

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. MOISTURE TESTER (HUMIDIM)

Moisture tester (HUMIDIM) ini digunakan untuk menghitung kadar air (moisture) dari tembakau dengan massa sample 10 g.

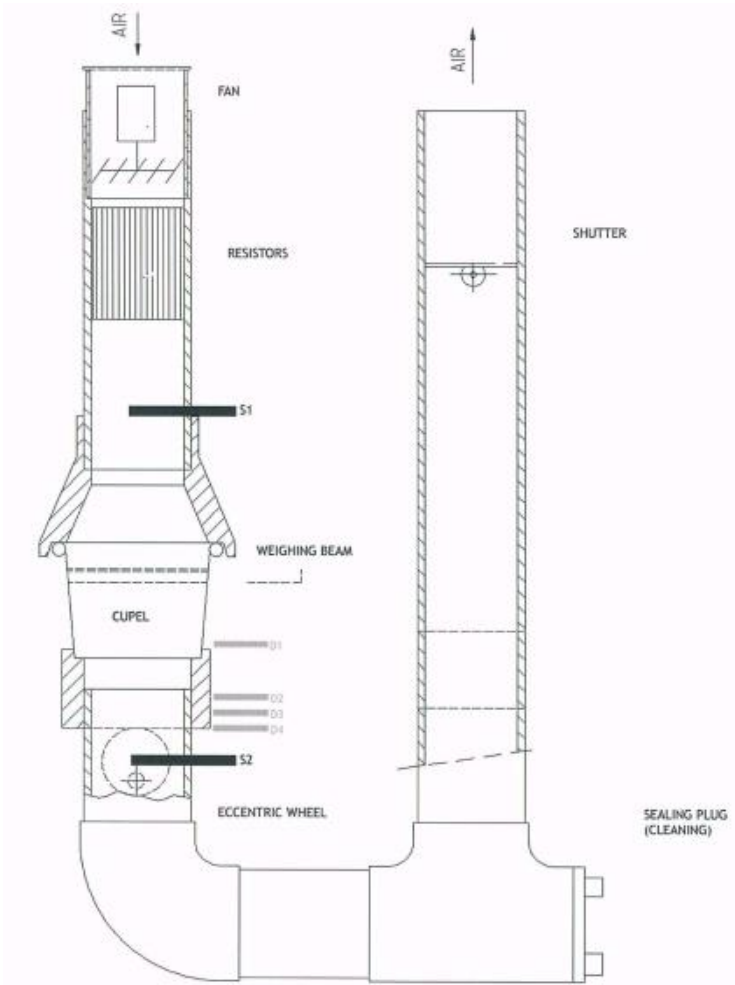


Gambar 2.1 Humidim

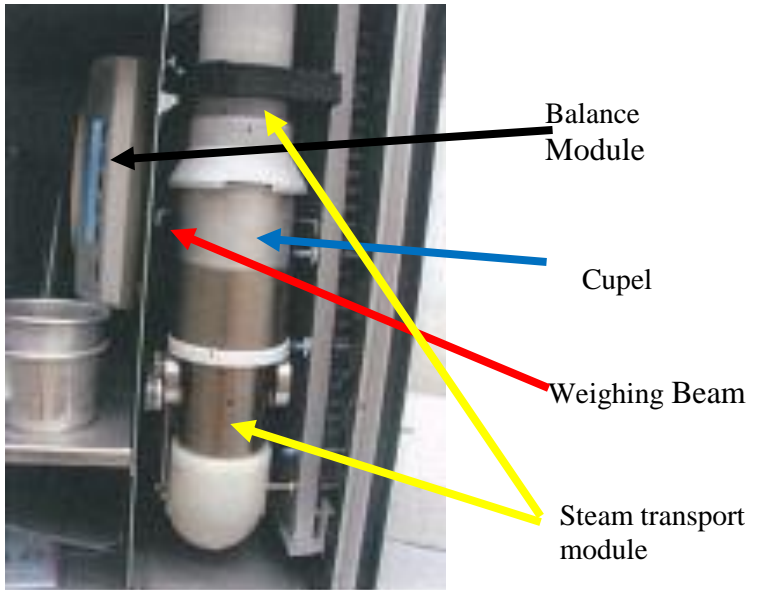
2.1.1. Prinsip Kerja

Udara panas dengan temperatur yang telah ditetapkan, dihembuskan kepada tembakau dengan takaran 10 g yang diletakkan pada sebuah wadah (cupel) dengan dasar yang berkisi – kisi untuk waktu tertentu atau sampai kecepatan variasi suhu udara di exit sample lebih rendah atau sama dengan nilai tertentu.

Massa tembakau yang hilang merupakan nilai moisture tembakau.



Gambar 2.2 Prinsip kerja Humidim



Gambar 2.3 Bagian-bagian Humidim

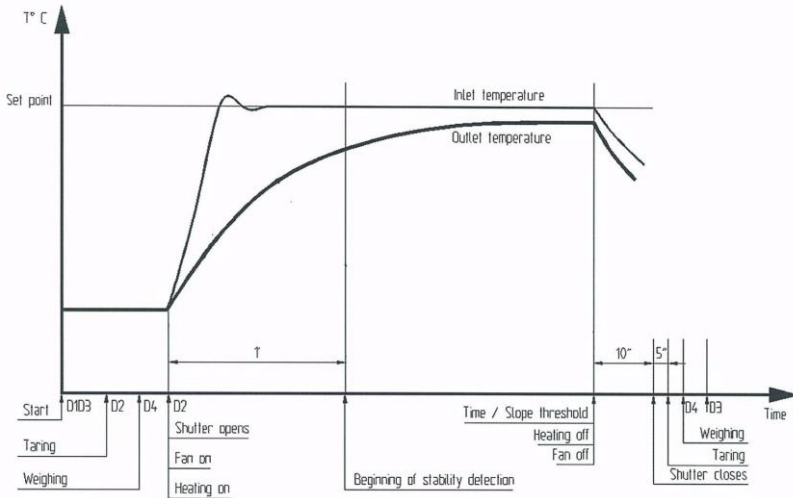
2.1.2. Siklus pengukuran (Measuring Cycle)

Pada tahap awal timbangan akan melakukan tare untuk mendapatkan nilai nul (0), setelah itu cuple berisi sample 10 g tembakau akan ditimbang awal melalui weighing beam. Tahap selanjutnya katup udara akan terbuka, kipas akan menyala dan proses pemanasan akan dimulai. Proses pemanasan akan berlangsung hingga titik temperatur yang diinginkan hingga stabil. Setelah pemanasan telah mencapai titik temperatur yang diinginkan pemanas juga diikuti kipas akan mati. Tahap akhir dilakukan penimbangan terhadap sample tembakau untuk dihitung kadar air (moisture).

Kadar air tembakau dapat ditentukan dengan perhitungan

:

$$Kadar\ air\ (\%) = \frac{massa\ awal - massa\ akhir}{massa\ akhir} \times 100\% \quad (2.1)$$



Gambar 2.4 Siklus kerja Humidim

2.2. METROLOGI

2.2.1. Definisi – definisi

2.2.1.1. Pengukuran (measurement)

Proses untuk memperoleh satu atau lebih nilai yang layak dapat diberikan kepada bearan tertentu melalui percobaan. (International Vocabulary of Metrology – VIM 2008: 2.1)

2.2.1.2. Besaran ukur (measurand)

Besaran tertentu yang nilainya dapat diukur. (International Vocabulary of Metrology – VIM 2008: 2.3)

2.2.1.3. Hasil pengukuran (measurement result)

Sekelompok nilai besaran yang diberikan kepada besaran ukur beserta informasi relevan lainnya yang tersedia. (International Vocabulary of Metrology – VIM 2008: 2.9)

2.2.2. Kalibrasi

2.2.2.1. Definisi

Kegiatan dalam kondisi yang telah ditetapkan untuk pada tahap pertama, menetapkan hubungan antara nilai besaran beserta ketidakpastian pengukuran dari sebuah standar pengukuran dan penunjukan terkait beserta ketidakpastian pengukurannya, dan pada tahap kedua, menggunakan informasi tersebut untuk memperoleh hasil pengukuran dari sebuah penunjukan. (International Vocabulary of Metrology – VIM 2008: 2.39)

2.2.2.2. Hasil kalibrasi :

- a. Penetapan nilai besaran ukur, atau
- b. Penetapan koreksi yang berkaitan dengan penunjukan alat

2.2.3. Ketelusuran pengukuran

Merupakan sifat dari hasil pengukuran yang dapat dihubungkan ke acuan tertentu, melalui rantai kalibrasi yang tak terputus yang terdokumentasi, yang masing – masing berkontribusi terhadap ketidakpastian pengukuran. (International Vocabulary of Metrology – VIM 2008: 2.41)

2.3. STANDAR ANAK TIMBANGAN



Gambar 2.5 Standar anak timbangan

2.3.1. Massa konvensional (Conventional Mass)

Massa konvensional suatu benda sama dengan massa sebuah anak timbangan yang densitasnya 800 kg/m^3 , yang pada suhu $20 \text{ }^\circ\text{C}$ berada dalam keadaan setimbang dengan benda tersebut dalam densitas udara $1,2 \text{ kg/m}^3$

2.3.2. Acuan klasifikasi anak timbangan :

- a. OIML R111: 2004, classes E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3, dan M3
- b. ASTM E 617-97, classes 0 -7
- c. NBS 547: 1978, classes M, S, S-1, P, Q, T

2.3.3. Klasifikasi Anak Timbangan berdasarkan OIML

- a. Organisation Internationale de Metrologie Legale (OIML) mengklasifikasikan anak timbangan dengan nominal 1 mg sampai 5000 kg berdasarkan Maximum Permissible Error yang terdiri dari kelas E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3, dan M3.
- b. Dasar system toleransi anak timbangan menurut OIML

E1	E2	F1	F2	M1
Basis	3 x E1	3 x E2	3 x F1	3 x F2

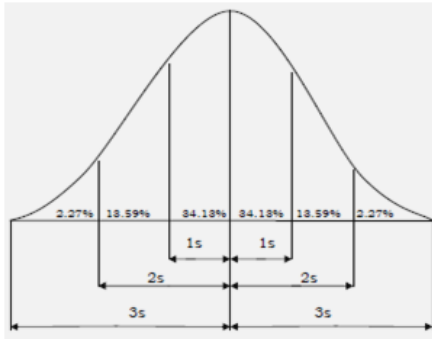
2.4. KETIDAKPASTIAN PENGUKURAN

2.4.1. Definisi

Merupakan suatu parameter, terkait dengan hasil pengukuran, yang mencirikan sebaran nilai-nilai yang dapat dianggap mewakili besaran yang diukur. (ISO GUM 1998).

2.4.2. Besaran ketidakpastian berdasarkan jenis-jenis distribusi

2.4.2.1. Normal / Gaussian

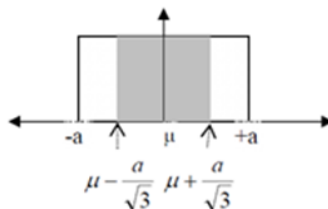


Gambar 2.6 Distribusi normal

Besaran ketidakpastian :

$$s = \frac{U_{95}}{2} \quad (2.2)$$

2.4.2.2. Rectangular

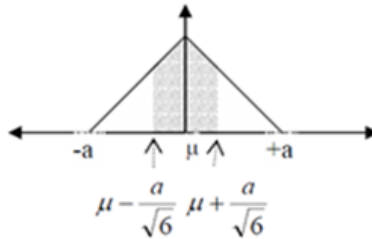


Gambar 2.7 Distribusi rectangular

Besaran ketidakpastian :

$$s = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (2.3)$$

2.4.2.3. Triangular



Gambar 2.8 Distribusi triangular

Besaran ketidakpastian :

$$s = \frac{a}{\sqrt{6}} \quad (2.4)$$

2.4.3. Sumber ketidakpastian

- a. Standar atau acuan pengukuran
- b. Benda ukur atau benda uji
- c. Peralatan pendukung
- d. Metode pengukuran
- e. Pengaruh lingkungan
- f. Operator

2.4.4. Jenis ketidakpastian :

- a. Tipe A
Dievaluasi dengan menggunakan metode statistic baku; dari sehimpanan hasil pengukuran
- b. Tipe B
Dievaluasi dengan cara selain analisis statistic; estimasi berdasar asumsi- asumsi tertentu

2.4.5. Koefisien sensitifitas

Menentukan ‘bobot’ tiap-tiap komponen ketidakpastian, jika tidak semua komponen mempunyai besaran yang sama

$$c(x_i) = \frac{\partial y}{\partial x_i} \quad (2.5)$$

2.4.6. Derajat kebebasan

Suatu ukuran mengenai “kualitas” estimasi nilai ketidakpastian

a. Tipe A

$$v = n - 1 \quad (2.6)$$

b. Tipe B

$$v = \frac{1}{2} \left\{ \frac{100}{R} \right\}^2 \quad (2.7)$$

Dimana R merupakan estimasi dari tingkat keraguan.

2.4.7. Prinsip dasar ketidakpastian

2.4.7.1. Ketidakpastian baku (Standard Uncertainty)

Ketidakpastian yang dinyatakan sebagai simpangan baku (standar deviasi)

a. Daya baca

$$u = \frac{1}{2} x \frac{\text{resolusi}}{\sqrt{3}} \quad (2.8)$$

b. Koreksi standar

$$u = \frac{U_{95}}{2} \quad (2.9)$$

U_{95} didapat dari sertifikat kalibrasi standar

c. Repeatability

$$u = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (2.10)$$

Jika $n \geq 10$

2.4.7.2. Ketidakpastian baku gabungan (Combined Standard Uncertainty)

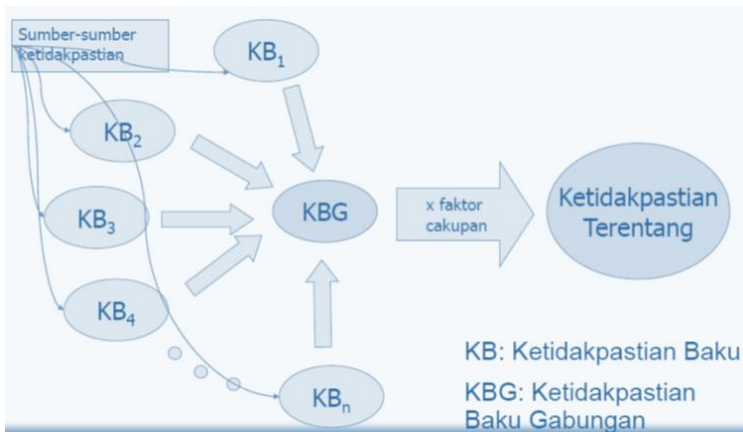
Ketidakpastian yang didapat dari sejumlah besaran ketiaktastian

$$u_c = \sqrt{c_1^2 \cdot u_1^2 + c_2^2 \cdot u_2^2 + c_3^2 \cdot u_3^2 + \dots} \quad (2.11)$$

2.4.7.3. Ketidakpastian Terentang (Expanded Uncertainty)

Ketidakpastian baku gabungan dikalikan suatu faktor cakupan

$$U = k \cdot u_c \quad (2.12)$$



Gambar 2.9 Sumber-sumber ketidakpastian

2.4.8. Derajat kebebasan efektif (v_{eff})

Gabungan dari derajat kebebasan semua komponen ketidakpastian

$$v_{eff} = \frac{u_c^4}{\frac{u_1^4}{v_1} + \frac{u_2^4}{v_2} + \frac{u_3^4}{v_3} + \dots} \quad (2.13)$$

Dimana :

v_{eff} = Derajat kebebasan efektif

U_c = Ketidakpastian baku gabungan

u = Ketidakpastian baku

v = Derajat kebebasan

2.4.9. Faktor cakupan (k)

Dilihat dari tabel Distribusi T-Student berdasarkan derajat kebebasan efektif

Tabel 2.2 Distribusi T-student

v	t		v	t		v	t		v	t		v	t
1	12.7		8	2.31		15	2.13		30	2.04		80	1.99
2	4.30		9	2.26		16	2.12		35	2.03		90	1.99
3	3.18		10	2.23		17	2.11		40	2.02		100	1.98
4	2.78		11	2.20		18	2.10		45	2.01		110	1.98
5	2.57		12	2.18		19	2.09		50	2.01		120	1.98
6	2.45		13	2.16		20	2.09		60	2.00		∞	1.96
7	2.36		14	2.14		25	2.06		70	1.99			

2.4.10. Hasil pengukuran

Hasil pengukuran dinyatakan sebagai :

$$M = (X \pm U) \text{ satuan}$$

2.5. KALIBRASI TIMBANGAN

2.5.1. Standar Acuan:

- a. OIML R076-1; 2006
- b. OIML R111; 2004
- c. Euramet/cg-18/v.01

2.5.2. Prosedur kalibrasi

2.5.2.1. Kondisi ruang kalibrasi

- a. Kalibrasi dilakukan ditempat
- b. Kondisi ruang harus sesuai dengan spesifikasi yang dipersyaratkan oleh pembuat timbangan.

2.5.2.2. Standar kalibrasi

- a. Standar yang dipakai adalah anak timbangan yang telah dikalibrasi
- b. Ketidakpastian anak timbangan standar $\leq \frac{1}{3} e$ (OIML R076: 2006)
- c. Verification Scale Interval (e) :
Adalah nilai yang dinyatakan dalam satuan massa, yang digunakan untuk klasifikasi dan verifikasi suatu timbangan.

2.5.2.3. Pra kalibrasi

- a. Cek kondisi lingkungan :
Catat suhu, tekanan udara dan kelembaban relative, pastikan kondisi lingkungan stabil.
- b. Atur posisi level timbangan, pastikan gelembung udara berada di tengah.
- c. Pastikan timbangan tidak dalam keadaan off, kondisikan timbangan dalam keadaan stanby.
- d. Pastikan timbangan dalam keadaan bersih.
- e. Lakukan pengkondisian standard an timbangan yang akan dikalibrasi.
- f. Dilakukan kalibrasi internal berdasarkan prosedur dalam pedoman pemakaiannya.

2.5.2.4. Pengujian daya ulang pembacaan (Repeatibility)

- a. Daya ulang pembacaan diambil pada dua (2) titik pengukuran yaitu pada setengah kapasitas maksimum dan pada kapsitas maksimum timbangan.
- b. Dilakukan sepuluh (10) kali pengambilan data untuk beban yang sama.
- c. Standar deviasi dihitung dari perbedaan pembacaan timbangan (r), pada saat timbangan tidak diberi beban (z) dan pembacaan pada saat timbangan diberi beban (m), sehingga : $r_i = m_i - z_i$

$$Stdev = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2}{(n-1)}} \quad (2.14)$$

2.5.2.5. Pengujian penyimpangan penunjukan (Linearity)

- a. Menunjukkan koreksi yang harus diberikan pada nilai yang ditunjukkan oleh timbangan.
- b. Pembacaan timbangan harus diperiksa pada step – step berjarak sama sepanjang rentang timbangan untuk menjamin bahwa tidak ada kemungkinan terjadinya kesalahan pembacaan pada titik – titik sepanjang rentang timbangan.
- c. Diambil sepuluh (10) titik pengukuran pada jarak yang sama sepanjang rentang timbangan dan timbangan tidak dize-rokan selama pengambilan data.
- d. Hitung koreksi pada masing – masing titik pengukuran.

Koreksi = massa konvensional – rata-rata perbedaan pembacaan

2.5.2.6. Pengujian efek pembebanan tidak di pusat pan (eksentricity)

- a. Timbangan diberi beban sebesar setengah kapasitas maksimum timbangan, diletakkan di sebelah kiri, belakang, dan kanan pan dengan jarak sekitar $\frac{1}{4}$ jari – jari dari pusat pan.
 - b. Perlakuan tersebut diulang dengan arah terbalik, yaitu belakang, kiri, depan, kanan, dan kembali lagi ke pusat pan.
 - c. Hitung besar efek pembebanan tidak di pusat pan (ΔI_{ecc})
- $$\Delta I_{ecc} = (I_i - I_0) \quad (2.15)$$

Dimana :

I_i = Pembacaan timbangan pada saat beban tidak di pusat pan

I_0 = Pembacaan timbangan pada saat beban diletakkan pada pusat pan

2.5.3. Analisa ketidakpastian

Ada tujuh (7) faktor yang harus diperhatikan dalam perhitungan ketidakpastian penyimpangan penunjukan :

2.5.3.1. Ketidakpastian anak timbangan standar U(m)

Berdasarkan sertifikat anak timbangan standar yang digunakan,

$$U_m = \frac{U_\varepsilon}{k} \quad (2.16)$$

Bila digunakan lebih dari satu (1) anak timbangan, maka :
 $u_1 = u_a + u_b + \dots + u_n$ (2.17)

Untuk perhitungan derajat kebebasan dapat melihat tabel t-student dengan nilai k sesuai sertifikat kalibrasi anak timbangan.

2.5.3.2. Ketidakpastian daya ulang pembacaan U(repeat)

Ketidakpastian daya ulang pembacaan dapat dihitung dengan :

$$u(\text{repeat}) = \frac{\text{stdev timbangan}}{\sqrt{n}} \quad (2.18)$$

Dimana n adalah banyaknya pengukuran.

Derajat kebebasan dapat dicari dengan persamaan :

$$v = \text{banyak data masing-masing pengulangan} - 1 \dots (2.19)$$

2.5.3.3. Ketidakpastian kemampuan baca timbangan

Dengan asumsi mempunyai distribusi rectangular maka ketidakpastian baku kemampuan baca timbangan adalah sebesar :

$$u(\text{res}) = \frac{0,5 \times \text{resolusi timbangan}}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{2} \quad (2.20)$$

Derajat kebebasan dapat dicari dengan rumus (2.7)

2.5.3.4. Ketidakpastian ketidakstabilan anak timbangan standar

Ketidakstabilan anak timbangan diambil berdasarkan data-data sertifikat kalibrasinya.

Nilai ketidakpastian ketidakstabilan anak timbangan standar dan derajat kebebasannya dapat dicari berdasarkan jumlah sertifikat kalibrasinya :

- a. 1 sertifikat

$$u(d) = k \cdot \frac{U}{\sqrt{3}} \quad (2.21)$$

Dimana k merupakan koefisien tingkat keragu-raguan yang mempunyai nilai 1; 2; dan 3

Derajat kebebasan dapat dicari dengan rumus (2.7)

- b. Sedikit sertifikat (2 sampai 5 sertifikat)

$$u(d) = \frac{1}{2} \cdot \frac{(\max - \min)}{\sqrt{3}} \quad (2.22)$$

Derajat kebebasan dapat dicari dengan rumus (2.7)

- c. Banyak sertifikat (lebih dari 5 sertifikat)

$$u(d) = \frac{\text{stdev sertifikat}}{\sqrt{3}} \quad (2.23)$$

Derajat kebebasan dapat dicari dengan rumus :

$$v = n - 1 \quad (2.24)$$

2.5.3.5. Ketidakpastian buoyancy udara

Batas variasi buoyancy udara diestimasi 1 ppm dari nilai nominal titik ukur. Dengan asumsi memiliki distribusi rectangular, maka ketidakpastian baku buoyancy udara dihitung sebesar :

$$u(b) = \frac{1 \text{ppm} \times \text{nominal titik ukur}}{\sqrt{3}} \quad (2.25)$$

Derajat kebebasan dapat dicari dengan rumus (2.7)

2.5.3.6. Ketidakpastian efek pembebanan tidak di pusat pan

Besarnya ketidakpastian baku efek pembebanan tidak di pusat pan adalah :

$$u(I_{ecc}) = \frac{I[\Delta I_{ecc-i}]_{\max}}{2 \cdot L_{ecc} \cdot \sqrt{3}} \quad (2.26)$$

Dimana I = rata-rata pembacaan

L_{ecc} = massa nominal standar acuan

Derajat kebebasan dapat dicari dengan rumus (2.7)

2.5.3.7. Ketidakpastian persamaan regresi

Pelaporan hasil kalibrasi timbangan pada titik pengambilan data menyebabkan kinerjanya hanya dapat dinilai pada titik-titik tersebut. Agar kinerja alat ukur dapat teramati sepanjang rentang ukurnya maka dilakukan interpolasi data.

Karakteristik timbangan diwakili oleh persamaan :

$$y_i = a + bx_i \quad (2.27)$$

dimana :

y_i adalah besarnya massa suatu benda ke- i

x_i adalah penunjukan pembacaan timbangan ke- i

a, b adalah koefisien regresi linear; $a = 0$

Proses regresi linier akan memberikan kontribusi ketidakpastian, dalam statistik disebut *standard error regresi (s)* :

$$s = (SSR / v)^{1/2} \quad (2.28)$$

SSR = Sum squares of residuals, dapat dievaluasi :

$$SSR = \sum (y_i - a - bx_i)^2 \quad (2.29)$$

v adalah derajat kebebasan untuk garis lurus, dapat dihitung :

$$v = \text{jumlah titik pengamatan} - 2 \quad (2.30)$$

Ketidakpastian regresi adalah :

$$U(\text{regresi}) = s \quad (2.31)$$

2.5.4. Batas unjuk kerja timbangan / Limit of Performance (LOP)

- a. Limit of performance timbangan ($\pm F$) adalah rentang toleransi dimana didalamnya terdapat kemungkinan semua pembacaan timbangan.
- b. Pembacaan timbangan akan memberikan nilai sebenarnya dari massa benda yang ditimbang dalam range $\pm F$
- c. Jika nilai massa sebenarnya dari suatu benda dinyatakan dengan m , dan pembacaan timbangan dinyatakan dengan m_d , maka nilai m akan berada pada range :

$$m_d - F \leq m \leq m_d + F \quad (2.32)$$
- d. Limit of Performance timbangan dapat dihitung dengan rumus :

$F = \text{Ketidakpastian maksimum penyimpangan penunjukan} + \text{nilai absolut koreksi maksimum penyimpangan penunjukan.}$ (2.33)

e. Kriteria kinerja timbangan,

Tabel 2.3 Kriteria kinerja timbangan

LOP	Kriteria Timbangan	Saran
1 s/d 2 kali resolusi	BAGUS	-
2 s/d 3 kali resolusi	RATA-RATA BAGUS	-
3 s/d 5 kali resolusi	CUKUP	Servis dianjurkan
5 s/d 7 kali resolusi	BURUK	Servis diharuskan
7 s/d 10 kali resolusi	SANGAT BURUK	Servis diharuskan