

4. PEMBAHASAN

Sebelum dilakukan pembuatan minuman herbal daun katuk maka dilakukan proses *pretreatment* dengan bertujuan untuk mempertahankan kandungan antioksidan pada bahan yang akan dikeringkan. *Pretreatment* yang dilakukan berupa perendaman daun katuk menggunakan larutan CaCl_2 0,5% dan *steam blanching* sebelum daun dikeringkan dengan oven. Perendaman daun katuk dengan larutan CaCl_2 0,5% cukup untuk memperkuat jaringan dan tekstur dari daun dan juga mencegah terjadinya pencoklatan dengan cara ion Ca terabsorpsi kedalam jaringan daun (Daniawan dkk., 2014 dalam Kartiwati., dkk 2017). *Steam blanching* adalah proses untuk mempertahankan kandungan zat gizi, tekstur, dan warna dari bahan dengan menggunakan uap panas. Kelebihan *steam blanching* dibandingkan *water blanching* adalah tidak terjadi kontak langsung dengan air panas yang dapat menyebabkan hilangnya kandungan zat gizi, tekstur menjadi lunak, dan warna menjadi pudar (Asgar dan Musaddad, 2008). Penyeduhan sampel daun katuk kering menggunakan air panas pada suhu 90°C , karena lebih dari suhu ini senyawa fenol akan rusak (Dewata, dkk., 2017).

4.1 Pengaruh Suhu Pengeringan dan Waktu Penyeduhan terhadap Aktivitas Antioksidan dan Kandungan Total Fenolik pada Minuman Herbal Daun Katuk

Antioksidan merupakan senyawa yang dapat menangkal radikal bebas. Jika radikal bebas berhasil berikatan dengan elektron didalam sel tubuh akan menyebabkan kerusakan fungsi sel-sel tubuh yang akhirnya akan menyebabkan timbulnya penyakit degeneratif (Bahriul, dkk., 2014). Cara menghilangkan radikal bebas yaitu mengkonsumsi pangan fungsional yang mengandung antioksidan, seperti daun katuk. Pada penelitian kandungan antioksidan pada minuman herbal daun katuk antara 45,073% sampai 82,210%.

Kandungan antioksidan pada minuman herbal daun katuk diketahui menggunakan metode DPPH, karena sederhana, mudah, cepat, peka, dan hanya memerlukan sedikit sampel (Ridho, dkk., 2013). Metode ini menggunakan senyawa DPPH atau 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil untuk mengetahui aktivitas antioksidan yang terkandung dalam suatu bahan (Kusmiati, dkk., 2018). Proses awal yang dilakukan untuk menggunakan metode ini adalah mula-mula sampel sebanyak 0,2 mL dicampur dengan 3,8 mL larutan DPPH pada tabung reaksi yg sebelumnya sudah dibungkus alumunium. Kemudian disimpan dalam ruang gelap selama 30 menit. Tujuan dari penutupan dengan alumunium dan disimpan dalam ruang gelap agar tidak terpapar cahaya karena DPPH sensitif terhadap cahaya dan

dapat mengurangi keakuratan proses pemeriksaan aktivitas reduksi (Kedare & Singh, 2011). Campuran didiamkan selama 30 menit bertujuan agar DPPH dan sampel dapat bereaksi satu sama lain. Selanjutnya akan terjadi perubahan warna dari campuran larutan tersebut. Perubahan warna tersebut dapat terjadi karena adanya penangkapan radikal bebas yang menyebabkan elektron menjadi berpasangan dan radikal bebas stabil, kemudian menyebabkan penghilangan warna yang sebanding dengan jumlah elektron yang diambil (Kusmiati, dkk., 2018). Cara kerja senyawa DPPH ini membuat radikal bebas menjadi stabil dengan bercampurnya DPPH dan senyawa yang memiliki kemampuan mendonorkan sehingga radikal bebas dapat menjadi lebih stabil (Ridho, dkk., 2013).

Dapat dilihat pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan nyata ($p < 0,05$) antara suhu pengeringan dan waktu penyeduhan dengan aktivitas antioksidan. Kandungan tertinggi diperoleh pada waktu penyeduhan 18 menit dengan suhu pengeringan 55°C sebesar 82,210% Sedangkan kandungan terendah diperoleh pada waktu penyeduhan 0,5 menit dengan suhu pengeringan 45°C sebesar 45,073%. Daun katuk mengandung flavonoid, tanin, kuarsetin, alkaloid, triterpen, asam organik, fenol, saponin, sterol, asam-amino, vitamin, karbohidrat, protein, dan mineral (Zuhra, 2018 dalam Sayekti, 2016) sebagai sumber antioksidan.

Hal itu menunjukkan bahwa waktu penyeduhan 18 menit dengan suhu pengeringan 55°C merupakan waktu penyeduhan dan suhu pengeringan yang optimal sesuai dengan teori yang telah ada yaitu kandungan antioksidan yang tertinggi diperoleh pengeringan dengan suhu 55°C dengan waktu penyeduhan yang optimal. Hal ini sesuai dengan Sayekti (2016) yang menyatakan bahwa suhu tertinggi untuk pengeringan daun katuk agar didapatkan aktivitas antioksidan yang tinggi adalah pengeringan dengan suhu 55°C, apabila suhu yang digunakan diatas 55°C tidak baik untuk aktivitas antioksidan. Suhu pengeringan lebih dari 55°C akan menyebabkan rusaknya senyawa seperti total fenolik dan flavonoid yang terkandung pada daun katuk (Dewi., dkk, 2017). Aktivitas antioksidan yang tinggi juga terjadi karena semakin tinggi suhu, semakin tinggi total fenol, flavonoid dan tanin yang terlepas dari sel daun (Ismanto *et al.*, 2020; Julkunen-Tiitto & Sorsa, 2001). Adanya peningkatan kandungan antioksidan terjadi karena daun katuk terdapat sumber antioksidan yang tidak rusak dengan panas dan oksigen contohnya adalah tanin, kuarsetin, vitamin C, flavonoid, dan fenolik yang belum mengalami kerusakan pada suhu tersebut

(Ademiluyi *et al.*, 2018, Rifkia & Prabowo, 2020, Olabode *et al.* , 2015). Sumber antioksidan daun katuk juga berasal dari β -karoten. β -karoten pada daun belum mengalami kerusakan pada suhu pengeringan 55°C karena menurut Karrer dan Jucker (1950 dalam Wijayanti 2003) menyatakan bahwa senyawa β -karoten baru akan rusak ketika dilakukan proses pengeringan dengan suhu lebih dari 60°C. Sehingga aktivitas antioksidan masih tinggi.

Pengeringan daun herbal dengan menggunakan oven tidak boleh lebih dari 60°C, jika pengeringan dilakukan diatas suhu tersebut akan merusak senyawa seperti flavonoid, vitamin C, triterpen yang merupakan sumber antioksidan (Sumali, 2011 dalam Sayekti, 2016). Flavonoid mengalami degradasi pada pengeringan dengan menggunakan oven pada suhu lebih dari 60°C karena terjadinya pemutusan rantai molekul dan terjadi reaksi oksidasi yang menyebabkan gugus hidroksil teroksidasi dan membentuk senyawa lain yang mudah menguap dengan cepat (Rifkia & Prabowo, 2020). Alasan lainnya terjadinya penurunan aktivitas antioksidan setelah pengeringan suhu 55°C karena daun katuk mengandung vitamin C sangat sensitif terhadap panas dan oksigen, sehingga setelah pengeringan dengan suhu optimum kandungan vitamin C yang menjadi sumber antioksidan menurun karena rusak sehingga aktivitas antioksidan juga menurun. Vitamin C mengalami penurunan pada suhu pengeringan 60°C dengan lama waktu pengeringan 3 jam (Olabode *et al.* , 2015). Vitamin C yang terkena suhu panas yang terlalu tinggi akan mengalami oksidasi dan merubah struktur vitamin C dari asam askorbat menjadi asam L-dehidroaskorbat. Secara kimia, L-dehidroaskorbat memiliki sifat yang labil sehingga cenderung mudah mengalami perubahan lebih lanjut menjadi asam L-diketogulonat yang keefektifitasannya tidak seperti asam askorbat (Ameliya & Handito, 2018).

Hal ini dibuktikan juga dengan penelitian Chen & Lin, (2007) yang menyatakan bahwa mulai suhu pengeringan 60°C aktivitas antioksidan mengalami penurunan, kemudian pada suhu 70°C dan 80°C aktivitas antioksidan menjadi sangat rendah bahkan sudah tidak dapat identifikasi akibat terkena panas yang terlalu tinggi. Suhu pengeringan yang terlalu tinggi dan waktu pengeringan yang lama dapat menghancurkan senyawa fenol yang merupakan sumber antioksidan karena senyawa fenol menjadi kering dan menyatu sehingga sulit terekstrak (Husni, dkk., 2014). Menurut Dewi, dkk., 2017 semakin tinggi suhu pengeringan maka antioksidan akan semakin berkurang. Sementara, pada suhu yang

optimal maka aktivitas antioksidan terekstrak dengan maksimal yang menyebabkan kandungan antioksidan optimal (Hapsari 2013, dalam Fajar dkk., 2018).

Sedangkan waktu penyeduhan dapat dilihat pada Gambar 2. mulai dari waktu 0,5 menit hingga 18 menit penyeduhan mengalami peningkatan nilai kandungan antioksidan. Hal itu terjadi karena waktu penyeduhan dengan waktu yang optimal akan membuat aktivitas antioksidan menjadi semakin meningkat dikarenakan senyawa yang terkandung dalam sampel sudah terekstrak secara sempurna, jika waktu penyeduhan yang diberikan terlalu sedikit menjadi kurang efisien membuat senyawa yang terkandung pada sampel belum terlarut secara keseluruhan (Nindyasari, 2012). Penurunan kandungan antioksidan pada waktu 21 menit dan 24 menit terjadi karena waktu penyeduhan sudah melebihi waktu optimal sehingga akan mengalami pengurangan jumlah karena merusak komponen yang terkandung (Sasmito, dkk., 2020). Faktor lain yang menyebabkan penurunan aktivitas antioksidan pada waktu penyeduhan 21 menit dan 24 menit karena pengaruh suhu awal penyeduhan yang terlalu panas membuat proses pelepasan senyawa menjadi lebih mudah kemudian suhu akan semakin menurun seiring dengan semakin lamanya waktu penyeduhan mempengaruhi pelepasan aktivitas antioksidan (Wazir, dkk., 2011). Pada Tabel 3. juga merupakan hasil regresi polinomial dari hubungan antara waktu penyeduhan dari titik menit ke 0,5 hingga 24 dan aktivitas antioksidan pada suhu pengeringan yang berbeda yang didapatkan berdasarkan Gambar 2.

Total fenolik memiliki peran dan bertanggung jawab bagi kesehatan manusia, terutama sebagai antioksidan. Aktivitas antioksidan pada total fenolik memiliki kaitan dengan kombinasi cincin aromatik dan gugus hidroksil yang akan menyusun struktur kimia, kemudian menetralkan radikal bebas. Pada tanaman adanya senyawa total fenolik ini ditandai dengan ditemukannya lebih dari satu ion hidrogen yang dibawa oleh cincin aromatik. Senyawa yang bermanfaat untuk mencegah penyakit degeneratif, gangguan kardiovaskular, dan menonaktifkan zat pemicu kanker ini dibagi menjadi dua golongan yaitu flavonoid (flavon, flavonol, flavanon, isoflavon antosianidin dan kalkon) dan tanin (polimer asam fenolat, katekin atau isokatekin) (Proklamasiningsih, dkk., 2019).

Uji kandungan total fenolik harus diawali dengan pembuatan kurva standar menggunakan campuran asam galat. Asam galat digunakan sebagai kurva standar karena asam galat memiliki kandungan senyawa fenolik yang terdiri dari tiga gugus hidroksi dan

antioksidan yang umum sebagai pembanding analisa antioksidan (Indarwati, 2015). Setelah standar berhasil dibuat dengan regresi linear $y = 0,0034x + 0,0083$, kemudian dilakukan pengujian kandungan total fenolik terhadap sampel bahan. Sampel sebanyak 0,4 mL kedalam tabung reaksi kemudian ditambahkan ditambah 3,6 mL folin 3,6 mL Na_2CO_3 , dan aquades 2,4 mL kemudian divortex selama 30 detik. Larutan *Folin-Ciocalteu* karena pada larutan folin juga mengandung redoks yang dapat bertindak sebagai (Johari & Khong, 2019). *Folin-Ciocalteu* mampu dengan total fenolik dari ekstrak tanaman yang selanjutnya akan membentuk kompleks berwarna biru (Blainski *et al.*, 2013).

Pada Tabel 4. kadar kandungan total fenolik tertinggi diperoleh pada waktu penyeduhan 18 menit dengan suhu pengeringan 55°C sebesar 12,973 mg/L. Sedangkan kadar total fenolik terendah diperoleh pada waktu penyeduhan 0,5 menit dengan suhu pengeringan 50°C sebesar 10,344 mg/L. Hal itu menunjukkan bahwa waktu penyeduhan 18 menit dengan suhu pengeringan 55°C merupakan waktu penyeduhan dan suhu pengeringan yang optimal sesuai dengan teori yang telah ada yaitu kadar kandungan total fenolik yang tertinggi diperoleh pengeringan dengan suhu 55°C dengan waktu penyeduhan yang optimal yaitu 18 menit. Karena pada suhu pengeringan dan waktu penyeduhan yang optimal belum terjadi kerusakan pada dinding sel daun katuk dan senyawa fenolik yang terkandung pada daun katuk, sehingga kandungan total fenolik masih tinggi (Ulandari, dkk, 2019).

Berdasarkan suhu pengeringan yang diberikan daun katuk maka kandungan total senyawa fenolik tertinggi terdapat pada suhu pengeringan 55°C . Hal ini sesuai dengan Sayekti (2016) yang menyatakan bahwa suhu tertinggi untuk pengeringan daun katuk agar didapatkan aktivitas antioksidan yang tertinggi adalah pengeringan dengan suhu 55°C . Total fenolik bekerja sebagai antioksidan, sehingga kandungan total fenolik berbanding lurus dengan aktivitas antioksidan (Husni, dkk, 2014 dan Sari, dkk., 2019). Peningkatan kandungan total fenolik terjadi karena adanya pelepasan ikatan senyawa fitokimia pada matriks daun selama proses pengeringan berlangsung (Potisate & Phoungchandang, 2015). Senyawa fenolik juga dapat mengalami oksidasi oleh enzim polifenol oksidase membentuk *orthoquinones* (Prathapan *et al.*, 2009 dan Madhavi *et al.*, 1996). Terdapat dua reaksi yang terjadi akibat adanya oksigen ini. Reaksi pertama yaitu *monophenolase* atau *cresolase* yang akan mempercepat hidroksilasi *monophenols* menjadi *o-diphenols*.

Kemudian reaksi yang kedua adalah reaksi oksidasi *o-diphenols* menjadi *o-quinones* oleh *diphenolase* atau *catecholase*. Hasil dari reaksi tersebut (*o-quinones*) bersifat sangat reaktif dan berpolimerisasi menjadi pigmen coklat, merah atau hitam (Can *et al.*, 2014). Sehingga ketika suhu dan waktu pengeringan optimal, maka aktivitas PPO menurun sehingga polimerisasi senyawa polifenol juga menurun dan mengakibatkan peningkatan kandungan total fenolik (Prathapan *et al.*, 2009). Suhu pengeringan lebih dari 55°C akan menyebabkan rusaknya senyawa total fenolik dan flavonoid yang terkandung pada daun katuk. Penggunaan suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan terhadap dinding sel daun yaitu serat selulosa, karbohidrat, dan protein. Jika suhu pengeringan yang dipakai terlalu tinggi atau melebihi suhu pengeringan yang optimal maka akan menyebabkan stabilitas dari senyawa fenolik menjadi terganggu dan menyebabkan menurunnya kandungan senyawa fenolik pada sampel (Susanti, 2008 dalam Ulandari, dkk, 2019).

Senyawa fenolik secara luas dianggap sebagai salah satu senyawa yang sangat tidak stabil dan sangat rentan terhadap degradasi akibat suhu panas (Bakowska *et al.*, 2003 dalam Volf., *et al.*, 2014). Stabilitas fenolik akan berbeda tergantung dari kondisi atau treatment yang diberikan kepada bahan pangan yang digunakan untuk penelitian. Hal ini merupakan aspek penting yang harus diperhatikan untuk memastikan bahwa senyawa fenolik memiliki sifat yang diinginkan, dapat mempertahankan aktivitas, dan strukturnya selama berbagai tahap pemrosesan yang diberikan seperti perlakuan suhu tinggi, cahaya, oksigen, pelarut, adanya enzim, protein, logam-ion lic, atau asosiasi dengan konstituen makanan lainnya (Castaneda-Ovando., *et al.*, 2009 dalam Volf., *et al.*, 2014). Menurut penelitian Chen and Lin, (2007) mengungkapkan bahwa pada bahan ubi dengan jenis yang berbeda kandungan total fenolik secara keseluruhan memiliki nilai tertinggi pada pemanasan suhu 50°C, kemudian mulai mengalami penurunan kandungan pada pemanasan dengan suhu 60°C.

Sedangkan lamanya waktu penyeduhan dapat dilihat pada Gambar 3. mulai dari waktu 0,5 menit hingga 18 menit penyeduhan mengalami peningkatan nilai kandungan total senyawa fenolik, namun kemudian mengalami penurunan kandungan antioksidan mulai dari menit ke 21 dan 24. Pada Tabel 5. juga merupakan hasil regresi polinomial dari hubungan antara waktu penyeduhan dari titik menit ke 0,5 hingga 24 dan kandungan total fenolik pada suhu pengeringan yang berbeda yang didapatkan berdasarkan Gambar 3.

Waktu penyeduhan yang lama akan membuat kandungan fenolik menjadi semakin meningkat dikarenakan senyawa yang terkandung dalam sampel sudah terekstrak secara sempurna. Namun, lamanya waktu penyeduhan memiliki pengaruh yang besar terhadap penurunan kandungan total fenolik itu sendiri karena jika waktu penyeduhan yang terlalu lama dengan suhu penyeduhan yang tidak stabil atau semakin menurun seiring lamanya waktu penyeduhan menyebabkan rusaknya senyawa fenolik pada sampel sehingga ekstraksi senyawa menjadi sulit (Jahangiri *et al.*, 2011 dan Escribano & Santos, 2002 dalam Nindyasari, 2012). Teori tersebut sesuai dengan hasil yang didapat yaitu terjadi peningkatan mulai dari waktu penyeduhan 0,5 menit hingga 18 menit, kemudian mengalami penurunan karena terjadi kerusakan sel fenolik.

Penelitian ini juga mengungkapkan bahwa terjadi peningkatan aktivitas antioksidan yang berbeda nyata mulai suhu pengeringan 45°C, 50°C, dan 55°C. Sementara pada kandungan total fenolik perbedaan nyata baru terlihat pada suhu pengeringan 50°C dan 55°C. Hal ini dimungkinkan karena aktivitas antioksidan yang terdapat dalam daun katuk tidak hanya berasal dari senyawa fenolik saja, namun terdapat senyawa lain yang mempengaruhi adanya aktivitas antioksidan pada minuman herbal daun katuk seperti flavonoid, tanin, katechin, alkaloid, triterpen, asam organik, fenol, saponin, sterol, asam-asam amino, vitamin, karbohidrat, protein, dan mineral (Zuhra, 2018 dalam Sayekti, 2016). Pernyataan ini diperkuat dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan memiliki nilai lebih tinggi daripada kandungan total fenolik seperti yang terdapat pada Tabel 2. dan Tabel 4. Kandungan total fenolik yang terdapat dalam daun katuk adalah tanin, flavonoid, eugenol, katekol, resorsinol, pirogalol, dan gosipol (Santoso, 2013).

4.2 Pengaruh Suhu Pengeringan dan Lama Waktu Penyeduhan terhadap Warna (L, a* dan b*) pada Minuman Herbal Daun Katuk

Penelitian ini mengungkapkan bahwa terdapat perbedaan suhu pengeringan dan lama waktu penyeduhan berpengaruh terhadap kinetika reaksi warna minuman herbal daun katuk. Semakin tinggi suhu pengeringan dan semakin lama waktu penyeduhan maka semakin rendah kecerahan warna minuman herbal daun katuk. Semakin tinggi suhu pengeringan dan semakin lama waktu penyeduhan semakin tinggi nilai intensitas kegelapan (a* dan b*) minuman herbal daun katuk, namun setelah 18 menit penyeduhan warna gelap menjadi keruh.

Pengukuran warna dilakukan dengan menggunakan alat *chromameter* yang nantinya akan didapatkan nilai L atau kecerahan, warna hue a^* , dan warna hue b^* . Hal pertama yang dilakukan yaitu *Chromameter* disiapkan dan dikalibrasi menggunakan plat putih. Kemudian permukaan sloki yang sudah berisi air hasil seduhan dibersihkan untuk mengurangi adanya kotoran yang dapat mengganggu hasil. Agar hasil maksimal bagian belakang sloki diberi kertas hvs putih untuk menyamakan warna. Kemudian barulah menempelkan ujung reseptor dari *chromameter* pada sloki kemudian tekan tombol target.

Nilai L menunjukkan nilai dari tingkat kecerahan bahan yang diujikan. Nilai dari L ini memiliki kisaran antara 0 hingga 100 yang menyatakan bahwa cahaya yang terpantul menghasilkan warna putih, abu-abu, atau hitam (Putra, dkk., 2020). Parameter warna hue a^* menunjukkan nilai warna merah hingga hijau. Warna kisaran merah nilainya 0 sampai +100 sedangkan warna hijau kisarannya 0 hingga -80. Semakin besar nilai positif a^* berarti warna semakin merah sedangkan jika nilai negatifnya semakin tinggi maka warnanya semakin hijau. Parameter b^* menunjukkan warna kuning hingga biru. Warna kuning memiliki kisaran nilai 0 sampai +70 sedangkan warna biru memiliki kisaran nilai 0 sampai -70 (Arumsari, dkk., 2019).

Analisis intensitas kecerahan (L) dapat dilihat pada Tabel 6. Intensitas kecerahan tertinggi yaitu pada waktu penyeduhan 0,5 menit suhu pengeringan 45°C yaitu sebesar 16.672 dan yang terendah ada pada waktu penyeduhan 24 menit dengan suhu pengeringan 55°C yaitu sebesar 11.428. Kemudian pada Gambar 4. Dapat dilihat jika secara keseluruhan pengeringan pada suhu 55°C memiliki nilai tingkat kecerahan yang rendah. Hal tersebut terjadi karena suhu pengeringan yang tinggi menyebabkan penurunan kecerahan atau menjadi gelap pada hasil seduhan. Pada Tabel 7. juga merupakan hasil regresi polinomial dari hubungan antara waktu penyeduhan dari titik menit ke 0,5 hingga 24 dan intensitas warna L pada suhu pengeringan yang berbeda yang didapatkan berdasarkan Gambar 4. Penurunan kecerahan pada air hasil seduhan disebabkan zat klorofil penghasil warna hijau mengalami oksidasi sehingga terjadi pencoklatan (Sari, dkk., 2019). Kemudian lamanya waktu penyeduhan juga menyebabkan warna air hasil seduhan menjadi lebih gelap karena seiring dengan lamanya proses penyeduhan, semakin meningkat pula kemampuan untuk mengekstrak kandungan kimia yang terdapat pada sampel daun katuk kering sehingga proses ekstraksi menjadi sempurna (Putra, dkk., 2020).

Analisis intensitas warna a dapat dilihat pada Tabel 6. bahwa hasil yang berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95% ($p < 0,05$). Pada 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 0,5 menit pengeringan 45°C. Nilai intensitas warna a* yang didapat pun bernilai positif (+) yang artinya hasil seduhan memiliki intensitas berwarna merah. Visualisasi intensitas warna a* dapat dilihat pada Gambar 5. yang menunjukkan intensitas warna a* sama-sama mengalami peningkatan mulai dari waktu penyeduhan 0,5 menit hingga 18 menit kemudian menurun pada masing-masing suhu pengeringan yang berbeda. Pada Tabel 7. juga merupakan hasil regresi polinomial dari hubungan antara waktu penyeduhan dari titik menit ke 0,5 hingga 24 dan intensitas warna a* pada suhu pengeringan yang berbeda yang didapatkan berdasarkan Gambar 5. Dan pengeringan suhu 55°C menghasilkan nilai intensitas yang tertinggi. Peningkatan nilai intensitas menunjukkan bahwa warna yang dihasilkan lebih gelap (Sari, dkk, 2019). Warna merah yang didapatkan karena semakin tinggi suhu pengeringan dan semakin lama waktu penyeduhan pada suhu penyeduhan 90°C menyebabkan senyawa tanin yang terkandung mengalami degradasi menjadi thearubigin, dimana thearubigin berperan menghasilkan warna merah sedikit kecoklatan pada hasil seduhan (Putra, dkk, 2020).

Analisis intensitas warna b* dapat dilihat pada Tabel 6. bahwa hasil yang berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95% ($p < 0,05$). Pada 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 0,5 menit suhu pengeringan 45°C. Nilai intensitas warna b* yang didapat pun bernilai positif (+) yang artinya hasil seduhan memiliki intensitas berwarna kuning. Visualisasi intensitas warna b* dapat dilihat pada Gambar 6. yang menunjukkan intensitas warna b* sama-sama mengalami peningkatan mulai dari waktu penyeduhan 0,5 menit hingga 18 menit kemudian menurun pada masing-masing suhu pengeringan yang berbeda. Pada Tabel 7. juga merupakan hasil regresi polinomial dari hubungan antara waktu penyeduhan dari titik menit ke 0,5 hingga 24 dan intensitas warna b* pada suhu pengeringan yang berbeda yang didapatkan berdasarkan Gambar 6. Dan pengeringan suhu 55°C menghasilkan nilai intensitas yang tertinggi. Peningkatan nilai intensitas menunjukkan bahwa warna yang dihasilkan lebih gelap. Warna kuning yang lebih gelap didapatkan karena senyawa tanin yang terkandung mengalami degradasi menjadi

theaflavin, sedangkan klorofil terdegradasi menjadi feofitin penghasil warna coklat dan flavonoida penyumbang warna kuning (Towaha, 2013 dalam Sari, dkk, 2019).

4.3 Energi Aktivasi Antioksidan dan Total Fenolik Pada Minuman Herbal Daun Katuk Menggunakan Persamaan *Arrhenius*

Energi aktivasi adalah energi minimum yang dibutuhkan oleh suatu reaksi untuk bertumbukan antar molekul reaktan yang melampaui energi pengaktifannya (Haryono, 2017). Nilai energi aktivasi (E_a) didapatkan dari menghubungkan antara nilai $\ln k$ (sumbu y) dengan $1/T$ (sumbu x) yang berasal dari persamaan *Arrhenius*. k merupakan nilai aktivitas antioksidan dan kandungan total fenolik yang didapat. Sedangkan T merupakan suhu pengeringan yang telah diubah menjadi suhu absolut yaitu dalam Kelvin. Dari persamaan yang didapatkan akan diperoleh kemiringan yang merupakan nilai dari $-E_a/R$ dan perpotongan yang merupakan nilai $\ln k_0$ seperti yang dapat dilihat pada Gambar 7. dan Gambar 8. yang menunjukkan garis perpotongan hasil menghubungkan nilai $1/T$ (sumbu x) dengan nilai $\ln k$ (sumbu y) (Hustiany, 2016).

Dapat dilihat pada Tabel 8. didapatkan nilai E_a yang berbeda-beda pada antioksidan dan total fenolik. Nilai yang didapat tersebut menunjukkan besarnya energi minimum yang dibutuhkan antioksidan dan total fenolik pada minuman herbal daun katuk untuk memulai perubahan laju penurunan dengan adanya pengaruh dari suhu (Herdiana, dkk., 2014). Nilai E_a yang semakin besar memiliki arti semakin kecil atau semakin lambatnya laju penurunan aktivitas dari senyawa yang diteliti. Semakin kecil nilai E_a maka semakin besar penurunan laju perubahan aktivitas senyawa yang diteliti dengan adanya perubahan suhu dalam hal ini adalah antioksidan dan total fenolik pada suhu pengeringan yang berbeda (Herdiana, dkk., 2014 dan Hustiany, 2016). Nilai E_a tertinggi pada antioksidan didapatkan pada waktu penyeduhan 0,5 menit sebesar 21,09 kJ/ K mol dan terendah pada waktu penyeduhan 18 menit sebesar 4,43 kJ/ K mol. Sedangkan nilai E_a tertinggi pada total fenolik didapatkan pada waktu penyeduhan 6 menit sebesar 6,11 kJ/ K mol dan terendah pada waktu penyeduhan 21 menit sebesar -0,60 kJ/ K mol. Nilai energi aktivasi yang terendah berarti pada perlakuan tersebut memiliki kemampuan untuk menurunkan laju aktivasi kadar senyawa (antioksidan dan total fenolik) terbaik (Asropi, dkk., 2016).

4.4 Hasil Korelasi Pada Minuman Herbal Daun Katuk

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa total fenolik berkorelasi positif secara signifikan dengan antioksidan. Semakin tinggi total fenolik maka semakin tinggi antioksidannya. Kekuatan korelasi antara total fenolik dengan antioksidan sangat kuat. Hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 9. dan Gambar 9. yang menunjukkan bahwa total fenolik berkorelasi positif secara signifikan dengan antioksidan. Semakin tinggi total fenolik maka semakin tinggi antioksidannya. Hal ini mendukung hasil penelitian Ardiansyah, dkk (2016) dan Handayani, dkk (2016) bahwa aktivitas antioksidan dipengaruhi oleh total fenolik dan flavonoid, sehingga semakin tinggi kandungan total fenolik pada suatu sampel maka semakin tinggi pula aktivitas antioksidan sebagai penghambat radikal bebas. Fenolik bekerja sebagai antioksidan yang bertujuan menghambat radikal bebas dengan mendonorkan atom hidrogen. Atom hidrogen akan bereaksi dengan radikal bebas melalui proses transfer elektron dan menghambat terjadinya oksidasi (Husni, dkk, 2014).

Hasil korelasi antara tingkat kecerahan (L) dengan senyawa fenolik adalah -0,474 dan dengan antioksidan adalah -0,634 secara signifikan seperti pada Tabel 11. dan Gambar 9. Hal itu menunjukkan bahwa kecerahan memiliki korelasi yang sedang dengan kandungan fenolik dan antioksidan namun berbanding terbalik ditandai dengan simbol minus. Sesuai dengan teori yaitu semakin gelap warna seduhan artinya semakin banyak kandungan zat metabolit yang terekstrak (Sari, dkk., 2019). Sedangkan antara warna a* dan warna b* dengan antioksidan dan total fenolik memiliki korelasi yang kuat hingga sangat kuat karena pada minuman herbal daun katuk mengandung tanin yang merupakan jenis fenol penghasil antioksidan (Jusnita & Syurya, 2019). Tanin akan terdegradasi menjadi thearubigin berperan menghasilkan warna merah sedikit kecoklatan dan theaflavin menghasilkan warna kuning kecoklatan pada hasil seduhan (Sari, dkk., 2019).

4.5 Implementasi Hasil Penelitian dan Manfaat Daun Katuk Sebagai Bahan Pangan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat dikatakan bahwa pengeringan daun katuk menggunakan suhu 55°C kemudian penyajiannya dilakukan dengan cara penyeduhan selama 18 menit mendapatkan hasil aktivitas antioksidan dan total fenolik yang tinggi. Hal itu sesuai teori waktu penyeduhan yang terlalu lama dengan suhu penyeduhan awal yang tinggi menyebabkan rusaknya senyawa fenolik yang terkandung pada sampel sehingga ekstraksi senyawa menjadi sulit (Jahangiri *et al.*, 2011) Menurut Husni, dkk (2014) dalam penelitiannya pada proses pengeringan *Padina sp.* mengatakan

suhu pengeringan yang terlalu tinggi dan waktu pengeringan yang lama dapat menghancurkan senyawa fenol yang merupakan sumber antioksidan karena senyawa fenol menjadi kering dan menyatu sehingga sulit terekstrak.

Kandungan vitamin lainnya yaitu vitamin C yang berperan sebagai antioksidan alami yang kaya akan zat besi untuk mencegah penyakit anemia (Santoso, 2013). Kandungan daun katuk yang beragam meliputi senyawa fenolik, tanin, flavonoid, steroid, alkaloid, saponin, protein, karbohidrat, dan glikosida. Kandungan-kandungan tersebut bermanfaat mencegah penyakit diabetes, obesitas, menjadi antioksidan, menginduksi laktasi, sebagai antiinflamasi, dan antimikroba (Sampurno, 2007 dalam Majid & Muchtaridi, 2018).

Daun katuk juga dapat digunakan sebagai obat anti lemak. Lemak didalam tubuh dapat menyebabkan berbagai penyakit seperti kanker, stroke, tekanan darah tinggi, dan lainnya fungsi dari mengkonsumsi daun katuk sebagai obat anti lemak yaitu untuk menyeimbangkan metabolisme didalam tubuh agar tidak terjadi atau mencegah terjadinya kelainan metabolik yang berbahaya. Senyawa dari daun katuk yang bermanfaat sebagai anti kuman adalah tanin dan flavonoid. Tanin memiliki sifat astringen yang berfungsi menghambat enzim tertentu (Santoso, 2013). Menurut Wiradimadja (2006) dalam Majid & Muchtaridi (2018) daun katuk juga bermanfaat untuk memperbanyak ASI pada ibu pasca melahirkan. Selain itu daun katuk juga dapat meredakan demam, borok, sembelit, dan juga bisul. Cara mengkonsumsi daun katuk sebagai obat sembelit dengan merebus daun katuk selama 10 menit kemudian disaring. Terakhir minuman daun katuk diminum teratur sehari dua kali rutin (Santoso, 2013).