

3. HASIL PENELITIAN

3.1 Aktivitas Antioksidan pada Minuman Herbal Daun Katuk Berdasarkan Suhu Pengeringan dan Waktu Penyeduhan

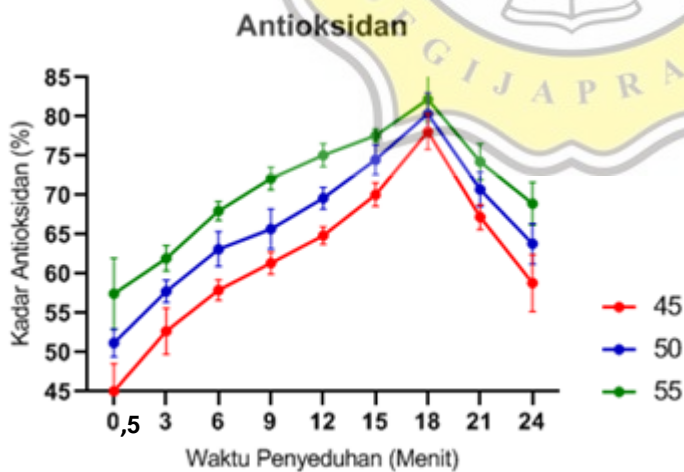
Hasil uji aktivitas antioksidan pada minuman herbal daun katuk berdasarkan suhu pengeringan dan waktu penyeduhan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Aktivitas Antioksidan

| Waktu Penyeduhan (Menit) | Suhu Pengeringan | | |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | 45°C | 50°C | 55°C |
| 0,5 | 45,073±3,473 ^{a1} | 51,220±1,775 ^{a2} | 57,467±4,554 ^{a3} |
| 3 | 52,721±2,971 ^{b1} | 57,794±1,439 ^{b2} | 61,997±1,649 ^{b3} |
| 6 | 57,941±1,325 ^{c1} | 63,134±2,204 ^{c2} | 68,020±1,192 ^{c3} |
| 9 | 61,371±1,397 ^{d1} | 65,711±2,545 ^{d2} | 72,148±1,424 ^{d3} |
| 12 | 64,878±1,090 ^{e1} | 69,649±1,353 ^{e2} | 75,130±1,432 ^{e3} |
| 15 | 70,071±1,476 ^{f1} | 74,549±1,884 ^{f2} | 77,616±0,827 ^{f3} |
| 18 | 78,123±2,244 ^{g1} | 80,392±2,678 ^{g2} | 82,210±2,854 ^{g3} |
| 21 | 67,240±1,561 ^{e1} | 70,756±2,196 ^{e2} | 74,288±2,303 ^{e3} |
| 24 | 58,850±3,644 ^{c1} | 63,844±2,558 ^{c2} | 68,946±2,739 ^{c3} |

Keterangan:

- Semua nilai adalah mean ± standar deviasi ($n=9$)
- Nilai dengan huruf kecil menunjukkan perbedaan yang nyata antar waktu penyeduhan pada tingkat kepercayaan 95% dengan uji *Two Way Anova*.
- Nilai dengan angka menunjukkan perbedaan yang nyata antar suhu pengeringan pada tingkat kepercayaan 95% dengan uji *Two Way Anova*



Gambar 2. Aktivitas Antioksidan pada Minuman Herbal Daun Katuk Berdasarkan Suhu Pengeringan dan Waktu Penyeduhan

Tabel 3. Persamaan Regresi Polinomial Hubungan Waktu Penyeduhan dan Aktivitas Antioksidan

| Keterangan | Suhu Pengeringan | | |
|----------------|--|--|--|
| | 45°C | 50°C | 55°C |
| Persamaan | $y = -0,0078x^3 + 0,1752x^2 + 0,801x + 46,688$ | $y = -0,0068x^3 + 0,1479x^2 + 0,8446x + 52,45$ | $y = -0,005x^3 + 0,0875x^2 + 1,2172x + 57,696$ |
| R ² | 0,921 | 0,9363 | 0,9646 |

Tabel 2 memperlihatkan terdapat perbedaan aktivitas antioksidan yang signifikan pada minuman herbal daun katuk yang dikeringkan pada suhu 45°C, 50°C, dan 55°C. Aktivitas antioksidan tertinggi terdapat pada minuman herbal daun katuk yang dikeringkan pada suhu 55°C, sedangkan yang terendah pada minuman herbal daun katuk yang dikeringkan pada suhu 45°C. Tabel 2 juga memperlihatkan terdapat perbedaan aktivitas antioksidan yang signifikan pada minuman herbal daun katuk yang diseduh dalam waktu 0,5 menit, 3 menit, 6 menit, 9 menit, 12 menit, 15 menit, 18 menit, 21 menit, dan 24 menit. Aktivitas antioksidan tertinggi terdapat pada minuman herbal daun katuk yang diseduh dalam waktu 18 menit, sedangkan yang terendah pada minuman herbal daun katuk yang diseduh dalam waktu 0,5 menit.

Selain itu, Tabel 2 juga memperlihatkan bahwa interaksi suhu pengeringan dan waktu penyeduhan berpengaruh signifikan terhadap aktivitas antioksidan pada minuman herbal daun katuk. Aktivitas antioksidan tertinggi diperoleh pada waktu penyeduhan 18 menit dengan suhu pengeringan 55°C sebesar 82,210%, sedangkan kandungan antioksidan terendah diperoleh pada waktu penyeduhan 0,5 menit dengan suhu pengeringan 45°C sebesar 45,073%. Gambar 2. memperlihatkan semakin tinggi suhu pengeringan maka semakin tinggi kandungan antioksidan (urutan antioksidan tertinggi ke rendah: 55°C, 50°C dan 45°C). Semakin lama waktu penyeduhan maka semakin tinggi aktivitas antioksidan, namun terjadi penurunan setelah dilakukan penyeduhan lebih dari 18 menit.

3.2 Kandungan Total Fenolik pada Minuman Herbal Daun Katuk Berdasarkan Suhu Pengeringan dan Waktu Penyeduhan

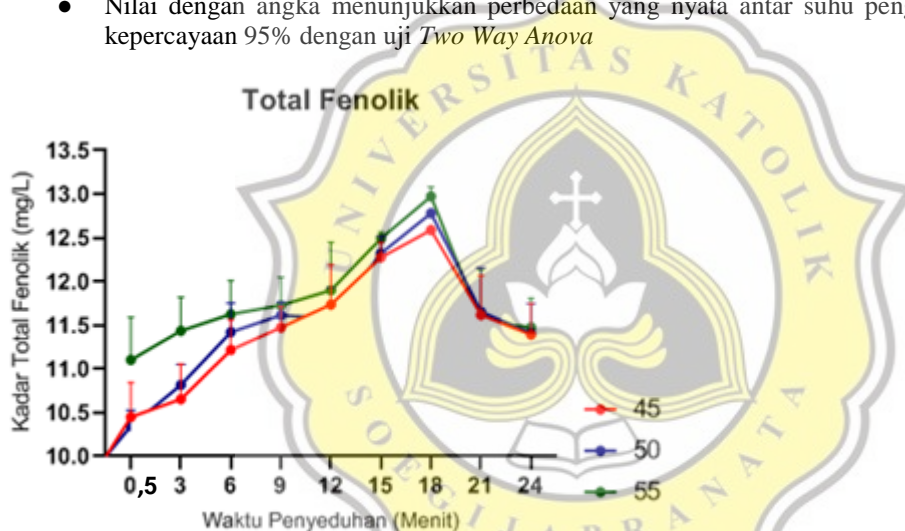
Hasil uji kandungan total fenolik pada minuman herbal daun katuk berdasarkan suhu pengeringan dan waktu penyeduhan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kandungan Total Fenolik

| Waktu Penyeduhan (menit) | Suhu Pengeringan | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | 45°C | 50°C | 55°C |
| 0,5 | 10,450±0,395 ^{a1} | 10,344±0,182 ^{a1} | 11,103±0,488 ^{a2} |
| 3 | 10,656±0,403 ^{b1} | 10,818±0,233 ^{b1} | 11,436±0,387 ^{b2} |
| 6 | 11,219±0,346 ^{c1} | 11,422±0,334 ^{c1} | 11,626±0,382 ^{c2} |
| 9 | 11,474±0,235 ^{cd1} | 11,613±0,152 ^{cd1} | 11,728±0,320 ^{cd2} |
| 12 | 11,737±0,459 ^{d1} | 11,576±0,358 ^{d1} | 11,899±0,549 ^{d2} |
| 15 | 12,277±0,170 ^{e1} | 12,322±0,196 ^{e1} | 12,493±0,072 ^{e2} |
| 18 | 12,590±0,037 ^{f1} | 12,780±0,047 ^{f1} | 12,973±0,108 ^{f2} |
| 21 | 11,617±0,452 ^{cd1} | 11,654±0,505 ^{cd1} | 11,541±0,589 ^{cd2} |
| 24 | 11,392±0,352 ^{c1} | 11,404±0,342 ^{c1} | 11,477±0,334 ^{c2} |

Keterangan:

- Semua nilai adalah mean ± standar deviasi ($n=9$)
- Nilai dengan huruf kecil menunjukkan perbedaan yang nyata antar waktu penyeduhan pada tingkat kepercayaan 95% dengan uji *Two Way Anova*
- Nilai dengan angka menunjukkan perbedaan yang nyata antar suhu pengeringan pada tingkat kepercayaan 95% dengan uji *Two Way Anova*



Gambar 3. Kandungan Total Fenolik pada Minuman Herbal Daun Katuk Berdasarkan Suhu Pengeringan dan Waktu Penyeduhan

Tabel 5. Persamaan Regresi Polinomial Hubungan Waktu Penyeduhan dan Kandungan Total Fenolik

| Keterangan | Suhu Pengeringan | | |
|----------------|---|--|---|
| | 45°C | 50°C | 55°C |
| Persamaan | $y = -0,0006x^3 + 0,0135x^2 + 0,0454x + 10,452$ | $y = -0,0005x^3 + 0,009x^2 + 0,0935x + 10,419$ | $y = -0,0006x^3 + 0,0159x^2 - 0,0188x + 11,199$ |
| R ² | 0,8221 | 0,8464 | 0,7038 |

Tabel 4 memperlihatkan terdapat perbedaan total fenolik yang signifikan pada minuman herbal daun katuk yang dikeringkan pada suhu 45°C, 50°C, dan 55°C. Total fenolik tertinggi terdapat pada minuman herbal daun katuk yang dikeringkan pada suhu 55°C, sedangkan yang terendah pada minuman herbal daun katuk yang dikeringkan pada suhu

45°C. Tabel 4 juga memperlihatkan terdapat perbedaan total fenolik yang signifikan pada minuman herbal daun katuk yang diseduh dalam waktu 0,5 menit, 3 menit, 6 menit, 9 menit, 12 menit, 15 menit, 18 menit, 21 menit, dan 24 menit. Total fenolik tertinggi terdapat pada minuman herbal daun katuk yang diseduh dalam waktu 18 menit, sedangkan yang terendah pada minuman herbal daun katuk yang diseduh dalam waktu 0,5 menit.

Selain itu, Tabel 4 juga memperlihatkan bahwa interaksi suhu pengeringan dan waktu penyeduhan berpengaruh signifikan terhadap total fenolik pada minuman herbal daun katuk. Total fenolik tertinggi diperoleh pada waktu penyeduhan 18 menit dengan suhu pengeringan 55°C sebesar 12,973 mg/L, sedangkan kandungan antioksidan terendah diperoleh pada waktu penyeduhan 0,5 menit dengan suhu pengeringan 50°C sebesar 10,344 mg/L. Gambar 3. memperlihatkan semakin tinggi suhu pengeringan maka semakin tinggi kandungan total fenolik (urutan antioksidan tertinggi ke rendah: 55°C, 50°C dan 45°C). Semakin lama waktu penyeduhan maka semakin tinggi kandungan total fenolik, namun terjadi penurunan setelah dilakukan penyeduhan lebih dari 18 menit yang merupakan titik optimal.

3.3 Intensitas Warna (L, a* dan b*) pada Minuman Herbal Daun Katuk Berdasarkan Suhu Pengeringan dan Waktu Penyeduhan

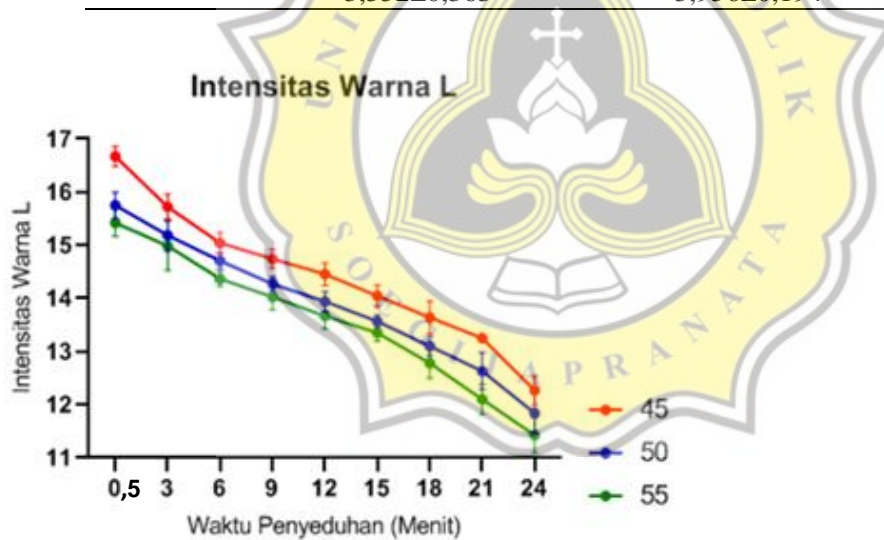
Hasil uji intensitas warna L, hue a*, dan hue b* dan kinetika reaksinya pada minuman herbal daun katuk dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Intensitas Warna L, Hue a*, dan Hue b*

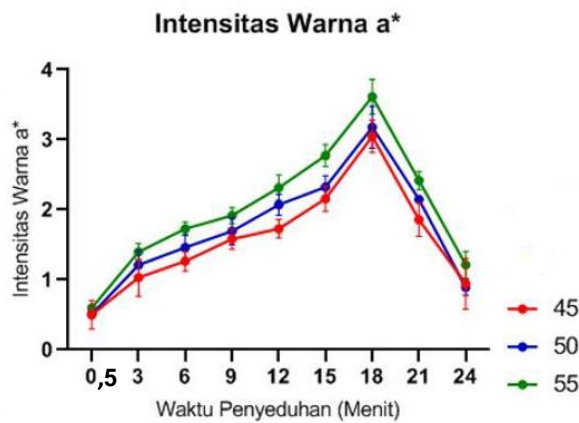
| Warna | Waktu Penyeduhan (menit) | Suhu Pengeringan | | |
|-------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | 45°C | 50°C | 55°C |
| L | 0,5 | 16,672±0,190 ⁱ³ | 15,752±0,245 ⁱ² | 15,424±0,257 ⁱ¹ |
| | 3 | 15,722±0,238 ^{h3} | 15,188±0,302 ^{h2} | 14,988±0,458 ^{h1} |
| | 6 | 15,044±0,203 ^{g3} | 14,709±0,152 ^{g2} | 14,368±0,142 ^{g1} |
| | 9 | 14,740±0,183 ^{f3} | 14,272±0,133 ^{f2} | 14,028±0,238 ^{f1} |
| | 12 | 14,459±0,219 ^{e3} | 13,940±0,184 ^{e2} | 13,669±0,244 ^{e1} |
| | 15 | 14,046±0,207 ^{d3} | 13,570±0,123 ^{d2} | 13,351±0,160 ^{d1} |
| | 18 | 13,641±0,311 ^{c3} | 13,101±0,187 ^{c2} | 12,783±0,293 ^{c1} |
| | 21 | 13,253±0,073 ^{b3} | 12,632±0,352 ^{b2} | 12,103±0,285 ^{b1} |
| | 24 | 12,271±0,269 ^{a3} | 11,841±0,363 ^{a2} | 11,428±0,329 ^{a1} |

Lanjutan Tabel 6.

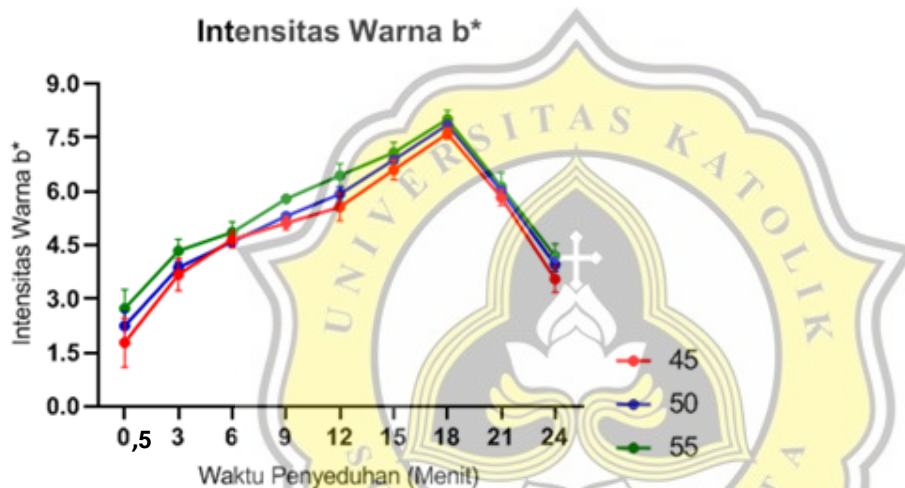
| | | | | |
|----|-----|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| a* | 0,5 | 0,503±0,205 ^{a1} | 0,509±0,042 ^{a2} | 0,599±0,024 ^{a3} |
| | 3 | 1,030±0,268 ^{c1} | 1,211±0,205 ^{c2} | 1,398±0,121 ^{c3} |
| | 6 | 1,264±0,136 ^{d1} | 1,461±0,184 ^{d2} | 1,729±0,097 ^{d3} |
| | 9 | 1,581±0,145 ^{e1} | 1,696±0,194 ^{e2} | 1,917±0,115 ^{e3} |
| | 12 | 1,727±0,135 ^{f1} | 2,072±0,152 ^{f2} | 2,314±0,180 ^{f3} |
| | 15 | 2,158±0,181 ^{h1} | 2,327±0,167 ^{h2} | 2,774±0,157 ^{h3} |
| | 18 | 3,049±0,234 ⁱ¹ | 3,177±0,297 ⁱ² | 3,614±0,246 ⁱ³ |
| | 24 | 1,860±0,240 ^{g1} | 2,148±0,035 ^{g2} | 2,420±0,131 ^{g3} |
| b* | 0,5 | 1,781±0,684 ^{a1} | 2,247±0,401 ^{a2} | 2,731±0,528 ^{a3} |
| | 3 | 3,682±0,445 ^{b1} | 3,870±0,165 ^{b2} | 4,338±0,322 ^{b3} |
| | 6 | 4,652±0,236 ^{c1} | 4,591±0,148 ^{c2} | 4,857±0,282 ^{c3} |
| | 9 | 5,112±0,194 ^{d1} | 5,309±0,058 ^{d2} | 5,783±0,124 ^{d3} |
| | 12 | 5,559±0,387 ^{e1} | 5,920±0,203 ^{e2} | 6,436±0,336 ^{e3} |
| | 15 | 6,593±0,277 ^{f1} | 6,874±0,117 ^{f2} | 7,078±0,283 ^{f3} |
| | 18 | 7,612±0,159 ^{g1} | 7,856±0,118 ^{g2} | 8,008±0,247 ^{g3} |
| | 24 | 5,821±0,219 ^{e1} | 6,001±0,069 ^{e2} | 6,127±0,390 ^{e3} |
| | | 3,552±0,363 ^{b1} | 3,956±0,194 ^{b2} | 4,188±0,352 ^{b3} |



Gambar 4. Intensitas Nilai Kecerahan (L) Pada Minuman Herbal Daun Katuk Berdasarkan Suhu Pengeringan dan Waktu Penyeduhan



Gambar 5. Intensitas Nilai Hue (a^*) Pada Minuman Herbal Daun Katuk Berdasarkan Suhu Pengeringan dan Waktu Penyeduhan



Gambar 6. Intensitas Nilai Hue (b^*) Pada Minuman Herbal Daun Katuk Berdasarkan Suhu Pengeringan dan Waktu Penyeduhan

Tabel 7. Persamaan Regresi Polinomial Hubungan Waktu Penyeduhan dan Warna L, a^* , b^*

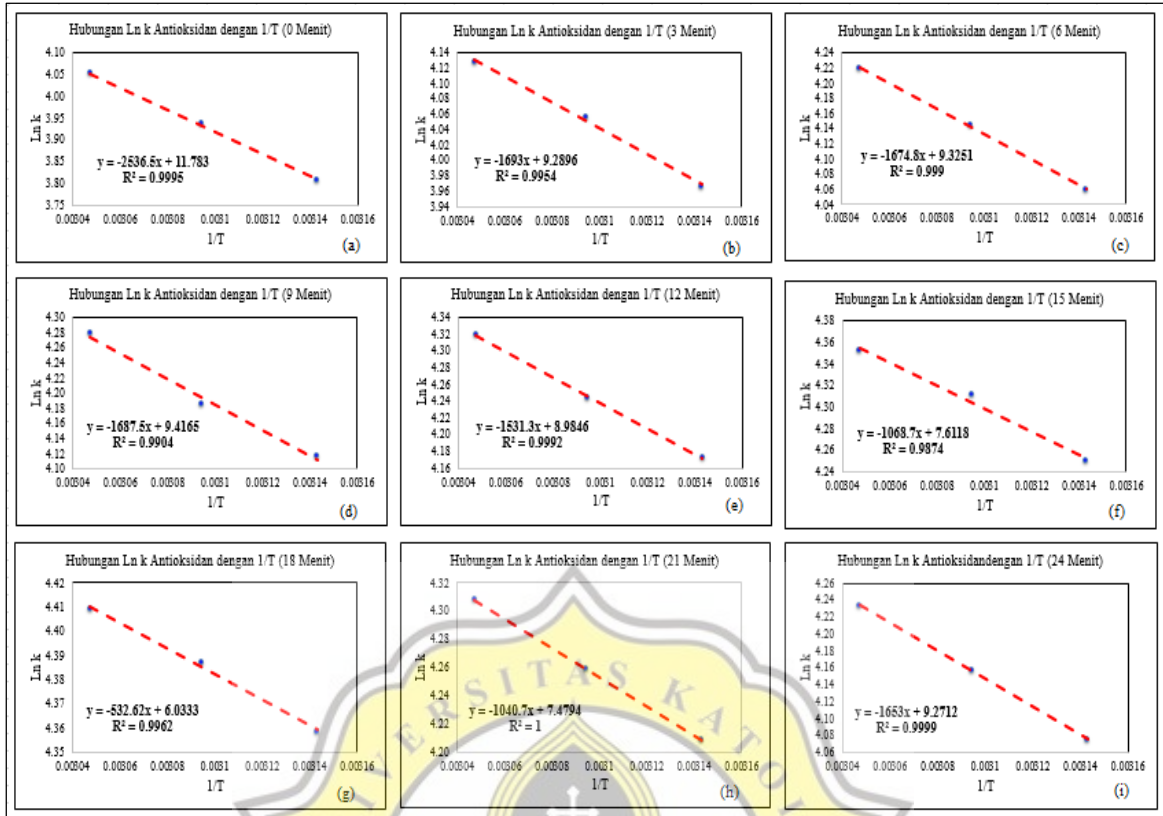
| Warna | Keterangan | Suhu Pengeringan | | |
|-------|----------------|---|---|---|
| | | 45°C | 50°C | 55°C |
| L | Persamaan | $y = -0,0006x^3 + 0,0229x^2 - 0,375x + 16,662$ | $y = -0,0003x^3 + 0,01x^2 - 0,2283x + 15,768$ | $y = -0,0003x^3 + 0,0084x^2 - 0,2085x + 15,452$ |
| | R ² | 0,9978 | 0,9995 | 0,9979 |
| a^* | Persamaan | $y = -0,0009x^3 + 0,0228x^2 - 0,0307x + 0,6793$ | $y = -0,0009x^3 + 0,0226x^2 - 0,0067x + 0,7232$ | $y = -0,001x^3 + 0,0236x^2 + 0,0073x + 0,8337$ |
| | R ² | 0,8409 | 0,8707 | 0,8736 |
| b^* | Persamaan | $y = -0,0013x^3 + 0,024x^2 + 0,245x + 2,186$ | $y = -0,0015x^3 + 0,0314x^2 + 0,162x + 2,5891$ | $y = -0,0014x^3 + 0,0282x^2 + 0,1789x + 3,0336$ |
| | R ² | 0,9102 | 0,9325 | 0,9411 |

Hasil analisis *two way anova* mengungkapkan adanya perbedaan yang signifikan dari intensitas warna (L , a^* , dan b^*) berdasarkan suhu pengeringan dan lama waktu penyeduhan ($F_L=1,927^*$; $F_{a^*}=2,587^{**}$; dan $F_{b^*}=1,754^*$). Tabel 6. memperlihatkan bahwa nilai *lightness* atau kecerahan tertinggi dimiliki oleh minuman herbal katuk dengan perlakuan waktu penyeduhan 0,5 menit suhu pengeringan 45°C sebesar 16,672; sedangkan terendah pada waktu penyeduhan 24 menit suhu 55°C sebesar 11,428. Tabel 7. menunjukkan nilai hue a^* yang memiliki nilai tertinggi sebesar 3,614 dengan perlakuan lama penyeduhan 18 menit suhu pengeringan 55°C ; sedangkan nilai hue a^* terendah sebesar 0,503 pada waktu penyeduhan 0 menit pengeringan 45°C . Tabel 8. menunjukkan nilai hue b^* memiliki nilai tertinggi dengan waktu penyeduhan 18 menit pengeringan suhu 55°C sebesar 8,008 dan terendah sebesar 1,781 dengan waktu penyeduhan 0 menit suhu pengeringan 45°C .

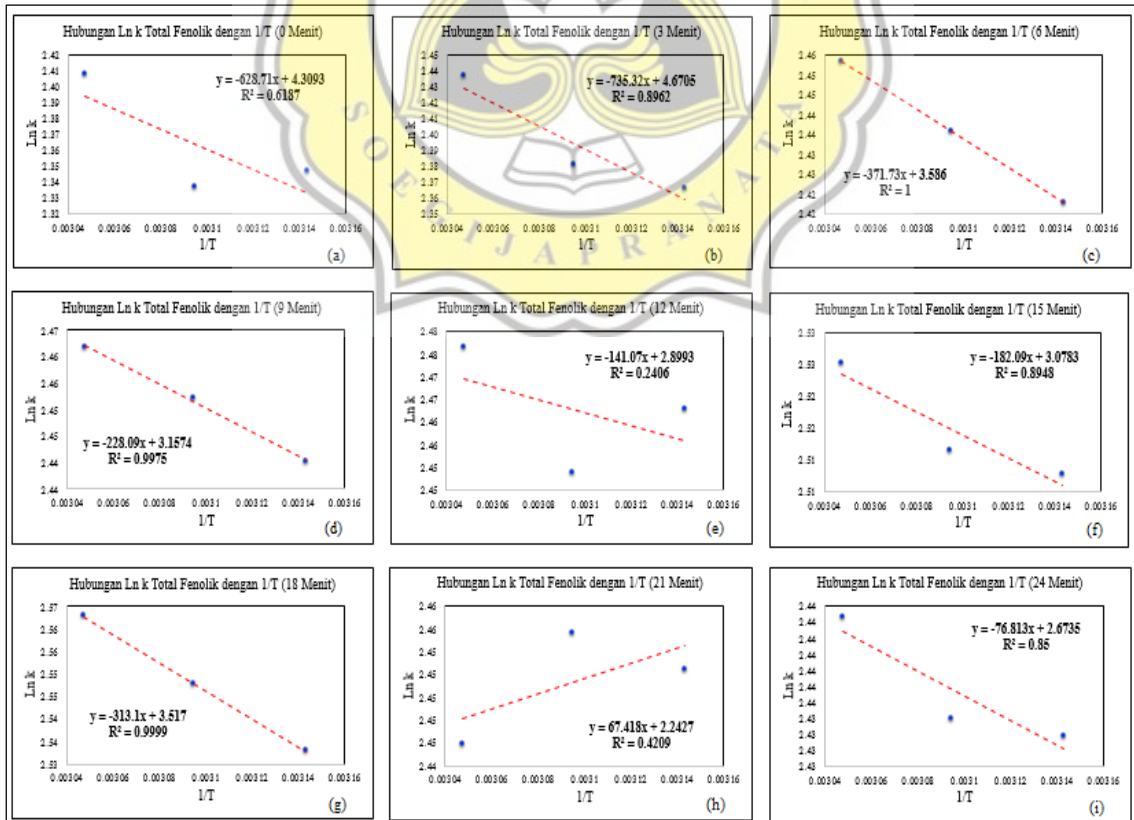
Gambar 4. memperlihatkan semakin tinggi suhu pengeringan maka semakin tinggi intensitas warna *lightness* atau kecerahan minuman herbal katuk. Semakin lama waktu penyeduhan maka semakin rendah intensitas warna *lightness* atau kecerahan minuman herbal katuk. Gambar 5. dan Gambar 6. memperlihatkan bahwa semakin lama waktu penyeduhan maka semakin tinggi intensitas hue a^* dan b^* , namun terjadi penurunan setelah dilakukan penyeduhan lebih dari 18 menit.

3.4 Energi Aktivasi Antioksidan dan Total Fenolik

Hubungan antara $1/T$ dengan $\ln k$ antioksidan dan total fenolik pada minuman herbal daun katuk disajikan pada Gambar 7. dan Gambar 8.



Gambar 7. Hubungan 1/T dengan Ln k Antioksidan



Gambar 8. Hubungan 1/T dengan Ln k Total Fenolik

Hasil perhitungan energi aktivasi antioksidan dan total fenolik pada minuman herbal daun katuk dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Energi Aktivasi Antioksidan dan Total Fenolik

| Waktu Penyeduhan (menit) | Ea (kJ/ K mol) | |
|-----------------------------|----------------|---------------|
| | Antioksidan | Total Fenolik |
| 0,5 | 21,09 | 5,23 |
| 3 | 14,08 | 6,11 |
| 6 | 13,92 | 3,09 |
| 9 | 14,03 | 2,40 |
| 12 | 12,73 | 1,17 |
| 15 | 8,89 | 1,51 |
| 18 | 4,43 | 2,60 |
| 21 | 8,65 | -0,60 |
| 24 | 13,74 | 0,64 |

Tabel 8. memperlihatkan bahwa energi aktivasi tertinggi pada antioksidan terdapat pada waktu penyeduhan 0,5 menit sebesar 21,09 kJ/ K mol, sedangkan nilai tertinggi energi aktivasi total fenolik didapat pada waktu penyeduhan 3 menit yaitu sebesar 6,11 kJ/K mol/. Kemudian juga dapat dilihat bahwa laju perubahan aktivitas cenderung menurun yang ditunjukkan pada Gambar 7. dan Gambar 8.

3.5 Korelasi Total Fenolik dengan Antioksidan Minuman Herbal Daun Katuk

Tabel 9. Hasil Korelasi

| No | Variabel | r | Korelasi |
|----|-----------------------------|----------|-------------|
| 1 | Total Fenolik ↔ Antioksidan | 0,814** | Sangat Kuat |
| 2 | Warna L ↔ Antioksidan | -0,634** | Kuat |
| 3 | Warna a* ↔ Antioksidan | 0,879** | Sangat Kuat |
| 4 | Warna b* ↔ Antioksidan | 0,903** | Sangat Kuat |
| 5 | Warna L ↔ Total Fenolik | -0,474** | Sedang |
| 6 | Warna a* ↔ Total Fenolik | 0,792** | Kuat |
| 7 | Warna b* ↔ Total Fenolik | 0,814** | Sangat Kuat |
| 8 | Warna a* ↔ Warna L | -0,440** | Sedang |
| 9 | Warna b* ↔ Warna L | -0,489** | Sedang |
| 10 | Warna b* ↔ Warna a* | 0,933** | Sangat Kuat |

Keterangan: ** ($p < 0,01$)

| | Total Fenolik | Antioksidan | a* | b* | L |
|---------------|---------------|-------------|---------|---------|----------|
| Total Fenolik | 1 | 0.814** | 0.792** | 0.814** | -0.474** |
| Antioksidan | | 1 | 0.879** | 0.903** | -0.634** |
| a* | | | 1 | 0.933** | -0.440** |
| b* | | | | 1 | -0.489** |
| L | | | | | 1 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| 1 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|

Gambar 9. Heatmap Correlation Total Fenolik, Antioksidan, Warna a*, b* dan L

Keterangan: ** ($p < 0,01$), Nilai Korelasi Pearson ($n=9$):

- 0,000 – 0,200 : Hubungan korelasi sangat lemah
- 0,201 – 0,400 : Hubungan korelasi lemah
- 0,401 – 0,600 : Hubungan korelasi sedang
- 0,601 – 0,800 : Hubungan korelasi kuat
- 0,801 – 1,000 : Hubungan korelasi sangat kuat

Tabel 9. dan Gambar 9. memperlihatkan adanya korelasi antar variabel penelitian dengan kekuatan kuat, kecuali warna L yang kekuatan hubungannya dengan variabel lain tergolong sedang. Antioksidan, warna a* dan warna b* berkorelasi positif dengan total fenolik. Warna a* dan b* berkorelasi positif dengan antioksidan. Warna a* berkorelasi positif dengan warna b*. Warna L berkorelasi negatif dengan total fenolik, antioksidan, warna a* dan b*. *Heatmap* memperlihatkan warna kuning kecoklatan menunjukkan hubungan korelasi yang positif atau berbanding lurus, sedangkan warna ungu menunjukkan hubungan korelasi yang negative atau berbanding terbalik.

