

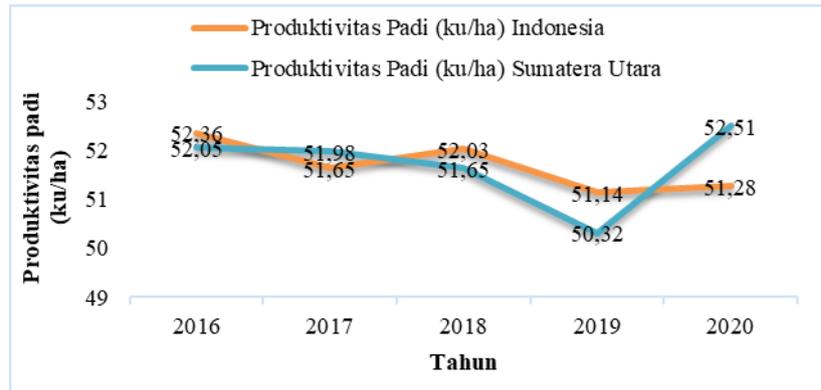
I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

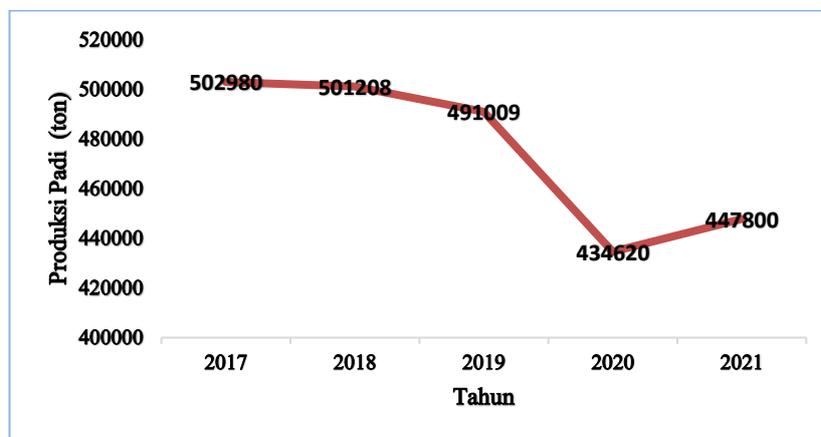
Beras merupakan makanan pokok utama bagi kehidupan sebagian besar penduduk dunia di wilayah Asia Tropik, termasuk Indonesia (Huang *et al.*, 2012). Oleh karena itu padi merupakan tanaman sereal yang bernilai sosial, politik dan ekonomi. Selain sebagai penghasil bahan pangan pokok, padi juga merupakan sumber penghasilan utama dari jutaan petani (Chaniago, 2022). Di Indonesia padi menjadi salah satu komoditas unggulan yang termasuk dalam empat target sukses program kementerian pertanian dalam mendukung swasembada pangan berkelanjutan (Idawani *et al.*, 2016).

Dari 33 Kabupaten/Kota yang ada di Sumatera Utara, Kabupaten Deli Serdang merupakan wilayah sentra produksi padi dan pensuplai beras terbesar di Provinsi Sumatera Utara. Pada tahun 2018-2020, Deli Serdang merupakan produksi padi dan beras tertinggi di Sumatera Utara yaitu sebanyak 308.529,23 ton padi dan 176.065,74 ton beras (2018), 310.784,51 ton padi dan 177.352,74 ton beras (2019) dan 315.156,48 ton padi dan 177.547,89 ton beras (2020) (BPS Sumut, 2020; BPS Sumut, 2021) .

Pertumbuhan produksi dan produktivitas padi di Indonesia mengalami naik turun (fluktuasi) setiap tahunnya. Berdasarkan data BPS Sumut (2020), realisasi produktivitas padi di Indonesia, maupun di Sumatera Utara lima tahun terakhir 2016-2020, terindikasi cenderung melandai dan bahkan terjadi penurunan (Gambar 1). Menurut BPS Deli Serdang (2022), penurunan produksi padi juga dialami di Kabupaten Deli Serdang sejak tahun 2017-2021, hal ini dapat terlihat jelas pada Gambar 2.



Gambar 1. Produktivitas Padi di Indonesia dan Sumatera Utara Tahun 2016-2020



Gambar 2. Fluktuasi Produksi Padi Lima Tahun Terakhir (2017-2021) Di Kabupaten Deli Serdang

Penurunan produksi dan produktivitas padi disebabkan karena berbagai kendala dan ancaman biofisik, meliputi fenomena iklim yang tidak menentu akibat perubahan iklim, sehingga dapat menyebabkan terjadinya kekeringan, banjir dan meningkatnya gangguan organisme pengganggu tanaman (OPT). Selain itu penurunan ini juga disebabkan adanya alih fungsi lahan sawah produktif ke sektor industri dan pemukiman, mengakibatkan berkurangnya lahan strategis untuk pertanaman padi. Hal ini diperparah dengan semakin luasnya degradasi sumber daya lahan, air dan lingkungan akibat erosi, longsor dan pencemaran, sehingga lahan potensial untuk pengembangan pertanian semakin terbatas (Saleh *et al.*, 2015; Sembiring, 2017).

Terjadinya fluktuasi produksi padi di IKabupaten Deli Serdang, disebabkan karena adanya perubahan iklim akibat dampak pemanasan global. Selain itu secara geografis Deli Serdang memiliki topografi dan iklim yang bervariasi, memiliki berbagai jenis topologi yaitu mulai dataran pantai, dataran rendah dan dataran menengah hingga tinggi. Geografi wilayah yang berbeda antara daerah pantai dan daerah dataran rendah menyebabkan tingkat kesuburan tanah dan iklim lokalnya juga berbeda (Chaniago *et al.*, 2020).

Sektor pertanian sangat rentan terhadap perubahan iklim dan dapat mengancam ketahanan pangan suatu negara. Masyarakat Indonesia memang tengah dihantui oleh kecemasan, lantaran fenomena El Nino yang diprediksi akan membuat dampak kekeringan di beberapa wilayah Indonesia. Dimana memang, ada beberapa daerah yang kemudian berpotensi akan terdampak kekeringan yang dahsyat, hingga mengancam berbagai sektor kehidupan termasuk pertanian. Akibat dari peristiwa El-nino ini berdampak terhadap ketidakpastian ketersediaan air pada saat musim tanam, sehingga terjadi penurunan produksi dan produktivitas padi (Pramono, 2015).

Fenomena El Nino ini sudah pernah terjadi di Indonesia sebanyak 18 kali mulai level lemah hingga tinggi. Tepatnya 8 kali pada level lemah, 4 kali menengah dan 6 kali pada level kuat. Untuk level lemah pernah terjadi direntang waktu tahun, 1951, 1963, 1968, 1969, 1976, 1977, 2004 dan 2006. Sedangkan untuk level menengah, pernah terjadi pada 1986, 1987, 1994, dan 2002 yang lalu. El Nino level kuat, terjadi diantaranya tahun 1965, 1972, 1982, 1991, 1997, dan 2009. Berdasarkan catatan, bahwa Indonesia pernah mengalami El Nino terburuk yaitu pada tahun 1982 dan 1997.

Prediksi BMKG tahun 2023 Indonesia kembali mengalami El Nino, puncaknya akan terjadi di Agustus, sehingga diprediksi akan membuat beberapa daerah akan mengalami kekeringan ekstrem, sehingga memang butuh persiapan untuk menghadapinya. Kemudian, dari hasil analisa BMKG sesuai dengan konsesus ahli iklim dalam National Climate Forum, bahwa kemungkinan El Nino ini nantinya akan berakhir pada Oktober. Akan tetapi, El Nino yang melanda Indonesia pada 2023 ini masih dikategorikan menengah.

Prediksi BMKG tahun 2023 musim kemarau yang disebabkan fenomena El Nino akan terjadi dalam rentang April, Mei, dan Juni. Wilayah yang mengalami musim kemarau di April meliputi Bali, NTB, NTT, dan sebagian besar wilayah Jawa Timur. Sementara itu, untuk bulan Mei diprediksi akan melanda sejumlah wilayah diantaranya, sebagian besar Jawa Tengah, Yogyakarta, sebagian besar wilayah Jawa Barat, sebagian besar Banten, sebagian besar pulau Sumatera bagian Selatan, dan Papua bagian Selatan. Sedangkan untuk beberapa wilayah yang akan terdampak musim kemarau pada Juni, akan meliputi beberapa wilayah diantaranya, Jakarta, sebagian kecil pulau Jawa, sebagian besar Sumatera Selatan, Kepulauan Bangka Belitung, sebagian besar Riau, sebagian besar Sumatera Barat, sebagian Pulau Kalimantan bagian selatan, dan sebagian besar Pulau Sulawesi bagian Utara.

Menurut BMKG, Provinsi Sumatera Utara tidak mengalami kondisi kekeringan sebagai dampak El nino. Ancaman El nino lebih mengarah pada bagian timur Indonesia, termasuk sebagian daerah di Pulau Jawa. Sedangkan Sumut yang berada di bagian barat Indonesia cukup jauh dari jangkauan sehingga tidak terlalu mengalami kondisi kekeringan.

Sedangkan peristiwa La-nina menyebabkan naiknya air permukaan laut akibat curah hujan yang sangat tinggi dan dapat menimbulkan bencana banjir, dengan demikian luas lahan pertanian menjadi berkurang. Selain itu perubahan iklim dapat meningkatkan perkembangan hama, penyakit serta gulma yang menjadi kompetisi utama tanaman padi (Praptana, 2014).

Perubahan iklim akan mempengaruhi pola tanam, waktu tanam, kuantitas dan kualitas hasil. Indikasi terjadi perubahan iklim antara lain adanya kenaikan suhu udara, kekeringan, bencana banjir, bergesernya musim hujan (musim hujan makin pendek) (Aldrian, 2007).

Curah hujan merupakan unsur iklim yang fluktuasinya tinggi dan pengaruh cukup signifikan terhadap produksi tanaman. Jumlah curah hujan secara keseluruhan sangat penting dalam menentukan hasil, terlebih apabila ditambah dengan peningkatan suhu, peningkatan suhu yang besar dapat menurunkan hasil. Peningkatan curah hujan yang tinggi di suatu daerah berpotensi menimbulkan banjir, sebaliknya jika terjadi penurunan curah hujan dari kondisi normalnya akan berpotensi terjadinya kekeringan. Kedua hal tersebut tentu akan berdampak buruk terhadap metabolisme tubuh tanaman dan berpotensi menurunkan produksi, hingga kegagalan panen (Anwar *et al.*, 2015). Oleh karena itu, salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mencapai hasil panen yang optimal tanaman padi, harus dapat mengendalikan lingkungan tumbuhnya meliputi tanah, air, udara, cahaya matahari, dan lainnya.

Terkait dengan uraian di atas tentang isu perubahan iklim khususnya terhadap tanaman padi, dan juga Kabupaten Deli Serdang merupakan sentra produksi padi terbesar di Sumatera Utara, sehingga kabupaten ini sangat berperan penting dalam

menjaga ketahanan pangan di wilayahnya. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang “Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Produksi Dan Produktivitas Padi di Kabupaten Deli Serdang”.

1.2 Tujuan Penelitian

- a. Menganalisis adanya perubahan iklim (temperatur, curah hujan, kelembapan udara, penyinaran matahari) pada tahun 2017–2021
- b. Mengetahui adanya korelasi perubahan iklim (temperatur, curah hujan, kelembapan udara, penyinaran matahari) pada tahun 2017–2021 terhadap produksi dan produktivitas padi di Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara.

1.3 Hipotesis Penelitian

- a. Diduga terjadi perubahan iklim (temperatur, curah hujan, kelembapan udara, penyinaran matahari) pada tahun 2017–2021 di Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara.
- b. Ada pengaruh nyata perubahan iklim (temperatur, curah hujan, kelembapan udara, penyinaran matahari) pada tahun 2017–2021 terhadap produksi dan produktivitas padi di Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara.

1.4 Manfaat Penelitian

- a. Sebagai informasi kepada Pemerintah Deli Serdang dan khususnya petani padi di Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara tentang adanya perubahan iklim.
- b. Sebagai bahan dasar dalam penyusunan skripsi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Daerah Deli Serdang

Deli Serdang merupakan salah satu Kabupaten yang berada di Provinsi Sumatera Utara. Secara astronomis, Provinsi Sumatera Utara berada di bagian barat Indonesia, terletak pada garis 1° - 4° Lintang Utara dan 98° - 100° Bujur Timur. Secara geografis Kabupaten Deli Serdang berada di kawasan Pantai Timur Sumatera Utara, terletak pada garis $2^{\circ}57'$ - $3^{\circ}16'$ Lintang Utara dan $98^{\circ}33'$ - $99^{\circ}27'$ Bujur Timur. Wilayah Kabupaten Deli Serdang di sebelah Utara berbatasan dengan Kabupaten Langkat dan Selat Malaka, di sebelah Selatan dengan Kabupaten Karo dan Simalungun, di sebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Langkat dan Karo serta Kota Binjai dan di sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Serdang Bedagai, ini dapat terlihat pada Gambar 3 (Chaniago *et al.*, 2022a).

Kabupaten Deli Serdang menempati area seluas 2.497,72 km², dengan 22 Kecamatan, 380 Desa dan 14 Kelurahan. Topografi di wilayah Deli Serdang secara umum dibedakan atas dua bagian yaitu wilayah yang berada pada ketinggian 0 - 500 m dpl dengan luas 223.646 ha (89,54 % dari luas seluruh wilayah Deli Serdang) dan 10,46% termasuk wilayah yang berada pada ketinggian > 500 m dpl, dengan luas 26.126 ha (BPS-Deli Serdang, 2020).

Topologi di Kabupaten Deli Serdang beragam mulai dari dataran pantai, dataran rendah dan dataran tinggi. Kawasan dataran pantai (26,30%), terdiri atas 4 kecamatan yaitu Hamparan Perak, Labuhan Deli, Percut Sei Tuan dan Pantai Labu, dengan potensi utamanya adalah pertanian tanaman pangan. Kawasan dataran rendah (28,80%), terdiri dari 11 kecamatan yaitu Galang, Tanjung Morawa, Patumbak, Deli Tua, Pancur Teknologi Padi Inovatif Mendukung Pertanian Presisi

dan Berkelanjutan 31 Batu, Namo Rambe Sunggal, Batang Kuis, Beringin, Lubuk Pakam dan Pagar Merbau, potensi utamanya Tanaman Pangan. Kawasan dataran tinggi (44,90%), terdiri dari 7 kecamatan yaitu Gunung Meriah, Sinembah Tanjung Muda (STM) Hulu, Sibolangit, Kutalimbaru, Biru-biru, Sinembah Tanjung Muda (STM) Hilir, Bangun Purba, potensi utamanya pertanian rakyat (Chaniago *et al.*, 2020).



Gambar 3. Wilayah Kabupaten Deli Serdang Provinsi Sumatera Utara

Deli Serdang merupakan daerah beriklim tropis dengan dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Musim hujan dan musim kemarau biasanya ditandai dengan banyaknya jumlah hari hujan pada tiap bulan terjadinya musim.

Pada bulan Juni hingga September arus angin yang bertiup tidak banyak mengandung uap air, sehingga mengakibatkan musim kemarau. Sebaliknya pada bulan Desember hingga Maret arus angin yang banyak mengandung uap air berhembus sehingga terjadi musim hujan. Keadaan ini berganti setiap setengah tahun setelah melewati masa peralihan pada bulan April-Mei dan Oktober-Nopember (BPS-Deli Serdang, 2021).

Di sub sektor Pertanian Tanaman Pangan, Kabupaten Deli Serdang hingga saat ini merupakan salah satu daerah yang memberikan kontribusi yang cukup signifikan terhadap Provinsi Sumatera Utara. Meskipun sebagian komoditi mengalami penurunan produksi, tetapi bila diukur dengan angka ketersediaan terutama Padi, jagung dan Singkong tetap mengalami surplus. Pada tahun 2020 produksi padi di Kabupaten Deli Serdang mencapai 434.622,34 Ton, dengan produksi beras mencapai 238.309,33 ton. Kebutuhan konsumsi Deli Serdang pada tahun 2020 adalah sebesar 221.556 ton. Hal ini menandakan adanya surplus 16.754 ton (Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu/DPM-PTSP, 2021).

Dari 33 Kabupaten/Kota yang ada di Sumatera Utara, Kabupaten Deli Serdang merupakan wilayah sentra produksi padi dan pensuplai beras terbesar di Provinsi Sumatera Utara. Pada tahun 2018-2020, Deli Serdang merupakan produksi padi dan beras tertinggi di Sumatera Utara yaitu sebanyak 308.529,23 ton padi dan 176.065,74 ton beras (2018), 310.784,51 ton padi dan 177.352,74 ton beras (2019) dan 315.156,48 ton padi dan 177.547,89 ton beras (2020) (BPS Sumut, 2020; BPS Sumut, 2021).

2.2 Pengaruh Iklim Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Padi

Dalam budidaya tanaman, ada 3 faktor yang memegang peran utama yaitu iklim, tanah dan tanaman. Ketiga faktor ini secara bersinergi menentukan tingkat produksi tanaman. Ketimpangan pada salah satu faktor akan mempengaruhi hasil akhirnya. Ketika faktor tanah dan tanaman dalam kondisi optimal, maka iklim yang memegang peran yang lebih besar, namun kondisinya tidak bisa dikendalikan oleh manusia. Iklim sangat dinamis dan kompleks sehingga hal yang bisa dilakukan adalah menyesuaikan dengan iklim setempat (Estiningtyas & Syakir, 2017).

Pada umumnya keadaan atmosfer selalu berubah-ubah dari hari ke hari, bahkan dari jam ke jam. Keadaan atmosfer setiap saat disebut cuaca (iklim), ditentukan oleh beberapa unsur. Unsur cuaca/iklim yang utama antara lain curah hujan, temperatur udara, kelembapan udara, radiasi sinar matahari dan angin (Guslim, 1995).

Cuaca suatu tempat adalah resultante dari pada keadaan di atas dalam jangka waktu yang relatif singkat kurang dari satu tahun. Iklim adalah rata-rata keadaan cuaca dari hari ke hari yang dihitung dalam periode yang cukup lama, paling sedikit 2 tahun sebaiknya 30 tahun (Guslim, 1995).

Unsur-unsur iklim berbeda dari satu tempat dengan tempat lainnya, disebabkan karena ada pengendali iklim seperti garis lintang geografis, jenis permukaan bumi (daratan atau laut), ketinggian tempat di atas permukaan laut, dan barisan-barisan pegunungan (Guslim, 1995).

Padi dapat tumbuh dalam iklim yang beragam, tumbuh di daerah tropis dan subtropis pada 45° LU dan 45° LS, sehingga sulit menentukan batas-batas iklim yang sesuai dengan pertumbuhannya. Faktor iklim yang mempengaruhi

pertumbuhan tanaman padi adalah curah hujan, temperatur udara, intensitas cahaya matahari, kelembapan udara dan kecepatan angin.

2.2.1 Curah Hujan

Air merupakan komponen utama yang sangat dibutuhkan dalam setiap fase siklus hidup tanaman padi, mulai dari perkecambahan sampai pengisian gabah. Kebutuhan air bagi tanaman padi berbeda-beda setiap fase pertumbuhannya. Namun tidak satupun proses metabolisme pada setiap fase pertumbuhan dapat berlangsung tanpa air (Chaniago *et al.*, 2022b). Berdasarkan tingkat urgensinya, fase pembentukan anakan aktif dan bunting merupakan fase-fase kritis tanaman padi terhadap ketersediaan air. Kekurangan atau kelebihan air pada fase ini dapat mengganggu pertumbuhan tanaman. Kebutuhan air dalam satu siklus tanaman padi, yaitu kebutuhan untuk pengolahan tanah, pembibitan, tanam sampai primordial, primordial sampai pembungaan, terbentuknya bunga 10% sampai penuh, bunga penuh sampai pemasakan dan pemasakan sampai panen (Akram *et al.*, 2013).

Air tidak hanya menentukan produktivitas tanaman, tetapi juga mempengaruhi intensitas pertanaman (IP) dan luas tanam potensial. Potensi penurunan hasil merupakan akibat tidak tercukupinya kebutuhan air tanaman selama masa pertumbuhannya.

Di Indonesia, faktor penentu musim tanam adalah ketersediaan air yang sangat dipengaruhi oleh curah hujan. Meskipun penerimaan hujan tahunan tinggi, bahkan di beberapa wilayah telah tersedia fasilitas jaringan irigasi, namun demikian periode tanam pada sebagian besar wilayah produksi tanaman pangan tetap tergantung pada kondisi penerimaan hujan musiman (Hidayati *et al.*, 2010).

Hasil kajian menunjukkan bahwa di beberapa wilayah Indonesia, terindikasi mengalami perubahan iklim yang ditunjukkan dengan kenaikan suhu udara, perubahan pola distribusi curah hujan dan hari hujan bulanan maupun tahunan. Terjadi kecenderungan menurunnya curah hujan tahunan dan distribusi curah hujan (Aldrian, 2007).

Jumlah curah hujan secara keseluruhan sangat penting dalam menentukan hasil. Peningkatan curah hujan di suatu daerah berpotensi menimbulkan banjir, sebaliknya jika terjadi penurunan dari kondisi normalnya akan berpotensi terjadinya kekeringan. Kedua hal tersebut tentu akan berdampak buruk terhadap metabolisme tubuh tanaman dan berpotensi menurunkan produksi, hingga kegagalan panen (Anwar *et al.*, 2015).

Menurut Paski *et al.* (2018), curah hujan optimal yang mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi berkisar 150-200 mm/bulan atau lebih dengan distribusi selama 4 bulan dan curah hujan yang dikehendaki pertahun sekitar 1500-2000 mm. Pada lahan basah (sawah irigasi), curah hujan bukan merupakan faktor pembatas tanaman padi, tetapi pada lahan kering tanaman padi membutuhkan curah hujan yang optimum >1600 mm/tahun. Padi memerlukan bulan basah yang berurutan minimal 4 bulan. Bulan basah adalah bulan yang mempunyai curah hujan >200 mm dan tersebar secara normal atau setiap minggu ada turun hujan sehingga tidak menyebabkan tanaman stress karena kekeringan (BPTP-NAD, 2009).

Tingginya kebutuhan air pada tanaman padi sering dihadapkan pada permasalahan kekeringan akibat perubahan iklim yang tidak menentu (Bouman *et al.*, 2007). Anomali iklim global, yang sangat dirasakan bagi sektor pertanian,

adalah tingginya frekuensi El Nino yang menyebabkan kekeringan yang berkepanjangan. Terjadinya anomali iklim ini berdampak terhadap ketidakpastian ketersediaan air pada saat musim tanam (Pramono, 2015). Selain El-nino, anomali iklim yang lainnya adalah La Nina yang dapat menyebabkan terjadinya banjir akibat curah hujan yang berlebihan.

El Nino dan La Nina terjadi akibat interaksi antara permukaan laut dan atmosfer di Pasifik tropis. Perubahan suhu muka laut di wilayah ini mempengaruhi atmosfer di atasnya. Perubahan atmosfer juga mempengaruhi perubahan suhu dan arus laut melalui mekanisme umpan balik (*feedback*) atmosfer-laut. Sistem interaksi atmosfer-laut ini berosilasi antara kondisi hangat (El Nino) ke netral atau dingin (La Nina) rata-rata memiliki siklus setiap 3-4 tahun, dan mempengaruhi pola iklim di seluruh dunia setiap 3-4 tahun. Namun, dalam catatan sejarah interval antar peristiwa bervariasi dari 2 hingga 7 tahun. Kedua peristiwa ini biasanya berlangsung sekitar 9-12 bulan. Namun, beberapa kejadian La Nina dan El Nino bisa berlangsung lebih lama tergantung dari intensitasnya (Pusat Informasi Perubahan Iklim BMKG, 2020).

El Nino dan La Nina adalah perubahan skala besar suhu permukaan laut (SPL) di Pasifik tropis bagian timur. Dalam keadaan normal, SPL di lepas pantai barat Amerika Selatan biasanya berkisar antara 15-21°C, sementara itu SPL di “kolam hangat” di Pasifik tengah dan barat dapat melebihi 27°C.

Pada kondisi El Niño, kolam hangat ini dapat meluas hingga wilayah Pasifik tropis bagian tengah. Hal ini diikuti oleh melemahnya angin pasat (*trade wind*) di sepanjang Pasifik tropis sehingga terjadi pergeseran pusat konveksi (awan yang berpotensi hujan) ke wilayah Pasifik tropis bagian tengah (Gambar 2). Kondisi El

Nino umumnya memberikan dampak berkurangnya curah hujan di wilayah Indonesia (Supari *et al.* 2018)

Pada kondisi La Nina, angin pasat di sepanjang Pasifik tropis menguat dan terjadi peningkatan *upwelling* (naiknya massa air di lapisan bawah ke permukaan) di sepanjang khatulistiwa dan pantai barat Amerika Selatan. Sirkulasi Walker bergeser ke barat sehingga terjadi peningkatan konveksi dan peluang terjadinya hujan di wilayah Pasifik barat, Indonesia dan Australia. Suhu permukaan laut di sepanjang khatulistiwa bisa turun hingga 4°C di bawah normal (Pusat Informasi Perubahan Iklim BMKG, 2020). Menurut Suciantini (2015), wujud dari fenomena La-Nina adalah kenaikan curah hujan di atas normal dan kenaikan kelembapan udara. Kondisi ini dapat berdampak buruk terhadap produksi pangan, khususnya padi karena sering menimbulkan banjir dan meningkatnya gangguan organisme pengganggu tanaman.

Perubahan iklim di wilayah Indonesia menimbulkan ancaman besar bagi sistem pertanian, terutama tanaman padi, seperti yang telah ditunjukkan dari hasil penelitian, dimana kekeringan dan banjir yang berkepanjangan akibat perubahan iklim dan pengelolaan tata air yang tidak baik sehingga kapasitas air tanah terlalu rendah atau terlalu tinggi menyebabkan produksi padi turun secara signifikan (Ruminta *et al.*, 2018).

Kekeringan merupakan salah satu faktor pembatas pertumbuhan padi yang paling serius dan mengakibatkan penurunan produktivitas padi yang signifikan. Kekeringan dapat mempengaruhi berbagai tahap pertumbuhan dan perkembangan tanaman seperti kekuatan semai, kedalaman dan kerapatan akar (Chaniago *et al.*, 2021). Kekeringan berdampak serius terhadap pertumbuhan tanaman padi terutama

pada fase generatif (Akram *et al.*, 2013), dapat menurunkan kuantitas dan kualitas gabah padi yang dihasilkan (Tao *et al.*, 2006).

Terbatasnya ketersediaan air dapat menghambat sintesis klorofil pada daun karena kemampuan akar untuk menyerap unsur hara N dan Mg yang berperan penting dalam sintesis klorofil menjadi terhambat. Kurangnya ketersediaan air dapat menghambat sintesis klorofil pada daun akibat laju fotosintesis yang menurun dan terjadinya peningkatan temperatur dan transpirasi yang menyebabkan disintegrasi klorofil.

Inisiasi malai merupakan fase paling penting terjadinya perubahan fisiologis. Kekeringan pada fase inisiasi malai menyebabkan penurunan aktivitas enzimatis dan degradasi pigmen klorofil yang menyebabkan penurunan volume fotosintesis sebesar 30,69% dan pada fase anthesis 28% (Akram *et al.*, 2013).

Tanaman padi membutuhkan sekitar 2.500 liter air untuk menghasilkan 1 kg butir gabah (Mahmod *et al.*, 2014). Air ini dipenuhi dari air hujan dan/atau air irigasi untuk memenuhi kebutuhan air guna mengganti kehilangan air akibat evapotranspirasi, peresapandan perkolasi (Bouman *et al.*, 2007). Tanaman padi membutuhkan air paling banyak pada fase vegetatif, mencapai 320 mm. Hal ini berkaitan dengan lamanya fase vegetatif yang mencapai 60 hari pada tanaman padi genjah. Kebutuhan air pada fase pembentukan anakan sekitar 50 mm, fase pembungaan sekitar 80 mm, pengisian gabah sekitar 85 mm dan fase pematangan sekitar 65 mm (Santhiawan dan Suwardike, 2019)

Faktor penyebab utama kerusakan tanaman padi akibat genangan adalah terbatasnya pertukaran udara, baik berupa karbondioksida (CO_2) maupun oksigen (O_2) yang menghambat proses fotosintesis dan respirasi tanaman

(Hermanasari & Hairmansis, 2011). Menurut Jackson (2003), ada beberapa hal yang terjadi akibat genangan air tidak bergerak, dimana laju pertukaran gas menjadi rendah sehingga kondisi sekeliling jaringan tanaman juga menjadi kurang baik. Kapasitas bahan terlarut dalam kondisi tergenang air akan melarutkan banyak bahan partikel yang bisa bermanfaat tetapi juga dapat berbahaya bagi tanaman. CO₂ terlarut yang rendah berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, khususnya akibat rendahnya produksi karbohidrat.

Mahmod *et al.* (2014), melaporkan, genangan antara mengakibatkan suasana lahan menjadi anaerob (kekurangan oksigen) dan penampilan morfologi, fisiologi dan komponen hasil sebagai respon tanaman terhadap kondisi tingkat aerobik berbeda-beda menurut varietas dan perlakuan lainnya.

Tanaman padi dikatakan toleran terhadap genangan sementara (flash flood) jika tanaman padi dapat bertahan hidup dalam waktu 10-14 hari dalam kondisi terendam penuh dan dapat memperbaharui pertumbuhannya setelah ketinggian air normal (Hattori *et al.*, 2011).

2.2.2 Temperatur Udara

Padi di Indonesia kebanyakan ditanam di dataran rendah baik di tegalan, sawah tadah hujan maupun sawah irigasi dan sebagian terdapat juga di daerah di dataran tinggi pegunungan. Di dataran rendah padi dapat tumbuh pada ketinggian 0-650 m dpl dengan temperatur 22°-27°C, sedangkan di dataran tinggi padi tumbuh pada ketinggian 650-1500 m dpl dengan temperatur 19°-23° C (Utama, 2018).

Tanaman padi secara umum membutuhkan suhu minimum 11°-25°C untuk perkecambahan, 22°-23°C untuk pembungaan, 20°-25°C untuk pembentukan biji, dan suhu yang lebih panas dibutuhkan untuk semua pertumbuhan karena

merupakan suhu yang sesuai bagi tanaman padi khususnya di daerah tropika. Padi cenderung toleran terhadap suhu tinggi pada fase vegetatif, namun sensitif pada fase generatif (Tenorio *et al.*, 2013). Suhu yang lebih tinggi setelah fase generatif memberikan pengaruh terhadap beberapa karakter, yaitu pada karakter jumlah anakan total, jumlah gabah isi per malai, jumlah gabah hampa per malai, jumlah gabah total per malai, laju pengisian biji, persentase gabah isi dan bobot gabah total/tanaman (Jaisyurahman *et al.*, 2020).

Paparan suhu tinggi pada fase sebelum dan selama pembungaan akan menurunkan fertilitas polen pada tanaman. Paparan suhu tinggi $\geq 33,7^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam pada saat anthesis dapat menurunkan fertilitas pada spikelet padi (Jagadish *et al.*, 2010). Suhu tinggi pada pembungaan dapat menyebabkan sterilitas polen sehingga terjadi penurunan hasil padi (Wang *et al.*, 2019). Cekaman suhu tinggi pada saat fase pengisian biji mengakibatkan pengapuran pada bulir padi akibat dari peningkatan α -amilase yang dapat menghidrolisis pati (Suriyasak *et al.*, 2017).

Jumlah gabah isi per malai merupakan salah satu indikator suatu genotipe toleran terhadap cekaman suhu tinggi. Fertilitas gabah pada varietas padi Indica diinduksi ketika terkena suhu tinggi sebelum dan saat bunga mekar. Hal ini mengakibatkan berkurangnya jumlah serbuk sari yang jatuh pada stigma sehingga menyebabkan gabah tidak terisi penuh atau gabah menjadi hampa (Satake & Yoshida, 1978). Suhu $>35^{\circ}\text{C}$ pada saat anthesis selama 5 hari meningkatkan kehampaan pada padi (Jagadish *et al.*, 2010). Menurut Dias & Lidon (2009), suhu tinggi pada saat fase reproduktif menyebabkan laju pengisian biji menjadi lebih cepat yang menyebabkan berkurangnya asimilat pada gabah, sehingga menyebabkan bobot gabah isi per tanaman yang dimiliki menjadi lebih rendah.

Suhu yang tinggi mempercepat tanaman mengalami senescence, memperpendek periode pengisian bulir gabah dan memperburuk pembentukan pengisian bulir gabah, sehingga secara signifikan menurunkan produksi padi (Prasad *et al.*, 2006). Tambahan pula, suhu yang tinggi dapat meningkatkan pengapuran (chalkiness) pada gabah, mengurangi angka beras kepala, mengubah struktur amilosa dan amilopektin (Zhong *et al.*, 2005).

2.2.3 Kelembapan udara

Kelembapan udara merupakan banyaknya uap air yang terkandung dalam atmosfer. Uap air terdapat di atmosfer dalam jumlah yang selalu berubah-ubah, tergantung dari perubahan-perubahan pemanasan pada permukaan bumi. Jumlah uap air yang terkandung di udara sangat tergantung dari temperatur udara. Semakin tinggi temperatur udara semakin banyak uap air berada di atmosfer (Fadholi, 2013).

Besarnya kelembapan udara tergantung dari masuknya uap air ke atmosfer karena adanya penguapan dari air yang ada di lautan, danau, sungai dan air dari tanah. Proses transpirasi atau penguapan dari tumbuh-tumbuhan juga mempengaruhi besarnya kelembapan udara. Sedangkan banyaknya kandungan uap air di udara bergantung pada faktor ketersediaan air, sumber uap, suhu udara, angin dan tekanan udara (Fadholi, 2013). Kelembapan menurun seiring dengan meningkatnya suhu karena pemanasan. RH pada malam hari biasanya mendekati 100% dan siang hari jauh lebih rendah (Stuerz dan Asch, 2019).

2.2.4 Sinar Matahari

Sinar matahari merupakan sumber utama dari energi atmosfer, penyebarannya di seluruh permukaan bumi merupakan pengendali yang besar terhadap cuaca dan iklim. Sinar matahari tidak semuanya dapat sampai ke permukaan bumi karena pada

saat memasuki atmosfer bumi terhalang oleh beberapa proses yaitu proses penyerapan (*absorbtion*), proses pemantulan (*reflection*), proses pemancaran (*scattering*). Jumlah energi matahari yang mencapai bumi adalah 70%, permukaan bumi menyerap energi matahari 51 %. Dari 30% yang dipantulkan kembali ke angkasa, 6 % tercermin melalui udara dan debu (Hamdi, 2014).

Sinar matahari merupakan faktor utama setelah air, yang harus tersedia di lingkungan tumbuh tanaman. Besar kecilnya kebutuhan akan cahaya matahari tergantung pada jenis tanaman. Tanaman padi tergolong tanaman yang memerlukan cahaya, sebagai sumber energi dalam proses fotosintesis. Fotosintat yang dihasilkan, tergantung pada besar kecilnya cahaya matahari yang dapat diserap oleh tajuk tanaman. Cahaya matahari diserap tajuk tanaman secara proporsional dengan total luas lahan yang dinaungi oleh tajuk tanaman. Jumlah, sebaran, dan sudut daun pada suatu tajuk tanaman menentukan serapan dan sebaran cahaya matahari (Harsanti, 2011). Oleh karena itu lokasi penanaman padi harus mendapatkan sinar matahari cukup dan jangan terlindung oleh pohon-pohonan atau bangunan. Bila tidak terdapat penyinaran dari matahari, hasilnya akan berkurang, karena 75-80% kandungan pati dari gabah adalah merupakan hasil fotosintesis, pada saat berbunga.

Salisbury & Ross (1995), menyatakan padi tergolong tanaman yang mengikuti jalur C3 dalam proses fotosintesisnya. Seperti tanaman C3 lainnya, tanaman padi selain melakukan respirasi juga melakukan fotorespirasi yaitu perombakan atau hilangnya CO₂ yang ditambat dalam fotosintesis dengan distimulasi adanya cahaya. Fotorespirasi bersifat kurang efisien bagi tanaman karena mengurangi hasil fotosintesis yang disimpan. Namun demikian, tanaman padi termasuk tanaman C3 yang menyukai cahaya penuh (*full sun light*) sehingga produksi padi lebih tinggi

pada musim kemarau dikarenakan lebih banyak cahaya matahari yang diterima tanaman padi dibanding pada musim penghujan. Perubahan suhu yang melewati batas optimal akan menurunkan pertumbuhan dan produksi padi karena tanaman padi tergolong tanaman C3.

Bentuk respon tanaman terhadap kondisi kekurangan cahaya, biasanya tanaman akan mencari sumber cahaya dalam mempertahankan hidupnya yaitu melalui pemanjangan batang, tangkai daun, hipokotil, dan dominasi apikal, sehingga pertumbuhan tinggi tanaman menjadi lebih tinggi dari ukuran normalnya atau dikenal dengan etiolasi (Asfaruddin & Mulatsih, 2017; Hamdani, Kiki & Susanto, 2020).

Kekurangan cahaya matahari dan air akan mengganggu proses metabolisme tanaman, berupa penurunan laju fotosintesis dan berdampak terhadap rendahnya fotosintat yang dihasilkan. Rendahnya fotosintat akan mempengaruhi pembentukan jumlah anakan dan anakan produktif (Sasmita *et al.*, 2006), penurunan gabah isi per malai dan memperlambat umur panen (Yullianida *et al.*, 2017). Penurunan jumlah gabah per malai, bobot gabah kering per rumpun, terjadi baik pada genotipe padi yang rentan maupun toleran naungan. Biasanya genotipe toleran penurunannya relatif lebih sedikit (Asfaruddin dan Mulatsih, 2017).

Pembentukan klorofil dipengaruhi oleh cahaya matahari dan temperatur (Nio *et al.*, 2019). Tanaman yang tidak terkena cahaya tidak dapat membentuk klorofil sehingga daun menjadi pucat. Akan tetapi, jika intensitas cahaya terlalu tinggi, klorofil akan rusak (Lukitasari, 2012). Senada dengan pernyataan Feng *et al.* (2019), menyatakan bahwa “kadar klorofil a dan b di daun menunjukkan penurunan dengan pencahayaan yang semakin rendah”. Penurunan kadar klorofil ini berkaitan

erat dengan proses fotosintesis. Salah satu perangkat yang berperan penting dalam fotosintesis adalah kloroplas yang mengandung klorofil, berperan untuk menangkap cahaya matahari. Oleh karena itu kandungan klorofil relatif berkorelasi positif dengan laju fotosintesis.

2.2.4 Angin

Angin adalah gerakan udara secara horizontal, angin mengalir dari tempat-tempat yang bertekanan udara tinggi menuju ketempat-tempat udara rendah. Pada umumnya penyebab terjadinya perbedaan tekanan udara horizontal dikarenakan adanya perbedaan temperatur. Daerah dimana udaranya bertemperatur lebih tinggi, secara relatif tekanannya lebih rendah daripada daerah yang bertemperatur udaranya rendah (Guslim, 1995).

Perbedaan tekanan horizontal persatuan panjang (jarak) disebut gradien tekanan horizontal. Kecepatan angin yang terjadi berbanding langsung dengan gradien tekanan horizontal. kecepatan angin lazimnya dinyatakan dalam satuan knot (mil laut per jam). Besar nilai perbedaan tekanan udara antara kedua tempat maka makin besar pula kecepatan angin, besar kecilnya nilai perbedaan tekanan udara itu disebut Gradien Tekanan Udara dengan demikian maka gradien tekanan udara merupakan gaya pendorong angin (Fadholi, 2013). Selain kecepatan angin, yang perlu diperhatikan juga adalah arah angin. Arah angin lazimnya dinyatakan dengan derajat, arah angin dapat berubah-ubah dalam waktu yang singkat (Suwarti *et al.*, 2017).

Angin berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman padi yaitu dalam penyerbukan dan pembuahan tetapi jika terlalu kencang akan merobohkan tanaman (Hanum, 2008).