

KERAGAMAN PEMBACAAN TERMOMETER BALIK

oleh

Dharma Arief¹⁾ Idjin Suryana¹⁾ dan Hadikusumah¹⁾

ABSTRACT

VARIATION IN REVERSING THERMOMETER READING. *An experiment to assess variation in reversing thermometer reading was done by nine staffs and technicians of Physical Oceanography Laboratory, National Institute of Oceanology, Indonesian Institute of Sciences. In this experiment, the reading value of certain thermometer by each reader is compared to the mean value of all readings. The result showed that, in general, the reading variation falls in range of $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$. It can be concluded that the high accuracy of the reading value is done by better trained reader. The habit of the reader also significantly affect the reading value.*

PENDAHULUAN

Termometer balik yaitu istilah untuk "reversing thermometer", masih merupakan alat ukur yang penting khususnya di Indonesia. Ada dua jenis termometer balik, yaitu termometer balik terlindung (protected reversing thermometer) untuk pengukuran suhu air laut "in-situ" dan termometer balik tak terlindung (unprotected reversing thermometer) yang digunakan bersama-sama dengan termometer balik terlindung pada penentuan besarnya tekanan air laut pada posisi termometer tersebut. Tekanan air laut tersebut mempunyai hubungan yang erat dengan kedalaman air. Umumnya termometer balik tak terlindung digunakan hanya untuk pengukuran pada kedalaman lebih dari 100 meter.

Data suhu air laut "in-situ" dan kedalaman pengukuran mempunyai peranan yang besar dalam bidang penelitian kelautan baik secara langsung seperti pada besaran-besaran yang diturunkan dari nilai suhu air laut mi-

salnya densitas air laut, kecepatan suara di air laut dan perhitungan arus geostropik, maupun secara tidak langsung terhadap data bidang lainnya seperti data biologi laut. Oleh karena itu, ketelitian pengukuran suhu air laut sangat dituntut. Dalam bidang oseanografi fisika ketelitian pengukuran hingga dua desimal dan di perairan dalam merupakan hal yang biasa.

Untuk mendapatkan data dengan kualitas yang tinggi di samping faktor alat ukurnya itu sendiri, faktor manusia yang menggunakan alat tersebut juga merupakan hal utama. Untuk mendapatkan nilai pembacaan termometer balik yang teliti kadang-kadang tidak mudah dilakukan. Pengukuran yang dilakukan di daerah pantai dengan menggunakan perahu kecil dan kondisi laut yang berombak, untuk membaca termometer secara teliti diperlukan pengalaman dan kecepatan pembacaan. Pemakaian kaca pembesar yang umum digunakan dalam membaca termometer balik ini seringkali tidak memungkinkan.

1). Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Oseanologi Nasional - LIPI, Jakarta.

Untuk melihat besarnya pengaruh faktor manusia terhadap nilai pembacaan termometer balik, suatu percobaan pembacaan termometer balik secara cepat dan tanpa kaca pembesar telah dilakukan oleh 9 orang staf dan teknisi Lab. Oseanografi Fisika LON— LIPI dengan menggunakan 48 termometer balik.

KERANGKA PERCOBAAN

Sejumlah 48 termometer balik yang terdiri atas 22 termometer balik yang terlindung dan 26 termometer balik yang tak terlindung dan 9 orang staf dan teknisi Lab. Oseanografi Fisika LON—LIPI ikut serta dalam percobaan ini.

Keseluruhan ke 48 termometer balik tersebut ditempatkan pada suatu ember berair. Suhu air di ember tersebut diubah-ubah dengan mencampurkan sejumlah es dan air, sehingga seluruhnya diperoleh 4 keadaan campuran air dan es. Untuk masing-masing keadaan tersebut, termometer balik tersebut didiamkan beberapa menit sehingga tercapai keadaan kesetimbangan antara suhu air dan termometer. Selanjutnya adalah membaca masing-masing termometer tersebut dengan cepat tanpa kaca pembesar secara bergiliran dan hasil pembacaan dicatat terpisah oleh masing-masing pembaca termometer tersebut.

Dari hasil pembacaan termometer balik tersebut, yang terdiri atas nilai pembacaan termometer utama dan termometer pembantu dari masing-masing termometer balik, dilakukan koreksi terhadap pengaruh suhu udara sesuai dengan prosedur yang berlaku bagi masing-masing termometer balik.

Nilai hasil pembacaan kemudian dirata-ratakan untuk masing-masing termometer balik. Nilai rata-rata yang diperoleh dianggap sebagai taksiran nilai sebenarnya yang ditunjukkan oleh termometer balik tersebut. Penyimpangan nilai pembacaan masing-masing orang terhadap nilai rata-rata tersebut kemudian dihitung sebagai : beda = nilai pembacaan — nilai rata-rata.

Dalam proses perata-rataan, nilai pembacaan termometer yang dianggap menyimpang jauh (lebih dari $0,05^{\circ}\text{C}$) dibandingkan dengan hasil pembacaan yang lainnya tidak diikutkan dalam perhitungan nilai rata-rata termometer yang bersangkutan. Sebagai contoh adalah nilai $17,26^{\circ}\text{C}$ pembaca ke 8 untuk termometer no. 22883.

Disebabkan tidak semua pembaca termometer membaca termometer dalam jumlah yang sama, maka digunakan nilai persentase dari jumlah pembacaan yang dilakukannya untuk membandingkan variasi beda pembacaan yang diperoleh masing-masing pembaca termometer.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 adalah contoh hasil pembacaan termometer balik dari tiap pembaca termometer. Dalam Tabel 1 ini, pembaca nomor 3 tidak ikut serta. Perbedaan nilai suhu yang ditunjukkan masing-masing termometer disebabkan oleh tidak meratanya distribusi suhu air di dalam ember yang digunakan.

Tabel 2 merupakan daftar berapa kali terjadi suatu beda nilai pembacaan seseorang dengan nilai rata-rata pembacaan termometer yang bersangkutan. Sedangkan Tabel 3 adalah menunjukkan besarnya persentase harga pada Tabel 2 terhadap jumlah pembacaan yang dilakukan tiap orang selama percobaan ini berlangsung. Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan histogram harga-harga pada Tabel 3.

Dari hasil yang diperoleh (Tabel 2 dan 3), penyimpangan pembacaan terhadap nilai rata-rata pembacaan termometer umumnya terletak antara $-0,05^{\circ}\text{C}$ hingga $+0,05^{\circ}\text{C}$ yaitu sebanyak 511 kali pembacaan dari sejumlah 527 pembacaan atau 97 %. Penyimpangan pembacaan antara $-0,02^{\circ}\text{C}$ hingga $+0,02^{\circ}\text{C}$ terjadi sebanyak 368 kali atau sebesar 70%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pembacaan termometer dengan cara cepat dan tanpa kaca pembesar memberikan hasil yang baik meskipun pembagian skala dari termometer yang digunakan kecil yaitu

0,1°C. Nilai penyimpangan pembacaan yang umumnya diterima untuk suatu pembacaan tunggal adalah setengah dari skala terkecil, dalam hal ini adalah 0,05°C. sedangkan pembacaan termometer balik dengan menggunakan kaca pembesar diharapkan mempunyai penyimpangan kurang dari 0,02°C. hal ini umumnya terpenuhi oleh seorang pembaca yang terlatih.

Ditinjau dari gambar histogram masing-masing pembaca termometer (Gambar 1 dan 2), tampak bahwa histogram tiap orang berbeda. Pembaca no 1 dan no. 5 mempunyai ke telitian pembacaan yang sangat baik,

kemudian diikuti pembacaan oleh pembaca termometer no. 3, 4, 6, 7 dan no. 8. Pembaca termometer no. 2 dan no. 9 memberikan hasil pembacaan yang kurang baik.

Banyak hal yang mempengaruhi hasil pembacaan termometer. Faktor yang utama yang tampak dari percobaan ini adalah faktor terlatih atau kurang terlatihnya si pembaca termometer. Faktor umur tidak nampak dari hasil percobaan ini, tetapi sifat seseorang (cenderung bertindak ceroboh atau sifat yang tenang dan sebagainya) ternyata menunjukkan pengaruh terhadap hasil pembacaannya.

Tabel 1. Nilai pembacaan Termometer

| Nomor Termometer | PEMBACA KE | | | | | | | | |
|------------------|------------|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 12677 | 17.11 | 17.04 | — | 17.06 | 17.10 | 17.12 | 17.16 | 17.16 | 17.13 |
| 22883 | 17.19 | 17.17 | — | 17.18 | 17.18 | 17.20 | 17.18 | 17.26 | 17.19 |
| 12675 | 17.16 | 17.21 | — | 17.15 | 17.17 | 17.17 | 17.21 | 17.20 | 17.22 |
| 26993 | 17.49 | 17.52 | — | 17.49 | 17.44 | 17.48 | 17.44 | 17.44 | 17.44 |
| 22354 | 17.26 | 17.29 | — | 17.24 | 17.22 | 17.32 | 17.22 | 17.22 | 17.26 |
| 27102 | 17.19 | 17.18 | — | 17.18 | 17.16 | 17.17 | 17.16 | 17.14 | 17.14 |
| 12678 | 17.14 | 17.14 | — | 17.11 | 17.16 | 17.16 | 17.16 | 17.17 | 17.20 |
| 27097 | 17.14 | 17.15 | — | 17.13 | 17.12 | 17.09 | 17.10 | 17.08 | 17.11 |
| 22596 | 17.34 | 17.38 | — | 17.35 | 17.34 | 17.37 | 17.34 | 17.30 | 17.33 |
| 22389 | 17.54 | 17.52 | — | 17.56 | 17.55 | 17.53 | 17.51 | 17.51 | 17.52 |
| 12495 | 17.06 | 17.07 | — | 17.04 | 17.08 | 17.08 | 17.11 | 17.06 | 17.09 |
| 12500 | 24.22 | 24.19 | — | 24.19 | 24.17 | 24.24 | 24.24 | 24.24 | 24.24 |
| 27039 | 17.10 | 17.11 | — | 17.08 | 17.10 | 17.07 | 17.06 | 17.08 | 17.11 |
| 22356 | 17.08 | 17.07 | — | 17.07 | 17.06 | 17.09 | 17.06 | 17.04 | 17.07 |
| 12497 | 17.25 | 17.21 | — | 17.23 | 17.25 | 17.30 | 17.30 | 17.30 | 17.27 |
| 12486 | 17.74 | 17.67 | — | 17.70 | 17.73 | 17.73 | 17.76 | 17.75 | 17.75 |
| 22355 | 17.21 | 17.25 | — | 17.19 | 17.20 | 17.21 | 17.20 | 17.20 | 17.17 |
| 22385 | 17.66 | 17.67 | — | 17.69 | 17.66 | 17.63 | 17.65 | 17.61 | 17.70 |
| 13584 | 17.51 | 17.53 | — | 17.48 | 17.55 | 17.53 | 17.62 | 17.58 | 17.66 |
| 12679 | 17.44 | 17.46 | — | 17.05 | 17.09 | 17.10 | 17.12 | 17.10 | 17.11 |
| 27001 | 17.44 | 17.46 | — | 17.42 | 17.40 | 17.46 | 17.41 | 17.42 | 17.43 |
| 22353 | 17.43 | 17.46 | — | 17.43 | 17.38 | 17.46 | 17.40 | 17.42 | 17.44 |

Sudut pandangan mata atau paralaks yang berkaitan dengan kebiasaan seseorang dalam melihat sesuatu tampak pengaruhnya terhadap bentuk histogram pada Gambar 1 dan 2. Pembaca no. 1, 6 dan no. 8 menunjukkan hasil pembacaan yang cenderung lebih tinggi dari nilai rata-rata, sedangkan pembaca no. 3, 4, 5 dan no. 7 cenderung memberikan nilai yang lebih rendah. Histogram pembaca

termometer no. 2 dan 9 tidak menunjukkan jelas efek paralaks tersebut disebabkan hasil pembacaannya kurang baik.

Pada umumnya histogram tersebut menunjukkan bahwa pola distribusi nilai beda pembacaan termometer terhadap nilai rata-ratanya mengikuti pola distribusi normal. Hal ini tampak lebih jelas lagi dari pola histogram total pembacaan, Gambar 2e.

Tabel 2. Frekuensi beda nilai pembacaan terhadap nilai rata-ratanya.

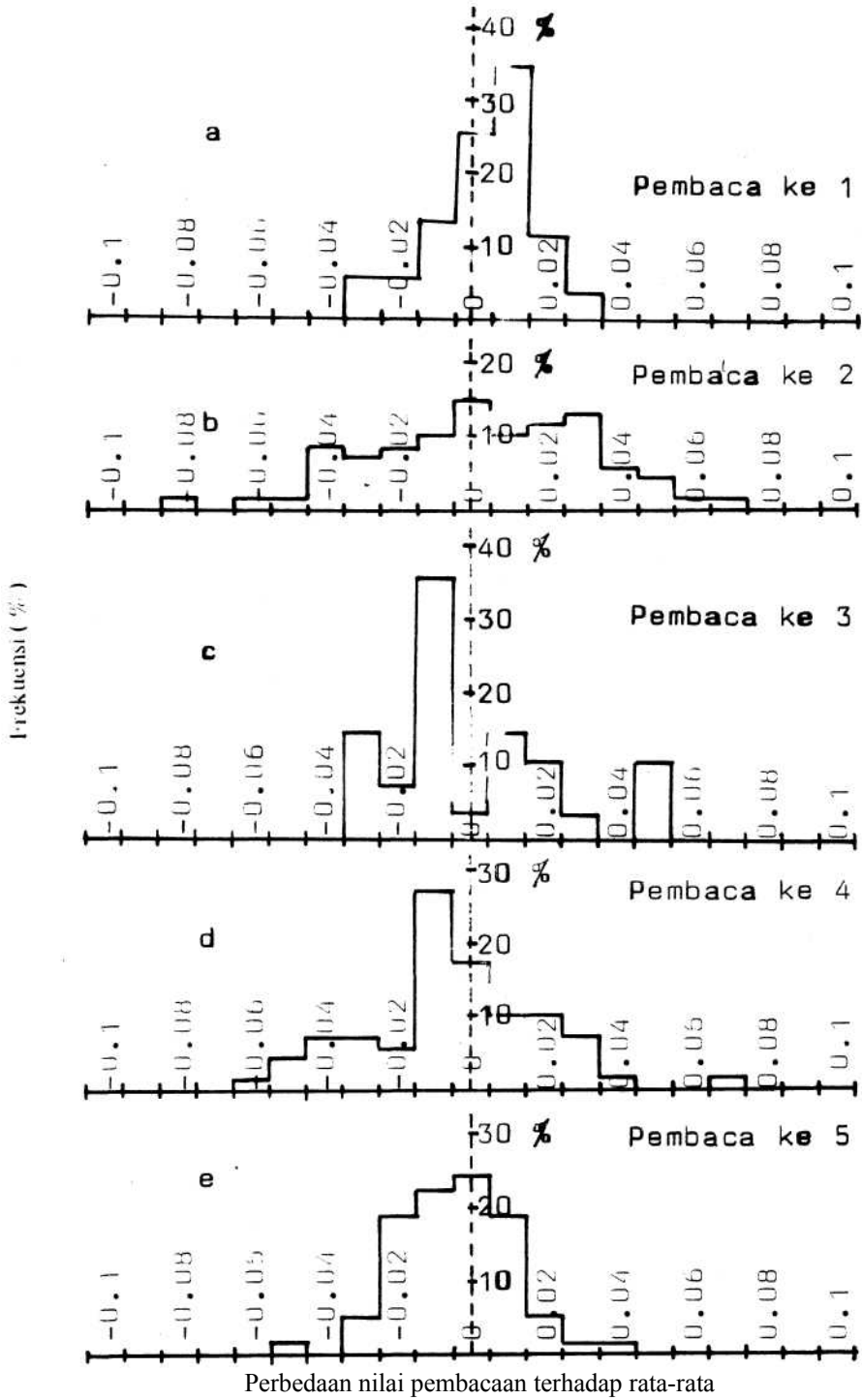
| BEDA | PEMBACA KE | | | | | | | | |
|--------|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| - 0,10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| - 0,09 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| - 0,08 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| - 0,07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| - 0,06 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| - 0,05 | 0 | 1 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| - 0,04 | 0 | 6 | 0 | 5 | 0 | 2 | 0 | 2 | 6 |
| - 0,03 | 3 | 5 | 4 | 5 | 3 | 3 | 7 | 7 | 6 |
| - 0,02 | 3 | 6 | 2 | 4 | 11 | 6 | 8 | 7 | 2 |
| - 0,01 | 7 | 7 | 10 | 19 | 13 | 7 | 13 | 7 | 4 |
| 0 | 13 | 10 | 1 | 12 | 14 | 11 | 14 | 12 | 5 |
| 0,01 | 18 | 7 | 4 | 7 | 11 | 13 | 6 | 6 | 7 |
| 0,02 | 6 | 8 | 3 | 7 | 3 | 5 | 9 | 13 | 7 |
| 0,03 | 2 | 9 | 1 | 5 | 1 | 6 | 7 | 7 | 3 |
| 0,04 | 0 | 4 | 0 | 1 | 1 | 2 | 6 | 8 | 3 |
| 0,05 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0,06 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0,07 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0,08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,09 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 52 | 70 | 28 | 70 | 57 | 58 | 70 | 71 | 51 |

Walaupun hasil pembacaan ini didasarkan atas anggapan bahwa nilai rata-rata pembacaan termometer (umumnya 9 nilai) merupakan nilai sesungguhnya yang ditunjukkan oleh termometer yang bersangkutan, percobaan ini telah menunjukkan gambaran umum mengenai ketelitian pembacaan termometer balik dengan cara yang dilakukan dalam percobaan ini, yaitu cepat dan tanpa kaca pembesar. Hasil yang ditunjukkan oleh

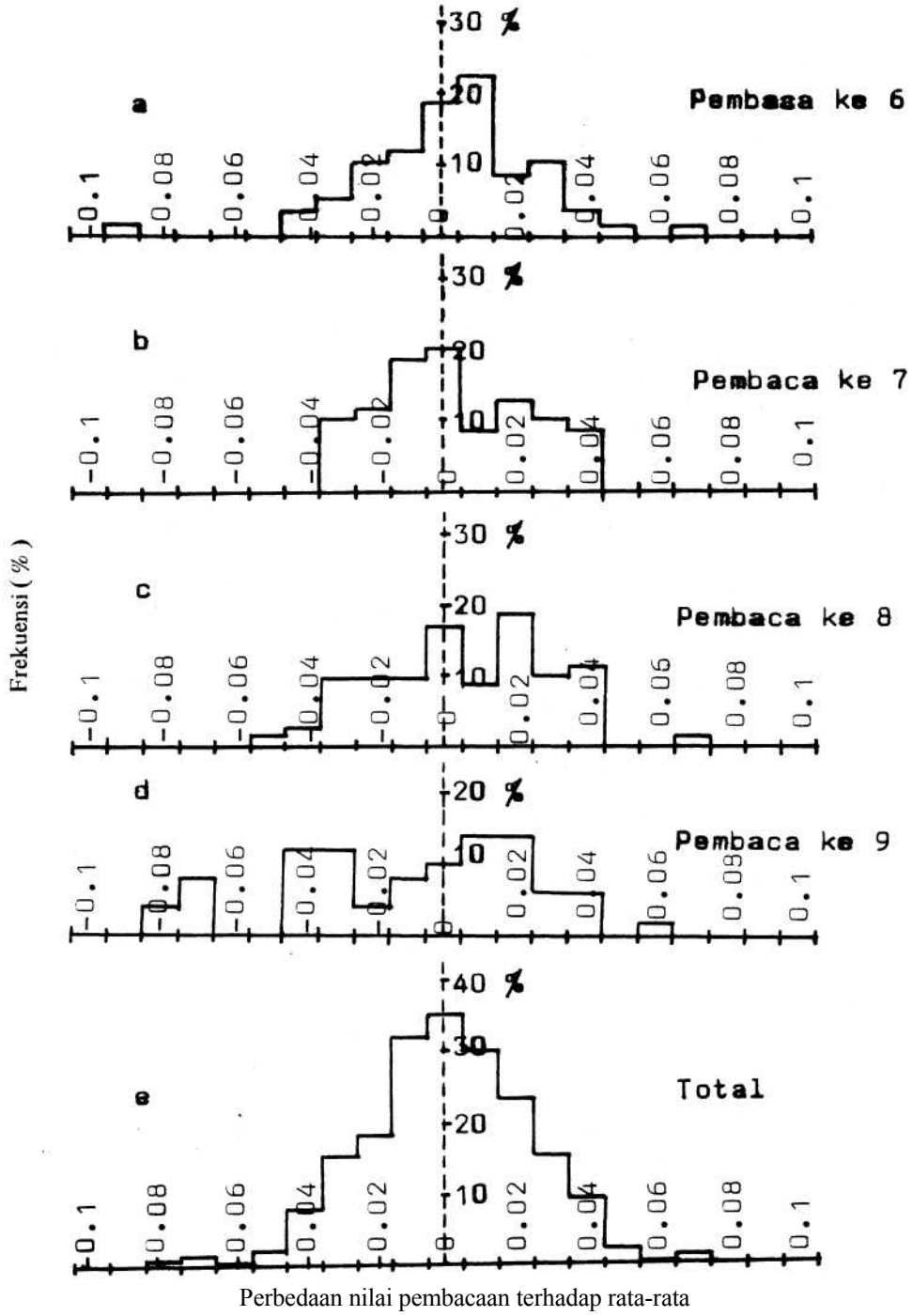
sekelompok orang yang terlatih baik akan memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan hasil percobaan ini. Akan tetapi kondisi pembacaan termometer balik di atas perahu akan memberikan kesulitan yang lebih besar dibandingkan dengan pembacaan di darat. Walaupun demikian, ketelitian pembacaan suhu termometer balik di perahu setidaknya masih akan mencapai nilai $0,1^{\circ}\text{C}$ atau bahkan lebih baik lagi, tergantung kondisi gelombang saat pembacaan.

Tabel 3. Persentase frekuensi beda terhadap jumlah pembacaan

| BEDA | PEMBACA KE | | | | | | | | |
|-------|------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| -0,10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -0,09 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,7 | 0 | 0 | 0 |
| -0,08 | 0 | 1,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| -0,07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| -0,06 | 0 | 1,4 | 0 | 1,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -0,05 | 0 | 1,4 | 0 | 4,2 | 1,7 | 0 | 0 | 1,4 | 0 |
| -0,04 | 0 | 8,5 | 0 | 7,1 | 0 | 3,4 | 0 | 2,8 | 12 |
| -0,03 | 5,7 | 7,1 | 14,2 | 7,1 | 5,1 | 5,1 | 10 | 9,8 | 12 |
| -0,02 | 5,7 | 8,5 | 7,1 | 5,7 | 18,9 | 10,3 | 11,4 | 9,8 | 4 |
| -0,01 | 13,4 | 10 | 35,7 | 27,1 | 22,4 | 12 | 18,5 | 9,8 | 8 |
| 0 | 25 | 14,2 | 3,5 | 17,1 | 24,1 | 18,9 | 20 | 16,9 | 10 |
| 0,01 | 34,6 | 10 | 14,2 | 10 | 5,1 | 8,6 | 12,8 | 13,3 | 14 |
| 0,02 | 11,5 | 11,4 | 10,7 | 10 | 5,1 | 8,6 | 12,8 | 18,3 | 14 |
| 0,03 | 3,8 | 12,8 | 3,5 | 7,1 | 1,7 | 10,3 | 10 | 9,8 | 6 |
| 0,04 | 0 | 5,7 | 0 | 1,4 | 1,7 | 3,4 | 8,5 | 11,2 | 6 |
| 0,05 | 0 | 4,2 | 10,7 | 0 | 0 | 1,7 | 0 | 0 | 0 |
| 0,06 | 0 | 1,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 0,07 | 0 | 1,4 | 0 | 1,4 | 0 | 1,7 | 0 | 1,4 | 0 |
| 0,08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,09 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |



Gambar 1. Histogram persentase frekuensi beda terhadap jumlah pembacaan untuk pembaca termometer ke 1 hingga ke 5 (gambar a hingga e).



Gambar 2. Histogram persentase frekuensi beda terhadap jumlah pembacaan untuk pembaca termometer ke 6 hingga ke 9 (gambar a hingga d). Gambar e - menunjukkan histogram untuk total pembaca termometer (9 orang).