

**KEANEKARAGAMAN GENETIK DAN KEKERABATAN SPESIES ASING, *Piper aduncum* L. dan *Piper umbellatum* L.(PIPERACEAE), BERDASARKAN ANALISIS *Sequenced-Related Amplified Polymorphism***

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Biologi



Oleh  
Fakhri Faturrohman  
1904579

**PROGRAM STUDI BIOLOGI  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
BANDUNG  
2023**

KEANEKARAGAMAN GENETIK DAN KEKERABATAN SPESIES ASING, *Piper aduncum* L. dan *Piper umbellatum* L.(PIPERACEAE), BERDASARKAN ANALISIS  
*Sequenced-Related Amplified Polymorphism*

Oleh  
Fakhri Faturrohman

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

©Fakhri Faturrohman  
Universitas Pendidikan Indonesia  
Juli 2023

Hak cipta dilindungi undang undang

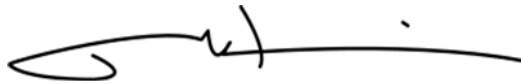
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak  
ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

**LEMBAR PENGESAHAN**  
(FAKHRI FATURROHMAN)

**KEANEKARAGAMAN GENETIK DAN KEKERABATAN SPESIES ASING, *Piper aduncum* L. dan *Piper umbellatum* L. (PIPERACEAE), BERDASARKAN ANALISIS *Sequenced-Related Amplified Polymorphism***

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing

Pembimbing I



Prof. Topik Hidayat, M.Si., Ph.D.  
NIP. 197004101997021001

Pembimbing II



Dr. Hj. Siti Sriyati, M.Si.  
NIP. 196409281989012001

Pembimbing III



Rani Asmarayani S.Si., M.Si., Ph.d  
NIP. 197901292005022001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Biologi FPMIPA UPI



Dr. H. Wahyu Surakusumah, M. T.  
NIP. 197212301999031001

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul Keanekaragaman Genetik dan Kekerabatan Spesies Asing, *Piper aduncum* L. dan *Piper umbellatum* L. (Piperaceae) Berdasarkan Analisis *Sequence-Related Amplified Polymorphism* ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri, dan tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Cimahi, Juli 2023

Yang membuat pernyataan

Fakhri Faturrohman

NIM. 1904579

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Universitas Pendidikan Indonesia. Dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Februari 2023 penulis memilih judul “Keanekaragaman Genetik dan Kekerabatan Spesies Asing *Piper aduncum* L. dan *Piper umbellatum* L. Berdasarkan Analisis *Sequenced-Related Amplified Polymorphism*”. Penelitian ini berisikan kajian mengenai keanekaragaman genetik dan hubungan kekerabatan pada spesies asing *Piper* yang tersebar di kawasan Malesiana yaitu *Piper aduncum* dan *Piper umbellatum*.

Selama penelitian dan penulisan skripsi ini banyak sekali hambatan yang penulis alami, namun berkat bantuan, dorongan serta bimbingan dari berbagai pihak, akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis telah berusaha dengan sebaik mungkin dengan kemampuan yang ada dalam menyelesaikan skripsi ini untuk mendapatkan hasil yang sebaik-baiknya. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi pengembangan ilmu sistematika molekuler di Indonesia. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran untuk penyempurnaannya.

Cimahi, Juli 2023

Penulis

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa terselesaikannya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, serta doa dari berbagai pihak. Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah membantu penyelesaian skripsi ini. Dengan segala hormat dan ketulusan hati penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. H. Wahyu Surakusumah, M. T. selaku Ketua Program Studi Biologi
2. Bapak Prof. Topik Hidayat, M.Si., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga untuk memberikan bimbingan, arahan, saran, serta ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian dan laporan akhir skripsi;
3. Ibu Dr. Hj. Siti Sriyati, M.Si. selaku dosen pembimbing kedua yang telah membimbing dan mengarahkan ke penulisan skripsi;
4. Ibu Rani Asmarayani, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku pembimbing penelitian yang telah meluangkan waktu dan memberikan pengarahan selama pelaksanaan penelitian;
5. Ibu Prof. Hertien Koosbandiah Surtikanti, M.Sc. ES. Ph.D. selaku pembimbing akademik yang membantu dan membimbing selama masa perkuliahan
6. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Program Studi Biologi yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya kepada penulis selama perkuliahan
7. Kedua orang tua, Bapak Engkus Sukanda dan Ibu Rosdijani, yang penuh kasih sayang selalu memberikan doa dan dukungan baik secara moral dan materi kepada penulis.
8. Teman-teman seperjuangan selama penelitian yakni, Vini dan Ruth. Yang telah bekerja sama dalam melaksanakan penelitian sistematika molekuler *Piper* di BRIN;
9. Seluruh pihak yang turut membantu penulis dalam melaksanakan penelitian dan penyusunan laporan akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu

**KEANEKARAGAMAN GENETIK DAN KEKERABATAN SPESIES  
ASING, *Piper aduncum* L. dan *Piper umbellatum* L. (PIPERACEAE),  
BERDASARKAN ANALISIS *Sequenced-Related Amplified Polymorphism***

**ABSTRAK**

Keanekaragaman genetik adalah segala perbedaan yang ditemui pada makhluk hidup dalam satu spesies. Pengetahuan mengenai keanekaragaman genetik penting untuk diketahui sebagai dasar informasi dalam pengembangan berikutnya. Perkembangan ilmu pengetahuan mempermudah mendeteksi keanekaragaman genetik suatu individu dengan penelitian berbasis molekuler. Keanekaragaman genetik diketahui dengan cara uji molekuler menggunakan marka molekuler *Sequenced-Related Amplified Polymorphism*, (SRAP) dengan data yang dihasilkan berupa data indeks keanekaragaman  $Ne'$  dan pohon filogenetik. *Piper aduncum* dan *P. umbellatum* adalah spesies asing *Piper* yang ada pada kawasan Malesia. Kedua spesies tersebut berasal dari Amerika Latin dan tersebar di berbagai kawasan Malesia, sehingga perlu diketahui keanekaragaman genetik pada kedua spesies tersebut. Penelitian ini bersifat deskriptif kuantitatif dengan menggunakan marka molekuler SRAP yang diuji pada 20 sampel. Keanekaragaman genetik pada *P. aduncum* dan *P. umbellatum* termasuk dalam kategori rendah mengindikasikan asal muasal dan moyang kedua spesies tersebut cenderung berasal dari tempat yang sama. Pohon filogenetik yang terbentuk pada kedua spesies menunjukkan pola yang sama yaitu letak geografis tidak memengaruhi tingkat kekerabatan. Penggunaan marka molekuler SRAP pada kedua sampel dapat dikatakan efektif dengan munculnya tingkat polimorfisme yang tinggi, menandakan primer dari marka molekuler SRAP berkomplemen dengan DNA sampel urutan yang berbeda.

**Kata Kunci:** Keanekaragaman genetik, Kekerabatan, *Piperaceae*

**GENETIC DIVERSITY AND RELATIONSHIP OF ALIEN SPECIES, *Piper aduncum* L. AND *Piper umbellatum* L. (PIPERACEAE), BASED ON *Sequenced-Related Amplified Polymorphism* ANALYSIS**

**ABSTRACT**

Genetic diversity is all differences found in within a species. Knowledge of genetic diversity is important as a basis for subsequent development research. The development advance of science makes it easier to detect the genetic diversity of an individual with molecular-based research. Genetic diversity could be investigated using Sequenced-Related Amplified Polymorphism (SRAP) molecular markers, with the resulting data in the form of Ne'i diversity index data and phylogenetic trees. *Piper aduncum* and *P. umbellatum* are alien species that exist in the Malesia region. The two species originate from Latin America and are spread across various Malesia region, so it is necessary to know the genetic diversity of these two species. This research is a quantitative descriptive study using the SRAP molecular markers tested on 20 samples . Genetic diversity in *P. aduncum* and *P. umbellatum* is low, indicating the origin and ancestors of the two species tend to come from the same place. The phylogenetic tree formed for the two species shows the same pattern, that geographic location does not affect the degree of kinship. The use of SRAP molecular markers on both samples can be considered effective with the appearance of a high level of polymorphism, indicating that the primers of the SRAP molecular markers are complementary to the DNA samples of different sequences.

**Keywords:** Genetic diversity, Genetic Relationship, Piperaceae



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH .....	iv
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Tujuan Penelitian .....	4
1.6 Manfaat Penelitian .....	4
1.7 Struktur Organisasi .....	5
<b>BAB II SRAP (<i>Sequenced Related Amplified Polymorphism</i>) SEBAGAI ANALISIS KEANKEARAGAMAN GENETIK DAN KEKERABATAN.....</b>	<b>7</b>
2.1 Keanekaragaman Hayati .....	7
2.1.1 Keanekaragaman Genetik .....	8
2.1.2 Kekerabatan.....	15
2.2 Spesies Asing .....	18
2.3 Piperaceae .....	21
2.3.1 <i>Piper aduncum</i> L. ....	21
2.3.2 <i>Piper umbellatum</i> L.....	22
2.4 Analisis SRAP.....	22
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>27</b>

3.1 Jenis Penelitian.....	27
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian .....	27
3.3 Alat dan Bahan.....	27
3.4 Prosedur Penelitian.....	28
3.4.1 Sampel yang Digunakan.....	28
3.4.2 Isolasi DNA.....	29
3.4.3 Elektroforesis DNA Genom .....	31
3.4.4 Kuantifikasi DNA.....	31
3.4.5 Amplifikasi DNA .....	31
3.4.6 Analisis Data .....	35
3.4.7 Alur Penelitian.....	38
<b>BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>39</b>
4.1 Kualifikasi dan Kuantifikasi DNA.....	39
4.2 <i>Polymerase Chain Reaction</i> .....	41
4.2.1 Seleksi Komposisi PCR dan Primer .....	41
4.2.2 PCR Sampel Piper .....	42
4.3 Keanekaragaman Genetik .....	46
4.4 Keekerabatan.....	50
<b>BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, REKOMENDASI.....</b>	<b>55</b>
5.1 Simpulan .....	55
5.2 Implikasi.....	55
5.3 Rekomendasi .....	55
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>67</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Alat yang digunakan pada ekstraksi DNA.....	27
Tabel 3.2. Alat yang digunakan pada kuantifikasi DNA .....	27
Tabel 3.3. Alat yang digunakan pada elektroforesis .....	28
Tabel 3.4. Alat yang digunakan pada amplifikasi DNA .....	28
Tabel 3.5. Alat yang digunakan pada analisis data .....	28
Tabel 3.6. Bahan yang digunakan pada penelitian.....	28
Tabel 3.7. Sampel aksesori <i>P. aduncum</i> dan <i>P. umbellatum</i> .....	29
Tabel 3.8. Komposisi PCR Promega <i>GoTaq Flexi DNA Polymerase</i> M8295.....	32
Tabel 3.9. Komposisi PCR Promega <i>GoTaq Flexi DNA Polymerase</i> M829 Modifikasi .....	32
Tabel 3.10. Komposisi PCR Bioline <i>Mytaq™HS Mix</i> Bio-25045.....	32
Tabel 3.11. Primer yang diuji.....	33
Tabel 3.12. Kombinasi primer yang diseleksi.....	33
Tabel 4.1. Kuantifikasi DNA Sampel .....	40
Tabel 4.2. Primer yang digunakan .....	42
Tabel 4.3. Variasi genetik <i>P. aduncum</i> berdasarkan marka SRAP .....	43
Tabel 4.4. Variasi genetik <i>P. umbellatum</i> berdasarkan marka SRAP.....	43
Tabel 4.5. Analisis keanekaragaman genetik populasi <i>P. aduncum</i> dan <i>P.</i> <i>umbellatum</i> menggunakan Popgene.....	48
Tabel 4.6. Data jarak genetik antar populasi <i>P. aduncum</i> .....	48
Tabel 4.7. Data jarak genetic antar populasi <i>P. umbellatum</i> .....	48

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Piper aduncum</i> .....	22
Gambar 2.2. <i>Piper umbellatum</i> .....	22
Gambar 2.3. Ilustrasi PCR dengan marka RAPD .....	24
Gambar 2.4. Ilustrasi PCR dengan marka SSR.....	25
Gambar 2.5. Ilustrasi PCR dengan marka AFLP .....	25
Gambar 2.6. Ilustrasi PCR dengan marka SRAP .....	26
Gambar 3.1. Grafik program PCR - SRAP .....	34
Gambar 3.2. Bagan alur penelitian.....	38
Gambar 4.1. Hasil Elektroforesis Sampel.....	39
Gambar 4.2. Contoh skoring pada hasil elektroforesis .....	42
Gambar 4.3. Urutan sampel pada elektroforesis .....	44
Gambar 4.4. Elektroforegram produk PCR menggunakan 10 primer .....	45
Gambar 4.5. Dendrogram jarak genetik sampel <i>P. aduncum</i> dan <i>P. umbellatum</i> menggunakan Popgene .....	49
Gambar 4.6. Dendrogram gabungan <i>P. aduncum</i> dan <i>P. umbellatum</i> .....	52
Gambar 4.7. Dendrogram <i>P. aduncum</i> .....	53
Gambar 4.8. PCA dua dimensi 14 akses <i>P. aduncum</i> dengan marka SRAP .....	53
Gambar 4.9. Dendrogram <i>P. umbellatum</i> .....	54
Gambar 4.10. PCA dua dimensi 6 akses <i>P. umbellatum</i> dengan marka SRAP ...	54

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Elektroforegram seleksi 25 pasang primer .....	67
Lampiran 2. Indeks Similaritas Dice.....	68
Lampiran 3. Jadwal Kegiatan.....	69

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdelmigid, HM. (2012). Efficiency of random amplified polymorphic DNA (RAPD) and inter-simple sequence repeats (ISSR) markers for genotype fingerprinting and genetic diversity studies in canola (*Brassica napus*). *Afri. J. Biotech.* 11(24): 6409-6419.
- Acquaah, G. (2012). Principles of Plant Genetics and Breeding: Second Edition, John Wiley and Sons.
- Ajambang, W., Sudarsono, Asmono, & Toruan, N. (2012). Microsatellite markers reveal Cameroon's wild oil palm population as a possible solution to broaden the genetic base in the Indonesia-Malaysia oil palm breeding programs. *African Journal of Biotechnology*, 11(69), 13244–13249.
- Allendorf, F.W. dan Leary, R.F. (1986). Heterozygosity and fitness in natural populations of animals. In: Soule, M.E. (Ed.) *Conservation Biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer Associates, Inc., Publishers, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Aneja B, Yadav NR, Yadav RC, dan Kumar R. (2013). Sequence related amplified polymorphism (SRAP) analysis for genetic diversity and micronutrient content among gene pools in mungbean (*Vigna radiata* L.) Wilczek. *Physiol Mol Biol Plants*. 19(3): 399- 407.
- Angiosperm Phylogeny Group (APG IV). (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1–20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Arifin J, Mulliadi D. (2010). Pendugaan keseimbangan populasi heterozigositas menggunakan pola protein albumin darah pada populasi domba ekor tipis (Javanese thin tailed) di daerah Indramayu. *IJAVS*. 10(2): 65-72.
- BAPPENAS Badan Perencana Pembangunan nasional. (1993). Biodiversity Action Plan for Indonesia. Jakarta: BAPPENAS.
- Beckmann JS dan Soller M. (1986). Restriction fragment length polymorphisms and genetic improvement of agricultural species. *Euphytica* 35: 111–124
- Bellard, C., Cassey, P., dan Blackburn, T. M. (2016). Alien species as a driver of recent extinctions. *Biology Letters*, 12(2), 20150623. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2015.0623>
- Bennett, E .(1970). Genecology, genetic resources and plant breeding. *Genetica Agraria* 24: 210–220
- Bowen, B.W. and J.C. Avise. (1990). Genetic structure of Atlantic salmon and Gulf of Mexico populations of sea bass, menhaden, and sturgeon— Influences of zoogeographic factors and life-history patterns. *Marine Biology* 107: 371–381.

- Brown, W. L. (1983). Genetic diversity and genetic vulnerability—an appraisal. *Economic Botany*, 37(1), 4–12. <https://doi.org/10.1007/bf02859301>.
- Brush SB. (1991). Farmer conservation of New World crops: The case of Andean potatoes. *Diversity* 7(1–2): 75–79
- Buffalo, Vince. (2021). Quantifying the relationship between genetic diversity and population size suggests natural selection cannot explain Lewontin’s Paradox. *eLife* <https://doi.org/10.7554/eLife.67509>
- Burger, R. dan Lynch, M. (1995). Evolution and extinction in changing environment: A quantitative genetic analysis. *Evolution* 49: 151-163.
- Catford, J. A., Daehler, C. C., Murphy, H. T., Sheppard, A. W., Hardesty, B. D., Westcott, D. A., Rejmánek, M., Bellingham, P. J., Pergl, J., Horvitz, C. C., dan Hulme, P. E. (2012). The intermediate disturbance hypothesis and plant invasions: Implications for species richness and management. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 14(3), 231–241. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2011.12.002>
- Cavalli-Sforza, L.L. dan Feldman, M.W. (1990). Spatial subdivision of populations and estimates of genetic variation. *Theoretical Population Biology* 37: 3–25
- Chai, C. K. (1976). *Genetic Evolution*. Chicago: University of Chicago Press, USA.
- Cleary, D. F. R., dan DeVantier, L. (2011). Indonesia: Threats to the country’s biodiversity. *Encyclopedia of Environmental Health*, 187–197. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-52272-6.00504-3>
- De Arroyo MTK. (1975). Electrophoretic studies of genetic variation in natural populations of allogamous *Limnathes alba* and autogamous *Limnathes floccosa* (Limnathaceae). *Heredity* 35: 153–164
- Domis, M., Oyen, L.P.A.. (2008). Piper umbellatum L. In: Prota Base Record Display. PROTA. *Plant Resources of Tropical Africa*. [www.prota.org](http://www.prota.org)
- Eskasalam, Syafira Rizqi. (2019). Analisis Keragaman Genetik Sirih Hijau (*Piper betle* L) berbagai Aksesori dengan Marka Sequence-Related Amplified Polymorphism (SRAP). [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- European Commission. (2014). Regulation (EU) No 1143/2014 of the European Parliament and of the Council of 22 October 2014 on the prevention and management of the introduction and spread of invasive alien species. [online]. Diakses dari: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R1143&from=EN>
- Falconer, D.S. (1989). *Introduction to quantitative genetics*. 3rd edition. Longman publishing Group, New York.
- Fatmarischa N, Sutopo, Johari S. (2014). Jarak genetik dan faktor peubah pembeda Entok Jantan dan Betina melalui pendekatan analisis morfometrik. *JPI*. 16(1): 33-39.

- Finkeldey, Reiner dan Hattermer, Hans, H. (2007). *Tropical Forest Genetics*. Gottingen: Institute of Forest Genetics and Forest Tree Breeding
- Fisher, R.A. (1930). *The Genetical Theory of Natural Selection*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Frankham, R. (2005). Resolving the Genetic Paradox in Invasive Species. *Heredity* 94, 385  
<https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800634>
- Goodman, D. (1987). *The demography of chance extinction*. In *Viable populations for conservation*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Gultom F. K. B., Nababan T. M. S., Harizka T, dan Rahmatayah. (2017). Uji daya absorbansi etanol pada daun sirih hijau (*Piper betle* L.) dengan metode spektrofotometri UV-Vis. *J Einstein*. 5(2): 1-6.
- Harlan, J.R. dan de Wet, J.M.J. (1971). Toward a Rational Classification of Cultivated Plants. *Taxon*, 20, 509-517.  
<https://doi.org/10.2307/1218252>
- Hartemink, A.E. (2010). The invasive shrub *Piper aduncum* in Papua New Guinea: a review. *Journal of Tropical Forest Science*:202-213.
- Hodgkin T, Roviglioni R, de Vicente MC dan Dudnik N. (2001). Molecular methods in the conservation and use of plant genetic resources. *Acta Horticulturae*. 546: 107–118
- Husband, B.C. and Douglas, W. Schemske. (1996). Evolution of the magnitude and timing of inbreeding depression in plants. *Evolution* 50 (1): 54-70.
- Indrawan M., Primack, R.B., dan S.Jatna, (2007). *Biologi Konservasi (Edisi Revisi)*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- IUCN. (2000). IUCN Guidelines for the Prevention of Biodiversity Loss Caused by Alien Invasive Species. [online] diakses dari: <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/Rep-2000-052>.
- James, J.W. (1971). The founder effect and response to artificial selection. *Genetical Research* 12: 249-266.
- Jiang, Y., & Liu, J. P. (2011). Evaluation of genetic diversity in *Piper* spp using RAPD and SRAP markers. *Genetics and molecular research : GMR*, 10(4), 2934–2943.  
<https://doi.org/10.4238/2011.November.29.4>
- John, R.J., (1995) Malesia – An Introduction. *Curtis Biologi Magazine* 12(2)-5



- Kasem, S., Rice, N., dan Henry, R. J. (2008). DNA extraction from plant tissue. In R. J. Henry (Ed.), *Plant genotyping II: SNP technology* (pp. 219-271). Oxfordshire, UK: CAB International.
- Keller, L.F., Arcese, P., Smith, J.M.N., Hochachka, W.M. dan Stearns, S.C. (1994). Selection against song sparrows during natural population bottleneck. *Nature* 372: 356-357.
- Kimura, M. (1983). *The neutral theory of molecular evolution*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Kuncoro, M. (2009). *Metode Riset untuk Bisnis dan Ekonomi*. Edisi 3. Jakarta: Erlangga.
- Kus Veenvliet, J. (2021). *Invasive Alien Species and their Management*, a training course manual. *EuroNatur Foundation and Institute Symbiosis*, so. e. Tersedia di : <https://savaparks.eu/sava-ties-7448>
- Kusuma ABK, Bengen DG, Maduppa H, Subhan B, Arafat D. (2016). Keanekaragaman genetik karang lunak Sarcophyton trocheliphorum pada populasi laut Jawa, Nusa Tenggara dan Sulawesi. *Jurnal Enggano*. 1(1) : 89-96.
- Lacy, R.C. (1987). Loss of genetic diversity from managed populations: interacting effects of drift, mutation, immigration, selection, and population subdivision. *Conservation Biology* 1: 143-158.
- Laikre, L., Allendorf, F.W., Aroner, L.C., Baker, C.S., Gregovich, D.P., Hansen, M.M., Jackson, J.A., Kendall, K.C., McKelvey, K., Neel, M.C., Olivieri, I., Ryman, N., Schwartz, M.K., Bull, R.S., Stetz, J.B., Tallmon, D.A., Taylor, B.L., Vojta, C.D., Waller, D.M. dan Waples, R.S. (2010). Neglect of genetic diversity in implementation of the conservation on biological diversity. *Conservation Biology* 24: 86–88.
- Lande, R. (1995). Mutation and conservation. *Conservation Biology* 9: 782-791.
- Langga I. F., Restu M., dan Kuswinanti. (2012). Optimalisasi suhu dan lama inkubasi dalam ekstraksi dna tanaman bitti (*Vitex cofassus* Reinw) serta analisis keragaman genetik dengan teknik RAPD-PCR. *Jurnal Sainsteknol*. 12(3): 265- 276.
- Lanner-Herrera C, Gustafsson M, Falt AS & Bryngelsson T (1996) Diversity in wild populations of Brassica oleracea as estimated by isozyme and RAPD analysis. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 43: 13– 23
- Ledig, F.T. (1986). Heterozygosity, heterosis, and fitness in outbreeding plants. Dalam: Soule, M.E. (Ed.). *Conservation Biology: the science of scarcity and diversity* Sinauer Associates, Inc., Publishers, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Lee, M. (1995). DNA markers and plant breeding programs. *Advances Agronomy* 55:265–344

- Li, G., dan Quiros, C. F. (2001). Sequence-related amplified polymorphism (SRAP), a new marker system based on a simple PCR reaction: Its application to mapping and gene tagging in brassica. *Theoretical and Applied Genetics*, 103(2-3), 455–461. <https://doi.1007/s001220100570>
- Liao, M., Fillmore, T. L., & Rhee, Y. (2018). Detection and elimination of plant-derived PCR inhibitors in soil DNA extracts. *Biotechniques*, 65(6), 319-326.
- LIPI. (2013). Flora Malesiana Terancam Punah. [Online]. Diakses dari: <http://lipi.go.id/berita/single/Flora-Malesiana-Terancam-Punah/8316>
- LIPI. (2020). Potensi Keanekaragaman Hayati Indonesia untuk Bioprospeksi dan Bioekonomi. [Online]. Diakses dari: <http://lipi.go.id/berita/potensikeanekaragaman-hayati-indonesiauntuk-bioprospeksi-dan-bioekonomi-/22154>.
- Loveless, MD dan Hamrick, JL. (1984). Ecological determinants of genetic structure in plant populations. *Annual Review Ecology System* 15: 65–96
- Meffe, G.K. and Carroll, C.R. 1997. Principles of Conservation Biology. *Sinauer Associates, Inc. USA*.
- Miller, JC dan Tanksley, SD. (1990). RFLP analysis of phylogenetic relationships and genetic variation in the genus *Lycopersicon*. *Theoreticl Application Genetics* 80(4): 437–448
- Miller, M.R., Dunham, J.P., Amores, A., Cresko, W.A. and Johnson, E.A. (2007). Rapid and cost effective polymorphism identification and genotyping using restriction site associated DNA (RAD) markers. *Genome Research* 17(2): 240-248.
- Mittermeier, R. A., Gil PR, Hoffman M, Pilgrim J, Brooks T, Mittermeier 'G, Lamoreux J, da Fonseca GAB, Seligmann PA, dan Ford H. (2005). Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. *CEMEX*.
- Mondini L., Noorani A, Pagnotta MA. (2009). Assessing plant genetic diversity by molecular tools. *Diversity*;1 (1):19–35.
- Mora, C., Tittensor, D.P., Adl, S., Simpson, A.G. and Worm, B. (2011). How many species are there on Earth and in the ocean?. *PLOS Biology*. 9(8): e1001127. doi:10.1371/journal.pbio.1001127. Retrieved on 26 May 2015.
- Morikawa T dan Leggett JM. (1990). Isozyme polymorphism in natural populations of *Avena canariensis* from the Canary Islands. *Heredity* 64: 403–411
- Mueller, Ulrich G. (1999). AFLP Genotyping and Fingerprinting. *Trends in Ecology & Evolution* 14: 384-84. Print.
- Muhammad A'tourrohman, dan Malia Ulfah. (2020). ETNOBOTANY study on the utilization of Sirih Types (FAMILI: Piperaceae) in Kalijambe Village, Kecamatan

- Bener, Purworejo District. *Biocelebes*, 14(3), 268–278.  
<https://doi.org/10.22487/bioceb.v14i3.15239>
- Nabilla, S., Safira, U.M, Puspita, P.J., Subositi, D., Maruzy, A., Artika, I.M. (2021). Genetic diversity analysis of Piper betle from eight accessions of Indonesia based on SRAP markers. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 22(8).  
<https://10.13057/biodiv/d220837>
- NadeemA., Nawaz, M. A., Shahid, M. Q., Doğan, Y., Comertpay, G., Yıldız, M., Hatipoğlu, R., Ahmad, F., Alsaleh, A., Labhane, N., Özkan, H., Chung, G., dan Baloch, F. S. (2018). DNA molecular markers in plant breeding: Current status and recent advancements in genomic selection and genome editing. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 32(2), 261–285.  
<https://doi.org/10.1080/13102818.2017.1400401>
- Nandika, D. (2005). Hutan bagi ketahanan nasional. Surakarta: Universitas Muhammadiyah.
- Nei, M. (1987). *Molecular Evolutionary Genetics*. New York: Columbia University Press.
- Padmanaba, M. (2022). Piper Aduncum (spiked pepper)., *CABI Compendium*.  
<https://doi.org/10.1079/cabicompendium.41354>
- Palmer JD, Jansen RK, Michaels HJ, Chase MW dan Manhart JR. (1988). Chloroplast DNA variation and plant phylogeny. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75: 1180–1206
- Poncet V, Lamy F, Enjalbert J, Joly H, Sarr A dan Robert T. (1998). Genetic analysis of the domestication syndrome in pearl millet (*Pennisetum glaucum* L, Poaceae): inheritance of the major characters. *Heredity* 81(6): 648–658
- Popping B., Amigo C. D., dan Hoenicke K. (2010). *Molecular Biological and Immunological Techniques and Applications for Food Chemists*. New Jersey (US): John Wiley & Sons Inc.
- Porebski, S., Bailey, L.G. & Baum, B.R. (1997). Modification of a CTAB DNA extraction protocol for plants containing high polysaccharide and polyphenol components. *Plant Molecular Biology Reporter* 15, 8-15. <https://doi.org/10.1007/BF02772108>
- Potzernheim, Miriam C., Bizzo, Humberto Ribeiro, Silva, Joseane P., Vieira, Roberto. (2012). Chemical characterization of essential oil constituents of four populations of Piper aduncum L. from Distrito Federal Brazil. *Biochemical Systematics and Ecology*, 42 (2012), pp. 25-31
- Putman, Alexander I. dan Carbone Ignazio. (2014). Challenges in analysis and interpretation of microsatellite data for population genetic studies. *Ecologi and Evolution Vol. 4* 4399-4428. <https://doi.org/10.1002/ece3.1305>
- Radiarta, I Nyoman, Hasnawi, dan A. M. (2013). Kondisi Kualitas Perairan Di Kabupaten Morowali Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Riset Akuakultur* : June 2011, 299–309.

Fakhri Faturrohman, 2023

**KEANEKARAGAMAN GENETIK DAN KEKERABATAN SPESIES ASING, *Piper aduncum* L. dan *Piper umbellatum* L. (PIPERACEAE), BERDASARKAN ANALISIS Sequenced-Related Amplified Polymorphism**

Universitas Pendidikan Indonesia | [repository.upi.edu](https://repository.upi.edu) | [perpustakaan.upi.edu](https://perpustakaan.upi.edu)

- Rafalski J. A. , Vogel J. M., Morgante M., Powell W., Andre C., dan Tingey S. (1996). dalam: Birren B, Lai E (eds) Non-mammalian genome analysis: a practical guide. Academic Press, New York, pp 75–134
- Rao, V. R., dan Hodgkin, T. (2002). Genetic diversity and conservation and utilization of plant genetic resources. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 68(1), 1–19. <https://doi.org/10.1023/a:1013359015812>
- Rawat, U. S., dan Agarwal, N. K. (2015). Biodiversity: Concept, threats and conservation. *Environment Conservation Journal*, 16(3), 19–28. <https://doi.org/10.36953/ecj.2015.16303>
- Reddy, A., Prakash, V., dan Shiveji, S. (2007). A Rapid, Non-Invasive, PCR-Based Method for Identification of Sex of The Endangered Old World Vultures Implications for Captive Breeding Programmes. *Current Science*. 92(5).
- Reshma, Raj. S. dan D.N. Das. (2020). Chapter 9 – Molecular markers and its application in animal breeding. *Advances in Animal Genomics*: Academic Press
- Richardson, D. M., Pysek, P., Rejmanek, M., Barbour, M. G., Panetta, F. D., dan West, C. J. (2000). Naturalization and invasion of alien plants: Concepts and definitions. *Diversity Distributions*, 6(2), 93–107. <https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x>
- Ridgeway, G.J. (1962). The application of some special immunological methods to marine population problems. *American Naturalist* 96: 219– 224.
- Roersch, C. M. F. B. (2010). *Piper umbellatum L.*: A comparative cross-cultural analysis of its medicinal uses and an ethnopharmacological evaluation. *Journal of Ethnopharmacology*, 131(3), 522–537. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.07.045>
- Sahu, S. K., Thangaraj, M., & Kathiresan, K. (2012). DNA extraction protocol for plants with high levels of secondary metabolites and polysaccharides without using liquid nitrogen and phenol. *ISRN Molecular Biology*, 2012, 1–6. <https://doi.org/10.5402/2012/205049>
- Sambrook, J., Fritsch, E. R., dan Maniatis, T. (1989). *Molecular Cloning: A Laboratory Manual (2nd ed.)*. Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Santosa, Y. Ramadhan, E.R., Rahman, D.A. (2008). Studi Keanekaragaman Mamalia pada Beberapa Tipe Habitat di Stasiun Penelitian Pondok Ambung Taman Nasional Tanjung Puting Kalimantan Tengah. *Media Konservasi* Vol.13 No.3 (12) 1-7.
- Sari, Verbita. (2016). Keragaman genetik bawang merah berdasarkan marka morfologi dan ISSR. *Indonesian Journal of Agronomy*. Bogor (ID): Magister Sains Biologi.
- Sarwat, M., M.S. Negi, M. Lakshmikumar, A.K. Tyagi, S. Das and P.S. Srivastava. (2006). A standardized protocol for genomic DNA isolation from Terminalia arjuna for genetic diversity analysis. *Electronic Journal of Biotechnology*. 9(1): 86-91. doi: 10.2225/vol9-issue1-fulltext-3

- Schmelzer, G.H. (2001). *Piper umbellatum* L. dalam: van Valkenburg, J.L.C.H., Bunyapraphatsara, N. (Eds.), *Plant Resources of South-East Asia No. 12(2): Medicinal and Poisonous Plants 2*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
- Schmitt, J. dan Ehrhardt, D.W. (1990). Enhancement of inbreeding depression by dominance and suppression in *Impatiens capensis*. *Evolution* 44: 269-278.
- Semagn, K., Bjornstad, A., dan Ndjiondjop, M. N. (2006). Principles, requirements and prospects of genetic mapping in plants. *African Journal of Biotechnology*, 5(25), 2569–2587.
- Sethuraman, Arun. (2018). Estimating Genetic Relatedness in Admixed Populations. *G3 (Bethesda, Md.)*, 8(10), 3203–3220. <https://doi.org/10.1534/g3.118.200485>
- Shaye N. A., Migdadi H., Charbaji A., Alsayegh S., Daoud S., Al-Anazi W, dan Alghamdi S. (2018). Genetic variation among saudi tomato (*solanum lycopersicum* L.) landraces studied using sds-page and srp markers. *Saudi Journal of Biological Sciences* 4:1–9 DOI 10.1016/j.sjbs.2018.04.014.
- Simberloff, Daniel. (2013). Introduced Species, Impacts and Distribution of. *Encyclopedia of Biodiversity (second edition)* Knoxville: University of Tennessee. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00251-3>
- Sudarsono, Ratnawati, dan Budiwati. (2005). Taksonomi Tumbuhan Tinggi. Malang : Universitas Negeri Malang.
- Sudjana, Nana, dan Ibrahim. (1989). Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif. Bandung: Sinar Baru
- Sulistiyawati P, Widyatmoko AYPBC. (2017). Keragaman genetik populasi kayu merah (*Pterocarpus indicus* Willd) menggunakan marka random amplified polymorphism DNA. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*. 11(1): 67-76. <https://doi.org/10.20886/jpth.2017.11.1.67-76>
- Sutarno dan Setyawan, A. D. (2015). “Makalah Utama: Biodiversitas Indonesia: Penurunan dan Upaya Pengelolaan untuk Menjamin Kemandirian Bangsa”. Dalam Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia, 1(1), 1-15. doi: <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m010101>.
- Sutoyo, S. (2010). Keanekaragaman Hayati Indonesia Suatu Tinjauan: Masalah dan Pemecahannya. *Buana Sains*, 10(2), 101-106. doi: <https://doi.org/10.33366/bs.v10i2.199>.
- Syafaruddin, Nasution MA. (2012). Keragaman 17 aksesi plasma nutfah kakao berdasarkan marka morfologi dan molekuler. *Buletin Ristri*. 3(2): 177- 184.
- Tjitrosoepomo G. (1994). *Morfologi Tumbuhan*. Yogyakarta (ID): Gajah Mada University Press.

- van Kleunen, M., Dawson, W., Essl, F., Pergl, J., Winter, M., Weber, E., Kreft, H., Weigelt, P., Kartesz, J., Nishino, M., Antonova, L. A., Barcelona, J. F., Cabezas, F. J., Cárdenas, D., Cárdenas-Toro, J., Castaño, N., Chacón, E., Chatelain, C., Ebel, A. L., dan Pyšek, P. (2015). Global exchange and accumulation of non-native plants. *Nature* 525, 100–103
- van Steenis, CGGJ. (ed.). (1972). Flora Malesiana. Series 1: Spermatophyta. Vol.5. Groningen: WoltersNoordhoff Publishing.
- Vanijajiva. (2012). The application of ISSR markers in genetic variance detection among Durian (*Durio zibethinus* Murv) cultivar in the Nonthaburi province Thailand. *Procedia Engineering*. 32(2012): 153-159.
- Vivikanda F. (2014). Deteksi DNA babi dan DNA sapi dengan menggunakan metode insulated isothermal Polymerase Chain Reaction (ii-PCR) [skripsi]. Jakarta (ID): UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Wang D, Shen B, Gong H. (2019). Genetic diversity of Simao pine in China revealed by SRAP markers. *Peer J*. 7(6):529-560.
- Wiley, E. O. (1981). Phylogenetics : The Theory and Practice of Phylogenetics Systematics. University of Kansas, Lawrence. John Wiley and Son. New York.
- Williams J G K and Ronald I A. (1990). DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Res*. 18(22):6531-5. doi: 10.1093/nar/18.22.6531.
- World Flora Online. (2023): World Flora Online. Diakses dari: <http://www.worldfloraonline.org>.
- Wright, S. (1920). The relative importance of heredity and environment in determining piebald pattern of guinea-pigs. *Proceedings of National Academy of Sciences U.S.A*. 6: 320–332.
- Xiang, L., Li, X.-L., Wang, X.-S., Yang, J., Lv, K., Xiong, Z.-Q., Chen, F.-Q., dan Huang, C.-M. (2020). Genetic diversity and population structure of *Distylium chinense* revealed by ISSR and SRAP analysis in the Three Gorges Reservoir region of the Yangtze River, China. *Global Ecology and Conservation*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00805>
- Zeng B., Wang G. Z., Zuo F. Y., Chen Z. H., dan Zhang X. Q. (2012). Genetic Diversity Analysis of Cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) Accessions with Sequence-Related Amplified Polymorphism (SRAP) and Inter-Simple Sequence Repeat 6 (ISSR) Markers. *African Journal Biotech*. 11(67): 13075- 13084.

- Zhao, Feng , N. , Q. Xue , Q. Guo , dan M. Guo. (2009). Genetic diversity and population structure of *Celosia argentea* and related species revealed by SRAP. *Biochemical Genetics* 47 : 521 – 532 .
- Zietkiewicz, E., Rafalski, A. dan Labuda, D. (1994). Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)–anchored polymerase chain reaction amplification. *Genomics* 20: 176–183.
- Zuraidah, Z. (2015). Pengujian ekstrak daun sirih (*Piper sp*) yang digunakan oleh para wanita di Gampong Dayah Bubur, Pidie dalam mengatasi kandidiasis akibat cendawan *Candida albican*. *Internasional Journal of Child Gender Studies*. 1(2):109-119.