

# PENDAHULUAN

Sejarah telah menunjukkan bahwa sektor pertanian mempunyai peran yang sangat penting dalam perekonomian negara. Peran tersebut semakin terlihat pada masa krisis tahun 1997, di mana sektor pertanian bersama dengan sektor perikanan dan kehutanan mampu bertahan sebagai sektor penopang perekonomian nasional, sehingga krisis yang lebih buruk dapat dihindarkan. Ke depannya, sektor pertanian akan tetap menjadi tulang punggung negara dan sebagian besar rakyat Indonesia.

## 1.1 Permasalahan dan Tantangan Pengembangan Pertanian Tahun 2030

Pada Abad 20 telah terjadi peningkatan hasil tanaman secara signifikan, yang utamanya disebabkan oleh perbaikan teknik budi daya dan penggunaan kultivar baru. Pada abad 21, tantangan yang harus dihadapi dalam upaya memenuhi kebutuhan pangan menjadi semakin besar. Hal ini terkait dengan berbagai perubahan yang memengaruhi produksi pangan dunia, yaitu (a) peningkatan populasi manusia, (b) peningkatan konsumsi daging dan pangan nabati, (c) adanya pemanasan global yang menyebabkan fluktuasi iklim yang tajam dan menyebabkan gagal panen, (d) menurunnya luas lahan garapan, (e) kelangkaan air yang menurunkan jumlah air irigasi, (f) degradasi lingkungan dan erosi, (g) adanya kebutuhan untuk proteksi tanaman dari serangan hama dan penyakit, serta (h) perubahan alam yang sulit diprediksi (Mifflin 2000).

Populasi dunia pada tahun 2025 diperkirakan akan menjadi 8,04 miliar orang yang akan membutuhkan pangan sebesar 3.046,5 juta ton, di mana saat itu diperkirakan produksi pangan dunia hanya mencapai 2.977,7 juta ton, sehingga neraca pangan dunia akan defisit 68,8 juta ton (Mifflin 2000). Pada tahun 2025 tersebut, jumlah penduduk di Indonesia akan mencapai 316–350

juta orang dan diperkirakan akan membutuhkan beras  $\pm 42,7-47,3$  juta ton (Badan Litbang Deptan 2005). Jika produksi 2011 hanya mencapai 37,8 juta ton, akan terjadi kekurangan pangan beras  $\pm 10$  juta ton, bila tidak ada peningkatan produksi. Hal tersebut menunjukkan bahwa Indonesia rawan terhadap kekurangan pangan, sehingga diperlukan peningkatan produksi pangan secara berkelanjutan agar terhindar dari kerawanan pangan.

Peningkatan pembangunan pertanian di beberapa negara berkembang ditujukan untuk memenuhi kebutuhan pangan dan peningkatan kesejahteraan masyarakat. Isu penting yang harus dihadapi meliputi berbagai hal yang terkait dengan (a) peningkatan suplai pangan, (b) upaya penanggulangan kekurangan gizi, (c) pemberantasan kemiskinan, dan (d) pencapaian laju pertumbuhan pertanian yang dapat memberikan kontribusi besar terhadap peningkatan pembangunan ekonomi secara menyeluruh.

Budi daya tanaman melibatkan populasi tanaman melalui manajemen lapang yang baik sesuai dengan cara-cara dalam GAP (*good agriculture practices*). Potensi hasil genetik dari tanaman tidak selalu tercapai karena adanya faktor-faktor pembatas, seperti ketersediaan *input* yang tidak tepat waktu, salah musim, serangan hama penyakit, dan cekaman abiotik. Jenis cekaman abiotik berbeda-beda sesuai dengan tempat di mana tanaman tumbuh, musim tanam, dan letak geografis. Beberapa cekaman abiotik yang paling umum sangat berfluktuasi sesuai kondisi lingkungan, seperti kelembapan tanah, evaporasi, adanya penggenangan, suhu atmosfer, variasi periodisitas, *frost* dan kerusakan suhu dingin, status fisiokimia tanah, defisit hara, serta keracunan logam berat. Memahami dasar fisiologi dan genetika dari sifat toleransi tanaman serta upaya manipulasi genetik merupakan hal yang penting untuk menanggulangi pengaruh cekaman abiotik secara agronomis. Manusia menyeleksi tanaman yang dapat dimakan, seperti halnya pakan untuk ternak. Namun demikian, domestikasi tanaman liar mengakibatkan kerentanan genetik terhadap perubahan cuaca (abiotik) atau serangan hama dan patogen (biotik).

Petani dulu secara kontinu memperbaiki kuantitas, kualitas, dan daya simpan biji dari hasil panen yang menyebabkan terjadinya basis genetik yang sempit dari varietas. Cara ini menyebabkan varietas menjadi lebih rentan terhadap cekaman abiotik dan biotik. Dengan demikian sejak awal pertanian, manusia telah menghadapi dan mengatasi berbagai cekaman abiotik. Dalam deraan yang panjang, petani di seluruh dunia telah menyeleksi dan menanam berbagai tanaman, yang sekarang dikelompokkan sebagai lanras, varietas lokal, dan varietas petani, di mana banyak dari varietas tersebut memiliki gen

toleransi terhadap berbagai cekaman abiotik. Kultivar modern berdaya hasil tinggi, terutama padi dan gandum memiliki potensi lebih besar jika dikelola dengan baik. Kerentanan varietas tanaman modern terhadap cekaman abiotik menyebabkan hasil tahunan berfluktuasi sangat tajam. Telah terjadi defisit pangan secara global karena tingginya permintaan, lebih tinggi dari yang dapat diproduksi. Hal ini menyebabkan timbulnya permainan harga komoditas pangan. Kegagalan panen di Afrika dan Australia menyebabkan permintaan pangan yang tinggi kepada Negara China dan India.

Cekaman abiotik (*abiotic stress*), seperti kekeringan, banjir, salinitas dan alkalinitas, suhu tinggi (terutama pada saat pembungaan dan kematangan), toksisitas zat kimia, serta stres oksidatif merupakan ancaman serius terhadap pertanian dan lingkungan. Sebagai contoh, peningkatan salinitas tanah diduga telah menyebabkan kerusakan lahan-lahan pertanian secara global, diprediksi akan menyebabkan kehilangan 30% lahan subur dalam 25 tahun ke depan dan sampai 50% pada tahun 2050 (FAO 2006). Pada tahun 2025, petani di seluruh dunia harus memproduksi sekitar 3,0 miliar ton sereal untuk memberi makan penduduk dunia dengan populasi hampir 8,0 miliar orang. Ini berarti produktivitas rata-rata sereal (terutama gandum dan padi) harus bisa dipertahankan pada angka 4 ton/ha. Di samping itu perlu dipikirkan meningkatnya permintaan terhadap pakan, sayuran, buah-buahan, serat, minyak, energi, dan kayu. Dalam buku ini akan dibahas berbagai isu yang terkait dengan berbagai metode yang mampu meningkatkan produksi dan produktivitas tanaman dengan cara yang lebih baik melalui pengembangan varietas yang toleran terhadap berbagai cekaman abiotik.

Cekaman atau stres dalam istilah biologi berarti penyimpangan dalam proses fisiologi, perkembangan dan fungsi tanaman yang bisa berbahaya, serta dapat menimbulkan kerusakan yang tidak dapat balik pada sistem tanaman. Perbaikan tanaman untuk meningkatkan produktivitas telah diupayakan melalui perbaikan adaptasi terhadap cekaman abiotik di lahan sub-optimal. Di Departemen Agronomi dan Hortikultura IPB, penelitian-penelitian bidang fisiologi telah banyak berperan dalam upaya seleksi dan perbaikan beberapa tanaman pangan (Sopandie 1997, 1999, 2006; Sopandie *et al.* 1995c, 1996abc, 1997, 2000abc, 2001abc, 2002ab, 2003abc, 2004abc, 2005abcd, 2006, 2012; Sopandie dan Trikoesoemaningtyas 2011; Makmur *et al.* 1999; Chozin *et al.* 1999; Supijatno *et al.* 2005; Trikoesoemaningtyas 2002; Trikoesoemaningtyas *et al.* 2010, 2011).

## 1.2 Ketersediaan Lahan Garapan Saat Ini dan Proyeksi Kebutuhan Lahan Baru

Sumarno (2005) memprediksi kebutuhan lahan untuk perluasan areal tanam sebagai upaya menanggulangi kebutuhan pangan tahun 2005–2010 sekitar 5 juta ha (Tabel 1). Pada saat ini, luas lahan garapan untuk tanaman pangan sekitar 10 juta ha.

Tabel 2 menunjukkan perbandingan luas lahan dengan jumlah penduduk dari beberapa negara di dunia (Sumarno 2005). Dari angka luas lahan per kapita tersebut, sebenarnya Indonesia kurang pantas disebut sebagai negara agraris karena Indonesia memiliki luas lahan garapan per kapita terkecil. Ketersediaan lahan garapan per kapita di Indonesia saat ini sudah sangat parah dibandingkan dengan Vietnam dan Bangladesh sekalipun, Indonesia masih tertinggal.

Selain itu, dari 7,7 juta ha lahan pertanian basah di Indonesia, kurang lebih hanya 4,6 juta ha (60%) merupakan areal beririgasi (teknis, semiteknis, dan pedesaan), sisanya merupakan lahan tadah hujan dan rawa. Rendahnya jumlah prasarana irigasi ini perlu mendapat perhatian dari pemerintah untuk segera menciptakan areal irigasi baru, walau hanya sekadar irigasi pedesaan sekalipun akan memiliki manfaat yang besar.

Tabel 1 Perkiraan kasar kekurangan lahan menurut kebutuhan pangan Indonesia tahun 2005–2010

Komoditas	Kekurangan Produksi (juta ton/tahun)	Keperluan penambahan lahan (juta ha)
Padi	4,0	1,0
Jagung	1,0	0,4
Kedelai	2,0	2,0
Kacang tanah	1,0	1,0
Gula/tebu	1,6	0,4
Buah-buahan	3,0	0,2
Sayuran	0,5	0,020
Biofarmaka	0,05	0,005
Peternakan	0,40	± 0,0050
Total kekurangan lahan garapan		5,070

Sumber: Sumarno (2005)

## 1.3 Potensi Sumber Daya Lahan dan Air untuk Tanaman Pangan

Sumber daya lahan yang ada saat ini didominasi oleh tanah bermasalah, di mana perluasan areal tanaman pangan akan mengarah pada lahan kelas IV-VI. Berdasarkan peta skala 1:1.000.000 (Puslitbangtanak 2000), total lahan Indonesia mencapai luas 188,2 juta ha. Secara biofisik sekitar 100,8 juta ha di antaranya tergolong lahan yang sesuai untuk budi daya berbagai jenis tanaman, sedangkan sisanya sekitar 88 juta hektar tidak sesuai.

### 1.3.1 Lahan yang Sesuai untuk Pertanian Tanaman Pangan

Berdasarkan Atlas Tata Ruang Pertanian Indonesia pada skala 1:1.000.000 (Puslitbangtanak 2001), Indonesia dengan luas lahan sekitar 188,2 juta ha terdiri atas lahan kering sekitar 148 juta ha dan lahan basah 40,2 juta ha. Lahan kering tersebut dikelompokkan menjadi lahan kering dataran rendah (< 700 m dpl.) seluas 87,4 juta ha dan dataran tinggi (> 700 m dpl.) seluas 54,8 juta ha (Hidayat dan Mulyani 2002).

Tabel 2 Perbandingan luas lahan pertanian dengan jumlah penduduk beberapa negara di dunia

Negara	Luas Lahan (ribuan ha)	Jumlah Penduduk, (ribuan)	Luas Lahan Per kapita (m <sup>2</sup> )
Argentina	33.700	37.074	9.100
Australia	50.304	19.153	26.100
Bangladesh	8.085	123.406	655
Brazil	58.865	171.796	3.430
Canada	45.740	30.769	14.870
China	143.625	1.282.172	1.120
India	161.750	1.016.938	1.590
Indonesia <sup>1)</sup>	7.780	217.000	360
Thailand	31.839	60.925	5.230
USA	175.209	285.003	6.150
Vietnam	7.500	78.137	960
Indonesia <sup>2)</sup>	9.788	217.000	450

<sup>1)</sup> Lahan sawah seluruhnya + lahan tadah hujan, tidak termasuk perkebunan

<sup>2)</sup> Lahan sawah + lahan tadah hujan + lahan kering, tidak termasuk perkebunan

Sumber: Sumarno (2005)

Dari total daratan Indonesia, lahan yang sesuai untuk pertanian, baik tanaman pangan maupun tanaman tahunan seluas 100,8 juta ha (Abdurachman *et al.* 2004). Lahan yang terluas terdapat di Sumatera, Kalimantan, dan Papua. Untuk pertanian lahan basah (pangan semusim) terdapat di Papua, Sumatera, dan Kalimantan, sedangkan untuk pertanian lahan kering (tanaman semusim) terluas terdapat di Sumatera dan Kalimantan. Namun demikian, luas lahan yang sudah digunakan mencapai 68,5 juta ha, sehingga masih tersisa sekitar 32,2 juta ha (Abdurachman *et al.* 2004).

Di Jawa, pemanfaatan lahan sudah melampaui ketersediaannya (*overutilization*). Beberapa wilayah lain yang juga sudah melampaui ketersediaannya adalah NAD, Sumut, Sumbar, Bengkulu, DKI, DIY, Banten, Bali, NTB, Sulut, dan Sulteng (Abdurachman *et al.* 2004). Selain itu, lahan di Jawa mengalami pengurangan akibat konversi ke penggunaan nonpertanian dengan laju yang makin tinggi. Pada periode tahun 1981–1999 terjadi konversi lahan sawah ke penggunaan nonpertanian seluas 1.627.514 ha dan sekitar 1 juta ha di antaranya terjadi di Jawa. Tingkat kesuburan lahan di Jawa jauh lebih tinggi dibandingkan dengan di luar Jawa, selain itu kondisi infrastruktur lahan di Jawa juga lebih mapan dibandingkan dengan di luar Jawa. Oleh karena itu, dalam rangka memantapkan kapasitas produksi pangan nasional, maka dalam jangka panjang lahan-lahan produktif di Jawa seperti lahan sawah tetap perlu dipertahankan sebagai lahan pertanian dan diupayakan agar konversi lahan tersebut dapat lebih dikendalikan.

Lahan Potensial untuk Padi. Indonesia masih memiliki potensi lahan yang cukup luas untuk pengembangan tanaman padi, yaitu sekitar 24,5 juta ha lahan basah (sawah) dan 76,3 juta ha lahan kering. Luas potensi lahan tersebut dapat dirinci lebih lanjut sebagai berikut (Balitbang Deptan 2005).

- (a) Lahan sawah. Potensi lahan sawah nonrawa pasang surut luasnya mencapai sekitar 13,26 juta ha, yang tersebar di Sumatera (2,01 juta ha), Jawa (1,12 juta ha), Bali dan Nusa Tenggara (0,85 juta ha), Kalimantan (1,03 juta ha), Sulawesi (1,11 juta ha), serta Maluku dan Papua (7,89 juta ha). Dari total luas potensi lahan sawah tersebut, yang telah digunakan baru mencapai 6,86 juta ha (BPS 2003). Jadi, masih tersisa potensi lahan sawah yang cukup luas untuk dibudidayakan tanaman padi.
- (b) Lahan rawa dan pasang surut. Luas potensi lahan rawa dan pasang surut yang sesuai mencapai 3,51 juta ha, tersebar di Sumatera (1,92 juta ha), Jawa (0,12 juta ha), Kalimantan (1,01 juta ha), Sulawesi (0,31 juta ha),

serta Maluku dan Papua (3,51 juta ha). Dari total luas potensi lahan rawa dan pasang surut tersebut, yang telah digunakan untuk lahan sawah baru sekitar 0,93 juta ha, sehingga masih ada sisa sekitar 2,57 juta ha yang dapat dikembangkan menjadi lahan sawah (BPS 2003).

- (c) Lahan kering. Luas potensi lahan kering yang dapat dikembangkan untuk tanaman semusim, khususnya padi sekitar 25,33 juta ha. Dari total luas potensi lahan kering tersebut, yang sudah dimanfaatkan masih relatif sangat kecil, sehingga dari lahan kering yang ada di Indonesia masih terbuka peluang yang sangat lebar untuk pengembangan tanaman padi.

**Lahan Potensial untuk Jagung.** Menurut Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pertanian (2005), pengembangan jagung melalui perluasan areal dapat diarahkan pada lahan-lahan potensial, seperti sawah irigasi dan tadah hujan yang belum dimanfaatkan secara optimal pada musim kemarau serta lahan kering pada musim hujan. Berdasarkan penyebaran luas sawah dan jenis irigasinya, diperkirakan potensi luas pertanaman jagung yang dapat diperoleh dari peningkatan Indeks Pertanaman (IP) di lahan sawah adalah seluas 457.163 ha, dengan rincian (a) 295.795 ha di Pulau Sumatera dan Kalimantan, (b) 130.834 ha di Sulawesi, dan (c) 30.534 ha di Bali dan Nusa Tenggara. Potensi lahan kering yang sesuai untuk tanaman jagung dan belum dimanfaatkan cukup luas sekitar 20,5 juta ha, yang tersebar di Sumatera (2,9 juta ha), Kalimantan (7,2 juta ha), Sulawesi (0,4 juta ha), Maluku dan Papua (9,9 juta ha), serta Bali dan Nusa Tenggara (0,06 juta ha).

**Lahan Potensial untuk Kedelai.** Potensi lahan untuk pengembangan tanaman kedelai tersebar di seluruh pulau di Indonesia, seluas 1,7 juta ha. Perluasan areal tanam dilakukan melalui peningkatan indeks pertanaman (IP) pada lahan sawah irigasi sederhana, lahan sawah tadah hujan, atau lahan kering. Wilayah sasaran perluasan areal adalah NTB, Jawa Timur, Lampung, Sumatera Utara, Aceh, dan Sulawesi Selatan (Balitbang Deptan 2005).

### 1.3.2 Ketersediaan dan Potensi Sumber Daya Air

Kebutuhan air pertanian relatif terpenuhi di wilayah irigasi teknis yang telah dilengkapi dengan bendungan dan saluran-saluran irigasinya. Itu pun pada akhir-akhir ini mengalami kekurangan air apabila terjadi anomali iklim yang sering tidak dapat diramalkan sebelumnya. Sementara pertanian tadah hujan, terutama di wilayah beriklim kering seperti Indonesia Bagian Timur selalu terancam oleh risiko kekurangan air (Abdurachman *et al.* 2004). Prediksi

## Fisiologi Adaptasi Tanaman

terhadap Cekaman Abiotik pada Agroekosistem Tropika

terhadap neraca kebutuhan air tahun 2020 menunjukkan bahwa Jawa-Bali dan NTT akan mengalami defisit karena ada persaingan penggunaan air untuk berbagai kepentingan, di mana pagu untuk pertanian akan semakin menurun.