

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN .....	v
MOTTO .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
DAFTAR RUMUS .....	xvi
INTISARI.....	xviii
<i>ABSTRACT</i> .....	xix
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	5
1.7 Landasan Hukum .....	5
1.8 Sistematika Penulisan .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
BAB III DASAR TEORI .....	9
3.1 Kalibrasi .....	9

3.2 Massa .....	9
3.3 Suhu .....	11
3.4 Kelembaban.....	12
3.5 Diseminasi Anak Timbangan .....	13
3.5.1 Perbandingan secara langsung ( <i>Direct Comparison</i> ) .....	13
3.5.2 Diseminasi kebawah ( <i>Subdivision Dissemination</i> ).....	14
3.5.3 Diseminasi keatas ( <i>Multiple Dissemination</i> ).....	15
3.6 Ketidakpastian.....	21
3.6.1 Ketidakpastian tipe A .....	22
3.6.2 Ketidakpastian tipe B.....	23
3.7 <i>Mass comparator</i> .....	24
3.8 Syarat teknis .....	25
3.8.1 Kalibrasi anak timbangan metode perbandingan secara langsung .....	25
3.8.2 Kalibrasi anak timbangan metode diseminasi keatas .....	30
<b>BAB IV METODE PENELITIAN .....</b>	<b>36</b>
4.1 Instrumen Penelitian.....	36
4.1.1 <i>Mass Comparator AX 1005</i> .....	36
4.1.2 Perangkat Lunak .....	36
4.2 Metode Penelitian.....	37
4.2.1 Metode Perbandingan Secara Langsung.....	37
4.2.2 Metode Diseminasi Keatas .....	37
4.3 Teknik Pengambilan Data .....	38
4.4 Alir Penelitian .....	38
4.4.1 Tahap Awal.....	38
4.4.2 Tahap Sebelum Penelitian .....	38
4.4.3 Tahap Penelitian di Laboratorium .....	38
4.4.4 Analisis Data.....	38

4.4.5 Kesimpulan .....	39
4.5 Bagan Alir Penelitian .....	39
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	40
5.1 Hasil Perhitungan Massa Konvensional Anak Timbangan.....	40
5.1.1 Metode perbandingan secara langsung.....	40
5.1.2 Metode diseminasi keatas .....	44
5.2 Hasil Perhitungan Ketidakpastian Anak Timbangan .....	48
5.2.1 Metode perbandingan secara langsung.....	48
5.2.2 Metode diseminasi keatas .....	55
5.3 Perbandingan Metode Perbandingan Secara Langsung dengan Diseminasi Keatas .....	61
5.3.1 Metode perbandingan secara langsung.....	62
5.3.2 Metode diseminasi keatas .....	63
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....	66
6.1 Kesimpulan .....	66
6.2 Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA .....	68
LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Variansi temperature pada laboratorium massa .....	12
Tabel 3.2 Perubahan kelembaban yang diizinkan selama kalibrasi dilakukan .....	13
Tabel 3.3 Jumlah minimum seri penimbangan .....	14
Tabel 3.4 Skema atau kombinasi penimbangan metode disseminasi keatas dalam kilogram .....	16
Tabel 3.5 Faktor pengali $U_w$ jika $n$ kurang dari 10 .....	27
Tabel 3.6 Kombinasi penimbangan.....	31
Tabel 5.7 Hasil perhitungan nilai $\overline{\Delta m_{ci}}$ .....	41
Tabel 5.8 Massa konvensional dan ketidakpastian anak timbangan standar .....	42
Tabel 5.9 Nilai massa konvensional anak timbangan uji .....	42
Tabel 5.10 Data hasil penimbangan kombinasi penimbangan $y_i$ .....	44
Tabel 5.11 Nilai $A_j$ dan $B_j$ , hasil penjumlahan dari $A_i$ dan $B_i$ .....	45
Tabel 5.12 Hasil perhitungan dari nilai $A_j$ dan $B_j$ , $y_i$ .....	46
Tabel 5.13 Nilai massa konvensional dari anak timbangan uji.....	47
Tabel 5.14 Nilai ketidakpastian dari proses penimbangan, $U_w$ .....	48
Tabel 5.15 Nilai ketidakpastian dari anak timbangan standar, $U_{(mcr)}$ .....	49
Tabel 5.16 Nilai ketidakpastian dari resolusi <i>mass comparator</i> , $U_d$ .....	50
Tabel 5.17 Nilai ketidakpastian dari koreksi gaya apung udara, $U_b$ .....	51
Tabel 5.18 Nilai ketidakpastian akibat drift anak timbangan referensi, $U_D$ .....	52
Tabel 5.19 <i>Uncertainty budgets</i> nominal 100 g .....	52
Tabel 5.20 <i>Uncertainty budgets</i> nominal 50 g .....	53
Tabel 5.21 <i>Uncertainty budgets</i> nominal 20 g .....	53
Tabel 5.22 <i>Uncertainty budgets</i> nominal 20* g .....	54
Tabel 5.23 <i>Uncertainty budgets</i> nominal 10 g .....	54
Tabel 5.24 Nilai dari ketidakpastian $U_c$ , $U_{eff}$ dan $U_{95}$ .....	54
Tabel 5.25 Nilai variansi selisih penimbangan, $\sigma$ .....	56

Tabel 5.26 Ketidakpastian dari anak timbangan standar .....	57
Tabel 5.27 Nilai ketidakpastian dari resolusi <i>mass comparator</i> .....	57
Tabel 5.28 Nilai ketidakpastian dari gaya apung udara, $U_b$ .....	58
Tabel 5.29 <i>Uncertainty budgets</i> nominal 100 g .....	59
Tabel 5.30 <i>Uncertainty budgets</i> nominal 50 g .....	59
Tabel 5.31 <i>Uncertainty budgets</i> nominal 20 g .....	59
Tabel 5.32 <i>Uncertainty budgets</i> nominal 20* g .....	60
Tabel 5.33 <i>Uncertainty budgets</i> nominal 10 g .....	60
Tabel 5.34 Nilai ketidakpastian $U_c$ dan $U_{(Mi)}$ .....	61
Tabel 5.35 Nilai massa konvensional anak timbangan uji dari hasil analisis metode perbandingan secara langsung.....	62
Tabel 5.36 Nilai ketidakpastian $U_c$ dan $U_{(Mi)}$ anak timbangan dari hasil analisis metode perbandingan secara langsung.....	62
Tabel 5.37 Nilai massa konvensional anak timbangan dari hasil analisis metode diseminasi keatas.....	63
Tabel 5.38 Nilai ketidakpastian $U_c$ dan $U_{(Mi)}$ anak timbangan dari hasil analisis metode diseminasi keatas .....	64

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Ketertelusuran standar massa di Indonesia .....	3
Gambar 4.2 <i>Mass Comparator</i> AX1005 Mettler Toledo.....	36
Gambar 4.3 Bagan alir penelitian.....	39
Gambar 5.4 Grafik perbandingan nilai $U_c$ metode perbandingan secara langsung dengan metode diseminasi keatas .....	42
Gambar 5.5 Grafik perbandingan nilai $U_{95}$ metode perbandingan secara langsung dengan metode diseminasi keatas .....	42

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Proses analisis data dari metode diseminasi keatas .....	69
Lampiran 2 Proses analisis data dari metode perbandingan secara langsung .....	70
Lampiran 3 Nilai massa konvensional dan ketidakpastian standar F1 .....	71
Lampiran 4 Batas kesalahan yang diizinkan .....	73
Lampiran 5 Surat izin melakukan penelitian .....	74

## DAFTAR RUMUS

Rumus 3.1 Hubungan nilai koreksi standar 10 g .....	17
Rumus 3.2 Hubungan massa konvensional dengan eror.....	17
Rumus 3.3 Kombinasi penimbangan 8 seri .....	17
Rumus 3.4 Nilai e tanpa matriks .....	18
Rumus 3.5 Nilai e dengan matriks .....	18
Rumus 3.6 Penyederhanaan nilai e dengan matriks.....	18
Rumus 3.7 Matriks e .....	18
Rumus 3.8 Matriks y .....	18
Rumus 3.9 Matriks A .....	18
Rumus 3.10 Matriks $A^T$ .....	19
Rumus 3.11 Matriks $(A^T A)^{-1}$ .....	19
Rumus 3.12 Matriks $(A^T A)^{-1} A^T$ .....	19
Rumus 3.13 Matriks b .....	19
Rumus 3.14 Nilai rata-rata suatu pengukuran x.....	22
Rumus 3.15 Ketidakpastian tipe A .....	23
Rumus 3.16 Ketidakpastian standar tipe B .....	23
Rumus 3.17 Ketidakpastian tipe B tanpa <i>Usert</i> dari sertifikat standar .....	24
Rumus 3.18 Perhitungan selisih massa konvensional <i>direct weight</i> .....	26
Rumus 3.19 Rata-rata selisih massa konvensional <i>direct weight</i> .....	26
Rumus 3.20 Massa konvensional <i>direct weight</i> .....	27
Rumus 3.21 Ketidakpastian $U_w$ .....	27
Rumus 3.22 Ketidakpastian $U_{(mcr)}$ .....	28
Rumus 3.23 Ketidakpastian $U_{(mcr)}$ tanpa U dari sertifikat standar .....	28
Rumus 3.24 Ketidakpastian standar $U_d$ .....	28
Rumus 3.25 Ketidakpastian $U_b$ .....	29



Rumus 3.26 Ketidakpastian $U_D$ .....	29
Rumus 3.27 Ketidakpastian gabungan.....	30
Rumus 3.28 Derajat kebebasan efektif.....	30
Rumus 3.29 Ketidakpastian dalam tingkat kepercayaan 95% .....	30
Rumus 3.30 Perhitungan selisih penimbangan untuk kombinasi penimbangan ...	32
Rumus 3.31 Variansi selisih penimbangan .....	33
Rumus 3.32 Ketidakpastian $U_s$ .....	33
Rumus 3.33 Ketidakpastian $U_d$ .....	34
Rumus 3.34 Ketidakpastian $U_{bi}$ .....	34
Rumus 3.35 Ketidakpastian $U_c(M_{100})$ .....	34
Rumus 3.36 Ketidakpastian $U_c(M_{50})$ .....	34
Rumus 3.37 Ketidakpastian $U_c(M_{20})$ .....	34
Rumus 3.38 Ketidakpastian $U_c(M_{20*})$ .....	34
Rumus 3.39 Ketidakpastian $U_c(M_{10})$ .....	34
Rumus 3.40 Ketidakpastian dalam tingkat kepercayaan 95% .....	35