penyeimbangan, misalnya : pompa (tipe, ukuran, GPM, head, BHP, rpm dan kurva karakteristiknya), koil (banyaknya baris, kapasitas : kalor sensibel dan laten, GPM, kerugian tekanan), chiller (kapasitas, GPM, penurunan tekanan, data motor), unit pengolah udara (tipe, ukuran, kapasitas : kalor sensibel dan laten, GPM, penurunan tekanan, temperatur air, data motor), menara pendingin (tipe, kapasitas, ukuran, temperatur bola basah dan bola kering, temperatur air, debit).
3. Menyiapkan bentuk laporan hasil pencatatan data.
4. Memilih peralatan yang sesuai untuk masing-masing tugas TAB. Mengkalibrasi semua peralatan ukur tersebut.
5. Memutuskan dimana peralatan ukur tersebut ditempatkan dan memeriksa instalasi apakah akses tersedia.
6. Memeriksa sistem untuk melihat apakah semua nilai dan alat kontrol pada posisi yang benar untuk proses *balancing*.
7. Membuat jadwal untuk pekerjaan TAB. Bisa dibagi menjadi beberapa periode sesuai kondisi perancangannya atau musim.
8. Mengoperasikan sistem dan memeriksa bahwa semua peralatan berfungsi dengan baik.

### 2.4 Proses Penyeimbangan Sistem Air

Berikut ini langkah-langkah proses penyeimbangan yang disarankan :

1. Memeriksa apakah langkah-langkah persiapan sudah diselesaikan/dilaksanakan.
2. Memeriksa putaran pompa terhadap desain. Pompa biasanya tidak memerlukan penyetelan putaran, sehingga perbedaan

- putaran aktual terhadap desain tidak terlalu masalah.
3. Perlahan-lahan menutup katup penyeimbang bagian tekan, mencatat head bagian isap dan tekan serta besarnya arus dan tegangan motor. Melakukan langkah tersebut mulai dari posisi katup terbuka penuh hingga tertutup penuh. Data yang didapatkan dapat digunakan untuk mendapatkan kurva karakteristik pompa yang aktual. Pengukuran hanya menggunakan satu pressure gage untuk bagian isap dan tekan saling bergantian. Membandingkan hasil pengukuran terhadap data dari pabrik pembuat. Perlu diingat, disarankan tidak mengoperasikan pompa pada posisi katup tertutup penuh dalam jangka waktu lama karena akan timbul panas yang berlebihan.
  4. Menyetel sistem aliran sekitar 110 % dari nilai desain GPM, menurut kurva karakteristik pompa.
  5. Jika sudah diputuskan untuk menyeimbangkan debit di saluran utama dan cabang-cabang secara manual, menyetel katup penyeimbang dan membaca debit pada peralatan yang terpasang (orifice plate atau tabung venturi) hingga debit yang terbaca mendekati harga yang benar. Prosedur yang detil di atas kadang-kadang tidak dilakukan pada sistem air, karena keseimbangan yang memadai dapat dilakukan pada peralatannya. Lebih jauh katup pengatur otomatis sering digunakan pada peralatan.
  6. Memeriksa dan menyeimbangkan debit yang melalui chiller dan koil. Ini dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan atau pembacaan penurunan tekanan melalui koil dan menggunakan katalog yang memuat kurva penurunan tekanan terhadap debit. Menyetel katup penyeimbang dalam batas  $\pm 10\%$  dari nilai desain GPM.
  7. Memeriksa dan menyeimbangkan debit yang menuju terminal unit, juga menggunakan katalog yang memuat kurva penurunan tekanan terhadap debit. Menyetel katup penyeimbang dalam batas  $\pm 10\%$  dari nilai desain GPM. Metoda alternatif yang lain adalah mengukur temperatur masuk dan keluar unit. Ini tidak disarankan, karena tidak akurat, cuma sebagai pelengkap.
  8. Mengulangi proses penyeimbangan hingga tidak ditemukan perubahan.
  9. Mengukur head dan kapasitas pompa.
  10. Mengukur dan menyetel debit menara pendingin, menggunakan kurva karakteristik pompa atau peralatan. Memeriksa unjuk kerja menara pendingin dengan mengukur debit, temperatur air, temperatur bola basah dan bola kering udara keluar dan masuk. Menghitung kapasitasnya pada kondisi tersebut dan dicocokkan terhadap katalog dari pabrik pembuat.

Pengujian unjuk kerja chiller, menara pendingin dan peralatan yang lainnya dalam sistem yang besar biasanya dilakukan bersama-sama dengan teknisi dari pabrik pembuat peralatan. Pada sistem yang kecil langkah-langkah di atas tidak semuanya perlu dilakukan.

### 3. Penutup

Sebuah daftar khusus dari metoda konservasi energi dalam pekerjaan TAB muncul berulang-ulang, terlihat dalam prosedur penyeimbangan. Jelas sudah sebuah sistem yang tidak seimbang dapat mengakibatkan energi terbuang percuma dan energi berlebih dibutuhkan jika ada penyimpangan terhadap kondisi desain. Hal ini akan cukup mengejutkan, dimana biaya dalam desain dan instalasi sistem HVAC akan mahal, jika prosedur TAB tidak diterapkan dengan memadai. Meskipun sistem sudah diseimbangkan dengan cermat dan tepat, tidak tertutup kemungkinan akan menjadi tidak seimbang dengan berjalannya waktu. Pipa akan menjadi kasar, setelan damper dan katup akan berubah karena getaran, keausan atau sebab-sebab yang lain. Oleh sebab itu dalam jadwal perawatan harus dimasukkan penyeimbangan ulang dalam jangka waktu tertentu.

### Daftar Pustaka

1. Pita, Edward G, *Air Conditioning Principles and Systems An Energy Approach*, 2<sup>nd</sup> Edition, New Jersey : Prentice Hall, 1989.
2. Harris, Norman C, *Modern Air Conditioning Practice*, 3<sup>rd</sup> Edition, New York: McGraw-Hill, 1983.