

Analisis Sistem Agrometeorologi Dalam Meningkatkan Ketahanan Pangan Dampak Perubahan Iklim

Gelora Kurnia Putra Ginting¹, Toman Sony Tambunan², Linda Mora³

¹Dinas Ketahanan Pangan, Pertanian dan Perikanan Kota Medan

^{2,3} Badan Riset dan Inovasi Daerah Kota Medan

Corresponden Author : toman.tbn@gmail.com

Abstrak

Permasalahan utama di Kota Medan adalah sempitnya lahan pertanian untuk mencukupkan pangan bagi masyarakat. Selain itu, adanya lahan tidur di Kota Medan yang jika dimanfaatkan dapat menjadi sumber utama pangan. Tujuan dari kajian ini adalah: *Pertama*, Untuk mengidentifikasi dampak perubahan iklim dan pemanfaatan data cuaca untuk prediksi pertumbuhan, perkembangan dan hasil pertanian dalam mengurangi resiko serta masukan bagi perencanaan serta praktisi pertanian di Kota Medan. *Kedua*, Untuk mengidentifikasi pengembangan zona agrometeorologi, untuk pengembangan tanaman, ternak dan ikan bagi kampung iklim di Kota Medan. Data yang digunakan adalah data time series atau data kurun waktu dimana data sekunder tersebut menggunakan data produktivitas pertanian, peternakan dan perikanan serta data perubahan iklim di Kota Medan periode tahun 2014-2024. Analisis data yang digunakan adalah analisis regresi linear berganda. Hasil dari kajian membahas tentang pengaruh komoditas padi terhadap perubahan iklim; pengaruh komoditas ubi kayu terhadap perubahan iklim; pengaruh komoditas jagung terhadap perubahan iklim; pengaruh komoditas cabai merah terhadap perubahan iklim; pengaruh komoditas ayam pedaging terhadap perubahan iklim; pengaruh komoditas sapi terhadap perubahan iklim; pengaruh komoditas kambing terhadap perubahan iklim; pengaruh komoditas ikan terhadap perubahan iklim; dampak emisi karbon dan efek Rumah Kaca pada sektor pertanian; dampak emisi karbon dan efek Rumah Kaca pada sektor peternakan.

Kata Kunci: Sistem Agrometeorologi, Ketahanan Pangan, Perubahan Iklim

Abstract

The main problem in Medan City is the limited agricultural land to provide sufficient food for the community. In addition, there is idle land in Medan City which if utilized can be a major source of food. The objectives of this study are: First, To identify the impact of climate change and the use of weather data for predicting growth, development and agricultural yields in reducing risks and input for agricultural planning and practitioners in Medan City. Second, To identify the development of agrometeorological zones, for the development of crops, livestock and fish for climate villages in Medan City. The data used is time series data or period data where the secondary data uses agricultural, livestock and fishery productivity data as well as climate change data in Medan City for the period 2014-2024. The data analysis used is multiple linear regression analysis. The results of the study discuss the effect of rice commodities on climate change; the effect of cassava commodities on climate change; the effect of corn commodities on climate change; the effect of red chili commodities on climate change; the effect of broiler commodities on climate change; the effect of cattle commodities on climate change; the effect of goat commodities on climate change; the effect of fish commodities on climate change; the impact of carbon emissions and the Greenhouse effect on the agricultural sector; the impact of carbon emissions and the greenhouse effect on the livestock sector.

Keyword: Agrometeorological System, Food Security, Climate Change

PENDAHULUAN

Dampak dari perubahan iklim memengaruhi sistem pangan termasuk produksi, penyimpanan, akses, dan stabilitas harga pangan yang bisa mengakibatkan ancaman kerentanan dan kerawanan pangan bahkan kemiskinan. Kehilangan hasil panen tidak hanya mengurangi ketersediaan pangan tetapi juga mengurangi pendapatan pertanian, yang bisa memperburuk kerawanan pangan di Kota Medan.

Menurunnya pendapatan karena gagal panen dapat mengancam petani kecil. Dengan tingkat pendapatan rendah dapat menghambat ketersediaan pangan yang tersedia. Petani kecil dan marjinal juga sulit mengakses permodalan dibanding dengan pemilik modal besar. Perubahan iklim juga mempengaruhi penghidupan dan pendapatan Petani skala kecil, apabila keadaan ini berlangsung terus menerus maka akan mempengaruhi ketahanan pangan.

Permasalahan utama di Kota Medan adalah sempitnya lahan pertanian untuk mencukupkan pangan bagi masyarakat. Selain itu terdapatnya lahan tidur di Kota Medan yang jika dimanfaatkan dapat menjadi sumber utama pangan. Dalam menghadapi persoalan pangan saat ini dan ke depan diperlukan pemikiran dan rencana aksi bersama melalui pendekatan suatu institusi untuk terwujudnya ketahanan pangan, kedaulatan pangan, serta kemandirian pangan di Kota Medan.

Dampak dan resiko dari terjadinya kekurangan pangan di Kota Medan yang tidak segera dilakukan penanganan yang serius dapat menyebabkan kemiskinan dan kesenjangan yang semakin melebar, ketimpangan dalam ketersediaan pangan yang dapat mengancam perekonomian, meningkatnya daerah rawan pangan dan kelaparan, serta meningkatnya konversi lahan pertanian untuk kepentingan lain.

Pemanfaatan lahan tidur dapat menjadi andalan dalam memenuhi kebutuhan pangan mengingat jumlah penduduk yang terus meningkat dari tahun ke tahun. Lahan tidur merupakan lahan yang belum dimanfaatkan untuk kegiatan apapun berupa hutan belukar, semak belukar, rerumputan maupun tanah kosong. Lahan tidur, baik berupa lahan kering maupun lahan basah, berada di berbagai agro-ekosistem dan sebagian potensial untuk perluasan areal ekstensifikasi.

Oleh karena itu, sudah sepatutnya Kota Medan mengoptimalkan lahan-lahan tidur yang tersedia guna memperkuat ketahanan pangan. Dari segi potensi, apabila Kota Medan mampu untuk memanfaatkan lahan tidur yang ada, maka produksi bahan pangan akan meningkat sehingga menjamin pasokan pangan bagi masyarakat. Di sisi lain, lahan-lahan tidur sendiri belum sepenuhnya dimanfaatkan untuk mendukung ketahanan pangan. Jika lahan tidur yang ada dapat dimanfaatkan secara optimal sepanjang tahun dengan menanam berbagai jenis tanaman produktif maka akan mendatangkan pendapatan yang kontinyu bagi masyarakat.

Integrasi sistem agrometeorologi muncul sebagai jalan yang menjanjikan untuk memperbaiki situasi ini dengan memberikan wawasan yang berharga tentang pola cuaca dan menawarkan panduan kepada petani untuk mengoptimalkan strategi pengelolaan tanaman mereka. Variabilitas iklim berdampak pada pertanian padi, dan karakteristik serta respons petani dapat digunakan sebagai dasar untuk meningkatkan kapasitas adaptasi petani dalam meminimalkan risiko terhadap dampak variabilitas dan perubahan iklim. Sistem agrometeorologi, yang mengintegrasikan data meteorologi dengan praktik pertanian, menawarkan peluang unik untuk mengurangi dampak kekeringan terhadap ketahanan pangan. Sistem ini dirancang untuk memberikan informasi cuaca yang tepat waktu dan spesifik untuk wilayah tertentu kepada para petani, sehingga mereka dapat mengambil keputusan yang tepat dalam mengelola tanaman mereka, melestarikan sumber daya air, dan meminimalkan risiko yang terkait dengan perubahan kondisi iklim. Sistem agrometeorologi dapat memainkan peran penting dalam meningkatkan ketahanan pertanian dan ketahanan pangan dengan memberikan peringatan dini, saran, dan panduan kepada petani. Tujuan dari kajian ini adalah: *Pertama*, Untuk mengidentifikasi dampak perubahan iklim dan pemanfaatan data cuaca untuk prediksi pertumbuhan, perkembangan dan hasil pertanian dalam mengurangi resiko serta masukan bagi perencanaan serta praktisi pertanian di Kota Medan. *Kedua*,

Untuk mengidentifikasi pengembangan zona agrometeorologi, untuk pengembangan tanaman, ternak dan ikan bagi kampung iklim di Kota Medan.

METODE

Data yang digunakan dalam kajian ini adalah data time series atau data kurun waktu dimana data sekunder tersebut menggunakan data produktivitas pertanian, peternakan dan perikanan serta data perubahan iklim di Kota Medan periode tahun 2014-2024. Sumber data yang digunakan adalah data sekunder yaitu data produktivitas pertanian, peternakan dan perikanan yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik, serta data rata-rata iklim yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Analisis data yang digunakan adalah analisis regresi linear berganda dengan menggunakan software SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) untuk mengidentifikasi dampak perubahan iklim dan pemanfaatan data cuaca untuk prediksi pertumbuhan, perkembangan dan hasil pertanian dalam mengurangi risiko.

Selanjutnya untuk mengidentifikasi pengembangan zona agrometeorologi, untuk pengembangan tanaman, ternak, dan ikan di Kota Medan dilakukan beberapa tahapan yaitu: *Pertama*, Pengintegrasian data sekunder, data statistik dan data-data hasil penelitian instansi/lembaga atau perorangan di daerah kota Medan. Analisis kesesuaian lahan dilakukan dengan memperhatikan unsur-unsur sumber daya lahan. Unsur yang dipakai dalam metode ini adalah kemiringan/lereng, tutupan vegetasi, keragaman lansekap dan kestabilan tanah. *Kedua*, Zona agrometeorologi untuk pertanian di kota Medan akan dibagi terhadap faktor iklim (curah hujan lokal, ketersediaan air untuk irigasi maupun drainase untuk mengatasi lahan terendam air, dan kondisi tanah). Dilakukan dengan cara hasil interpretasi dari data sekunder yang telah diperoleh seperti curah hujan, temperatur, produksi, kemiringan, kemungkinan banjir.

Untuk menganalisis sistem agrometeorologi di kota Medan memerlukan data, yaitu: Data curah hujan bulanan (mm); Data curah hujan global precipitation climatology center (GPCC); Data suhu udara rata-rata tahunan 10 tahun terakhir; Data ketinggian tempat (m dpl) menggunakan data Digital elevationshuttle radar topography; serta Data tutupan lahan.

HASIL

Perubahan iklim mempunyai berbagai dampak negatif dari segi aspek kehidupan, namun pendapat (Priyanto, 2021) sejalan dengan masalah perubahan iklim yang berdampak pada sektor pertanian masyarakat. Sekitar yang berisi bahwa perubahan iklim berdampak terhadap sistem pangan melalui beberapa cara yang meliputi dampak langsung terhadap produksi tanaman hingga perubahan dalam pasar, harga produk pangan, dan infrastruktur rantai pasok. Secara umum, ketersediaan produk pertanian dipengaruhi oleh perubahan iklim melalui dampak langsungnya terhadap produktivitas tanaman, hama dan penyakit tanaman, serta kemampuan tanah menyimpan air.

Dampak perubahan iklim yang paling nyata pada sektor pertanian adalah kerusakan (degradasi) dan penurunan kualitas sumberdaya lahan dan air, infrastruktur pertanian, penurunan produksi dan produktivitas tanaman pangan, yang akan menghasilkan ancaman kerentanan dan kerawanan terhadap ketahanan pangan dan bahkan kemiskinan. Hal tersebut dapat meningkatkan risiko usaha tani, baik pangan, perkebunan, peternakan, maupun hortikultura (Putri, 2012).

Menurut (Gregory et. al. 2005), perubahan iklim berdampak terhadap sistem pangan melalui beberapa cara yang meliputi dampak langsung terhadap produksi tanaman hingga perubahan dalam pasar, harga produk pangan, dan infrastruktur rantai pasok (supply chain). Secara umum, ketersediaan produk pertanian dipengaruhi oleh perubahan iklim melalui dampak langsungnya terhadap produktivitas tanaman, hama dan penyakit tanaman, serta kemampuan tanah menyimpan air.

Menurut (Braun, 2008) perubahan iklim juga akan berdampak tidak langsung terhadap pertumbuhan ekonomi, distribusi pendapatan, dan permintaan produk pertanian. Sebagai tambahan, penawaran pangan juga akan terdampak oleh tidak menentukannya keadaan iklim. Akses secara fisik, ekonomi, dan sosial terhadap pangan akan terpengaruh secara negatif oleh perubahan iklim dikarenakan menurunnya produksi pangan, meningkatnya harga pangan, dan menurunnya daya beli yang menimbulkan kerentanan. Kerentanan sendiri dapat dikonsepsikan merupakan fungsi dari tingkat keterpaparan (eksposure) terhadap perubahan iklim dan kapasitas adaptasinya terhadap keterpaparan tersebut. Indikator exposure menyangkut situasi klimatik, seperti frekuensi kejadian, durasi dan kecepatan iklim ekstrim, maupun kondisi masyarakat itu sendiri. Kondisi iklim tertentu dapat menjadi ancaman bagi suatu masyarakat tertentu. Sementara itu, kapasitas adaptasi merujuk kepada kemampuan masyarakat untuk merencanakan, menanggulangi, ataupun beradaptasi terhadap keadaan ekstrim yang terjadi.

Letak geografis Kota Medan terletak antara 3°30'-3°43' Lintang Utara dan 98°35'-98°44' Bujur Timur. Kota Medan menjadi tempat yang strategis dikarenakan berada pada jalur pelayaran selat Malaka. Kondisi topografi Kota Medan berada pada 2,5 – 3,75 m di atas permukaan laut dan cenderung miring ke utara. Sebagian wilayah Kota Medan sangat dekat dengan wilayah laut yaitu Pantai Barat Belawan dan daerah yang tergolong dataran tinggi seperti Kabupaten Karo. Oleh karena itu, suhu yang ada di Kota Medan menjadi tergolong panas. Kondisi klimatologis Kota Medan mempunyai iklim tropis dengan suhu minimum berkisar antara 23,0° C-24,1° C dan suhu maksimum berkisar antara 30,6° C-33,1° C serta pada malam hari berkisar 26° C-30,8° C.

Selanjutnya mengenai kelembaban udara di wilayah Kota Medan rata-rata 78%-82%. Sebagian wilayah di Medan sangat dekat dengan wilayah laut yaitu pantai Barat Belawan dan daerah pedalaman yang tergolong dataran tinggi, seperti Kabupaten Karo. Akibatnya suhu di Kota Medan menjadi tergolong panas. Kecepatan angin rata-rata sebesar 0,42 m/sec sedangkan rata-rata total laju penguapan tiap bulannya 100,6 mm. Kota Medan memiliki posisi strategis sebagai gerbang (pintu masuk) kegiatan perdagangan barang dan jasa, baik perdagangan domestik maupun luar negeri (ekspor-impor). Posisi geografis Kota Medan ini telah mendorong perkembangan kota dalam 2 kutub pertumbuhan secara fisik, yaitu daerah terbangun Belawan dan pusat Kota Medan saat ini.

PEMBAHASAN

Pengaruh Komoditas Padi Terhadap Perubahan Iklim

Produksi padi di Kota Medan dipengaruhi oleh beberapa variabel yaitu suhu udara, curah hujan, tekanan udara, kecepatan angin dan kelembaban udara. Hasil analisis regresi pada komoditas padi menjelaskan bahwa Pertumbuhan dan kualitas tanaman tergantung pada interaksi antara faktor lingkungan dengan faktor genetik tanaman. Faktor genetik berkaitan dengan karakteristik yang biasanya bersifat khas pada tanaman, sedangkan faktor lingkungan iklim/cuaca berperan mengontrol potensi tanaman. Keadaan iklim di Kota Medan berperan sangat penting dalam kestabilan lingkungan ekosistem, dan pertumbuhan tanaman padi terutama unsur curah hujan, karena unsur curah hujan mempengaruhi pasokan untuk tanaman padi. Berdasarkan hasil analisis regresi curah hujan yaitu sebesar -17.285 yang memiliki makna bahwa jika terjadi kenaikan curah hujan 1% akan dapat mengakibatkan penurunan produksi padi sebesar 17.285%. Hal ini sesuai dengan kondisi/kajian klimatologi bahwa curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan produksi padi menurun.

Hasil analisis regresi atas kelembaban udara akan berpengaruh terhadap laju penguapan, menjelaskan bahwa jika terjadi peningkatan kelembaban udara sebesar 1% maka akan mengakibatkan kenaikan produksi padi sebesar 0.012%. Rendahnya produksi tanaman padi di lingkungan dengan kelembaban tinggi dapat disebabkan oleh tingginya serangan hama dan penyakit tanaman. Peristiwa serangan hama

dan penyakit yang tinggi terjadi di bawah kondisi kelembaban tinggi. Perkecambahan spora jamur juga lebih mudah berkembangbiak pada tanaman di lingkungan dengan kelembaban yang tinggi. Sedangkan untuk variabel tekanan udara terhadap produksi padi memiliki nilai positif yang artinya jika terjadi kenaikan tekanan udara sebesar 1%, maka akan mengakibatkan peningkatan produksi padi sebesar 0.213%.

Pengaruh Komoditas Ubi Kayu Terhadap Perubahan Iklim

Produksi ubi kayu di Kota Medan dipengaruhi oleh beberapa variabel yaitu suhu udara, curah hujan, tekanan udara, kecepatan angin dan kelembaban udara. Hasil analisis regresi pada komoditas ubi kayu menunjukkan hubungan yang negatif antara variabel curah hujan dengan produksi ubi kayu. Artinya, apabila variabel curah hujan mengalami kenaikan sebesar 1%, maka variabel produksi ubi kayu akan mengalami penurunan sebesar 2.705 %.

Secara teknis upaya peningkatan produksi ubi kayu dapat ditempuh dengan meningkatkan kualitas teknologi budidaya yang dilakukan petani. Teknologi budidaya ubi kayu secara umum terdiri atas enam jenis teknologi, yaitu: Penggunaan bibit, Metode penanaman, Metode pemeliharaan tanaman, Metode pemupukan, Metode pengolahan lahan, dan Metode pengairan. Setiap teknologi tersebut memiliki peranan atau tingkat kepentingan yang berbeda terhadap produksi ubi kayu dan dapat dirinci lebih lanjut atas beberapa komponen teknologi.

Pada tanaman ubi kayu kelembaban udara mempengaruhi proses fotosintesis. Kandungan uap air di udara dapat mempengaruhi stomata pada daun yang berpengaruh terhadap laju transpirasi dan respirasi. Berdasarkan hasil analisis produksi ubi kayu di Kota Medan ditentukan oleh tinggi rendahnya kelembaban udara dengan nilai -0.171 yang memiliki makna bahwa, jika terjadi kenaikan 1% akan dapat mengakibatkan penurunan produksi ubi kayu sebesar 0.171%. Apabila kelembaban udara rendah, laju transpirasi meningkat sehingga penyerapan air dan zat-zat mineral juga meningkat. Sedangkan pada keadaan kelembaban tinggi, laju transpirasi rendah menyebabkan penyerapan unsur hara rendah. Hal tersebut dapat memengaruhi ketersediaan nutrisi pertumbuhan tanaman sehingga pertumbuhan tanaman terhambat.

Selain itu, tekanan udara dan kelembaban merupakan faktor potensial penurunan produksi ubi kayu akibat munculnya organisme pengganggu tanaman. Hal tersebut dapat disebabkan kelembaban mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan dan kereaktifan suatu hama ataupun penyakit baik langsung maupun tidak langsung, karena semakin lembab suatu wilayah penyakit semakin cepat berkembang. Kelembaban udara berhubungan erat dengan kondisi air dalam tanah, tersedianya air tanah penting dalam melarutkan ion-ion unsur hara untuk diserap oleh tanaman. Kelembaban udara dapat digunakan untuk memperkirakan laju peningkatan tinggi pertumbuhan ubi kayu. Kelembaban udara juga mempengaruhi penyebaran hama. Kelembaban optimal untuk tanaman ubi kayu sebesar 60-65%, Oleh karena itu, salah satu kegiatan pemeliharaan tanaman adalah mencegah terjadinya kelembaban udara yang tinggi di sekitar tanaman.

Sedangkan untuk nilai tekanan udara bernilai positif, yang berarti bahwa ada hubungan positif antara tekanan udara dan produksi ubi kayu. Artinya jika tekanan udara meningkat sebesar 1%, maka produksi ubi kayu akan meningkat sebesar 1.164%. Tekanan udara yang tinggi dapat terkait dengan cuaca yang kering dan cerah. Hal ini bisa berdampak pada kebutuhan air tanaman. Jika terlalu kering, tanaman ubi kayu dapat mengalami stres kekurangan air yang mempengaruhi produksi.

Kecepatan angin yang tinggi dapat berpotensi mempengaruhi produksi ubi kayu. Dari hasil analisis diatas menunjukkan kecepatan angin bernilai negatif, yang berarti bahwa ada hubungan yang negatif antara kecepatan angin dan produksi ubi kayu. Artinya apabila kecepatan angin mengalami kenaikan sebesar 1%, maka produksi ubi kayu akan mengalami penurunan sebesar 0.372%. Angin kencang dapat

meningkatkan laju transpirasi tanaman, yang menyebabkan tanaman kehilangan air lebih cepat. Jika kelembaban udara rendah, ini dapat mengakibatkan stres kekeringan pada tanaman ubi kayu.

Pengaruh Komoditas Jagung Terhadap Perubahan Iklim

Produksi jagung di Kota Medan di pengaruhi oleh beberapa variabel yaitu suhu udara, curah hujan, tekanan udara, kecepatan angin dan kelembaban udara. Hasil analisis regresi pada komoditas jagung dapat laskan berikut ini. Berdasarkan hasil analisis regresi diatas menunjukkan suhu udara yang bernilai positif, yang berarti terdapat hubungan yang positif antara suhu udara dan produksi jagung. Artinya jika suhu udara meningkat 1%, maka akan dapat mengakibatkan kenaikan produksi jagung sebesar 12.557%. Suhu udara yang hangat meningkatkan laju fotosintesis tanaman jagung. Proses fotosintesis yang efisien memungkinkan tanaman untuk menghasilkan lebih banyak karbohidrat yang digunakan untuk pertumbuhan vegetatif, seperti pertumbuhan daun dan batang. Fase pembungaan yang efektif adalah kunci untuk menghasilkan biji jagung yang baik dan jumlah yang optimal. Suhu yang tepat selama fase ini membantu dalam pembuahan yang baik dan pembentukan tongkol yang sehat. Suhu yang hangat mempercepat perkembangan umbi jagung. Ini memungkinkan tanaman untuk menghasilkan biji-biji yang lebih besar dan lebih banyak dan dapat membantu mengurangi risiko serangan penyakit pada tanaman jagung.

Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa jika terjadi kenaikan curah hujan sebesar 1%, maka dapat mengakibatkan kenaikan produksi jagung sebesar 0.206 %. Curah hujan di Kota Medan yang terlalu tinggi akan menghambat pertumbuhan tanaman jagung yang akhirnya akan menyebabkan gagal panen. Pada keadaan curah hujan yang berfluktuasi, hasil jagung akan sangat bervariasi dari waktu ke waktu, dari lokasi ke lokasi, terutama pada pertanaman jagung di lahan kering. Hal ini merupakan salah satu penyebab rendahnya hasil produksi jagung. Salah satu cara untuk mengurangi penurunan hasil jagung akibat kekeringan adalah dengan menggunakan varietas yang toleran terhadap kekeringan. Selain kekeringan, dampak lain perubahan iklim adalah terjadinya hujan berkepanjangan yang berpotensi mengganggu pertumbuhan tanaman jagung. Jagung termasuk jenis tanaman yang tidak tahan genangan karena mengganggu proses aerasi dan respirasi tanaman.

Sedangkan nilai tekanan udara berdasarkan hasil analisis diatas bernilai negatif, artinya terdapat hubungan yang negatif antara tekanan udara dan produksi jagung. Artinya apabila terjadi peningkatan tekanan udara 1%, maka akan mengakibatkan penurunan produksi jagung sebesar 16.238 %. Tekanan udara yang tinggi sering terkait dengan cuaca cerah mdan kering. Cuaca kering yang berkelanjutan dapat mengurangi ketersediaan air bagi tanaman jagung. Tekanan udara yang tinggi sering berhubungan dengan cuaca cerah dan sinar matahari yang intens. Sementara sinar matahari adalah faktor penting untuk fotosintesis, paparan yang berlebihan bisa menyebabkan stres panas pada tanaman, terutama jika tidak diimbangi dengan ketersediaan air yang cukup.

Pengaruh Komoditas Cabai Merah Terhadap Perubahan Iklim

Produksi cabai merah di Kota Medan di pengaruhi oleh beberapa variabel yaitu suhu udara, curah hujan, tekanan udara, kecepatan angin dan kelembaban udara. Hasil analisis regresi pada komoditas cabai merah dapat dijelaskan agai berikut. Berdasarkan hasil analisis regresi menunjukkan suhu udara yang bernilai negatif, yang artinya terdapat hubungan yang negatif antara suhu udara dan produksi cabai. Artinya, apabila suhu udara mengalami kenaikan sebesar 1% maka produksi cabai akan mengalami penurunan sebesar 7.502 %.

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan jika terjadi peningkatan curah hujan sebesar 1% maka dapat mengakibatkan penurunan produksi cabai sebesar 0.376%. Curah hujan yang sangat tinggi dapat menyebabkan kerusakan fisik pada tanaman cabai, seperti patahnya batang, rusaknya daun, atau bahkan kehilangan tanaman secara keseluruhan akibat banjir atau limpahan air. Curah hujan yang tinggi juga

dapat menciptakan lingkungan yang lebih lembab, yang memungkinkan perkembangan penyakit tanaman seperti busuk akar, busuk batang, atau penyakit lain yang disebabkan oleh jamur dan bakteri. Tingkat kelembaban yang meningkat menyebabkan turunnya produksi cabai merah, sebaliknya saat kelembaban rendah maka produksi akan meningkat. Kisaran kelembaban udara ideal bagi pertumbuhan tanaman cabai adalah 50 – 80%. Hasil analisis diatas menunjukkan jika terjadi peningkatan kelembaban udara sebesar 1% maka dapat mengakibatkan penurunan produksi cabai sebesar 0.411 %. Tanaman cabai merah membutuhkan perhatian khusus karena jika tidak mendapatkan kondisi atau keadaan yang baik maka tidak dapat tumbuh dengan baik. Tingkat kelembaban udara yang tidak sesuai dapat menyebabkan tanaman cabai merah akan lambat berbuah dan bahkan tidak berbuah sama sekali.

Pengaruh Komoditas Ayam Pedaging Terhadap Perubahan Iklim

Produksi ayam pedaging di Kota Medan di pengaruhi oleh beberapa variabel yaitu suhu udara, curah hujan dan kelembaban udara. Hasil analisis regresi pada komoditas ayam pedaging dapat dijelaskan sebagai berikut. Berdasarkan hasil penelitian yang menggunakan analisis regresi linier berganda, Produksi ayam pedaging di Kota Medan ditentukan oleh curah hujan yaitu sebesar 0.620, yang memiliki arti jika terjadi kenaikan curah hujan sebesar 1% maka dapat menjadi kenaikan produksi ayam pedaging sebesar 0.620%. Curah hujan tinggi dapat mempengaruhi ketersediaan dan kualitas pakan, yang merupakan komponen utama dalam pemeliharaan ayam pedaging. Adapun keterkaitan antara curah hujan dan Kelembaban juga menentukan produksi ayam pedaging di Kota Medan sebesar -0.209, dapat diartikan bahwa kenaikan kelembaban sebesar 1% dapat mengakibatkan penurunan produksi ayam pedaging sebesar 0.209%. Kelembaban udara merupakan unsur lingkungan yang berpengaruh terhadap performa ayam pedaging. Kelembaban udara yang tinggi juga bisa menyebabkan kondisi sekam menjadi cepat lembab, basah, dan menggumpal sehingga kandungan gas amonia di kandang menjadi lebih tinggi dan menjadi media bagi pertumbuhan bibit penyakit.

Hasil penelitian menyatakan bahwa produksi ayam pedaging di Kota Medan ditentukan dari perubahan suhu yaitu 0.793 yang bermakna bahwa jika kenaikan suhu terjadi sebesar 1% dapat mengakibatkan kenaikan produksi ayam pedaging sebesar 0.793%. Suhu ayam harus tetap dijaga perlakuannya sesuai dengan umur ayam pedaging.

Kecepatan angin yang ada didalam kandang, sangat terkait dengan kepadatan kandang ayam pedaging. Semakin padat kondisi kandang, maka kecepatan angin pun kecil dan dapat meningkatkan suhu dalam lingkungannya sehingga terjadilah cekaman panas. Kecepatan angin dalam kandang dapat diatasi dengan menggunakan blower/kipas sehingga jika temperatur udara tinggi ternak ayam pedaging tetap merasa nyaman. Kecepatan angin maksimal dalam kandang adalah 3-4 meter/detik. Semakin tinggi kecepatan angin, maka semakin besar efek penurunan suhu yang dirasakan tubuh ayam pedaging.

Pengaruh Komoditas Sapi Terhadap Perubahan Iklim

Produksi sapi di Kota Medan di pengaruhi oleh beberapa variabel yaitu suhu udara, curah hujan dan kelembaban udara. Hasil analisis regresi pada komoditas sapi dapat dijelaskan sebagai berikut. Berdasarkan hasil penelitian ini, produksi sapi di Kota Medan dilihat dari tinggi rendahnya curah hujan sebesar -0.233. Jika terjadi kenaikan curah hujan di Kota Medan sebesar 1% dapat menurunkan produksi sapi sebesar 0.233 %. Hal ini sesuai dengan kondisi bahwa jika curah hujan tinggi dapat menyebabkan produksi sapi menurun. Adapun curah hujan yang tinggi juga berpengaruh pada kelembaban di kandang sehingga bakteri mudah berkembang peternak harus memastikan kondisi kandang selalu kering agar ternak nyaman. Kelembaban pada fisiologi ternak dapat dipengaruhi oleh kelembaban dan temperatur udara. Kelembaban udara dapat mempengaruhi kecepatan kehilangan panas ternak. Hasil persamaan atau uji regresi linier berganda kelembaban dan produksi sapi sebesar 0.167 artinya setiap kenaikan 1%

akan menaikkan produksi sapi di Kota Medan sebesar 0.167 %. Sesuai dengan keadaan yang terjadi bahwa curah hujan tinggi berpengaruh pada produksi Sapi.

Selain daripada itu unsur suhu dan kelembaban udara tinggi dapat menyebabkan stress pada ternak sehingga suhu tubuh, pernafasan dan denyut jantung meningkat, serta konsumsi pakan menurun, akhirnya menyebabkan produktivitas ternak rendah, kelembaban relatif 55-100 %, hasil analisis regresi suhu dan produksi sapi di Kota Medan yaitu menunjukkan bahwa nilai suhu sebesar -0.303, yang menandakan bahwa setiap peningkatan suhu sebesar 10C, maka produksi sapi cenderung menurun sebesar 0.303 %. Suhu, sangat berpengaruh terhadap kehidupan ternak, suhu yang tinggi dapat menyebabkan cekaman panas dan temperatur lingkungan yang terlalu rendah juga menyebabkan cekaman dingin.

Suhu yang optimal bagi tubuh ternak juga berpengaruh terhadap optimalnya produktivitas ternak. Suhu tinggi akan mempengaruhi temperatur dan metabolisme sehingga akan terjadi akumulasi panas yang berlebihan dalam tubuh. Akibatnya konsumsi air akan meningkat sedangkan menurunnya konsumsi pakan yang akhirnya akan menurunkan bobot badan. Suhu normal pada sapi adalah 38.6-38.9°C, namun dapat mencapai titik kritis apabila suhu badannya 41,7°C. Jika melebihi suhu tersebut sapi akan mengalami kondisi stroke akibat tidak dapat mempertahankan tekanan darahnya secara normal.

Kecepatan Angin dapat mempengaruhi unsur cuaca lain seperti suhu, kelembaban dan pergerakan awan. Kecepatan angin sangat penting bagi transfer panas ternak sapi terutama melalui proses konveksi dan evaporasi. Kecepatan angin dalam kandang juga harus diatur dan disesuaikan dengan jumlah ternak yang ada dalam kandang agar terhindar dari panas dan kelembaban yang tinggi.

Pengaruh Komoditas Kambing Terhadap Perubahan Iklim

Produksi kambing di Kota Medan di pengaruhi oleh beberapa variabel yaitu suhu udara, curah hujan dan kelembaban udara. Hasil analisis regresi pada komoditas kambing dapat dijelaskan sebagai berikut. Berdasarkan hasil penelitian setelah melakukan analisis regresi antara kelembaban dan produksi kambing di Kota Medan, nilai korelasi kelembaban sebesar -0.189, yang memberikan tanda bahwa jika peningkatan pada kelembaban maka produksi kambing cenderung mengalami penurunan. Setiap peningkatan kelembaban sebesar 1% akan mengakibatkan penurunan produksi sapi sebesar 0.189%. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kelembaban akan memberikan dampak penurunan terhadap produksi kambing. Berdasarkan analisis regresi curah hujan dengan produksi kambing di Kota Medan menunjukkan nilai sebesar -0.372 yang artinya bahwa jika terjadi kenaikan hujan 1% maka akan mengakibatkan penurunan produksi kambing sebesar 0.372 %. Curah hujan yang tinggi dapat mengakibatkan penyakit cacingan pada kambing yang dapat menimbulkan kerugian ekonomi bagi peternak, seperti penurunan berat badan, pertumbuhan terhambat, penurunan kualitas daging dan jeroan, serta penurunan produksi susu.

Pengaruh Komoditas Ikan Terhadap Perubahan Iklim

Perubahan iklim memiliki dampak yang signifikan terhadap produksi ikan di Kota Medan baik secara langsung maupun tidak langsung. Perubahan iklim dapat mengakibatkan kenaikan suhu permukaan air laut, peningkatan frekuensi dan intensitas cuaca ekstrim, perubahan pola curah hujan dan limpasan air tawar yang dipicu oleh fenomena El-Nino dan La-Nina yaitu perubahan pola sirkulasi laut dan kenaikan muka air laut. Terjadinya pergantian iklim diantaranya pola pergeseran curah hujan, tinggi gelombang dan kecepatan angin berpengaruh langsung terdapat operasional penangkapan ikan yang dilakukan oleh nelayan.

Curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan minat nelayan untuk melaut berkurang, karena curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan kapal nelayan tenggelam karena terlalu banyak menampung air hujan dan air laut yang masuk ke dalam perahu nelayan yang biasanya berukuran kecil. Curah hujan yang

tinggi dapat menyebabkan perahu nelayan tenggelam karena terlalu banyak menampung debit air dari hujan dan debit air dari air laut yang masuk dari sela-sela perahu, dan hal lainnya adalah pada saat curah hujan tinggi nelayan akan lebih susah untuk melihat kondisi di sekitarnya. Faktor-faktor inilah yang menyebabkan nelayan enggan untuk melaut ketika hari hujan dan pada akhirnya produksi ikan akan menurun karena curah hujan yang tinggi. Jumlah produksi ikan di Kota Medan mengalami fluktuasi. Persentase penurunan tertinggi terjadi pada tahun 2021 sebesar -18,03% dengan persentase kenaikan tertinggi terjadi pada tahun 2022 yaitu sebesar 14,83% . Hubungan antara curah hujan dan hasil tangkapan masih berlawanan dikarenakan curah hujan yang tinggi akan menurunkan hasil tangkapan akan tetapi curah hujan cenderung mengalami penurunan sehingga dimungkinkan akan mengalami peningkatan tiap tahunnya. Arah dan kecepatan angin merupakan salah satu faktor penting dalam kegiatan operasi penangkapan ikan karena nelayan mempertimbangkan besarnya kecepatan dan arah angin sebelum melaut. Angin merupakan pembangkit utama gelombang dan arus lautan sehingga sifat-sifat gelombang dan arus dipengaruhi oleh faktor angin.

Perubahan iklim dapat menyebabkan kenaikan permukaan laut, yang dapat mengubah habitat pesisir dan estuari tempat ikan berbiak atau memperoleh makanan. Dengan adanya perubahan iklim yang terjadi secara global, tantangan utama bagi industri perikanan adalah untuk beradaptasi dan mengelola dampak-dampak ini dengan cara yang berkelanjutan. Hal ini memerlukan pengelolaan sumber daya yang bijaksana, penerapan kebijakan yang tepat, dan penelitian yang terusmenerus untuk memahami bagaimana perubahan iklim akan mempengaruhi produksi ikan di Kota Medan.

Emisi Karbon dan Efek Rumah Kaca

Perubahan iklim merupakan masalah yang serius sehingga harus diantisipasi masyarakat di Kota Medan. Penyebab utama perubahan iklim yaitu emisi karbon, emisi karbon merupakan pelepasan karbon ke atmosfer. Hal ini menyebabkan peningkatan suhu rata-rata, yang dapat mengakibatkan cuaca yang lebih ekstrem, dan kerusakan ekosistem. Sektor transportasi merupakan salah satu sektor besar penyumbang emisi karbon di udara. Berkembangnya sektor transportasi sejalan dengan perkembangan ekonomi, teknologi serta penduduk. Kegiatan mobilisasi kendaraan bermotor diruas-ruas jalan perkotaan menjadi isu penting sebagai dampak pencemaran lingkungan, terutama lingkungan Kota Medan.

Kemudian sampah rumah tangga merupakan salah satu sumber penyumbang emisi Gas Rumah Kaca (GRK) ke atmosfer yang berdampak pada perubahan iklim. GRK yang dihasilkan dari sampah rumah tangga yaitu CO₂. Sampah yang tidak dikelola dengan baik merupakan salah satu penyumbang emisi GRK. Dari TPA (Tempat Pemrosesan Akhir) menyumbang emisi gas rumah kaca sebesar 3-4% dan akan berpotensi pada peningkatan pemanasan global. Semakin banyak sampah yang dibuang ke TPA akan memicu dalam peningkatan emisi gas rumah kaca.

Akumulasi dari emisi karbon yang diakibatkan oleh pembakaran fosil dapat menyebabkan efek rumah kaca yang menimbulkan pemanasan global yang berakibat pada terjadinya perubahan iklim. Efek rumah kaca merupakan proses masuknya radiasi dari matahari dan terjebaknya radiasi di dalam atmosfer akibat GRK sehingga menaikkan suhu permukaan bumi, namun demikian efek rumah kaca memegang peranan penting dalam melindungi kelangsungan makhluk hidup. Hal ini dimungkinkan karena gas karbondioksida, metana dan jenis lain, termasuk uap air, dalam konsentrasi seimbang berfungsi menahan energi panas matahari yang memancarkan sinarnya ke bumi, sehingga permukaannya selalu dalam kondisi hangat.

Penyebab utama meningkatnya efek rumah kaca di Kota Medan disebabkan oleh: *Pertama*, Energi, Pemanfaatan berbagai macam bahan bakar fosil atau BBM memberi kontribusi besar terhadap naiknya konsentrasi gas rumah kaca, terutama CO₂. *Kedua*, Peternakan dan Pertanian, Di sektor ini emisi gas rumah kaca dihasilkan dari pemanfaatan pupuk pembusukan sisa-sisa pertanian dan pembusukan

kotoran-kotoran ternak serta pembakaran sabana. Pada sektor pertanian, gas metan (CH₄) yang paling banyak dihasilkan. *Ketiga*, Sampah sebagai salah satu kontributor terbesar bagi terbentuknya gas metan (CH₄), karena aktifitas manusia sehari-hari.

Akibat Emisi Karbon dan Efek Rumah Kaca Pada Sektor Pertanian (Tanaman Pangan)

Akibat dari timbulnya emisi karbon memberikan dampak yang signifikan terhadap sektor pertanian khususnya pada tanaman pangan. Sama seperti emisi karbon, efek rumah kaca juga merupakan salah satu penyebab perubahan iklim. Peningkatan gas rumah kaca di atmosfer, seperti karbon dioksida (CO₂), menyebabkan kenaikan suhu global, perubahan pola hujan, dan frekuensi cuaca ekstrem seperti banjir dan kekeringan. Hal ini mengakibatkan tantangan besar bagi petani dalam mengelola tanaman mereka, termasuk perubahan dalam musim tanam dan panen, serta peningkatan risiko terhadap cuaca ekstrem seperti kekeringan dan banjir yang dapat merusak hasil pertanian. Perubahan ini juga dapat mengancam produktivitas dan stabilitas hasil pertanian dengan mengubah musim tanam dan panen, serta meningkatkan risiko kegagalan panen yang dapat mengganggu suplai pangan di Kota Medan.

Selain itu, emisi karbon juga dapat mempengaruhi kesehatan tanaman. Perubahan suhu dan pola curah hujan yang tidak stabil mempengaruhi persebaran hama dan penyakit tanaman. Serangga pengganggu dan patogen dapat menyebar lebih luas atau menjadi lebih merusak, mengancam keberhasilan panen dan kualitas hasil pertanian. Disamping itu, ketidakstabilan iklim juga mempengaruhi ketersediaan air untuk irigasi pertanian. Pola curah hujan yang tidak teratur dan kekeringan yang lebih sering dapat mengurangi produktivitas tanaman pangan dan membatasi/menyulitkan petani untuk mengelola tanaman secara optimal dan efektif.

Disamping itu, emisi karbon juga mempengaruhi kualitas tanah dan ketersediaan nutrisi untuk tanaman. Kondisi iklim yang lebih hangat atau lebih kering dapat mempengaruhi siklus biogeokimia dan dekomposisi organik, yang esensial bagi kesehatan tanah dan ketersediaan nutrisi untuk tanaman. Hal ini dapat mengurangi kualitas dan kuantitas hasil panen, serta meningkatkan kebutuhan akan input pertanian seperti pupuk untuk menjaga produktivitas yang stabil.

Untuk mengurangi dampak negatif efek rumah kaca dan emisias karbon terhadap sektor pertanian tanaman pangan dapat dilakukan upaya mitigasi dan adaptasi yang terkoordinasi. Hal ini meliputi investasi dalam penelitian untuk pengembangan varietas tanaman yang tahan terhadap stres iklim, penggunaan teknologi pertanian yang ramah lingkungan, dan pengelolaan air yang lebih efisien. Selain itu, perlindungan terhadap keanekaragaman hayati dan kebijakan pertanian yang berkelanjutan juga penting untuk menjaga ketahanan pangan di Kota Medan dan keberlanjutan sektor pertanian di masa depan dalam menghadapi tantangan perubahan iklim yang terus berkembang.

Akibat Emisi Karbon dan Efek Rumah Kaca Pada Sektor Peternakan

Emisi karbon dan efek rumah terhadap sektor peternakan dapat memiliki dampak yang signifikan terhadap lingkungan dan perubahan iklim global. Peternakan, terutama dalam skala besar, dapat mempengaruhi iklim regional dengan cara memperburuk efek rumah kaca dan mengubah tata guna lahan. Ekspansi peternakan besar-besaran sering kali menyebabkan deforestasi dan penggusuran habitat alami, mengurangi keanekaragaman hayati dan mempengaruhi ekosistem lokal serta spesies-spesies yang tergantung pada habitat tersebut. Limbah peternakan seperti nitrogen dan fosfor dari pupuk dan limbah hewan dapat mencemari air tanah dan permukaan. Selain itu, penggunaan pupuk kimia untuk pertanian pakan ternak juga dapat menghasilkan polutan yang merusak kualitas tanah dan air. Penggunaan antibiotik dalam peternakan untuk meningkatkan pertumbuhan hewan ternak dapat menyebabkan resistensi antibiotik pada manusia, sementara kualitas udara yang buruk di sekitar peternakan

besar dapat mempengaruhi kesehatan pernapasan masyarakat sekitar. Sektor peternakan memerlukan sumber daya alam seperti air dan tanah yang signifikan. Penggunaan yang tidak berkelanjutan dapat menyebabkan penurunan ketersediaan sumber daya ini untuk kepentingan masa depan. Penting untuk mencari solusi berkelanjutan dalam manajemen peternakan untuk mengurangi dampak negatif ini, seperti praktik peternakan yang lebih efisien secara energi, pengelolaan limbah yang lebih baik, inovasi pakan untuk mengurangi emisi metana dari pencernaan hewan, dan promosi pertanian yang lebih berkelanjutan secara ekologis.

Dengan demikian terlihat bahwa salah satu dampak utama perubahan iklim adalah pola cuaca yang tidak stabil, seperti peningkatan kejadian cuaca ekstrem seperti banjir, kekeringan, dan badai tropis yang dapat merusak komoditas tanaman pangan. Kenaikan suhu global juga mempengaruhi pertumbuhan tanaman, mengubah pola musim tanam dan panen, serta memicu penyebaran hama dan penyakit tanaman yang lebih luas dan intens. Misalnya, beberapa jenis tanaman seperti padi memerlukan kondisi suhu dan kelembaban yang spesifik untuk tumbuh dengan baik; perubahan ini dapat mengganggu keseimbangan ini, mengurangi hasil panen dan kualitas hasil pertanian.

Selain itu, perubahan iklim juga mempengaruhi ketersediaan air untuk pertanian. Penurunan curah hujan atau perubahan pola hujan menyebabkan kekeringan di beberapa wilayah Kota Medan, sementara di tempat lain bisa terjadi banjir akibat hujan yang intens. Kondisi ini mengancam keberlanjutan sumber daya air yang sangat diperlukan untuk irigasi dan penyediaan air bagi tanaman. Di samping itu, kenaikan suhu global juga mempengaruhi produktivitas dan kualitas tanaman dengan mengubah komposisi nutrisi dalam hasil panen. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kadar CO₂ di atmosfer dapat mengurangi kandungan protein dan nutrisi esensial lainnya dalam tanaman, yang berpotensi mengancam ketahanan pangan dan gizi Masyarakat.

SIMPULAN

Hasil dari kajian membahas tentang pengaruh komoditas padi terhadap perubahan iklim; pengaruh komoditas ubi kayu terhadap perubahan iklim; pengaruh komoditas jagung terhadap perubahan iklim; pengaruh komoditas cabai merah terhadap perubahan iklim; pengaruh komoditas ayam pedaging terhadap perubahan iklim; pengaruh komoditas sapi terhadap perubahan iklim; pengaruh komoditas kambing terhadap perubahan iklim; pengaruh komoditas ikan terhadap perubahan iklim; dampak emisi karbon dan efek Rumah Kaca pada sektor pertanian; dampak emisi karbon dan efek Rumah Kaca pada sektor peternakan.

Perubahan iklim sebagai akibat dari efek rumah kaca telah menyebabkan produksi tanaman pangan, peternakan dan budidaya perikanan mengalami gangguan. Hal ini disebabkan karena kurangnya informasi bagi produsen tanaman pangan, peternakan dan budidaya perikanan. Hasil kajian ini merekomendasikan adanya kerjasama Dinas Ketahanan Pangan, Pertanian dan Perikanan dengan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika dalam rangka sosialisasi data perubahan iklim yang bertujuan untuk produsen dapat menata kelola tanaman pangan, ternak dan budidaya perikanan sesuai dengan perubahan iklim. Untuk tanaman pangan data dan informasi iklim dapat dijadikan rujukan untuk menyusun pola tanam yang disesuaikan dengan perubahan iklim sehingga perubahan iklim yang dapat menyebabkan rusaknya atau menurunnya produktivitas tanaman pangan dapat di minimalisir.

REFERENSI

- Ishizawa, O. A., Miranda, J. J., & Strobl, E. (2019). The Impact of Hurricane Strikes on Short-Term Local Economic Activity: Evidence from Nightlight Images in the Dominican Republic. *International Journal of Disaster Risk Science*, 10(3), 362–370.
- Kalkuhl, M., & Wenz, L. (2018). The Impact of Climate Conditions on Economic Production. Evidence from a Global Panel of Regions. Kiel, Hamburg: Evidence from a Global Panel of Regions, ZBW - Leibniz Information Centre for Economics.
- Lanz, B., Dietz, S., & Swanson, T. (2018). Global Economic Growth and Agricultural Land Conversion under Uncertain Productivity Improvements in Agriculture. *American Journal of Agricultural Economics*, 100(2), 545–569.
- Maxwell S (1996) Food security: a post-modern perspective. *Food Policy* 21(2):155–170. [https://doi.org/10.1016/0306-9192\(95\)00074-7](https://doi.org/10.1016/0306-9192(95)00074-7).
- Nature (2020), Imagine a world without hunger, then make it happen with systems thinking. Editorial. 577, 293–294 (14 January 2020). <https://doi.org/10.1038/d41586-020-00086-5>.
- Patterson GT, Thomas LF, Coyne LA, Rushton J (2020) Moving health to the heart of agri-food policies; mitigating risk from our food systems. *Glob Food Sec* 26:100424. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100424>.
- Priyanto, Moh Wahyudi. 2021. Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Produk Domestik Regional Bruto Sektor Pertanian. *Agritech*, Vol 23, No. 2. DOI: <https://doi.org/10.30595/agritech.v23i2.8879>.
- Ray DK, West PC, Clark M, Gerber JS, Prishchepov AV, Chatterjee S (2019) Climate change has likely already affected global food production. *PLoS ONE* 14(5):e0217148. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217148>.