



Pemberdayaan Kelompok Wanita Tani Melalui Penyuluhan dan Pelatihan Budidaya Aquaponik

Upik Elok Endang Rasmani^{1*}, Bia Haqqulimara², Lia Aviani³, Rahmah Chaerunisa⁴, Meliana Saputri⁵, Laela Rahmadapasha⁶, Rissa Khairinaa⁷, Novian Safira Nur'aini⁸, Dani Setyowati⁹, Etie Rahayu Ningsih¹⁰

¹ Program Studi Pendidikan Guru Pendidikan Anak Usia Dini, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret Indonesia, ² Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Sebelas Maret Indonesia ³ Program Studi Ilmu Hukum, Fakultas Hukum, Universitas Sebelas Maret Indonesia ⁴ Program Studi Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Sebelas Maret Indonesia ⁵ Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, ⁶ Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret Indonesia, ⁷ Program Studi Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret Indonesia, ⁸ Program Studi Akuntansi, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Sebelas Maret Indonesia ⁹ Program Studi Pendidikan Geografi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret Indonesia, ¹⁰ Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret Indonesia

ARTICLE INFO

Article History

Received : Mar 15, 2023

1st Revision : Jun 8, 2023

Accepted : Jul 23, 2023

Available Online : Jul 31, 2023

Keywords:

aquaponik;
kelompok wanita tani;
ketahanan pangan;
pandemi covid-19;
pemberdayaan.

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic has had an impact on all walks of life. One of them is in the economic sector, which can be seen from the instability of food prices so that it adds to the financial burden of the community. Aquaponics is one way to achieve food security as well as an alternative solution for people who are constrained by limited land. This community service activity aims to introduce cultivation with a mutually beneficial combination of aquaculture and hydroponic systems using aquaponic techniques, explain the benefits and future prospects obtained from aquaponics, explain how to make aquaponic media using buckets, explain how to treat it to empower Women's Groups Farmers to have soft skills and insight into the world so that they can use vacant land to become food gardens, in addition to personal consumption can also be used as a source of income. The participation and enthusiasm of the participants in the aquaponics counseling and training consisting of members of the Sekarsari Farmer Women's Group in Dusun Beran was very good. The participants were enthusiastic and actively asked questions in aquaponics counseling. This activity succeeded in pleasing the community that aquaponic cultivation techniques are more effective, become an alternative solution to limited land, as a means to fill spare time, as well as personal consumption and income. Extension activities and aquaponic cultivation training are useful and are expected to be implemented in a sustainable manner.

ABSTRAK

Pandemi Covid-19 memberikan dampak di berbagai lapisan masyarakat. Salah satunya di sektor ekonomi, yang bisa dilihat dari ketidakstabilan harga pangan sehingga menambah beban finansial masyarakat. Aquaponik menjadi salah satu cara untuk mewujudkan ketahanan pangan sekaligus solusi alternatif bagi masyarakat yang terkendala keterbatasan lahan. Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk mengenalkan budidaya dengan kombinasi sistem akuakultur dan hidroponik yang saling menguntungkan yaitu dengan menggunakan teknik aquaponik, menjelaskan manfaat dan prospek kedepan yang diperoleh dari hasil aquaponik, menjelaskan cara membuat media aquaponik menggunakan ember, menjelaskan bagaimana cara perawatannya guna pemberdayaan Kelompok Wanita Tani agar memiliki softskill maupun wawasan tentang dunia pertanian sehingga dapat memanfaatkan lahan kosong menjadi pekarangan pangan, selain untuk konsumsi pribadi juga dapat dijadikan sebagai sumber penghasilan. Partisipasi dan antusiasme peserta

*Corresponding Author

Email address:

upikelok@staff.uns.ac.id

pastikan nama penulis
koresponding diberikan (*)

penyuluhan dan pelatihan aquaponik yang terdiri dari anggota Kelompok Wanita Tani Sekarsari Dusun Beran sangat baik. Para peserta antusias dan aktif bertanya dalam penyuluhan aquaponik. Kegiatan ini berhasil meyakinkan masyarakat bahwa teknik berbudidaya aquaponik lebih efektif, menjadi alternatif solusi keterbatasan lahan, sebagai sarana untuk mengisi waktu luang, serta sebagai konsumsi pribadi dan pemasukan. Kegiatan penyuluhan dan pelatihan budidaya aquaponik bermanfaat dan diharapkan dapat diaplikasikan secara berkelanjutan.

[Dedikasi: Community Service Reports](#) by UNS is licensed under Creative Commons Attribution



1. LATAR BELAKANG

Selama tahun 2000-2012, produksi akuakultur global berkembang dengan laju rata-rata tahunan sebesar 6,2%, dengan produksi akuakultur dunia sebesar 66,7 juta ton pada tahun 2012, melampaui laju pertumbuhan populasi dunia sebesar 1,6%. Diperkirakan akuakultur akan menyumbang 62% dari pasokan ikan dunia untuk konsumsi manusia pada tahun 2030. Penerapan akuakultur skala besar, bagaimanapun, dibatasi oleh pemanfaatan lahan dan air serta oleh masalah lingkungan. Dengan demikian, perluasan akuakultur lebih lanjut sekarang bergantung pada pengembangan dan penerapan teknologi baru untuk mengintensifkan budidaya ikan sambil memaksimalkan penggunaan kembali air dan nutrisi, dan meminimalkan dampak lingkungan. Akuaponik, yang merupakan sistem terintegrasi yang menghubungkan akuakultur resirkulasi dengan produksi hidroponik, dianggap sebagai solusi yang inovatif dan berkelanjutan (Hua et al., 2015). Akuaponik menjadi salah satu terobosan yang dapat dikembangkan di bidang pangan dimana Akuaponik merupakan sebuah alternatif yang membudidayakan tanaman dan ikan dalam satu tempat (Hidayatulloh et al., 2021). Hal tersebut menjadi solusi potensial bagi budidaya perikanan di lahan yang sempit dengan penggunaan air yang lebih hemat, mudah dilakukan masyarakat di rumah masing-masing dengan modal yang relatif kecil serta akhirnya mampu mencukupi kebutuhan gizi masyarakat (Nursandi, 2018). Dengan adanya beraneka ragam metode pertanian yang dikembangkan salah satunya adalah metode cocok tanam dengan sistem Akuaponik lahan yang sempit tersebut dapat dimanfaatkan secara maksimal.

Akuaponik adalah sistem produksi pangan biointegrasi yang menghubungkan akuakultur resirkulasi dengan produksi sayuran, bunga, dan/atau tanaman hidroponik (Kurniawan et al., 2021). Ini adalah sistem produksi makanan yang sangat produktif dan ekologis, di mana limbah ikan menyediakan sumber nutrisi bagi bakteri nitrifikasi, yang pada gilirannya mengubah limbah beracun ikan menjadi nutrisi yang berguna bagi tanaman. Limbah padat termineralisasi juga digunakan untuk kepentingan tanaman. Dengan demikian, tumbuhan yang berasosiasi dengan bakteri nitrifikasi menyediakan filter alami untuk menghilangkan limbah beracun ikan. Ini menciptakan ekosistem mini tempat tumbuhan dan ikan dapat tumbuh subur. Lebih lanjut memaksimalkan produksi dan menggunakan lebih sedikit air daripada yang digunakan untuk menghasilkan ikan dan sayuran dalam jumlah yang sama dalam praktik tradisional (Al-Hafedh et al., 2008).

Sistem ini merupakan kombinasi antara akuakultur dengan hidroponik yang menghasilkan simbiosis mutualisme atau saling menguntungkan. Akuakultur merupakan budidaya ikan, sedangkan hidroponik adalah budidaya tanaman tanpa tanah yang berarti budidaya tanaman yang memanfaatkan air dan tanpa menggunakan tanah sebagai media tanam atau soilless (Purbajanti et al., 2017). Akuaponik memanfaatkan secara terus menerus air dari pemeliharaan ikan ke tanaman dan selanjutnya dikembalikan lagi ke kolam ikan. Inti dasar dari sistem ini adalah penyediaan air yang optimum untuk masing-masing komoditas dengan memanfaatkan sistem re-sirkulasi sehingga dapat mempermudah pekerjaan manusia dengan memanfaatkan kemajuan teknologi (Rahmanto et al.,

2020).

Aquaponik adalah teknologi baru dalam produksi pertanian modern yang menggabungkan akuakultur dengan hidroponik (Puspitasari et al., 2020). Dengan demikian, penanaman sayuran tidak lagi membutuhkan pemupukan, dan budidaya ikan tidak perlu terlalu sering mengganti air. Perubahan ini memungkinkan ikan, tanaman budidaya dan mikroorganisme membentuk simbiosis yang saling menguntungkan dan koeksistensi yang harmonis dari hubungan keseimbangan ekologis. Ini adalah cara kerja produksi makanan sehat yang berkelanjutan (Wei et al., 2019).

Budidaya sistem akuaponik pada prinsipnya menghemat penggunaan lahan dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan hara dari sisa pakan dan metabolisme ikan. Sistem ini merupakan budidaya ikan yang ramah lingkungan (Hadiyanti, 2018). Penjelasanannya sangat sederhana, dalam teknik aquaculture dimana ikan menjadi bahan utama terkendala dalam peningkatan kadar amonia yang dihasilkan oleh kotoran ikan. Teknik ini mengintegrasikan budidaya ikan secara tertutup (resirculating aquaculture) yang dipadukan dengan tanaman. Dalam proses ini tanaman memanfaatkan unsur hara yang berasal dari kotoran ikan. Ikan yang dibudidayakan adalah lele. Menurut (Craig et al., 2017). Ikan lele mampu memanfaatkan pakan dengan kandungan protein tinggi, namun sebanyak 65% protein akan hilang ke lingkungan. Sebagian besar nitrogen dikeluarkan sebagai amonia (NH₃) melalui insang, dan hanya 10% hilang dalam bentuk limbah padatan. Kemudian bakteri pengurai akan mengubah kotoran ikan menjadi unsur nitrogen, kemudian unsur tersebut akan dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi pada tanaman (Nazlia & Zulfiadi, 2018). Selain itu, keberadaan tanaman sayur menguntungkan untuk ikan yang ada dibawahnya karena dengan adanya tanaman sayur tersebut unsur hara dari kotoran ikan akan terfilter oleh tanaman sehingga zat tersebut tidak lagi menjadi zat berbahaya untuk ikan. Dapat disimpulkan bahwa Teknik Aquaponik ini menjadi solusi keterbatasan lahan dengan cara budidaya ikan dan tanaman dalam satu media sehingga efektif dan efisien, serta menghasilkan hubungan saling ketergantungan antara ikan dan tanaman.

Berdasarkan analisis lapangan TIM KKN UNS 49, di Dusun Beran, Desa Girirejo, Kecamatan Tegalrejo, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah terdapat kelompok wanita tani yang melakukan budidaya lele dan tanaman sayuran terutama kangkung di halaman rumahnya. Namun, masih terdapat kendala yang dialami oleh Kelompok Wanita Tani dalam berbudidaya meliputi keterbatasan lahan, kesibukan lain sehingga kurang dapat merawat tanaman dengan maksimal, dan mengenai ketersediaan air ketika musim kemarau melanda. Oleh karena itu, TIM KKN UNS 49 periode Juli-Agustus Tahun 2021 mengangkat program berupa penyuluhan dan pelatihan budidaya aquaponik tanaman kangkung terintegrasi dengan pemeliharaan ikan lele dalam ember untuk ketahanan pangan di masa pandemi COVID-19. Harapannya melalui implementasi ini dapat menjadi jalan keluar dari kendala-kendala yang dialami oleh Kelompok Wanita Tani dalam berbudidaya ikan serta sayuran, untuk ketahanan pangan, menekan pengeluaran ekonomi masyarakat serta sebagai sumber pemasukan. Mengingat aquaponik perawatannya lebih mudah karena dalam sistem aquaponik tanaman mendapatkan nutrisi dari air ikan dan untuk tempatnya juga tidak membutuhkan lahan yang terlalu luas seperti pembuatan lahan kolam lele pada biasanya karena hanya menggunakan media ember, sehingga tidak memakan banyak tempat. Selain itu, aquaponik juga lebih menghemat penggunaan air serta perawatannya lebih mudah, hanya memberi ikan dan mengganti air apabila dirasa sudah bau atau tidak layak dipakai lagi.

2. METODE PELAKSANAAN

Kegiatan ini dilakukan berupa pengabdian kepada masyarakat oleh Tim KKN UNS 49 berlokasi di Dusun Beran, Desa Girirejo, Kecamatan Tegalrejo, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah yang tersusun pada program Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada periode Juli-Agustus 2021. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dimulai dengan melaksanakan penyuluhan dan pelatihan ini secara offline dengan mematuhi protokol Kesehatan di Gedung Serbaguna Dusun Beran, Desa Girirejo, Kecamatan Tegalrejo,

Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah. Sasaran kegiatan ini adalah pengurus dan anggota Kelompok Wanita Tani Sekarsari Dusun Beran, Desa Girirejo, Kecamatan Tegalrejo, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah. Rangkaian kegiatan ini diawali dengan pemaparan materi mengenai aquaponik, prinsip, kelebihan, dan cara perawatan aquaponik. Selanjutnya dilakukan praktik aquaponik yang kemudian diakhiri dengan pembagian media aquaponik, bibit lele, benih kangkung, dan pakan lele.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan penyuluhan dan pelatihan budidaya aquaponik dilaksanakan pada hari Rabu, 18 Agustus 2021 di Gedung Serbaguna Dusun Beran, Desa Girirejo, Kecamatan Tegalrejo, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah. Kegiatan tersebut dihadiri oleh perwakilan pengurus dan anggota Kelompok Wanita Tani Sekarsari. Kegiatan penyuluhan serta pelatihan aquaponik bertujuan untuk mengenalkan budidaya dengan kombinasi sistem akuakultur dan hidroponik yang saling menguntungkan yaitu dengan menggunakan teknik aquaponik, menjelaskan manfaat dan prospek kedepan yang diperoleh dari hasil aquaponik, cara membuat media aquaponik menggunakan ember, cara perawatannya guna pemberdayaan Kelompok Wanita Tani Sekarsari agar memiliki softskill maupun wawasan tentang dunia pertanian sehingga dapat memanfaatkan lahan yang kosong menjadi pekarangan pangan yang selain untuk konsumsi pribadi juga dapat dijadikan sebagai sumber penghasilan. Dalam kegiatan ini juga menyampaikan keunggulan dari aquaponik itu sendiri, diantaranya yaitu aquaponik menghasilkan dua produk sekaligus (sayur dan ikan) dari satu unit produksi, hasil dan kualitas tanaman lebih tinggi, lebih terbebas dari hama dan penyakit, penggunaan air dan pupuk lebih hemat, sebagai solusi ketidaksuburan lahan, sebagai solusi keterbatasan lahan, rekayasa iklim mikro dalam greenhouse, dan pertumbuhan lebih seragam (Sastro, 2016). Kegiatan ini dilaksanakan secara offline dengan mematuhi protokol kesehatan. Kegiatan penyuluhan serta pelatihan aquaponik diawali dengan pemberian materi mengenai aquaponik, bagaimana prinsipnya, kelebihan aquaponik, dan cara perawatannya. Selanjutnya dilakukan praktik aquaponik yang kemudian diakhiri dengan pembagian media aquaponik, bibit lele, benih kangkung, dan pakan lele.

Alat dan bahan yang diperlukan untuk budidaya aquaponik meliputi: ember dengan ukuran 30 liter dengan tutup ember yang dilubangi, dengan delapan lubang sebagai tempat netpot dan satu lubang di tengah sebagai sarana untuk memberi pakan pada ikan lele sekaligus sebagai sirkulasi udara. Ember tersebut juga dilubangi pada bagian samping bawah untuk memasang kran yang fungsinya sebagai sarana untuk menguras air; Netpot yang digunakan sebagai wadah media tanam kangkung yang diberi kain flanel sebagai penghantar air serta nutrisi ke media tanam; rockwool sebagai media tanam kangkung dalam budidaya aquaponik; benih kangkung; bibit lele dan pakan lele aquaponik.

Kegiatan penyuluhan dan pelatihan budidaya aquaponik berlangsung secara kondusif dan aktif. Hal ini dapat dilihat dari antusiasme peserta penyuluhan dan pelatihan budidaya aquaponik serta adanya diskusi aktif. Selain itu, juga dapat dilihat dari antusiasme peserta penyuluhan dan pelatihan budidaya aquaponik yang turut terjun langsung dalam mempraktikkan budidaya aquaponik. Setelah kegiatan ini berakhir, pengurus dan anggota Kelompok Wanita Tani Sekarsari mengimplementasikan ilmu yang diperoleh dengan mempraktikkan secara mandiri budidaya dengan teknik aquaponik seperti yang terlihat pada gambar 1. Dua minggu setelah kegiatan penyuluhan Aquaponik, kami mengamati bahwa bibit kangkung maupun bibit lele tumbuh dan berkembang dengan baik.



Gambar 1. Praktik Budidaya Aquaponik

4. KESIMPULAN

Program Kerja KKN UNS Membangun Desa Kelompok 49 dengan Program Kerja Penyuluhan dan Pelatihan Budidaya Aquaponik berjalan dengan baik. Program kerja ini meliputi pemaparan materi mengenai aquaponik, bagaimana prinsipnya, kelebihan aquaponik, dan cara perawatannya. Selama penyuluhan dan pelatihan, peserta sangat antusias, memperhatikan dengan baik materi yang disampaikan, dan aktif bertanya selama kegiatan berlangsung. Selanjutnya dilakukan praktik aquaponik yang melibatkan seluruh peserta. Kegiatan ini diakhiri dengan pembagian media aquaponik, bibit lele, benih kangkung, dan pakan lele. Kegiatan ini berhasil meyakinkan masyarakat bahwa teknik budidaya aquaponik lebih efektif, menjadi alternatif solusi keterbatasan lahan, sebagai sarana untuk mengisi waktu luang, serta sebagai konsumsi pribadi dan pemasukan. Setelah kegiatan ini berakhir, pengurus dan anggota Kelompok Wanita Tani Sekarsari mengimplementasikan ilmu yang diperoleh dengan mempraktikkan secara mandiri budidaya dengan teknik aquaponik. Dua minggu setelah kegiatan penyuluhan dan pelatihan budidaya aquaponik dilaksanakan, TIM KKN UNS 49 melakukan peninjauan terhadap perkembangan budidaya aquaponik oleh Kelompok Wanita Tani Sekarsari. Dari hasil peninjauan tersebut, diperoleh hasil pengamatan bahwasannya baik kangkung maupun bibit lele tumbuh dan berkembang dengan baik.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada:

- a. Pihak UPKKN LPPM Universitas Sebelas Maret (UNS) yang telah memfasilitasi pelaksanaan kegiatan KKN periode Juli-Agustus 2021.
- b. Dr. Upik Elok Endang Rasmani, M.Pd selaku Dosen Pembimbing Lapangan (DPL) yang sudah memberi masukan dan evaluasi terhadap keberlangsungan program KKN.
- c. Bapak Dhiko Sutopo, S.H., selaku Kepala Desa Girirejo yang mau bekerja sama dan memberi dukungan dalam keberlangsungan program KKN.
- d. Bapak Rahmat Agus Santosa, selaku Kepala Wilayah Beran, Girirejo yang mau bekerja sama dan memberi dukungan dalam keberlangsungan program KKN.
- e. Ibu Parliyah, selaku pengelola Kelompok Wanita Tani Sekarsari Dusun Beran, Girirejo yang ikut berpartisipasi dalam keberlangsungan program KKN.
- f. Teman-teman KKN UNS Kelompok 49 yang saling memberi bantuan dalam keberlangsungan program kerja sehingga dapat berjalan dengan lancar.
- g. Pengurus dan anggota Kelompok Wanita Tani Sekarsari Dusun Beran, Desa Girirejo, Kecamatan Tegalrejo, Kabupaten Magelang.

6. DAFTAR RUJUKAN

- Al-Hafedh, Y. S., Alam, A., & Beltagi, M. S. (2008). Food production and water conservation in a recirculating aquaponic system in Saudi Arabia at different ratios of fish feed to plants. *Journal of the World Aquaculture Society*, 39(4), 510–520. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2008.00181.x>
- Craig, S., Kuhn, D., & Schwarz, M. (2017). Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding Steven. *Virginia Cooperative Extension*, 1–6.
- Hadiyanti, N. (2018). Jurnal Ilmu-ilmu Hayati. *Berita Biologi*, 17(2), 91–223.
- Hidayatulloh, M. K. Y., Firdaus, N., Pradana, A. A., & Ummah, R. (2021). Pemanfaatan Lahan Pekarangan dan Pestisida Nabati sebagai Solusi Pegendalian Hama Tanaman. *Jumat Pertanian: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 49–54.
- Hua, Z., Leeb, J. W., Chandranc, K., Kimb, S., Brottoc, A. C., & Khanal, S. K. (2015). *Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics* (Issue June).
- Kurniawan, A., Asriani, E., & Sari, S. P. (2021). *BIOFLOK & AKUAPONIK UNTUK BANGKA BELITUNG: Buku Ajar* (Issue February). <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=ik9LEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=bioflock+nila&ots=QZsVltlqGB&sig=Htlag-q5TFZhpXRkl6bEqSm3dU>
- Nazlia, S., & Zulfiadi. (2018). The effect of different plants on aquaponics system on the survival rate and growth of catfish fingerling (*Clarias* sp). *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 5(1), 14–18. <https://doi.org/10.29103/aa.v5i1.527>
- Nursandi, J. (2018). Budidaya Ikan Dalam Ember “Budikdamber” dengan Aquaponik di Lahan Sempit. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian*, 7(2013), 129–136.
- Purbajanti, E. D., Slamet, W., & Kusmiyati, F. (2017). *Hydroponic Bertanam Tanpa Tanah*.
- Puspitasari, D., Ariyanto, D., Rodiansah, A., Zahar, I., Asahan, U., Jalan, ;, Kisaran, J. A. Y., Pertanian, F., & Teknik, F. (2020). Pemanfaatan Lahan Pekarangan Dengan Sistem Aquaponik Dalam Menunjang Perekonomian Di Desa Sungai Lama, Kabupaten Asahan, Sumatera Utara. *Jurnal Anadara Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1), 2657–0351.
- Rahmanto, Y., Rifaini, A., Samsugi, S., & Riskiono, S. D. (2020). SISTEM MONITORING pH AIR PADA AQUAPONIK MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO UNO. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 1(1), 23. <https://doi.org/10.33365/jtst.v1i1.711>
- Sastro, Y. (2016). *Teknologi Akuaponik Mendukung Pengembangan Urban Farming*.
- Wei, Y., Li, W., An, D., Li, D., Jiao, Y., & Wei, Q. (2019). Equipment and Intelligent Control System in Aquaponics: A Review. *IEEE Access*, 7, 169306–169326. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2953491>