

STUDI KOPIGMENTASI CAMPURAN EKSTRAK BIJI KESUMBA KELING (*Bixa orellana* L.) DENGAN EKSTRAK ANGKAK MERAH

Said Haikal Alfajar^{1}, Salman², Nilsya Febrika Zebua³, Nurmala Sari⁴*

¹⁻⁴Program Studi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Tjut Nyak Dhien, Medan, Indonesia.

Email: saidhaikal4@gmail.com

**corresponding author*

ABSTRAK

Pemakaian pewarna pada produk bertujuan untuk memperbaiki warna dan menarik minat konsumen. Penggunaan pewarna alami memiliki kelemahan antara lain warna tidak stabil dibandingkan dengan pewarna sintetis. Namun dibalik keunggulan zat warna sintetis menyimpan dampak berbahaya bagi kesehatan manusia seperti pencetus kanker. Karena dampak yang berbahaya bagi kesehatan, masyarakat lebih memilih pewarna alami dibandingkan pewarna sintetis. Salah satu pewarna alami yang baik bagi kesehatan manusia adalah biji kesumba keling dan angkak merah yang mengandung zat warna alami yaitu karotenoid dan antosianin. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis zat warna yang stabil dari campuran biji kesumba keling dengan angkak merah dengan metode kopigmentasi. Dalam penelitian ini dilakukan proses maserasi untuk mendapatkan ekstrak dari biji kesumba keling dan angkak merah dengan perbandingan 1:10 (b/v). Lalu dicampurkan ekstrak kental dari biji kesumba keling dan angkak merah dengan perbandingan 1:0, 1:1, 1:2 dan 2:1 untuk dilakukan uji stabilitas terhadap pH, paparan sinar matahari, oksidator, penyimpanan, paparan sinar lampu dan suhu lalu diukur absorbansi dengan spektrofotometer visibel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen yang didapat dari maserasi biji kesumba keling dan angkak merah sebesar 8,65% dan 11,19%. Uji kestabilan 2:1 memiliki rata-rata kenaikan dan penurunan absorbansi sebesar 33,73%, 30,61% dan 15,06% pada uji pH, paparan sinar matahari dan paparan sinar lampu. Dari uji stabilitas didapatkan bahwa perbandingan 1:2 memiliki rata-rata kenaikan maupun penurunan absorbansi sebesar 2,24% dan 19,28% pada uji oksidator dan uji suhu. Dari uji stabilitas didapatkan bahwa perbandingan 1:1 memiliki rata-rata kenaikan maupun penurunan absorbansi sebesar 12,93% pada uji penyimpanan. Perbandingan 2:1 memiliki kestabilan yang paling baik dibandingkan dengan perbandingan yang lain.

Kata kunci: Pewarna Alami; Pewarna Sintetik; Biji Kesumba Keling; Angkak Merah; Kopigmentasi

ABSTRACT

Using dyes in products aims to improve color and attract consumer interest. Using natural dyes has disadvantages, including unstable colors compared to synthetic dyes. However, behind the advantages of synthetic dyes, they hurt human health, such as being carcinogenic. Because of the harmful effects on health, people prefer natural dyes to synthetic dyes. Some natural dyes that are good for human health are annatto seeds and red yeast rice seeds, which contain natural dyes, namely carotenoids and anthocyanins. The purpose of this study was to analyze the stable dyestuff from a mixture of annatto seeds with red yeast rice with the co-pigmentation method. In this study, a maceration process was carried out to obtain extracts from the annatto and red yeast rice seeds with a ratio of 1:10 (w/v). Then mixed extract from annatto seeds and red yeast rice seeds with a ratio of 1:0, 1:1, 1:2, and 2:1 for stability test to pH, sunlight, oxidizing agent, storage, light, and temperature, and then the absorbance was measured with a visible spectrophotometer. The results showed that the yields obtained from the maceration of annatto and red yeast rice seeds were 8.65% and 11.19%. The 2:1 stability test had an average increase and decrease in absorbance of 33.73%, 30.61%, and 15.06% in the pH test, sunlight, and light. The stability test found that the ratio of 1:2 had an average increase or decrease in absorbance of 2.24% and 19.28% in the oxidizing and temperature tests. The stability test found that the ratio of 1:1 had an average increase or decrease in absorbance of 12.93% in the storage test. The 2:1 ratio has the best stability compared to other comparisons.

Keywords: Natural Dyes; Synthetic Dyes; Annatto Seeds; Red Yeast Rice Seeds; Copigmentation

PENDAHULUAN

Pemakaian zat warna pada produk baik makanan, obat-obatan, kosmetik dan produk lainnya, bertujuan untuk memperbaiki warna dari produk yang berubah dan menambah daya tarik konsumen sehingga mempengaruhi harapan konsumen. Selain itu juga menunjukkan identitas, rasa, dan kualitas produk yang dibuat, sehingga penggunaan bahan pewarna sudah menjadi kebutuhan bagi para produsen (Ayele et al., 2021; Heidarizadi et al., 2016; Liu et al., 2020; Moreira et al., 2015; Omeje et al., 2020).

Pewarna sintetik lebih mendominasi dibanding pewarna alami walaupun pewarna alami sudah lama dikenal oleh masyarakat karena pewarna sintetik memiliki keunggulan baik dari sisi produksi yang mudah dan memiliki stabilitas lebih baik, karena keunggulan dari pewarna sintetik ini menyebabkan penggunaan pewarna alami mulai ditinggalkan. Namun dibalik keunggulan pewarna sintetik ini menyimpan bahaya dan dampak buruk bagi kesehatan manusia dan kebanyakan diketahui sebagai pencetus kanker seperti rhodamin B yang bersifat karsinogenik (Heidarizadi et al., 2016; Huy et al., 2020; Jin et al., 2022; Saati et al., 2015; Sosa-Martínez et al., 2020). Karena adanya karsinogenik dari pewarna sintetik, masyarakat lebih memilih pewarna alami dibandingkan pewarna sintetis (Chatham et al., 2020; Patras, 2019; Singh et al 2021).

Indonesia memiliki berbagai macam jenis tumbuh-tumbuhan yang bisa dijadikan sebagai zat warna alami dan sangat berpotensi. Akan tetapi terabaikan karena kurangnya pengetahuan dalam upaya pemanfaatannya. Salah satunya adalah kesumba keling. Pada bagian biji kesumba keling memiliki kandungan berupa karotenoid yang bisa dijadikan zat warna alami yang bewarna kekuningan (Meléndez-Martínez et al., 2010; Gomes et al., 2019; Rusdi et al., 2020).

Zat warna alami juga bisa didapatkan dari hasil fermentasi seperti angkak. Angkak merupakan hasil fermentasi dari beras dan kapang (*Monascus Purpureus*) sehingga baik digunakan sebagai pewarna makanan (Song et al., 2019; Wu et al., 2019). Angkak merah mengandung antosianin sebagai zat warna alami (Fatimah, 2012). Angkak merah juga terbukti mampu meningkatkan kesehatan sistem kardiovaskular (Chiu et al., 2006).

Zat alami juga memiliki kelemahan antara lain mudah dipengaruhi oleh suhu, cahaya, dan pH. Mereka sering terdegradasi selama ekstraksi, pemrosesan, dan penyimpanan sehingga penggunaannya sangat terbatas (He et al., 2018).

Kelemahan zat warna alami itu bisa diperbaiki dengan metode kopigmentasi. Kopigmentasi adalah pembentukan ikatan antara molekul pigmen dengan kopigmen sehingga terbentuk ikatan baru yang telah termodifikasi sehingga zat warna tersebut bisa lebih stabil dan kuat (He et al., 2018). Penambahan keasaman pada kopigmentasi dapat meningkatkan kestabilan dan mampu mengurangi oksidasi (Sosa-Martínez et al., 2020; Chatham et al., 2020).

Berdasarkan uraian diatas, penulis tertarik untuk melaksanakan penelitian tentang kopigmentasi menggunakan zat warna merah alami dari biji kesumba keling dan angkak merah.

METODE PENELITIAN

Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa gelas kimia (Pyrex), Spektrofotometer Uv-Vis (Hitachi U-3900H), pH Meter (ATC), Rotary Evaporator (BUCHI), Steroform, Timbangan Analitik (Shimadzu ATX 224), Botol Kaca, Bohlam Pijar (Philips), Spektrofotometer FTIR (Shimadzu) dan Thermometer (Merck). Bahan yang digunakan berupa biji kesumba keling dan angkak merah dibeli dari pemasok lokal. Buffer Sitrat (Merck), Etanol 96% (Merck) Hidrogen Peroksida (Merck), Kalium Bromida (Merck), Heksana (Merck) dan Aseton (Merck).

Prosedur kerja

Pengumpulan bahan

Biji kesumba keling dan angkak merah disortir dengan memisahkan biji yang kurang baik dari sisi tampilan fisik seperti berwarna kehitaman, selanjutnya masing-masing sampel dikeringkan selama 30 menit dalam lemari pengering, dengan tujuan untuk memastikan sampel benar-benar kering. Setelah dikeringkan kedua sampel secara terpisah diblender sampai menjadi serbuk. Lalu serbuk diayak dengan ayakan dengan ukuran 100 mesh. Hal ini dilakukan untuk memberi keseragaman ukuran serbuk dari kedua sampel tersebut, kemudian serbuk dari kedua sampel tersebut dimasukkan dalam wadah toples kaca yang tertutup rapat dan disimpan lemari penyimpanan sampel, sampai diambil untuk digunakan untuk proses ekstraksi.

Ekstraksi

Pengolahan ekstrak biji kesumba keling (*Bixa orellana* L.) dan angkak merah dilakukan dengan cara maserasi dengan etanol 96% dengan perbandingan 1:10 (b/v) di dalam botol kaca. Lalu dipekatkan menggunakan rotary evaporator.

Analisa absorbansi dan pH pada filtrat antosianin dan karotenoid

Pengukuran absorbansi sampel dilakukan dengan pengenceran filtrat sebanyak 25x, dengan menggunakan panjang gelombang 400-560 nm menggunakan spektrofotometer Uv-Vis lalu diukur pH dengan pH meter (Sa'ati dan Khoridah., 2016).

Pengujian stabilitas karotenoid dan antosianin

Uji stabilitas pada berbagai pH

Stabilitas pH filtrat pigmen dibuat dalam 3 tingkatan keasaman (pH : 3, 4, 5). pH menggunakan varian 1:0, 1:1, 1:2, 2:1 pada masing-masing filtrat pigmen dilarutkan dalam 100 mL buffer sitrat sesuai dengan variasi pH. Kemudian dilakukan pengukuran absorbansi pada panjang gelombang 400-560 nm menggunakan spektrofotometer Uv-Vis (Sa'ati dan Khoridah., 2016; Rosamah dkk., 2014).

Uji stabilitas paparan sinar matahari

Uji stabilitas paparan sinar matahari menggunakan varian 1:0, 1:1, 1:2, 2:1 pada masing-masing filtrat pigmen dimasukkan dalam labu ukur 50 mL kemudian dijemur dibawah sinar matahari interval 3 jam sekali dilakukan pengukuran absorbansi pada panjang gelombang 400-560 nm menggunakan spektrofotometer Uv-Vis (Sa'ati dan Khoridah., 2016; Rosamah dkk., 2014).

Uji stabilitas pada oksidator

Uji stabilitas pada oksidator menggunakan varian 1:0, 1:1, 1:2, 2:1 pada masing-masing filtrat pigmen dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL dan ditambahkan oksidator H₂O₂ sebanyak 5 mL kemudian setiap interval 3 jam dilakukan pengukuran absorbansi pada panjang gelombang 400-560 nm menggunakan spektrofotometer Uv-Vis (Sa'ati dan Khoridah., 2016; Rosamah dkk., 2014).

Uji stabilitas pada penyimpanan

Uji stabilitas pada penyimpanan menggunakan varian 1:0, 1:1, 1:2, 2:1 pada masing-masing filtrat pigmen dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL. Filtrat pigmen disimpan pada suhu dingin (4±2°C) di dalam sterofoam. Setelah 2 hari dilakukan pengukuran absorbansinya pada panjang gelombang 400-560 nm menggunakan spektrofotometer Uv-Vis (Sa'ati dan Khoridah., 2016; Rosamah dkk., 2014).

Uji stabilitas paparan sinar lampu

Uji stabilitas paparan sinar lampu menggunakan varian 1:0, 1:1, 1:2, 2:1 pada masing-masing filtrat pigmen dimasukkan kedalam labu ukur 50 mL kemudian disinari oleh lampu dengan kekuatan 20 watt

selama 5 jam dan setiap 1 jam sekali dilakukan pengamatan terhadap absorbansinya pada panjang gelombang 400-560 nm menggunakan spektrofotometer Uv-Vis (Sa'ati dan Khoridah., 2016; Rosamah dkk., 2014; Lestario dan Andini, 2016).

Uji stabilitas pada suhu

Uji stabilitas pada suhu menggunakan varian 1:0, 1:1, 1:2, 2:1 pada masing-masing filtrat pigmen dimasukkan kedalam tabung reaksi. Lalu di uji suhu 40°C, 60°C dan 80°C. Pada suhu 40°C berlangsung selama 60 menit, 60°C selama 45 menit dan 80°C selama 30 menit. Lalu dimasukan ke dalam labu tentukur 50 mL. Kemudian diukur dengan panjang gelombang 400-560 nm menggunakan spektrofotometer Uv-Vis (Sa'ati dan Khoridah., 2016; Lestario dan Andini, 2016).

Uji FTIR

Pengukuran FTIR Spektrum FTIR campuran angkak merah dengan biji kesumba diperoleh dengan menggunakan spektrofotometer FTIR Shimadzu IR Prestige 21 pada kisaran bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} dengan akumulasi rekaman 40 kali scan dan resolusi 4 cm^{-1} . Sampel campuran angkak merah dengan biji kesumba keling dicampur serbuk KBr kering dalam mortar dengan rasio 1% (b/b) dari sampel, kemudian digerus sampai homogen dan dicetak menjadi pelet KBr tipis dan selanjutnya dianalisis dengan alat FTIR. Setelah selesai pengukuran plat kemudian dibersihkan dengan menggunakan heksana sebanyak dua kali dan aseton sampai tidak ada sampel yang tertinggal, lalu dikeringkan dengan menggunakan tisu. Setelah proses scan selesai maka akan ditampilkan gambar gelombang dari spektrum yang dihasilkan. Dari gambar spektrum yang dihasilkan kemudian di analisis bilangan gelombang dan nilai absorbansi dari setiap sampel (Akmal, D. 2015).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil ekstraksi

Hasil maserasi dari biji kesumba keling (*Bixa orellana* L.) dan angkak merah memiliki nilai rendemen sebesar 8,65 % dan 11,19%.

Hasil analisa absorbansi dan pH pada filtrat karotenoid dan antosianin

Hasil pengamatan dari gambar 1 dapat diketahui bahwa penambahan buffer sitrat pada 1:0, 1:1, 1:2 dan 2:1 pada uji pH 3 menunjukkan adanya hipokromik sebesar 88,39%, 27,58%, 28,08% dan 22,89%. Absorbansi 1:0 pada pH 4 mengalami hiperkromik menjadi 54,46%. Sedangkan 1:1, 1:2 dan 2:1 mengalami hipokromik menjadi 35,34%, 55,61% dan 26,50%. Nilai absorbansi 1:0, 1:2 dan 2:1 pada pH 5 mengalami hiperkromik menjadi 8,03%, 38,79% dan 18,07%. Sedangkan 1:1 mengalami hipokromik menjadi 38,79%.

Pengujian stabilitas karotenoid dan antosianin

Hasil uji stabilitas pada berbagai pH

Hasil pengamatan dari gambar 1 dapat diketahui bahwa penambahan buffer sitrat pada 1:0, 1:1, 1:2 dan 2:1 pada uji pH 3 menunjukkan adanya hipokromik sebesar 88,39%, 27,58%, 28,08% dan 22,89%. Absorbansi 1:0 pada pH 4 mengalami hiperkromik menjadi 54,46%. Sedangkan 1:1, 1:2 dan 2:1 mengalami hipokromik menjadi 35,34%, 55,61% dan 26,50%. Nilai absorbansi 1:0, 1:2 dan 2:1 pada pH 5 mengalami hiperkromik menjadi 8,03%, 38,79% dan 18,07%. Sedangkan 1:1 mengalami hipokromik menjadi 38,79%.

Hasil uji stabilitas paparan sinar matahari

Hasil pengamatan dari gambar 2 menunjukkan bahwa pada perlakuan 3 jam terjadi hipokromik secara signifikan pada 1:0, 1:1, 1:2 dan 2:1 sebesar 52,67%, 30,17%, 16,26% dan 15,16%. Perlakuan 6 jam pada 1:0, 1:1, 1:2 dan 2:1 mengalami hipokromik menjadi 65,17%, 62,06%, 57,83% dan 46,06%. Penurunan absorbansi tersebut menyebabkan pemudaran pigmen. Karotenoid rentan terjadinya kerusakan terhadap cahaya sehingga menyebabkan struktur dari karotenoid tersebut mengalami isomerisasi dari trans menjadi cis sehingga menyebabkan karotenoid tersebut tidak stabil dan mudah teroksidasi yang mengakibatkan terhipokromik (Indriyani dkk., 2018).

Hasil Uji Stabilitas pada Oksidator

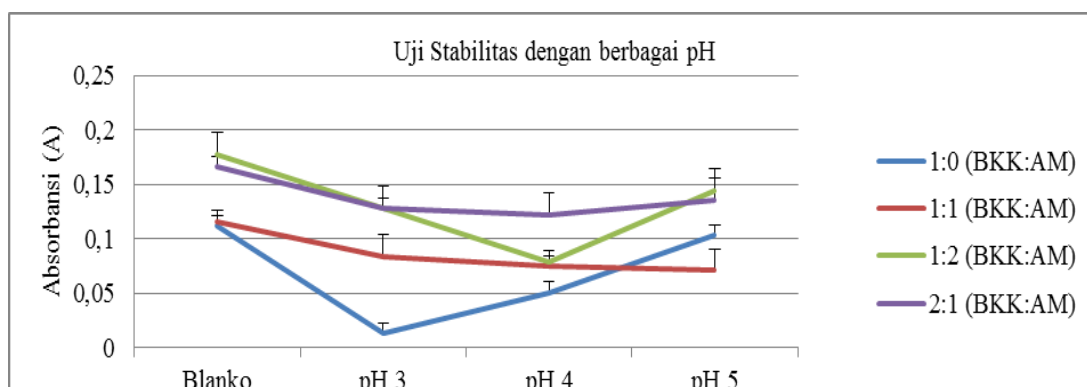
Pada gambar 3 menunjukkan bahwa perlakuan selama 3 jam dengan penambahan H_2O_2 1% pada 1:0, 1:2 dan 2:1 menunjukkan adanya hipokromik sebesar 32,14%, 28,65% dan 10,84,%. Pada 1:1 menunjukkan hiperkromik sebesar 134,48%. Perlakuan pada 1:0 dan 1:2 selama 6 jam dengan penambahan H_2O_2 1% menunjukkan adanya hipokromik menjadi 34,82% dan 30,89%. Pada 1:1 dan 2:1 terjadi hiperkromik menjadi 197,42% dan 168,07%. Kopigmentasi dapat menghasilkan perubahan warna dengan meningkatkan nilai intensitasnya (Mu et al., 2017).

Hasil uji stabilitas pada penyimpanan

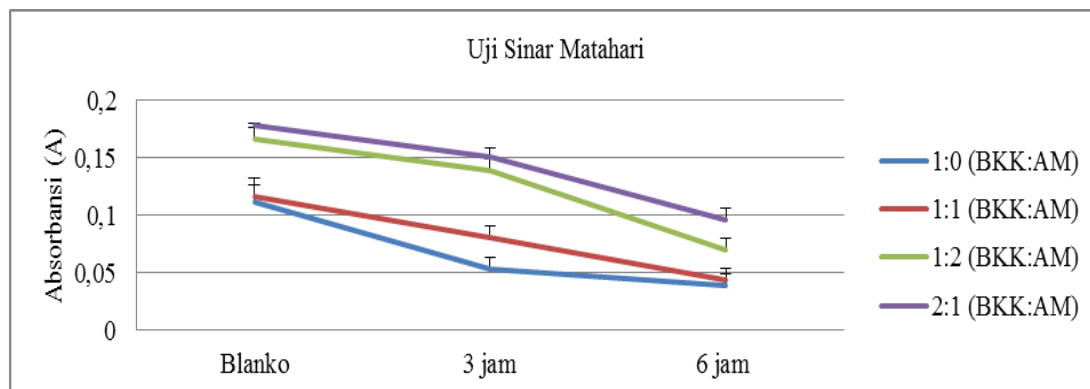
Hasil pengamatan dapat dilihat pada gambar 4 menunjukkan bahwa terjadi hipokromik pada 1:0, 1:1, 1:2 dan 2:1 sebesar 16,96%, 12,93%, 34,26% dan 45,78%. Karotenoid akan mudah mengalami hipokromik pada suhu yang lebih tinggi sehingga menyebabkan reaksi pemutusan pada ikatan rangkap terkonjugasi pada molekul karotenoid yang mengakibatkan penurunan absorbansi dan aktivasi (Indriyani dkk., 2018).

Table 1. Analisa absorbansi dan pH pada filtrat karotenoid dan antosianin

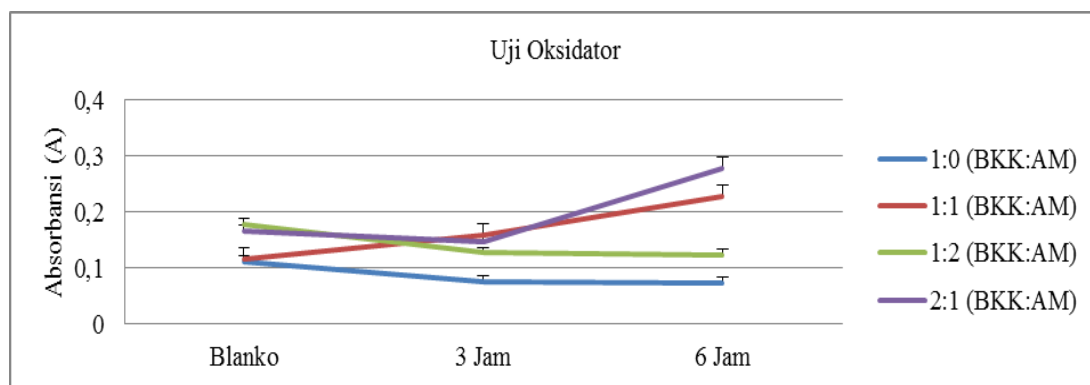
Sampel	pH	Absorbansi (λ 400-560nm)
Biji Kesumba Keling	6,4 $\pm$ 0,05	0,112 $\pm$ 0,00 (λ 444,75)
Angkak Merah	3,3 $\pm$ 0,05	0,107 $\pm$ 0,00 (λ 496,25)



Gambar 1. Uji Stabilitas pada berbagai pH. BKK= Biji Kesumba Keling. AM= Angkak Merah



Gambar 2. Uji Stabilitas paparan sinar matahari. BKK= Biji Kesumba Keling. AM= Angkak Merah



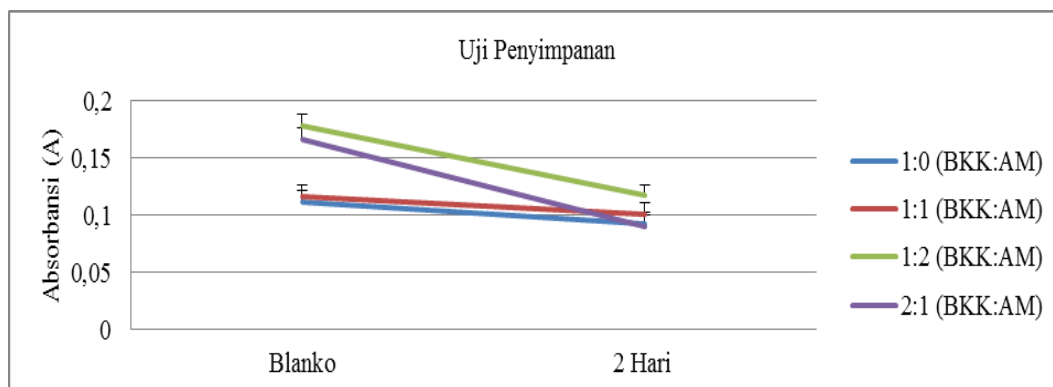
Gambar 3. Uji Stabilitas pada oksidator. BKK= Biji Kesumba Keling. AM= Angkak Merah

Hasil uji stabilitas pada penyimpanan

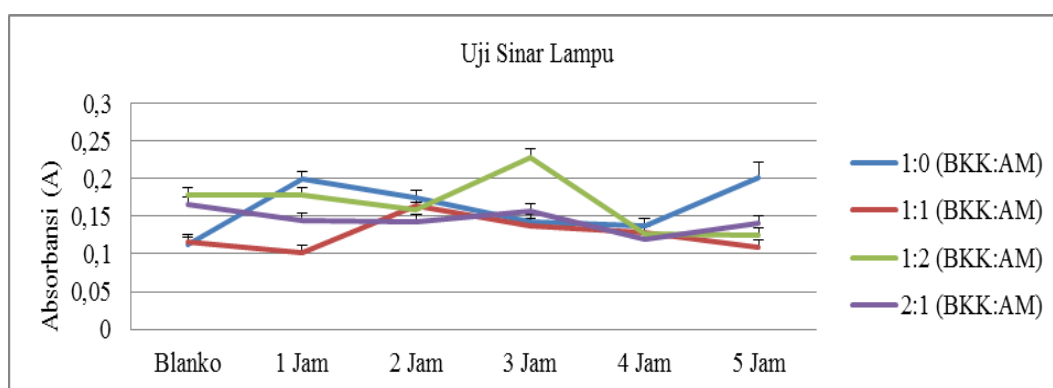
Hasil pengamatan dapat dilihat pada gambar 4 menunjukkan bahwa terjadi hipokromik pada 1:0, 1:1, 1:2 dan 2:1 sebesar 16,96%, 12,93%, 34,26% dan 45,78%. Karotenoid akan mudah mengalami hipokromik pada suhu yang lebih tinggi sehingga menyebabkan reaksi pemutusan pada ikatan rangkap terkonjugasi pada molekul karotenoid yang mengakibatkan penurunan absorbansi dan aktivasi (Indriyani dkk., 2018).

Hasil Uji stabilitas pada paparan sinar lampu

Hasil pengamatan dapat dilihat pada gambar 5 menunjukkan bahwa 1:0 pada 1 jam mengalami hiperkromik sebesar 178,57%. Pada 1:1 dan 2:1 mengalami hipokromik sebesar 12,93% dan 12,65%. Pada 1:2 tidak terjadi perubahan pada absorbansi. Perlakuan 2 jam pada 1:0, 1:2 dan 2:1 mengalami hipokromik menjadi 155,35%, 10,67% dan 13,86%. Pada 1:1 mengalami hiperkromik pada absorbansi menjadi 141,37%. Perlakuan pada 3 jam pada 1:0 dan 1:1 terjadi hipokromik menjadi 126,78% dan 118,96%. Pada 1:2 dan 2:1 mengalami hiperkromik menjadi 128,65% dan 5,47%. Perlakuan 4 jam pada 1:0, 1:1, 1:2 dan 2:1 mengalami hipokromik menjadi 122,32%, 110,34%, 28,65% dan 27,71%. Perlakuan pada 5 jam pada 1:0, 1:1 dan 1:2 mengalami hipokromik menjadi 180,35%, 6,03% dan 30,33%. Pada 2:1 mengalami hiperkromik menjadi 15,66%. Kopigmentasi dapat menghasilkan perubahan warna dengan meningkatkan nilai intensitas maupun penurunan nilai intensitas (Mu et al., 2017).



Gambar 4. Uji Stabilitas pada penyimpanan. BKK= Biji Kesumba Keling. AM= Angkak Merah



Gambar 5. Uji Stabilitas paparan sinar lampu. BKK= Biji Kesumba Keling. AM= Angkak Merah

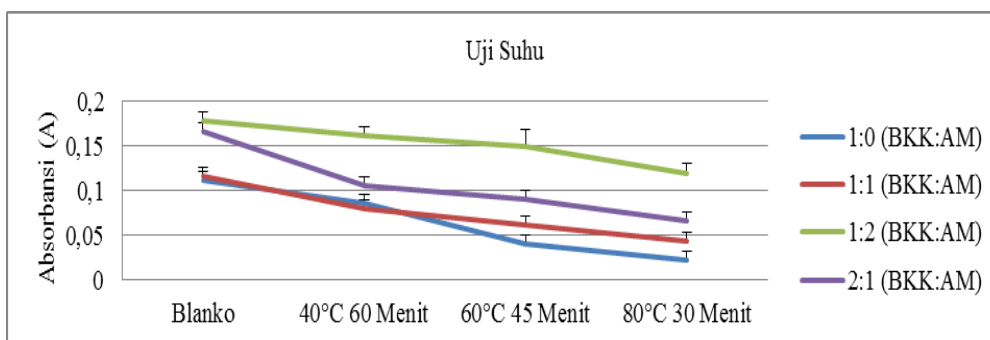
Hasil uji stabilitas pada suhu

Hasil pengamatan dapat dilihat pada gambar 6 menunjukkan bahwa perlakuan pemanasan 40°C selama 60 menit pada 1:0, 1:1, 1:2 dan 2:1 mengalami hipokromik sebesar 23,21%, 31,03%, 8,98% dan 36,74%. Perlakuan pemanasan 60°C selama 45 menit pada 1:0, 1:1, 1:2 dan 2:1 mengalami hipokromik menjadi 64,28%, 46,55%, 16,29% dan 45,78%. Perlakuan pemanasan 80°C selama 30 menit pada 1:0, 1:1, 1:2 dan 2:1 mengalami hipokromik menjadi 80,35%, 62,93%, 32,58% dan 60,24%. Semakin tinggi suhu menyebabkan penurunan pada absorbansinya. Karotenoid akan mudah mengalami hipokromik pada suhu yang lebih tinggi karena reaksi pemutusan pada ikatan rangkap terkonjugasi pada molekul karotenoid yang mengakibatkan terbentuknya senyawa karotenoid baru (Indriyani dkk., 2018).

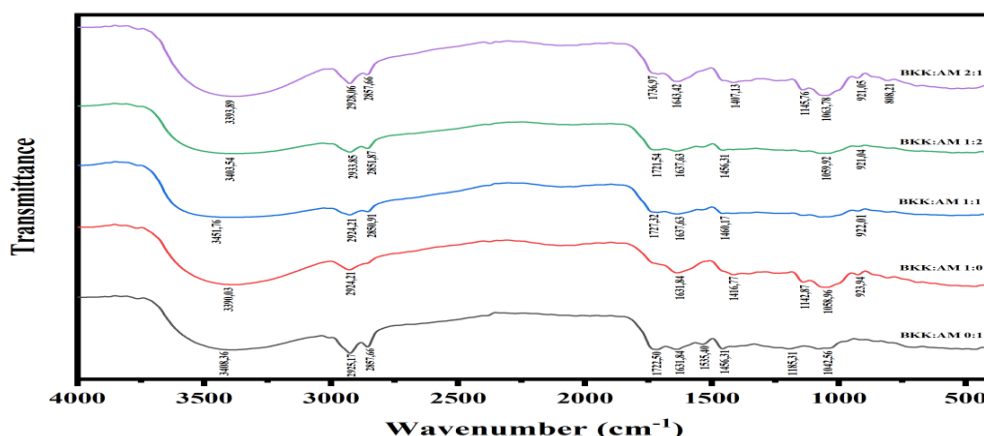
Hasil uji FTIR

Pada hasil uji FTIR biji kesumba keling dan angkak merah dengan perbandingan 2:1 memiliki kesamaan bilangan gelombang dengan biji kesumba keling dan angkak merah dengan perbandingan 1:0. Pada bilangan gelombang 1710 cm^{-1} menunjukan gugus fungsi C=O dengan serapan yang renggang. Pada bilangan gelombang 1453 cm^{-1} menunjukan ikatan C-H alifatis dengan serapan yang lengkung. Sedangkan pada hasil uji FTIR biji kesumba keling dan angkak merah dengan perbandingan 1:1 dan 1:2 memiliki kesamaan bilangan gelombang dengan biji kesumba keling dan angkak merah dengan perbandingan 0:1.

Pada bilangan gelombang 1456 cm^{-1} menunjukkan ikatan C-H alifatis dengan serapan lengkung. Pada bilangan gelombang 1140 cm^{-1} menunjukkan gugus fungsi C-O dengan serapan yang renggang. Pada bilangan gelombang 923 cm^{-1} menunjukkan $-\text{CH}_3$ dengan serapan yang lengkung. Pada bilangan gelombang 802 cm^{-1} menunjukkan substitusi benzena. Pada bilangan gelombang 691 cm^{-1} menunjukkan ikatan C-H dengan serapan lengkung. Hasil dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 6. Uji Stabilitas pada suhu. BKK= Biji Kesumba Keling. AM= Angkak Merah



Gambar 7. Uji FTIR Kopigmentasi Biji Kesumba Keling Dengan Angkak Merah

KESIMPULAN

Dari hasil uji stabilitas didapatkan bahwa perbandingan 2:1 memiliki rata-rata hipokromik dan hiperkromik sebesar 33,73%, 30,61% dan 15,06% pada uji pH, paparan sinar matahari dan paparan sinar lampu. Pada hasil uji stabilitas didapatkan bahwa perbandingan 1:2 memiliki rata-rata hipokromik dan hiperkromik sebesar 2,24% dan 19,28% pada uji oksidator dan uji suhu. Pada hasil uji stabilitas didapatkan bahwa perbandingan 1:1 memiliki rata-rata hipokromik dan hiperkromik sebesar 12,93% pada uji penyimpanan.

REFERENSI

- Akmal, D. (2015). Use of bioblend polystyrene/starch for coating urea granules as slow release fertilizer. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(11), 478-484
- Ayele, A., Getachew, D., Kamaraj, M., & Suresh, A. (2021). Phycoremediation of synthetic dyes: an effective and eco-friendly algal technology for the dye abatement. *Journal of Chemistry*, 2021, 1-14.
- Chatham, L. A., Howard, J. E., & Juvik, J. A. (2020). A natural colorant system from corn: Flavone-anthocyanin copigmentation for altered hues and improved shelf life. *Food chemistry*, 310, 125734.
- Chiu, C. H., Ni, K. H., Guu, Y. K., & Pan, T. M. (2006). Production of red mold rice using a modified Nagata type koji maker. *Applied Microbiology and biotechnology*, 73, 297-304.
- Fatimah S. Fermentasi *Monascus purpureus* Pada Nata De Coco Dalam Pembentukan Zat Warna Antosianin Dan Lovastatin Dengan Variasi Substrat Dan Lama Inkubasi. 2012. *Thesis*, Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Gomes Pacheco, T., de Santana Lopes, A., Monteiro Viana, G. D., Nascimento da Silva, O., Morais da Silva, G., do Nascimento Vieira, L., ... & Rogalski, M. (2019). Genetic, evolutionary and phylogenetic aspects of the plastome of annatto (*Bixa orellana* L.), the Amazonian commercial species of natural dyes. *Planta*, 249, 563-582.
- He, Y., Wen, L., Yu, H., Zheng, F., Wang, Z., Xu, X., ... & Hao, J. (2018). Effects of high hydrostatic pressure-assisted organic acids on the copigmentation of *Vitis amurensis* Rupr anthocyanins. *Food chemistry*, 268, 15-26.
- Heidarizadi, E., & Tabaraki, R. (2016). Simultaneous spectrophotometric determination of synthetic dyes in food samples after cloud point extraction using multiple response optimizations. *Talanta*, 148, 237-246.
- Huy, N. D., Ha, D. T. T., Khoo, K. S., Lan, P. T. N., Quang, H. T., Loc, N. H., ... & Show, P. L. (2020). Synthetic dyes removal by *Fusarium oxysporum* HUIB02 and stimulation effect on laccase accumulation. *Environmental Technology & Innovation*, 19, 101027.
- Indriyani, N. M. D., Wartini, N. M., & Suwariani, N. P. (2018). Stabilitas karotenoid ekstrak pewarna buah pandan (*Pandanus tectorius*) pada suhu dan pH awal penyimpanan. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana*. ISSN, 211-217.
- Jin, P., Chergaoui, S., Zheng, J., Volodine, A., Zhang, X., Liu, Z., ... & Van der Bruggen, B. (2022). Low-pressure highly permeable polyester loose nanofiltration membranes tailored by natural carbohydrates for effective dye/salt fractionation. *Journal of Hazardous Materials*, 421, 126716.
- Lestario, L. N., & Andini, S. (2016). Kopigmentasi Kuersetin Apel (*Pyrus malus*) terhadap Stabilitas Warna Ekstrak Buah Duwet (*Syzygium cumini*).
- Liu, S., Laaksonen, O., Yang, W., Zhang, B., & Yang, B. (2020). Pyranoanthocyanins in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) wines fermented with *Schizosaccharomyces pombe* and their evolution during aging. *Food chemistry*, 305, 125438.
- Meléndez-Martínez, A. J., Escudero-Gilete, M. L., Vicario, I. M., & Heredia, F. J. (2010). Study of the influence of carotenoid structure and individual carotenoids in the qualitative and quantitative attributes of orange juice colour. *Food Research International*, 43(5), 1289-1296.
- Moreira, P. A., Lins, J., Dequigiovanni, G., Veasey, E. A., & Clement, C. R. (2015). The domestication of annatto (*Bixa orellana*) from *Bixa urucurana* in Amazonia. *Economic Botany*, 69, 127-135.
- Mu, T., Sun, H., Zhang, M., & Wang, C. (2017). *Sweet potato processing technology*. Academic Press.
- Omeje, K. O., Nnolim, N. E., Ezema, B. O., Ozioko, J. N., & Eze, S. O. (2020). Synthetic dyes decolorization potential of agroindustrial waste-derived thermo-active laccase from *Aspergillus* species. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 29, 101800.
- Patras, A. (2019). Stability and colour evaluation of red cabbage waste hydroethanolic extract in presence of different food additives or ingredients. *Food chemistry*, 275, 539-548.

- Rosamah, E., Ramadan, R., & Kusuma, I. W. (2014). Stabilitas warna biji tumbuhan annatto (*Bixa orellana* L.) sebagai bahan pewarna alami. In *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia (Mapeki) XVI* (pp. 209-214).
- Rusdi, S., Yogaswara, H. A. S. B. Y., Prabowo, W. T., & Chafidz, A. (2020). Extraction of Natural Dyes from Kesumba Keling (*Bixa orellana*) Seed and Secang (*Caesalpinia sappan* Linn) Wood for Coloring Fabrics. In *Materials Science Forum* (Vol. 981, pp. 179-184). Trans Tech Publications Ltd.
- Sa'ati, E. A., & Khoridah, I. A. (2016). Kopigmentasi tiga ekstrak antosianin dengan secang (*Caesalpinia Sappan* L.) dan aplikasinya pada permen jelly sirsak. *Research Report*, 178-186.
- Saati, E. A., Aisyah, R., Wachid, M., & Winarsih, S. (2015). Non-Alcoholic Extraction of Rose Pigment as a Halal and Safe Natural Colorant and Bioactive Compound. *Journal of Islamic Perspective on Science, Technology and Society*, 2(2), 65-70.
- Singh, M., Vajpayee, M., & Ledwani, L. (2021). Eco-friendly surface modification of natural fibres to improve dye uptake using natural dyes and application of natural dyes in fabric finishing: A review. *Materials Today: Proceedings*, 43, 2868-2871.
- Song, J., Luo, J., Ma, Z., Sun, Q., Wu, C., & Li, X. (2019). Quality and authenticity control of functional red yeast rice—a review. *Molecules*, 24(10), 1944.
- Sosa-Martínez, J. D., Balagurusamy, N., Montañez, J., Peralta, R. A., Moreira, R. D. F. P. M., Bracht, A., ... & Morales-Oyervides, L. (2020). Synthetic dyes biodegradation by fungal ligninolytic enzymes: Process optimization, metabolites evaluation and toxicity assessment. *Journal of Hazardous Materials*, 400, 123254.
- Wu, M. D., Cheng, M. J., Chen, Y. L., Liu, T. W. D., & Chen, K. P. (2019). Screening of Azaphilone Derivatives From *Monascus pilosus*-Fermented Rice (Red Yeast Rice) and Their Evaluation as Nonsteroidal Androgen Receptor Antagonists. *Natural Product Communications*, 14(12).